

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF UKRAINE
DONETSK STATE UNIVERSITY

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

Межведомственный сборник научных работ

Вып. 8

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ**

Міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 8

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

The interdepartmental collection of scientific works

Iss. 8

www.donnu.edu.ua/bio

Донецк ДонНУ 2008

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий збірник наукових праць / Відп. ред. С. В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – Вип. 8. – 347 с.

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

Збірник 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: Межведомственный сборник научных работ / Отв. ред. С. В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2008. – Вып. 8. – 347 с.

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

Сборник 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 technogen region: The interdepartmental collection of scientific works / Editor-in-Chief S. V. Bepalova. – Donetsk: DonNU, 2008. – Iss. 8. – 347 p.

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

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

ББК ЕО*806.4 + ЕО*889 (437 УКР 5,5)

Рецензенти: А. В. Колганов, д-р біол. наук, проф.
А. К. Поляков, д-р біол. наук, проф.

Затверджено до друку Вченою радою Донецького національного університету

Редакційна колегія

С. В. Беспалова, проф., д-р фіз.-мат. наук (*відп. редактор*); **А. С. Алемасова**, проф., д-р хім. наук; **М. І. Бойко**, проф., д-р біол. наук; **О. З. Глухов**, проф., д-р біол. наук; **О. С. Горещкий**, 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. Bepalova (Editor-in-Chief), A. S. Alemasova, M. I. Bojko, A. Z. Gluhov, O. S. Goretsky, A. Z. Zlotin, O. G. Kalinkin, V. A. Maximovich, V. M. Ostapko, V. A. Romanenko, V. I. Sobolev, V. N. Sokrut, M. N. Suchomlin, V. M. Shatalov, N. N. Yaroshenko, A. D. Shtirts (Managin Editor).

Атестований ВАК України. Збірник включено до переліку наукових фахових видань у реєстрі "Біологічні науки": Бюлетень ВАК України. – 2000. – № 6. – С. 11.

Адреса в Інтернеті:
www.donnu.edu.ua/bio

© Донецький національний університет
© Обкладинка М. В. Максимовича
Комп'ютерна верстка: А. Д. Штірц

ЗМІСТ

ВСТУП	12
-------------	----

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Шевченко В. П., Беспалова С. В., Горецький О. С., Максимович В. О., Шеставін М. С. Міждисциплінарний науково-навчальний центр "Конвергенція нано-, біо- та інфо- технологій для збалансованого регіонального розвитку" як початок розбудови університету дослідницького типу	13
Беспалова С. В., Горецький О. С., Глухов О. З., Максимович В. О., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Федотов О. В., Машталер О. В., Говта М. В. Апробування способів біоіндикації екологічного стану Донбасу	24

ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ

Глухов О. З., Кочина О. В. Екоморфна структура трав'янистого покриву соснових насаджень залежно від рекреаційних навантажень	34
Глухов О. З., Усольцева О. Г. Інтродукційний потенціал, розмноження та використання хвойних рослин для садово-паркових композицій в умовах південного сходу України	42
Гридько О. О. Визначення ксероморфних та мезоморфних ознак у будові листків інтродукованих декоративних злаків	48
Довбиш Н. Ф., Хархота Л. В. Біоекологічні основи прискороного розмноження культиварів видів роду <i>Berberis</i> L. на південному сході України	54
Ковалевська Ж. В. Про вкорінення стеблових живців деяких деревних рослин захищеного ґрунту на південному сході України	61
Любущенко Н. Ю. Біоморфологічні особливості насіння синантропних видів роду <i>Lepidium</i> L. на південному сході України	67
Машталер О. В., Задорожна Д. В. Зміни морфометричних показників трансплантатів мохів як індикатор забруднення атмосферного повітря промислового регіону	71
Машталер О. В., Ососкова О. С. Характер впливу водних витяжок <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. та <i>Polytrichum piliferum</i> Hedw. на ріст проростків <i>Pinus sylvestris</i> L.	77
Никифоров В. В. Про результати фітоіндикації екотопів природних біогеоценозів Середнього Придніпров'я	83
Сафонов А. І. Нові діагностичні критерії комплексної фітоіндикації для апробації в Донбасі	91

ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ

Амолін О. В. Гніздобудуючі бджоли триби Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) південного сходу України	96
Курячий К. В., Тупіков А. І. Нові дані про візерункового полоза (<i>Elaphe dione</i> Pallas, 1773) у Донецькій області	104
Маркіна Т. Ю. Динаміка структурних параметрів при оптимізації просторової структури штучних популяцій комах	110
Місюра А. М., Марченковська О. О. Характеристика вмісту ферментів мікросомальної фракції білків печінки цитохромів P450 і B5 амфібій із біотопів з різним рівнем антропогенного навантаження	119

Митяй І. С. Мінливість ооморфологічних показників жовтоногого мартина <i>Larus cachinnans</i> у різних частинах ареалу Півдня України	124
Міхєєв О. В. Слідова активність лісової куниці в степових лісах південно-східної України в умовах снігового покриву	133
Прокопенко О. В., Жуков О. В., Савченко О. В. Екологічна структура населення павуків (Araneae) заповідника "Кам'яні Могили": ценоморфи, сезонні та циркадні групи	142
Штірц А. Д., Гураль Ю. О. Вплив органічних і мінеральних добрив на структуру угруповань панцирних кліщів	156
Ярошенко М. М. Панцирні кліщі регіонального ландшафтного парку "Донецький Кряж" і ділянки, що відводиться під заповідання, Амвросієвського району Донецької області	172

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

Ветрова О. В., Панфілова О. Г. Вплив умов холодильного зберігання на мікробіологічні та біохімічні показники продуктів дитячого харчування	189
Демченко С. І., Меліхова Г. І. Плодоношення моноспорових культур і гібридних дикаріонів <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. у лабораторних умовах	199
Дорошкевич Н. В., Сичов П. А., Ткаченко Н. П., Шевкопляс В. М. Вплив лазерного опромінення на морфо-біологічні показники та врожайність гриба <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.:Fr.) Kummer	209
Пастухова Н. Л. Детоксикація важких металів у рослин	218
Сичев П. А., Тимофєєв А. А., Ткаченко Н. П., Ларін Я. Д. Коеволюція грибів і безхребетних тварин	226
Третьякова О. Ю. Вплив біологічно активних речовин на ріст і розвиток <i>Hibiscus esculentus</i> L. в умовах інтродукції на південному сході України	239
Федотов О. В., Брусніцина О. М. Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і каталазну активність штаму Р-6v <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm.	248
Федотов О. В., Волошко Т. Є. Вплив нікотинової кислоти на пероксидазну активність штамів їстівних лікарських базидіоміцетів <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm. та <i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Sing.	252
Христова Т. Є., Пюрко О. Є. Генезис методу визначення фотосинтезу у C_3 рослин за умов багатофакторного впливу	257
Чемеріс О. В., Бойко М. І. Вміст фенольних сполук в інфікованих грибом <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref. проростках <i>Pinus sylvestris</i> L. та <i>Pinus pallasiana</i> D. Don.	267

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

Білобров В. М., Богдан Н. М., Хомутова К. В. Синергетика і її можливі додатки до проблем біології і медицини	273
Доценко О. І., Пронько Д. В. Механохімічні процеси у водних розчинах альбуміну	281
Ковеза Ю. В., Нога І. В., Шаталов В. М. Зміна кислотності й дегазація середовища як фактори, що впливають на гідрофобну взаємодію й активність рослинної каталази	290
Максимович В. О., Говта М. В., Максимович М. В. Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 6. Людина – передавач солітоноподібних ідеомоторних та фонемомоторних сигналів	293
Максимович В. О., Говта М. В., Максимович М. В. Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 7. Людина – приймач слабких сигналів за новітніми концепціями сенсоріки та фізики	299

Нецветов М. В., Корнієнко В. О., Нікуліна В. М., Роменський М. В. Диференціація профілю ґрунту за швидкістю лесіважу в експериментальній моделі	304
Важненко О. В., Єщенко Ю. В., Григорова Н. В., Бовт В. Д., Єщенко В. А. Дослідження цинкової недостатності у людей, що виникає в умовах впливу техногенно навантаженого середовища індустріального центру	310
Герасимов І. Г., Гальбурт Т. М. Морфологія нейтрофілів крові людини в процесі їх прикріплення <i>in vitro</i>	318
Зубов Д. О., Оксимець В. М. Остеоімунітет та культивовані мезенхімальні стовбурові клітини	324
Кустов Д. Ю. Можливість використання поведінкових тестів ґрумінга для оцінки стану нейроендокринної системи	332
Мельникова І. В., Фролова Г. О., Богданова С. О. Оцінка блокування D2/D3 рецепторів еглонілом на прояв тривожності самок білих щурів	339
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	346

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	12
----------------	----

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ

Шевченко В. П., Беспалова С. В., Горецкий О. С., Максимович В. А., Шеставин Н. С. Междисциплинарный научно-образовательный центр "Конвергенция нано-, био- и инфо- технологий для сбалансированного регионального развития" как начало строительства университета исследовательского типа	13
Беспалова С. В., Горецкий О. С., Глухов А. З., Максимович В. А., Злотин А. З., Маркина Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова Е. Н., Сафонов А. И., Федотов О. В., Машталер А. В., Говта Н. В. Апробирование способов биоиндикации экологического состояния Донбасса	24

ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА

Глухов А. З., Кочина Е. В. Экоморфная структура травянистого покрова сосновых насаждений в зависимости от рекреационных нагрузок	34
Глухов А. З., Усольцева О. Г. Интродукционный потенциал, размножение и использование хвойных растений для садово-парковых композиций в условиях юго-востока Украины	42
Гридько О. А. Определение ксероморфных и мезоморфных признаков строения листьев интродуцированных декоративных злаков	48
Довбыш Н. Ф., Хархота Л. В. Биоэкологические основы ускоренного размножения культиваров видов рода <i>Berberis</i> L. на юго-востоке Украины	54
Ковалевская Ж. В. Об укоренении стеблевых черенков некоторых древесных растений защищённого грунта на юго-востоке Украины	61
Любущенко Н. Ю. Морфобиологические особенности семян синантропных видов рода <i>Lepidium</i> L. на юго-востоке Украины	67
Машталер А. В., Задорожная Д. В. Изменение морфометрических показателей трансплантатов мхов как индикатор загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона	71
Машталер А. В., Ососкова О. С. Характер влияния водных вытяжек <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. и <i>Polytrichum piliferum</i> Hedw. на рост проростков <i>Pinus sylvestris</i> L.	77
Никифоров В. В. О результатах фитоиндикации экотопов природных биогеоценозов Среднего Приднепровья	83
Сафонов А. И. Новые диагностические критерии комплексной фитоиндикации для апробации в Донбассе	91

ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА

Амолин А. В. Гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) юго-востока Украины	96
Курячий К. В., Тупиков А. И. Новые данные об узорчатом полозе (<i>Elaphe dione</i> Pallas, 1773) в Донецкой области	104
Маркина Т. Ю. Динамика структурных параметров при оптимизации пространственной структуры искусственных популяций насекомых	110
Мисюра А. Н., Марченковская А. А. Характеристика содержания ферментов микросомальной фракции белков печени цитохромов P450 и B5 амфибий из биотопов с различным уровнем антропогенного влияния	119

Митяй И. С. Изменчивость ооморфологических показателей хохотуны <i>Larus cachinnans</i> в разных частях ареала юга Украины	124
Михеев А. В. Следовая активность лесной куницы в степных лесах юго-востока Украины в условиях снежного покрова	133
Прокопенко Е. В., Жуков А. В., Савченко Е. В. Экологическая структура населения пауков (Araneae) заповедника "Каменные Могилы": ценоморфы, сезонные и циркадные группы	142
Штирц А. Д., Гураль Ю. А. Влияние органических и минеральных удобрений на структуру сообществ панцирных клещей	156
Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка "Донецкий Кряж" и участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района Донецкой области	172

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Ветрова Е. В., Панфилова Е. Г. Влияние условий холодильного хранения на микрофлору и биохимические показатели продуктов детского питания	189
Демченко С. И., Мелихова Г. И. Плодоношение моноспоровых культур и гибридных дикарионов <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. в лабораторных условиях	199
Дорошкевич Н. В., Сычев П. А., Ткаченко Н. П., Шевкопляс В. Н. Влияние лазерного облучения на морфо-биологические показатели и урожайность гриба <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.:Fr.) Kummer	209
Пастухова Н. Л. Детоксикация тяжелых металлов у растений	218
Сычев П. А., Тимофеев А. А., Ткаченко Н. П., Ларин Я. Д. Козволюция грибов и беспозвоночных животных	226
Третьякова Е. Ю. Влияние биологически активных веществ на рост и развитие <i>Hibiscus esculentus</i> L. в условиях интродукции на юго-востоке Украины	239
Федотов О. В., Брусницына О. М. Влияние источников углеродного питания на рост и каталазную активность штамма P-6v <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm. ...	248
Федотов О. В., Волошко Т. Е. Влияние никотиновой кислоты на пероксидазную активность штаммов съедобных лекарственных базидиомицетов <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm. и <i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Sing.	252
Христовая Т. Е., Пюрко О. Е. Генезис метода определения фотосинтеза у C ₃ растений в условиях многофакторных воздействий	257
Чемерис О. В., Бойко М. И. Содержание фенольных соединений в инфицированных грибом <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref. проростках <i>Pinus sylvestris</i> L. и <i>Pinus pallasiana</i> D. Don.	267

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

Билобров В. М., Богдан Н. М., Хомутова Е. В. Синергетика и ее возможные приложения к проблемам биологии и медицины	273
Доценко О. И., Пронько Д. В. Механохимические процессы в водных растворах альбумина	281
Ковеза Ю. В., Нога И. В., Шаталов В. М. Изменение кислотности и дегазация среды как факторы, влияющие на гидрофобное взаимодействие и активность растительной каталазы	290
Максимович В. А., Говта Н. В., Максимович М. В. Теория психики и психиатрии. Сообщение 6. Человек – передатчик солитоноподобных идеомоторных и фонемомоторных сигналов	293

Максимович В. А., Говта Н. В., Максимович М. В. Теория психики и психиатрии. Сообщение 7. Человек – приемник слабых сигналов по новым концепциям сенсорики и физики	299
Нецветов М. В., Корниенко В. О., Никулина В. М., Роменский М. В. Дифференциация профиля почвы по скорости лессиважа в экспериментальной модели	304
Важненко А. В., Ещенко Ю. В., Григорова Н. В., Бовт В. Д., Ещенко В.А. Исследования цинковой недостаточности у людей, возникающей при условиях влияния техногенно нагруженной среды индустриального центра	310
Герасимов И. Г., Гальбурт Т. М. Морфология нейтрофилов крови человека в процессе их прикрепления <i>in vitro</i>	318
Зубов Д. А., Оксимец В. М. Остеоиммунитет и культивированные мезенхимальные стволовые клетки	324
Кустов Д. Ю. Применение груминг-теста для оценки состояния нейроэндокринной системы	332
Мельникова И. В., Фролова Г. А., Богданова С. А. Оценка блокирования D_2/D_3 рецепторов эглонилом на проявление тревожности самок белых крыс	339
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	346

CONTENTS

INTRODUCTION	12
--------------------	----

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY

Shevchenko V. P., Bepalova S. V., Goretsky O. S., Maksymovych V. A., Shestavin M. S. Interdisciplinary Research and Education Center "Converging Nano-, Bio- & Info- technologies for the balanced regional development" as an initial point in building the university of a research type	13
Bepalova S. V., Goretsky O. S., Glukhov A. Z., Maksimovich V. A., Zlotin A. Z., Markina T. Yu., Ljaljuk N. M., Maslodudova E. N., Safonov A. I., Fedotov O. V., Mashtaler A. V., Govta N. V. Approbation of bioindication methods of ecological state of Donbass	24

FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT LIFE

Glukhov A. Z., Kochina E. V. Ecomorphic structure of a herbaceous integument of pine plantings depending on recreational loads	34
Glukhov A. Z., Usoltseva O. G. The potential for introduction, propagation and use of conifers in horticultural and park compositions under the conditions of the south-east of Ukraine	42
Grydko O. A. Definition of xeromorphic and mesomorphic features of leaf anatomical structure of the ornamental grasses	48
Dovbysh N. F., Kharkhota L. V. Bioecological basis of the accelerated propagation of the <i>Berberis</i> L. species cultivars in the south-east of Ukraine	54
Kovalevskaya Zh. V. About root striking of pedicellate cuttings of some greenhouse tree plants on Southern East of Ukraine	61
Lyubushenko N. Yu. Biomorphological peculiarities of the seeds of the synanthropic species of the genus <i>Lepidium</i> L. in the south-east of Ukraine	67
Mashtaler A. V., Zadorozhna D. V. Changes of mosses' transplantats' morphometric characteristics as indicator of air pollution in an industrial region	71
Mashtaler A. V., Ososcova O. S. The character of influence of the water extracts of <i>Pleurozium schreberi</i> (Brid.) Mitt. and <i>Polytrichum piliferum</i> Hedw. on the growth of the germs <i>Pinus sylvestris</i> L.	77
Nikiforov V. V. On results of nature biogeocenosis ecotops phytoindication in the Middle Dnieper Area	83
Safonov A. I. New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass	91

FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM

Amolin A. V. Nest-building bees tribe Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) of the South-Eastern Ukraine	96
Kurjachii K. V., Tupikov A. I. New data about steppes ratsnake (<i>Elaphe dione</i> Pallas, 1773) in Donetsk region	104
Markina T. Ju. The dynamics of structure parameters during optimization of spatial structure of insects artificial populations	110
Misyura A. M., Marchenkovskaya A. A. Description of maintenance of enzymes of mikrosomes fraction of albumens of hepatica of cytochromes of P450 and B5 of amphibians from biotops with the different level of the anthropogenic influencing	119

Mytyai I. S. Changeability of egg morphology indexes of yellow-legged gull <i>Larus cachinnans</i> in different parts of natural habitat of the South of Ukraine	124
Mikheyev A. V. The pine marten tracking activity in the steppe forests of southeast of Ukraine under the snow cover conditions	133
Prokopenko E. V., Zhukov A. V., Savchenko E. V. The ecological structure of the spider population (Araneae) of the nature reserve "Kamennye Mogily": coenomorphs, seasonal and circadian groups	142
Shtirts A. D., Gural Yu. A. Effects of organic and mineral fertilizers to structure of communities of oribatid mites	156
Yaroshenko N. N. Oribatid mites of the regional landscape park "Donetsk Kryazh" and of the site assigned for reservation, in Amvrosievka district of the Donetsk region	172

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Vetrova E. V., Panfilova E. G. The influence of cold keeping on the microflora and biochemical indices of the child's bottle-feeding products	189
Demchenko S. I., Melihova G. I. Fruiting of <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.: Fr.) Kumm. monokaryotic isolates and dikaryotic hybrids in laboratory condition	199
Doroshkevich N. V., Sychov P. A., Tkachenko N. P., Shevkoplyas V. N. The influence of laser radiation on morpho-biological indicators and crop capacity of fungus of <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq.:Fr.) Kummer	209
Pastukchova N. L. Detoxication of heavy metals at plants	218
Syshev P. A., Timofeev A. A., Tkachenko N. P., Larin Y. D. Coevolution of fungi invertebrate animals	226
Tretyakova E. Yu. Influence of biological active substances on growth and development of <i>Hibiscus esculentus</i> L. in the conditions of introduction on the southeast of Ukraine	239
Fedotov O. V., Brusnitscina O. M. Influence of sources of carbon nutrition growth and catalase activity of strain P-6v <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm.	248
Fedotov O. V., Voloshko T. E. Influence of nicotine acid on peroxidase activity of the edible medicinal basidiomycetes <i>Pleurotus ostreatus</i> (Jacq. ex Fr.) Kumm. and <i>Lentinus edodes</i> (Berk.) Sing.	252
Khristova T. E., Pyurko O. E. Genesis of photosynthesis determination method at C ₃ plants under conditions of many factors influences	257
Chemeris O. V., Boyko M. I. The content of phenolic compounds in infected <i>Pinus sylvestris</i> L. and <i>Pinus pallasiana</i> D. Don seedlings by fungus <i>Heterobasidion annosum</i> (Fr.) Bref.	267

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

Bilobrov V. M., Bogdan N. M., Khomutova K. V. Synergetics and its possible appendixes to the problems of biology and medicine	273
Dotsenko O. I, Pronko D. V. Mechanochemical processes at the aqueous solutions of albumin	281
Koveza J. V., Noga I. V., Shatalov V. M. Effect of the acidity changes and degassing on the hydrophobic interaction and the activity of vegetative catalase	290
Maksimovich V. A., Govta N. V., Maksimovich M. V. Theory of psyche and psychiatry. Report 6. A man is a transmitter of solyton ideomotor and fonemomotor signals	293
Maksimovich V. A., Govta N. V., Maksimovich M. V. Theory of psyche and psychiatry. Report 7. A man is a receiver of weak signals on new conceptions of sensor and physicists	299
Netsvetov M. V., Kornienko V. O., Nikulina V. M., Romenski M. V. Differentiation of soil profile by lessivage speed at experimental model	304

Vazhnenko O. V., Eshchenko J. V., Grigorova N. V., Bovt V. D., Eshchenko V. A. Researches of human's zinc insufficiency, arising in conditions of influence of the technogenic polluted environment of industrial center	310
Gerasimov I. G., Galburt T. M. Morphology attachment of human blood neutrophils in vitro	318
Zubov D. O., Oksymets' V. M. Osteoimmunity and cultured mesenchymal stem cells	324
Kustov D. Yu. Possibility of behavioural grooming tests use for neuro-endocrine system status assessment	332
Melnikova I. V., Frolova G. A., Bogdanova S. A. Estimation of blocking of D2/D3 of receptors of eglonyl on the display of anxiety of females of white rats	339
RULES FOR AUTHORS	346

ВВЕДЕНИЕ

Межведомственный сборник научных работ, объединенный общим названием "Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона", в определенной мере отражает специфику и тенденции научных интересов и реализации научных идей преимущественно учеными-биологами в экологическом аспекте.

В сборнике уже закрепились определенные традиции:

- акцент на формирование новых методологических подходов в получении, обработке и интерпретации данных о состоянии природных процессов;
- интегрированные подходы в решении комплексных экологических задач;
- реализация экспериментов как на территориях природно-заповедного фонда, так и в условиях антропогенно трансформированной среды.

Хорошим показателем является наличие в сборнике публикаций молодых ученых, аспирантов и студентов; важно и то, что из года в год у нас сформирован и состав постоянных авторов научных статей; большая часть работ является логическим продолжением публикаций предыдущих выпусков. При этом многие читатели с нетерпением ждут новостей в научных дискуссиях, начатых именно на страницах "Проблем экологии и охраны природы техногенного региона".

Портфель сборника с каждым годом становится все толще. Традиционными остаются разделы и рубрикация для статей. Позиция статей раздела "Фундаментальных и прикладных проблем экологии" отражает целесообразность интегрирования научно-потенциального капитала биологических, физических, химических и математических блоков исследований, требует организационных усилий и четко сформированного управленческого аппарата, систем стратегического планирования и практической реализации научных движений.

В современных условиях информационного обеспечения этот сборник представлен на сайте биологического факультета Донецкого национального университета; там же размещены требования для авторов статей, условия публикации.

Приглашаем ученых-экологов, биологов и аналитиков принимать участие в формировании дальнейших тенденций развития межведомственного сборника научных работ "Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона".

Ответственный секретарь сборника,
доцент, канд. биол. наук А. Д. Штирц

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

В. П. Шевченко, С. В. Беспалова, О. С. Горецький, В. О. Максимович, М. С. Шеставін
МІЖДИСЦИПЛІНАРНИЙ НАУКОВО-НАВЧАЛЬНИЙ ЦЕНТР
"КОНВЕРГЕНЦІЯ НАНО-, БІО- ТА ІНФО- ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЗБАЛАНСОВАНОГО
РЕГІОНАЛЬНОГО РОЗВИТКУ"

ЯК ПОЧАТОК РОЗБУДОВИ УНІВЕРСИТЕТУ ДОСЛІДНИЦЬКОГО ТИПУ
Донецький національний університет; 83055, м. Донецьк, вул. Університетська, 24
e-mail: nss@skif.net

Шевченко В. П., Беспалова С. В., Горецький О. С., Максимович В. О., Шеставін М. С. Міждисциплінарний науково-навчальний центр "Конвергенція нано-, біо- та інфо- технологій для збалансованого регіонального розвитку" як початок розбудови університету дослідницького типу. – Розглянуто проблеми розбудови університетів дослідницького типу, які започатковані в Україні у рамках Державної цільової науково-технічної та соціальної програми "Наука в університетах" на 2008-2012 роки. Складовою цією програми є створення науково-навчальних центрів в університетах, які мають статус національних вищих навчальних закладів. Обґрунтовано доцільність створення у Донецькому національному університеті Міждисциплінарного науково-навчального центру "Конвергенція нано-, біо- та інфо- технологій для збалансованого регіонального розвитку" з метою проведення міждисциплінарних наукових досліджень та розробок, створення конкурентоспроможних на світовому ринку наукових і науково-прикладних результатів, упровадження інноваційної діяльності та забезпечення на цій основі умов здійснення поглибленої наукової і науково-технічної підготовки фахівців. Визначено основні напрями наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності даного центру, його завдання та права, а також очікувана результативність цієї діяльності. Запропоновано організаційні перетворення в структурі управління науковою діяльністю для забезпечення втілення планів розбудови університету дослідницького типу.

Ключові слова: університет, науково-навчальний центр, наукові дослідження, конкурентоспроможність, підготовка фахівців, інноваційна діяльність, структура управління.

У всьому світі відбувається інтеграція науки та навчання. Деякі держави зробили це здавна, як, наприклад, Англія, Німеччина, США, інші прийшли до цього пізніше, наприклад, Росія. Наша країна лише започатковує цей процес. У 2007 р. Постановою Кабінету Міністрів України (КМУ) від 19.09.2007 р. № 1155 затверджено Державну цільову науково-технічну та соціальну програму "Наука в університетах" на 2008-2012 роки, а згодом Постановою КМУ від 14.05.2008 р. № 447 затверджена Державна цільова економічна програма "Створення в Україні інноваційної інфраструктури" на 2009-2013 роки, що значною мірою стосується університетів.

Уже наприкінці 2008 р. Донецька обласна державна адміністрація (ОДА) ініціювала засідання Регіональної ради з питань науки та технологій. Безпосередніми провідниками інноваційної діяльності в Донецькій області є, окрім Донецької ОДА, Державне агентство України з інвестицій та інновацій і Донецький науковий центр НАН і МОН України. Рада прийняла Концепцію інноваційного розвитку Донецької області до 2020 р., де викладені основні її засади, мету та завдання регіональної інноваційної політики, визначення проблем інноваційного розвитку в Донецькій області, аналіз причин їх виникнення, механізми забезпечення реалізації завдань, орієнтація на пріоритетні напрями інноваційного розвитку, очікувані результати реалізації виконання концепції. Ці та інші державні та регіональні акти [1-12], щодо перебудови національних університетів на кшталт Донецького, спрямовані на забезпечення:

- високоякісної підготовки магістрів та кадрів вищої кваліфікації (кандидатів і докторів наук) на всіх випускних кафедрах шляхом поєднання і взаємодії навчального процесу з проведенням наукових досліджень, інноваційною діяльністю;

- виконання конкурентоспроможних на світовому рівні наукових досліджень та розробок за пріоритетними напрямами науки і техніки в Україні, спрямованих на отримання нових знань та прискорений розвиток економіки;

- створення на базі університету інноваційних структур з метою прискорення розроблення, виробництва та впровадження високотехнологічної продукції, трансферу технологій на внутрішньому та зовнішніх ринках;

- конкурентноздатності випускників та науково-технічних розробок університету на світових ринках, високих показників університету в національній рейтинговій системі.

Однак університет дослідницького типу повинен у першу чергу відрізнитися найвищим рівнем реалізації наукових проєктів та масштабами науково-інноваційної їх спрямованості. Саме це підвищує його ефективну участь у вирішенні проблем регіону та його складових, зумовлює його вплив на економічні, соціальні та культурні запити територій. Науково-дослідні частини університетів не мають такої спроможності, вони фактично тільки організаційно забезпечують виконання наукових досліджень та технологічних розробок, а не здійснюють управління процесами відбору, виконання та впровадження отриманих результатів.

Аналіз вищезгаданих та інших документів [1-12] призводить до висновку, що розбудову університету дослідницького типу найкраще розпочинати зі створення навчально-наукових центрів (ННЦ), що є тими стрижнями, навколо яких створюється такий університет. Після прийняття програми "Наука в університетах" МОН України розробило проєкти Тимчасових положень про університет дослідницького типу та про науково-навчальний центр із проблем (конкретну проблему обирає університет) університету дослідницького типу (див. на сайті: <http://www.mon.gov.ua>), де наголошувалось, що ННЦ є відокремленим структурним науковим та навчальним підрозділом із правами фінансово-господарської самостійності.

Проте за наказом МОН України "Щодо оголошення конкурсу для визначення тематик при проведенні тендерної процедури закупівлі послуг за державною цільовою програмою" від 08.01.2008 р. № 1 вводиться до дії Примірне положення про науково-навчальний центр, яке затверджене наказом МОН від 27.10.2008 р. № 978, де вказано, що ННЦ є структурним науковим та навчальним підрозділом університету, а це дуже обмежує можливості інфраструктурного розвитку взаємовідносин університетів МОН України та наукових установ НАН України. Стандартним шляхом створення ННЦ стає просте перейменування та переоформлення раніше існуючих договорів про співпрацю між факультетами університетів та відповідних науково-дослідних інститутів НАН України. Зрозуміло, що такий формальний підхід не принесе суттєвого ефекту на шляху розбудови університету дослідницького типу, бо аналогічні схеми вже випробували як у Росії [13], так і в Україні [14].

Передумовою створення проблемних ННЦ, на наш погляд, є відповідні наукові та науково-технічні програми. Наприклад, таку програму під назвою "Інноваційні біологічні технології контролю й управління в екології, медицині, сільському господарстві й виробництві продукції для сталого розвитку України" було розроблено в 2007 р. [15]. Зазначимо, що після її схвалення Донецьким науковим центром НАН і МОН України надійшли пропозиції ще від декількох установ щодо їх приєднання до цієї Програми. На базі цієї програми також можна створити ННЦ, який буде відрізнитися від програми чи договору про співпрацю тільки назвою, а результативність буде визначатися великою активністю учасників, а не наданими правами чи пріоритетами.

Найбільш ефективними є ННЦ подвійного підпорядкування – МОН і НАН України, що підтверджує діяльність вже існуючих таких центрів та інститутів (наприклад, Міжнародний науково-навчальний центр інформаційних технологій та систем НАН і МОН України, Інститут магнетизму НАН і МОН України тощо), які є незалежними від університетів чи інститутів, що їх створювали. Це зовсім інший шлях інтеграції освіти та науки, він є більш орієнтований на проведення якісних наукових досліджень та технологічних розробок колишніми університетськими вченими, які звільнені від постійного навчального навантаження, але можуть залучати університетський науковий персонал, аспірантів та студентів.

Донецький національний університет (ДонНУ) розглядав пропозиції факультетів створити традиційні ННЦ на базі існуючих взаємозв'язків споріднених факультетів та

інститутів НАН України, що розташовані у м. Донецьку: математичний факультет + Інститут прикладної математики і механіки НАН України; фізичний факультет + Донецький фізико-технічний інститут ім. О. О. Галкіна НАН України; хімічний факультет + Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України; біологічний факультет + Донецький ботанічний сад НАН України. Але після обговорення та узгодження було прийняте рішення створити єдиний для природничих наук ННЦ, який буде забезпечувати координацію виконання міждисциплінарних наукових досліджень та технологічних розробок щодо сучасних проривних напрямів інноваційного розвитку: нанотехнологій, біотехнологій та інформаційних технологій, їх взаємний вплив та взаємопроникнення.

Тому метою створення Міждисциплінарного науково-навчального центру "Конвергенція нано-, біо- та інфо- технологій для збалансованого регіонального розвитку" (МННЦ) у ДонНУ є проведення ним міждисциплінарних наукових досліджень та розробок, створення конкурентоспроможних на світовому ринку наукових і науково-прикладних результатів, упровадження інноваційної діяльності та забезпечення на цій основі умов здійснення поглибленої наукової і науково-технічної підготовки фахівців.

У Донецькій області останнім часом склалися сприятливі умови для розвитку природничих наук за основними сучасними напрямками (нано-, біо-, інфо- наук та технологій) завдяки науковій діяльності відповідних факультетів ДонНУ та науково-дослідних інститутів НАН України. Багаторічний досвід їх співпраці у рамках договорів про співробітництво між кафедрами та відділами, між факультетами та інститутами, між Донецькою ОДА та Донецьким науковим центром НАН і МОН України спонукає до створення єдиної інфраструктури інтеграції природничих наук та технологій, навчання із природничих спеціальностей, перепідготовки та підвищення кваліфікації фахівців для забезпечення збалансованого регіонального розвитку.

Сучасний технологічний розвиток здійснюється за рахунок взаємовпливу та взаємопроникнення більш передових напрямів наукових досліджень та технологічних розробок: нано-, біо-, інфо- наук та технологій. МННЦ, що створюється у ДонНУ, має організаційно забезпечити ці процеси конвергенції, якісне виконання міждисциплінарних наукових досліджень та технологічних розробок, упровадження їх результатів до виробництва та їх використання для формування системи підготовки та перепідготовки фахівця для інноваційної економіки.

Відповідно до законів України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки" та "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні", а також зважаючи середньострокові пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Донецькій області до 2012 р. та Програми науково-технічного розвитку Донецької області на період до 2020 р., визначаються основні напрями наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності МННЦ:

- фундаментальні та прикладні дослідження з найважливіших проблем природничих наук;
- охорона й оздоровлення людини та навколишнього середовища;
- збереження навколишнього середовища та сталий розвиток;
- новітні біотехнології;
- нанотехнології, нові речовини та матеріали,
- вдосконалення хімічних технологій;
- інформаційні технології і телекомунікації;
- нові комп'ютерні засоби та технології інформатизації суспільства;
- новітні технології і ресурсозберігаючі технології в енергетиці, промисловості та агропромисловому комплексі;
- нові та відновлювані джерела енергії;
- високотехнологічний розвиток сільського господарства та переробної промисловості;
- розвиток інноваційної культури суспільства.

Основними напрямками діяльності МННЦ є:

- проведення фундаментальних і прикладних досліджень, зокрема міждисциплінарних, які відповідають світовому рівню;
- створення конкурентоспроможних на світовому ринку прикладних розробок, зразків нової техніки, технологій та матеріалів;
- здійснення трансферу технологій у рамках науково-технічної і виробничої кооперації та співробітництва з промисловістю, аграрним сектором та сферою послуг, формування інноваційного підприємницького середовища;
- забезпечення умов для підготовки студентів, магістрантів, аспірантів і докторантів відповідно до головних напрямів наукової та науково-технічної діяльності МННЦ і вимог інноваційного розвитку економіки;
- підготовка науково-методичної бази щодо підвищення кваліфікації наукових і науково-педагогічних працівників, післядипломна підготовка та перепідготовка кадрів за основними напрямками наукової і науково-технічної діяльності МННЦ;
- адаптація наукової та навчальної діяльності до вимог європейського науково-освітнього простору;
- використання кадрового наукового потенціалу МННЦ для вирішення актуальних наукових і науково-технічних проблем розвитку економіки регіону та країни;
- інтегрування науково-навчальної діяльності МННЦ з науковою діяльністю наукових установ та виробничою діяльністю підприємств;
- міжнародне наукове, науково-технічне та освітнє співробітництво з університетами-партнерами, науковими установами, фірмами та фондами.

Основними завданнями діяльності МННЦ є:

- отримання науковими та науково-педагогічними працівниками ДонНУ, студентами, магістрантами, аспірантами і докторантами значних наукових результатів, створення конкурентоспроможних на світовому ринку науково-технічних розробок та новітніх технологій;
- здійснення маркетингу в науково-технічній сфері відповідно до напрямів наукових досліджень та технологічних розробок, упровадження інноваційної діяльності;
- комерціалізація об'єктів права інтелектуальної власності ДонНУ та трансфер технологій, що створені в ДонНУ за рахунок коштів державного бюджету чи коштів інших замовників;
- сприяння реалізації підприємницького потенціалу студентів, магістрантів, аспірантів, докторантів, наукових і науково-педагогічних працівників ДонНУ;
- поглиблена наукова та науково-технічна підготовка студентів, магістрантів, аспірантів і докторантів, підвищення наукової, освітньої та управлінської кваліфікації наукових і науково-педагогічних працівників шляхом стажування та здійснення ними спільних наукових досліджень і розробок, зокрема із залученням наукових установ Національної та галузевих академій наук, а також іноземних наукових установ і освітніх закладів;
- сприяння накопиченню наукових знань, інтелектуальної власності студентами, магістрантами, аспірантами та докторантами для подальшого їх працевлаштування за фахом як наукових і науково-педагогічних працівників, розробників вітчизняної техніки, менеджерів науково-технологічного бізнесу та державного управління у сфері освіти, науки, техніки і виробництва.

МННЦ створюється на основі існуючих інтелектуальних та матеріальних ресурсів, площах і науково-лабораторній базі ДонНУ та науково-дослідних інститутів НАН України. Структура МННЦ складається із 3-х науково-навчальних комплексів ("Нано-технологій", "Біо-технологій" та "Інфо-технологій") та науково-навчально-виробничого комплексу "Конвергенції технологій", що створюються на базі окремих підрозділів ДонНУ, науково-дослідних інститутів НАН України та інших наукових установ й освітніх закладів.

У МННЦ створюється інфраструктура підтримки наукових досліджень, технологічних розробок та навчального процесу шляхом включення наукового і навчального устаткування підрозділів, які є учасниками МННЦ, в єдиний регіональний центр колективного користування науковим та навчальним устаткуванням. Інформаційне супроводження наукової, науково-технічної, навчальної та інноваційної діяльності МННЦ забезпечує регіональний центр науково-технічної і економічної інформації.

МННЦ підпорядковується безпосередньо ректору ДонНУ. У МННЦ за наказом ректора створюється наукова рада (Рада), яку він і очолює. Рада є колективним дорадчим органом. Рада схвалює основні напрями наукової і науково-технічної діяльності МННЦ, визначає річний план його діяльності та здійснює контроль виконання. Для забезпечення поточної діяльності Ради на одного з її членів покладаються функції вченого секретаря.

МННЦ очолює директор, який призначається за наказом ректора та здійснює загальне керівництво відповідно до вимог законодавства, забезпечує належний рівень трудової і виконавчої дисципліни, організовує роботу, спрямовану на виконання поточних і перспективних завдань, представляє даний центр в інших установах, закладах і організаціях. Директор готує пропозиції щодо кандидатур своїх заступників, які призначаються за наказом ректора, та здійснюють управління за окремими напрямками роботи.

Директор та його заступники входять до складу Дирекції, яка формується за наказом ректора з представників підрозділів ДонНУ, які беруть участь у діяльності МННЦ. Дирекція здійснює організацію і координацію науково-дослідної роботи, прикладних досліджень і розробок та навчального процесу. Дирекція заслуховує звіти та інформацію працівників МННЦ про виконання робіт та їх фінансування, одержані наукові та науково-прикладні результати, погоджує кандидатури працівників на відзнаки за наукові та освітні досягнення, заслуховує наукові доповіді здобувачів наукового ступеня тощо.

Кількість наукових працівників МННЦ становить не менше 50% від загального його складу. Не менше 50% посад наукових працівників, як правило, займають особи, для яких МННЦ є основним місцем роботи. Для організації роботи за тематикою залучаються та створюються науково-дослідні відділи, науково-дослідні лабораторії, науково-навчальні проблемні лабораторії, тематичні науково-дослідні групи кафедр, спеціальні конструкторсько-технологічні бюро, регіональний центр колективного користування науковими та навчальними устаткуванням, регіональний центр науково-технічної і економічної інформації, що очолюються докторами і кандидатами наук.

Науково-дослідний відділ та науково-дослідна лабораторія має у своєму складі наукових та інженерно-технічних працівників, для яких МННЦ є основним місцем роботи. До виконання досліджень і розробок можуть залучатися студенти, магістранти, аспіранти та докторанти із оплатою праці.

Науково-навчальна проблемна лабораторія має у складі наукових, науково-педагогічних та інженерно-технічних працівників, для яких ця робота в МННЦ є основною. Обов'язковим для науково-навчальних проблемних лабораторій є залучення студентів, магістрантів, аспірантів та докторантів для виконання наукових досліджень і розробок за відповідну оплату.

Тематичні науково-дослідні групи кафедр можуть входити до складу проблемних лабораторій або функціонувати в МННЦ окремо. До роботи в тематичних групах залучаються студенти, магістранти, аспіранти та докторанти ДонНУ для виконання наукових досліджень і розробок із оплатою чи на безоплатній основі.

Спеціальне конструкторсько-технологічне бюро має у своєму складі наукових та інженерно-технічних працівників, для яких МННЦ є основним місцем роботи та здійснюється на основі господарських договорів на впровадження результатів фундаментальних та прикладних наукових досліджень. До роботи в бюро можуть залучатися студенти, магістранти, аспіранти та докторанти із обов'язковою оплатою праці.

Регіональний центр колективного користування науковим та навчальним устаткуванням має у своєму складі інженерно-технічних працівників, для яких це є основним

місцем роботи. Студенти, магістранти, аспіранти, докторанти, працівники всіх підрозділів ДонНУ та науково-дослідних інститутів НАН України можуть користуватися цим устаткуванням безкоштовно, а представники інших підприємств, наукових установ та освітніх закладів мають складати господарські договори на надання науково-технічних та консультаційних послуг.

Регіональний центр науково-технічної і економічної інформації має у своєму складі інженерно-технічних працівників, для яких МННЦ є основним місцем роботи. Для працівників всіх підрозділів ДонНУ та науково-дослідних інститутів НАН України, студентів, магістрантів, аспірантів та докторантів ДонНУ інформаційне обслуговування здійснюється безкоштовно, а інші підприємства, установи та організації взаємодіють з центром за господарськими договорами щодо надання інформаційних послуг.

Для виконання своїх завдань МННЦ має право:

- на пріоритетне (у межах ДонНУ) забезпечення фінансування наукових досліджень та розробок за рахунок видатків загального фонду державного бюджету, поповнення та оновлення матеріально-технічної бази;

- здійснювати відбір, за сприянням посадових осіб і керівництва ДонНУ, обдарованих студентів, магістрантів та аспірантів (за їх бажанням) на факультетах і кафедрах для залучення до наукової роботи, поглибленої наукової та науково-технічної підготовки;

- установлювати норми навчального навантаження науково-педагогічним працівникам МННЦ менші за діючі в ДонНУ, за умов відповідного збільшення робочого часу на проведення ними наукових досліджень та розробок, керівництва та супроводження наукової роботи студентів, магістрантів та аспірантів;

- подавати в установленому порядку пропозиції щодо зменшення навчального навантаження окремим магістрантам за рахунок збільшення часу виконання ними наукових досліджень і розробок;

- отримувати в пріоритетному порядку в ДонНУ додаткові штатні посади наукових і науково-педагогічних працівників для працевлаштування до МННЦ випускників магістратури та аспірантури, які пройшли в ньому поглиблену наукову та науково-технічну підготовку;

- за встановленим законодавством порядком здійснювати ділові та наукові контакти з організаціями, фірмами та громадянами інших країн;

- у межах договорів співпрацювати з вітчизняними та іноземними юридичними особами різних форм власності та фізичними особами відповідно до чинного законодавства щодо виконання науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт, надання послуг, продаж науково-технічної продукції, ліцензій тощо у межах основних напрямів наукової та науково-технічної діяльності МННЦ;

- залучати для виконання робіт вітчизняних та іноземних спеціалістів за контрактною основою та цивільно-правовими договорами і на інших умовах, що не суперечать законодавству;

- призначати працівникам МННЦ надбавки та доплати до тарифних ставок та посадових окладів розміром, передбаченим законодавством;

- преміювати працівників за досягнуті наукові та науково-прикладні результати: за сприяння винахідництву та раціоналізації; за створення, освоєння та впровадження нової техніки; за введення до дії в термін і достроково наукового та навчального устаткування; за успіхи у виконанні особливо важливої роботи; за виконання і перевиконання завдань; за виконання термінових завдань у встановлений термін; за підвищення результативності праці; за поліпшення кінцевих результатів господарської, наукової та освітньої діяльності МННЦ; за економію сировини, матеріалів, інструментів та інших матеріальних цінностей; за зменшення простоїв устаткування та за інші якісні показники в роботі центру.

Вищезазначені права повинні забезпечувати наступні показники результативності діяльності МННЦ:

- кожен науковий та науково-педагогічний працівник МННЦ повинен: щорічно опублікувати не менше трьох наукових статей у фахових виданнях ВАКа та закордонних фахових виданнях, серед яких не менше однієї підготувати самостійно; здійснювати керівництво науковими дослідженнями та розробками не менше ніж двох студентів, магістрантів чи аспірантів, відповідаючи за їх індивідуальну поглиблену наукову, науково-технічну та інноваційну підготовку;

- учені даного центру, які готують до захисту докторську дисертацію, повинні видавати наукову монографію за темою дисертації;

- доктори та кандидати наук, що беруть участь у навчальному процесі в МННЦ, повинні мати протягом 2009-2012 рр. виданими не менше п'яти друкованих аркушів власного доробку в підручниках та навчальних посібниках;

- кожна фундаментальна чи прикладна науково-дослідна робота, що виконується за рахунок видатків загального фонду держбюджету, повинна завершуватись підготовкою до публікації наукової монографії;

- кожна прикладна наукова розробка, що виконується за рахунок видатків загального фонду держбюджету, завершується створенням конкурентоспроможного на світовому ринку науково-прикладного результату або щоб його корисність для економіки та суспільства України була підтверджена документами користувачів, патентами, проданими ліцензіями, позитивними висновками науково-технічної експертизи;

- кожен магістрант, який пройшов наукову підготовку в центрі понад півтора роки, повинен мати не менше двох наукових публікацій у фахових виданнях ВАКа чи закордонних фахових виданнях, не менше ніж одна з яких власного доробку.

Окрім цього, МННЦ має сприяти підвищенню рівня науково-освітньої кооперації шляхом активізації та урізноманітнення форм роботи з установами НАН України та галузевих академій наук, інших міністерств, підприємствами та організаціями. Також центр повинен мати вищі за середні по ДонНУ показники залучення коштів вітчизняних та закордонних замовників, грантів на виконання наукових досліджень і розробок стосовно відповідних видатків загального фонду держбюджету з розрахунку на одного наукового і науково-педагогічного працівника. МННЦ має розробити порядок та забезпечити умови стажування аспірантів і молодих учених у провідних університетах та наукових центрах.

Фінансування наукової, науково-технічної та інноваційної діяльності МННЦ здійснюється за рахунок коштів загального фонду держбюджету, що виділяються на проведення фундаментальних, прикладних досліджень і розробок та коштів, що надійшли за виконання робіт, надання послуг відповідно до функціональних повноважень, а також від грантової діяльності, власних коштів центру, спонсорів, кредитів та інших надходжень, не заборонених законодавством України.

МННЦ зобов'язаний здійснювати модернізацію та оновлення своєї матеріально-технічної бази відповідно до потреб забезпечення діяльності за обраним науково-технічним напрямом, призначаючи щороку на це частину від загальних надходжень.

На час експерименту оплата працівників МННЦ здійснюється за окремою схемою та розрахунками, що будуть затверджені наказом МОН України.

Слід зазначити, що розбудова ДонНУ як університету дослідницького типу не обмежується створенням МННЦ для міждисциплінарних досліджень та розробок у природничих науках та технологіях. Планується створити ННЦ із економіко-соціальних та гуманітарних проблем. Але, на відміну від гуманітарних та суспільних наук, для яких дороге обладнання майже не потрібне, для дослідницької діяльності в природничих науках (фізиці, хімії тощо) необхідні особливі, іноді унікальні та недешеві прилади, апарати та інше оснащення. Вищенаведеними постановами КМУ передбачається поступове вирішення цього питання не тільки за рахунок збільшення фінансування на придбання відповідних пристроїв, а й шляхом розвитку інноваційної інфраструктури університетів та регіонів.

Для створення сприятливих умов для розробки та накопичення конкурентноспроможних винаходів передбачається прийняти нормативні документи про службу інтелектуальну власність, порядок її експертизи та комерціалізації. Тому за необхідним є створення підрозділів метрології та стандартизації, контролю за якістю, центрів колективного користування науковим обладнанням, наукових парків, центрів трансферу технологій інформаційно-консультативного забезпечення інноваційного процесу тощо.

Викладачі та студенти повинні звикнути, що навколо них існують ринкові утворення суспільства, де постійно діє конкуренція у різних її проявах. Зокрема конкуренція знань і конкуренція кінцевого дослідницького результату. Тому існує потреба пояснення щодо перебудови органів управління процесами одержання та використання знань. Більшості здається, що в нашій країні цей процес на належному рівні і не потребує змін. Проте це помилка.

Дослідницька конкуренція тягне за собою необхідність зазирнути за обрій знань. А відстань між обрієм і нами, як відомо, не скорочується. Тобто в світі з'являються все нові та нові знання, їх необхідно освоювати викладачам, студентам, пошукачам, а головне, тим, хто бажає успішної віддачі від ринкового життя. Тому в університеті дослідницького типу слід утворити департамент знань із своїми структурами підготовки, перепідготовки, додаткової підготовки та підвищення кваліфікації фахівців, інформаційного пошуку та трансляції знань, упровадження нових освітніх технологій, комерціалізації результатів наукових досліджень, технологічних розробок тощо.

Як стрижнем університету дослідного типу є його ННЦ, так інноваційна діяльність є головною системоутворюючою ланкою функціонування таких центрів. Інноваційна діяльність відрізняється від раніше існуючого у доринковому суспільстві напряму розвитку під назвою впровадження. Інновація ширше і глибше за впровадження, бо ринкові умови вимагають нового акцентованого змісту.

Аналіз і узагальнення пояснень про інноваційну діяльність дає такий скорочений перелік: розробка, впровадження та тиражування винаходів нових пристроїв та засобів, продаж ліцензій на "ноу-хау", на науково-технічні розробки, технології, промислові зразки, інші комерціалізовані твори інтелектуальної власності, їх трансфер.

Інноваційна діяльність має декілька завдань: спрямування університетських розробок на ринок з невід'ємною комерціалізацією результатів науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт; кадрове супроводження інноваційної діяльності; розбудова методичної та сервісної підтримки двох перших завдань. Природно, що інноваційна діяльність зробить університет потрібним більшому колу осіб та структур регіону, країни в цілому. Тому навчально-наукові центри доцільніше називати навчально-науково-інноваційними комплексами (ННІК), як це зроблено в Томському державному університеті [16].

У ННІК є ще одна група завдань: розробка та доведення до практики адміністративних інновацій, метою яких мають бути підсилення та поліпшення оперативності й ефективності управлінських схем будь-якого рівня адміністративних структур. Зокрема в університеті повинен бути відділ інноваційно-методичного забезпечення адміністративного управління.

У структурі університету дослідницького типу організація і координація діяльності підрозділів, які відносяться до науки, інноваціям, комерціалізації і трансферу результатів досліджень та розробок, покладається на спеціальний Департамент з управління розвитком фундаментальних і прикладних досліджень. До нього входять: Управління з підготовки висококваліфікованих кадрів (підготовка кандидатів і докторів наук, перепідготовка і підвищення кваліфікації кадрів, моніторинг розвитку науки та вивчення потреби щодо кадрового забезпечення); Управління з інноваційної діяльності (аналіз і формування ринкових потреб на інтелектуальну власність, аудит наукових розробок і доведення їх до конкурентної здатності, дослідні виробництва, бізнес-інкубатори, малі підприємства, трансфери технологій та знань); Управління з міждисциплінарних та актуальних досліджень (нові методології і методи досліджень, стандартизація, метрологія, правовий захист

інтелектуальної власності, інтеграція до міжнародного і вітчизняного наукового співтовариства тощо).

Кінцевою ланкою інноваційної діяльності в університетах дослідницького типу стає висококонкурентна комерціалізована продукція, заснована на службовій інтелектуальній власності, яка буде надходити на відповідний ринок з усіма його закономірностями, гідностями та недоліками. Пристосування до ринкових відносин щодо підготовки кадрів та налагодження зворотного зв'язку значну роль можуть відігравати, так звані, бізнес-інкубатори чи технологічні інкубатори, які за рахунок спеціального інноваційного фонду університету будуть стимулювати винахідників, наполегливо шукаючи та підштовхуючи їх до створення інтелектуальної власності, що стане корисною для обох сторін. Такий фонд можна використовувати і для фінансування перспективних ініціативних проєктів працівників університету та для фінансової підтримки наукових досліджень молодих учених.

Згідно з вищенаведеною Постановою КМУ № 1155, МОН України разом із іншими органами центральної виконавчої влади та галузевими академіями наук буде проводити на конкурсній основі добір учасників з визначення поміж них найкращих 5-ти університетів дослідницького типу та 25 науково-навчальних центрів. Попередньо для цього будуть розроблені вимоги, критерії та порядок проведення конкурсу, методичні засади функціонування університетів дослідницького типу, науково-навчальних центрів тощо.

Ефективність усіх університетів дослідницького типу, структур та їх працівників буде визначатися за декількома критеріями. Але головним є створення конкурентноспроможної продукції в сучасному ринковому світі. Подібне стосується не лише новітніх технологій, пристроїв, засобів, стандартів, але й суто наукової продукції: монографій, статей, навчальних посібників, підручників. Для усіх них визначені особливі критерії, зокрема індекси цитування, тобто частоти використання їх статей у періодичних виданнях іншими фахівцями.

Національна бібліотека України ім. В.І. Вернадського (див. на сайті <http://www.nbuv.gov.ua>) на основі інформації із бази даних Scopus, що містить понад 30 млн. реферативних записів про публікації з 17 тис. найбільш інформативних журналів 4 тис. видавництв. Наукометричний апарат Scopus забезпечує облік публікацій науковців і установ, де вони працюють, та статистику їх цитованості. За рейтингом 75 вищих навчальних закладів України, впорядкованих за кількістю цитувань, ДонНУ станом на 15.01.2009 р. займає 12 місце (кількість цитувань – 1271), а за кількістю публікацій у Scopus – 10 місце (кількість публікацій – 1047). А ось серед 100 найбільш цитованих у Scopus науковців України є тільки 13 представників вищих навчальних закладів, що ще раз засвідчує необхідність залучення до навчального процесу в ДонНУ якомога більше науковців із інститутів НАН України.

Утворивши МННЦ та започаткувавши його діяльність із представлення на конкурс МОН України запиту на проєкт "Біоіндикатори для державного екологічного моніторингу", ДонНУ зробив перший крок до розбудови університету дослідницького типу.

Наступну діяльність МННЦ планується здійснювати за наступними короткостроковими пріоритетами:

1. Розроблення, узгодження та укладання договорів про співробітництво з учасниками МННЦ та партнерами (вітчизняними й іноземними) (строк виконання: 06.2009 р.).

2. Розроблення положень про регіональний центр колективного користування науковим та навчальним устаткуванням та про регіональний центр науково-технічної і економічної інформації як структурні підрозділи МННЦ (строк виконання: 06.2009 р.).

3. Розроблення та затвердження положень про інноваційний спеціальний фонд та про взаємовідносини університету, МННЦ, авторів, замовників та інвесторів при створенні, комерціалізації та трансфері службової інтелектуальної власності (строк виконання: 06.2009 р.).

4. Збір регіональної та університетської інформації про досягнуті результати й перспективні можливості виконання наукових досліджень та технологічних розробок за напрямками: нанотехнологій, біотехнологій та інформаційних технологій (строк виконання:

12.2009 р.).

5. Виконання форсайтових досліджень щодо можливостей конвергенції (взаємовплив та взаємопроникнення) нано-, біо- та інфо-технологій для вирішення проблем забезпечення збалансованого регіонального розвитку (строк виконання: 12.2009 р.).

6. Підготовка та представлення на вітчизняні конкурси, тендери та торги проектів за напрямами діяльності МННЦ (постійно).

7. Підготовка та представлення на міжнародні конкурси, тендери та торги проектів за напрямами діяльності МННЦ (постійно).

Міждисциплінарний науково-навчальний центр "Конвергенція нано-, біо- та інфо-технологій для збалансованого регіонального розвитку" тільки розпочинає свою діяльність, а тому буде корисно дізнатися думки та пропозиції співробітників університету, інших організацій, установ та організацій про наш почин. Коментарі та пропозиції просимо направляти за адресою МННЦ:

83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46, офіс 709, Дирекція МННЦ
Тел./факс: +38 (062) 337-00-83; 305-16-51
E-mail: nss@skif.net; nauka@dongu.donetsk.ua

Список літератури

1. Закон України від 13.12.1991 року № 1977 - XII "Про наукову та науково-технічну діяльність" із змінами і доповненнями.
2. Закон України від 11.07.2001 року № 2683-III "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки".
3. Закон України від 14.09.2006 року № 143-У "Про державне регулювання діяльності у сфері трансферу технологій".
4. Закон України від 04.07.2002 року № 40-IV "Про інноваційну діяльність із змінами і доповненнями".
5. Закон України від 16.01.2003 року № 433-IV "Про пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Україні" зі змінами і доповненнями.
6. Закон України від 16.07.1999 року № 991-XIV року "Про спеціальний режим інноваційної діяльності технологічних парків" із змінами і доповненнями.
7. Указ Президента України "Про рішення Ради національної безпеки і оборони України від 06.04.2006 року "Про стан науково-технологічної сфери та заходи щодо забезпечення інноваційного розвитку України"" від 11.07.2006 № 606/2006.
8. Постанова Кабінету Міністрів України від 19.09.2007 року № 1155 "Наука в університетах" на 2008-2012 роки.
9. Постанова Кабінету Міністрів України від 14.05.2008 року № 447 "Створення в Україні інноваційної інфраструктури" на 2009-2013 роки.
10. Рішення Донецької обласної ради "Про програму науково-технічного розвитку Донецької області на період до 2020 року" від 22.03.2002 року № 3/25-656.
11. Рішення Донецької обласної ради "Про середньострокові пріоритетні напрями інноваційної діяльності в Донецькій області до 2012 року" та "Концепція інноваційного розвитку Донецької області до 2020 року".
12. Угода про співробітництво від 30.10.2008 року № 4 між державним агентством України з інвестицій та інновацій, Донецькою обласною державною адміністрацією та Донецьким науковим центром НАН і МОН України.
13. Кобзев А. В., Уваров А. Ф. "Оксфордская" модель розвитку учебно-научно-инновационного комплекса ВУЗ / НИИ // Инженерное образование. – 2004. – № 2. – С. 156-159.
14. Амоша О. І. Проблеми взаємодії науки і освіти: історія та сучасність // Вісник ДІТБ. Сер.: Економіка, організація і управління підприємствами. – 2006. – № 10. – С. 11-20.
15. Шевченко В. П., Беспалова С. В., Максимович В. О. Проект національної програми з

розробки біологічних технологій // Міжвід. зб. наук. праць "Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону". – Донецьк: ДонНУ, 2007. – Вип. 7. – С. 10-16.

16. *Томский государственный университет: Ежегодник-2007* / Под ред. Г. В. Майера. – Томск: Изд-во Томского ун-та, 2008. – 392 с.

Шевченко В. П., Беспалова С. В., Горецкий О. С., Максимович В. А., Шестакин Н. С. Междисциплинарный научно-образовательный центр "Конвергенция нано-, био- и инфо- технологий для сбалансированного регионального развития" как начало строительства университета исследовательского типа. – Рассмотрены проблемы строительства университетов исследовательского типа, которые начали возникать в Украине в рамках Государственной целевой научно-технической и социальной программы "Наука в университетах" на 2008-2012 годы. Составляющей этой программы является создание научно-образовательных центров в университетах, которые имеют статус национальных высших учебных заведений. Обоснована целесообразность создания в Донецком национальном университете Междисциплинарного научно-образовательного центра "Конвергенция нано-, био- и инфо- технологий для сбалансированного регионального развития" с целью проведения междисциплинарных научных исследований и разработок, создания конкурентоспособных на мировом рынке научных и научно-прикладных результатов, осуществления инновационной деятельности и обеспечение на этой основе условий углубленной научной и научно-технической подготовки специалистов. Определены главные направления научной, научно-технической и инновационной деятельности этого центра, его задания и права, а также ожидаемая результативность этой деятельности. Предложены организационные преобразования в структуре управления научной деятельностью для обеспечения реализации планов строительства университета исследовательского типа.

Ключевые слова: университет, научно-образовательный центр, научные исследования, конкурентоспособность, подготовка специалистов, инновационная деятельность, структура управления.

Shevchenko V. P., Bepalova S. V., Goretsky O. S., Maksymovych V. A., Shestavin M. S. Interdisciplinary Research and Education Center "Converging Nano-, Bio- & Info- technologies for the balanced regional development" as an initial point in building the university of a research type. – The problems of building research-type universities, which began arising in Ukraine within the framework of the Government special scientific-technical and social program "Science in Universities" for the years 2008-2012 are considered in the article. One of the components of the program is creation of research and educational centers in the universities which have status of national higher educational institutions. There is substantiated expediency of creating an interdisciplinary research and educational center "Converging Nano-, Bio- & Info- technologies for the balanced regional development" in Donetsk National University aiming at conducting an interdisciplinary research and design activity, creation of scientific and scientifically-applied results competitive in the world market, realization of innovative activity and, thus, formation the basis for realization of an advanced scientific and scientific-technical training of specialists. Main directions of scientific, scientific-technical and innovative activity in such center, as well as its tasks and rights, and expected efficiency of its activity are described. Organizational transformations in management structure of scientific activity for realizing the plans in building research-type universities are proposed.

Key words: university, research-and-educational center, scientific research, competitiveness, training of specialists, innovative activity, management structure.

**С. В. Беспалова, О. С. Горецький, О. З. Глухов, В. О. Максимович, О. З. Злотін,
Т. Ю. Маркіна, Н. М. Лялюк, К. М. Маслодудова, А. І. Сафонов, О. В. Федотов,
О. В. Машталер, М. В. Говта**

АПРОБУВАННЯ СПОСОБІВ БІОІНДИКАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ДОНБАСУ

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46

e-mail: biophys@dongu.donetsk.ua

Беспалова С. В., Горецький О. С., Глухов О. З., Максимович В. О., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Федотов О. В., Машталер О. В., Говта М. В. Апробування способів біоіндикації екологічного стану Донбасу. – Зведено результати апробування біоіндикаційних можливостей видів рослин, тварин, грибів та людини у промислово розвиненому регіоні. Синтезовані дані рекомендовано розцінювати як базові для впровадження технології оцінки шкідливості факторів навколишнього середовища.

Ключові слова: біоіндикація, інтегральний показник, стан довкілля.

Вступ

У попередніх публікаціях було розглянуто обґрунтування можливостей способів біоіндикації, методологічна база для їх реалізації, первинні результати дослідження біоіндикаційних можливостей різних видів рослин, тварин, грибів та показників функціонального стану людини у промислово розвиненому регіоні. На підставі цього розроблено охороноспроможні способи біоіндикації екологічного стану довкілля [1-5, 7, 37].

Завданням наступного етапу досліджень було апробування раніше визначених пріоритетних способів біодіагностики стану довкілля.

Зведення результатів апробації згруповано за блоками наукових напрямів дослідження.

Біоіндикація за допомогою водоростей [9, 14-16, 25]. Проведено альгоіндикацію екологічного стану, рівня забруднення водойм різних типів Донецької області. Обстежено більше 30-ти водних об'єктів, серед яких малі та середні річки (Сіверський Донець, Кальміус, Бахмут, Кальчик, Грузька та ін.), Азовське море, водосховища, ставки м. Донецька та ін. Визначено видовий склад фітопланктону водойм, види-індикатори сапробності, встановлено індекси сапробності. За результатами аналізу більшість водойм визначено як помірно забруднені або забруднені (індекси сапробності коливаються від 1,8 до 2,7). Для деяких водойм визначено тенденцію до погіршення ситуації й неможливість відновлення процесів самовідтворення та самоочистки. Умови існування гідробіонтів за створеною загальною технологією оцінки екологічного стану визначено як субнормальні – несприятливі. Дані результати впроваджені до роботи санітарно-епідеміологічних станцій та екологічних лабораторій м. Донецька та області. Їх можна рекомендувати до включення у єдину систему моніторингу, а також до уваги підприємств, що використовують ресурси конкретного водоймища (шахти, сільськогосподарські підприємства, підприємства водного господарства). Під час аналізу даних р. Сіверський Донець з'ясовано, що серед визначених 152 видів водоростей, 34% є показником сапробності. Розрахунок середньої сапробності біоценозу (за Пантле та Буком) показав, що індекс сапробності дорівнює 2,06 та досліджена ділянка річки відноситься до β -мезосапробної зони (зона помірного забруднення).

Аналіз фітопланктону показав, що в угрупованнях річок Північного Приазов'я зустрічалися водорості 7-ми систематичних відділів (Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Dinophyta, Chrysophyta, Bacillariophyta, Xantophyta, Chlorophyta). Усього визначено 135 видів водоростей. Ядро альгофлори склали представники відділів Chlorophyta та Bacillariophyta (сумарно 82% від загальної кількості видів альгофлори). Менш чисельними були синьо-зелені водорості (9% від загальної кількості видів). У фітопланктоні річок Полкова та Великий Кальчик формувався діатомово-протококовий комплекс із незначною кількістю синьо-зелених, вольвоксових та еугленофітових водоростей; у річках Сухий та Малий Кальчик відмічено протококово-діатомовий комплекс за участю синьо-зелених, вольвоксових та еугленофітових водоростей. Річки Північного Приазов'я: Великий Кальчик,

Малий Кальчик, Сухий Кальчик та Полкова відносяться до β -мезосапробної зони (зона помірного забруднення), що відповідає III класу якості води.

У фітопланктоні ставків-відстійників шахти ім. 60-річчя Радянської України (Будьонівський район м. Донецька) розвивався діатомово-протококовий комплекс з незначною участю евгленофітових та дінофітових водоростей. Індекс сапробності ставків-відстійників (за Пантує та Буком) склав 2,03-2,19 (β -мезосапробний рівень).

Досліджено 5 ставків Кіровського району (ставки житлових масивів Абакумова, шахти "Лідієвка", "Бабаково-1", "Бабаково-2", ставок мікрорайону Бірюзова). В угрупованнях фітопланктону траплялися водорості трьох відділів: *Cyanoprokaryota*, *Bacillariophyta*, *Chlorophyta*. Взагалі визначено 40 видів. Найбільше видове різноманіття було притаманне відділу *Chlorophyta*. Найбільше видове та родове різноманіття мали родини *Scenedesmaceae*, *Selenastraceae* та *Naviculaceae*. Також значним родовим та видовим різноманіттям відзначалася родина *Oocystaceae*. Таким чином, у фітопланктоні формувалася протококово-діатомовий комплекс. Сапробність досліджених ставків Кіровського району дорівнювала 2,5 й відповідала β -мезосапробній зоні (зона помірного забруднення). У Кіровському районі досліджені ставки: Кірша, Піщаний, відстійник ЗАТ "Гормаш", Чунь-Чунь (великий), Чунь-Чунь (малий), Рутченківський, Кар'єр. Аналіз видового складу показав, що 32 види водоростей були індикаторами сапробності. Розрахунок сапробності за Пантує і Буком показав, що цей індекс для моніторингових точок склав у середньому 2,1, що відповідає β -мезосапробній зоні, яка характеризується присутністю аміаку та продуктів його окислення – азотної та азотистої кислот; амінокислот не виявлено, сірководень є у незначних кількостях, кисню у воді багато, мінералізація йде за рахунок повного окислення органічної речовини). Отримані значення індексу сапробності води ставків Кіровського району м. Донецька відповідають β -мезосапробній зоні, ставок Чунь-Чунь (малий) – α -мезосапробній. Середній показник індексу сапробності дорівнював 2,1 (помірне забруднення).

Встановлено, що майже єдиним способом біоіндикаційної оцінки водойм є альгоіндикація. Визначено сапробність біоценозів, тенденції змін у фітоценозах та оцінено можливість самоочищення водойм різних типів.

Біоіндикація за допомогою мохоподібних [8, 12, 13, 18, 19]. Визначено видовий склад мохоподібних обраних промислових територій; вдосконалена технологія і критерії оцінки ступеня забруднення навколишнього середовища та трансформації природних екосистем; визначено навантаження на довкілля у промисловому регіоні, фактичний стан довкілля у техногенних та природних екотопах.

Уперше для південного сходу України досліджено можливість трансплантування мохоподібних до техногенних умов існування, визначено їх реакцію на дію факторів навколишнього техногенно трансформованого середовища, запропоновано шкалу оцінювання екологічної ситуації промислового регіону. Інформація є альтернативною технічним засобам для проведення заходів із нормування антропогенного навантаження на екосистему, потребує впровадження до практики стандартизації або тимчасової експертизи об'єктів промисловості.

Для проведення дослідження було обрано наступні зони.

Зона 1. ЦПКіВ (центральний парк культури і відпочинку) ім. 50-річчя Жовтня.

Зона 2. Територія, що розташована безпосередньо у санітарно-захисній зоні Макіївського металургійного комбінату (ММК).

Зона 3. Розташована у західному напрямку від ММК на відстані 2,4 км.

Контрольна зона розташована на відстані 5,5 км у східному напрямку від ММК і вважається умовно чистою.

Було виявлено морфологічні зміни трансплантатів мохів, що проявилися у зміні забарвлення листових пластинок, а також в їхньому частковому або повному відмиранні. У трансплантатів виду *Leskea polycarpa* Hedw. відмирання листя, а також цілих пагонів було помічено в Зонах 2 та 3. У Зоні 1 зміни були незначними: знебарвились верхівки декількох

листяних пластинок. Характерною рисою морфологічних змін трансплантатів виду *Amblystegium riparium* Bryol. eur. було повне знебарвлення верхівок пагонів у Зонах 2 та 3. До того ж, найбільш істотно це проявилось в Зоні 2 (помічено велику кількість знебарвлених пагонів). У Зоні 1 ці зміни майже не виявлено. У трансплантатів виду *Ortotrichum fallax* Bruch. морфологічні зміни проявилися у некрозі декількох пагонів та побурінні верхівок листяних пластинок більшості пагонів (Зона 2). За результатами аналізу морфологічних змін трансплантатів мохів встановлено, що найчутливішим до забруднення атмосферного повітря є вид *A. riparium*, а менш чутливим – *L. polycarpa*.

Встановлено, що найчутливішим до забруднення атмосферного повітря (результати аналізу морфометричних характеристик) виявився вид *O. fallax*, оскільки діапазон зміни довжини та ширини листкової пластинки у трьох зонах у нього був максимальним, порівняно з іншими видами. На підставі морфометричних показників найстійкішим до атмосферного забруднення виявився вид *L. polycarpa*. У трансплантатів *L. polycarpa* із Зони 3 відмерлими були частини майже всіх листяних пластинок (близько 1/3-1/4 пластинки). Повністю відмерлих пластинок не було помічено. Відмінною рисою змін листяних пластинок *A. riparium* у Зоні 1 стало знебарвлення їх верхньої частини. Листковим пластинкам трансплантатів цього моху притаманне відмирання груп, кількість клітин у котрих становило декілька десятків, у всіх частинах листа. У Зоні 2 зміни більш значні. Площі відмирання сконцентровані у верхній та середній частинах пластинок. Описані явища характерні для більшості досліджуваних зразків даного моху. Повністю відмерлі листкові пластинки спостерігались і в Зоні 3, верхівки живих листяних пластинок були повністю знебарвленими.

Характерною особливістю змін трансплантатів *O. fallax* стало побуріння верхівок листяних пластинок. Такі зміни на анатомічному рівні зумовлені бурим забарвленням колєніматично потовщених стінок клітин. Листкові пластинки трансплантатів *O. fallax* у Зоні 1 відрізнялися побурінням лише декількох верхівок. Найбільш істотними виявились анатомічні зміни в Зонах 2 та 3, де разом із побурінням значної кількості клітин верхівки листкової пластинки відмерлими були також клітини середньої її частини. У всіх зразках трансплантатів мохів виявлено наявність або відсутність спорогонів. До трансплантації на дернинках *O. fallax* спостерігалась велика кількість спорогонів, а на дернинках інших видів їх було значно менше. Після трансплантації наявність спорогонів у великій кількості було зафіксовано лише у *O. fallax*, а в Зоні 2 вони змінили своє забарвлення на темно-буре. У решти видів спорогони стали поодинокими або були відсутні. Утворення нових спорогонів не помічено. Проведення вимірів коробочок *O. fallax* у кожній із зон трансплантації показало, що максимальною виявилась середня довжина коробочки в Зоні 1 ($1,97 \pm 0,03$ мм), а мінімальною – в Зоні 2 ($1,64 \pm 0,02$ мм). Це пояснюється тим, що в несприятливих умовах дещо уповільнюється розвиток органів генеративного розмноження мохоподібних. Натомість більш інтенсивним стає процес вегетативного розмноження. Такі зміни нами було помічено лише в Зоні 1 у трансплантатів *O. fallax*. Це підтверджує те, що мохи мають здатність до приживання у ході трансплантації.

На основі проведених спостережень та отриманих результатів морфологічних змін трансплантатів мохів здійснено оцінювання антропогенного навантаження на навколишнє середовище м. Макіївка. У зв'язку зі специфікою досліджуваної території та характером морфологічних змін трансплантатів мохів шкалу було дещо модифіковано, і в наслідок цього вона набула наступного вигляду: "5" – дернинки практично без ушкоджень; "4" – ушкодження (знебарвлення та побуріння) декількох листяних пластинок на верхівках гаметофітів; "3" – відмирання менше ніж половини гаметофітів дернинки; "2" – відмирання більше ніж половини гаметофітів дернинки; "1" – всі гаметофіти дернинки пошкоджені або повністю відмерлі. За п'ятибальною шкалою складено шкалу розрахованого індексу, яка характеризує екологічні умови досліджуваної території. Поняття "екологічні умови", у даному випадку, ми розуміємо як ступінь забруднення атмосферного повітря. Кожне зі значень шкали є балом п'ятибальної шкали, помножений на 3 (кількість індикаторних видів).

Порівнявши отримані індекси зі шкалою, можна сказати, що екологічні умови у Зонах 1 та 3 є нормальними, а у Зоні 2 – несприятливими. Сприятливими виявилися екологічні умови у контрольній зоні. Слід зазначити, що отримані результати, за умови проведення досліджень із застосуванням інших індикаторних організмів, дадуть чіткіше уявлення стану досліджуваної території, що дозволить отримати комплексну оцінку забруднення атмосферного повітря промислового регіону.

Біоіндикація за допомогою вищих квіткових рослин [11, 20-23, 27, 30-35, 38]. Структурна фітоіндикація є базовим елементом екологічного моніторингу стану природних та трансформованих систем у промисловому регіоні, базується на показниках інформативної індикаторної пластичності та мінливості видів-індикаторів за морфометричними показниками елементів архітекtonіки та їх конформаційної будови. Вдосконалена технологія, критерії оцінки ступеня забруднення навколишнього середовища та трансформації природних екосистем, навантаження на довкілля у промисловому регіоні, фактичний стан довкілля у техногенних та природних екотопах. За умов використання параметрів, сумарний показник реакції рослин на дію факторів неспецифічного стресу буде дорівнювати інтегральному рівню та потужності факторів стресу на екологічні системи території, що аналізуються. Максимальна кількість балів за допомогою цих показників дорівнює 100, мінімальна – 10. За апробованими методиками для різних об'єктів дослідження рекомендуємо наступну умовну шкалу оцінювання ступеня токсичного навантаження на природні системи: 10-25 – нормальний стан екосистеми; 26-35 – допустимий, 36-75 – той, що перевищує допустимий рівень, 76-100 – недопустимий рівень дисбалансу в природних системах, що аналізуються.

Отримано зведення результатів технічного (А – викиди забруднюючих речовин, тис. т) та фітоіндикаційного моніторингу (Б – для 1-2-км зони кожного з підприємств): ВАТ "ММК ім. Ілліча", ВАТ "ММК Азовсталь", Старобешівська ТЕС ВАТ "Донбасенерго", Курахівська ТЕС ТОВ "Східенерго", Вуглегірська ТЕС ВАТ "Державна енергогенеруюча компанія "Центренерго", ВАТ "Шахта ім. Засядька", Зуївська ТЕС-2 ТОВ "Східенерго", Слов'янська ТЕС ВАТ "Донбасенерго", ВАТ "Макиївський меткомбінат", ВАТ "Єнакіївський металургійний завод", ВАТ "Авдіївський коксохімічний завод", ВАТ "Макрохім", ВАТ шахта "Південнодонбаська № 1", ЗАТ "Донецьксталь", ВАТ "Донецький металургійний завод", ВАТ "Ясинівський КХЗ", ВАТ "Єнакіївський КХЗ", ЗАТ "Єнакіївський коксохімпром", ВАТ "Макиївський КХЗ", ЗАТ "Макиївкокс", ВАТ "Донецьккокс".

Метод структурної трансформації апробовано для районів м. Донецька та Донецької області, встановлено рівень навантаження. Запропонована технологія оцінки стану довкілля за сумарним критерієм дозволяє виявити диференціацію та ранжувати території Донецької області за ступенем токсичного впливу на середовище.

Інформація є альтернативною технічним засобам для проведення заходів із нормування антропогенного навантаження на екосистеми, потребує впровадження до практики стандартизації або тимчасової експертизи об'єктів промисловості. Апробацію методу (частини технології) структурної фітоіндикації за індикаторною пластичністю вищих рослин в умовах техногенно трансформованого середовища проведено та адаптовано до промислових майданчиків та селітебних зон районів м. Донецька та Донецької області. Встановлено, що недопустимий рівень навантаження є характерним для Будьонівського, Ворошиловського, Куйбишевського, Петровського та Ленінського районів м. Донецька, більшості територій міст Єнакієвого, Костянтинівки, Краматорська, Макиївки та Маріуполя, де до комплексів технічних спостережень та екологічного контролю рекомендовано залучати показники стану біоти як інтегровані критерії ступеня токсичності. Регіональну адаптацію методу структурної фітоіндикації здійснено шляхом розширення та доповнення асортименту видів-індикаторів та відповідно їх ознак, наприклад для *Reseda lutea* L. це показники карполого-ембріологічної матрикальності та гетероспермії; для *Dactylis glomerata* L., *Bromopsis inermis* (Leyus.) Holub та *Bromus arvensis* L. – морфологічна деструктуризація

паліносировини; для *Populus deltoides* Marsh та *Populus nigra* L. – варіативність будови халазних виростів насінневих утворень; для *Plantago major* L. – скульптура поверхні листкових пластинок та деформація термінальної флоєми листків. Впроваджена технологія оцінки стану довкілля за сумаційним критерієм дозволяє виявити диференціацію та ранжувати території Донецької області за ступенем токсичного впливу на середовище, а також повинна бути залученою до системи моніторингу й контролю стану екологічної ситуації у техногенно напруженому регіоні.

Біоіндикація за допомогою вищих базидіальних грибів [6, 10, 26, 36].

Експериментальні результати річних моніторингових досліджень контрольної – дендрарій Донецького ботанічного саду (ДБС) НАН України та дослідних територій міст Донецька та Макіївка з впровадженням мікологічних способів визначення екологічного стану місця їх зростання за рівнем активності каталази та ПОЛ міцелію плодових тіл базидіоміцетів показали наступне. Активність каталази та рівень процесів ПОЛ міцелію плодових тіл грибів *Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus*, які мешкали на територіях міст Донецька та Макіївка, вірогідно вища за показники КА і ТБК-АП міцелію плодових тіл з дендрарію. Отримані дані також показали ймовірну порівняльну різницю активності каталази й інтенсивності процесів ПОЛ, характерну для досліджених видів макроміцетів.

За звітний період проведено моніторингові дослідження контрольної (дендрарій ДБС НАН України) та дослідних територій Київського і Ворошиловського районів м. Донецька та Центрально-міського району м. Макіївка з впровадженням біологічних способів визначення екологічного стану місця зростання базидіоміцетів *Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus* за рівнем активності каталази та ПОЛ міцелію. Аналіз отриманих даних активності ферменту каталази показав, що дикорослі плодові тіла їстівних лікарських базидіоміцетів *F. velutipes* і *P. ostreatus*, що зібрані з різних за екологічними умовами місць зростання, мають рівень каталазної активності, який вірогідно відрізняється. КА міцелію плодових тіл, які мешкали на територіях міст Донецька та Макіївка, значно вища за показники КА міцелію плодових тіл з дендрарію.

Виходячи з отриманих результатів дослідів щодо інтенсивності процесів ПОЛ у міцелії, дикорослі плодові тіла базидіоміцетів мають рівень вмісту ТБК-АП, а відповідно і ПОЛ, який вірогідно відрізняється. Рівень ПОЛ плодових тіл, що зібрані в містах Донецьк та Макіївка вірогідно вищий вмісту ТБК-АП міцелію плодових тіл з дендрарію ДБС. Для останніх відмічено мінімальний вміст продуктів ПОЛ у міцелії. Дослід виявив і ймовірну порівняльну різницю інтенсивності процесів ПОЛ, характерну для досліджених представників видів *Flammulina* і *Pleurotus*.

Таким чином, експериментальні результати річних моніторингових досліджень контрольної (дендрарій ДБС НАН України) та дослідних територій міст Донецьк та Макіївка з впровадженням мікологічних способів визначення екологічного стану місця їх зростання за рівнем активності каталази та ПОЛ міцелію плодових тіл базидіоміцетів показали наступне. Активність каталази та рівень процесів ПОЛ міцелію плодових тіл грибів *Flammulina velutipes* і *Pleurotus ostreatus*, що мешкали на територіях міст Донецьк та Макіївка, вірогідно вища значень КА і ТБК-АП міцелію плодових тіл з дендрарію. Отримані дані також показали ймовірну порівняльну різницю активності каталази й інтенсивності процесів ПОЛ, характерну для досліджених видів макроміцетів. Проведені моніторингові дослідження підтверджують загальнобіологічну закономірність про те, що будь-який організм під час впливу на нього нового фактору зовнішнього середовища чи при освоєнні нової еконіши або є резистентний, або, як правило, адаптується, набуваючи при цьому властивості та зміну норм реакції, що досягається за рахунок варіабельності онтогенетичних і фізіологічних властивостей. Виявлені адаптаційні перебудови, швидше за все ведуть і до формування мікобіоти урбанізованих систем цих міст.

Біоіндикація за допомогою шовковичного шовкопряда [17, 28, 29]. Апробовано технологію біоіндикації стану довкілля за експрес-методом з використанням шовковичного шовкопряда у 5-ти точках різних районів м. Донецька. Встановлено, що у Ворошиловському (вул. Артема), у Київському районах (автостоянки, автостанція), у районі Донецького металургійного заводу (ДМЗ) – стан "україн несприятливий". Гусінь-мурашів 100% загинула у перший день після годівлі листом шовковиці, взятим із цих районів. У Кіровському районі (житловий комплекс) стан визначено як "несприятливий". Загибель гусіні у перший день після годівлі – 70%. Запропоновано новий спосіб біологічної оцінки забруднення ґрунтів солями важких металів з використанням рослини-поглинача (шовковиці), а в якості тест-об'єкта – гусінь шовковичного шовкопряда.

Практичне апробування нової технології біомоніторингу проводили у різних районах м. Донецька. Виявлення забруднення довкілля викидами техногенного походження (металургійна промисловість, автотранспорт та ін.) проводили за допомогою гусениць-мурашів шовковичного шовкопряда згідно з описом до патентів України (№ 31432 "Спосіб біоіндикації забруднення середовища інсектицидами" та № 31429 "Спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів"). В якості тест-об'єкта для біоіндикації стану техногенного району взято гусениць шовковичного шовкопряда чутливої породи Б-1_{пол}. Гусениць-мурашів відбирали для тестування ваговим методом, по 50 мг 3-ма повторами, у варіантах, де гусениць годували один раз листом шовковиці з районів інтенсивного забруднення довкілля викидами техногенного походження, з подальшим спостереженням за динамікою загибелі голодуючих гусениць зберігаючи їх при +25°C.

Робота проводилась у весняну та літню вигодівлі. Схема досліду з вигодуванням гусениць забрудненим листом шовковиці включала такі варіанти: 1) контроль – вигодування гусениць листям промитим кип'яченою водою з відносно чистого району; 2) вигодування гусениць листям з району з інтенсивним забрудненням довкілля солями важких металів. Враховували тривалість гусеничного циклу (дні) та їх життєздатність (%). Листя шовковиці для вигодування мурашів шовковичного шовкопряда брали на території м. Донецька у 5 місцях: Київський район – територія міжміської автостанції; автостоянка "Маяк"; Ворошиловський район – вул. Артема, перехрестя чотирьох автотрас; район ДМЗ та Кіровський район (житловий комплекс).

У досліджах використовували гусінь-мурашів відразу після виходу із гени – найчутливішої стадії розвитку шовковичного шовкопряда до дії інсектицидів. Облік гусениць проводили до початку їх загибелі у контролі. Спостереження за їх смертністю після одноразової годівлі листям шовковиці показали: у першу добу загинуло 100% гусениць, яким згодовували лист взятий у Ворошиловському районі (вул. Артема), Київському районі (район міжміської автостанції, автостоянка "Маяк") і в районі ДМЗ. До того ж слід зауважити, що загибель гусениць, яким згодовували лист шовковиці взятий у Ворошиловському районі з дерев вздовж автотраси та з району ДМЗ, відбулася протягом перших 6-ти годин після годівлі.

Отже, загибель гусениць знаходиться у прямій залежності від інтенсивності забруднення листа шовковиці. Гусениці, яким згодовували листя взяті у Кіровському районі (житловий комплекс) загинули протягом чотирьох днів, відповідно у першу добу – (41) – 70,7%; другу – (10) – 17,2%; третю – (5) – 8,7%; четверту (2) – 4,0%. У контролі гусениці почали гинути тільки на четверту добу. З наведених даних можна зробити такі висновки: токсичні речовини вихлопних газів накопичуються у листах шовковиці як поверхнево з атмосфери, так і сокорухом з ґрунтів; інтенсивно забрудненим було листя шовковиці, взяті з дерев, що ростуть вздовж автотраси по вулиці Артема (Ворошиловський район); район ДМЗ; у Київському районі (біля автостанції); причому у перших двох точках більш інтенсивне забруднення. За прийнятою шкалою оцінки стану екологічного середовища можна виділити: 1 бал – сприятливий стан – незареєстрована загибель гусениць-мурашів; 2 бали – нормальний стан – спостерігається їх незначна загибель – 0-5%; 3 бали – субнормальний стан

– загибель гусениць – 6-20%; 4 бали – несприятливий стан – загибель гусениць – 21-80% ; 5 балів – край несприятливий – загибель гусениць – 81-100%.

Стан довкілля у таких районах як центр м. Донецька, вул. Артема, район ДМЗ, Київський район (автостанція), автостоянка "Маяк" – 5 балів, "край несприятливий". У житловому комплексі Кіровського району – 4 бали, "стан довкілля – несприятливий". Таку оцінку екологічного стану можна пояснити тим, що відбувається значна концентрація викидів від промислових підприємств, автотранспорту не тільки тих, що розташовані у м. Донецьку, а й прилеглих територій – коксохімзаводу м. Макіївки, м. Авдіївки, викиди яких можуть концентруватись на значній відстані від джерела утворення.

Вихлопні гази автотранспорту акумульовані у ґрунті, атмосфері поглинаються шовковицею, а гусінь шовковичного шовкопряда, кормом для якої є лист шовковиці стає досить чутливим біоіндикатором забруднення довкілля. Таким чином, у результаті практичної апробації нової технології біоіндикації стану техногенного забруднення середовища за допомогою шовковичного шовкопряда експериментально доведено її високу ефективність щодо виявлення забруднення повітря, рослин, і ґрунтів.

Результати апробації показали високу ефективність шовковичного шовкопряда як тест-об'єкта на техногенні забруднювачі.

Біоіндикація за допомогою дослідження індивідуальних психофізіологічних показників людини. Вибрано чотири райони м. Донецька: Кіровський, Петровський, Київський та Пролетарський, на підставі яких отримано данні психофізіологічного стану обстежених студентів (n=40). Встановлено відповідні оцінки шкідливості досліджуваних територій та проаналізовано індивідуальні психофізіологічні показники студентів.

Обстежено студентів 1-3 курсів біологічного факультету Донецького національного університету, які тривалий час мешкали на різних за екологічним станом територіях м. Донецька. Для цього було зареєстровано психофізіологічні показники для кожного з студентів та розраховано відповідно до розробленого способу (патент України № 27501) їх психофізіологічний стан. Обрано чотири райони м. Донецька, в яких мешкали піддослідні: Кіровський, Петровський, Київський та Пролетарський (10 чоловік у кожному).

За результатами досліджень було отримано індивідуальні данні психофізіологічного стану обстежених студентів, які мешкали на даних територіях. Визначення індивідуальних психофізіологічних станів (за інтегральним показником) студентів було зроблено для оцінки екологічної шкідливості (з урахуванням відповідних балів) досліджуваних районів.

Встановлено, що психофізіологічний стан мешканців Кіровського району, який дорівнював $5,2 \pm 0,03$ ум. од. відповідав середньому рівню впливу екологічних умов на людину. Тобто менш сприятлива за екологічним станом техногенно-трансформована територія. У мешканців Петровського району середній показник психофізіологічного стану дорівнював $5,8 \pm 0,08$ ум. од., що характеризує середній рівень впливу екологічних умов на людину. Така територія за екологічним станом теж менш сприятлива для людини. Середній показник психофізіологічного стану мешканців Київського району дорівнював $4,7 \pm 0,04$ ум. од., що відповідає підвищеному рівню впливу екологічних умов на людину. Тобто цей район був несприятливим за екологічним станом. Середній показник психофізіологічного стану мешканців Пролетарського району, який дорівнював $4,2 \pm 0,02$ ум. од., характеризував також підвищений рівень впливу екологічних умов на людину. Ця техногенно-трансформована територія м. Донецька була несприятлива за екологічним станом.

Таким чином, середні показники психофізіологічного стану обстежених студентів, які тривалий час мешкали на досліджених територіях м. Донецька, свідчать про екологічну несприятливість цих територій. Усі психофізіологічні показники, які були зареєстровано у студентів, вірогідно ($p < 0,05$) відрізнялись між собою. Тому м. Донецьк цілком можна

характеризувати як несприятливу за екологічним станом техногенно-трансформовану територію.

Вперше за психофізіологічним станом людини дана екологічна оцінка стану деяких районів м. Донецька. Встановлено, що за допомогою дослідження індивідуальних психофізіологічних показників людини можна оцінити ступінь трансформованості територій м. Донецька. Запропонована технологія оцінки трансформованого промисловістю середовища за індивідуальним психофізіологічним станом організму людини.

Таким чином, за допомогою різних методів проведено апробування способів біоіндикації стану довкілля у промисловому регіоні. Отримані дані можуть бути підґрунтям до створення технології оцінки загального інтеграційного ступеня шкідливості несприятливих факторів довкілля на біоту.

Список літератури

1. Беспалова С. В., Горещкий О. С., Говта М. В., Лялюк Н. М., Максимович В. О., Злотін О. З., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М., Сафонов А. І., Федотов О. В. Розробка способів біоіндикації екологічного стану Донбасу // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2007. – Вып. 7. – С. 17-24.
2. 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.
3. Беспалова С. В. Первостепеннейшее в экологии – биота: и в науке, и в практике // Энергия инноваций. – Донецк, 2005. – № 4. – С. 51-53.
4. Беспалова С. В., Максимович В. А. Биологическая экология: Моделирование жизнеспособных биотических организаций // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11-18.
5. Беспалова С. В., Максимович В. А. Интегральная экология // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 11-15.
6. Брусніцина О. М., Федотов О. В. Вплив складу живильного середовища на каталазну активність *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. // Мат. III Всеукр. наук. конференції "Сучасні проблеми природничих наук" (м. Ніжин, 23-24 квітня 2008 р.). – Ніжин: ПГФ НДУ, 2008. – С. 17-18.
7. Глухов О. З., Сафонов А. І., Хиженяк Н. А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. – Донецьк: Вид-во "Норд-Прес", 2006. – 360 с.
8. Глухов О. З., Маиталер О. В. Індикація техногенного забруднення середовища із застосуванням мохів // Промислова ботаніка. – 2007. – С. 3-10.
9. Дегтярев Е. В., Титов А. И., Лялюк Н. М. Мониторинг фитопланктона р. Кальмиус // Мат. Всеукр. науч. конф. "Мониторинг природных и техногенных сред" (г. Симферополь, 24-26 апреля 2008 г.). – Симферополь: ДИАИПИ, 2008. – С. 45-48.
10. Евсеенкова А. Н., Федотов О. В. Влияние некоторых фенольных веществ на каталазную активность штаммов *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. // Мат. III Всеукр. науч. конференції "Сучасні проблеми природничих наук" (м. Ніжин, 23-24 квітня 2008 р.). – Ніжин: ПГФ НДУ, 2008. – С. 19-20.
11. Екологічна експертиза. Екологія міського середовища: Підручник. Науково-методична серія "Бібліотека студента-еколога" / Укл. А. І. Сафонов. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – 816 с.
12. Задорожна Д. В., Маиталер О. В. Застосування трансплантатів мохів для індикації забруднення повітряного середовища викидами металургійного підприємства // Тези доп. IV Міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів "Молодь і поступ біології" (м. Львів, 7-10 квітня 2008 р.). – Львів, 2008. – С. 182-183.

13. *Задорожная Д.В., Маиталер А.В.* Морфологические изменения трансплантатов мхов как реакция на загрязнение атмосферного воздуха промышленного региона // Тези доп. VII Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 15-17 квітня 2008 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – Т. 1. – С. 235-236.
14. *Климюк В. Н., Лялюк Н. М.* Биоиндикация загрязнений Славянских озёр // Тези доп. VII Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 15-17 квітня 2008 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – Т. 1. – С. 245-246.
15. *Климюк В. Н., Лялюк Н. М.* Мониторинг фитопланктона соленых озер г. Славянска // Мат. Всеукр. науч. конф. "Мониторинг природных и техногенных сред" (г. Симферополь, 24-26 апреля 2008 г.). – Симферополь: ДИАИПИ, 2008. – С. 67-70.
16. *Лялюк Н. М.* Впровадження новітніх біоіндикаційних технологій при підготовці бакалаврів з екології // Мат. Всеукр. наук.-практ. конф. "Соціально-педагогічний комплекс регіону: теорія і практика". – Полтава, 2008. – С. 50-54.
17. *Маркіна Т. Ю., Злотін О. З.* Шовковичний шовкопряд як тест-об'єкт для біоіндикації забруднення довкілля // Мат. Міжнар. наук. конф. присв. 50-тиріччю функціонування високогірного біологічного стаціонару Пожижевська (23-27 вересня 2008 р.). – Львів, 2008. – С. 272-273.
18. *Маиталер А. В., Задорожная Д. В.* Морфологические изменения трансплантатов мхов под влиянием газообразных выбросов промышленных предприятий // Мат. III Міжнар. наук. конф. "Відновлення порушених природних екосистем" (м. Донецьк, 7-9 жовтня 2008 р.). – Донецьк, 2008. – С. 367-369.
19. *Маиталер О. В., Задорожна Д. В.* Морфологічні зміни трансплантатів мохів як реакція на забруднення повітря промислового регіону // Чорноморськ. бот. журн. – 2008. – Т. 4. – С. 237-243.
20. *Мікулич Л. О., Сафонов А. І.* Ембріональний аспект фітоіндикації промислового середовища на прикладі *Reseda lutea* L. // Тези доп. VII Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 15-17 квітня 2008 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – Т. 1. – С. 120-121.
21. *Моніторинг довкілля: Підручник.* Науково-методична серія "Бібліотека студента-еколога" / Укл. А. І. Сафонов. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – 460 с.
22. *Навчально-методичний посібник з курсу "Промислова ботаніка"* / А. І. Сафонов. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – 128 с.
23. *Навчально-методичний посібник із спецкурсу "Фітоіндикація промислового регіону"* / А. І. Сафонов. – Донецьк: ДонНУ, 2008. – 132 с.
24. *Омельяненко М. Ю., Лялюк Н. М.* Мониторинг экологического состояния реки Северский Донец // Матер. Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых учёных "Ломоносов-2008" (г. Москва, 8-11 апреля 2008 г.) – М., 2008. – С. 112-115.
25. *Омельяненко М. Ю., Лялюк Н. М.* Экологическая оценка состояния малых и средних рек Донбасса // Вестник студенческого научного общества Донецкого национального университета. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2008. – С. 175-181.
26. *Патент 26736* України. Спосіб визначення стресового стану базидіоміцетів та екологічного стану місця їх зростання за рівнем активності каталази / Федотов О. В. Заявка № 200703598, від 02.04.2007, МПК (2006), кл. А01Н15/00, Бюл. № 16, від 10.10.2007.
27. *Патент 64340 А UA, МКИ 7 А01G7/00.* Спосіб визначення локального ефекту токсичного впливу важких металів: Деклараційний патент на винахід. – О. З. Глухов, Н. А. Хижняк, А. І. Сафонов. – № 2003054453; Заявл. 19.05.03; Опубл. 16.02.04. – Бюл. № 2. – 5 с.
28. *Патент на корисну модель № 31429* (Спосіб біологічної оцінки забруднення води солями важких металів) 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 р. Злотін А. З., Беспалова С. В., Єгорова О. А., Маркіна Т. Ю., Пальчик О. А., Маслодудова К. М.

29. Патент на корисну модель № 31432 (Спосіб біоіндикації забруднення середовища інсектицидами) 10.04.2008, Бюл. № 7, 2008 р. Злотін А. З., Беспалова С. В., Єгорова О. А., Маркіна Т. Ю., Маслодудова К. М.

30. Пащенко З. В., Сафонов А. І. Едафотопічна обумовленість стратегічної реалізації *Echium vulgare* L. // Тези доп. VII Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 15-17 квітня 2008 р.). – Донецьк: ДонНТУ, ДонНУ, 2008. – Т. 1. – С. 145-147.

31. Сафонов А. І. Генеративная активность растений-индикаторов в промышленном регионе // Мат. Міжнар. наук. конф. "Відновлення порушених природних екосистем" (м. Донецьк, 7-9 жовтня 2008 р.). – Донецьк: Б. в., 2008. – С. 492-497.

32. Сафонов А. І. Реализация стратегии выживания биоиндикаторов в техногенной среде // Мат. Всеукр. науч. конф. "Мониторинг природных и техногенных сред" (г. Симферополь, 24-26 апреля 2008 г.). – Симферополь: ДИАЙПИ, 2008. – С. 203-207.

33. Сафонов А. И., Беломеря П. С. Эколого-палинологический анализ некоторых аллергеной городской среды // Проблемы экологии (общегосударственный научно-технический журнал). – 2008. – № 1. – С. 71-79.

34. Сафонов А. І. Карполого-ембріологічна матрикальність індикаторних видів рослин промислового регіону // Зб. наук. праць Інституту ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. – К.: "Фітосоціоцентр", 2008. – № 2. – С. 157-167.

35. Сафонов А. І. Фітостратегічний потенціал антропогенезу // Мат. Міжнар. конф. молодих учених "Актуальні проблеми ботаніки та екології" (м. Кам'янець-Подільський, 13-16 серпня 2008 р.). – К.: Б. в., 2008. – С. 188-190.

36. Федотов О. В., Євсієнкова Г. М., Перцевой М. С. Активність ПОЛ і каталази макроміцетів – як можливі біоіндикаційні показники екологічного стану їх місця зростання // Зб. наук. праць Луганського нац. аграрного ун-ту. Сер. "Сільськогосп. науки". – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – № 82. – С. 73-81.

37. Шевченко В. П., Беспалова С. В., Максимович В. О. Проект національної програми з розробки біологічних технологій // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ. – Донецк: ДонНУ, 2007. – Вып. 7. – С. 10-16.

38. Safonov A. I., Safonova Y. S. Phytoecological characteristics of industrial urban environment // Problems of ecology and nature protection of technogen region (the interdepartmental collection of scientific works). – Donetsk: DonNU, 2007. – Iss. 7. – P. 70-77.

Беспалова С. В., Горецкий О. С., Глухов А. З., Максимович В. А., Злотин А. З., Маркина Т. Ю., Лялюк Н. М., Маслодудова Е. Н., Сафонов А. И., Федотов О. В., Махталер А. В., Говта Н. В. Апробирование способов биоиндикации экологического состояния Донбасса. – Обобщены результаты апробирования биоиндикационных возможностей видов растений, животных, грибов и человека в промышленно развитом регионе. Синтезированные данные рекомендовано рассматривать как базовые для внедрения технологии оценки вредности факторов окружающей среды.

Ключевые слова: биоиндикация, интегральный показатель, состояние среды.

Bespalova S. V., Goretsky O. S., Glukhov A. Z., Maksimovich V. A., Zlotin A. Z., Markina T. Yu., Ljaljuk N. M., Maslodudova E. N., Safonov A. I., Fedotov O. V., Mashtaler A. V., Govta N. V. Approbation of bioindication methods of ecological state of Donbass. – Results of the research of bioindicator capacity of species of plants, mushrooms, animals and man in an industrially developed region have been summarized. The synthesized data are recommended for considering as basic for introduction of the technology of assessment of harmfulness of the environment factors.

Key words: bioindication, integral index, environment state.

УДК 502.75:581.9 (477.60)

А. З. Глухов¹, Е. В. Кочина²

ЭКОМОРФНАЯ СТРУКТУРА ТРАВЯНИСТОГО ПОКРОВА СОСНОВЫХ НАСАЖДЕНИЙ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ РЕКРЕАЦИОННЫХ НАГРУЗОК

¹ *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*

² *Донецкий национальный технический университет; 83000, г. Донецк, ул. Артёма, 58*
e-mail: ermakova-ev@mail.ru

Глухов А. З., Кочина Е. В. Экоморфная структура травянистого покрова сосновых насаждений в зависимости от рекреационных нагрузок. – Исследован травянистый покров на пробных площадях с разной стадией рекреационной дигрессии в пределах сосняков песчаной террасы р. Северский Донец. Обнаружено 62 вида травянистых растений. В трофоморфной, гелиоморфной и гигроморфной структурах травянистого покрова существенных различий в зависимости от стадий рекреационной нагрузки не выявлено. Отмечено увеличение количества рудеральных видов на пробных площадях второй и третьей стадии дигрессии.

Ключевые слова: травянистый покров, экоморфная структура, сосновые насаждения, гигроморфа, трофоморфа, ценоморфа, рудеранты.

Введение

Анализ изменений компонентов лесного биогеоценоза, происходящих под влиянием их рекреационного использования – одна из важных задач современных экологических исследований. Известно, что рекреационные нагрузки приводят к изменениям физико-механических и химических свойств почвы, структуры подстилки, древостоя и других элементов лесного биогеоценоза [2, 5-8]. Одним из наиболее чувствительных компонентов является травянистый покров. Усиление рекреации может приводить к изменению общего количества видов, ценотической структуры травянистых растений, а на последней стадии рекреационной дигрессии – даже к смене видов-доминантов [6].

Особо актуальна проблема антропогенных изменений травянистого покрова для лесов, расположенных вблизи крупных населённых пунктов или туристических объектов, характеризующихся постоянно возрастающими рекреационными нагрузками. В пределах Донецкой области одним из наиболее популярных и посещаемых мест отдыха является сосновый лес, произрастающий на песчаной террасе левобережья реки Северский Донец в районе г. Святогорск.

Материал и методы исследований

Ранее нами изучалось влияние рекреационных нагрузок на экоморфную структуру травянистых растений в границах прируслового вала долины р. Северский Донец (район г. Святогорск), интенсивно используемого населением для отдыха [4]. Продолжая эти исследования, целью данной работы стало изучение экоморфной структуры травянистого покрова сосновых насаждений песчаной боровой террасы долины р. Северский Донец в районе г. Святогорск на пробных площадях с различной степенью рекреационной дигрессии. В соответствии с поставленной целью, основными задачами были: паспортизация видового состава травянистых растений, анализ ценотической, трофоморфной, гигроморфной и гелиоморфной структур травянистого покрова.

Исследование проводили в июне-июле 2005-2006 гг. на шести пробных площадях (ПП) размером 30 x 30 м, занятых искусственно созданными насаждениями сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.). Согласно физико-географическому районированию Украины, данная территория расположена в степной зоне на границе Донецко-Донской и Левобережно-Днепровской северо-степных провинций [11]. Основываясь на принципах сравнительной экологии и в соответствии с методическими подходами, изложенными в работах [7-10],

пробные площади закладывали в пределах одного геоморфологического элемента – песчаной боровой террасы левобережья р. Северский Донец (территория г. Святогорск). Несмотря на то, что данная территория издавна используется населением области для отдыха, участков соснового леса на последних стадиях дигрессии (4 и 5 стадия) обнаружено не было. Это связано с концентрацией основной массы рекреантов на территории санаториев и баз отдыха, площадь которых не может рассматриваться как полноценный лесной биогеоценоз.

В соответствии с такими признаками стадий рекреационной дигрессии, как площадь дорожно-тропиночной сети, состояние лесной подстилки, состояние подлеска и подроста, количество кострищ [2, 5, 10], биогеоценозы на ПП № 2 и 5 были отнесены к третьей и ко второй стадиям дигрессии соответственно, а на ПП № 1, 3, 4 и 6 соответствовали первой стадии дигрессии. Равнинные или слабо холмистые участки бора в границах изученных участков, сформированы в ксеромезофитных олигомезотрофных условиях. На всех площадях в древесном ярусе доминировали средневозрастные насаждения сосны обыкновенной. Сомкнутость крон в среднем составляла 0,7-0,8. Состав подлеска на отдельных площадях несколько отличался: на пробных площадях № 1, 3 и 6 он отсутствовал, на площади № 2 в состав подлеска входили виды рода *Crataegus*, *Acer tataricum* L., *Cerasus tomentosa* (Thunb.) Wall., на площади № 5 в подлеске отмечен подрост *Quercus robur* L. и *Betula pendula* Roth.

Проективное покрытие и обилие видов травянистых растений в пределах каждой пробной площади определяли на 10 учётных площадках размером 1 x 1 м, заложенных по диагонали [9].

При анализе видового состава растений использовали схему экоморф, разработанную А. Л. Бельгардом [1]. Экологические характеристики видов определяли с учётом рекомендаций В. В. Тарасова [12]. Латинские названия видов уточняли по С. Л. Мосякину, М. М. Федорончуку [13]. Видовой состав травянистых растений, обнаруженных на пробных площадях, а также их ценотическая и экологическая характеристики представлены в табл. 1.

Результаты и обсуждение

Всего на шести пробных площадях было обнаружено 62 вида травянистых растений, относящихся к 22-м семействам. Наибольшее количество видов относится к семействам Asteraceae (12), Poaceae (7), Caryophyllaceae (6), Rosaceae (5) и Lamiaceae (5).

Ядро трофоморфной структуры на всех пробных площадях составляют мезотрофы и олигомезотрофы (рис. 1-III). Так, на ПП № 1 их количество в сумме достигает 58%, на ПП № 2 – 39%, № 3 – 42%, № 4 – 50%, № 5 – 47%, № 6 – 66%. Некоторые отличия в трофоморфной структуре прослеживаются на пробной площади № 2, характеризующейся третьей стадией рекреационной дигрессии. Здесь отмечено снижение доли олиготрофов до 6% (на остальных площадях количество их видов в среднем составляет 25%) и увеличение доли мегатрофов до 22% (на остальных в среднем 6%). Здесь также часто встречаются олигомегатрофы.

По требовательности к увлажнённости почвы на всех участках, независимо от стадии рекреационной дигрессии, доминирует группа ксеромезофитов и мезоксерофитов. Их доля на отдельных площадях в сумме (в среднем) составляет 68%. Такая гигроморфная структура травянистого покрова является типичной для характеризующихся лесорастительных условий. Исключение составляет вторая пробная площадь, где 39% обнаруженных видов представлено мезофитами (рис. 1-II), а ксерофиты, характерные для других участков, здесь отсутствовали. Такие отличия связаны скорее не с усилением рекреационного воздействия, а с особенностями микрорельефа, обусловившего более влажные условия.

По требовательности к освещённости на всех участках, независимо от стадии рекреационной дигрессии, доминируют сциогелиофиты, что связано с относительно хорошей освещённостью под пологом леса и характерно для сосняков с суховатым разнотравьем (рис. 1-III).

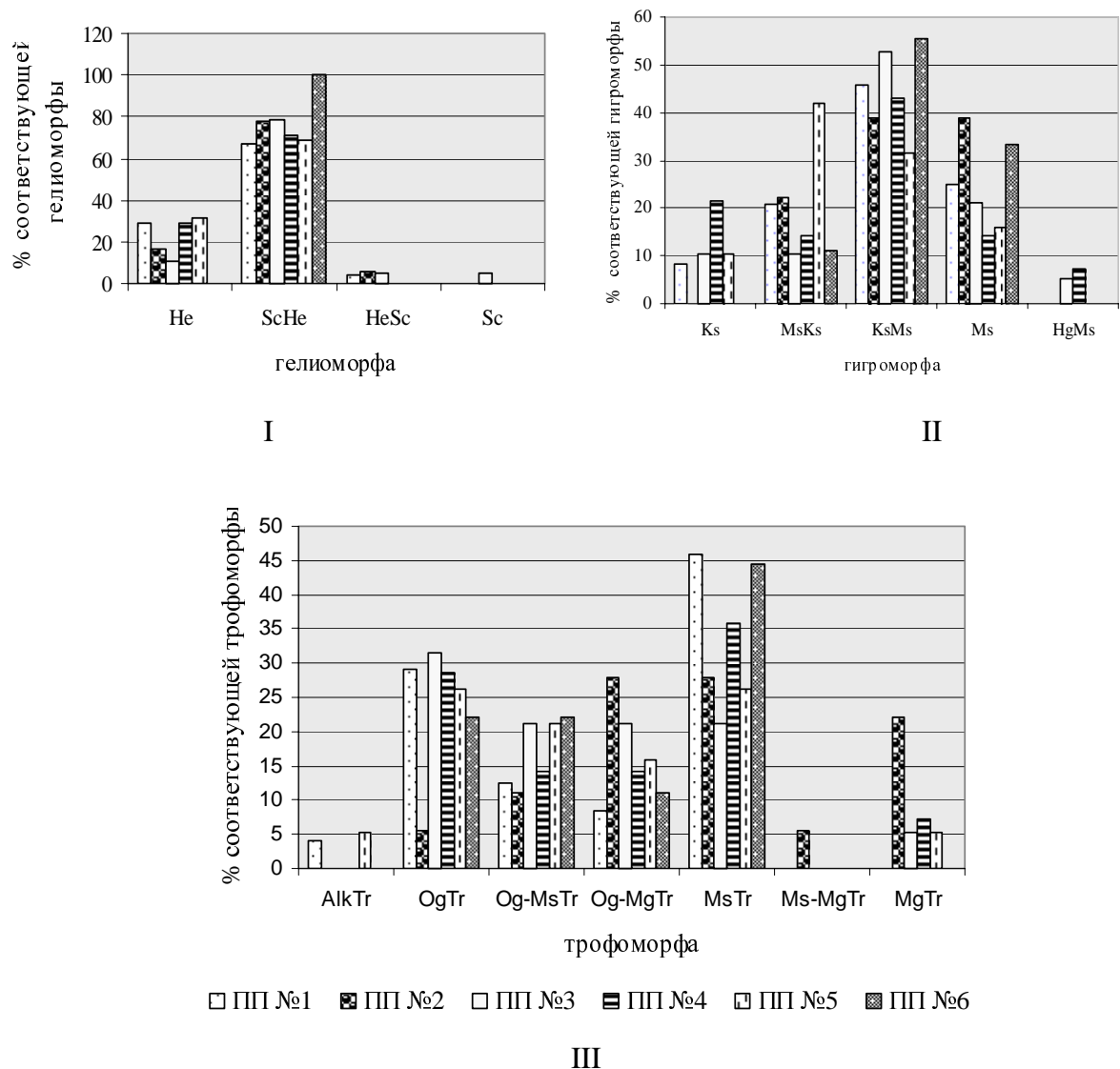
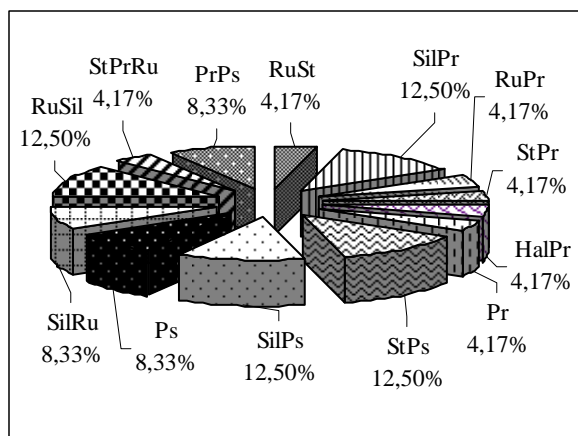


Рис. 1. Гелиоморфная, гигроморфная и трофоморфная структуры травянистого покрова на изученных пробных площадях

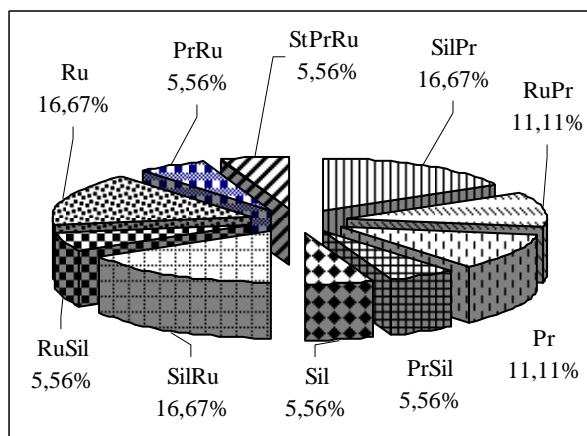
На пробных площадях, где рассматриваемый биогеоценоз характеризовался первой стадией рекреационной дигрессии (ПП № 1, 3, 4 и 6), общее проективное покрытие травами в среднем не превышало 20-25%, несколько увеличивалось в небольших западинах и снижалось на вершинах дюнных всхолмлений.

Ценоотическое ядро на площадях, характеризовавшихся второй стадией рекреационной дигрессии, составляли виды, тяготеющие к песчаным почвам: сиванты-псаммофиты, пратанты-псаммофиты, степанты-псаммофиты, а также сорно-лесные виды (рис. 2).

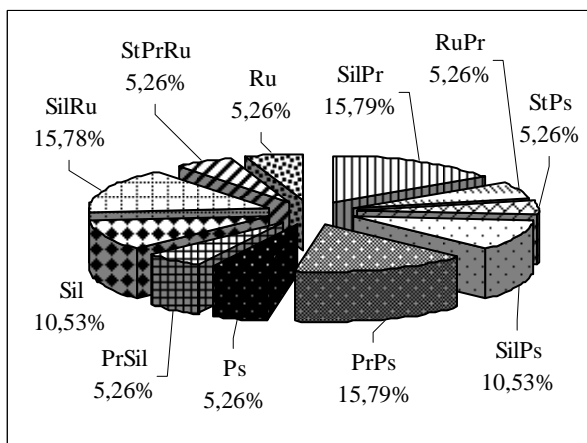
В целом же, структура травянистого покрова изученных территорий весьма разнообразна. Наряду с указанными группами, нередко встречаются лесо-луговые, рудерально-степные и рудерально-луговые виды. По величине проективного покрытия, на рассматриваемых площадях в травянистом покрове, доминируют злаки (*Agrostis vinealis* Schreb., *Apera spica-venti* (L.) P. Beauv., *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth) и представители мохообразных. Субдоминантами являются *Galeopsis bifida* Boenn., *Hieracium pilosella* L., *Thalictrum simplex* L., *Geranium robertianum* L. Обнаружены отдельные экземпляры *Moehringia trinervia* (L.) Clairv., *Pulsatilla nigricans* Störk. и *Cynoglossum officinale* L.



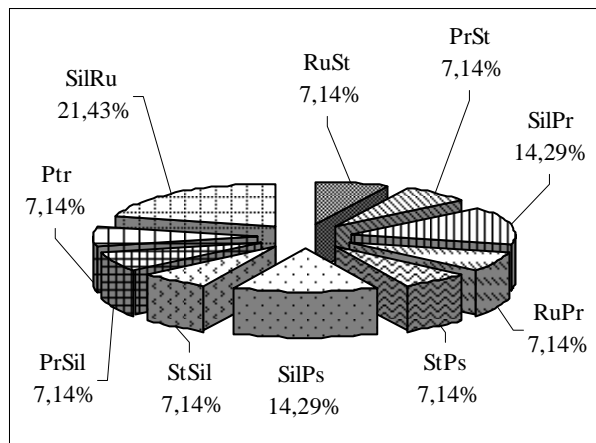
III № 1



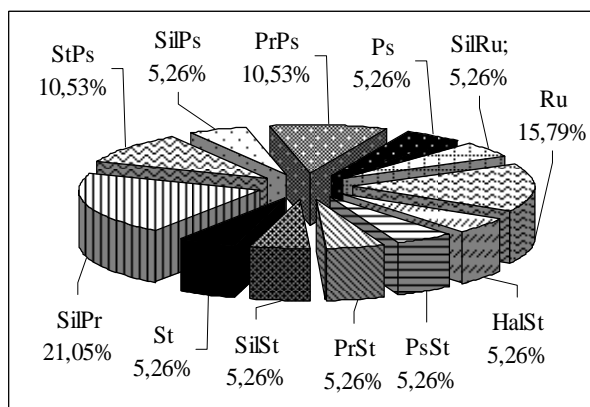
III № 2



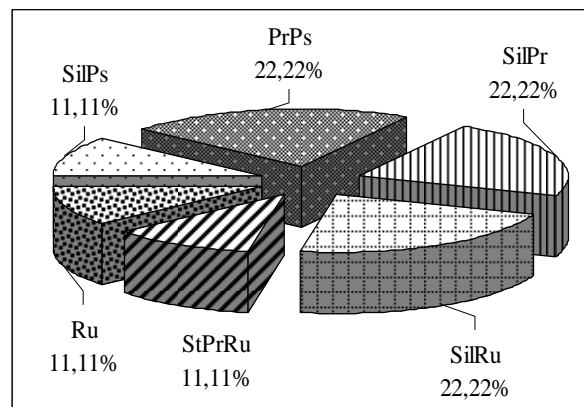
III № 3



III № 4



III № 5



III № 6

Рис. 2. Ценотическая структура травянистого покрова изученных площадей

Биогеоценоз на пробной площади № 2 с максимальными рекреационными нагрузками (третья стадия дигрессии) характеризуется доминированием в травянистом покрове таких сорно-лесных видов, как *Dactylis glomerata* L., *Elytrigia repens* (L.) Nevski (местами проективное покрытие достигает 70%). Довольно часто встречается *Geranium robertianum* L., *Geum urbanum* L., *Stellaria media* (L.) Vill, реже – *Galeopsis bifida*. Так же, как и слаборазрушенные площади, она характеризуется пёстрой ценотической структурой. Здесь преобладают сильванты-пратанты и сильванты-рудеранты. По сравнению с остальными участками отмечено увеличение доли рудеральных видов: если на остальных площадях их количество составляет 5-7%, то на ПП № 2 – достигает 16%. Такие виды, как

Geum urbanum L., *Plantago major* L., *Taraxacum officinale* Wigg. aggr., *Berteroa incana* (L.) DC., являющиеся наиболее устойчивыми к вытаптыванию, обильно разрастаются вдоль дорожно-тропиночной сети, которой густо изрезан характеризуемый участок. В то же время, здесь не были обнаружены произрастающие на других участках *Sedum acre* L. и *Sempervivum ruthenicum* Schnittsp. et C. B. Lehm. Вероятнее всего, это связано не с усилением рекреационных нагрузок, а с более влажным эдафотопом, что подтверждается и увеличением общего проективного покрытия травянистого покрова.

Истинно лесные виды отмечены только на пробных площадях № 2 и 3, что слабо коррелирует с рекреационными нагрузками и объясняется скорее характером увлажнения и снижением освещённости под пологом леса.

Было замечено, что участие сорных видов в травянистом покрове лесного биогеоценоза увеличивается по направлению из глубины лесного массива к дороге. При усилении рекреационных нагрузок наблюдается увеличение густоты дорожно-тропиночной сети и, как следствие, проникновение под полог леса сорных видов возрастает.

В районе расположения пятой пробной площади (вторая стадия рекреационной дигрессии рассматриваемого биогеоценоза) нами изучен состав травянистого покрова на разном расстоянии от дороги. Увеличение освещённости вдоль дороги способствует проникновению под полог леса таких видов, как *Tanacetum vulgare* L., *Achillea pannonica* Scheele, *Scabiosa ochroleuca* L., *Linaria vulgaris* Mill., *Berteroa incana*. При удалении от дороги всего на 5 м количество обнаруженных видов сокращается, а доминантами становятся типичные для данных лесорастительных условий *Apera spica-venti* и *Agrostis vinealis*. На расстоянии 10 м от дороги чаще встречаются лесолуговые и лесные виды (*Galeopsis bifida*, *Elisanthe noctiflora* (L.) Rupr., *Saponaria officinalis* L.).

Выводы

1. Анализ экоморфной структуры травянистого покрова сосняков в границах песчаной террасы р. Северский Донец показал, что на всех площадях независимо от стадий дигрессии доминируют олигомезатрофы и мезатрофы, ксеромезофиты и мезофиты, сциогелиофиты. В целом, экоморфная структура травянистого покрова типична для рассматриваемых лесорастительных условий. При умеренных рекреационных нагрузках не наблюдается существенных изменений в трофморфной, гигроморфной и гелиморфной структурах травянистого покрова.

2. Травянистый покров сосновых насаждений описанной территории характеризуется разнообразной ценотической структурой. На площадях второй и третьей стадии рекреационной дигрессии отмечено увеличение доли рудеральных видов.

3. Внедрение под полог рассматриваемых сосняков рудеральных, луговых и степных видов обусловлено не только рекреационными нагрузками, а и особенностями развития искусственных лесов, произрастающих в нехарактерных для них природно-климатических условиях. Поэтому к использованию ценотической структуры травянистого покрова как индикационного признака стадий рекреационной дигрессии на данной территории необходимо подходить с определённой осторожностью.

Благодарности

Автор выражает искреннюю благодарность инженеру отдела флоры Донецкого ботанического сада НАН Украины Е. Г. Муленковой, канд. биол. наук, научному сотруднику ДБС НАН Украины А. С. Назаренко, сотруднику НПП "Святые Горы" О. В. Дьяковой за консультации и помощь в определении видов травянистых растений.

Таблица 1

Видовой состав травянистых растений на пробных площадях песчаной боровой террасы

№ П/П	Семейство, вид*	Пробные площади						Основная биоморфа**	Экоморфы***			
		1	2	3	4	5	6		трофо-морфа	гигро-морфа	гелио-морфа	цено-морфа
Ranunculaceae												
1	<i>Pulsatilla nigricans</i> Stork.	-	-	+	-	+	+	мн.	Og-MsTr	KsMs	ScHe	SilPr
2	<i>Thalictrum simplex</i> L.	+	-	-	+	-	+	мн.	MsTr	Ms	ScHe	SilPr
Papaveraceae												
3	<i>Chelidonium majus</i> L.	-	+	+	+	-	+	мн.	Og-MgTr	Ms	ScHe	SilRu
Caryophyllaceae												
4	<i>Dianthus squarrosus</i> M. Bieb	+	-	-	-	-	-	мн.	OgTr	KsMs	He	Ps
5	<i>Elisanthe noctiflora</i> (L.) Rupr.	-	-	-	-	+		дв.	MsTr	KsMs	ScHe	SilPr
6	<i>Melandrium album</i> (Mill.) Garke	+	-	-	-	-	-	дв.	Og-MsTr	KsMs	ScHe	SilPr
7	<i>Moehringia trinervia</i> (L.) Clairv.	-	-	+	-	-	-	од.	MsTr	HgMs	HeSc	Sil
8	<i>Saponaria officinalis</i> L.	-	-	-	-	+	-	мн.	Og-MsTr	Ms	ScHe	SilPr
9	<i>Stellaria media</i> (L.) Vill	-	+	-	-	-	-	од.	Ms-MgTr	Ms	ScHe	Ru
Chenopodiaceae												
10	<i>Chenopodium acerifolium</i> Andrz.	-	-	+	-	-	-	од.	OgTr	KsMs	He	Ps
Polygonaceae												
11	<i>Fallopia convolvulus</i> (L.) Löve	+	+	+	+	-	-	од.	Og-MgTr	KsMs	ScHe	SilRu
12	<i>Polygonum aviculare</i> L. s. str.	-	+	-	-	-	+	од.	MsTr	MsKs	ScHe	Ru
Violaceae												
13	<i>Viola suavis</i> M. Bieb.	-	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	Ms	HeSc	Sil
Brassicaceae												
14	<i>Berteroa incana</i> (L.) DC.	-	+	-	-	+	-	дв.	Og-MgTr	MsKs	ScHe	Ru
15	<i>Roripa brachycarpa</i> (C.A. Mey.) Hayek.	-	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	Ms	He	Pr
Crassulaceae												
16	<i>Sedum acre</i> L.	+	-	-	-	-	-	мн.	OgTr	MsKs	ScHe	StPs
17	<i>Sedum rupestre</i> L.	-	-	-	+	-	-	мн.	Og-MsTr	KsMs	ScHe	Sil.Ps
18	<i>Sempervivum ruthenicum</i> Schnittsp. et C.B. Lehm.	+	-	+	-	-	-	мн.	OgTr	Ks	ScHe	SilPs
Rosaceae												
19	<i>Fragaria viridis</i> Duchesne	-	-	-	-	+	+	мн.	MsTr	KsMs	ScHe	SilPr
20	<i>Geum urbanum</i> L.	-	+	-	-	-	-	мн.	Og-MgTr	Ms	ScHe	RuSil
21	<i>Potentilla argentea</i> L.	-	+	+	-	-	-	мн.	Og-MgTr	KsMs	ScHe	SilPr
22	<i>Potentilla reptans</i> L.	-	-	-	+	-	-	мн.	MsTr	HgMs	ScHe	SilPr
23	<i>Potentilla schurii</i> Fuss. ex Zimmeter	+	-	-	-	-	-	мн.	MsTr	MsKs	ScHe	StPs
Fabaceae												
24	<i>Genista tanaitica</i> P. Smirn.	-	-	-	+	-	-	кущ.	MsTr	Ks	He	Ptr.
25	<i>Trifolium pratense</i> L.	-	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	Ms	He	Pr
Geraniaceae												
26	<i>Geranium robertianum</i> L.	-	+	+	+	-	-	од.	OgTr	KsMs	ScHe	PrSil
Dipsacaceae												
27	<i>Scabiosa ucrainica</i> L.	-	-	-	+	-	-	мн.	OgTr	Ks	He	RuSt
28	<i>Scabiosa ochroleuca</i> L.	-	-	-	-	+	-	дв.	MsTr	MsKs	ScHe	SilSt
Asclepiadaceae												
29	<i>Vincetoxicum scandens</i> Sommier et Levier	-	-	-	+	-	-	мн.	MsTr	MsKs	ScHe	StSil
Boraginaceae												
30	<i>Cynoglossum officinale</i> L.	+	-	-	-	-	-	дв.	Og-MgTr	MsKs	ScHe	RuSil

№ п/п	Семейство, вид *	Пробные площади						Основ- ная био- морфа **	Экоморфы ***				
		1	2	3	4	5	6		трофо- морфа	гигро- морфа	гелио- морфа	цено- морфа	
Scrophulariaceae													
31	<i>Linaria dulcis</i> Klokov	-	-	-	-	+	-	мн.	OgTr	MsKs	He	StPs	
32	<i>Linaria genistifolia</i> (L.) Mill.	-	-	+	-	-	-	мн.	Og-MsTr	Ks	He	PrPs	
33	<i>Linaria vulgaris</i> Mill.	-	+	-	-	-	-	мн.	MsTr	MsKs	He	PrRu	
34	<i>Veronica barrelieri</i> Schott (<i>V. stepacea</i> Kotov)	-	-	-	+	-	-	мн.	MgTr	Ks	He	PrSt	
Plantaginaceae													
35	<i>Plantago major</i> L.	-	+	-	-	-	-	мн.	MgTr	Ms	ScHe	RuPr	
Lamiaceae													
36	<i>Ajuga genevensis</i> L.	+	-	-	-	-	-	мн.	MsTr	MsKs	ScHe	RuSil	
37	<i>Galeopsis bifida</i> Boenn.	+	+	+	+	+	+		MsTr	KsMs	ScHe	SilRu	
38	<i>Glechoma hederacea</i> L.	+	-	-	-	-	-	мн.	MsTr	Ms	HeSc	RuSil	
39	<i>Stachys transsilvanica</i> Schur = <i>Stachys recta</i> L.	-	-	-	-	+	-	мн.,	Og-MsTr	MsKs	He	PsSt	
40	<i>Thymus pallasianus</i> Heinr. Braun	-	-	-	-	+	-	п/к	OgTr	MsKs	He	StPs	
Asteraceae													
41	<i>Achillea collina</i> J. Becker ex Rchb.	+	-	-	-	-	-	мн.	MsTr	KsMs	He	StPr	
42	<i>Achillea micrantha</i> Willd.	-	-	+	-	-	-	мн.	OgTr	MsKs	ScHe	StPs	
43	<i>Achillea pannonica</i> Scheele	-	-	-	-	+		мн.	MgTr	Ks	ScHe	St	
44	<i>Ambrosia artemisifolia</i> L.	-	-	-	-	+	-	од.	Og-MgTr	MsKs	ScHe	Ru	
45	<i>Artemisia austriaca</i> Jacq.	+	-	-	-	-	-	п/к	MsTr	Ks	He	RuSt	
46	<i>Centaurea majorovii</i> Dumbadre	+	-	-	-	+	-	дв.	OgTr	MsKs	He	Ps	
47	<i>Conyza canadensis</i> (L.) Cronq.	-	-	+	-	-	-	од.	Og-MgTr	MsKs	ScHe	Ru	
48	<i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench	+	-	-	+	-	-	мн.	OgTr	MsKs	He	StPs	
49	<i>Hieracium pilosella</i> L. = <i>Pilosella</i> <i>officinarum</i> F. Schult. Et Sch. Bip.	+	+	+	+	-	-	мн.	Og-MsTr	KsMs	ScHe	SilPr	
50	<i>Senecio paucifolius</i> S.G. Gmel.	+	-	-	-	-	-	мн.	AlkTr	KsMs	He	HalPr	
51	<i>Tanacetum vulgare</i> L.	-	-	-	-	+	-	мн.	Alk MsTr	Ks	He	HalSt	
52	<i>Taraxacum officinale</i> Wigg. aggr.	+	+	+	+	-	-	мн.	MsTr	KsMs	ScHe	RuPr	
Convallariaceae													
53	<i>Polygonatum multiflorum</i> (L.) All.	-	-	+	-	-	-	мн.	MgTr	Ms	Sc	Sil	
Asparagaceae													
54	<i>Asparagus polyphyllus</i> Steven	-	-	-	-	+	-	мн.	MsTr	MsKs	He	PrSt	
Iridaceae													
55	<i>Iris pineticola</i> Klok.	+	-	-	-	-	-		MsTr	KsMs	ScHe	SilPs	
Poaceae													
56	<i>Agrostis vinealis</i> Schreb.	+	-	+	+	+	+	мн.	OgTr	Ms	ScHe	SilPs	
57	<i>Apera spica-venti</i> (L.) P. Beauv.	+	-	+	-	+	+	од.	OgTr	KsMs	ScHe	PrPs	
58	<i>Bromopsis inermis</i> (Leyss.) Holub	-	-	-	-	+	-	мн.	Og-MgTr	KsMs	He	PrSt	
59	<i>Calamagrostis epigeios</i> (L.) Roth	+	-	+	-	+	+	мн.	Og-MsTr	Ms	ScHe	PrPs	
60	<i>Dactylis glomerata</i> L.	-	+	-	-	-	-	мн.	Og-MsTr	Ms	ScHe	SilPr	
61	<i>Elytrigia repens</i> (L.) Nevski	+	+	+	-	-	+	мн.	MsTr	KsMs	ScHe	StPrRu	
62	<i>Poa pratensis</i> L.	+	-	-	-	-	-	мн.	MsTr	Ms	He	Pr	

Примечания:

* – семейства расположены по Тахтаджяну (1987);

** – од. – однолетник, дв. – двулетник, мн. – многолетник;

*** – OgTr – олиготроф, MsTr – мезотроф, MgTr – мегатроф, Og-MgTr – олигомегатроф, Og-MsTr – олигомезотроф; Ks – ксерофит, Ms – мезофит, Ms-Ks – мезоксерофит, Ks-Ms – ксеромезофит, HgMs – гигромезофит, MsHg – мезогигрофит; Ru – рудерант, PrRu – пратант-

рудерант, RuPr – рудерант-пратант, StPr – степант-пратант, Pr – пратант, PrSt – пратант-степант, StRu – степант-рудерант, RuSil – рудерант-сильвант, SilRu – сильвант-рудерант, StSil – степант-сильвант, SilPr – сильвант-пратант, PsSt – псаммофит-степант, PalPr – палюдант-пратант, RuSt – рудерант-степант, PrPal – пратант-палюдант, StPs – степант-псаммофит, St – степант; He – гелиофит, Sc – сциофит, ScHe и HeSc – види частично требовательные к свету (в символе вторая часть основная, а первая – уточняющая).

Список литературы

1. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
2. *Генсирук С. А.* Рекреационное использование лесов. – К.: Урожай, 1987. – 238 с.
3. *Дідух Я. П.* Методологічні підходи до вивчення динаміки рослинного покриву під впливом рекреації на основі аналізу ценопопуляцій // Укр. ботан. журн. – 1984. – 41, № 6. – С. 90-93.
4. *Ермакова Е. В.* Изменения видового состава травянистого покрова под влиянием рекреации на участках национального природного парка "Святые Горы" // Промышленная ботаника. – 2007. – Вып. 7. – С. 113-118.
5. *Казанская Н. С., Ланина В. В., Марфенин Н. Н.* Рекреационные леса (состояние, охрана, перспективы использования). – М.: Лесн. пром-сть, 1977. – 96 с.
6. *Меланхолин П. Н.* Влияние дорожно-тропиночной сети на видовой состав напочвенного покрова лесов // Мат. Междунар. науч. конф. "Актуальные проблемы рекреационного лесопользования". – М.: Т-во научн. изд. КМК, 2007. – С. 64-66.
7. *Мурлыкин В. А.* Рекреационная устойчивость лесов лесостепи левобережной Украины: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.16. – К., 1986. – 213 с.
8. *Перевозников В. Д., Зубарева О. Н.* Геоботаническая индикация состояния пригородных лесов (на примере состояния берёзовой рощи Академгородка г. Красноярска) // Экология. – 2002. – № 1. – С. 3-9.
9. *Программа и методика биогеоценологических исследований.* – М.: Наука, 1966. – 331 с.
10. *Ромашов Н. В.* Рекомендации по организации и ведению хозяйства при рекреационном использовании равнинных лесов. – Харьков: Изд-во НИИ лесного хозяйства и агролесомелиорации, 1987. – 24 с.
11. *Симоненко В. Д.* Фізико-географічне районування Донбасу для цілей сільського господарства: Довідник. – Донецьк: Донбас, 1972. – 120 с.
12. *Тарасов В. В.* Флора Дніпропетровської та Запорізької областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів. – Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. – 276 с.
13. *Mosyakin S. L., Fedoronchuk M. M.* Vascular plants of Ukraine a nomenclatural checklist. – К.: National Academy of Sciences of Ukraine, M.G. Kholodny Institute of Botany, 1999. – 346 p.

Глухов О. З., Кочина О. В. Екоморфна структура трав'янистого покриву соснових насаджень залежно від рекреаційних навантажень. – Досліджено трав'янистий покрив на пробних ділянках з різним ступенем рекреаційної дигресії в межах сосняків піщаної борової тераси р. Сіверський Донець. Виявлено 62 види трав'янистих рослин. У трофоморфній, геліоморфній та гігроморфній структурах трав'янистого покриву суттєвих різниць залежно від ступеня рекреаційної дигресії не виявлено. Відмічено збільшення кількості рудеральних видів на пробних ділянках другої і третьої стадій дигресії.

Ключові слова: трав'янистий покрив, екоморфна структура, соснові насадження, гігроморфа, трофоморфа, ценоморфа, рудеранти.

Gluhov A. Z., Kochina E. V. Ecomorphic structure of a herbaceous integument of pine plantings depending on recreational loads. – The herbaceous integument on the trial areas with a different stage of recreational digress within pine forests of a sandy terrace of the river Severski Donets is investigated. 62 species of herbaceous plants are revealed. In trophomorphic, heliomorphic and hygromorphic structure of a herbaceous integument of essential distinctions depending on recreational load stages it is not revealed. The lobe augmentation ruderal species on the trial areas 2nd and 3rd stages of digression is noted.

Key words: herbaceous integument, ecomorphic structure, pine plantations, hygromorphic, trophomorphic, coenomorph, ruderals.

А. З. Глухов, О. Г. Усольцева

ИНТРОДУКЦИОННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ, РАЗМНОЖЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХВОЙНЫХ РАСТЕНИЙ ДЛЯ САДОВО-ПАРКОВЫХ КОМПОЗИЦИЙ В УСЛОВИЯХ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

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

Глухов А. З., Усольцева О. Г. Интродукционный потенциал, размножение и использование хвойных растений для садово-парковых композиций в условиях юго-востока Украины. – Приводятся данные об интродукционном потенциале хвойных растений для создания садово-парковых композиций в условиях юго-востока Украины. Исследованы особенности их искусственного вегетативного размножения (черенковании) и возможности внедрения в зеленое строительство техногенного региона, каким является Донбасс.

Ключевые слова: хвойные растения, интродукционный потенциал, искусственное вегетативное размножение, черенкование, использование.

Введение

Территория Донбасса отличается высокой степенью урбанизации, техногенной трансформацией ландшафтов вследствие антропогенного влияния, что сказывается на состоянии окружающей среды. В такой ситуации наряду с техническими мерами важную роль играет проведение фитооптимизации среды, в том числе и за счет введения в насаждения древесных интродуцентов [1-3], среди которых особое место занимают хвойные [4-6]. Они, в отличие от листопадных видов, обладают высокой фитонцидной активностью, поглощают вредные газы, осаждают пылевые частицы, а также отличаются высоким декоративным эффектом в любое время года. Обладая высокой художественной выразительностью, хвойные находят применение при формировании парковых композиций, городских защитно-декоративных насаждений, при необходимости создания центра композиции, выделения доминанты или детали композиции, привлекающей к себе внимание наблюдателя [7-9]. В последнее время интерес к хвойным растениям значительно возрос. При создании различных садово-парковых композиций используют их разнообразные виды, формы, а особенно культивары, которые отличаются по архитектонике кроны, окраске и строению хвои [10-17].

Работы, которые проводятся в Донецком ботаническом саду НАН Украины, направлены на изучение биологических особенностей ускоренного размножения высокодекоративных и малораспространенных интродуцированных хвойных растений в условиях юго-востока Украины с целью их использования в зеленом строительстве региона [18-23].

Материалы и методы исследований

В коллекционных насаждениях дендрария Донецкого ботанического сада НАНУ за 40-летний период испытано более 100 видов и форм хвойных растений разного географического происхождения. Среди них около 50 видов и форм являются перспективными для культивирования в данных условиях и введения в состав насаждений различных категорий [7, 24]. Объектами наших исследований были 16 видов и культиваров хвойных растений, относящихся к 4 семействам: Cupressaceae Bartling (*Chamaecyparis lawsoniana* (A. Murr.) Parl., *Juniperus communis* L. `Hibernica`, *J. horizontalis* Moench. `Glauca`, *J. sabina* L., *J. sabina* `Tamariscifolia`, *J. sabina* `Variegata`, *Thuja occidentalis* L.: `Aureo-variegata`, `Ellwangeriana`, `Ericoides`, `Globosa`, `Fastigiata`, `Spiralis`), Pinaceae Lindl. (*Picea abies* (L.) Karst. `Nidiformis`, *Picea glauca* (Moench.) Voss. `Conica`), Taxaceae S. F. Gray (*Taxus baccata* L.) и Taxodiaceae Warming (*Metasequoia glyptostroboides* Hu et Cheng.) отдела дендрологии, которые прошли успешное многолетнее интродукционное испытание в условиях региона, а также 21 вид и культивар из семейства Cupressaceae (*Chamaecyparis pisifera* (Sieb. et Zucc.) Endl. `Boulevard`, *Juniperus chinensis* L.: `Blue Alps`, `Stricta-variegata`, *J. horizontalis* `Prince

of Wales`, *J. × media*: `Kuriwoa Gold`, `Mordigan Gold`, `Old Gold`, `Pfitzeriana Aurea`, `Pfitzeriana Glauca`, *J. scopulorum* Sarg.: `Blue Arrow`, `Skyrocket`, *J. squamata* Lamb. `Blue Carpet`, *Thuja occidentalis*: `Brabant`, `Ellow Ribbon`, `Kornic`, `Rheingold`, `Smaragd`, `Wagneri`, *Thujopsis dolabrata* Sieb. et Zucc.), Pinaceae (*Picea abies* `Nidiformis`, *Picea glauca* `Conica`) группы ускоренных методов размножения растений отдела фитозоологии, которые проходят первичное интродукционное испытание.

Черенкование проводили в зимний (III декада декабря – I декада января) и весенний (I-II декады апреля) периоды полуодревесневшими и одревесневшими черенками по общепринятым (Ермаков, 1981; Плотникова, Хромова, 1981; Шкутко, Антонюк, 1988) и специальным методикам (Иванова, 1982, 1992; Олейник, 1991; Маринич и др., 2005). Биологическую способность к придаточному корнеобразованию определяли по таким критериям: укореняемостью, продолжительностью укоренения, степенью развития придаточных корней и прироста надземной части укорененных черенков. Наблюдения за образованием корней проводили согласно методикам И. А. Комарова (1987) и Е. К. Мороз (1991). В качестве субстрата для укоренения черенков использовали песок. Размер выборки составлял 30 черенков в трехкратной повторности.

Результаты и обсуждение

В ходе проведенных нами многолетних исследований по вегетативному размножению малораспространенных высокодекоративных интродуцированных хвойных растений стеблевыми черенками установлено, что они проявляют различную способность к придаточному корнеобразованию. Прослеживаются различия в продолжительности укоренения, укореняемости, росте и развитии придаточных корней на укорененных черенках хвойных, то есть они обладают различной регенерационной способностью.

Опираясь на полученные ранее результаты исследований [18, 20, 21, 23] и на новые данные мы разделили изучаемые виды и культивары хвойных растений на три группы: с высокой, средней и низкой регенерационной способностью.

У видов и культиваров с высокой регенерационной способностью укореняемость составляла 60-100% (табл. 1).

Таблица 1

Корнеобразование стеблевых черенков видов и культиваров хвойных растений с высокой регенерационной способностью

Вид, культивар	Укореняемость, %	Суммарная длина корней, см ($M \pm m$)	Суммарное количество корней, шт. ($M \pm m$)
<i>Juniperus horizontalis</i> `Prince of Wales`	100,00	175,10 ± 2,12	158,00 ± 1,46
<i>J. × media</i> `Kuriwoa Gold`	70,00	71,90 ± 1,17	69,00 ± 1,74
<i>J. × media</i> `Mordigan Gold`	86,67	53,65 ± 1,96	29,50 ± 1,14
<i>J. × media</i> `Pfitzeriana Glauca`	85,71	136,90 ± 2,06	87,00 ± 1,79
<i>J. sabina</i> `Tamariscifolia`	69,07	98,67 ± 1,89	105,33 ± 1,24
<i>Thuja occidentalis</i> `Ellwangeriana`	65,00	471,70 ± 1,74	220,00 ± 1,12
<i>T. occidentalis</i> `Ericoides`	96,15	158,50 ± 2,23	153,00 ± 1,47
<i>T. occidentalis</i> `Globosa`	60,00	245,70 ± 0,85	108,50 ± 1,44
<i>T. occidentalis</i> `Rheingold`	97,22	127,70 ± 2,53	45,50 ± 1,69

Самые лучшие показатели по укореняемости нами отмечены для *Juniperus horizontalis* `Prince of Wales` (100,00%), *Thuja occidentalis* `Rheingold` (97,22%) и *T. occidentalis* `Ericoides` (96,15%). *T. occidentalis* `Ellwangeriana` и *T. occidentalis* `Globosa` показали лучшие результаты по средней суммарной длине и среднему количеству придаточных корней на укорененных черенках, хотя их укореняемость была несколько ниже – 65,00 и 60,00%, соответственно. У всех видов и культиваров хвойных растений из этой группы при изучении особенностей морфогенеза придаточных корней мы наблюдали образование корней трех порядков ветвления.

Средняя регенерационная способность (20,00-60,00%) характерна для большинства исследуемых нами видов и культиваров хвойных растений (табл. 2).

Таблица 2

Корнеобразование стеблевых черенков видов и культиваров хвойных растений со средней регенерационной способностью

Вид, культивар	Укореняемость, %	Суммарная длина корней, см (M ± m)	Суммарное количество корней, шт. (M ± m)
<i>Juniperus chinensis</i> `Blue Alps`	45,90	16,30 ± 1,24	11,00 ± 1,42
<i>J. communis</i> `Hibernica`	57,63	114,34 ± 1,34	101,63 ± 2,14
<i>J. horizontalis</i> `Glauca`	29,88	139,68 ± 1,76	99,75 ± 1,57
<i>J. × media</i> `Old Gold`	23,26	57,90 ± 1,55	32,00 ± 1,45
<i>J. × media</i> `Pfitzeriana Aurea`	40,00	311,00 ± 2,34	202,00 ± 1,22
<i>J. sabina</i>	58,84	129,00 ± 1,14	175,00 ± 1,75
<i>J. squamata</i> `Blue Carpet`	60,40	38,77 ± 1,12	27,00 ± 2,34
<i>Taxus baccata</i>	53,50	129,97 ± 1,53	49,50 ± 1,88
<i>Thuja occidentalis</i> `Aureo-variegata`	56,83	381,64 ± 2,76	196,13 ± 2,86
<i>T. occidentalis</i> `Brabant`	35,79	32,65 ± 2,17	14,00 ± 2,56
<i>T. occidentalis</i> `Elbow Ribbon`	24,95	23,60 ± 0,96	14,00 ± 1,53
<i>T. occidentalis</i> `Kornic`	46,06	88,20 ± 1,73	48,33 ± 2,13
<i>T. occidentalis</i> `Smaragd`	38,89	79,00 ± 1,46	37,00 ± 1,54
<i>T. occidentalis</i> `Spiralis`	55,16	61,34 ± 1,74	30,00 ± 2,14
<i>T. occidentalis</i> `Wagneri`	38,89	162,57 ± 1,63	70,00 ± 1,76
<i>Thujopsis dolabrata</i>	60,00	20,46 ± 1,64	12,37 ± 1,36

Следует отметить, что на стеблевых черенках *T. occidentalis* `Aurea-variegata` мы наблюдали развитие самой мощной корневой системы: образовались придаточные корни трех порядков ветвления, суммарная длина которых в среднем составила 381,64 см, а количество – 196,13 шт. Что касается ветвления корней, то для видов и культиваров этой группы характерно образование придаточных корней, в основном, трех порядков.

Низкую регенерационную способность проявили 8 видов и культиваров исследованных хвойных растений (табл. 3).

**Корнеобразование стеблевых черенков видов и культиваров хвойных растений
с низкой регенерационной способностью**

Вид, культивар	Укореняемость, %	Суммарная длина корней, см (M ± m)	Суммарное количество корней, шт. (M ± m)
<i>Chamaecyparis Pisifera</i> `Boulevard`	16,67	18,36 ± 2,12	9,12 ± 1,14
<i>Juniperus chinensis</i> `Stricta-variegata`	9,55	46,70 ± 2,65	19,35 ± 2,35
<i>J. sabina</i> `Variegata`	16,67	42,34 ± 1,34	16,32 ± 1,36
<i>J. scopulorum</i> `Blue Arrow`	19,33	1,60 ± 2,42	1,00 ± 1,27
<i>J. scopulorum</i> `Skyrocket`	16,25	13,30 ± 1,23	3,00 ± 2,74
<i>Metasequoia glyptostroboides</i>	20,00	16,55 ± 1,44	8,50 ± 2,58
<i>Thuja occidentalis</i> `Fastigiata`	20,00	22,34 ± 1,73	16,35 ± 2,06

Их укореняемость не превышала 20,00%. Самая низкая укореняемость отмечена для *Juniperus chinensis* `Stricta-variegata` (9,55%), но суммарная длина (46,70 см) и количество (20,35 шт.) корней у этого культивара были максимальными. Для видов и культиваров этой группы отмечена низкая степень ветвления корней. Мы наблюдали образование придаточных корней лишь первого порядка ветвления на черенках *Chamaecyparis pisifera* `Boulevard`, *Juniperus scopulorum* `Blue Arrow`, *J. scopulorum* `Skyrocket` и двух порядков ветвления на черенках *J. chinensis* `Stricta-variegata`, *J. sabina* `Variegata`, *Metasequoia glyptostroboides*, *Thuja occidentalis* `Fastigiata`.

Что касается *Chamaecyparis lawsoniana*, то черенки этого вида в наших исследованиях укоренились лишь в опытном варианте с использованием в качестве стимулятора роста водного раствора β-индолилуксусной кислоты. В этом варианте укореняемость составила 20,00%.

Следует отметить, что регенерационная способность *Picea abies* `Nidiformis` и *P. glauca* `Conica` в наших исследованиях зависела от возраста маточных растений. Черенки, которые мы нарезали с маточных растений, произрастающих в дендрарии Донецкого ботанического сада, возраст которых более 25-30 лет, не укоренились. Укореняемость черенков, нарезанных с растений, возраст которых 5-8 лет, произрастающих на участке группы ускоренных методов размножения растений, составила для этих культиваров елей 40,00%.

Выводы

Проведенные исследования позволили дать интегрированную оценку регенерационной способности 35 видов и культиваров ценных малораспространенных интродуцированных хвойных растений в условиях техногенно трансформированного региона. Это дает возможность выделить наиболее перспективные высокодекоративные виды и культивары хвойных растений (*Juniperus horizontalis* `Prince of Wales`, *J. × media*: `Kuriwoa Gold`, `Mordigan Gold`, `Pfitzeriana Glauca`, *J. squamata* `Blue Carpet`, *Thuja occidentalis*: `Aureo-variegata`, `Ericoides`, `Rheingold`, `Spiralis`, *Thujopsis dolabrata*) для их успешного вегетативного размножения стеблевыми черенками и внедрения в зеленое строительство региона. С целью пополнения ассортимента растений, которые используются для фитооптимизации окружающей среды, нами заложены маточные участки редких видов и культиваров хвойных. Наши дальнейшие исследования направлены на обогащение растительных ресурсов юго-востока Украины ценными высокодекоративными

интродуцированными хвойными растениями, разработку приемов их ускоренного размножения и использования для создания садово-парковых композиций.

Благодарности

Авторы статьи выражают благодарность и глубокую признательность сотрудникам отдела дендрологии Донецкого ботанического сада НАН Украины в лице д-ра биол. наук А. К. Полякова за предоставленную возможность использования богатого коллекционного фонда интродуцированных хвойных растений для проведения наших исследований.

Список литературы.

1. Кузнецов С. И., Клименко Ю. А. Об актуальных биоэкологических проблемах зеленого строительства // Бюл. Никит. ботан. сада. – 1999. – Вып. 81. – С. 50-55.
2. Червченко Т. В., Кузнецов С. И. Сьогодні проблеми озеленення міст України // Інтродукція рослин. – 2001. – № 3-4. – С. 156-158.
3. Гончаренко Я. В. Різноманіття видів в озелененні міста Харкова // Матер. XI з'їзду Укр. ботан. тов-ва. – Харків: Штрих, 2001. – С. 95-96.
4. Кузнецов В. І., Казанська Н. А., Богданьок Р. В. Використання та інтродукційний потенціал хвойних для гірських садово-паркових ландшафтів в умовах Полісся та Лісостепу України // Інтродукція рослин. – 1999. – № 2. – С. 118-122.
5. Орловська Т. В., Орловський В. К. Оцінка перспектив використання хвойних інтродуцентів в степовій зоні України // Матер. XI з'їзду Укр. ботан. тов-ва. – Харків: Штрих, 2001. – С. 278-279.
6. Миронова Г. А. Хвойные в парковых культурфитоценозах Лесостепи Украины в связи с их реконструкцией: Автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. – К., 1991. – 16 с.
7. Поляков А. К., Сулова Е. П. Хвойные на юго-востоке Украины / Под ред. А. З. Глухова. – Донецк: Норд-Пресс, 2004. – 197 с.
8. Миронова Г. А., Чекалин А. П. Основные принципы эстетической оценки хвойных парковых культурфитоценозов // Матер. V Междунар. конф. "Проблемы дендрологии, цветоводства, плодородства" (г. Ялта, 6-10 октября 1997 г.). – Ялта, 1997. – С. 123-126.
9. Козак Л. А. Декоративные формы можжевельников для садово-парковых композиций // Интродукция и акклиматизация растений. – 1994. – Вып. 19. – С. 64-65.
10. Крюссман Г. Хвойные породы. – М.: Лесн. пром-сть, 1986. – 256 с.
11. Деревья и кустарники, культивируемые в Украинской ССР. Голосеменные: Справ. пособие / Кузнецов С. И., Чуприна П. Я., Подгорный Ю. К. и др. – К.: Наук. думка, 1985. – 200 с.
12. Каталог растений Донецкого ботанического сада: Справ. пособие / Азарх П. Р., Баканова В. В., Бурда Р. И. и др.; Под ред. Е. Н. Кондратюка. – К.: Наук. думка, 1988. – 528 с.
13. Дендрофлора України. Дикорослі та культивовані дерева й кущі. Голонасінні: Довідник / Кохно М. А., Гордієнко В. І., Захаренко Г. С. та ін. – К.: Вища шк., 2001. – 207 с.
14. Матюхин Д. Л., Манина О. С., Королева Н. С. Виды и формы хвойных, культивируемые в России. Часть 1. *Juniperus* L., *Cephalotaxus* Sieb. et Zucc., *Taxus* L., *Torreya* Arn. – М.: Тов-во науч. изд. КМК, 2006. – 259 с.
15. Маринич І. С., Балабушка В. К., Ібрагім Л. В. Розмноження хвойних дерев та кущів. – К.: Дім, сад, город, 2005. – 29 с.
16. Welch H., Haddow G. The world checklist of conifers. – Landsman's Bookshop Ltd., Buehenhill Bromyard Hereford-shire, 1993. – 427 p.
17. Miklos J. Fenyok. – Budapest: Kiado, 2005. – 128 p.
18. Глухов А. З., Шпакова О. Г. Ускоренное размножение хвойных в условиях юго-востока Украины. – Донецк: Норд-Пресс, 2006. – 136 с.
19. Шпакова О. Г. Ускоренное размножение форм *Thuja occidentalis* L. на юго-востоке Украины // Матер. VI Междунар. конф. "Проблемы дендрологии, цветоводства, плодородства" (г. Ялта, 5-8 октября 1998 г.). – Ялта, 1998. – С. 92-94.

20. *Шпакова О. Г.* Вегетативне розмноження декоративних хвойних інтродуцентів у Донбасі // Укр. ботан. журн. – 1998. – № 3. – С. 287-288.

21. *Шпакова О. Г.* Корнеобразовательная способность некоторых кипарисовых при искусственном вегетативном размножении // Интродукция и акклиматизация растений. – 1999. – Вып. 32. – С. 66-71.

22. *Шпакова О. Г.* Состояние и перспективы вегетативного размножения декоративных видов и форм хвойных растений на юго-востоке Украины // Тез. докл. науч. конф. "Биоразнообразие. Экология. Эволюция. Адаптация" (г. Одесса, 28 марта – 1 апреля 2003 г.). – Одесса, 2003. – С. 194.

23. *Шпакова О. Г.* Регенераційна здатність видів і декоративних форм хвойних // Вісн. Луганського нац. пед. ун-ту ім. Т. Шевченка. – 2005. – № 3. – С. 143-148.

24. *Поляков А. К., Малюгин И. Е., Тарабрин В. П. и др.* Древесные насаждения в оптимизации техногенной и рекреационной среды Приазовья. – К.: Наук. думка, 1992. – 172 с.

Глухов О. З., Усольцева О. Г. Інтродукційний потенціал, розмноження та використання хвойних рослин для садово-паркових композицій в умовах південного сходу України. – Наведено дані щодо інтродукційного потенціалу хвойних рослин для створення садово-паркових композицій в умовах південного сходу України. Досліджено особливості їх штучного вегетативного розмноження (живцювання) та можливості впровадження в зелене будівництво техногенного регіону, яким є Донбас.

Ключові слова: хвойні рослини, інтродукційний потенціал, штучне вегетативне розмноження, живцювання, використання.

Glukhov A. Z., Usoltseva O. G. The potential for introduction, propagation and use of conifers in horticultural and park compositions under the conditions of the south-east of Ukraine. – Data are presented as for the potential of conifers for introduction and use in horticultural and park compositions under the conditions of the Ukraine's south-east. Specific features of artificial vegetative propagation (cutting) of these plants have been studied, as well as, their possible application in the greenery planting of the urban region, such as Donbass.

Key words: conifer plants, potential for introduction, artificial vegetative propagation, cutting, use.

О. О. Грьдько

**ВИЗНАЧЕННЯ КСЕРОМОРФНИХ ТА МЕЗОМОРФНИХ ОЗНАК
У БУДОВІ ЛИСТКІВ ІНТРОДУКОВАНИХ ДЕКОРАТИВНИХ ЗЛАКІВ**

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

Грьдько О. О. Визначення ксероморфних та мезоморфних ознак у будові листків інтродукованих декоративних злаків. – Проведено порівняльне кількісно-анатомічне дослідження структури листків декоративних злаків різних екологічних груп, інтродукованих у Донбасі. Встановлено, що кожна з виділених екологічних груп має достатньо специфічну анатомічну структуру та тканевий склад листка та відбиває різну ступінь спеціалізації окремих видів, особливості їх біології та походження. Тому досліджені види та сорти декоративних злаків не можуть бути охарактеризовані за єдиним критерієм ксероморфної структури.

Ключові слова: мезофіти, гігромезофіти, гігрофіти, мезоксерофіти, ксерофіти, порівняльно-гістологічний аналіз.

Вступ

Серед великої кількості досліджень, проведених у галузі екологічної анатомії злаків, структурі листків ксерофітів присвячено багато праць [1, 2, 7-10, 13]. На сьогодні вже відомі особливості будови злаків цієї екологічної групи. До таких ознак відносять дрібноклітинність епідермісу та велику кількість продохів, обриси листкової пластинки на поперечному зрізі, кількість та форма ребер, розташування склеренхіми й провідних пучків та ступінь їх розвитку тощо.

Відомо, що при інтродукції рослин відбувається зміна умов існування, що спричиняє виникнення різноманітних пристосувань анатомічних структур, зокрема листка як найбільш пластичного органа. Інтродуценти, що відносяться до різних екологічних груп, у нових однакових умовах займають проміжне положення: до певних ознак, зумовлених генетичною природою даного виду, додаються нові, що відбивають певні умови місцезростання. Отже, це вказує на необхідність продовження та поширення еколого-анатомічних досліджень навіть такого достатньо вивченого органу, як листок, але в умовах інтродукції.

Таким чином, оскільки анатомо-морфологічні особливості інтродукованих декоративних злаків є доказом їх адаптаційних можливостей в умовах посушливого Донбасу, нами проведено дослідження пристосувальних ознак анатомічної структури листків.

Мета дослідження – на основі поглибленого вивчення особливостей анатомічної будови листків декоративних злаків різних екологічних груп, визначити ознаки, що характеризують еколого-анатомічну будову інтродуцентів та виділити різний ступінь їх спеціалізації до посушливих умов Донбасу.

Матеріал та методи дослідження

Нами проведено порівняльно-кількісний аналіз анатомічних структур листків різних за екологією та різних років інтродукції сортів декоративних злаків (Poaceae Barnh.) колекції газонних та декоративних злаків Донецького ботанічного саду НАН України [6]: лучні рихлокущові мезофіти – лисохвіст лучний 'Aureovariegatus' (*Alopecurus pratensis* (L.) 'Aureovariegatus', 2006 року інтродукції) та райграс бульбочкоподібний 'Variegata' (*Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (Willd.) Hyl. 'Variegatum' hort., 2003), гігромезофіти – щільнокущова молінія голуба 'Variegata' (*Molinia caerulea* (L.) Moench. 'Variegata', 2004) та кореневищна очеретянка звичайна (*Phalaroides arundinaceae* (L.) Rausch. var. *picta* (L.) Tzvel., 2003), гігрофіт – лепешняк великий 'Variegata' (*Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. 'Variegata', 2004), мезоксерофіт – щільнодерновинна костриця Гаутера (*Festuca gautieri* (Hack.) K. Richt., 2001), ксерофіт – щільнокущова костриця сиза 'Elijah Blue' (*Festuca glauca* Lam. 'Elijah Blue', 2000).

Для анатомічного аналізу відбирали середні частини пластинки другого зверху листка на генеративному пагоні. Зразки відбирали з нормально розвинутих рослин, що перебували у фазі цвітіння та у фазі вегетації (*Glyceria maxima* 'Variegata'). Виготовлення тимчасових

препаратів, вимірювання окремих елементів проводили за загальновідомими методиками [5, 10]. Співвідношення тканин у пластинці листка на поперечних зрізах встановлювали ваговим способом за точними рисунками з препаратів, які були одержані за допомогою мікроскопії. Визначення кількості продихів проводили на постійних препаратах епідермісу листків шляхом підрахування їх в полі зору з наступним розрахунком на 1 мм² листка. У зв'язку зі згорнутою формою листової пластинки сортів роду *Festuca* вимірювання та визначення розмірів і густоти продихів не проводилось. Коефіцієнт ребристості, що виражає ступінь розвитку ребер та борозенок на верхньому епідермісі листка, встановлювали шляхом поділу довжини контуру верхньої поверхні на поперечному зрізі на довжину лінії, яку проводили паралельно площині листка дотично до найбільш поглиблених точок "дна" борозенок. Статистичну обробку проводили за загальноприйнятими методиками [4] з використанням програми "MS Excel". Отримані дані достовірні при $P > 0,99$.

Результати та обговорення

Отримані дані показали, що листки досліджених мезофітних декоративних злаків характеризуються одноманітною анатомічною будовою. Листкова пластинка мезофітів широка та плоска, з товщиною від $197,8 \pm 3,96$ мкм до $200,9 \pm 1,39$, ребра та борозенки на верхній поверхні розвинуті у різному ступені, коефіцієнт ребристості складає 1,2-1,4. Епідерміс як верхній, так і нижній складається з достатньо крупних клітин та займає 10,8-12,8% до площі поперечного зрізу листової пластинки. Моторні клітини мезофітів чітко диференційовані від основних епідермальних клітин, але недостатньо розвинуті та займають 3,9-5,5%. Кількість продихів на 1 мм² поверхні листка значно варіює, що ймовірно пов'язано зі сортовими особливостями досліджених декоративних злаків. Листки амфістоматичні, продихи розташовані правильними рядами уздовж жилок нижче рівня епідермальних клітин. У більшості випадків щільність розміщення продихів на верхньому епідермісі листка перебільшує у 2,0-2,3 рази порівняно з нижнім.

Арматурні тканини в листках злаків-мезофітів представлені склеренхімою, що займає невеликий об'єм (4,8-8,9% від площі поперечного зрізу, рис. 1) та має вигляд прямокутних розширених балок, що з'єднують крупні провідні пучки з нижнім та верхнім епідермісом, а також тяжів, що прилягають до епідермісу навпроти дрібних провідних пучків.

Провідна тканина в листках мезофітних декоративних злаків мало розвинута та займає майже 6% до площі поперечного зрізу листка. Для листків даної екологічної групи характерне чергування двох (трьох) дрібних пучків з одним крупним.

Мезофіл у більшості випадків дифузного типу, складається з хлоренхіми та безхлорофільної паренхіми та займає 66,8-74,5% об'єму листка.

Порівняльно-гістологічний аналіз будови листків гігомезофітів та мезофітів показав, що сорти за анатомічною структурою відрізняються, але не істотно. Листки відрізняються достатньо тонкою пластинкою від $117,4 \pm 5,38$ мкм до $134,1 \pm 11,61$. Ребра та борозенки на верхній поверхні слабо розвинуті та майже відсутні. Коефіцієнт ребристості становить 1,1. Верхній та нижній епідерміс складається з дрібних клітин, що займають 4,0-6,7% від площі поперечного зрізу. Моторні клітини розвинуті сильніше порівняно з мезофітами та складають 5,9-9,4%. Щодо щільності розміщення продихів, певної закономірності не встановлено. У *Molinia caerulea* 'Variegata' кількість продихів нижнього епідермісу на 1 мм² листка перебільшує у 1,6 разів, а у *Phalaroides arundinaceae* var. *ricca* щільність розміщення на верхньому перебільшує у 1,2 рази. На відміну від літературних даних [11, 12], нами виявлено, що за розподілом продихів листки досліджених гігомезофітів належать до амфістоматичних, що є реакцією мезофітів на аридні умови [1].

Співвідношення площі склеренхіми до площі поперечного зрізу листової пластинки дорівнює 3,5-6,3%. Провідна тканина в листках розвинута відносно слабо (5,8-7,4% до площі поперечного зрізу листової пластинки). Для листків гігомезофітів характерно чергування трьох (чотирьох) дрібних пучків з одним крупним.

Мезофіл дифузного типу, дещо щільний, складається з невеликих округлих клітин та займає значну частину об'єму листка (70,2-80,8%).

Відмінності анатомічної будови листка гігрофіту обумовлені їх екологічною приналежністю. Листкова пластинка товщиною $317,6 \pm 16,77$ мкм без трихом, вкрита товстим шаром кутикули, ребера та борозенки на верхньому та нижньому боці не виявлено. Клітини верхнього епідермісу порівняно з нижнім потовщені у 1,5 рази. До структурних особливостей листків *Glyceria maxima* 'Variegata' слід віднести форму та розміщення моторних клітин. Вони дуже крупні, мають яйцеподібну форму, розташовані на верхньому епідермісі в борозенках по обидва боки головної жилки, займають 1,6% площі поперечного зрізу. Листки амфістоматичні, продихи розміщені на рівні епідермальних клітин, їх кількість на 1 мм^2 на нижньому епідермісі зростає у 1,3 рази.

Склеренхімні тяжі прилягають до верхнього та нижнього епідермісів й ізольовані від провідних пучків. Співвідношення площі склеренхіми та провідної тканини до площі поперечного зрізу листкової пластинки дорівнює відповідно 2,3 та 5,4%. Кожен крупний пучок чергується з дрібним у чіткій послідовності. Мезофіл складається з крупних округлих клітин, займає значну частину об'єму листка (78,4%).

Листки гігрофітів відрізняються наявністю великих повітряних порожнин, розміщених у мезофілі між провідними пучками. Загальний об'єм становить 6,0% від площі поперечного зрізу листка.

Анатомічна будова ксерофітних інтродукованих декоративних злаків характеризується більшим різноманіттям внутрішньої структури. Виявлено загальні риси, які поряд зі спільними, що об'єднують види у рід *Festuca*, чітко відокремлюють їх за характером екологічної приналежності.

Ксерофітним та мезоксерофітним кострицям властиві жорсткі, вузькі (голкоподібні) постійно згорнуті поздовжньо листки. Наслідком згорнутої форми листкової пластинки є збільшення відношення поверхні листка до його об'єму та значне збільшення його нижньої (зовнішньої) поверхні порівняно з верхньою. Поверхня листків вкрита прозорим або сизим воском, що відкладається у вигляді пластинок (гладких плівок), плоско розміщених на поверхні листка, або складається переважно з паличкоподібних та ниткоподібних утворень, які зростають у напрямі від листкової поверхні та дуже сильно відбивають світло. Верхня поверхня листків складається з ребер та борозенок, їх кількість є видоспецифічною та систематичною ознаками, вкритих густими трихомами. Мезофіл складається з великих округлих клітин, до того ж на зовнішньому боці листка (під нижнім епідермісом) утворюється справжня палисадна паренхіма з 1-2 рядів видовжених хлоренхімних клітин.

Наведемо докладніше характеристику тих анатомічних відмінностей, що вказують на різний ступінь ксероморфності костриць.

Потовщення клітин нижнього епідермісу листків мезоксерофітної костриці Гаутера над верхнім становить майже у 2 рази, а по відношенню до площі поперечного зрізу верхній та нижній епідерміс займає 7,5%. Моторні клітини дрібні, слабо диференційовані від епідермальних клітин та займають малий об'єм (1,6%). Верхня поверхня листка сформована трьома ребрами, коефіцієнт ребристості – 1,3.

Арматурні тканини мезоксерофітної костриці слабо розвинуті, їх співвідношення (6,8%) зумовлене характерним розміщенням склеренхіми в листках у вигляді окремих тяжів біля нижнього епідермісу навпроти кожного провідного пучка та на кінцях листка, біля верхнього епідермісу склеренхіма відсутня. Відносна ширина склеренхімних тяжів майже однакова, на відміну від самого широкого, розміщеного навпроти головної жилки. Листки дослідженого мезоксерофіта характеризуються незначним розвитком провідної тканини, що представлена п'ятьма провідними пучками (6,1%). Мезофіл займає достатньо велику частину об'єму (78%).

Потовщення клітин нижнього епідермісу листків ксерофітної костриці сизої сорту 'Elijah Blue' порівняно з верхнім незначне (у 1,3 рази), також зменшується його загальна площа порівняно з мезоксерофітом (6,5% до площі поперечного зрізу). Моторні клітини на

верхньому епідермісі зовсім відсутні. Спостерігається зростання складчастості верхньої поверхні до 5 ребер, коефіцієнт ребристості – 1,3.

Збільшення площі склеренхімної та провідної тканин у ксерофітної костриці пов'язане за рахунок збільшення їх кількості на поперечному зрізі: склеренхіма розміщена під нижнім епідермісом у вигляді повністю рівномірного чохла дещо розширеного на краях листкової пластинки та займає 14,4% від площі поперечного зрізу листка; кількість провідних пучків збільшується до 7, що займає 6,7% від площі зрізу (рис. 1).

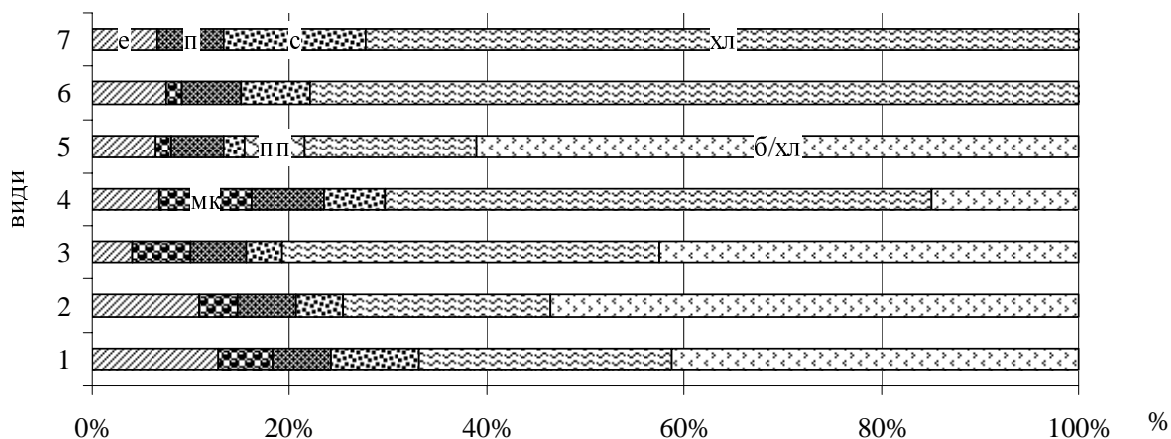


Рис. 1. Кількісне співвідношення тканин в листках декоративних злаків різних екологічних груп (у % до площі поперечного зрізу)

Примітка. 1 – *Alopecurus pratensis* (L.) 'Aureovariegatus', 2 – *Arrhenatherum elatius* subsp. *bulbosum* (Willd.) Hyl. 'Variegatum' hort., 3 – *Molinia caerulea* (L.) Moench. 'Variegata', 4 – *Phalaroides arundinaceae* (L.) Rausch. var. *picta* (L.) Tzvel., 5 – *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb. 'Variegata', 6 – *Festuca gautieri* (Hack.) K. Richt., 7 – *Festuca glauca* Lam. 'Elijah Blue': е – епідерміс, мк – моторні клітини, пп – повітряні порожнини, п – провідна тканина, с – склеренхіма, хл – хлоренхіма, б/хл – безхлорофільна паренхіма.

Аналіз отриманих даних свідчить, що кожна з виділених екологічних груп має достатньо специфічну анатомічну структуру та тканевий склад листка. Проте деякі види відрізняються чітко вираженими ксероморфними ознаками, а деякі займають проміжне положення. Тому тільки сукупність морфологічних та анатомічних ознак можна розглядати в якості адаптаційної реакції на тривале існування в аридних умовах. Окремі ознаки не можливо видавати за адаптаційні пристосування, а слід враховувати існування складної системи взаємозв'язків між структурними елементами.

Однак нами наведена спроба виділити найбільш виражені ознаки ксероморфної анатомічної структури досліджених інтродукованих декоративних злаків різної екологічної приналежності в посушливих умовах Донбасу.

Нами виявлено, що для анатомічної структури листків інтродукованих злаків-мезофітів характерний значний розвиток покривних тканин, моторних клітин та паренхіми, але більш слабким, ніж у ксерофітів, розвитком склеренхіми та судинно-волокнистих пучків. Пластинки їх листків плоскі, зрідка опушені, однак мають на верхній поверхні ребра та борозенки, де містяться продихи. При цьому листок зберігає здатність згортатися в найбільш несприятливі періоди.

Наші дані вказують, що злаки-гігромезофіти за характером своєї структури мають більше мезоморфних ознак. Листки даної екологічної групи відрізняються значним розвитком паренхімних тканин та моторних клітин, але більш слабким, ніж у мезофітів, розвитком покривних та арматурних тканин.

Гігрофіт у посушливих умовах Донбасу характеризується потовщеною листковою пластинкою та товстим шаром кутикули, незначним розвитком моторних клітин та склеренхіми, а також присутністю великих повітряних порожнин.

Листки злаків мезоксерофітів та ксерофітів мають типову ксерофітну будову – вони згорнуті уздовж, відрізняються наявністю на верхній поверхні глибоких борозенок, а також досить розвинутим опушенням. Посилення жорсткості листка за рахунок збільшення площі склеренхімних елементів, потовщення оболонки епідермальних клітин, наявність воску та трихоматичних утворень на верхній поверхні листків також вважаються одними з характерних ознак рослин, що зростають у посушливих умовах. За нашими даними, група ксерофітів у цілому відрізняється від мезоксерофітів високим вмістом арматурних тканин та зменшенням розвитку моторних клітин та мезофілу. Жорсткість у листків з невеликою кількістю механічної тканини виникає внаслідок високої щільності хлоренхіми. Для злаків-ксерофітів характерне формування палісадного мезофілу. Викладені структурні особливості спрямовані на захист рослин від надмірної втрати води. Відомо [8], що ксерофітні злаки не завжди економно витрачають воду та під час надмірної кількості ґрунтової вологи спостерігається посилення транспірації. Таким чином, особливості анатомічної структури листків костриць-ксерофітів повністю відповідають їх фізіологічним особливостям.

Таким чином, у зв'язку зі дослідженими особливостями анатомічної структури листків декоративних злаків різних екологічних груп, види та сорти роду *Festuca* через сукупність наведених ознак характеризуються найбільш вираженою ксероморфною спеціалізацією.

Під час тривалої інтродукційної роботи досліджені злаки-мезофіти та гігромезофіти також виробили систему адаптаційних пристосувань до життя у посушливих умовах. На це вказує їх велика жаростійкість та посухостійкість, бо період їх найбільш активного розвитку припадає на найжаркіші місяці літнього періоду Донбасу – (червень) липень та серпень. Отже, вважаємо, що шляхи пристосування до зростання в посушливих умовах Донбасу у представників згаданих груп не могли не знайти відображення в особливостях їх анатомічної будови.

Висновки

Анатомічна структура листків декоративних злаків, інтродукованих у посушливі умови Донбасу, різноманітна та відбиває різну ступінь спеціалізації окремих видів, особливості їх біології та походження.

Мезоморфними ознаками характеризується анатомічна структура листків із розвинутими покривними тканинами, моторними клітинами та паренхімою, що займає до $\frac{3}{4}$ частини об'єму листка. Листок зі ксероморфною структурою відрізняється збільшенням об'єму листка відносно його розмірів через посилення ребристості верхньої поверхні, наявністю трихом та шаром воску, потужним розвитком склеренхіми та провідної системи за рахунок зменшення площі паренхіми.

Серед досліджених екологічних груп, за порівняльно-кількісним аналізом структури листкової пластинки встановлено, що мезофіт *Alopecurus pratensis* 'Aureovariegatus' та гігромезофіт *Phalaroides arundinaceae* var. *ricca* характеризуються найбільш вираженими ксероморфними ознаками.

Визначаючи адаптаційну реакцію декоративних злаків на існування в аридних умовах, слід враховувати складну систему взаємозв'язків між морфо-анатомічними структурними елементами та фізіологічними особливостями водного режиму, що зумовлює сухостійкість інтродуцентів.

Встановлено, що кожна з виділених екологічних груп має достатньо специфічну анатомічну структуру та тканевий склад листка, тому досліджені групи злаків не можуть бути охарактеризовані за єдиним критерієм ксероморфної структури.

Список літератури

1. *Василевская В. К.* Формирование листа засухоустойчивых растений. – Ашхабад: Изд-во АН Тадж. ССР, 1954. – 184 с.
2. *Гамалей Ю. В.* Анатомия листа у растений пустыни Гоби // Ботан. журн. – 1984. – 69, № 5. – С. 569-584.
3. *Гридько О. О.* Анатомічні особливості декоративних злаків, інтродукованих на південний схід України // Промышленная ботаника. – 2007. – Вып. 7. – С. 234-240.
4. *Зайцев Г. Н.* Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 184 с.
5. *Клейн Р. М., Клейн Д. Т.* Методы исследования растений. – М.: Колос, 1974. – 528 с.
6. *Кудина Г. А., Качур Л. Ю.* Интродукция декоративных злаков и перспективы их использования в Донбассе // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С.39-45.
7. *Мирославов Е. А.* Некоторые черты ксероморфного строения эпидермиса листа ряда злаков // Ботан. журн. – 1962. – 47, № 9. – С. 1339-1342.
8. *Николаевский В. Г.* Сравнительное исследование ксероморфных и мезоморфных признаков в строении листа злаков // Ботан. журн. – 1970. – 55, № 10. – С. 1442-1449.
9. *Николаевський В. Г.* До екологічної анатомії листка видів роду костриця (*Festuca* L.) // Укр. ботан. журн. – 1970. – 27, № 5. – С. 601-607.
10. *Прозина М. Н.* Ботаническая микротехника. – М.: Высш. шк., 1960. – 206 с.
11. *Прокудин Ю. Н., Вовк А. Г., Петрова О. А.* и др. Злаки Украины. – К.: Наук. думка, 1977. – 518 с.
12. *Keith A. M., Gibson A. C. O'Leary J. W.* The adaptive significance of amphistomatic leaves // Plant, Cell and Environ. – 1982. – Vol. 5, N 6. – P. 455-460.
13. *Metcalfе C. R.* Anatomy of the Monocotyledons. I. Gramineae. – Oxford: Clarendon Press, 1960. – 731 p.
14. *Parkhurst D. F.* Stereological methods for measuring internal leaf structure variables // Amer. J. Bot. –1982. – Vol. 69, N 1. – P. 31-39.

Гридько О. А. Определение ксероморфных и мезоморфных признаков строения листьев интродуцированных декоративных злаков. – Проведено сравнительное количественно-анатомическое изучение структуры листьев декоративных злаков разных экологических групп, интродуцированных в Донбасс. Установлено, что каждая из выделенных групп обладает достаточно специфической анатомической структурой и тканевым составом листа, что отражает разную степень специализации отдельных видов, особенностей их биологии и происхождения. Поэтому исследованные виды и сорта декоративных злаков нельзя охарактеризовать общим критерием ксероморфной структуры.

Ключевые слова: мезофиты, гигромезофиты, гигрофиты, мезоксерофиты, ксерофиты, сравнительно-гистологический анализ.

Grydko O. A. Definition of xeromorphic and mesomorphic features of leaf anatomical structure of the ornamental grasses. – The comparative quantitative-anatomical study was conducted of leaf structure of the ornamental grasses of different ecological groups, introduced in Donbass. It was established that every ecological group has sufficiently specific anatomic and tissue structure that indicates different level of specialization of individual species, their biology and origin. Therefore the studied species and sorts of the ornamental grasses can't be characterized by general criterion of xeromorphic structure.

Key words: mesophytes, hygromesophytes, hygrophytes, mesoxerophytes, xerophytes, comparative-histological analysis.

Н. Ф. Довбиш, Л. В. Хархота

**БІОЕКОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРИСКОРЕНОГО РОЗМНОЖЕННЯ КУЛЬТИВАРІВ
ВИДІВ РОДУ *BERBERIS* L. НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ**

*Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр-т Ілліча, 110
e-mail: herb@herb.dn.ua*

Довбиш Н. Ф., Хархота Л. В. Біоекологічні основи прискореного розмноження культиварів видів роду *Berberis* L. на південному сході України. – Наведено результати досліджень щодо біоекологічного обґрунтування прискореного вегетативного розмноження декоративних культиварів видів роду *Berberis* L. Встановлено, що у досліджених культиварів залежність прояву їх ризогенної здатності при стебловому живцюванні від динаміки росту та розвитку пагонів. Визначено оптимальні для стеблового живцювання періоди росту і розвитку їх пагонів.

Ключові слова: *Berberis* L., культивари, ріст і розвиток пагонів, розмноження живцюванням.

Вступ

Рід *Berberis* L. відноситься до родини Berberidaceae Juss. і налічує 175 видів, що представлені різними життєвими формами (дерева, кущі, багаторічні трави). Відомо вічнозелені та листопадні види і культивари, що ростуть у різних кліматичних зонах усіх континентів. Широке географічне розповсюдження роду підтверджує його давність [1]. Інтродукція видів роду *Berberis* у Донецькому ботанічному саду НАН України (ДБС) проводиться з 1966 р. Протягом років спостережень найбільш перспективними у посушливому індустріальному регіоні виявлено 15 видів, серед яких євросибірські, середньоазіатські та деякі східноазіатські види. Більшість інтродукованих видів – високоморозо- і посухостійкі, у них не було відмічено морфологічних пошкоджень від посухи і морозів, за винятком японо-китайських видів (*B. thunbergii* (de Candolle, 1821), *B. francisci-ferdinandi* (Schneider, 1913), *B. morisonensis* (Hayata, 1911)), у яких частково пошкоджувались лише однорічні пагони. Тому теоретичною передумовою при інтродукції досліджуваних культиварів видів роду *Berberis*, у складних екологічних умовах промислового регіону, є висока життєздатність вихідних видів [2].

На сьогодні культивари видів роду *Berberis*, завдяки високодекоративним ознакам архітекtonіки крони, забарвленню листків протягом вегетаційного періоду, стійкості до умов зростання, стали популярними в зеленому будівництві для живоплотів і бордюр, як декоративні групи в колоритних композиціях, поодинокі рослини на фоні хвойних рослин та газонів.

Мета досліджень – вивчення біоекологічних особливостей росту та розвитку нових для регіону культиварів видів роду *Berberis* та розробка прийомів прискореного розмноження стебловими живцями і рекомендацій щодо їх застосування в екологічних умовах південного сходу України.

Ефективність отримання садивного матеріалу способом зеленого живцювання пов'язана, головним чином, з фазами росту пагонів та розвитком маточних рослин в умовах району інтродукції. У зв'язку з цим необхідно підібрати оптимальні терміни живцювання, виходячи з індивідуальних ознак досліджуваних культиварів.

Матеріал та методи досліджень

Об'єктами наших досліджень були високодекоративні культивари листопадного виду *B. thunbergii* – `*Atropurpurea*`, `*Aurea*`, `*Erecta*`, `*Golden Ring*`, `*Purpurea*` та вічнозеленого виду *B. buxifolia* (Lamarck, 1792) – `*Nana*`. Ці види інтродуковано та рекомендовано для широкого використання, але для більшості культиварів, що є новими для регіону, недостатньо досліджені їх біологічні особливості та питання вегетативного розмноження, а також отримання в короткі терміни високодекоративного садивного матеріалу місцевого походження. Через це проведено комплексне вивчення ритмів розвитку інтродуцентів [3-5] для визначення найбільш оптимальних періодів росту пагонів для ризогенезу живців у

рослин, що відносяться до різних феногруп [6-10]. Найбільш ґрунтовно вивчали динаміку росту пагонів та період їх активного росту. Після закінчення їх росту зроблено контрольні заміри.

За основу взято методики живцювання, розроблені М. Т. Тарасенком [11], з урахуванням рекомендацій Б. С. Єрмакова, А. Д. Крестнікової, З. Я. Іванової [12-14] і власних модифікацій [15-17].

Живцювання проводили в колекції маточних рослин ДБС. Дослідження вкорінювання живців здійснювали в оранжереї тепличного комплексу з штучним зволоженням повітря. Проводили спостереження за факторами середовища (температура повітря і субстрату, відносна вологість, освітлення).

Для обробки живців використовували такі стимулятори росту: індолілмасляну кислоту (ІМК), індолілоцтову кислоту (ІОК) у водному та спиртовому розчинах, контроль – вода.

Біологічну здатність до придаткового коренеутворення з використанням різних типів живців, термінів заготовки, регуляторів росту, оптимальних факторів середовища визначали за укорінюваністю, тривалістю вкорінення, розвитком кореневої системи. Спостереження за утворенням придаткових коренів на живцях проводили згідно з методикою І. М. Комарова [18].

Живцювання пагонів проводили залежно від їх зміни протягом вегетаційного періоду та розвитку маточних рослин в онтогенезі, а для різноманітних форм – з врахуванням їх морфологічних ознак.

Результати та їх обговорення

Одним із найважливіших аспектів у вивченні ритмів росту інтродуцентів є дослідження ритму розвитку пагонів у складному комплексі екологічних умов регіону. Необхідність більш детального вивчення динаміки розвитку цього органа протягом вегетаційного періоду в сукупності з динамікою розвитку всього організму тісно пов'язана з визначенням оптимальних строків живцювання та використання стимуляторів росту. Враховували основні фенологічні фази розвитку деревних рослин: набрякання бруньок; їх розкриття; початок облиствіння; початок росту пагонів; їх ріст; закінчення росту пагонів; їх визрівання; повне здерев'яніння пагонів; бутонізація; початок та кінець цвітіння; початок досягання плодів; повне їх досягання. Ці сезонні ритми розвитку рослин входять до комплексу найважливіших еколого-біологічних показників, що характеризують ступінь відповідності нових кліматичних умов природним вимогам інтродуцентів.

Вихідний вид досліджуваних п'яти культиварів – барбарис Тунберга (*B. thunbergii*) – є поліморфним, описано більше 25 його різновидностей і сортів [10]. Природний ареал – гірські схили Китаю та Японії. Протягом двох років (2005-2007 рр.) досліджували біологічні особливості росту та розвитку культиварів цього виду, розробляли прийоми їх вегетативного розмноження стебловими живцями, що тісно пов'язували з ростом і розвитком однорічних пагонів на основі фенологічних спостережень. Згідно з даними інтродукторів ДБС [2], однорічні пагони рослин цього виду в люті зими підмерзають. За три роки наших досліджень жоден культивар цього виду не пошкоджувався низькими температурами, навіть у люту зиму 2005-2006 рр. Усі культивари, що є в колекції маточних рослин, вегетативного походження, отримані з ботанічних установ.

B. thunbergii 'Atropurpurea' – б. Тунберга 'Atropurpurea'. Невисокий куполоподібний декоративний кущ із темно-пурпуровими листками, яскраво-червоними восени. В трирічному віці має висоту 85 см, з діаметром близько 1 м, річний приріст пагонів – $30 \pm 1,6$ см. Вегетація триває з III декади березня – початку квітня до середини листопада. Цвіте в II-III декаді травня. Квітки жовті. Цвітіння рясне, має 4-6 квіток у суцвітті. Плоди червоні. Морозо- і посухостійкий. Зростає на сонячних місцях, не вибагливий до ґрунту. Декоративний протягом всього вегетаційного періоду. Укорінюваність стеблових живців після обробки їх водним розчином ІМК – 85%. Рекомендується для живоплотів, солітерних, групових, орнаментальних насаджень.

B. thunbergii 'Aurea' – б. Тунберга *'Aurea'*. Кущ з яскраво-жовтими листками. В трирічному віці рослини мають висоту 57 см, а діаметр крони – 40 см. Веgetує з II-III декади березня до середини листопада. Незважаючи на тривалу посуху, пагони культивару продовжували рости протягом всього літа. Річний приріст складав $32 \pm 1,5$ см. Цвітіння проходило в II-III декаді травня. Квітки блідо-жовтуватого кольору. Плоди червоні. Рослини морозо- та посухостійкі в культурі. Слід відзначити, що прямі сонячні промені викликають пошкодження на листках у вигляді коричневих плям та скручування листків, особливо у молодому віці. Місцезростання найбільш сприятливе в слабо затінених місцях. Не вибагливий до ґрунтів. Укорінюваність стеблових живців після обробки водним розчином ІМК – 90%. Сорт перспективний в озелененні для солітерних, групових і поодиноких насаджень як контрастний акцент на газоні та в колоритних композиціях, для живоплотів, як бордюрні рослини.

B. thunbergii 'Erecta' – б. Тунберга *'Erecta'*. Декоративний кущ, що має в молодому віці вузьку крону з прямостоячими пагонами, яка з віком стає більш розлогою. Листки округлі, світло-зеленого кольору на коротких черешках, восени змінюють колір до оранжево-червоного. Висота куща у трирічному віці – 85 см, діаметр крони – 58 см, річний приріст – $30 \pm 1,4$ см. В умовах регіону вегетація триває з II декади березня до середини листопада. Цвіте в II-III декаді травня. Квітки жовті. Плоди коралово-червоного кольору. Листопад відбувається пізно, під зиму. Укорінюваність стеблових живців за оптимальних строків живцювання досягає 100%, навіть без використання для їх обробки стимуляторів росту. Культивар рекомендовано для живоплотів, у бордюрних, поодиноких і групових насадженнях.

B. thunbergii 'Golden Ring' – б. Тунберга *'Golden Ring'*. Кущ кулястої форми. Листки округлі, фіолетово-пурпурового кольору з вузьким жовтим окантуванням. Висота куща у трирічному віці – 75 см, діаметр крони – 58 см, річний приріст – $21 \pm 1,3$ см. Починає вегетацію в II декаді березня і закінчує в I декаді листопада. Цвіте в I-II декаді травня. Квітки жовті, зібрані в гроно. Плоди не зав'язувалися. Морозо- і посухостійкий при вирощуванні в озелененні міст. Зростає на сонячних місцях, невибагливий до ґрунту. Укорінюваність стеблових живців досягає 60% після обробки їх водним розчином ІМК. Рекомендується для солітерних, групових, шпалерних і орнаментальних посадок у кольорових композиціях. Вразливо декоративний протягом всього вегетаційного періоду – молоді листки багряно-червоного кольору, а восени пагони і листки набувають яскраво-червоного кольору.

B. thunbergii 'Purpurea' – б. Тунберга *'Purpurea'*. Високий кущ правильної розлогої форми. Листки округло-ромбовидні фіолетово-пурпурового кольору, ефектні протягом всього вегетаційного періоду. Висота куща у трирічному віці – 178 см, діаметр крони – 120 см, річний приріст – понад $50 \pm 2,4$ см. Починає вегетацію у II-III декаді березня і закінчує в II-III декаді листопада. Цвіте в II-III декаді травня, яскраво-жовті квітки зібрані в гроно, що містить 11-13 квіток. Цвітіння рясне, і вся рослина в цей час вразливо декоративна. Плоди численні, червоного кольору. Морозо- і посухостійкий при вирощуванні в озелененні міст. Зростає на сонячних місцях, не вибагливий до ґрунту. Укорінюваність стеблових живців досягає 87% після обробки їх водним розчином ІМК. Рекомендується для живоплотів, солітерних, групових та поодиноких насаджень. Декоративний як формою куща, так і фіолетово-пурпурними листками, які не змінюють кольору протягом всього періоду вегетації.

Для декоративного культивару *B. buxifolia 'Nana'* вихідним є *B. buxifolia* (б. самшитolistий) – вічнозелений кущ до 3 м висотою. Природний ареал – Південна Америка. За літературними даними [19], в суворі зими підмерзає до рівня снігового покриву, але дані інтродукторів [3] свідчать про високу посухо- й зимостійкість рослин у нашому регіоні.

B. buxifolia 'Nana' – б. самшитolistий *'Nana'*. Низькорослий вічнозелений кущ напівкулястої форми. Листки округлі, дрібні, блискучі, зеленого, а молоді – червоного кольору. В трирічному віці – 38 см висотою і діаметром, річний приріст від 7 до 16 см залежно від погодних умов і віку рослин. В умовах південного сходу України вегетацію

починає значно пізніше, ніж культивари *B. thunbergii* – у першій декаді квітня. Цвіте в II-III декаді травня поодинокими квітками. Плоди не зав'язувалися. В люті зими потребує укриття. Декоративний формою куща та яскравими блискучими листками. Використовують як бордюрні рослини, для низьких огорож, на альпійських гірках.

Результати фенологічних спостережень досліджуваних культиварів видів *B. buxifolia* і *B. thunbergii* в умовах інтродукції є одним із основних аспектів вивчення цих рослин. Фазу розпускання бруньок приймали за початок вегетації, а фазу масового листопаду за кінець вегетації. Тривалість періоду вегетації і росту пагонів рахували від дат початку і до кінця цих фаз.

В екологічних умовах Донбасу в 2007 р. вегетація у досліджуваних культиварів розпочалася, порівняно з 2006 р., відносно рано, в II-III декадах березня, що пов'язано з теплою зимою 2006-2007 рр. Раніше за всіх – у культиварів *B. thunbergii* `Aurea` і `Erecta`, у решти – `Purpurea`, `Golden Ring` і `Atropurpurea` – пізніше. І тільки у культивара *B. buxifolia* `Nana` вегетація розпочалася значно пізніше – 30 березня, що пов'язано, очевидно, з походженням самого виду *B. buxifolia*. Усі досліджувані культивари цвіли. Рясне цвітіння відмічено у культиварів *B. thunbergii* `Purpurea` і `Atropurpurea`, а у `Aurea` та *B. buxifolia* `Nana` було кілька поодиноких квіток. Раніше фаза цвітіння наступила у культиварів *B. buxifolia* `Nana` і *B. thunbergii* `Golden Ring`, але плоди у них не формувалися. Цвітіння усіх досліджених культиварів тривало 15-17 днів. Плоди дозрівали протягом вересня – жовтня. Природний листопад розпочався пізно у зв'язку з теплими погодними умовами восени і відсутністю ранніх осінніх заморозків. Початок листопаду був самим раннім у культиварів *B. thunbergii* `Golden Ring`, `Aurea` і `Atropurpurea`, потім у `Erecta` і `Purpurea` і закінчився в III декаді листопада. Вегетаційний період культиварів був досить тривалим – 243-262 дні. Вивчення біоекологічних особливостей сезонного розвитку досліджуваних культиварів показало, що більшість із них проходять повний цикл сезонного розвитку й успішно зимують. І якщо культивар *B. buxifolia* `Nana` ще не плодоносив і частково підмерзали пагони в люту зиму, кущі швидко відновлювали свою декоративність.

Розглянемо динаміку росту і розвитку пагонів культиварів, як один із аспектів у визначенні оптимальних строків їх живцювання стебловими живцями, взятими в різні фази. Графічне зображення динаміки росту і розвитку пагонів (рис. 1) і фенологічні спостереження надають можливість визначити фазу активного росту пагонів досліджуваних культиварів, його затухання, що тісно пов'язано з фазами здерев'яніння пагонів. Величина приросту пагонів в умовах регіону лімітується високою температурою повітря і недостатньою кількістю вологи, генетичними особливостями та віком рослин. Так, приріст пагонів у 2007 р. майже у всіх культиварів був значно більшим, порівняно з показниками 2006 р., незважаючи на те, що погодні умови літа цього року були більш сприятливі. Слід відмітити, що навіть ті культивари, що мають за вихідний вид один і той же вид (*B. thunbergii*), мали різні ритми росту та розвитку пагонів, а також різну інтенсивність росту пагонів, що тісно пов'язано з розмірами і формою куща й іншими біологічними особливостями. Живцювання проводили в два строки – 25.06 і 11.07. Пагони перебували в фазі росту або в фазі його затухання і переходили до фази здерев'яніння. Показники укорінюваності живців усіх культиварів були вищими при живцюванні у більш ранні строки. Значно вищий відсоток укорінення мали живці саме тих культиварів, що перебували в фазі росту пагона (*B. thunbergii* `Erecta`, `Aurea` і `Atropurpurea`). До того ж фаза росту пагонів у цих культиварів була найтривалішою: 89 днів – у *B. thunbergii* `Erecta`, 87 днів – у `Aurea`, 67 днів – у `Atropurpurea`. Укорінюваність живців, взятих із пагонів цих культиварів, у перший строк живцювання була досить високою: так, для *B. thunbergii* `Erecta` – максимальною – 100%, `Aurea` і `Atropurpurea` – 50% і 67%, відповідно. В другий строк живцювання показники укорінюваності значно знизились у живців таких культиварів *B. thunbergii*: до 40% – у `Erecta`, а у `Aurea` і `Atropurpurea` – до 38 та 36%, відповідно. Що стосується культивара `Purpurea`, то фаза росту його пагонів була найкоротшою – 38 днів, але інтенсивність – найбільша, оскільки за такий короткий термін приріст склав $52 \pm 3,2$ см. Але показники

укорінюваності живців були низькими (24 та 20%), тому що живцювання проводили в той період, коли фаза росту пагона уже перейшла у фазу здерев'яніння. Найменший приріст мали пагони культивуру *B. buxifolia* `Nana` – $7 \pm 1,1$ см, що відповідає розміру та формі куща (висота і діаметр крони – 38 см). Строки живцювання співпали із фазами затухання росту пагонів та їх здерев'яніння. Укорінюваність живців даного культивуру становила 38 і 10%, відповідно. Усі наведені дані стосуються контрольних варіантів, тобто досліджувані культивари без обробки стеблових живців стимуляторами.

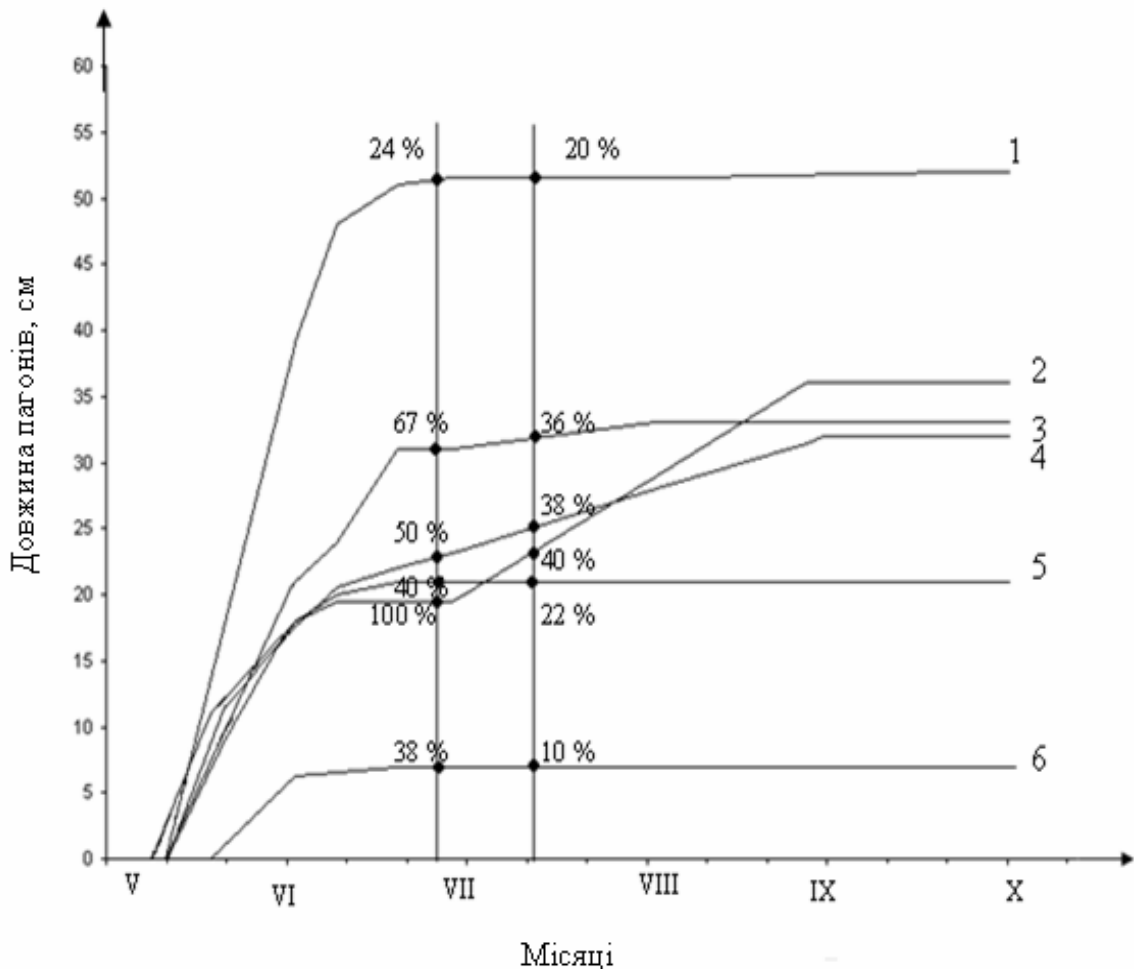


Рис. 1. Динаміка росту пагонів культиварів видів *Berberis thunbergii* DC. (культивари: 1 – `Purpurea`, 2 – `Erecta`, 3 – `Atropurpurea`, 4 – `Aurea`, 5 – `Golden Ring`) та 6 – *Berberis buxifolia* Lam. `Nana`

Отже, підвищити показники укорінюваності живців деяких культиварів (*B. thunbergii* `Purpurea`, `Golden Ring`, *B. buxifolia* `Nana`) можна завдяки тому, що живцювання слід проводити раніше, з індивідуальним підходом до кожного культивуру або групи культиварів з подібними ритмами росту та розвитку – в фазу активного росту чи початку його затухання. Характерна особливість у ритмі росту та розвитку пагонів, на яку слід звернути особливу увагу – це інтенсивність росту. Дослідження вказують на тісний зв'язок фаз росту та розвитку пагонів з укорінюваністю живців, взятих із пагонів у відповідні фази росту. Це надає можливість ближче підійти до прогнозування результатів живцювання досліджуваних культиварів.

Висновки

Зроблено біоекологічне обґрунтування прискореного вегетативного розмноження декоративних культиварів видів роду *Berberis* L. Встановлено залежність прояву ризогенної здатності при стебловому живцюванні від біоритму певного культивару (строки та тривалість фаз онтогенезу, сезонні зміни в пагонах тощо), а також оптимальні для стеблового живцювання періоди росту пагонів. Застосування експериментально визначених прийомів прискореного розмноження досліджуваних культиварів надають можливості отримання садивного матеріалу та якісного поліпшення асортименту деревних рослин в озелененні промислового регіону новими високодекоративними кущовими рослинами.

Список літератури

1. Скалий Л. П. Размножение зелеными черенками различных видов барбариса в зависимости от их биологических особенностей // Изв. ТСХА. – 2004. – Вып. 2. – С. 82-92.
2. Малюгин И. Ю., Панов М. М., Рубцов А. Ф. Интродукция видов рода барбарис у Донецкому ботаничному саду АН УРСР // Интродукция та акліматизация рослин на Україні. – 1980. – Вып. 17. – С. 19-22.
3. Петрова И. П. Фенологические группы среднеазиатских деревьев и кустарников в Москве // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1964. – Вып. 53. – С. 3-10.
4. Плотникова Л. С. Методика фенологических наблюдений за интродуцированными древесными растениями // Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М.: Б.и., 1974. – С. 40-46.
5. Плотникова Л. С. Интродукция древесных растений Китайско-Японской флористической подобласти в Москве. – М.: Наука, 1971. – 135 с.
6. Плотникова Л. С. Программа наблюдений за общим и сезонным развитием древесных растений при их интродукции // Опыт интродукции древесных растений. – М.: Б.и., 1973. – С. 80-86.
7. Зайцев Г. Н. Фенология древесных растений. – М.: Наука, 1981. – 120 с.
8. Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР. – М.: Б.и., 1975. – 27 с.
9. Кормилицин А. М. Ботанико-географические закономерности в интродукции деревьев и кустарников СССР // 150 лет Гос. Никит. ботан. сада. – М.: Б.и., 1964. – С. 37-56.
10. Колісниченко О. М. Сезонні біоритми та зимостійкість деревних рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 176 с.
11. Тарасенко М. Т. Проблема вегетативного размножения в садоводстве // Изв. ТСХА. – 1987. – Вып. 6. – С. 122-136.
12. Ермаков Б. С. Размножение древесных и кустарниковых растений зеленым черенкованием. – Кишинев: Штиинца, 1981. – 122 с.
13. Крестникова А. Д. Рациональные приемы размножения и выращивания древесных интродуцентов // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1986. – Вып. 141. – С. 27-39.
14. Иванова З. Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. – К.: Наук. думка, 1982. – 288 с.
15. Довбиш Н. Ф., Хархота Л. В. Ризогенез стеблових живців у зв'язку з ритмами росту пагонів і фазами розвитку культиварів видів роду *Spiraea* L. у Донбасі // Промышленная ботаника. – 2007. – Вып.7. – С. 159-163.
16. Довбиш Н. Ф. Перспективы размножения стеблевыми черенками лиственных древесных растений, интродуцированных в Донбасс // Промышленная ботаника. – 2001. – Вып. 1. – С. 106-110.
17. Довбиш Н. Ф. Регенераційна здатність деяких деревних рослин // Укр. ботан. журн. – 2000. – Т. 57, № 2. – С. 201-206.
18. Комаров И. А. К методике учета сроков корнеобразования у летних черенков // Бюл. Гл. ботан. сада АН СССР. – 1968. – Вып. 70. – С. 79-81.

19. *Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні.* Ч. І. Довідник / М. А. Кохно, Л. І. Пархоменко, А. У. Зарубенко та ін.; За ред. М. А. Кохна. – К.: Фітосоціоцентр, 2002. – 448 с.

Довбыш Н. Ф., Хархота Л. В. Биоэкологические основы ускоренного размножения культиваров видов рода Berberis L. на юго-востоке Украины. – Приведены результаты исследований относительно биоэкологического обоснования ускоренного вегетативного размножения декоративных культиваров видов рода *Berberis L.* Установлено у исследованных культиваров зависимость проявления ризогенной способности при стеблевом черенковании от динамики роста и развития побегов. Определены оптимальные для стеблевого черенкования периоды роста и развития их побегов.

Ключевые слова: *Berberis L.*, культивары, рост и развитие побегов, размножение черенкованием.

Dovbysh N. F., Kharkhota L. V. Bioecological basis of the accelerated propagation of the Berberis L. species cultivars in the south-east of Ukraine. – The research results concerning bioecological grounding of the accelerated vegetative propagation of the ornamental *Berberis L.* species cultivars are given. Rhizogenous capacity of the studied cultivars in the course of stem cutting was found to be dependent on the growth and development dynamics of the shoots. The periods of the shoot growth and development, optimal for their stem cutting were determined.

Key words: *Berberis L.*, cultivars, growth and development of the shoots, propagation by cutting.

Ж. В. Ковалевская
ОБ УКОРЕНЕНИИ СТЕБЛЕВЫХ ЧЕРЕНКОВ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ
И КУЛЬТИВАРОВ ДРЕВЕСНЫХ РАСТЕНИЙ ЗАЩИЩЁННОГО ГРУНТА
НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ

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

Ковалевская Ж. В. Об укоренении стеблевых черенков некоторых древесных растений защищённого грунта на юго-востоке Украины. – Представлены результаты исследований по искусственному вегетативному размножению некоторых видов древесных растений защищённого грунта путём стеблевого черенкования. Приводятся данные о влиянии типа субстрата и действия стимуляторов корнеобразования на укореняемость черенков. Исследуемые виды разделены на группы в соответствии с их регенерационной способностью.

Ключевые слова: стеблевые черенки, укореняемость, физиологически активные вещества, регенерационная способность.

Введение

В последние годы значительно возрос интерес населения к внутреннему озеленению. Растения становятся неотъемлемым элементом современного дизайна помещений, поскольку их присутствие в интерьере значительно сглаживает строгость, однообразие и ощущение замкнутости пространства. Введение растений в интерьеры является фактором, обеспечивающим комфортность человека. Воздух закрытых помещений отличается по составу от нормальной атмосферы даже в случае поддержания его основных физико-химических характеристик – газового состава, температуры и влажности за счёт кондиционеров и увлажнителей. Он имеет резко сниженную биологическую активность, насыщен патогенной и условно патогенной микрофлорой. Со времени открытия Б. П. Токиным фитонцидов появилось много работ, посвящённых способности комнатных растений выделять летучие фитоорганические вещества, обладающие бактерицидным, бактериостатическим, фунгицидным действием в отношении патогенной и условно-патогенной для человека микрофлоры, то есть их способности оздоравливать воздух помещений [10, 12]. Помимо выполнения санитарно-гигиенических функций и благотворного влияния на нервную систему, растения в интерьере являются составной частью процесса формирования отношения человека к природе [3].

Одной из перспективных групп для фитодизайна являются древесные растения, которые можно использовать для зимних садов, в качестве солитерных растений, при формировании растений по типу бонсай, в композициях и в аранжировке.

К числу проблем, представляющих большой интерес для практического декоративного растениеводства, относится разработка эффективных методов размножения тропических и субтропических растений закрытого грунта. Одним из способов массового получения растительного материала является вегетативное размножение путём черенкования. Сейчас появляется много справочников, посвящённых содержанию и разведению растений в помещениях, но там, как правило, приводятся обобщённые данные о размножении растений [9]. Поэтому целью нашей работы было изучить корнеобразовательную способность и приёмы ускоренного размножения путём стеблевого черенкования некоторых древесных растений закрытого грунта в условиях юго-востока Украины.

Материал и методы исследований

Объектами работы были 10 видов тропических и субтропических древесных растений, представленные в коллекции фондовых оранжерей Донецкого ботанического сада НАН Украины: *Cupressus macrocarpa* Hartw., *Podocarpus macrophyllus* (Thunb.) D. Don, *P. neriifolius* D. Don, *Ilex aquifolium* L., *I. paraguariensis* St.-Hill., *Eugenia myrtifolia* Sims., *Acokanthera oppositifolia* (Lam.) Codd., *Psidium littorale* Raddi., *P. littorale* f. *lucidum* Pilip., *Feijoa sellowiana* Berg.

Черенкование проводили согласно общепринятым методикам [1, 5, 11], в условиях закрытого грунта с использованием туманной установки, с нерегулируемыми температурными условиями и освещённостью. Во время проведения эксперимента температура воздуха колебалась от 18 до 37°C, освещённость, в зависимости от погодных условий, составляла 11000-44000 лк, влажность воздуха – 84-97%, температура почвы – 19-27°C. То есть микроклиматические условия соответствовали норме и способствовали укоренению. Побеги черенковали в период интенсивного роста растений, поскольку в этот период они богаты меристематическими тканями, пластическими веществами и фитогормонами [4].

Основные критерии, по которым оценивали ризогенную способность черенков: процент укоренившихся черенков, биометрические показатели развития корневой системы (общая длина и количество корней). Для интенсификации процесса ризогенеза использовали физиологически активные вещества (ФАВ): спиртовые растворы индолилуксусной (ИУК) и индолилмасляной (ИМК) кислот в концентрации 2000 мг/л, водные растворы ИУК, ИМК, нафтилуксусной кислоты (НУК) в концентрациях 70, 100, 150 и 200 мг/л, водный раствор циркона в концентрации 1 мг/л. Экспозиция составляла 20 секунд при обработке спиртовым раствором стимуляторов и 5, 15 и 24 часа – при обработке водными растворами.

Мы исследовали влияние на корнеобразование черенков различных субстратов: торф + песок (1:1), торф + песок + перлит (3:1:1), гидрогель (полиакриламид и комплексное удобрение), в качестве контроля использовали песок.

Результаты и обсуждение

Большое значение для успешного укоренения черенков имеет субстрат, в который они высаживаются после срезки. Субстрат должен быть плотным, обладать хорошей аэрацией и высокой водоудерживающей способностью. Тщательный подбор субстрата особенно важен для трудноукореняющихся растений. Как показал эксперимент, лучшими для исследуемых видов и культиваров оказались торфяные субстраты, поскольку торф обладает большой адсорбирующей способностью, содержит запасы питательных веществ, положительно влияет на дифференциацию корневых зачатков у черенков многих растений, способствует развитию мощной корневой системы, что облегчает приживаемость черенков при пересадке. При использовании торфяных субстратов в два раза сокращается период укоренения, черенки, ещё находясь в грядке, начинают активный рост, значительно возрастают биометрические показатели их корневой системы (табл. 1).

Таблица 1

Укореняемость и развитие корневой системы черенков древесных растений защищённого грунта в зависимости от субстрата для укоренения

Вид	Показатели интенсивности ризогенеза	Субстраты		
		Песок	Торф + песок (1:1)	Торф + перлит + песок (3:1:1)
<i>Plex aquifolium</i> L.	укореняемость, %	40,2	56,3	62,5
	общая длина корней, см	39,87±0,8	202,32±0,6	250,58±6,5
<i>Eugenia myrtifolia</i> Sims.	укореняемость, %	9,1	28,2	40,0
	общая длина корней, см	0,93±0,02	21,8 ± 1,2	80,0±0,5
<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) D. Don	укореняемость, %	34,0	60,0	60,0
	общая длина корней, см	21,49±1,36	77,4±0,8	28,8±1,2
<i>P. neriifolius</i> D. Don	укореняемость, %	36,5	40,0	30,0
	общая длина корней, см	12,6±0,4	62,1±0,9	14,2±1,4
<i>Feijoa sellowiana</i> Berg.	укореняемость, %	35,0	10,0	22,0
	общая длина корней, см	88,23±0,3	52,6±2,0	63,3±1,6

Исключением оказались черенки *Feijoa sellowiana* для которых основным фактором, определяющим успех укоренения, является степень одревеснения побегов. Для удачного укоренения черенков этого вида необходимо использовать полуодревесневшие части побегов во время их активного роста. Отрицательный результат в этом варианте объясняется тем, что с возрастом в побегах *Feijoa sellowiana* между корой и флоэмной частью образуется сплошное кольцо толстостенных волокон, которое препятствует образованию придаточных корней [8].

Черенки, которые высаживали в гидрогель, в течение двух – трёх недель образовали каллус. Затем черенки *Eugenia myrtifolia*, *Feijoa sellowiana* *Plex paraguariensis* потеряли листья, черенки остальных видов оставались без изменений. Черенки оставались живыми в течение четырёх – шести месяцев, но затем погибли.

При исследовании ризогенеза стеблевых черенков названных видов под действием ФАВ было установлено, что практически во всех вариантах отмечалась положительная реакция на обработку стимуляторами корнеобразования, что выражалось в увеличении процента укоренённых черенков и увеличении их биометрических показателей (табл. 2).

Таблица 2

Укореняемость и развитие корневой системы черенков растений защищённого грунта в зависимости от действия стимуляторов

Вид	Стимулятор, экспозиция	Укореняемость, %	Общая длина корней, см	Количество корней, шт.
<i>Cupressus macrocarpa</i> Hartw.	Контроль	10,56	6,28±0,32	2,00±0,2
	ИМК, 5 ч.	24,24	12,15±0,6	12,00±2,6
	ИУК, 5 ч.	40,74	10,94±0,65	12,75±1,2
<i>Plex aquifolium</i> L.	Контроль	40,20	31,36±1,7	39,87±0,8
	ИМК, 20 с.	47,23	39,68±1,4	48,53±1,5
	ИУК, 20 с.	42,27	36,45±1,2	43,74±1,7
	ИМК, 5 ч.	48,46	79,75±0,6	66,58±0,8
	ИМК, 15 ч.	60,00	46,62±0,6	60,48±0,9
	ИУК, 15 ч.	56,36	68,79±0,4	74,06±1,4
	Циркон, 24 ч	66,66	44,46±1,1	41,87±1,4
<i>I. paraguariensis</i> St.-Hill.	Контроль	39,39	57,12±1,2	57,79±0,4
	ИМК, 15 ч.	41,39	85,64±0,3	82,30±0,4
	ИУК, 15 ч.	42,30	56,23±0,9	53,57±0,5
<i>Eugenia myrtifolia</i> Sims.	Контроль	9,09	0,93±0,02	12,00±0,8
	ИМК, 20 с.	15,15	42,65±0,12	112,70±2,6
	ИУК, 20 с.	10,12	1,60±0,23	1,00±2,4
	ИУК, 15 ч.	20,00	17,36±1,2	26,00±0,8
	Корневин	30,00	22,23±0,8	54,75±0,9
	Циркон, 24 ч.	10,00	3,03±0,6	2,00±1,2
<i>Feijoa sellowiana</i> Berg.	Контроль	10,00	136,90±0,11	154,00±1,2
	ИУК, 15 ч.	20,00	129,60±2,1	190,00±0,8
	ИМК, 15 ч.	10,00	101,00±2,6	117,00±0,6
<i>Podocarpus macrophyllus</i> (Thunb.) D. Don	Контроль	16,6	15,6±1,2	21,4±2,2
	ИМК, 15 ч.	31,5	36,91±0,8	20,16±1,6
	ИУК, 15 ч.	35,7	40,45±0,8	26,87±1,8
	Корневин	30,4	34,3±1,4	20,05±2,6
<i>P. neriifolius</i> D. Don	Контроль	55,8	31,99±2,2	11,8±2,2
	ИМК, 20 с.	75,0	37,0±0,6	17,0±0,4
	ИМК, 15 ч.	64,4	46,43±1,2	18,47±1,4
	ИУК, 15 ч.	67,2	61,33±0,9	19,83±1,2
	ИМК, 5 ч.	87,5	44,14±0,8	14,6±1,4
	ИУК, 5 ч.	73,3	73,33±1,4	18,5±1,2
	Корневин	53,6	57,27±2,4	20,9±2,6

Как видно из табл. 2, укореняемость черенков *Cupressus macrocarpa* очень невысокая (10,56%). Обработка стимуляторами увеличила процент укоренения во всех вариантах. Наиболее эффективным стимулятором для этого вида оказался водный раствор ИУК (150 мг/л) с экспозицией 5 ч.

Черенки *Ilex aquifolium* в контроле показали посредственную ризогенную способность (40,20%). Обработка стимуляторами позволила увеличить процент укоренения во всех вариантах и значительно повысила биометрические показатели развития корневой системы укоренённых черенков. Лучшие результаты по укоренению были получены при обработке черенков водными растворами циркона и ИМК (100 мг/л). Наименьшее влияние на процесс ризогенеза черенков оказал спиртовой раствор ИУК.

Обработка черенков *I. paraguariensis* стимуляторами корнеобразования не оказала значительного влияния на процесс их укоренения. Но при обработке водным раствором ИУК (100 мг/л) у черенков этого вида значительно увеличились биометрические показатели, что способствует приживаемости высаженных черенков.

Черенки *Eugenia myrtifolia* в контроле показали низкий процент укоренения (9,09%). Этот показатель удалось значительно увеличить при обработке водным раствором ИУК (100 мг/л) (20%) и корневином (30%). Здесь также во всех вариантах обработка ФАВ позволила увеличить биометрические показатели развития корневой системы укоренённых черенков.

Черенки *Feijoa sellowiana* показали низкую корнеобразовательную способность (10%). Процент укоренения был выше при обработке водным раствором ИУК (150 мг/л) и составил 20%. И в контрольном варианте, и при обработке ФАВ у черенков этого вида наблюдались очень высокие показатели развития корневой системы черенков.

Также положительную реакцию на обработку ФАВ имели черенки *Podocarpus macrophyllus*. Для данного вида лучший результат был получен при обработке их водным раствором ИМК (100 мг/л).

Черенки *P. nerifolius* дали в контроле 55,8% укоренённых черенков. Обработка стимуляторами значительно увеличила процент укоренения практически во всех случаях (исключением оказался корневин, обработкой которым снизила процент укоренения). Лучший результат дала обработка черенков водным раствором ИМК (150 мг/л), в этом варианте укореняемость составила 87,5%. Во всех вариантах наблюдалось увеличение биометрических показателей укоренённых черенков.

Представители рода *Psidium* L. в данных вариантах проявили очень низкую корнеобразовательную способность. У них к укоренению способны только небольшие полуодревесневшие участки из середины побегов, зелёные и одревесневшие части побегов не формировали придаточных корней ни в одном варианте. При размножении их путём стеблевого черенкования отмечен очень незначительный выход растительного материала. Согласно литературным данным [3] и нашим исследованиям [6], они хорошо размножаются семенным путём. Поэтому можно отметить, что для представителей рода *Psidium* можно рекомендовать семенной способ размножения как основной, в связи с очень низкой корнеобразовательной способностью стеблевых черенков. Также низкой ризогенной способностью в наших исследованиях характеризуются черенки *Acokanthera oppositifolia*, у которой происходит укоренение только одиночных черенков. Процесс корнеобразования у черенков *Acokanthera oppositifolia* очень длительный, от 6 месяцев до 1 года. Это растение в условиях юго-востока Украины ежегодно образует плоды и всхожие семена, для него также можно рекомендовать семенное размножение в качестве основного пути получения растительного материала [7].

Проведенные исследования о корнеобразовании черенков древесных растений защищённого грунта дают возможность сделать вывод о различной ризогенной способности стеблевых черенков изученных видов и культиваров. Исследуемые виды можно разделить на группы согласно модифицированной шкале Билык [1, 2].

1. Первая группа включает растения с высокой ризогенной способностью: укореняемость $\geq 70\%$. Из исследуемых нами видов ни одно растение не может быть отнесено к этой группе.

2. Ко второй группе относят растения с относительно высокой ризогенной способностью: укореняемость 30-70%. К этой группе можно отнести *Ilex aquifolium*, *I. paraguariensis*, *Podocarpus neriifolius*.

3. К третьей группе относят виды, которые проявляют низкую или посредственную ризогенную способность, их укореняемость до 30%. К этой группе относятся *Cupressus macrocarpa*, *Eugenia myrtifolia*, *Feijoa sellowiana*, *Podocarpus macrophyllus*.

4. Четвёртая группа включает виды с низкой ризогенной способностью. Это такие виды, как *Acokanthera oppositifolia*, *Psidium littorale* Raddi., *P. littorale* f. *lucidum*.

Выводы

1. Ни один из исследуемых видов нельзя отнести к группе с высокой ризогенной способностью.

2. ФАВ стимулируют потенциальную способность растений к ризогенезу, улучшают развитие корневой системы.

3. Для повышения укореняемости исследуемых видов древесных растений защищённого грунта в качестве субстрата для укоренения лучше использовать торф в смеси с песком либо торф в смеси с песком и перлитом.

Список литературы

1. Билык Е. В. Размножение древесных растений стеблевыми черенками и прививкой. – К.: Наук. думка, 1993. – С. 92.

2. Глухов О. З., Довбиш Н. Ф. Прискорене розмноження малопоширених деревних листяних рослин на південному сході України. – Донецьк: ТОВ "Лебідь", 2003. – 162 с.

3. Горницькая И. П., Ткачук Л. П. Каталог растений для работ по фитодизайну. – Донецк: ООО "Лебедь", 2005. – 234 с.

4. Дубровицкая Н. И. Рост побегов и укоренение их черенков у вишни в зависимости от возраста // Бюл. Главн. Ботан. сада. – 1950. – Вып. 6. – С. 38-48.

5. Иванова З. Я. Биологические основы и приёмы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. – К.: Наук. думка, 1982. – 288 с.

6. Ковалевська Ж. В. Насіннєве розмноження деяких представників роду *Psidium* L. // Мат. Міжнар. конф. молодих учених-ботаніків "Актуальні проблеми ботаніки та екології" (м. Київ, 17-20 вересня 2007 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – С. 98-99.

7. Ковалевська Ж. В. Семенное размножение *Acokanthera oppositifolia* (Lam.) Codd. (Аросупасеае Juss.) в условиях защищённого грунта на юго-востоке Украины // Матер. II наук.-практ. конф. "Досягнення та проблеми інтродукції рослин в степовій зоні України" (м. Нова Каховка, 18-20 жовтня 2007 р.). – Нова Каховка, 2007. – С. 62-63.

8. Кулиев Ф. А. оглы. Фейхоа. – Баку: Азернешр, 1985. – 138 с.

9. Степура А. В. Домашнее декоративное цветоводство. Современная энциклопедия: 5000 ценных советов профессионалов. – Донецк: ООО ПКФ "БАО", 2006. – 384 с.

10. Тульчинская В. П., Юргейлайтис Н. Г. Растения против микробов. – К.: Урожай, 1987. – 96 с.

11. Турецкая Р. Х. Физиология корнеобразования у черенков и стимуляторы роста. – М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 280 с.

12. Цыбуля Н. В., Казаринова Н. В. Фитодизайн как метод улучшения среды обитания человека // Растительные ресурсы. – 1998. – Вып. 3. – С. 112-129.

Ковалевська Ж. В. Про вкорінення стеблових живців деяких деревних рослин захищеного ґрунту на південному сході України. – Надано результати досліджень зі штучного вегетативного розмноження деяких видів деревних рослин захищеного ґрунту шляхом стеблового живцювання. Наводяться дані про вплив типу субстрату та дії стимуляторів коренеутворення на вкорінюваність живців. Досліджувані види поділені на групи згідно з їх регенераційною здатністю.

Ключові слова: стеблові живці, вкорінюваність, фізіологічно активні речовини, регенераційна здатність.

Kovalevskaya Zh. V. About root striking of pedicellate cuttings of some greenhouse tree plants on Southern East of Ukraine. – Results of investigations of artificial vegetative propagation of some greenhouse tree plants by pedicellate cuttings are presented. Information about ground type and rootformation stimulants influences on striking root are produced. Investigated species are divided into groups for there regeneration ability.

Key words: pedicellate cuttings, rootformation, physiologically active substances, regeneration ability.

Н. Ю. Любущенко

**МОРФОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕМЯН СИНАНТРОПНЫХ ВИДОВ
РОДА *LEPIDIUM* L. НА ЮГО-ВОСТОКЕ УКРАИНЫ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

e-mail: Lubyschenkonata@mail.ru

*Любущенко Н. Ю. Морфобиологические особенности семян синантропных видов рода *Lepidium* L. на юго-востоке Украины. – Изучены морфометрические параметры семян 4 видов рода *Lepidium* L., произрастающих на территории юго-востока Украины. С целью изучения влияния антропогенного фактора на изменчивость количественных признаков семян исследуемых видов. Проведено сравнение изменения линейных параметров семян, их массы, всхожести, энергии прорастания.*

Ключевые слова: изменчивость, всхожесть, энергия прорастания, *Lepidium* L.

Введение

Территория юго-востока Украины отличается высокой степенью синантропизации растительного покрова, вызванной высоким уровнем развития промышленности, транспорта, сельского хозяйства [1]. Поэтому синантропная флора, развивающаяся адекватно происходящим изменениям, возникающим вследствие сложного взаимодействия различных факторов, может дать ценный материал для выяснения направленности изменений окружающей среды под влиянием антропогенного прессинга [7].

Целью данной работы является изучение энергии прорастания и всхожести семян некоторых видов рода *Lepidium* L., а также изменчивости морфометрических показателей семян в зависимости от условий произрастания.

Материалы и методы исследований

Объектами наших исследований были 4 вида рода *Lepidium*, а именно: *L. campestre* (L.) R. Br., *L. ruderale* L., *L. densiflorum* Schrad, *L. perfoliatum* L.

Сбор образцов видов растений для морфобиологического изучения семян осуществляли в следующих экотопах [2] юго-востока Украины: селитебные экотопы (Донецкая обл., пгт. Великая Новоселовка, возле жилых домов; Донецкая обл., Амвросиевский р-н, пос. Успенка, у жилья; Донецкая обл., пос. Моспино, возле жилых домов), культурфитоценозы (древостой – Велико-Анадольский лес; г. Донецк, Путиловский парк, парк им. Ленинского комсомола; агрофитоценозы однолетних культур – Донецкая обл., пгт. Кутейниково, огород), экотопы автодорог (Донецкая обл., г. Мариуполь; Донецкая обл., г. Авдеевка), экотопы железных дорог (участок железной дороги "Донецк – Ясиноватая"; Донецкая обл., пос. Дроновка), промплощадки предприятий (г. Донецк, металлургический завод; Донецкая обл., г. Макеевка, ОАО "Макеевский металлургический завод им. Кирова"; Донецкая обл., г. Авдеевка, коксохимический завод), экотопы с полностью преобразованными эдафотопами (г. Донецк, отвалы шахты "Бутовка-Донецкая", отвалы шахты им. Горького, террикон шахты им. Кирова).

Количественные морфологические признаки семян (длина, ширина семени) и их посевные качества (массу 1000 семян, всхожесть, энергию прорастания) определяли по общепринятым методикам [4]. Статистическую обработку результатов исследований проводили по общепринятым в биометрии методам [5] и с помощью прикладных программ Excel.

Результаты исследований и их обсуждение

Далее приводим результаты изучения морфобиологических признаков семян 4 исследуемых видов рода *Lepidium*.

Изучаемые виды рода *Lepidium* – однолетние или двулетние травянистые растения, относятся к семейству Brassicaceae Burnett. Цветут с мая по июль, семена созревают с мая по август. Данные виды, согласно классификации Р. Е. Левиной, по способу распространения

семян относятся к группе баллистов. В эту категорию входят растения, обладающие приспособлениями, препятствующими самопроизвольному осыпанию семян, рассеивание которых становится возможным лишь при раскачивании стеблей, цветоносов и цветоножек [6].

Исследуемые виды встречаются повсеместно на территории юго-востока Украины, преимущественно на нарушенных землях, по склонам, вдоль дорог, на полях, на пустырях, на железнодорожных насыпях, у жилья.

Семена *L. campestre* обратно-яйцевидные или овальные, выполенные, основание слегка заостренное. Поверхность грубошероховатая или матовая. Окраска темно-коричневая с густо-вишневым оттенком. Размеры по литературным данным равны: длина 2-2,5 мм, ширина 1,25-1,5 мм, вес 1000 семян около 1,5 г. Одно растение образует 200-600 хорошо прорастающих семян [3].

Изучение морфологических параметров семян вида *L. campestre* показало незначительные их различия. Наименьшие показатели длины и ширины семени были отмечены у выборок № 1 и 2. Масса оказалась более варибельным признаком и была значительно снижена для выборки собранной на территории Авдеевского коксохимического завода ($1,27 \pm 0,02$ г). Также выборка № 2 характеризовалась снижением энергии прорастания ($64,50 \pm 1,37\%$) и всхожести семян ($84,25 \pm 2,88\%$) (табл. 1).

Таблица 1

Морфологические и качественные признаки семян вида *Lepidium campestre* (L.) R. Br. на юго-востоке Украины

Местообитание*	Морфометрические параметры				Масса 1000 семян, г M±m	P, %	Энергия прорастания, % M±m	P, %	Всхожесть, % M±m	P, %
	Длина семени, мм M±m**	P, %***	Ширина семени, мм M±m	P, %						
1	2,10±0,02	0,86±0,11	0,98±0,02	2,03±0,27	1,27±0,02	1,54±0,39	70,25±1,52	2,16±0,77	89,00±1,28	1,44±0,51
2	2,07±0,01	0,63±0,08	0,96±0,02	1,87±0,24	1,85±0,05	2,57±0,65	64,50±1,37	2,13±0,75	84,25±2,88	3,42±1,22
3	2,31±0,01	0,45±0,06	1,01±0,01	0,51±0,07	1,89±0,04	2,33±0,58	72,75±1,19	1,64±0,58	97,00±0,47	0,49±0,17
4	2,41±0,01	0,40±0,05	1,12±0,01	0,54±0,07	1,91±0,05	2,46±0,62	80,00±2,16	2,70±0,96	92,50±1,67	1,80±0,64
5	2,37±0,01	0,47±0,06	1,13±0,01	1,11±0,14	1,87±0,03	1,60±0,40	81,50±2,13	2,62±0,93	97,50±0,58	0,59±0,21

Примечания:

1. * 1 – Донецкая обл., г. Авдеевка, коксохимический завод; 2 – г. Донецк, отвалы шахты "Бутовка-Донецкая"; 3 – г. Донецк, парк им. Ленинского комсомола; 4 – Донецкая обл., пгт. Великая Новоселовка, возле жилых домов; 5 – Велико-Анадольский лес;

2. ** M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего арифметического (здесь и в табл. 2-4);

3. *** P – показатель точности опыта (здесь и в табл. 2-4).

Для вида *L. ruderale* характерна овально-складчатая форма семени. Семена значительно сдавленные, с одной стороны почти плоские, с противоположной – слегка выпуклые, к основанию суженные. Поверхность мелкоточечная, матовая. Окраска желтовато-бурая или светло-коричневая. Согласно литературным данным длина семени составляет 1,25-1,5 мм, ширина 0,75 мм, вес 1000 семян 0,25-0,5 г. Одно растение может образовывать до 1500 хорошо прорастающих семян [3].

Линейные параметры у вида *L. ruderale* в зависимости от места произрастания практически не изменяются. У выборки № 1 (г. Донецк, металлургический завод) отмечается незначительное снижение массы семян, которая составляет $0,24 \pm 0,01$ г. Также у данной выборки наблюдается незначительное снижение посевных качеств по сравнению с другими выборками данного вида (табл. 2).

Таблица 2

**Морфологические и качественные признаки семян вида *Lepidium ruderales* L.
на юго-востоке Украины**

Местообитание*	Морфометрические параметры				Масса 1000 семян, г M±m	P, %	Энергия прорастания, % M±m	P, %	Всхожесть, % M±m	P, %
	Длина семени, мм M±m	P, %	Ширина семени, мм M±m	P, %						
1	1,18±0,02	1,43±0,19	0,54±0,01	1,69±0,22	0,24±0,01	2,68±0,67	67,00±1,70	2,54±0,90	84,00±2,31	2,75±0,97
2	1,23±0,01	0,64±0,08	0,59±0,01	1,78±0,23	0,37±0,01	2,09±0,53	69,75±0,99	1,41±0,50	94,50±2,24	2,37±0,84
3	1,20±0,01	0,53±0,07	0,56±0,01	1,81±0,24	0,42±0,01	2,91±0,73	71,25±2,33	1,67±0,59	93,75±0,73	0,77±0,27
4	1,25±0,01	0,60±0,08	0,61±0,01	1,70±0,22	0,43±0,01	2,93±0,74	73,75±1,79	2,42±0,86	91,50±1,20	1,31±0,46
5	1,21±0,01	0,47±0,06	0,57±0,01	2,04±0,27	0,40±0,01	1,88±0,47	75,25±1,44	1,92±0,68	92,00±0,67	0,72±0,26

Примечание. * 1 – г. Донецк, металлургический завод; 2 – Донецкая обл., г. Мариуполь, вдоль автодороги; 3 – Донецкая обл., Амвросиевский р-н, пгт. Кутейниково, огород; 4 – г. Донецк, Путиловский парк; 5 – Донецкая обл., Славянский р-н, национальный природный парк "Святые горы".

У вида *L. densiflorum* семена эллиптические, сдавленные, поверхность гладкая. Окраска семян от светло-коричневой до красновато-бурой. Размеры семени согласно литературным данным равны: длина 1,35 мм, ширина 0,6-0,7 мм [8].

Анализ морфометрических параметров *L. densiflorum* не выявил значительной изменчивости среди 5 исследуемых выборок. При сравнении посевных качеств у выборки № 1 (Макеевский металлургический завод им. Кирова) наблюдалось снижение изучаемых параметров (табл. 3).

Таблица 3

**Морфологические и качественные признаки семян вида *Lepidium densiflorum* Schrad.
на юго-востоке Украины**

Местообитание*	Морфометрические параметры				Масса 1000 семян, г M±m	P, %	Энергия прорастания, % M±m	P, %	Всхожесть, % M±m	P, %
	Длина семени, мм M±m	P, %	Ширина семени, мм M±m	P, %						
1	1,20±0,01	0,63±0,08	0,62±0,02	2,38±0,31	0,26±0,01	2,31±0,58	68,00±1,63	2,40±0,85	89,75±2,18	2,43±0,86
2	1,21±0,01	0,70±0,09	0,60±0,01	2,27±0,30	0,28±0,01	2,01±0,50	73,00±1,49	2,04±0,72	90,75±1,96	2,17±0,77
3	1,24±0,01	1,05±0,14	0,64±0,01	1,56±0,20	0,38±0,01	2,23±0,53	74,25±1,28	1,72±0,61	93,00±0,82	0,88±0,31
4	1,26±0,01	0,77±0,10	0,67±0,01	1,76±0,23	0,41±0,01	1,96±0,49	77,25±2,18	2,82±1,00	95,25±0,55	0,58±0,21
5	1,23±0,01	0,83±0,11	0,65±0,01	2,16±0,28	0,36±0,01	1,98±0,50	78,00±1,70	2,18±0,77	92,50±1,97	2,13±0,76

Примечание. * 1 – Донецкая обл., г. Макеевка, ОАО "Макеевский металлургический завод им. Кирова"; 2 – г. Донецк, террикон шахты им. Кирова; 3 – участок железной дороги "Донецк – Ясиноватая"; 4 – Донецкая обл., пос. Дроновка, вдоль железнодорожного полотна; 5 – Донецкая обл., Амвросиевский р-н, пос. Успенка, у жилья.

Для *L. perfoliatum* характерны овальные, сплюснутые семена, с почти гладкой поверхностью и светло-коричневой окраской. Морфологические параметры составляют длина 1,75-2 мм, ширина 1,1-1,25 мм [8]. При сравнении параметров у 3 выборок вида *L. perfoliatum* было выявлено незначительное уменьшение показателей "длина и ширина семени", а также "масса 1000 семян" для выборки № 1, растения которой произрастали на отвалах шахты им. Горького (табл. 4).

**Морфологічні та якісні ознаки насіння виду *Lepidium perfoliatum* L.
на південно-сході України**

Местообитание*	Морфометрические параметры				Масса 1000 семян, г M±m	P, %	Энергия прорастания, % M±m	P, %	Всхожесть, % M±m	P, %
	Длина семени, мм M±m	P, %	Ширина семени, мм M±m	P, %						
1	1,14±0,02	1,61±0,21	0,62±0,01	1,49±0,19	0,22±0,01	2,66±0,67	82,25±1,79	2,17±0,77	3,00±1,63	1,76±0,62
2	1,22±0,01	0,86±0,11	0,66±0,01	1,68±0,22	0,26±0,02	2,56±0,64	80,75±1,52	1,88±0,67	2,50±1,20	1,30±0,46
3	1,19±0,02	1,27±0,17	0,67±0,01	1,77±0,23	0,28±0,01	2,85±0,72	83,00±1,70	2,05±0,73	5,00±0,82	0,86±0,30

Примечание. * 1 – г. Донецк, отвалы шахты им. Горького; 2 – Донецкая обл., г. Авдеевка, вдоль автодороги; 3 – Донецкая обл., пос. Моспино, возле жилых домов.

Выводы

Изучение морфобиологических особенностей семян растений, собранных из различных местообитаний, как техногенного, так и нетехногенного характера позволяет оценить адаптационные процессы исследуемых видов.

В результате проведенных исследований установлено, что для изучаемых видов рода *Lepidium* характерно незначительное изменение морфобиологических параметров семян. Это в свою очередь свидетельствует о том, что изучаемые виды обладают высокими адаптационными способностями к различным условиям произрастания и способны сохранять высокие репродуктивные качества, даже в условиях сильной антропогенной нагрузки.

Список литературы

1. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Бурда Р. И. Анотований список флори промислових міст на Південному сході України. – Донецьк: Б.в., 1997. – 49 с.
3. Доброхотов В. Н. Семена сорных растений. – М.: Сельхозиздат, 1961. – 414 с.
4. Емельянов Н. П. Международные правила определения качества семян. – М.: Колос, 1969. – 184 с.
5. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике. – М.: Наука, 1984. – 424 с.
6. Левина Р. Е. Способы распространения плодов семян. – М.: Изд-во Московского ун-та, 1957. – 358 с.
7. Протопопова В. В. Синантропная флора Украины и пути ее развития. – К.: Наук. думка, 1991. – 204 с.
8. Котов М. И. Флора УРСР. – К.: Вид-во АН УРСР, 1953. – Т. 5. – С. 393-404.

*Любушенко Н. Ю. Біоморфологічні особливості насіння синантропних видів роду *Lepidium* L. на південному сході України. – Вивчено морфометричні показники насіння 4 видів роду *Lepidium* L., які зростають на території південного сходу України. З метою вивчення впливу антропогенного чинника на мінливість кількісних ознак насіння досліджуваних видів. Здійснено порівняння мінливості лінійних ознак насіння, їх ваги, схожості та енергії проростання.*

Ключові слова: мінливість, схожість, енергія проростання, *Lepidium* L.

*Lyubushenko N. Yu. Biomorphological peculiarities of the seeds of the synanthropic species of the genus *Lepidium* L. in the south-east of Ukraine. – The article provides a study of morphological parameters of seeds of the 4 synanthropic species of the genus *Lepidium* L. in the south-east of Ukraine. The aim is to study influence of anthropogenous factor on the variability of quantitative attributes of seeds of the following species. Variation of linear parameters of seeds, their mass, germination capacity, growing energy has been compared.*

Key words: variability, germination, germinating power, *Lepidium* L.

А. В. Машталер, Д. В. Задорожная
ИЗМЕНЕНИЕ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ТРАНСПЛАНТАТОВ
МХОВ КАК ИНДИКАТОР ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА
ПРОМЫШЛЕННОГО РЕГИОНА

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: mashtaler_alex@mail.ru, zadorozhnaja_d@mail.ru

Машталер А. В., Задорожная Д. В. Изменение морфометрических показателей трансплантатов мхов как индикатор загрязнения атмосферного воздуха промышленного региона. – Установлено, что изменение морфометрических показателей трансплантатов мхов находится в прямой зависимости от степени загрязнения атмосферного воздуха. Выделены чувствительные виды мхов (*Leptodictium riparium* Hedw. Warnst. (= *Amblystegium riparium* Bryol. eur.) *Ortotrichum fallax* Bruch.), которые могут быть использованы в биоиндикационных исследованиях.

Ключевые слова: мхи, трансплантация, морфометрические показатели, антропогенная нагрузка.

Введение

В настоящее время большое количество научных исследований как в Украине, так и во всем мире, посвящается вопросу всесторонней оценки состояния окружающей среды. Для составления комплексной характеристики состояния изучаемой территории необходимо сопоставление результатов исследований с применением различных индикаторных организмов. В качестве последних чаще всего используются некоторые виды высших растений, лишайники, а также некоторые виды беспозвоночных животных. Одними из наиболее эффективных индикаторов загрязнения окружающей среды являются эпифитные моховидные [3, 7-10, 14, 15]. Они одними из первых реагируют на превышение концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе. Изучение таких реакций эпифитных моховидных может стать дополнением к существующим биоиндикационным исследованиям на юго-востоке Украины.

На территории Донецкой области комплексные исследования моховидных как индикаторных организмов начались сравнительно недавно [2, 8, 9], а исследование с применением методики трансплантации проводится впервые.

Целью данной работы является установление зависимости между изменениями морфометрических показателей трансплантатов мхов и степенью загрязнения окружающей среды газообразными выбросами промышленного предприятия, а также выделение наиболее чувствительных к загрязнению окружающей среды видов мхов среди объектов исследования.

Материал и методы исследований

Исследование проводили на территории г. Макеевки (Донецкая область), где сосредоточено большое количество промышленных предприятий [5]. Одним из основных источников загрязнения атмосферного воздуха города является Макеевский металлургический комбинат (ММК) – самое первое предприятие Украины, основанное в 1899 году. Именно относительно этого предприятия нами были выбраны зоны трансплантации дерновинок мхов.

Объектами трансплантации, согласно требованиям фитоиндикационных исследований [4, 11], были выбраны три вида эпифитных мохообразных: бокоплодные виды *Leskea polycarpa* Hedw. и *Leptodictium riparium* (Hedw. Warnst.) (= *Amblystegium riparium* Bryol. eur.) и верхлодный вид *Ortotrichum fallax* Bruch. Данные виды являются достаточно распространенными на территории г. Макеевки и в благоприятных условиях образуют сравнительно большие площади обрастания как на живых, так и на погибших деревьях.

Сбор растительного материала был произведен в июле 2007 г. в условно чистой зоне г. Макеевки. Контрольная зона расположена на расстоянии 5,5 км в восточном направлении от ММК. Выбор данной лесопосадки в качестве зоны контроля обусловлен расположением

ее в наветренном районе от предприятия, а также обилием накипных лишайников на стволах деревьев, что является индикаторным признаком чистоты атмосферного воздуха. В контрольной зоне были выбраны деревья (как растущие, так и мертвые), стволы которых от поверхности земли до высоты 0,5-1,5 м обильно поросли мхом. Был собран верхний слой коры, с расположенными на нем дерновинками мхов, которые образуют наиболее обильные площади обрастания. Дерновинки вместе с корой были трансплантированы в выбранных зонах. Определение образцов мхов проводили при помощи определителей [1, 6] в лабораторных условиях.

Методика трансплантации дерновинок мхов на основе литературных данных [15] была несколько модифицирована для условий юго-востока Украины, однако общее содержание метода было сохранено. Трансплантация была осуществлена в июле 2007 г. Прикрепление трансплантатов производилось в каждой зоне на стволах двух деревьев вида *A. negundo* на средней высоте, равной двум метрам. Выбор высоты объясняется оседанием в приземном слое атмосферы большинства вредных примесей, выбрасываемых предприятием.

Дерновинки мхов были помещены в следующих зонах г. Макеевки:

Зона 1. ЦПКиО им. 50-летия Октября. Расстояние от источника загрязнения (ММК) – 1,3 км. Парк представляет собой массив искусственных насаждений в комплексе с естественной растительностью и подвергается большой рекреационной нагрузке в весенне-летний период.

Зона 2. Территория, расположенная непосредственно в 5-50 м от границы ММК (с восточной стороны), то есть – в санитарно-защитной зоне предприятия.

Зона 3. Зона в западном направлении от ММК на расстоянии 2,4 км. Представляет собой массив искусственных древесных насаждений в комплексе с естественной растительностью (густой подлесок, кустарники и травянистая растительность).

Результаты и обсуждение

Через три месяца после закладки эксперимента в каждой зоне трансплантации нами были произведены визуальные наблюдения за состоянием трансплантатов. Морфологические изменения гаметофитов мхов проявились как в некротировании верхушек листовых пластинок (у *L. riparium*), так и в их побурении (*O. fallax*). Такие изменения произошли только в Зонах 2 (в наибольшей степени) и 3. В Зоне 1 трансплантаты остались практически без изменений. Это может быть обусловлено расположением парка в подветренной зоне от ММК. Характерно, что некроз листовых пластинок наблюдался в большей степени у гаметофитов, расположенных по периферии дерновинок. Это объясняется повышенной площадью контакта этих гаметофитов с атмосферным воздухом, по сравнению с гаметофитами, расположенными в центре [14].

Параллельно с проведением визуальных наблюдений были отобраны образцы каждого вида мха для анализа их в лабораторных условиях. Согласно общепринятой методике [12] у всех образцов были измерены длина и ширина листовой пластинки. Для измерения длины коробочки спорогона был выбран вид мха *O. fallax*, т. к. только у него были обнаружены спорогоны в количестве, достаточном для проведения анализа. У трансплантатов остальных видов спорогоны были одиночными или отсутствовали. Количество исследованных листовых пластинок, а также коробочек спорогона составило 20 для каждого вида мха в трехкратной повторности в каждой зоне трансплантации, причем отобраны они были с нескольких гаметофитов мхов. Полученные данные были обработаны при помощи пакета прикладных программ Statistica 6.0, Excel for Windows, уровень достоверности – 0,95% ($P < 0,05$).

Результаты измерений длины листовой пластинки трансплантатов мхов приведены в табл. 1. Из таблицы видно, что максимальная длина листовой пластинки каждого вида мха была зарегистрирована в Зоне 1: $0,75 \pm 0,03$ мм у *L. polycarpa*; $3,00 \pm 0,08$ мм у *O. fallax* и $1,23 \pm 0,03$ мм у *L. riparium*. Эти показания практически совпали с показаниями в контрольной зоне: $0,80 \pm 0,02$ мм, $3,00 \pm 0,02$ мм и $1,26 \pm 0,01$ мм соответственно. Минимальные значения

были зарегистрированы как в Зоне 2 ($2,15 \pm 0,07$ мм у *O. fallax* и $0,83 \pm 0,03$ мм у *L. riparium*), так и в Зоне 3 ($0,56 \pm 0,01$ мм у *L. polycarpa*). То есть, достоверных различий между показателями в Зонах 2 и 3 получить не удалось.

Таблица 1

Показатели изменения длины листовой пластинки мхов-трансплантатов, мм

Вид мха	Зона трансплантации	Участок трансплантации	max	min	$N \pm m$
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw	Зона 1	1	1,00	0,53	$0,75 \pm 0,03$
		2	0,89	0,51	$0,71 \pm 0,03$
	Зона 2	1	0,79	0,45	$0,60 \pm 0,02$
		2	0,70	0,51	$0,60 \pm 0,01$
	Зона 3	1	0,70	0,67	$0,57 \pm 0,01$
		2	0,51	0,49	$0,56 \pm 0,01$
	Контроль		0,91	0,41	$0,80 \pm 0,02$
<i>Ortotrichum fallax</i> Bruch	Зона 1	1	3,20	2,50	$2,86 \pm 0,05$
		2	3,60	2,50	$3,00 \pm 0,08$
	Зона 2	1	2,80	1,70	$2,15 \pm 0,07$
		2	2,80	1,70	$2,21 \pm 0,06$
	Зона 3	1	3,00	2,10	$2,54 \pm 0,06$
		2	2,80	1,80	$2,17 \pm 0,06$
	Контроль		3,20	2,90	$3,00 \pm 0,02$
<i>Leptodictium riparium</i> (Hedw. Warnst.)	Зона 1	1	1,48	0,98	$1,23 \pm 0,03$
		2	1,18	0,85	$1,02 \pm 0,02$
	Зона 2	1	1,34	0,95	$1,11 \pm 0,03$
		2	1,09	0,63	$0,83 \pm 0,03$
	Зона 3	1	0,98	0,74	$0,86 \pm 0,02$
		2	1,21	0,84	$1,01 \pm 0,02$
	Контроль		1,35	1,18	$1,26 \pm 0,01$

Примечание. max – максимальное значение показателя, min – минимальное значение показателя, N – среднее значение, m – ошибка среднего.

В табл. 2 отображены результаты измерения ширины листовой пластинки гаметофитов трансплантатов мхов. Аналогично длине листовой пластинки, максимальной шириной ее оказалась в Зоне 1 для всех видов мхов (в мм): $0,30 \pm 0,02$ у *L. polycarpa*, $0,88 \pm 0,04$ у *O. fallax*; $0,39 \pm 0,01$ у *L. riparium*. Проанализировав данные параметры, можно сказать, что они приближаются к соответствующим данным, полученным в контрольной зоне: $0,37 \pm 0,005$ для *L. polycarpa* и $0,90 \pm 0,03$ для *O. fallax*. Показания ширины листовой пластинки *L. riparium* в Зоне 1 даже превзошли данные, полученные в контрольной зоне ($0,30 \pm 0,01$). Это может быть связано с нахождением дерновин мхов в сравнительно благоприятных для них условиях произрастания. Были зарегистрированы следующие минимальные значения $0,22 \pm 0,01$ у *L. polycarpa* (Зона 2), $0,53 \pm 0,02$ у *O. fallax* (Зона 3) и $0,26 \pm 0,00$ у *L. riparium* (Зона 3). Такие низкие показатели длины и ширины листовой пластинки в Зонах 2 и 3 могут быть объяснены расположением этих зон на небольшом расстоянии от ориентировочного источника загрязнения атмосферного воздуха и большей степенью воздействия поллютантов на процесс роста листовых пластинок.

Показатели изменения ширины листовой пластинки мхов-трансплантатов, мм

Вид мха	Зона трансплантации	Участок трансплантации	max	min	$N \pm m$
<i>Leskea polycarpa</i> Hedw	Зона 1	1	0,41	0,17	$0,30 \pm 0,02$
		2	0,33	0,18	$0,25 \pm 0,01$
	Зона 2	1	0,29	0,12	$0,22 \pm 0,01$
		2	0,31	0,17	$0,23 \pm 0,01$
	Зона 3	1	0,28	0,17	$0,23 \pm 0,01$
		2	0,29	0,18	$0,23 \pm 0,01$
	Контроль		0,40	0,32	$0,37 \pm 0,005$
	<i>Ortotrichum fallax</i> Bruch	Зона 1	1	1,00	0,60
2			1,10	0,50	$0,88 \pm 0,04$
Зона 2		1	0,90	0,40	$0,59 \pm 0,03$
		2	0,80	0,40	$0,59 \pm 0,03$
Зона 3		1	1,00	0,50	$0,67 \pm 0,03$
		2	0,80	0,40	$0,53 \pm 0,02$
Контроль			1,10	0,7	$0,90 \pm 0,03$
<i>Leptodictium riparium</i> (Hedw. Warnst.)		Зона 1	1	0,52	0,30
	2		0,48	0,25	$0,36 \pm 0,01$
	Зона 2	1	0,42	0,30	$0,36 \pm 0,01$
		2	0,41	0,20	$0,32 \pm 0,01$
	Зона 3	1	0,34	0,24	$0,27 \pm 0,01$
		2	0,31	0,24	$0,26 \pm 0,00$
	Контроль		0,40	0,22	$0,30 \pm 0,01$

Диапазон изменения длины (0,85 мм) и ширины (0,35 мм) листовой пластинки оказался наибольшим для вида мха *O. fallax*. Следовательно, этот вид является чувствительным к степени загрязнения атмосферного воздуха, поскольку очень пластично изменяет морфометрические параметры листовых пластинок, позволяя гаметофитам мхов выживать в неблагоприятных условиях окружающей среды. Наименьший диапазон изменения параметров листовой пластинки был зарегистрирован у вида мха *L. polycarpa* (0,19 мм и 0,08 мм соответственно). Этот факт может служить свидетельством сравнительной устойчивости данного вида, к тому же морфологические изменения гаметофитов *L. polycarpa* были наименьшими, по сравнению с изменениями гаметофитов других видов (обнаружен некроз самых верхушек листовых пластинок некоторых гаметофитов трансплантатов в Зонах 2 и 3). У вида *L. riparium* диапазон колебаний длины и ширины листовой пластинки составил 0,40 мм и 0,13 мм соответственно.

В ходе анализа измерений длины коробочки спорогона *O. fallax* было получено, что наибольшей средняя длина является в Зоне 1 ($1,97 \pm 0,03$ мм), а наименьшей – в Зоне 2 ($1,64 \pm 0,02$ мм). Сравнив полученные значения с данными в контрольной зоне ($2,00 \pm 0,03$ мм), можно предположить, что у трансплантатов мхов в Зоне 2 имеет место угнетение развития спорофитов. Это может быть свидетельством влияния поллютантов, которые угнетают генеративное размножение и блокируют рост клеток спорофита, что было подтверждено рядом исследователей [3, 13].

Выводы

В результате проведенного исследования установлены характерные ответные реакции трансплантатов трех видов мхов на загрязнение атмосферного воздуха в Зонах 2 и 3, а именно некроз и хлороз верхушек листовых пластинок. Степень изменения морфологических показателей (состояние клеток листовых пластинок, а также общее состояние гаметофитов мхов) трансплантатов соответствует степени изменения морфометрических показателей всех видов мхов. Так, наиболее поврежденными оказались гаметофиты *Ortotrichum fallax* и *Leptodictium riparium* в Зонах 2 и 3. Морфометрические показатели листовых пластинок этих видов мхов оказались наименьшими в этих же зонах. Наибольшие морфометрические показатели всех видов мхов зарегистрированы в Зоне 1. Была подтверждена сравнительная устойчивость мха *Leskea polycarpa* к наличию в атмосферном воздухе поллютантов различного происхождения. В качестве перспективных видов для проведения биоиндикации чистоты атмосферного воздуха выделены *O. fallax* и *L. riparium*.

Список литературы

1. Бачурина А. Ф. Печеночники и мхи Украины и смежных территорий: Краткий определитель / А. Ф. Бачурина, Л. Я. Партыка. – К.: Наук. думка, 1979. – 204 с.
2. Бойко М. Ф. Анализ бриофлоры степной зоны Европы / М. Ф. Бойко. – К.: Фитосоцицентр, 1999. – 180 с.
3. Демкив Л. О. Ответные реакции мхов на загрязнение внешней среды / Л. О. Демкив // Бриология в СССР, ее достижения и перспективы: мат. конф., посв. 90-летию со дня рождения А. С. Лазаренко (10-12 сентября 1991 г.). – Львов, 1991. – С. 66-69.
4. Дідух Я. П. Фітоіндикація екологічних факторів / Я. П. Дідух, П. Г. Плюта; АН України. Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
5. Земля тревоги нашої: За мат. доп. про стан навколишнього середовища в Донецькій області у 2004 р. / За ред. С. В. Третьякова. – Донецьк: "ЦЕПИ. ЕПІЦентр ЛТД", 2005. – 120 с.
6. Мельничук В. М. Определитель листовых мхов средней полосы и юга европейской части СССР / В. М. Мельничук. – К.: Наук. думка, 1970. – 444 с.
7. Мамчур З. Поширення епіфітних мохоподібних в умовах урбанізованого середовища / З. Мамчур // Вісник Львів. ун-ту. Сер. біол. – 2004. – Вип. 36. – С. 70-77.
8. Машталер О. В. Біомоніторинг видами Bryophyta техногенно трансформованого середовища південного сходу України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.16 / Дніпропетровський нац. ун-т. – Дніпропетровськ, 2007. – 20 с.
9. Машталер О. В. Мохоподібні антропогенних комплексів південного сходу України / О. В. Машталер // Межведомств. сб. научн. работ "Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона". – Донецк: Изд-во Донецк. нац. ун-та, 2005. – Вып. 5. – С. 41-48.
10. Мэннинг У. Дж., Федер У. А. Биомониторинг загрязнения атмосферы с помощью растений: Пер. с англ. – Л.: Гидрометеиздат, 1985. – 144 с.
11. Ольхович О. П. Фітоіндикація та фітомоніторинг / О. П. Ольхович, М. М. Мусієнко. – К.: Фітосоціоцентр, 2005. – 64 с.
12. Паушева З. В. Практикум по цитологии растений / З. В. Паушева. – М.: Агропромиздат, 1988. – 271 с.
13. Риковський Г. Ф. Еволюція мохоподібних (Bryophyta) у зв'язку з їх еколого-біологічною специфікою / Г. Ф. Риковський // Укр. ботан. журн. – 1987. – Т. 43, № 3. – С. 90-96.
14. Gilbert O. L. Bryophytes as indicators of air pollution in Tyne Valley / O. L. Gilbert // New Phytology. – 1968. – Vol. 67, № 1. – P. 15-30.
15. Le Blanc F., Dhruva N. R. Effects of sulphur dioxide on lichen and moss transplantats / F. Le Blanc, N. R. Dhruva // Ecology. – 1973. – Vol. 54, № 3. – P. 612-617.

Машталер О. В., Задорожна Д. В. Зміни морфометричних показників трансплантатів мохів як індикатор забруднення атмосферного повітря промислового регіону. – Виявлено, що зміни морфометричних показників трансплантатів мохів знаходяться у прямій залежності від ступеня забруднення атмосферного повітря. Виділено чутливі види мохів (*Leptodictium riparium* (Hedw. Warnst.) (= *Amblystegium riparium* Bryol. eur.) и *Ortotrichum fallax* Bruch.), які можуть бути використані у біоіндикаційних дослідках.

Ключові слова: мохи, трансплантація, морфометричні показники, антропогенне навантаження.

Mashtaler A. V., Zadorozhna D. V. Changes of mosses' transplantats' morphometric characteristics as indicator of air pollution in an industrial region. – The correlation between morphometric characteristics' changes of moss transplantats and the air pollution intensity was founded. The pollution-sensitive moss species (*Leptodictium riparium* (Hedw. Warnst.) (= *Amblystegium riparium* Bryol. eur.) and *Ortotrichum fallax* Bruch.) are recommended to be used in the bryoindication researches.

Key words: mosses, transplantation, morphometric characteristics, anthropogenic pressure.

А. В. Машталер, О. С. Ососкова

**ХАРАКТЕР ВЛИЯНИЯ ВОДНЫХ ВЫТЯЖЕК *PLEUROZIUM SCHREBERI* (BRID.)
MITT. И *POLYTRICHUM PILIFERUM* HEDW. НА РОСТ ПРОРОСТКОВ
PINUS SYLVESTRIS L.**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: mashtaler_alex@mail.ru; mashtaler@dongu.donetsk.ua

Машталер А. В., Ососкова О. С. Характер влияния водных вытяжек *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Polytrichum piliferum* Hedw. на рост проростков *Pinus sylvestris* L. – Изучено влияние водных вытяжек мохообразных *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Polytrichum piliferum* Hedw. на рост проростков *Pinus sylvestris* L. Установлено, что водные вытяжки *P. schreberi* и *P. piliferum* оказывают как ингибирующее, так и каталитическое воздействие, характер которого зависит от концентрации водной вытяжки и видовой принадлежности мхов.

Ключевые слова: мохообразные, водные вытяжки, высшие растения.

Введение

В настоящее время взаимоотношения между растениями в сообществах являются одной из основных проблем фитоценологии. Имеется значительное количество работ, посвященных мохообразным и изучению влияния мохового покрова на прорастание семян и рост проростков высших растений в хвойных фитоценозах [1, 2, 4-6, 10, 14].

На данный момент существует несколько гипотез о влиянии мохового покрова на прорастание семян и рост проростков высших растений. Согласно первой, моховой покров оказывает ингибирующее влияние на прорастание семян и рост проростков высших растений. Данной гипотезы придерживаются Г. Б. Гортинский, В. М. Галаев, В. Д. Огиевский, Т. В. Малышева [4-6, 10]. Вторая гипотеза свидетельствует о каталитическом влиянии мохового покрова на прорастание семян и рост проростков хвойных пород. Её поддерживали А. Я. Гордягин [1], В. Н. Сукачев [1], Л. Н. Тюлина [1], М. Н. Ширская [14], Л. В. Бардунов и А. Н. Васильев [2] и др. Третья гипотеза гласит о двойственной роли мохового покрова, который в одних случаях препятствует, а в других способствует прорастанию семян и росту проростков высших растений. Это происходит зачастую вследствие того, что в разных типах леса состав и степень развития мохового покрова различна, а соответственно этому разнится и его влияние на возобновление хвойных пород [6].

На данный момент этот вопрос является малоизученным на территории Украины и в Донецкой области в частности и представляет интерес для отечественной науки, особенно в условиях промышленного региона, который нуждается в создании лесопарковых комплексов для улучшения сложившейся экологической обстановки.

Цель данной работы – изучение влияния водных вытяжек мхов *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. и *Polytrichum piliferum* Hedw. на рост проростков *Pinus sylvestris* L.

Материалы и методы исследований

Исследования проводили в лаборатории кафедры ботаники и экологии биологического факультета Донецкого национального университета в течение 2007-2008 гг. Изучалось влияние водных вытяжек мохообразных на рост проростков *Pinus sylvestris* L. [11, 12]. В качестве объекта исследования были выбраны 2 вида мохообразных, которые наиболее часто встречаются в сосновом лесу и имеют большие площади покрытия – *Pleurozium schreberi* и *Polytrichum piliferum*. В основном это эпигейные виды, но некоторые из них могут произрастать и на субстратах растительного происхождения. Несмотря на то, что все виды произрастают в одних условиях, они отличаются друг от друга по ряду признаков: частоте встречаемости, проектированному покрытию, форме роста, наличию или отсутствию спорозонного поколений, что и обусловило их выбор.

Образцы мхов собирались [3, 8] на территории соснового леса Краснолиманского района Донецкой области. Выбор места сбора поможет некоторым образом исключить

влияние техногенного фактора на ход эксперимента, поскольку Краснолиманский район, в отличие от остальных районов Донецкой области, характеризуется наименьшим развитием промышленного комплекса и его слабым влиянием на растительность региона. С этой же территории отбирался и семенной материал *P. sylvestris*.

По ходу эксперимента гаметофиты исследуемых мхов высушивали на открытом воздухе, очищали от механических примесей, а затем измельчали ножницами. Навески каждого мха (2 г) помещали в стеклянные емкости, которые заливали 20 мл дистиллированной воды. Полученную смесь настаивали 3-е суток. По прошествию 3-х суток измельченные побеги мхов процеживали через двойной слой марли, с целью получения водных вытяжек. Чтобы очистить водные вытяжки от более мелких примесей, они были профильтрованы через бумажные фильтры.

Водные вытяжки каждого мха разделили на 3 части: 1-я часть разбавлялась в 2 раза, 2-я – в 4 раза, 3-я часть не была разбавлена дистиллированной водой. Данные вытяжки хранили в стеклянных сосудах, плотно закрытых ватно-марлевой пробкой. Затем в лабораторных условиях была приготовлена среда Чапека [13], которую разливали по пробиркам (по 15 мл в каждой) и автоклавировали. В пробирки с остывшей, но еще незаполимеризовавшейся агаризированной средой Чапека стерильно вносили водные вытяжки мхов без разведения и с разведением дистиллированной водой в 2 и 4 раза. В качестве контроля использовали пробирки, в которые вытяжки мхов не добавляли. Перед посевом на среду семена были предварительно продезинфицированы. Для этого их погружали в слабый раствор $KMnO_4$ на 1-2 минуты. Затем их выкладывали на фильтровальную бумагу, чтобы устранить излишки влаги. В стерильных условиях на питательную среду выкладывали семена *P. sylvestris* по 3 семени в каждую пробирку. Для каждой концентрации экстрактов исследуемых мхов, а также для контрольного варианта готовили по 8 пробирок. Пробирки хранили в закрытом помещении при температуре +20-24°C, в условиях рассеянного света (1200 Люкс) в течение всего эксперимента. На 14-е сутки эксперимента измеряли линейные показатели роста проростков (длину стебля (мм), длину корешка (мм)).

При анализе данных использовали средние арифметические значения и их ошибки, полученные при обработке данных статистическими методами [7, 9] и с помощью пакетов прикладных программ: Excel, Statistica 6.0; уровень вероятности 0,95% ($P < 0,05$).

Результаты исследований и их обсуждение

В результате эксперимента установлено, что водные вытяжки исследуемых мхов оказывают как каталитическое, так и ингибирующее воздействие на рост проростков *Pinus sylvestris*.

Влияние водных вытяжек *Polytrichum piliferum* на рост проростков *Pinus sylvestris*.

Характер влияния водных вытяжек *P. piliferum* оценивали по длине корешков, стеблей и в целом проростков на 14-е сутки эксперимента (табл. 1).

Появление корешка проростка *P. sylvestris* с наибольшей длиной наблюдалось под воздействием водной вытяжки *P. piliferum* без разведения ($21,88 \pm 2,38$ мм), в то время как водная вытяжка данного мха, разведенная в 4 раза, вызывала появление проростка с наименьшей длиной корешка ($12,58 \pm 1,63$ мм). Водная вытяжка мха, разведенная в 2 раза, вызывала появление проростка с длиной корешка равной $15,63 \pm 2,56$ мм. В контрольном варианте, где воздействие водной вытяжки мха исключалось, длина корешка проростка составила $32,29 \pm 2,20$ мм, это говорит о том, что на чистой питательной среде корешки проростков развивались более интенсивно, чем на среде с добавлением водных вытяжек, где наблюдался ингибиторный эффект. Сравнивая полученные данные с контрольным вариантом, можно сказать, что водные вытяжки *P. piliferum* без разведения оказывают каталитическое влияние на рост корешка проростка *P. sylvestris*, в то время как ингибирующим влиянием обладают водные вытяжки мха, разведенные в 2 и 4 раза соответственно.

Влияние водных вытяжек *Polytrichum piliferum* Hedw. на линейные показатели роста проростков *Pinus sylvestris* L.

Показатель (n=24)	Разведение водной вытяжки			Контроль
	1 ⁰	1 ²	1 ⁴	
	M±m			M±m
Lk, мм	21,88±2,38	15,63±2,56	12,58±1,63	32,29±2,20
Ls, мм	21,71±3,82	14,00±3,39	4,21±1,35	29,96±2,95
Lp, мм	43,58±4,99	29,63±5,47	16,38±2,34	62,25±4,69

Примечание. M±m – среднее арифметическое значение и ошибка средней, n – выборка; Lk – длина корешка проростка, Ls – длина стебля проростка, Lp – длина проростка; 1⁰ – вытяжка без разведения, 1² – разведение в 2 раза, 1⁴ – разведение в 4 раза.

Исходя из полученных данных также видно, что наименьшая длина стебля проростка *P. sylvestris* наблюдалась под воздействием водной вытяжки *P. piliferum* разведенной в 4 раза (4,21±1,35 мм), в то время как водная вытяжка данного мха, без разведения, вызывала появление проростка с наибольшей длиной стебля (21,71±3,82 мм). Водная вытяжка мха, разведенная в 2 раза, вызывала появление проростка с длиной стебля равной 14,00±3,39 мм. В контрольном варианте, где воздействие водной вытяжки мха исключалось, длина стебля проростка составила 29,96±2,95 мм. Сравнивая полученные данные с контрольным вариантом, можно сказать, что водные вытяжки *P. piliferum* без разведения оказывают каталитическое влияние на рост стебля проростка *P. sylvestris*. Вытяжки *P. piliferum*, разведенные в 2 и 4 раза, оказывают ингибирующее влияние на рост стебля проростка *P. sylvestris*. Причем водная вытяжка данного мха, разведенная в 4 раза, сильнее тормозит развитие стебля, чем вытяжка, разведенная в 2 раза, то есть прослеживается зависимость характера влияния водных вытяжек мхов от их концентрации и видовой принадлежности (рис. 1).

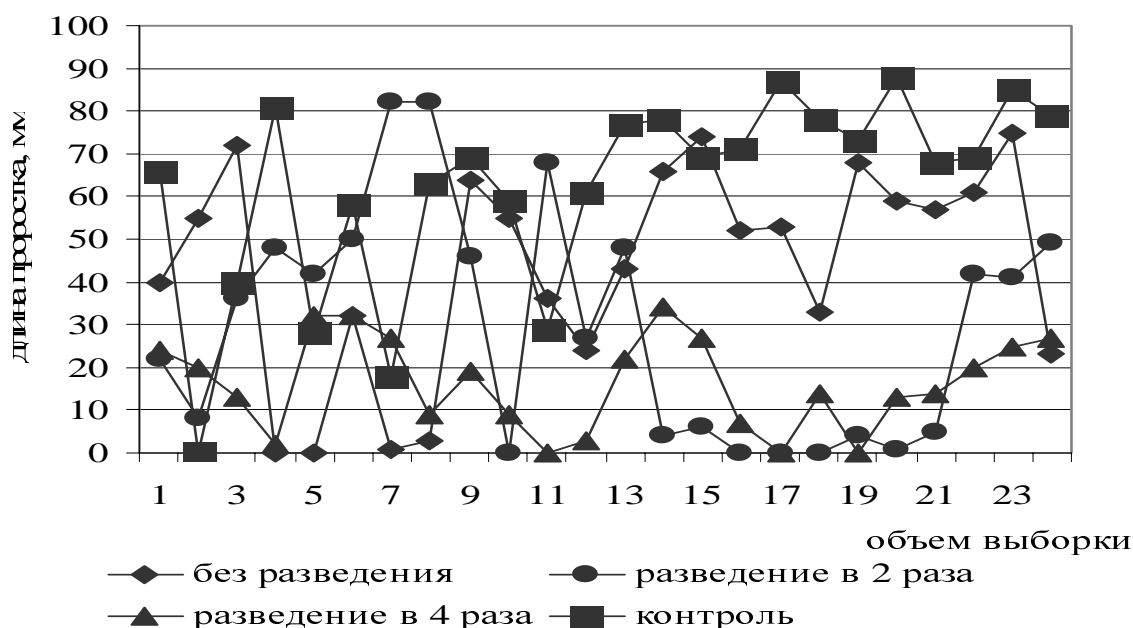


Рис. 1. Зависимость длины проростков *Pinus sylvestris* L. от концентрации водной вытяжки *Polytrichum piliferum* Hedw.

Влияние водных вытяжек *Pleurozium schreberi* на рост проростков *Pinus sylvestris*.
 Характер влияния водных вытяжек *P. schreberi* (Brid.) Mitt. мы оценивали, также как и *P. piliferum* Hedw. по длине корешков, стеблей и в целом проростков на 14-е сутки эксперимента (табл. 2).

Таблица 2

Влияние водных вытяжек *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. на линейные показатели роста проростков *Pinus sylvestris* L.

Показатель (n=24)	Разведение водной вытяжки			Контроль
	1 ⁰	1 ²	1 ⁴	
	M±m			M±m
Lk (11 день), мм	13,92±2,20	6,75±1,86	7,13±1,82	32,29±2,20
Ls (11 день), мм	8,08±3,11	1,17±0,88	2,75±1,33	29,96±2,95
Lp (11 день), мм	22,00±4,21	7,92±2,45	9,92±2,66	62,25±4,69

Примечание. M±m – среднее арифметическое значение и ошибка средней, n – выборка; Lk – длина корешка проростка, Ls – длина стебля проростка, Lp – длина проростка; 1⁰ – вытяжка без разведения, 1² – разведение в 2 раза, 1⁴ – разведение в 4 раза.

Появление корешков проростка с наибольшей длиной наблюдалась под воздействием водной вытяжки *P. schreberi* без разведения (13,92±2,20 мм), в то время как водная вытяжка данного мха, разведенная в 2 раза, вызывала появление проростка с наименьшей длиной корешка (6,75±1,86 мм). Водная вытяжка мха, разведенная в 4 раза, вызывала появление проростка с длиной корешка равной 7,13±1,82 мм. В контрольном варианте, где воздействие водной вытяжки мха исключалось, длина корешка проростка составила 32,29±2,20 мм, это свидетельствует о том, что на чистой питательной среде проростки развивались более интенсивно, чем на среде с добавлением водных вытяжек, то есть наблюдался ингибиторный эффект. Сравнивая полученные данные с контрольным вариантом, можно сказать, что водные вытяжки данного мха во всех трех случаях разведения, оказывают ингибирующее воздействие на рост корешка проростка.

Исходя из полученных данных также видно, что наименьшие длины стебля проростка *P. sylvestris* наблюдались под воздействием водных вытяжек *P. schreberi*, разведенных в 2 раза и в 4 раза соответственно (1,17±0,88 и 2,75±1,33 мм), в то время как водная вытяжка данного мха, без разведения, вызывала появление проростка с наибольшей длиной стебля (8,08±3,11 мм). В контрольном варианте, где воздействие водной вытяжки мха исключалось, длина стебля проростка составила (29,96±2,95 мм) (рис. 2).

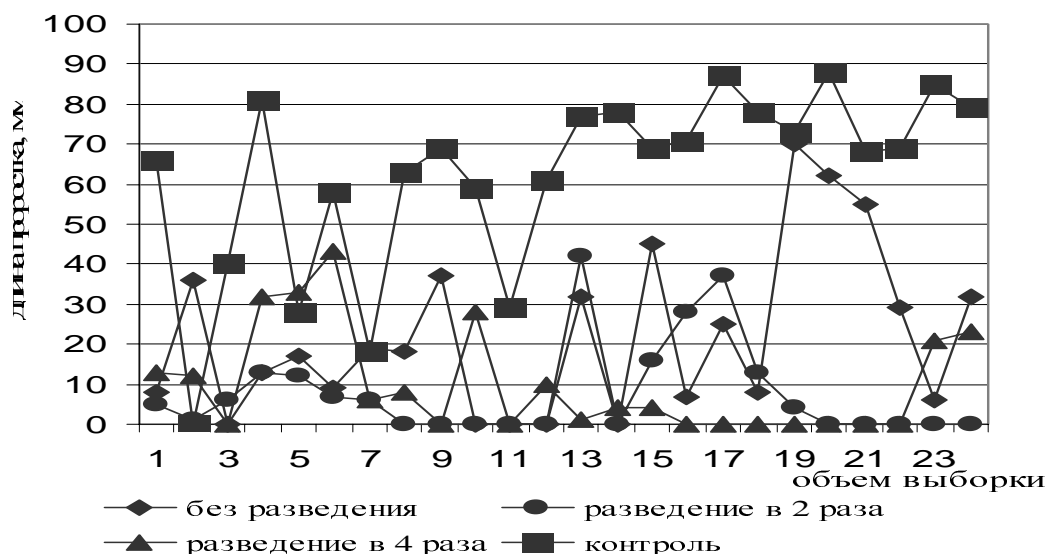


Рис. 2. Зависимость длины проростков *Pinus sylvestris* L. от концентрации водной вытяжки *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt.

Сравнивая полученные данные с контрольным вариантом, можно сказать, что водные вытяжки без разведения, с разведением в 2 и 4 раза оказывают ингибирующее влияние на рост стебля проростка *P. sylvestris* L., причем в меньшей степени этим влиянием обладают водные вытяжки без разведения.

Анализ полученных результатов позволил выявить каталитическое влияние на рост проростков водных вытяжек *Polytrichum piliferum* Hedw. без разведения. Ингибирующее влияние на рост проростков оказывали водные вытяжки *Polytrichum piliferum* Hedw. при разведении в 2 и 4 раза, а также водные вытяжки *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. во всех случаях разведения.

Выводы

1. Водные вытяжки *P. piliferum* Hedw. и *P. schreberi* (Brid.) Mitt. оказывают как каталитическое, так и ингибирующее воздействие на рост проростков *P. sylvestris* L.

2. Каталитическое влияние на рост корешков проростков оказывают водные вытяжки *P. piliferum* без разведения. Ингибирующим воздействием обладают водные вытяжки *P. piliferum* при разведении в 2 и 4 раза, а также водные вытяжки *P. schreberi* без разведения и при разведении в 2 и 4 раза соответственно.

3. Каталитическое влияние на рост стеблей проростков оказывают водные вытяжки *P. piliferum* без разведения. Ингибирующее воздействие оказывают водные вытяжки *P. piliferum* Hedw. при разведении в 2 и 4 раза, а также водные вытяжки *P. schreberi* во всех случаях разведения.

Список литературы

1. Арискина Н. П. Моховые синузии в напочвенном покрове хвойных фитоценозов Татарской республики / Н. П. Арискина // Ботан. журн. – 1962. – Т. 47, № 5. – С. 658-659.

2. Бардунов Л. В. Пути формирования экологических групп мхов во флоре тайги / Л. В. Бардунов, А. Н. Васильев // Ботан. журн. – 2005. – Т. 90, № 4. – С. 527-535.

3. Водоросли, лишайники и мохообразные СССР / Л. В. Гарибова и др. – М.: Мысль, 1978. – 365 с.

4. Галаев В. М. О вегетативном размножении ели отводками в зеленомошно-кустарничковых ельниках / В. М. Галаев // Ботан. журн. – 1964. – № 10. – С. 1468-1471.

5. Гортинский Г. Б. О факторах, ограничивающих прорастание и рост проростков ели *Picea* Link в лесах южной тайги / Г. Б. Гортинский // Ботан. журн. – 1964. – Т. 49, № 10. – С. 1389-1401.

6. Естественное возобновление древесных пород и количественный анализ его роста / Под ред. А. А. Молчанова. – М.: Наука, 1970. – 116 с.

7. Зайцев Г. Н. Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. – М.: Наука, 1984. – 424 с.

8. Лазаренко А. С. Определитель листовых мхов Украины / А. С. Лазаренко. – К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 465 с.

9. Лакин Г. Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов / Г. Ф. Лакин. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.

10. Мальшева Т. В. Динамика появления и отмирания всходов сосны при разных способах содействия естественному возобновлению в сосняках черничных Ярославской области / Т. В. Мальшева // Сб. науч. работ "Сосновые боры подзоны южной тайги и пути ведения в них лесного хозяйства". – М., 1969. – С. 181-205.

11. Мацталер О. В., Ососкова О. С. Вплив водних витяжок мохоподібних на проростання насіння та ріст проростків сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) // Зб. тез IV Міжнар. наук. конф. студентів та аспірантів. – Львів, 2008. – С. 105.

12. Мацталер А. В., Ососкова О. С. О влиянии экстрактов из мохообразных на рост проростков *Pinus sylvestris* L. // Зб. тез III Міжнар. наук. конф. – Донецьк, 2008. – С. 370-371.

13. *Практикум по микробиологии: Учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / А. И. Нетрусов и др. – М.: Издательский центр "Академия", 2005. – С. 608.*

14. *Ширская М. И. О способах искусственного возобновления кедров сибирского в горно-травяных лесах Сибири / М. И. Ширская // "Труды по лесному хозяйству". – Зап.-сиб. филиал АН СССР. Новосибирское общ-во НТО Леспром, 1957. – Вып. 3. – С. 215-222.*

Mashtaler O. V., Ososkova O. S. Характер впливу водних витяжок *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. та *Polytrichum piliferum* Hedw. на ріст проростків *Pinus sylvestris* L. – Вивчено вплив водних витяжок мохоподібних *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. та *Polytrichum piliferum* Hedw. на ріст проростків *Pinus sylvestris* L. Встановлено, що водні витяжки *P. schreberi* та *P. piliferum* зумовлюють як інгібіторний, так і каталітичний вплив, характер якого залежить від концентрації водної витяжки та видової приналежності мохів.

Ключові слова: мохоподібні, водні витяжки, вищі рослини.

Mashtaler A. V., Ososkova O. S. The character of influence of the water extracts of *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Polytrichum piliferum* Hedw. on the growth of the germs *Pinus sylvestris* L. – The influence of the water extracts of *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Polytrichum piliferum* Hedw. mosses on the growth of the germs are studied. It is determined, that water extracts of *Pleurozium schreberi* (Brid.) Mitt. and *Polytrichum piliferum* Hedw. mosses have rendered as a inhibitory as and catalytic effects which character depends on the concentration of the water extracts and the belonging of mosses to specified types.

Key words: mosses, water extracts, higher plants.

В. В. Никифоров

О РЕЗУЛЬТАТАХ ФИТОИНДИКАЦИИ ЭКОТОПОВ ПРИРОДНЫХ БИОГЕОЦЕНОЗОВ СРЕДНЕГО ПРИДНЕПРОВЬЯ

*Кременчугский государственный политехнический университет им. М. Остроградского
39600, Полтавская обл., г. Кременчуг, ул. Первомайская, 20; e-mail: v-nik@polytech.poltava.ua*

Никифоров В. В. О результатах фитоиндикации экотопов природных биогеоценозов Среднего Приднепровья. – Обсуждаются результаты синфитоиндикационного анализа эдафических (влажность, кислотность и солоноватость почвы, а также содержание в ней минерального азота и карбонатов) и климатических (термо-, омбро-, криорежим и континентальность) факторов, в условиях которых формируются природные варианты основных типов биогеоценозов (дубовых и пойменных лесов, луговых и степных, а также болотных и прибрежно-водных экосистем) на территории Среднего Приднепровья.

Ключевые слова: синфитоиндикация, экотоп, биогеоценоз, Среднее Приднепровье.

Введение

Структура биогеоценоза вообще, и фитоценоза в частности, обусловлена многообразием экологических факторов, в условиях которых они формируются. Среди них ведущими являются комплексные факторы: климатические и эдафические. По-видимому, функциональная роль растительности является промежуточным звеном в обратной связи: структура фитоценоза → абиотическая среда, деятельность которого направлена на адаптацию растительных организмов к постоянно изменяющимся факторам окружающей среды. На наш взгляд, такая закономерность (без учета функций зооценоза) особенно хорошо прослеживается в детритных экосистемах, где практически вся фитомасса опадает и утилизируется не консументами, а редуцентами, то есть минерализуется.

Настоящая работа посвящена обсуждению результатов синфитоиндикационного анализа эдафических и климатических факторов, в условиях которых формируются природные варианты основных типов биогеоценозов (дубовых и пойменных лесов, луговых и степных, а также болотных и прибрежно-водных экосистем) на территории Среднего Приднепровья.

Анализ предыдущих исследований. Ю. Р. Шеляг-Сосонко [1] проводит по Украине южную границу всех 43 ассоциаций субформации *дубовых лесов* из дуба черешчатого, восточную – 15 и северную – 28 ассоциаций. Автором зарегистрировано в этих лесах около 530 видов высших растений – более 25% всего видового состава растительности на территории их распространения. Из числа названных 230 видов являются обыкновенными, в их составе 140 видов – основное флористическое ядро дубовых лесов. 210 видов распространены мало и 90 – нехарактерны для дубовых лесов. Все виды, произрастающие в дубовых лесах, принадлежат к 69 семействам и 295 родам. Экологический анализ показал, что в дубовых лесах Украины в меньшей степени представлены гигрофиты (около 2% постоянных видов). Несколько больше в этих лесах ксерофитов (около 4%). Значительно лучше представлены мезогигрофиты (11%) и мезоксерофиты (21%), а преобладают мезофиты (62%).

Для *пойменных лесов* Среднего Приднепровья особенно характерны леса из ивы белой, значительное распространение имеют также леса из тополя черного, небольшие площади занимают леса из вяза гладкого и дуба черешчатого. В растительном покрове поймы притоков Днепра – Тясмина, Псла и Ворсклы преобладают, занимая примерно равные площади (по 30-35%), древесно-кустарниковая, луговая и водноболотная растительность. Кроме того, тут встречаются отдельные фрагменты псаммо- и галофитных сообществ. Для пойменных лесов характерно, по мнению А. Л. Бельгарда [2], сочетание древесно-кустарниковых синузий с травянистыми луговыми и болотными видами, вследствие чего они представляют собой "лесо-луга" и "лесо-болота", где идет напряженная борьба между древесными и травянистыми видами. Кустарниковые заросли из ивы трехтычинковой, остролистной и козьей более или менее равномерно распределены по

периметру поймы.

На особенности распространения внепойменных *лугов* в Среднем Приднестровье указывают Г. И. Билык [3] и О. А. Елиашевич [4]. Они связаны, главным образом, со слабо дренированными депрессиями: на лесостепных участках с бессточными низинами террас Днестра и его левобережных притоков, на степных – с подами. В отличие от пойменных это первичные, сформировавшиеся в условиях значительного почвенного засоления, луга. Развитие почв солонцового типа на левобережной террасе Днестра обусловлено залеганием на малой глубине минерализованных вод; на севере преобладает содовое засоление, на юге – хлоридосульфатное.

В соответствии с данными А. Л. Бельгарда [5], зональным типом для *степей* является сообщество микротермных, ксерофильных травянистых растений, преимущественно дерновинных злаков. Большое участие в составе травостоя принимают стержнекорневые двудольные растения. Автор отмечает также примесь вегетативно-подвижных растений (корнеотпрысковых и корневищных) и однолетников. В напочвенном покрове степей обнаруживаются мхи, лишайники и водоросли. В настоящее время земли, на которых ранее находились амфиценозные варианты степных биогеоценозов в Среднем Приднестровье, в большинстве случаев представляют собой сельскохозяйственные угодья. Настоящая степная растительность сохранилась на склонах балок, оврагов и яров в юго-восточной части региона (Кобеляцкий и Кременчугский районы Полтавской, Светловодский и Онуфриевский районы Кировоградской областей) и нуждается в охране.

М. С. Боч и В. В. Мазинг [6] относят лесостепные травянистые и травянисто-гипновые *болота* к зоне олиготрофных травянистых болот, а также зоне эвтрофных осоковых и тростниковых болот. В зоне Лесостепи эвтрофные болота являются практически единственным типом болот, они сосредоточены в поймах и долинах рек. Сфагновые болота встречаются тут лишь изредка по песчаным террасам рек. Прибрежно-водная растительность наилучшим образом развивается в экотопах, связанных с небольшими заливами, береговыми углублениями и защищенных от процессов эрозии и аккумуляции. В таких местообитаниях она представлена, главным образом, земноводными сообществами. В соответствии с современной синфитоценотической классификацией высшей водной растительности Украины [7] в состав прибрежно-водных биогеоценозов Среднего Приднестровья входят 24 ассоциации, относящиеся к 4 формациям четырех порядков из двух классов.

Цель работы. При изучении абиотических факторов, под влиянием которых формируются природные биогеоценозы Среднего Приднестровья, была поставлена задача – выявить диапазоны их изменения в пределах региона исследований путем усреднения выбора геоботанических описаний основных типов биогеоценологических систем: сосновых, дубовых и пойменных лесов, а также болотных, прибрежно-водных, луговых и степных биогеоценозов. Поэтому в качестве критерия выбора описаний для обработки на РС использовались сходство видового состава однотипных биоценозов и, по возможности, – максимальное биоразнообразие (во избежание погрешностей результатов).

Материал и методы исследований

Индивидуальность поведения растительных организмов Я. П. Дидух и П. Г. Плюта [8] объясняют тем важным моментом, когда совместное их произрастание в ценозах приводит не только к конкуренции, но и к оптимальному использованию экологических ресурсов. Поэтому перед экологами возникла важная научная проблема оценки потенциальных климатических и эдафических ресурсов с помощью фитоиндикации, то есть посредством анализа поведения видов. Для оценки экологических факторов используются фитоиндикационные шкалы. Методика их построения основана на том принципе, что каждый вид флоры может произрастать только в определенном диапазоне экологических условий, ограниченных максимальным и минимальным значением фактора, и благодаря этому рассматриваться как индикатор условий среды. По данным этих авторов базовые шкалы оценки экологических факторов характеризуется следующими диапазонами:

- Hd (влажность почвы) от 1 (пустынный тип) до 23 (водный тип) баллов;
- Rc (кислотность почвы) от 1 (pH=3,5) до 13 (pH=8,0-10,0) баллов;
- Tr (общий солевой режим) от 1 (35-75 мг/л) до 19 (солончаки, покрытые солями) баллов;
- Nt (содержание минерального азота) от 1 (безазотные почвы) до 11 (более 0,5%) баллов;
- Ca (содержание карбонатов в почве) от 1 (бедные, выщелоченные, минеральные, подзолистые почвы; HCO_3^- отсутствует) до 11 (почвы с содовым засолением; $\text{HCO}_3^- > 50$ мг/100г) баллов;
- Tm (термический режим) от 1 (арктическая термозона 5 ккал $\text{см}^2/\text{год}$) до 17 (экваториальная – до 90 ккал $\text{см}^2/\text{год}$);
- Kn (континентальность климата) от 1 (крайне океанический) до 10 (крайне континентальный) баллов;
- Om (гумидность климата или омброрежим) от 1 (экстрааридный; разница между осадками и испаряемостью составляет – 2000 мм) до 15 (гипергумидный; + 2000 мм) баллов;
- Cg (морозность или криорежим) от 1 (очень суровые зимы – до -36^0C) до 15 (невыраженные зимы – до $+5^0\text{C}$) баллов.

В ходе двух экспедиционных выездов на территории Среднего Приднепровья сделано около 250 геоботанических описаний. Для оценки экологических режимов исследованных биогеоценозов Среднего Приднепровья по ведущим эдафическим (влажность, кислотность, засоленность, содержание азота и карбонатов) и климатическим (термоклимат, континентальность, гумидность и криоклимат) факторам часть геоботанических описаний была обработана на ПК с использованием пакета программ "Sphyt" в отделе экологии фитосистем Института ботаники НАН Украины. Поскольку Среднее Приднепровье находится в одной климатической зоне, колебания значений климатических факторов на его территории не существенны. Поэтому, во избежание дублирования информации, данные континентальности, гумидности и морозности климата, а также терморегима в данной работе не обсуждаются. Результаты синфитоиндикационного анализа биогеоценозов сосновых лесов Среднего Приднепровья были опубликованы ранее [9].

Результаты исследований и их обсуждение

1. Синфитоиндикационный анализ эдафических факторов экотопов Среднего Приднепровья, занимаемых типичными биогеоценозами *дубовых лесов* (табл. 1), позволил прийти к следующим выводам:

- кислотность почвы (Rc) изменялась от 7,4 до 8,4 баллов, что соответствует близким к нейтральным почвам (pH=6,5-7,2);
- общий солевой режим (Tr) оценивается в 6,3-7,5 баллов, что отвечает достаточно богатым солями (160-200 мг/л) выщелоченным черноземам с жесткостью 7-10; SO_4^{2-} и Cl^- – следы;
- содержание минерального азота (Nt) варьировало в пределах 5,9-7,5 баллов, что составляет 0,3-0,4%;
- влажность почвы (Hd) изменялась от 11,1 до 14,2 баллов, что соответствует влажнолесолуговому типу с капиллярно-подпертой повышенной влажностью; грунтовые воды на глубине 1-2 м;
- содержание карбонатов в почве (Ca) колебалось от 5,1 до 6,7 баллов и соответствует их среднему содержанию (менее 4 мг/100 г почвы).

Таблица 1

Относительные значения экологических факторов биогеоценозов Среднего Приднепровья (дубовые леса)

SQ	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
3	7,860	7,450	7,030	11,180	9,110	8,660	7,840	8,180	6,100
6	7,950	6,860	7,220	11,400	8,760	8,560	8,060	8,350	6,730
20	8,010	6,640	6,710	12,540	8,710	8,600	7,830	8,070	5,720
79	7,830	6,500	6,650	11,880	8,860	8,440	7,780	8,390	6,450
83	7,740	6,250	6,030	11,990	8,830	8,150	8,060	8,560	5,590
84	8,280	7,340	6,910	14,160	8,510	8,700	7,670	8,070	5,120
109	7,370	6,600	5,850	11,750	8,560	8,180	8,120	8,560	5,530
128	7,820	6,700	5,970	11,120	9,250	8,830	7,670	8,580	6,490
134	8,420	6,680	7,450	12,150	8,420	8,330	7,890	8,310	5,580

Примечание. SQ – порядковый номер геоботанического описания в полевом журнале (тут и далее в таблицах).

2. Если говорить о **пойменных лесах** Среднего Приднепровья в целом, то синфитоиндикационный анализ эдафических факторов экотопов, занимаемых типичными биогеоценозами пойменных лесов (табл. 2), позволил прийти к следующим выводам:

– кислотность почвы (Rc) изменялась от 7,6 до 8,7 баллов, что соответствует нейтральным почвам (рН = 6,5-7,2);

– общий солевой режим (Tr) оценивался в 6,7-8,3 балла, что отвечает достаточно богатым солями (160-200 мг/л) выщелоченным черноземам с жесткостью 7-10; SO₄²⁻ и Cl⁻ – следы;

– содержание минерального азота (Nt) варьировало в пределах 5,9-9,6 баллов, что составляет 0,2-0,4%;

– влажность почвы (Hd) изменялась от 10,3 до 15,9 баллов и соответствует сыролесолуговому типу с максимальным капиллярным увлажнением; грунтовые воды на глубине менее 1 м;

– содержание карбонатов в почве (Ca) колебалось от 4,7 до 8,2 баллов, что указывает на их количество в пределах 4-30 мг/100 г почвы.

Таблица 2

Относительные значения экологических факторов биогеоценозов Среднего Приднепровья (пойменные леса)

SQ	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
5	8,301	8,326	6,498	10,298	8,792	9,458	7,208	7,500	8,156
21	7,583	7,659	6,695	15,891	8,341	8,682	8,159	7,545	4,705
84	8,280	7,340	6,910	14,160	8,510	8,700	7,670	8,070	5,120
128	8,029	7,643	5,854	10,635	8,452	8,738	7,762	7,905	6,481
128	7,820	6,700	5,970	11,120	9,250	8,830	7,670	8,580	6,490
130	7,847	7,866	5,869	10,846	8,225	8,850	7,850	7,375	6,547
144	8,651	7,074	6,925	11,302	8,889	9,028	7,444	8,417	7,196
154	8,292	7,628	5,998	11,022	8,750	8,977	7,682	8,068	7,024

3. Синфитоиндикационный анализ эдафических факторов экотопов Среднего Приднепровья, занимаемых биогеоценозами разнотипных *лугов* (табл. 3), позволил прийти к следующим выводам:

- кислотность почвы (Rc) изменялась в диапазоне 7,1-10,2 балла, что соответствует нейтральным почвам (рН = 6,5-7,2);
- общий солевой режим (Tr) оценивался в 6,6-12,3 балла, что отвечает достаточно засоленным солончаковатым черноземным почвам (SO_4^{2-} – 0,01-0,05%; и Cl – 0,01-0,023%);
- содержание минерального азота (Nt) варьировало в пределах от 3,1 балла (бедные, сильно выщелоченные почвы; 80-90 мг/л) до 6,6 баллов (богатые солями выщелоченные черноземы; 160-200 мг/л);
- влажность почвы (Hd) изменялась от 7,9 до 12,7 баллов и соответствует трем типам увлажнения – лугостепному (грунтовые воды около 10 м), сухолесолуговому (5-7 м) и влажнелесолуговому (1-2 м);
- содержание карбонатов в почве (Ca) – в диапазоне 5,3-8,1 баллов (до 10 мг/100 г почвы).

Таблица 3

**Относительные значения экологических факторов биогеоценозов
Среднего Приднепровья (разнотипные луга)**

SQ	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kп	Om	Cr	Ca
26	8,176	8,073	5,824	10,156	8,880	8,840	7,320	8,300	7,809
30	7,791	8,278	6,382	11,727	8,208	9,208	7,625	7,771	5,825
121	9,238	10,912	6,625	13,642	7,889	8,833	7,444	7,556	5,278
133	8,149	9,061	6,437	12,745	8,365	8,769	7,423	7,846	5,748
146	7,124	6,614	3,109	7,896	9,150	9,300	7,350	7,950	8,083
150	8,022	7,874	5,226	10,502	8,197	8,712	7,773	7,652	7,098
161	10,199	12,284	5,552	11,848	7,917	8,917	7,000	8,083	5,417

4. Синфитоиндикационный анализ эдафических факторов экотопов Среднего Приднепровья, занимаемых *степными* биогеоценозами (табл. 4), позволил прийти к следующим выводам:

- кислотность почвы (Rc) изменялась от 8,1 до 8,9 баллов, что соответствует нейтральным почвам с рН=6,5-7,2;
- общий солевой режим (Tr) оценивается в 7,6-8,3 баллов, что отвечает очень богатым солями выщелоченным черноземам: 160-200 мг/л; жесткость 7,0-10,0; SO_4^{2-} и Cl – следы;
- содержание минерального азота (Nt) варьировало в пределах 4,3-4,9 баллов, что составляет 0,2-0,3% (бедные азотом почвы);
- влажность почвы (Hd) изменялась от 7,7 до 9,1 баллов, что соответствует степному типу увлажнения с незначительным нерегулярным весенним смачиванием атмосферными осадками, количество которых не превышает 450-500 мм в год;
- количество карбонатов в почве (Ca) колебалось в пределах 8,1-9,7 баллов и свидетельствует об их содержании в форме HCO_3^- от 4 до 16 мг/100 г почвы.

Таблица 4

**Относительные значения экологических факторов биогеоценозов
Среднего Приднепровья (степи)**

SQ	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
58	8,670	8,023	4,456	8,390	8,462	9,444	7,240	7,666	8,603
59	8,840	8,094	4,459	7,736	8,781	9,531	6,781	7,828	9,712
74	8,457	7,900	4,428	8,918	8,368	8,552	6,750	7,802	8,737
81	8,143	7,661	4,489	8,995	8,765	9,000	6,812	7,937	8,148
90	8,682	8,275	4,889	9,137	8,944	8,907	7,111	8,222	8,868
93	8,262	7,632	4,607	8,778	8,955	9,235	7,382	8,250	8,893
125	8,929	7,867	4,587	8,509	9,117	9,426	7,058	8,352	9,432
126	8,693	8,127	4,516	8,453	8,757	9,015	6,863	7,893	9,178
127	8,601	7,629	4,264	8,333	8,742	9,114	6,885	7,885	8,964
139	8,465	8,007	4,410	8,502	8,525	8,730	6,923	7,525	8,672

5. Синфитоиндикационный анализ эдафических факторов экотопов Среднего Приднепровья, занимаемых типичными *болотными и прибрежно-водными* биогеоценозами (табл. 5), позволил прийти к следующим выводам:

– кислотность почвы (Rc) изменялась от 7,0 (pH=5,5-6,5) до 8,3 (pH=6,5-7,2) балла, что соответствует слабокислым и нейтральным почвам;

– общий солевой режим (Tr) находится в диапазоне 7,5-8,7 баллов с содержанием солей от 16 до 30 мг/л почвенной водной вытяжки и жесткостью 10,0;

– содержание минерального азота (Nt) варьировало в пределах 5,8-7,3 балла, что соответствует среднему его содержанию в почвах (от 0,3 до 0,4%);

– влажность почвы (Hd) изменялась от 12,6 до 17,6 баллов, что характеризуется мокроболотнолесолуговым и болотным типом увлажнения с режимом постоянного затопления;

– содержание карбонатов в почве (Ca) оценивалось от 4,5 до 5,8 баллов, что указывает на почти полное их отсутствие.

Таблица 5

**Относительные значения экологических факторов биогеоценозов
Среднего Приднепровья (болотные и прибрежно-водные)**

SQ	Rc	Tr	Nt	Hd	Tm	Kn	Om	Cr	Ca
10	7,024	7,522	6,070	16,208	8,929	8,500	7,857	8,286	4,500
72	8,348	8,281	6,891	17,607	8,350	8,775	7,950	7,275	5,843
76	7,723	8,053	6,379	17,025	8,525	8,825	7,725	8,075	5,637
91	8,132	8,063	6,564	15,246	8,553	8,658	7,921	7,737	4,573
123	8,156	8,180	6,848	15,312	8,556	8,852	7,667	7,722	4,683
131	8,177	8,210	6,595	14,014	8,603	8,914	7,517	7,845	5,221
132	7,990	8,380	5,848	15,319	8,150	8,675	8,025	7,725	4,814
141	8,293	8,557	6,743	14,914	8,329	8,814	7,657	7,871	4,671
156	7,597	8,716	6,438	12,554	8,100	8,500	7,933	7,567	5,351
159	7,888	7,768	6,698	14,886	8,339	8,643	7,661	7,857	4,775
164	8,100	8,253	7,346	17,717	8,500	8,500	7,833	8,000	4,571

Выводы

В целом, полученные данные свидетельствуют о том, что режимы всех исследованных экологических факторов абиотической составляющей биогеоценозов достаточно стабильны и изменяются в пределах Среднего Приднепровья незначительно, за исключением основного из них – гидрорежима. Максимальная стабильность в динамике влажности почв зарегистрирована для сосновых лесов – 11,3-12,3 балла, что соответствует глубине залегания грунтовых вод 5-7 м и дефициту влаги во второй половине лета. Также мало изменяется диапазон влажности (7,7-9,1) в условиях степных биогеоценозов Среднего Приднепровья, что характерно для степного типа увлажнения с незначительным нерегулярным весенним смачиванием атмосферными осадками, количество которых не превышает 450-500 мм в год. Водный режим эдафотопов, в которых формируются биоценозы дубовых лесов Среднего Приднепровья, изменяется в пределах 11-12,5 баллов, что соответствует влажно-лесолуговому типу почв с капиллярно-подпертой повышенной влажностью и расположению грунтовых вод на глубине 1-2 м. Неожиданно высокой (14,2 бала) оказалась влажность почвы в Черном лесу (Богдановское лесничество).

Напротив, низкими, на наш взгляд, величинами характеризуется гидрорежим пойменных лесных почв (10,3-11,3), хотя и не во всех экотопах (14,2 балла – пойменный ивняк, р. Ингулец, обход № 9 Богдановского лесничества; 15,9 балла – ольшанник в окрестности с. Прохоровка Каневского района). Диапазон влажности почв, на которых сформировались луговые биогеоценозы разных типов, изменялся в пределах от 7,9 до 12,7 баллов, что соответствует трем типам увлажнения – лугостепному (грунтовые воды на глубине до 10 м), сухолесолуговому (5-7 м) и влажнолесолуговому (1-2 м). Выявлено, что в условиях болотных и прибрежно-водных биогеоценозов на территории Среднего Приднепровья водный режим изменяется до 17,6 баллов, что соответствует мокроболотнолуговому и болотному типу увлажнения с режимом постоянного подтопления. Таким образом, диапазон изменения влажности почв на территории Среднего Приднепровья варьировал в пределах 7,7-15,9 балла, что свидетельствует о разнообразии гидрорежима в разнотипных экотопах региона.

Содержание карбонатов в разнотипных почвах на территории Среднего Приднепровья колебалось в пределах 4,7-9,7 баллов. Минимальные величины содержания карбонатов выявлены в эдафотопов биогеоценозов дубовых лесов (5,1-6,7). Максимальные значения общего солевого режима зарегистрированы в луговых эдафотопов (10,9-12,3 балла), что соответствует достаточно засоленным солончаковым черноземам, на которых развиваются галофильные ценозы. По-видимому, достаточно высокое содержание карбонатов (до 8 баллов) и максимальные значения общего солевого режима почв, на которых сформировались разнотипные луговые биогеоценозы, может свидетельствовать о том, что содовое засоление является составляющей общего засоления.

Большое значение среди анализируемых физико-химических факторов эдафотопа имеет реакция почвенной среды, поскольку концентрация гидроксония определяет степень растворимости и подвижность ионов, составляющих минеральные соли. В данном случае она влияет на содержание минерального азота, общий солевой режим и накопление карбонатов в частности. Реакция почвенной среды в различных экотопах Среднего Приднепровья изменялась в пределах 6,4-10,2 баллов, что соответствует слабокислым (pH=5,5-6,5), нейтральным (pH=6,5-7,2) и слабощелочным почвам (7,5-8,0). Слабокислая реакция зарегистрирована для почв болотных биогеоценозов, а слабощелочная – для луговых почв, что объясняется гидрокарбонатным засолением. Почвы, сформировавшиеся под дубовыми, пойменными, прибрежно-водными и степными ценозами в подавляющем своем большинстве являются нейтральными.

Отдельного внимания, на наш взгляд, заслуживает обсуждение результатов анализа экологических факторов, в условиях которых формируются болотные и прибрежно-водные ценозы. Для них отмечены крайне незначительные колебания величин как климатических (до 2 баллов), так и эдафических (до 2,5 балла) факторов, а также одинаковые диапазоны их

изменений, что указывает на интразональный характер этого типа биогеоценозов. Территория Среднего Приднепровья не настолько велика, чтобы в ее пределах можно было зарегистрировать сколько-нибудь существенные колебания климатических факторов. Результаты синфитоиндикационного анализа позволяют говорить в целом о континентальном (K_n около 8 баллов) и субаридном ($O_m=7,5-8,5$; разница между количеством осадков и испаряемостью около 0 мм) климате Среднего Приднепровья. Регион относится к неморальной термозоне ($T_m = 8,9$; 36-42 ккал * см²/год) с диапазоном морозности (C_r) 6,5-8,5 балла, что характерно для территории с умеренно холодными зимами (от -5 до -20⁰С).

Список литературы

1. Шеляг-Сосонко Ю. Р. Ліси формації дуба звичайного на території України та їх еволюція. – К.: Наук. думка, 1974. – 240 с.
2. Бельгард А. Л. О некоторых фитоценологических и типологических особенностях пойменных лесов в Степной зоне Украины // Матер. I Всесоюз. конф. "Растительность речных пойм ...". – Уфа, 1972. – С. 19-20.
3. Білик Г. І. Рослинні комплекси Лівобережжя середнього Придніпров'я // Ботан. журн. – 1955. – 12, № 4. – С. 46-65.
4. Єліашевич О. А. Луки Середнього Дніпра // Зб. робіт Дніпропетровського бот. саду. – 1936. – № 1. – С. 27-31.
5. Бельгард А. Л. Степное лесоведение. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
6. Боч М. С., Мазинг В. В. Экосистемы болот СССР. – Л.: Наука, 1979. – 186 с.
7. Продромус растительности Украины / Под ред. Шеляг-Сосонко Ю. Р., Дидух Я. П., Дубына Д. В. и др. – К.: Наук. думка, 1991. – 272 с.
8. Дидух Я. П., Плюта П. Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
9. Никифоров В. В. Эдафические факторы биогеоценозов сосновых лесов Среднего Приднепровья // Грунтознавство. – 2003. – 4, № 1-2. – С. 51-54.

Никифоров В. В. Про результати фітоіндикації екоотопів природних біогеоценозів Середнього Придніпров'я. – Обговорюються результати синфитоіндикаційного аналізу едафічних (вологість, кислотність і солонуватість ґрунту, а також вміст у ньому мінерального нітрогену та карбонатів) і кліматичних (термо-, омбро-, кріорежим і континентальність) факторів, в умовах яких формуються природні варіанти основних типів біогеоценозів (дубових і заплавної лісів, лугових і степових, а також болотних і прибережно-водних екосистем) на території Середнього Придніпров'я.

Ключові слова: синфитоіндикація, екоотоп, біогеоценоз, Середнє Придніпров'я.

Nikiforov V. V. On results of nature biogeocenosis ecotops phytoindication in the Middle Dnieper Area. – The results of synphytoindicative analysis of edaphic (humidity, acidity, salinity, content of mineral nitrogen and carbonates too) and climatic (termo-, ombro-, crioregime, continentality too) factors of natural biogeocenosis basic variants (oak and flood plane forests, meadow, steppe, bog and bank water ecosystems) in the Middle Dnieper Area are discussed.

Key words: synphytoindication, ecotope, biogeocenosis, Middle Dnieper Area.

A. I. Safonov

**NEW DIAGNOSTIC CRITERIA OF COMPLEX PHYTOINDICATION FOR
APPROBATION IN DONBASS**

Donetsk National University; Schorsa st., 46, Donetsk, Ukraine, 83050

e-mail: andrej_safonov@mail.ru

Safonov A. I. New diagnostic criteria of complex phytoindication for approbation in Donbass. – 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.

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

In the conditions of contemporary technogenesis and urbanization it's important to apply universal, accessible and fast-acting informative methods of evaluation of the state and safety of the environment. To ascertain various characteristics of the environment methods of bioindication are widely used. In spite of all this, ways and means of complex evaluation of anthropogenically transformed biogeocenosis (BGC) are still not systematized [6, 10]. That's why they are always non-comparable and are not even likened. This necessitates approbation of integral approach to evaluation of territories [12]. The sense of such a process consists in different components being used as criteria of indication, and diagnostic evaluation must be complex – according to their physical, chemical and biological parameters. The use of biological indices are strategically more advisable [11, 17]. Such an approach is topical and gives opportunities to assess peculiarities of the environment on the basis of qualitative and quantitative characteristics of topic and biotic components of BGC, technogenic and urban ecological factors [10, 20, 22].

The aim of this work is to define long-term prospects and to present the initial data on the expediency of their application on the territory of the Donetsk region on the basis of modern global trends of development of phytoindicational direction in industrially developed regions.

The material is structurally presented by the following scheme:

- peculiarities of the environment state in industrial regions (edaphotopes and superficial pollution of biogeocenosis);
- ways of determining of plants' reaction to the action of factors of technogenic stress;
- indication trends: asymmetry of plants texture, structural transformations, abnormalities, functional criteria;
- strategies of species' survival under conditions of industrial pollution, ways of realization of vital positions of species of plants and signs of functional adaptation in the anthropogenically transformed environment.

In the previous publication [16] 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. The basic strategies of city development have been taken into account. A working scheme of bioindicational estimation of urban environment has been suggested. We suggested the following phyto-indices which range as follows for Donetsk according to a preliminary estimation: correlation of violents, patients and explerents, reproductive capacity of explerents, reproductive capacity of patients, reproductive effort of indicator plants, reproductive success of indicator plants among patients, demographic full value of patients, structural plasticity of species of plants on the level of organ morphology, structural plasticity of species of plants according to histological distinctions (tissue deformations, mostly conformational functionally active tissues), percentage of species with wide ecological amplitude, percentage of species having formed strategies of adaptation to air pollution, percentage of species having formed adaptation to soil and water and soil solution pollution.

Peculiarities of the environment state in industrial regions. Not every strong polluter is surrounded by industrial barrens. Their development seems only possible under specific combination of landscape characteristics, human activities, and co-occurring stressors; however, to

our knowledge, no attempt was made to explore this problem by means of comparative analysis. It is only rarely appreciated that severely contaminated sites and other postindustrial landscapes may support regionally rare and endangered species [10, 12, 17, 21].

Industrial barrens are usually surrounded by strongly modified ecosystems that have a potential to turn into industrial barrens under some circumstances. Due to these positive feedbacks, industrial barrens may be to a certain extent resilient to external impacts, including both emission decline and restoration efforts. Soils of industrial barrens contain huge amounts of toxic pollutants deposited from aerial emissions. Since majority of heavy metals accumulated in soils are in non-soluble forms, their complete leaching from upper soil horizons will take centuries, e.g. 160-270 years for nickel and 100-200 years for copper accumulated in industrial barrens [14, 15, 17].

Disappearance of vegetation, especially of trees, strongly modifies the climate of industrial barrens. Although this problem is investigated insufficiently, it seems that the most important changes are imposed by altered temperature and wind regime. Even at early stages of pollution-induced forest deterioration air and soil temperatures during the growth season may substantially increase, leading to an increased water loss from upper soil layers. Aerial emissions of the smelter consist of dozens of substances, many of which may cause toxic effects. However, concentrations of principal metal pollutants, nickel and copper, are reported most frequently [5, 17]. Concentrations of other pollutants in all media (ambient air, soils, plants, animals) strongly correlate with concentrations of nickel and copper, decreasing exponentially with an increase of the distance from the smelter [14, 22].

Ways of determining of plants' reaction to the action of factors of technogenic stress.

Naturalists have always been intrigued by the ability of life to sustain conditions inhospitable to humans. Both scientific and popular literature contains numerous descriptions of biota living "on the edge" – in deserts, on barren soil of polar islands, under Antarctic ice, in deep waters, and in many other more or less unusual conditions, including industrial zones.

Plant-plant interactions, which are mostly competitive in favourable habitats, tend to become positive in stressful environments [5, 6, 8]. In industrial barrens, where competition among plants is low due to decreased density, the role of facilitation increases.

The sites of biological significance within severely degraded environments may not be as rare as is commonly thought, and assumption that physically or chemically hostile environments are incapable of attaining biological diversity is far from being true [13]. Industrial barrens are rather heterogeneous, with a range of different substrate types that favour different species. Therefore, in spite of the general loss of biodiversity, these habitats can develop a great richness of unusual and interesting plants, including regionally rare and endangered species, and the overall site diversity can be high even when each patch is relatively poor. Furthermore, several plant species of low competitive ability benefit from fragmentation of the continuous 'carpet' of vegetation. Invertebrates in industrial barrens may escape from strong enemy pressure, and this 'enemy-free space' phenomenon may explain high abundance of some species that are usually depressed in less disturbed habitats. Industrial pollution often causes dramatic perturbations in natural communities, leading to dynamic changes in plant populations. However, while changes in abundance and productivity of vascular plants have been reasonably well documented, little is known about the age structure of plant populations affected by aerial pollution. Shortage of information on the demography of plant populations persisting in extreme environments of industrial barrens [10, 22] hampers prediction of long-term consequences of pollution impact on terrestrial biota at both local and regional scales. Quite frequently, conclusions on the contamination level (in terms of the excess over the background value or critical load), spatial pattern or extent of pollution are based on the samples collected during one growth season, or samples are compared between two study years in order to reveal changes in the contamination [12]. The results of long-term monitoring demonstrated pronounced spatial and temporal variation in concentrations of Ni and Cu in foliage of plants near the large point polluter. These data suggest that one-year sampling, frequently used in ecological and environmental studies, can easily produce misleading results on both the levels of pollution load and spatial distribution of pollutants. Scientists investigate the general pattern of changes in species

richness and diversity of vascular plants due to environmental contamination and associated habitat changes imposed by point polluters, and identify the sources of variation in the response of plant communities to industrial pollution [3, 6, 10, 17, 22]. Extant plants in industrial barrens facilitate deterioration of soil quality in their own rootinhabited areas: plant foliage traps contaminants, which then enter the soil (with either rainfall or plant litter) immediately under a plant.

Vegetation or habitat types are ecological phases, which can assume multiple states, and transformations from one type of phase to another are ecological phase transitions. If an ecological phase maintains its condition of normality in the linked processes and functions that constitute ecosystems then is believed healthy. An adaptive cycle, such as in model, has been proposed as a fundamental unit for understanding complex systems and their dynamics. Such model alternates between long periods of aggregation and transformation of resources and shorter periods that create opportunities for innovation.

An important function of indicators is to evaluate the functional compliance of ecosystems. In the context of an eco-systematic environment evaluation and for monitoring tasks the necessity results to characterize all eco-systemic fundamental functions by means of corresponding indicator sets: according to a classification by [5, 13, 19] this includes aside from: 1) production functions (that is producing or making abiotic and biotic resources available); 2) regulatory functions (that is the ability for self purification, stabilization and shielding against external influences); 3) the medium function or carrying capacity of ecosystems (that is their ability to provide locations for human utilization and to absorb resulting impacts) and also 4) its information functions. The information function of an ecosystem in a wider sense refers to the indicator principle, such as a function; in the narrower sense it refers to the structure of the environment and its function for regulating the satisfaction of certain needs.

Indication trends: asymmetry of plants texture, structural transformations, abnormalities, functional criteria [1, 4, 6, 9, 14, 19, 21, 23]. One possible application of the special approach can be demonstrated by the impacts of streets on the visual landscape. This example makes it evident that indicators for landscape diversity are only able to illustrate changes of individual elements but not of the character of landscapes themselves. This fact makes it necessary to additionally integrate aspects aside from quantitative ones when evaluating the visual landscape. Furthermore, it is necessary to empirically verify aspects that are significant for the perception of landscapes in order to make them more accessible than has been thus far for evaluations in the sense of indicators.

The methodology is based on exposure, registration and comparative analysis of asymmetry of different species of living organisms using definite indices [23]. The indicative quality of bioindicators, ranging from organelles, organs or single organisms to complex ecosystems, depends on inherent ecophysiological properties, population dynamics, and stress reactions with regard to physical and chemical changes in site conditions. The primary task of bioindicators is the general determination of physiological effects in the sense of strain reactions rather than the direct measurement of environmental concentrations of stressors. Thus, in early recognition perspective the lack of specificity has the advantage of a broad-based caveat, inducive to subsequent systematic search for quantitative causal inter-relationships.

A further advantage of biomonitoring is its comparatively low cost on the one hand and the integrative recording character on the other. Contrary to these positive aspects of bioindicator use there is, however, an essential deficiency resulting from the highly variable susceptibility of the test species exposed to stressors, which leads to difficulties in comparing specific effect data.

Active and passive biomonitoring approaches on the basis of single-species reactions yield spatially valid data only on condition the underlying sampling networks are implemented in compliance with geostatistical requirements or the corresponding test methodologies of variogram analysis and kriging procedures, respectively. Analogously, also the selection of complex bioindicators such as biocenoses or ecosystems must be based on rigid criteria of spatial and temporal representativeness. After a short introduction on approaches using either structural or functional indicators, we develop a methodological framework for the analysis and management of landscapes, using landscape ecological principles related to a holistic approach. In a next step, we

disaggregate some of the internal processes in landscapes in order to delineate groups of indicators in its spatiotemporal context.

Strategies of species' survival under conditions of industrial pollution, ways of realization of vital positions of species of plants and signs of functional adaptation in the anthropogenically transformed environment [2, 7, 8, 18, 19]. All these habitats exist for millennia, and living beings had sufficient time to evolve biochemical, morphological and behavioural adaptations allowing to live and even flourish in these "extreme environments". More astonishing is the diversity of life persisting in industrial barrens – extreme habitats that appeared as a byproduct of human activities only about a century ago. Unfortunately, industrial barrens are studied much less than other "extreme habitats": the scientists were only called to evaluate the damage or develop rehabilitation measures. Importantly, information on several industrial barrens is reported only in publications describing reclamation measures. Even the researchers exploring pollution effects on plant communities tend to select the most polluted sites outside industrial barrens, because these habitats seem not comparable with less disturbed sites [5, 6, 10].

The state of the regional and phytocoenological species pool and the relationship between autochthonous and allochthonous species may help to describe the importance and potential risks of biological invasions. Life strategy types reflect the interactions between species trade-offs and environmental constraints. The species preferences for different hemerobic steps may be used as indicators of human impacts especially in agricultural and urban landscapes and ecological indication values for different site qualities.

Biodiversity in its different aspects can only be successfully sustained, if the multitude of biological interactions with the human way of life in and subsiding on ecosystems are considered. A regional application of these principles is necessary for sustainable landscape planning.

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 (behavior) 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 adapts 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.

The program is ambitious. Essential elements are: to consider temporal and spatial interactions, to involve an adapted management of all ecosystems, an integrative monitoring of changes in ecosystem structures and functions, the interdisciplinary research with a broad perspective and a close cooperation with stakeholders and decision makers, cooperative decision-making including scientists, landscape planners, politicians and the local and regional population, to include integrative ecological perspectives in the spatial and temporal planning procedures, the attempt to carry out appropriate decentralized decision-making and, last not least, to implement all regions with various population densities into a sustainable ecosystem management.

References

1. *Brooker R. W., Callaghan T. V.* The balance between positive and negative plant interactions and its relationship to environmental gradients: a model // *Oikos*. – 1998. – № 81.– P. 196-207.
2. *Campbell B. D., Grime J. P.* An experimental test of plant strategy theory // *Ecology*. – 1992. – № 1.– P. 15-29.
3. *Charles P., Eric G., Toffler M.* *Urban Ecology and the Restoration of Urban Ecosystems*. – New York: New York Times, 2002. – 640 p.
4. *Dierssen K.* Indicating botanical diversity – structural and functional aspects based on case studies from Northern Germany // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6.– P. 94-103.

5. *Franzle O.* Complex bioindication and environmental stress assessment // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6. – P. 114-136.
6. *Frerot H., Lefebvre C., Gruber W., Collin C., Santos A., Escarre J.* Specific interactions between local metallophilous plants improve the phytostabilization of mine soils // *Plant Soil*. – 2006. – № 282. – P. 53-65.
7. *Grime G. P., Hodgson J. C., Hunt R.* Integrated screening validates primary axes of specialisation in plants // *Oikos*. – 1997. – № 79. – P. 259-281.
8. *Hooper D. U.* The role of complementarity and competition in ecosystem responses to variation in plant diversity // *Ecology*. – 1998. – № 9. – P. 704-719.
9. *Jessel B.* Elements, characteristics and character – Information functions of landscapes in terms of indicators // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6. – P. 153-167.
10. *Kozlov M. V., Zvereva E.L.* Changes in species richness of vascular plants under the impact of air pollution: a global perspective // *Global Ecology and Biogeography*. – 2008. – № 17. – P. 305-319.
11. *Kozlov M. V., Zvereva E. L.* Industrial barrens: extreme habitats created by non-ferrous metallurgy // *Rev. Environ. Sci. Biotechnol.* – 2007. – № 6. – P. 231-259.
12. *Lee K. J., Ryu C. H., Kim S. H.* Air pollution and interactions between organisms in forest ecosystems // *Techn. Univ. Dresden*. – 1992. – P. 165-169.
13. *Magurran A. E.* *Measuring Biological Diversity*. – Oxford: Blackwell, 2004. – 256 p.
14. *Mason N. W. H., MacGillivray K., Steel J. B., Wilson J. B.* An index of functional diversity // *J. Veg. Sci.* – 2003. – № 14. – P. 571-578.
15. *Muller F.* Ecosystem based indicators in retrogressive successions of an agricultural landscape // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6. – P. 63-82.
16. *Safonov A. I., Safonova Y. S.* Phytoecological characteristics of industrial urban environment // *Problems of Ecology and Nature Protection of Technogen Region*. – Donetsk: DNU, 2007. – № 7. – P. 70-77.
17. *Singh J., Agrawal M., Narayan D.* Effect of power plant emissions on plant community structure // *Ecotoxicology*. – 1994. – № 3. – P. 110-122.
18. *Tilman D.* *Plant strategies and the dynamics and structure of plant communities*. – Princeton: Princeton Univ. Press, 1988. – 360 p.
19. *Venturelli R. C.* Integrated indicators in environmental planning: methodological considerations and applications // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6. – P. 228-237.
20. *Wu J., Jelinsky D. E., Luck M., Tueller P. T.* Multiscale analysis of landscape heterogeneity: scale variances and pattern metrics // *Geographia Inf. Sci.* – 2000. – № 6. – P. 6-19.
21. *Yoccoz N. G., Nichols J. D., Boulinier T. U.* Monitoring of biological diversity in space and time // *Trends Ecol. Evol.* – 2001. – № 16(8). – P. 446-453.
22. *Zurlini G.* Indicating retrospective resilience of multi-scale patterns of real habitats in a landscape // *Ecological Indicators*. – 2006. – № 6. – P. 184-204.
23. *Захаров В. М., Баранов А. С., Борисов В. И., Валецкий А. В., Кряжева Н. Г., Чистякова Е. К., Чубинишвили А. Т.* *Здоровье среды: методика оценки. Центр экологической политики России*. – М.: Центр здоровья среды, 2006. – 108 с.

Сафонов А. І. Нові діагностичні критерії комплексної фітоіндикації для апробації в Донбасі. – Обґрунтовано практичні можливості принципово важливих блоків інтегрування напрямків промислової індикаційної ботаніки. Потенціалізовано показники структурної трансформації рослин, їх флуктуаційної асиметрії в умовах техногенних та природних екотопів. Враховано стратегії виживання рослин у несприятливих умовах зростання.

Ключові слова: фітоіндикація, діагностика стану довкілля, Донбас.

Сафонов А. И. Новые диагностические критерии комплексной фитоиндикации для апробации в Донбассе. – Обоснованы практические возможности принципиально важных блоков интегрирования направлений промышленной индикационной ботаники. Потенциализированы показатели структурной трансформации растений, их флуктуационной асимметрии в условиях техногенных и природных экотопов. Учтены стратегий выживания растений в неблагоприятных условиях произрастания.

Ключевые слова: фитоиндикация, диагностика состояния среды, Донбасс.

УДК 595.799:591.9

А. В. Амолин
ГНЕЗДОСТРОЯЩИЕ ПЧЕЛЫ ТРИБЫ ANTHIDIINI
(HYMENOPTERA: MEGACHILIDAE) ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ
Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: alastor@univ.donetsk.ua

Амолин А. В. Гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) юго-востока Украины. – Приведен аннотированный список 10 видов гнездостроящих пчел трибы Anthidiini юго-востока Украины.

Ключевые слова: гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini, аннотированный список, юго-восток Украины.

Введение

Мировая фауна пчел трибы Anthidiini насчитывает 659 видов из 37 родов [1]. По количеству видов эта триба занимает третье место в подсемействе Megachilinae, уступая по этому показателю трибам Osmiini и Megachilini, однако выделяется наибольшим родовым разнообразием среди всех триб этого подсемейства. Триба объединяет как гнездостроящие виды пчел (подавляющее большинство родов и видов), так и клептопаразитических пчел, не строящих собственных гнезд, а откладывающих свои яйца в ячейки гнездостроящих видов (род *Stelis*). Гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini насчитывают в Донецкой области 10 видов из 5 родов [2, 3] (подсчет родов нами проведен с учетом классификации Michener, [1]). В Украине наибольшее количество видов этих пчел отмечено в Крыму (16 видов из 5 родов) [4].

Целью данного сообщения было представить аннотированный список гнездостроящих пчел трибы Anthidiini юго-востока Украины на основе имеющихся литературных данных, а также собственных исследований.

Материал и методы исследований

Основой для составления данного списка послужили личные сборы автора и наблюдения, проведенные в период с 1996 по 2007 гг. Кроме того, нами был изучен коллекционный материал кафедры зоологии Донецкого национального университета. Сбор материала проводили по общепринятым методикам: индивидуальный лов на цветущих растениях, энтомологическое кошение, лов возле гнезд.

Аннотация для каждого вида в списке включает: название вида, литературные данные о находках вида на изучаемой территории, ареал вида, оригинальные данные и литературные сведения по экологии и биологии, собранный материал. Материал, собранный автором, приводится без указания фамилии сборщика. Нумерация видов в списке сквозная.

Результаты и обсуждение

Ниже приводим аннотированный список 10 видов гнездостроящих пчел трибы Anthidiini Юго-Восточной Украины (Донецкая и Луганская области).

Семейство *Megachilidae*
Подсемейство *Megachilinae*
Триба *Anthidiini*
Род *Anthidiellum* Cockerell, 1904

1. *Anthidiellum* (s. str.) *strigatum* (Panzer, 1805)

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.; Ромасенко [3] – заповедник "Хомутовская степь".

Ареал. Ареал вида включает Европу, Кавказ, Западный Казахстан, Центральноазиатскую часть бывшего СССР, Западную Сибирь, Дальний Восток России, Северную Африку [5]. Анализируя распространение данного вида [5], его можно отнести к группе транспалеарктических полизональных видов. В Украине распространен по всей территории [3].

Экология и биология. На исследуемой территории, по-видимому, не редкий, широко распространенный вид. Самки строят свободные ячейки из смолистых веществ, прикрепляя их основанием к поверхности камней в виде линейного ряда [6] или одиночно в разветвлениях колючих ветвей кустарников [7]. Вид приурочен к цветкам бобовых (Fabaceae) [3, 8].

Материал. Донецкая обл.: Славянский р-н, ♂, ♀, окр. с. Богородичное, 10.07.2000 (Сергеев); Константиновский р-н., ♂, ♀, региональный ландшафтный парк "Клебан Бык", 28.06.2006.

Род *Anthidium* Fabricius, 1804

2. *Anthidium* (s. str.) *cingulatum* Latreille, 1809

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.; Ромасенко [3, 9] – заповедник "Каменные могилы"; Амолин, Ярошенко [10] – окрестности Донецка и Макеевки.

Ареал. Ареал вида охватывает Центральную и Южную Европу, Северную Африку, Кавказ, Сибирь [5]. В Украине распространен в Крыму, степной и лесостепной зонах [3, 4, 11].

Экология и биология. Гнездится в готовых полостях в различных субстратах (сухие полые стебли, старые гнезда перепончатокрылых) [3], сооружая линейные, многоячейковые гнезда. Гнездостроительный материал – ватообразная масса, полученная из опушения и волокон листьев и стеблей растений [3]. Полилект с предпочтением цветков бобовых [3], яснотковых (Lamiaceae) и астровых (Asteraceae) [12]. По нашим наблюдениям вид немногочисленен, обитает в ксеро-мезофитных стациях как в зональных (степные балки), так и в аazonальных (поймы рек) ландшафтах.

Материал. Донецкая обл.: Амвросиевский р-н, ♂, окр. пос. Грузско-Ломовка, 22.08.1997; Артемовский р-н, ♀, окр. с. Дроновка, 20.06.2003; ♂, окр. г. Докучаевска, 14.08.2004; ♀, 2 км В. г. Донецка, 14.06.2007; Луганская обл.: Краснодонский р-н, 2 ♀♀, окр. с. Дубовка, 24.08.2006; Станично-Луганский р-н, ♂, окр. ст. Кондрашевская Новая, 21.08.2006.

3. *Anthidium* (s. str.) *florentinum* (Fabricius, 1775)

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.; Амолин, Ярошенко [10] – окрестности Донецка и Макеевки.

Ареал. Ареал вида включает Южную и Центральную Европу, Центральноазиатскую часть бывшего СССР, Кавказ, Сибирь, Малую Азию, Сирию [5]. В Украине распространен, по-видимому, по всей территории.

Экология и биология. Гнездится в готовых полостях в различных субстратах; ячейки изготавливаются из растительных волокон, переработанных в ватообразную массу, пробка гнезда делается из листового теста [7]. Вид заселяет искусственные гнездовые конструкции (тростниковые пучки) [13; личные наблюдения]. Урботолерантный вид (адаптирован к обитанию в антропогенных ландшафтах). Полилект с предпочтением цветков Fabaceae и Lamiaceae [12].

Материал. Донецкая обл.: ♂, Юго-Восточные окр. г. Донецка, 24.08.2003; ♂, г. Донецк, парк Ленинского Комсомола, 09.07.1999 (Жук); ♂, парк им. Щербакова, 18.07.2000 (Губина); ♂, там же, 20.07.2001 (Бильченко); ♀, г. Донецк, урочище Бахмутка, 03.07.2001 (Горобец); ♂, там же, 14.07.2006; ♂, там же, 27.06.2007; Новоазовский р-н, ♀, пос. Безыменное, 27.07.2003; Володарский р-н, ♂, заповедник "Каменные могилы" (инкубация из гнезда в тростниковом пучке, 2006 год).

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

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.; Ромасенко [3] – заповедник "Хомутовская степь"; Амолин, Ярошенко [10] – окрестности г. Донецка и г. Макеевки; Амолин [14] – заповедник "Хомутовская степь".

Ареал. Ареал вида охватывает Голарктику, а также частично Южную Америку (Бразилия, Уругвай, Аргентина) [5]. В Украине распространен по всей территории [3].

Экология и биология. На изучаемой территории нами отмечен как самый обычный и широко распространенный вид данного рода. Вид гнездится в готовых полостях в различных субстратах (полые сухие стебли растений, ходы насекомых-ксилофагов в древесине, щели в глиняных стенах, и др.) [3]. Охотно заселяет искусственные гнездовые конструкции (тростниковые пучки) [13; личные наблюдения]. Данный вид, благодаря широкому спектру используемых для гнездования полостей, наряду с некоторыми другими видами пчел-антидий, адаптировался к обитанию в антропогенных ландшафтах (селитебные городские и сельские, включая агроландшафты). В пределах г. Донецка гнездование вида отмечали на приусадебных участках в кирпичных стенах различных строений (в полостях между кирпичной кладкой). Причем для гнездования самки выбирают замкнутые (с одним входом) полости. По нашим наблюдениям, самцы данного вида в течение дневной части суток держатся в верхнем ярусе кормовых растений (мята лесная, пустырник пятилопастный), на небольших участках (размер участка определяется площадью цветущей куртины кормового растения), вблизи от места гнездования. При этом на таких участках наблюдали копуляцию у данного вида на цветках кормовых растений. Самцы в поисках самок активно летают между цветущими растениями и часто нападают на других насекомых питающихся нектаром и пыльцой (мухи-журчалки, пчелы, осы), сбивая их с цветков и иногда, преследуя в воздухе на некоторое расстояние. Такая особенность поведения самцов, по-видимому, кроме оплодотворения самок, обеспечивает также снижение конкуренции за кормовой ресурс (пыльцу и нектар) на ограниченной территории. Самки в качестве гнездостроительного материала используют опушение стеблей растений (часто кормовых). При этом, по нашим наблюдениям, самка счищает мандибулами волоски (трихомы) со стебля пустырника и передними ногами формирует округлый ватообразный комок, которой затем транспортирует по воздуху в строящееся гнездо. В одном случае самка отстроила двойную гнездовую пробку (внутренний слой из "ваты", наружный из мелких (3-4 мм в поперечнике) несвязанных между собой кусочков земли). Полилект с предпочтением цветков Fabaceae и Lamiaceae [3]. По нашему мнению, данный вид специализирован к питанию на зигоморфных венчиках цветков семейств Fabaceae и Lamiaceae.

Материал. Донецкая обл.: ♂, Юго-Восточные окр. г. Донецка, 12.06.1997; ♂, г. Донецк, 29.07.2000 (Жадан); ♀, парк им. Щербакова, 26.06.2006; ♀, пос. Калинкино, 10.07.2001; Новоазовский р-н, ♂, ♀, заповедник "Хомутовская степь", 14.07.2001; Володарский р-н, 3 ♂♂, заповедник "Каменные могилы" (инкубация из гнезда в тростниковом пучке, 2006 г.); Волновахский р-н, ♀, окр. с. Анадол, 30.08.2003.

5. *Anthidium (s. str.) punctatum* (Latreille, 1809)

Литературные данные. Ромасенко [3] – заповедник "Хомутовская степь"; Ромасенко [9] – заповедник "Каменные могилы"; Амолин [14] – заповедник "Хомутовская степь".

Ареал. Ареал вида охватывает Европу, Северную Африку, Кавказ, Центральную Азию, Северный Казахстан, Монголию [5]. Анализируя распространение данного вида [5] его можно отнести к группе транспалеарктических полизональных видов. В Украине, за исключением Карпат, встречается повсюду [3]. По данным С. П. Иванова и соавт. [4] вид отсутствует в Крыму.

Экология и биономия. Нами вид отмечен в степных биотопах (склоны балок). Гнездится в готовых полостях в почве, чаще в песчаной, в старых гнездах других пчел, в щелях под камнями [3]. Ячейки самки изготавливают из ватообразной массы с добавлением песка и кусочков древесины [6]. Самки посещают цветки бобовых (Fabaceae), астровых (Asteraceae) и мальвовых (Malvaceae), с предпочтением бобовых [3].

Материал. Донецкая обл.: 2 ♂♂, Юго-Восточные окр. г. Донецка, 06.07.2002; Константиновский р-н, ♀, окр. с. Клебан Бык, 16.06.2000 (Сергеев); Луганская обл.: Свердловский р-н, ♀, заповедник "Провальская степь", 04.07.2001; ♂, там же, 28.07.2004 (Мороз).

6. *Anthidium (Proanthidium) oblongatum* (Illiger, 1806)

Литературные данные. Ромасенко [3] – заповедники "Хомутовская степь" и "Каменные могилы"; Ромасенко [9] – заповедник "Каменные могилы"; Амолин [14] – заповедник "Хомутовская степь".

Ареал. Ареал вида включает Южную, Центральную и Восточную Европу, Северную Африку, Кавказ, Центральноазиатскую часть бывшего СССР [5]. В Украине, за исключением Горного Крыма, вид распространен по всей территории [3].

Экология и биономия. Нами отмечен на гранитных обнажениях в степных биотопах. Гнездится в широких щелях, в углублениях камней, сооружая из "ватной" массы ячейки, соединенные между собой в виде сплошной дискоидальной массы [3]. Олиголект на цветках Fabaceae [3].

Материал. Донецкая обл.: Волновахский р-н, ♂, окр. с. Анадоль, 26.08.2001; Старобешевский р-н, ♂, 4 км З. пос. Раздольное, 31.08.2002; ♂, там же, 16.08.2003.

Род *Icteranthidium* Michener, 1948

7. *Icteranthidium laterale* (Latreille, 1809)

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.; Амолин, Ярошенко [10] – окр. г. Донецка и г. Макеевки; Амолин [14] – заповедник "Хомутовская степь".

Ареал. Ареал вида охватывает Южную, Восточную и Центральную Европу, Кавказ, Малую Азию, Казахстан, Центральноазиатскую часть бывшего СССР, Северную Африку [5].

Экология и биономия. По данным С. И. Мальшева [цит. по: 8], самки сооружают в почве камерные гнезда с основным ходом. По данным В. Г. Радченко [15] вид приурочен к участкам песчаной степи. Гнезда находили на склонах степных балок в супесчаной почве. Лет отмечен с начала июля до конца сентября. Олиголект на цветках Asteraceae [8]. В окр. г. Донецка имаго отмечали при питании и сборе пыльцы на цветках татарника колючего (*Onopordum acanthium* L.).

Материал. Донецкая обл.: ♀, г. Макеевка, 05.07.1996; Ясиноватский р-н, ♀, окр. с. Каменка, 15.08.1997; Новоазовский р-н, ♂, заповедник "Хомутовская степь", 20.09.2003.

Род *Pseudoanthidium* Friese, 1898

8. *Pseudoanthidium* (s. str.) *lituratum* (Panzer, 1801)

Литературные данные. Радченко [2, 16] – Донецкая обл.; Ромасенко [3] – заповедники "Хомутовская степь" и "Каменные могилы"; Ромасенко [9] – заповедник "Каменные

могилы"; Амолин, Ярошенко [10] – окр. г. Донецка и г. Макеевки (во всех работах приводится как *Paranthidiellum lituratum* (Pz.)).

Ареал. Древнесредиземноморский вид [16]. Ареал вида включает Европу, Кавказ, Северную Африку, Центральную Азию [5]. В Украине, за исключением Полесья, распространен повсюду [3].

Экология и биония. На изучаемой территории достаточно обычный вид, встречающийся как в природных, так и в антропогенных ландшафтах. Вид гнездится в сухих стеблях травянистых растений, ветках и стволах деревьев и кустарников, в старых галлах орехотворок; при этом самки либо гнездятся в готовых полостях либо выгрызают гнездовой канал в мягкой сердцевине стеблей и веток растений [3]. Охотно заселяет тростниковые пучки [13; личные наблюдения]. По данным В. Г. Радченко [16] вид гнездится как в полых стеблях растений, так и в стеблях с мягкой сердцевиной (рогоз, камыш); самки занимают полости с диаметром 4,5-6,0 мм, делают ячейки, из отслоенных в виде ваты волокон растений и располагают их линейно по 4-10 штук в одном гнезде. По нашим наблюдениям вид гнездится в полых стеблях растений (сухие стебли зонтичных) и тростниковых пучках. В одном из вскрытых и изученных гнезд, найденном в стебле растения из семейства Ариáceе, гнездовая пробка кроме ватообразного внутреннего слоя (толщиной 15 мм), включала наружный слой (толщиной 8 мм) изготовленный из стружки, полученной в результате выгрызания внутренних стенок гнездовой полости. Кроме того, гнезда данного вида находили в сухих стеблях бузины и малины. Олиголект на цветках Asteraceae [8]. Нами отмечен на цветках *Carduus* sp., *Onopordum acanthium* L.

Материал. Донецкая обл.: ♀, г. Макеевка, 30.06.1996; ♀, там же, 21.09.1996; ♀, Юго-Восточные окр. г. Донецка, 07.2001; ♀, там же, 22.06.2002; ♂, там же, 06.06.2007; Константиновский р-н, ♂, региональный ландшафтный парк "Клебан-Бык", 25.07.2005; Луганская обл.: Свердловский р-н, ♀, заповедник "Провальская степь", 23.09.2002 (Мороз); Антрацитовский р-н, 3 ♀♀, окр. с. Дьяково, 22.08.2007 (Коновалов).

Род *Trachusa* Panzer, 1804

9. *Trachusa (Paraanthidium) interrupta* (Fabricius, 1781)

Литературные данные. Ромасенко [9] – заповедник "Каменные могилы".

Ареал. Ареал вида включает Южную и Центральную Европу, Малую Азию, Кавказ [5].

Экология и биония. Гнездится в полостях в почве, самки изготавливают ячейки из лентовидных полосок листьев и смолы [9]. Полилект, с предпочтением цветков Asteraceae [9]. В наших сборах этот вид отсутствует, на изучаемой территории, редкий, заслуживающий всесторонней охраны вид.

10. *Trachusa (s. str.) byssina* (Panzer, 1798)

Литературные данные. Радченко [2] – Донецкая обл.

Ареал. Ареал вида охватывает большую часть Европы (на юге локально), Сибирь, Северную Азию, Закавказье [5].

Экология и биония. Нами вид отмечен в долине Северского Донца. Гнездится в почве, сооружая линейно-ветвистые гнезда [6]. Ячейки самки этого вида изготавливают из полосок листьев и смолы [8]. Узкий олиголект на *Lotus corniculatus* (Fabaceae) [8].

Материал. Донецкая обл.: Артемовский р-н, ♀, окр. с. Дроновка, 07.2002; Славянский р-н, ♂, окр. с. Богородичное, 12.07.1985 (Мулик).

Приведенные в списке данные о распространении, экологии и бионии, выявленных видов, нами суммированы в табл. 1.

Таблица 1

Типы ареала, места и способы гнездования, гнездостроительный материал, трофические связи гнездостроящих пчел трибы Anthidiini юго-востока Украины

Вид	Тип ареала	Место и способ устройства гнезда	Гнездостроительный материал	Трофические связи
<i>Anthidiellum strigatum</i>	Транспалеарктический полизональный	Свободные гнезда на открытых местах	Смола и воск растительного происхождения	Олиголект на цветках Fabaceae
<i>Anthidium cingulatum</i>	Древнесредиземно-морский полизональный	Линейные, многоячейковые гнезда в готовых полостях (чаще в полых стеблях растений)	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений	Полилект с предпочтением цветков Fabaceae, Lamiaceae, Asteraceae
<i>Anthidium florentinum</i>	Древнесредиземно-морский полизональный	Линейные, многоячейковые гнезда в готовых полостях (с широким выбором полостей используемых для гнездования)	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений; гнездовая пробка – из лиственной замазки	Полилект с предпочтением цветков Fabaceae, Lamiaceae
<i>Anthidium manicatum</i>	Голарктический полизональный	Линейные, многоячейковые гнезда в готовых полостях (с широким выбором полостей используемых для гнездования)	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений	Полилект с предпочтением цветков Fabaceae, Lamiaceae
<i>Anthidium punctatum</i>	Транспалеарктический полизональный	Многоячейковые гнезда в готовых полостях в почве	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений с добавлением песка и кусочков древесины	Полилект с предпочтением цветков Fabaceae
<i>Anthidium oblongatum</i>	Западнопалеарктический полизональный	Многоячейковые, свободные гнезда в широких щелях и углублениях камней	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений	Олиголект на цветках Fabaceae
<i>Icteranthidium laterale</i>	Древнесредиземно-морский псаммофильный	Многоячейковые, камерные гнезда в почве	Почва	Олиголект на цветках Asteraceae
<i>seudoanthidium lituratum</i>	Древнесредиземно-морский полизональный	Линейные, многоячейковые гнезда в готовых полостях, а также в стеблях растений с мягкой сердцевиной	Ватообразная масса, приготовленная из волокон и опушения стеблей и листьев растений, стружка из внутренних стенок гнездовой полости	Олиголект на цветках Asteraceae
<i>Trachusa interrupta</i>	Средиземноморский	Многоячейковые гнезда в готовых полостях в почве	Лентовидные вырезки листьев и растительная смола	Полилект с предпочтением цветков Asteraceae
<i>Trachusa byssina</i>	Транспалеарктический лесной	Многоячейковые, линейно-ветвистые гнезда в почве	Спиралевидные вырезки листьев и растительная смола	Узкий олиголект на <i>Lotus corniculatus</i> , реже на других бобовых

Выводы

1. На территории Донецкой и Луганской областей отмечено 10 видов из 5 родов гнездостроящих пчел трибы Anthidiini.

2. В зоогеографическом аспекте фауна исследуемых пчел делится на две группы; группа широкораспространенных транспалеарктических (3 вида), голарктических (1 вид), западнопалеарктических (1 вид) видов и группа древнесредиземноморских (4 вида) и средиземноморских (1 вид) видов. Обе группы представлены одинаковым числом видов.

3. По месту и способу устройства гнезд, выявленные виды распределены следующим образом: 2 вида (*Icteranthidium laterale* и *Trachusa byssina*) самостоятельно выкапывают гнезда в почве; ещё 2 вида (*Anthidiellum strigatum* и *Anthidium oblongatum*) строят свободные гнезда, причем *Anthidiellum strigatum* строит гнезда на открытых местах, прикрепляя ячейки одиночно или группой к камням и ветвям колючих кустарников, а *Anthidium oblongatum* только в широких полостях, размещая ячейки в виде сплошной дискоидальной массы; оставшиеся 6 видов устраивают гнезда в готовых полостях различного происхождения, из них *Pseudoanthidium lituratum* выделяется тем, что способен гнездится также в стеблях растений с мягкой сердцевиной (самостоятельно выгрызая гнездовой канал), а виды *Anthidium punctatum* и *Trachusa interrupta* выбирают для гнездования полости только в почве.

4. Гнездостроящие пчелы трибы Anthidiini, отмеченные на исследуемой территории, характеризуются специализацией при выборе кормовых растений. Из 10 отмеченных видов семь имеют разную степень приуроченности к зигоморфным венчикам Fabaceae и Lamiaceae, три вида (*Icteranthidium laterale*, *Pseudoanthidium lituratum* и *Trachusa interrupta*) в разной степени приурочены к цветкам Asteraceae.

5. К числу обычных и широко распространенных на данной территории (в том числе и в антропогенных ландшафтах) видов исследуемой группы пчел относятся: *Anthidium manicatum*, *A. florentinum* и *Pseudoanthidium lituratum*. По нашему мнению высокая численность и широкое распространение вышеуказанных трех видов связана с широким спектром выбора полостей для гнездования, а также способностью вида *Pseudoanthidium lituratum* гнездится в стеблях с мягкой сердцевиной, что ещё больше увеличивает количество подходящих мест для гнездования этого вида. К числу редких, заслуживающих охраны, видов можно отнести редкий для фауны Украины вид *Trachusa (Paraanthidium) interrupta*.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность доценту кафедры зоологии и энтомологии Харьковского национального аграрного университета им. В. В. Докучаева канд. биол. наук М. А. Филатову за оказанную помощь при идентификации части материала, и предоставлении части литературных источников, а также аспиранту кафедры экологии и рационального природопользования Таврического национального университета им. В. И. Вернадского (г. Симферополь) А. В. Фатерыге за помощь в предоставлении части литературных источников.

Список литературы

1. Michener C. D. The bees of the World. – Baltimore and London: The Johns Hopkins University Press, 2000. – 913 p.
2. Радченко В. Г. Биология пчелиных юго-восточной Украины: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. – К., 1982. – 359 с.
3. Ромасенко Л. П. Пчелы-мегахилиды (Apoidea, Megachilidae) Украинского государственного степного заповедника (Хомутовская степь, Каменные могилы). – К.: Ин-т зоологии АН УССР, 1990. – 64 с.
4. Иванов С. П., Филатов М. А., Фатерыга А. В. Чеклист пчел-мегахилид (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) фауны Крыма // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана (Тематич. сб. науч. тр.). – Симферополь: ТНУ, 2007. – Вып. 17. – С. 3-12.

5. *Banaszak J., Romasenko L.* Megachilid bees of Europe (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). – Bydgoszcz: Pedagogical Univ. Bydgoszcz, 1998. – 239 p.
6. *Ромасенко Л. П.* Определитель гнезд мегахилид (Apoidea, Megachilidae) европейской части СССР. – К.: Ин-т зоологии АН УССР, 1990. – 37 с.
7. *Гутбир А.* О классификации и развитии гнезд ос и пчел // Тр. Русск. энтомол. общ-ва. – 1916. – Т. 41, № 7. – С. 1-57.
8. *Радченко В. Г., Песенко Ю. А.* Биология пчел (Hymenoptera, Apoidea). – СПб.: ЗИН РАН, 1994. – 350 с.
9. *Ромасенко Л. П.* Пчелы-мегахилиды (Apoidea, Megachilidae) "Каменных могил" // Тр. филиала УСПЗ "Каменные могилы" (Юбилейный сб.). – К.: Фитосоцицентр, 1998. – Вып. 1. – С. 104-110.
10. *Амолин А. В., Ярошенко Н. Н.* К фауне пчел (Hymenoptera, Apoidea) Донецко-Макеевской городской агломерации // Тез. докл. науч. конф. Донецького нац. ун-ту за підсумками наук.-дослід. роботи за період 1999-2000 рр. (секція біол. наук). – Донецьк: ДонНУ, 2001. – С. 3-5.
11. *Бокотей О. М.* Дикі бджолині родини Megachilidae (Hymenoptera, Apoidea) Українських Карпат // Наук. зап. Державного природознавчого музею. – Львів, 2003. – Т. 18. – С. 85-92.
12. *Иванов С. П., Андрийченко А. С., Фатерыга А. В.* Пчелы-мегахилиды (Hymenoptera: Apoidea: Megachilidae) в структуре биоразнообразия диких пчел Предгорий Крыма // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана (Тематич. сб. науч. тр.). – Симферополь: ТНУ, 2005. – Вып. 15. – С. 86-97.
13. *Иванов С. П., Жидков В. Ю., Фатерыга А. В.* Поддержка популяций диких пчел-мегахилид (Hymenoptera: Megachilidae) в местах естественного гнездования в Крыму // Фальцфейнівські читання (Зб. наук. пр. в 2-х т.). – Херсон: Terra, 2005. – Т. 1. – С. 209-213.
14. *Амолин А. В.* Некоторые особенности фауны и гнездовой биологии жалоносных перепончатокрылых (Hymenoptera: Aculeata) отделения Украинского степного природного заповедника "Хомутовская степь" // Экология и фауна юго-востока Украины / Под ред. Н. Н. Ярошенко. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – С. 34-36.
15. *Радченко В. Г.* Стациональное распределение пчел (Hymenoptera: Apoidea) на территории юго-восточной части Украины // Тез. доп. Респ. энтомол. конф. – Ніжин: ТОВ "Наука-сервіс", 2000. – С. 108.
16. *Радченко В. Г.* О гнездовании пчелы *Paranthidiellum lituratum* и о паразитировании в ее гнездах *Stelis punctulatifissima* // Вестн. зоол. – 1985. – № 3. – С. 77-79.

Амолин О. В. Гніздобудуючі бджоли триби Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) південного сходу України. – Наведено анований список 10 видів гніздобудуючих бджол триби Anthidiini південного сходу України.

Ключові слова: гніздобудуючі бджоли триби Anthidiini, анований список, південний схід України.

Amolin A. V. Nest-building bees tribe Anthidiini (Hymenoptera: Megachilidae) of the South-Eastern Ukraine. – The annotate list of 10 species of nest-building bees tribe Anthidiini from South-Eastern Ukraine has been given.

Key words: nest-building bees tribe Anthidiini, annotate list, South-Eastern Ukraine.

К. В. Курячий¹ А. И. Тупиков²
НОВЫЕ ДАННЫЕ ОБ УЗОРЧАТОМ ПОЛОЗЕ (*ELAPHE DIONE PALLAS*, 1773)
В ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ

¹Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: saurusss@mail.ru

²Харьковский национальный университет им. В. Н. Каразина; 61077, г. Харьков, пл. Свободы, 4

Курячий К. В., Тупиков А. И. Новые данные об узорчатом полозе (*Elaphe dione Pallas*, 1773) в Донецкой области. – Представлены данные о местах обитания и экологических особенностях *Elaphe dione Pallas*, 1773 в Донецкой области. Наибольшая плотность популяции обнаружена возле г. Краматорска (территория РЛП "Краматорский"). На основании изучения 27 взрослых особей из этого района проведено исследование признаков фоллидоза и сравнительная его характеристика для самцов и самок. Представлены данные о динамике численности вида за 1999-2008 гг.

Ключевые слова: узорчатый полоз, *Elaphe dione*, места обитания, фоллидоз, численность, региональный ландшафтный парк "Краматорский", Донецкая область.

Введение

Узорчатый полоз (*Elaphe dione Pallas*, 1773) – наименее изученный из представителей герпетофауны Донецкой области и Украины в целом [6]. Сведения о распространении и особенностях биологии этого редкого вида змей, подлежащего внесению в третье издание Красной книги Украины, крайне скудны, а по ряду аспектов – отсутствуют. В такой ситуации трудноосуществима разработка планов каких-либо научно-обоснованных мероприятий по его охране. Также сведения о популяциях из указанных регионов представляют значительный интерес для таксономических исследований, изучения процессов формирования популяционных структур видов в целом и т.д.

В соответствии с перечисленными актуальными вопросами, в задачи настоящего исследования входило выявление мест обитания *E. dione* на территории Донецкой области, изучение численности популяций, их структуры, морфометрических характеристик особей и фоллидоза, особенностей экологии.

Материал и методы исследований

Материалом для исследования послужила популяция *E. dione* из северной части Донецкой области. Описание морфометрических характеристик, фоллидоза и их сравнительный анализ (использован t-критерий Стьюдента) на предмет выявления полового диморфизма сделаны на основе данных изучения 27 взрослых особей, отловленных в течение 2008 г., данные по другим аспектам, в том числе колебаниям численности, получены в период 1999-2008 гг. Подсчеты численности производились по стандартной методике линейных трансект [11]. Длина трансекты – 3 км, ширина – 3 м; она полностью располагается в пределах одного биотопа. В соответствии с методикой, учеты производились при оптимальной для активности рептилий погоде и в соответствующее, с учетом сезона, время суток. Ежемесячно проводилось 3-4 учета.

Результаты и обсуждение

Расположение и характеристика местообитаний. В определенный период присутствие *E. dione* на территории Украины подвергалось сомнению [10]. Первые достоверные и имеющие точную географическую привязку находки относятся к 30-м годам ХХ в. [3, 5, 6, 9, 10] С тех пор был сделан ряд новых находок, главным образом – на территории Донецкой и Луганской областей. До настоящего времени в Донецкой области этот вид известен из заповедника "Хомутовская степь", окр. г. Артемовска, пос. Кривая Лука, окр. г. Суходольска, заповедника "Каменные могилы" и еще нескольких точек [1-10].

Нами дополнительно выявлено либо вновь подтверждено четыре местообитания узорчатого полоза в северной части Донецкой области. Три из них сосредоточены в пределах административной границы г. Краматорска:

1 – участок, лежащий в "треугольнике" между пос. Беленькое, пос. Васильевская Пустошь и пос. Першомарьевка (Малиновка) – в пределах административной границы г. Краматорска (частично – территория РЛП "Краматорский"). Данные о присутствии здесь этого вида публиковались и ранее, другими авторами [1];

2 – участок к западу от пос. Ясногорка (г. Краматорск).

3 – к северо-востоку от пос. Белокузьминовка (Константиновский р-н) – территория РЛП "Краматорский". В этом районе Т. И. Котенко в 1984 г. уже была отловлена особь *E. dione* [5, 6].

4 – к северо-востоку от пос. Александрово-Калиново (Константиновский р-н, территория РЛП "Клебан-Бык").

Характеристики участков 1-3 очень сходны: рельеф волнистый, сильно пересеченный многочисленными разветвленными балками и ярами. Характерны кварцевые жилы и масштабные выходы на поверхность меловых пород и приуроченные к ним формы рельефа – останцы и карстовые явления – пещеры, трещины и т.п.

Биотопическая структура характеризуется мозаичностью: присутствуют участки типичной разнотравно-типчаково-ковыльной степной растительности, реликтовые комплексы калькарофитов на меловых обнажениях, а также участки искусственных хвойных насаждений (участки 1 и 3), представленных соснами обыкновенной и крымской. Произрастают значительные по площади караганники. Кроме того, имеются небольшие байрачные леса, а также ветрозащитные полосы.

На участке 4 узорчатый полоз встречается в зоне достаточно крутых склонов (45-55°). Субстрат – песок, глина, глиноземы, характерны выходы песчаника и гранита. Растительность на склонах разрежена, присутствуют заросли кустарников, а также отдельно стоящие деревья.

Численность. Учеты численности проводились нами только на участке 1, во всех других перечисленных местообитаниях находки всегда были спорадичны. По нашим данным, полученным в результате регулярных многолетних учетов на стандартном 3-х километровом маршруте, в последние годы численность узорчатого полоза в описываемых местообитаниях признается стабильной, хотя и невысокой по сравнению с прошлыми годами (отмеченные пики приходятся на 2000 и 2004 гг. – 0,88 и 0,95 особей на 1 км маршрута, соответственно). В 2005 г. она упала до 0,33 особей/км, затем наблюдалось некоторое повышение (2006 г. – 0,67 особей/км, 2007 г. – 0,64 особей/км). В сезон 2008 г. усредненная численность составила 0,67 особей/км. Однако можно признать эти данные не совсем соответствующими действительности, поскольку погрешность могли внести погодные условия, а именно – высокие температуры во второй половине лета 2007-2008 гг., из-за чего змеи могли большую часть светлого времени суток скрываться в недоступных убежищах (фактически, за весь август 2008 г. нами было обнаружены 4 особи, усредненные данные по июлю и августу – 0,33 особи/км, в то время как за июнь – 1 особь/км, что отражает сезонную активность на поверхности).

Внешняя морфология. Описание внешней морфологии произведено по 27 взрослым особям, отловленным на территории участка 1. Распределение по полу в данной выборке произошло достаточно диспропорционально: 20 самцов (74,07%) и 7 самок (25,93%), что может говорить как о структуре популяции, так и этологических различиях полов. Несмотря на малое количество самок в выборке, мы провели сравнительный анализ по 7 признакам, результаты которого отражены в таблицах 1-3. Анализ показал достоверность различий по признакам L.cd., L/L.cd., Ventr. Предглазничный щиток – 1/1, большой, цельный (100%). Заглазничных, как правило, 2/2 (26 особей, 96%), 3/3 (1 особь, 4%). Верхнегубных – 8/8 (100%). Нижнегубных – 9-11 (n=23, в т.ч.: 9/9 – 8 (34,78%), 9/10 либо 10/9 – 7 (30,45%), 10/10 – 4 (17,39%), 10/11 – 2 (8,69%), 11/11 – 2 (8,69%), в целом доля ассиметричных по этому признаку особей составляет 39,14%. Темпоральных щитков 2 – 4 (n=11), в т.ч.: 2/2 – 6 (54,55%), 2/3 – 2 (18,18%), 3/3 – 1 (9,09%), 3/4 – 1 (9,09%), 4/4 – 1 (9,09%), доля ассиметричных особей – 27,27%.

Таблица 1

Характеристика популяции *E. dione* по размерам и фолидозу (самцы)

Признак	n	Xmin – Xmax	\bar{X}	S	$S_{\bar{x}}$
L.	20	490 – 1050	665,25	125,25	28,02
L.cd.	20	92 – 160	132,55	19,68	4,40
L./L. cd.	20	3,69 – 6,56	5,07	0,88	0,19
Sq.	17	23 – 25	24,43	0,97	0,37
Ventr.	18	180 – 205	196,11	7,92	1,87
S.cd.	18	59 – 73	64,56	3,93	0,93
Ventr./S.cd.	18	2,59 – 3,44	3,05	0,28	0,07

Таблица 2

Характеристика популяции *E. dione* по размерам и фолидозу (самки)

Признак	n	Xmin – Xmax	\bar{X}	S	$S_{\bar{x}}$
L.	7	320 – 160	532,86	211,02	79,63
L.cd.	7	55 – 140	91,14	35,22	13,29
L./ cd.	7	4,82 – 6,75	5,89	0,58	0,22
Sq.	5	23 – 27	25,00	1,41	0,71
Ventr.	6	201 – 203	202,00	1,15	0,58
S.cd.	6	62 – 65	63,50	1,29	1,12
Ventr./S.cd.	6	3,12 – 3,24	3,18	0,06	0,03

Таблица 3

Сравнение самцов и самок *E. dione* по 7 признакам

Признак	t ♂♀
L.	1,568
L.cd.	2,959
L./L.cd.	2,828
Sq.	0,713
Ventr.	3,008
S.cd.	0,934
Ventr./S.cd.	1,706

Распределение по территории. На сходных по характеристикам рельефа, грунтового состава и фитоценозам участках первой группы узорчатый полоз встречается, главным образом, на ровных местах, а также у подножий холмов. На ровных участках ландшафта предпочитает держаться вблизи мест с разреженной травянистой растительностью либо там, где она уничтожена полностью (противопожарные траншеи, окружающие сосновые посадки, действующие и заброшенные асфальтированные и грунтовые автодороги). Как правило, змеи придерживаются кустов шиповника, бересклета и т.п., растущих небольшими группами. Молодые особи часто могут быть обнаружены выгревающимися вдоль обочин, особенно в вечернее время. Значительно реже полозы обнаруживаются непосредственно на склонах (уклон – приблизительно до 50%). Известно также несколько находок в пределах широколиственных и хвойных массивов, а также одна – на территории кукурузного поля, непосредственно примыкающего к обычным местообитаниям, что, по всей видимости, следует признать случайным заполнением.

На территории РЛП "Клебан-Бык" (участок 4) узорчатые полозы были обнаружены нами в средней части склонов (уклон – около 45%) также вблизи групп кустарниковой растительности, один экземпляр – в верхней его части, попавшим в водосборный лоток, проходящий вдоль обочины автотрассы.

Нередки случаи заползания змей, в том числе узорчатых полозов, непосредственно на территорию прилегающих к местообитаниям поселков: информация, получаемая от местных жителей, подтверждается неоднократными находками раздавленных особей на внутренних дорогах вблизи границ населенного пункта.

Убежища. В качестве убежищ узорчатые полозы используют подземные пустоты под корнями растущих отдельно либо небольшими группами деревьев и кустарников, груды обломков мела и кремня, а также пустующие лисьи норы и норы грызунов (наблюдалась крупная особь, выгревавшаяся вблизи выхода из системы нор слепыша обыкновенного и скрывшаяся в нем при нашем приближении). На песчаном участке в районе пос. Першомарьевка, а также, вероятно, на территории РЛП "Клебан-Бык", змеи скрываются под гранитными валунами и плитами песчаника.

Отдельно следует отметить широко распространенное использование полозами убежищ антропогенного происхождения. Везде, где это возможно (вдоль границ поселков, на заброшенных огородах и развалинах зверофермы в районе пос. Васильевская пустошь, на стихийных свалках и т.п.) змей можно обнаружить под строительным мусором, причем предпочтение отдается обломкам волнистого шифера, который благодаря форме представляет собой, очевидно, идеальное убежище, которое при этом хорошо прогревается. Реже змей можно найти под листьями ДВП, деревянными досками, кусками толя и полиэтилена. Явное предпочтение отдается лежащим не первый сезон предметам, по всей видимости, из-за отсутствия под ними живой либо погибшей травы, что подтверждается нашими опытами по перекладыванию листов шифера с оголенной земли на траву в местах стихийных свалок, в течение сезона в этом же месте полозов можно было найти только под "нетронутыми" листьями. Теплоемкость шифера играет, вероятно, решающее значение в относительно прохладные периоды. С наступлением жары змеи перестают встречаться под ним, перемещаясь под более стойкие к разогреву предметы, что отчетливо наблюдается.

Описанные тенденции, связанные с антропогенными предметами, можно объяснить, очевидно, малым количеством удобных естественных убежищ на изучаемой территории, а также присутствием здесь же кормовых объектов – ящериц и мышевидных грызунов.

Сезонный цикл активности. По нашим наблюдениям, массовый выход полозов из зимовальных убежищ в указанной местности происходит в течение апреля месяца, что, естественно, зависит от погодных условий. В частности, более поздней весной 2007 г. отмечена высокая концентрация змей в районе зимовального убежища 28 апреля (змеи наблюдались как на поверхности, так и в убежищах в непосредственной близости от зимовальной ямы, всего обнаружено: полоз узорчатый – 5 особей, медянка (*Coronella austriaca*) – 8 особей, уж обыкновенный (*Natrix natrix*) – 2 особи). Ранней весной 2008 г. на том же месте массовый выход был отмечен уже 4 апреля, соотношение экземпляров по видам иное (полоз узорчатый – 2 особи, медянка – 1 особь, уж обыкновенный – 7 особей), что может быть случайностью. В обоих случаях температура воздуха в тени составляла 16-17°C.

Самая поздняя находка *E. dione* относится к 5 октября 2007 г. – единичный экземпляр в районе предполагаемой зимовальной камеры, температура воздуха составляла 17°C.

Суточный цикл активности. В течение апреля – первой половины мая полоза активны, по всей видимости, в течение всего светлого времени суток при соответствующих погодных условиях. С повышением среднесуточных температур (во второй половине мая – июле) наблюдается тенденция к переходу к утренне-вечерней активности, причем число находок в утренние часы (приблизительно с 7.00 до 11.30) явно превалирует над числом вечерних (в период с 17.00-18.00), у медянки наблюдается обратная тенденция. Ближе к августу, который в описываемой местности отличается высокими дневными температурами

(особенно в период 2007-2008 гг.), активность в светлое время суток минимальна. Однако молодые особи могут быть обнаружены вблизи обочин дорог (находясь в тени деревьев либо кустарников) на протяжении практически всего дня.

Питание. Из 9 узорчатых полозов, подвергнутых исследованию содержимого кишечника бескровным методом, 3 особи отрыгнули фрагментированные останки ящериц прытких (*Lacerta agilis*). Также наблюдался крупный полоз, исследовавший норы мышевидных грызунов. Кроме того, исходя из литературных источников и наблюдений в террариумных условиях, кормовыми объектами для этого вида змей служат мелкие мышевидные грызуны, птицы, их птенцы и яйца.

Размножение. Спаривание у узорчатых полозов на данной территории отмечалось нами дважды: в последней декаде апреля и в первой декаде мая, очевидно, оно происходит вскоре после выхода из спячки. Во второй половине июня – начале июля у отловленных самок четко прощупываются яйца. Судя по времени первых отловов сеголеток, их вылупление происходит в конце июля – начале августа.

Враги. Основным врагом узорчатого полоза, как и остальных местных видов змей является, очевидно, человек – местные жители и отдыхающие. Среди других врагов, по всей видимости, – лисы и бродячие собаки. Очевидно, достаточно часто эти и другие змеи становятся добычей хищных птиц. Под гнездом обыкновенного канюка (*Buteo buteo*), обычного в этой местности, нами были обнаружены фрагментированные останки как минимум двух полозов; также наблюдался канюк, летящий с добычей (вид змеи точно, разумеется, не установлен). Нами был отловлен экземпляр узорчатого полоза с повреждениями головы, которые с высокой вероятностью можно интерпретировать как следы от клюва хищной птицы.

Достаточно часто встречаются повреждения, причиненные, по-видимому, мышевидными грызунами, в том числе, вероятно, во время спячки (отсутствует кончик хвоста, укусы либо погрызы на теле). Из выборки в 27 особей такого рода следы присутствуют у 8 экземпляров, что составляет приблизительно 30%.

Из этой же выборки 2 экземпляра оказались сильно поражены микозом. Учитывая время находок, есть вероятность того, что болезнь развивается в условиях зимовальных камер.

Выводы

Сопоставляя приведенные выше и ранее опубликованные другими авторами данные, следует сделать вывод о том, что узорчатый полоз в северной части Донецкой области является достаточно распространенным видом. Однако в большинстве мест обитания он, по-видимому, немногочислен. На изученной территории вид сохранился, главным образом, в зонах, непригодных для агропромышленной деятельности (крутые склоны по долинам малых рек с преобладанием меловых обнажений, глинистых и песчаных грунтов, выходов гранита). На территориях природно-заповедного фонда поддерживается относительно высокая плотность популяций в пределах пригодных биотопов, в отношении которых вид проявляет значительную пластичность. Исходя из этой информации, а также данных об экологии *E. dione* можно делать выводы о перспективах сохранения этого редкого вида змей и адекватных мерах охраны.

Полученные данные исследований морфометрии и фоллидоза будут использованы для сравнения с аналогичными выборками из других регионов с целью выявления возможных отличий и получения информации об историческом формировании структуры популяции вида в целом. В настоящий момент результаты этих исследований указывают на наличие полового диморфизма и преобладание процентной доли самцов в популяции *E. dione* на территории Донецкой области.

Благодарности

Авторы выражают благодарности Т. И. Котенко (Институт зоологии им. И. И. Шмальгаузена), А. И. Зиненко (ХНУ им. Каразина), Н. Н. Ярошенко (ДонНУ) за консультации и помощь в работе.

Список литературы

1. Власенко В. Н. Узорчатый полоз (*Elaphe dione*) на территории Донецкой области / В. Н. Власенко, Л. И. Тараненко // Зб. доп. II Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів". – Донецьк, 2003. – Т. 2. – С. 37-38.
2. Доценко И. Б. Змеи / Доценко И. Б. – К.: Зоомузей ННПМ НАН Украины, 2003. – 85 с. (Каталог коллекций Зоологического музея ННПМ НАН Украины).
3. Котенко Т. И. О регистрации редких и малочисленных видов пресмыкающихся на Украине / Т. И. Котенко // Тез. докл. Всесоюз. совещ. по проблеме кадастра и учета животного мира. – М., 1986. – Ч. 2. – С. 429-431.
4. Котенко Т. И. Земноводные и пресмыкающиеся заповедника "Каменные Могилы" / Т. И. Котенко // Тр. филиала Укр. степного природного заповедника "Каменные Могилы". – К.: Фитосоциоцентр, 1998. – Вып. 1. – С. 82-86.
5. Котенко Т. И. Знахідки у Донецькій області видів плазунів, запропонованих до включення у третє видання Червоної книги України / Т. И. Котенко, К. В. Курячий // Знахідки тварин Червоної книги України / За ред. А. В. Костюшина. – К., 2008. – С. 152.
6. Котенко Т. И. О распространении узорчатого полоза *Elaphe dione* (Reptilia, Colubridae) в Украине / Т. И. Котенко, А. В. Кондратенко // Вестн. зоологии. – 2005. – Т. 39, № 2. – С. 46.
7. Курячий К. В. К вопросу о статусе герпетофауны окрестностей г. Краматорска / К. В. Курячий, Л. И. Тараненко // Зб. доп. I Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів". – Донецьк, 2002. – Т. 2. – С. 106-107.
8. Курячий К. В. Динамика численности медянки (*Coronella austroca* Laurenti, 1768) и узорчатого полоза (*Elaphe dione* Pallas, 1773) в районе г. Краматорска на протяжении 1999-2007 гг. / К. В. Курячий, А. И. Тупиков, Н. А. Антипенко, Н. Н. Ярошенко. – В печати.
9. Пащенко Ю. И. О распространении узорчатого полоза (*Elaphe dione* Pall.) на Украине / Ю. И. Пащенко // Наукові записки КДУ. – К., 1954. – Вип. 12. – С. 136.
10. Таращук В. І. До поширення візерункового полоза / В. І. Таращук // Зб. праць зоологічного музею. – К., 1956. – № 27. – С. 173-174.
11. Новиков Г. А. Полевые исследования по экологии наземных позвоночных / Новиков Г. А. – М.: Советская наука, 1953. – 502 с.

Курячий К. В., Тупиков А. І. Нові дані про візерункового полоза (*Elaphe dione* Pallas, 1773) у Донецькій області. – Наведено дані про місця мешкання та екологічні особливості *Elaphe dione* Pallas, 1773 у Донецькій області. Найбільша щільність популяції виявлена біля м. Краматорська (територія РЛП "Краматорський"). На основі вивчення 27 дорослих особин з цього району проведено дослідження ознак фолідозу та його порівняльна характеристика для самців та самиць. Поадано дані про динаміку чисельності виду за 1999-2008 рр.

Ключові слова: візерунковий полоз, *Elaphe dione*, місця мешкання, фолідоз, чисельність, регіональний ландшафтний парк "Краматорський", Донецька область.

Kurjachii K. V., Tupikov A. I. New data about steppes ratsnake (*Elaphe dione* Pallas, 1773) in Donetsk region. – Data about distribution and ecological specifics of *Elaphe dione* Pallas, 1773 in Donetsk region are given. The most density of population was founded near Kramatorsk on the territory of RLP "Kramatorsky". Researching of folidosis features and its comparison for males and females were maded on the study of 27 adult specimen from this region. Also data about dynamics of abundance during 1999-2008 are given.

Key words: steppes ratsnake, *Elaphe dione*, distribution, folidosis, abundance, regional landscape park "Kramatorsky", Donetsk region.

Т. Ю. Маркина

**ДИНАМИКА СТРУКТУРНЫХ ПАРАМЕТРОВ
ПРИ ОПТИМИЗАЦИИ ПРОСТРАНСТВЕННОЙ СТРУКТУРЫ
ИСКУССТВЕННЫХ ПОПУЛЯЦИЙ НАСЕКОМЫХ**

*Харьковский национальный педагогический университет им. Г.С. Сковороды
61002, г. Харьков, ул. Артема, 29; e-mail: tmarkina@yandex.ru*

Маркина Т. Ю. Динамика структурных параметров при оптимизации пространственной структуры искусственных популяций насекомых. – Показана возможность оптимизации пространственной структуры культур тутового и непарного шелкопряда, зерновой моли методом отбора особей в ряду поколений по пространственному распределению в техноценозе. Это приводит к изменению пространственной структуры исследуемых популяций. Изучение динамики структурных параметров и биологических показателей культур насекомых показало стремление популяций к восстановлению оптимальной структуры после прекращения действия факторов отбора. Последнее свидетельствует о существовании механизмов саморегуляции в искусственных популяциях насекомых.

Ключевые слова: пространственная структура популяций, культура насекомых, жизнеспособность, оптимизация, *Lymantria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv., *Bombyx mori* L.

Введение

Разведение насекомых в техноценозе связано с нарушением характера пространственной структуры популяции, свойственного данному виду в природе. Повышение плотности посадки особей отрицательно влияет на характер эндокринных процессов у насекомых, их поведенческие реакции и общую жизнеспособность культур [7-10, 18]. Поэтому разработка приемов оптимизации пространственной структуры культур насекомых – важнейшая из задач технической энтомологии [8, 15, 16]. Считается, что длительное культивирование зачастую приводит к вырождению и гибели культуры. Это объясняется с одной стороны тем, что выращивание насекомых осуществляется в зоне оптимума и действие факторов естественного отбора ослабевает. С другой стороны, искусственная популяция содержит ограниченный набор генотипов, а, как известно, снижение гетерогенности популяции приводит к снижению жизнеспособности особей [17, 19, 23]. Именно поэтому современная техническая энтомология располагает целым арсеналом методов оптимизации искусственных популяций насекомых, разработанных в соответствии с целями программ разведения и особенностями биологии и экологии культивируемых видов [8, 12, 17, 20, 22, 27].

В последнее время нами были проведены исследования по изучению возможности оптимизации структурных параметров искусственных популяций насекомых. Разработана комплексная программа, позволяющая всесторонне изучить эти вопросы [3, 4, 11, 13-15]. Однако механизмы устойчивости искусственных популяций насекомых практически не изучены. Актуальность нашей работы обусловлена необходимостью теоретического и экспериментального обоснования механизмов саморегулирования структуры искусственных популяций, как фундаментальной основы функционирования живых систем.

Подобные исследования представляют также значительный практический интерес. Существования популяций, как сложных биологических систем, возможно благодаря их четкой структурированности, а управление процессом культивирования, по нашему мнению, связано с возможностью изменения структуры искусственных популяций насекомых, в зависимости от целей программ разведения.

Целью наших исследований являлось изучение динамики пространственной структуры и биологических показателей культур насекомых при оптимизации и после её прекращения с учетом особенностей программ разведения.

Материалы и методы исследований

Эксперименты проводились на кафедре зоологии Харьковского национального педагогического университета им. Г. С. Сковороды и на экспериментальной базе Института

шелководства УААН на протяжении 2000-2006 гг.

Для всестороннего изучения вышеизложенных вопросов в качестве объектов исследования были выбраны искусственные популяции трех видов чешуекрылых, имеющих значительные различия в биологии, экологии и целях культивирования.

В опытах использовали лабораторную культуру непарного шелкопряда (*Lymantria dispar* L.), поддерживаемую на искусственной питательной среде [5, 6]. В экспериментах с тутовым шелкопрядом (*Bombyx mori* L.) использовали породу Б-2 улучшенная. Условия культивирования соответствовали принятым в Украине нормам [24]. В опытах с зерновой молью (*Sitotroga cerealella* Oliv.) использовали культуру зерновой моли, разводимой на ячмене, полученную ранее путем скрещивания двух культур – Харьковской и Белгородской линий. Условия культивирования соответствовали рекомендованным правилам [25].

В ходе исследований учитывали следующие показатели: жизнеспособность гусениц (%); среднюю массу куколок самцов и самок (мг); индивидуальную плодовитость самок (шт.); продолжительность жизни самок (дни); отрождение гусениц из яиц (%); соотношение полов (%), пространственное распределение особей (%).

Жизнеспособность гусениц непарного шелкопряда определяли по формуле

$$Ж = (З / Ч) \times 100\%,$$

где Ж – жизнеспособность гусениц (%), З – количество здоровых куколок (шт.), Ч – исходное количество гусениц, взятых в эксперименте.

Жизнеспособность личиночной стадии зерновой моли определяли по проценту зараженных зерен ячменя, отбирая четыре повторности по 100 зерен в каждой на 20-й день после начала заражения и анализируя их (путем взрезания зерен). Все остальные показатели определяли по общепринятым методикам [24].

Оптимизация пространственной структуры экспериментальных культур осуществлялась путем разделения и отбора в ряду поколений особей, имеющих приуроченность к определенному месту в пространстве техноценоза.

Были изучены следующие варианты:

отбор на протяжении четырех поколений особей тутового шелкопряда завивающих коконы в верхней части коконника;

отбор на протяжении четырех поколений особей тутового шелкопряда завивающих коконы в нижней части коконника;

последствие отбора по месту расположения на коконниках (верх, низ);

отбор на протяжении шести поколений особей непарного шелкопряда в зависимости от места окукливания (верх, дно);

последствие отбора по месту окукливания непарного шелкопряда;

отбор на протяжении шести поколений зерновой моли по глубине проникновения в пищевой субстрат (до 1 см – верхний слой, 3-4 см – нижний слой);

последствие отбора по глубине проникновения в пищевой субстрат (до 1 см – верхний слой, 3-4 см – нижний слой).

Каждому варианту соответствовал контроль, где воздействие на насекомых не производилось и они культивировались в оптимальных для вида условиях. Все варианты были поставлены в трех повторностях, количество особей в повторностях варьировало в зависимости от особенностей культивирования вида, но было статистически значимым.

Результаты исследований и их обсуждение

Несмотря на кажущуюся пространственную однородность техноценоза, при культивировании тутового шелкопряда наблюдается достаточно однородное распределение особей на коконниках в период окукливания.

Оптимизация пространственной структуры популяции тутового шелкопряда показала, что под действием направленного отбора по пространственному предпочтению наблюдается формирование генотипов имеющих разные биологические показатели. Так, в четвертом поколении отбора по расположению коконов на коконнике наблюдалась достоверная

разница ($p < 0,001$) жизнеспособности особей, завивающих коконы в верхней и нижней частях коконника (на 6%). Средняя масса коконов верхней части коконника превысила на 10% среднюю массу коконов в нижней её части [1]. Популяция демонстрировала быстрый ответ на отбор, происходило изменение пространственной структуры. К четвертому поколению 97 и 98% особей завивали коконы в нижней и, соответственно верхней частях коконника при отборе в заданном направлении (рис. 1). Это свидетельствует о сохранении высокого уровня изменчивости и, следовательно, гетерогенности популяции по этому признаку.

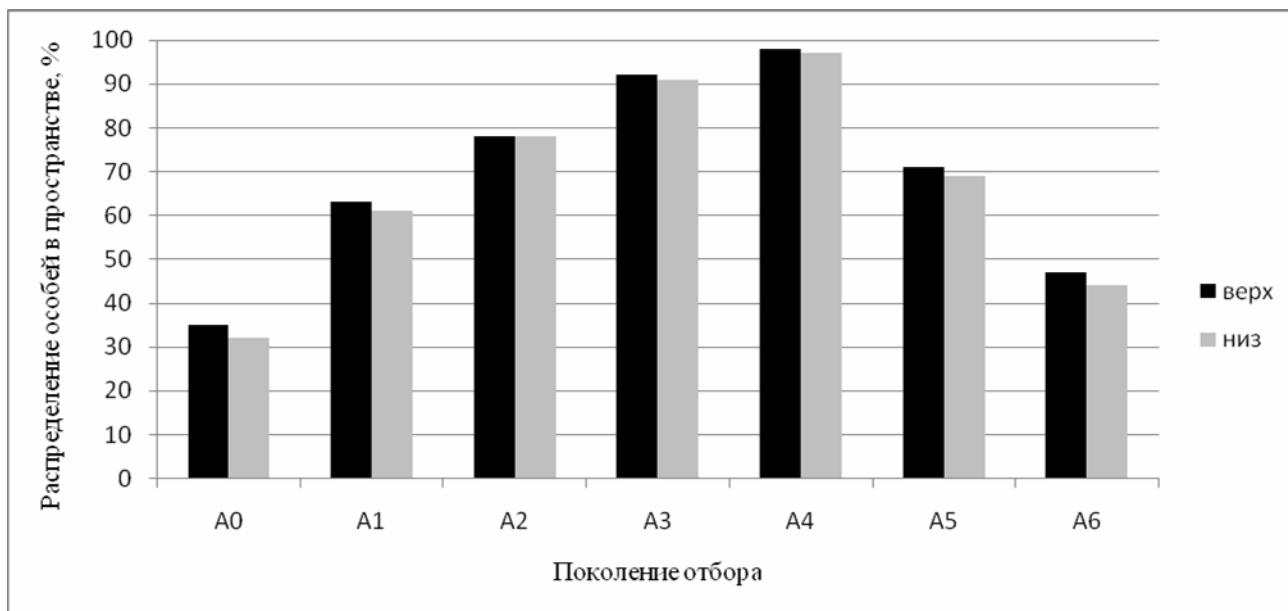


Рис. 1. Изменение пространственной структуры культуры тутового шелкопряда в ряду поколений

Однако, по нашему мнению, более объективным показателем состояния культуры в данной ситуации является динамика ответа на отбор, вычисленная с поправкой на контроль по показателю жизнеспособности (рис. 2).

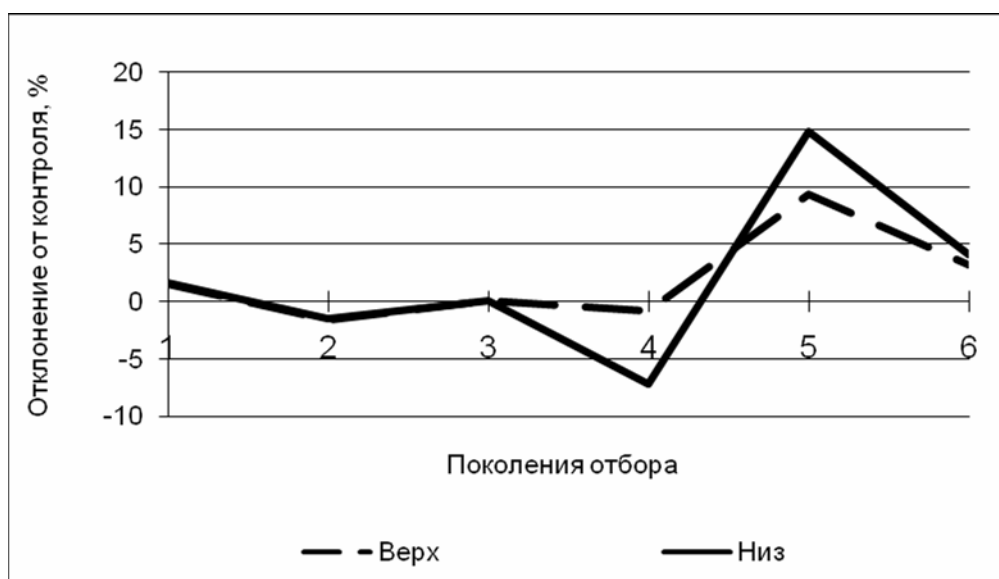


Рис. 2. Динамика жизнеспособности популяции тутового шелкопряда при оптимизации пространственной структуры и после её прекращения

Представленные данные свидетельствуют о снижении жизнеспособности по отношению к родительскому поколению в обоих вариантах отбора. Снижение показателя массы коконов происходило по-разному в вариантах отбора (рис. 3). Отбор особей из нижней части коконников приводил к равномерному снижению массы кокона, а при отборе особей из верхней – наблюдались колебания данного показателя.

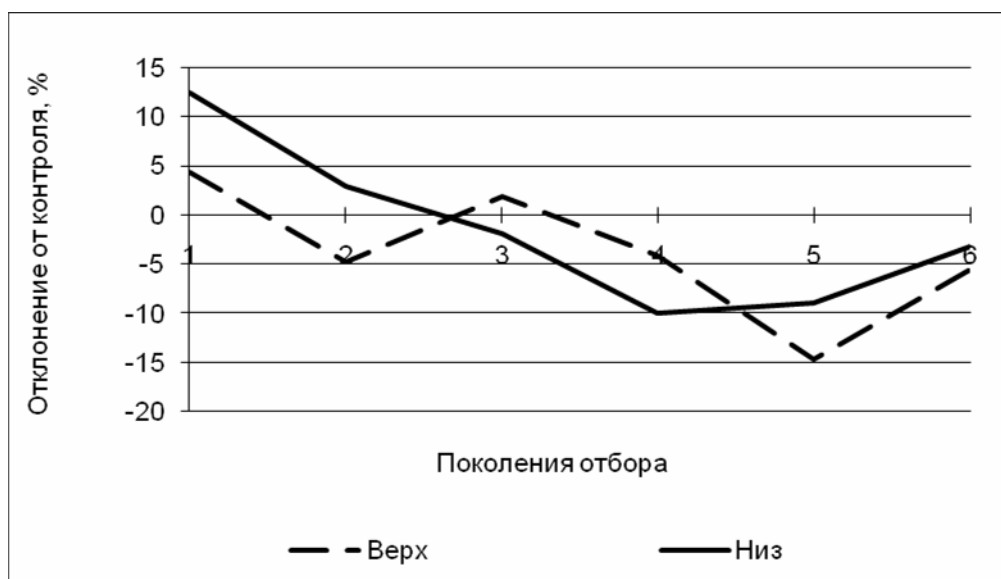


Рис. 3. Динамика массы кокона тутового шелкопряда при оптимизации пространственной структуры вычисленная с поправкой на контроль

Происходит снижение степени адаптированности исследуемой популяции. После прекращения давления отбора анализ показателей в варианте последствия показал стремление популяции к восстановлению исходной пространственной структуры (см. рис. 1). По-видимому, это связано со стремлением популяции к более рациональному использованию пространства, что обеспечивает успешное выживание особей. Происходит восстановление прежнего генотипического состава, и гусеницы оптимально используют коконник для завивки коконов. Наблюдается выравнивание биологических показателей культуры в двух вариантах и достоверное увеличение жизнеспособности по сравнению с контролем. Возврат к оптимальным структурным параметрам является проявлением гомеостатических свойств популяции.

Для анализа механизмов данного явления мы сочли необходимым изучить динамику половой структуры популяции при оптимизации пространственных параметров. В ходе отбора наблюдались достоверные изменения в соотношении полов (табл. 1). С увеличением давления отбора к третьему поколению в варианте верхнего расположения коконов наблюдается достоверное увеличение доли самок. В четвертом поколении отмечено повышение показателя жизнеспособности (до контрольного уровня) в верхней части коконника. По-видимому, увеличение общей численности популяции (за счет размножения большего количества самок), приводит к увеличению гетерогенности, и, как следствие, повышению жизнеспособности популяции. В результате, после прекращения отбора, наблюдается достаточно быстрый возврат к средним для культуры показателям. В варианте, где особи предпочитали нижнее расположение, количество самок уменьшалось, но возврат к исходным показателям после прекращения отбора все же наблюдался.

Соотношения полов в популяции тутового шелкопряда при оптимизации пространственной структуры в ряду поколений (2000-2005 гг.)

Поколение	Вариант расположения на коконнике	Соотношение полов, %	
		самки	самцы
A ₀	Верхняя часть	51,17 ± 1,12	48,93 ± 0,65
	Нижняя часть	49,36 ± 0,93	50,64 ± 0,47
A ₁	Верхняя часть	42,65 ± 2,65	57,35 ± 2,65
	Нижняя часть	47,01 ± 0,6	53,01 ± 0,62
A ₂	Верхняя часть	49,21 ± 1,28	50,79 ± 1,15
	Нижняя часть	38,24 ± 1,85*	61,76 ± 1,43*
A ₃	Верхняя часть	64,43 ± 1,24*	35,57 ± 1,87*
	Нижняя часть	55,64 ± 0,89	44,36 ± 1,96
A ₄	Верхняя часть	40,74 ± 1,31	59,26 ± 1,14
	Нижняя часть	32,11 ± 1,72	67,89 ± 1,37
A ₅	Верхняя часть	38,15 ± 1,31	61,85 ± 0,96
	Нижняя часть	46,79 ± 1,14	53,21 ± 1,32
A ₆	Верхняя часть	48,50 ± 0,95	51,50 ± 1,42
	Нижняя часть	46,65 ± 1,54	53,35 ± 1,61

Примечание. * $p < 0,01$ (различия достоверны относительно A₀).

Для установления общебиологического характера полученных закономерностей был проведен анализ изучаемых показателей на культуре непарного шелкопряда.

Оптимизация пространственной структуры непарного шелкопряда проводилась на основании предположения о существовании прямой зависимости между двигательной активностью гусениц и жизнеспособностью особей, что ранее было показано [21] для тутового шелкопряда. Отбор на протяжении 6-ти поколений гусениц окукливающихся на крышках (большая двигательная активность гусениц) имел более высокие показатели жизнеспособности, чем потомство особей, окукливающихся на дне банки (меньшая двигательная активность гусениц) (рис. 4). Нами показано существование зависимости между двигательной активностью гусениц и жизнеспособностью потомства у непарного шелкопряда [2].

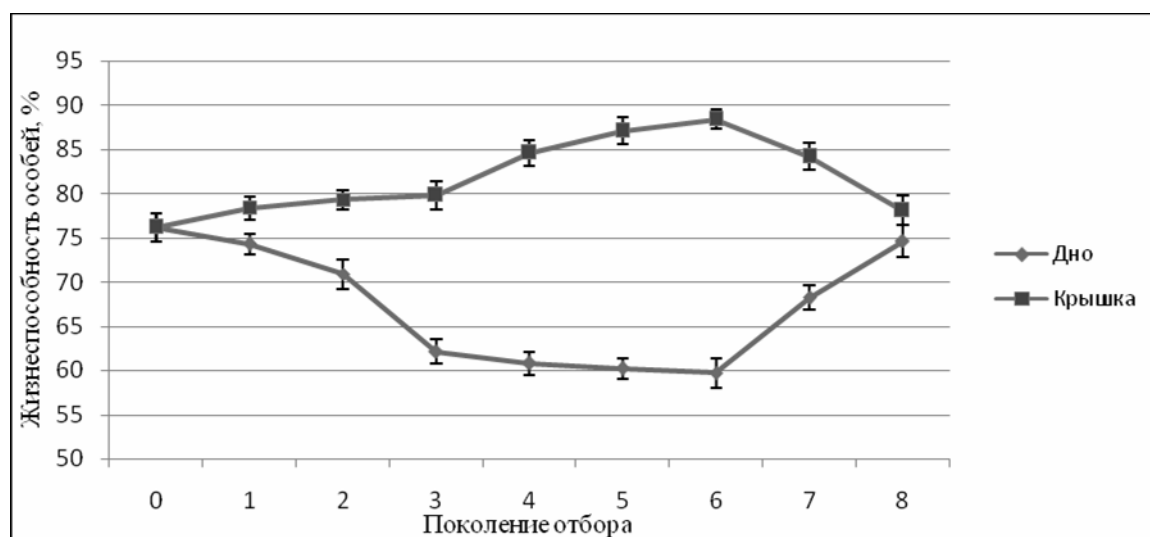


Рис. 4. Динамика жизнеспособности гусениц непарного шелкопряда при оптимизации пространственной структуры популяции и после её прекращения

Необходимо отметить, что реакция на отбор популяции непарного шелкопряда отличалась от реакции тутового шелкопряда. Жизнеспособность постоянно увеличивалась (или уменьшалась в зависимости от направления отбора), а, с третьего поколения, достоверно отличалась от контроля в обоих вариантах. Это свидетельствует о высоком уровне изменчивости популяции и устойчивости к меняющимся факторам среды.

Прекращение отбора по месту окукливания привело к возврату показателей жизнеспособности до контрольного уровня (7 и 8 поколения). Достоверных изменений в половой структуре сформированных генотипов не наблюдалось. К шестому поколению значительно возросла масса коконов и индивидуальная плодовитость самок в варианте отбора окукливавшихся вверху (табл. 2). По нашему мнению, это способствовало восстановлению как структурных, так и биологических показателей культуры после прекращения давления отбора. Полученные нами данные согласуются с жизненной стратегией вида в природе. Именно более подвижные, жизнеспособные особи в природе мигрируют и расширяют ареал вида, способствуя его сохранению.

Таблица 2

Биологические показатели непарного шелкопряда из разных мест окукливания (крышка-дно) при оптимизации пространственной структуры и после её прекращения (по результатам 2003-2007 гг.)

Поколение отбора	Место завивки	Индивидуальная плодовитость, шт	Средняя масса куколок, мг	
			самки	самцы
A ₀	крышка	384 ± 25	775 ± 4,28	388 ± 1,14
	дно	378 ± 17	832 ± 5,81	365 ± 1,35
A ₆	крышка	864 ± 13*	1341 ± 3,32 *	849 ± 1,18 *
	дно	347 ± 21	789 ± 7,13	603 ± 1,81
A ₇ последствие отбора	крышка	589 ± 16	975 ± 3,32	667 ± 2,72
	дно	387 ± 15	728 ± 3,25	458 ± 1,98
A ₈ последствие отбора	крышка	432 ± 31	759 ± 3,15	373 ± 2,43
	дно	391 ± 26	781 ± 2,85	368 ± 3,18

Примечание. * $p < 0,01$ (различия достоверны относительно A₀).

По существующей технологии производства яиц ситотроги при её культивировании на ячмене четко прослеживается нерациональность использования гусеницами пищевого субстрата. Дело в том, что основная часть гусениц сосредотачивается в верхних слоях зерна. Связано это с тем, что гусеницы первого дня выхода заражают верхние слои зерна, а гусеницы последующих дней пытаются заражать уже зараженные зерна и, в результате, или гибнут от более "взрослых" хозяев зерна, или, будучи изгнанными, заражают ближайшие зерна. Только незначительная часть гусениц проникает в более глубокие слои.

Перемешивание зараженного зерна в период перед выходом гусениц, приводит к более равномерному распределению зараженных зерен в общей массе зерна, но не к повышению процента его заражения. Этот прием лишь при повторном заражении создает более благоприятные условия для более эффективного использования субстрата [26, 27].

Нами разработан прием оптимизации пространственной структуры культуры ситотроги основанный на разной двигательной активности особей по глубине проникновения в субстрат.

На протяжении шести поколений для заражения зерна использовали гусениц двух вариантов – из верхних и нижних слоев субстрата, а, в 7-м и 8-м поколениях, проводили контрольные выкормки, без отбора.

В результате отбора жизнеспособность ситотроги из нижних слоев субстрата после 6-ти поколений отбора достоверно превышала контроль и жизнеспособность ситотроги

верхнего слоя (табл. 3). Достоверно выше и показатель отрождения гусениц из яиц нижнего слоя. Прослеживается тенденция к повышению массы самок, их средней плодовитости и продолжительности жизни особей. После прекращения отбора в течение двух поколений наблюдалось изменение показателей до контрольного уровня.

Таблица 3

Биологические показатели ситотроги после отбора в ряду поколений по пространственному расположению в субстрате (среднее за 2000-2003 гг.)

Слой субстрата	Жизнеспособность гусениц, %	Средняя масса самки, мг	Средняя плодовитость самки, шт.	Продолжительность жизни самок, дни	Отрождение гусениц из яиц, %
A ₀	85,2 ± 1,3	8,2 ± 3,4	21,5 ± 2,1	17,0 ± 1,3	82,3 ± 3,3
Верхний (после 3-х поколений отбора)	83,4 ± 1,2	8,2 ± 3,1	19,3 ± 4,7	16,8 ± 1,6	80,1 ± 4,1
Нижний (после 3-х поколений отбора)	88,4 ± 1,1 *	9,4 ± 3,0	24,2 ± 3,1	18,1 ± 1,4	85,7 ± 3,8
Верхний (после 6-и поколений отбора)	83,8 ± 1,4	8,1 ± 3,7	19,4 ± 3,0	17,0 ± 1,9	81,0 ± 3,9
Нижний (после 6-и поколений отбора)	94,9 ± 1,6 *	9,6 ± 3,3	28,3 ± 3,3	19,6 ± 2,0	89,9 ± 2,0 *
A7 последствие отбора	87,3 ± 1,1	8,7 ± 3,0	21,4 ± 4,1	18,1 ± 1,1	82,1 ± 1,8
A8 последствие отбора	84,7 ± 1,3	8,6 ± 2,9	20,8 ± 5,1	18,1 ± 1,7	81,6 ± 1,4

Примечание. * – $p < 0,01$ (различия достоверны относительно A₀).

Анализ динамики пространственного распределения особей в ряду поколений проводили, определяя заражение зерен ячменя верхних (до 1 см) и нижних (3-4 см) слоев. В ходе отбора наблюдалось изменение пространственной структуры популяции зерновой моли. Прекращение отбора способствовало восстановлению исходной структуры в течение двух поколений (рис. 5). Это связано, как и у непарного шелкопряда с изменением индивидуальной плодовитости самок.

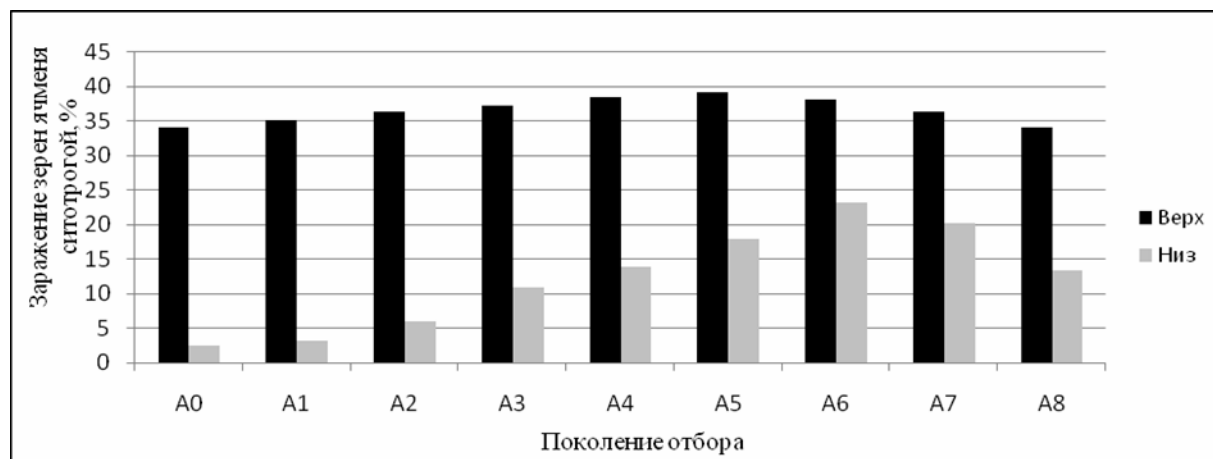


Рис. 5. Динамика пространственной структуры культуры зерновой моли под действием отбора

Выводы

Оптимизация пространственной структуры искусственных популяций насекомых способствует формированию генотипа, отвечающего целям программ разведения. При прекращении действия направленного отбора наблюдается возврат структурных параметров и биологических показателей до исходного уровня. Более адаптированный к условиям техноценоза тутовый шелкопряд быстрее реагирует на изменения структурных параметров. В ходе оптимизации срабатывают механизмы саморегуляции, происходит изменение половой структуры и общей численности особей. У непарного шелкопряда и зерновой моли восстановление оптимальной структурной организации осуществляется за счет увеличения индивидуальной плодовитости самок. Таким образом, культуры достаточно быстро начинают увеличивать гетерогенность.

По нашему мнению любое изменение структурных параметров популяции снижает уровень адаптированности популяции в целом к меняющимся условиям среды. Это создает определенную опасность выживанию (жизнеспособности) популяций. Вследствие этого срабатывают, в основном за счет преадаптивных свойств генотипа (способность к адаптациям в организме заложена и обусловлена неисчерпаемостью генома) механизмы возврата популяции к наиболее оптимальной структурной полиморфности.

Список литературы

1. Бачинская Я. А., Маркина Т. Ю. Оптимизация пространственной структуры популяции тутового шелкопряда *Bombyx mori* L. // Изв. Харьков. энтомол. общ-ва. – 2002. – Т. X, вып.1-2. – С. 190-192.
2. Бачинская Я. А., Злотин А. З., Маркина Т. Ю. Оптимизация пространственной структуры культур непарного шелкопряда *Limantria dispar* L. (Lepidoptera: Limantriidae) и зерновой моли *Sitotroga cerealella* Oliv. (Lepidoptera: Gelechiidae) // Изв. Харьков. энтомол. общ-ва. – 2003. – Т. X, вып.1-2. – С. 197-202.
3. Бачинська Я. О. Оптимізація структури культур лускокрилих комах для програм біологічного методу захисту рослин: Автореф. дис. ... канд. с. г. наук. – Харків, 2005. – 20 с.
4. Браславский М. Ю., Головки В. О., Злотин А. З., Остапенко Л. А. Селекция тутового шелкопряда в Украине. – Харьков: РИП Оригинал, 2002. – 299 с.
5. Дубко Л. А. Биологические основы культивирования некоторых видов волинянок (Lepidoptera: Orgyidae): Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М., 1995. – 22 с.
6. Злотин А. З. Экспериментальное обоснование методики круглогодичного разведения непарного шелкопряда и рекомендации по использованию в прикладной энтомологии: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Харьков, 1966. – 22 с.
7. Злотин А. З. Теоретическое обоснование массового разведения насекомых // Энтомол. обозрение. – 1981. – Т. LX, вып. 3. – С. 494-510.
8. Злотин А. З. Техническая энтомология. – К.: Наук. думка, 1989. – 183 с.
9. Злотин А. З. Достижения в области технической энтомологии за период между V и VI съездами УЭО // Тези доп. VI з'їзду Укр. энтомол. тов-ва (м. Біла Церква, 8-11 вересня 2003 р.). – Ніжин: "Наука-сервіс", 2003. – С. 43.
10. Злотин А. З., Головки В. О. Экология популяций и культур насекомых. – Харьков: РИП Оригинал, 1998. – 208 с.
11. Калініна О. О., Злотін О. З. Вплив добору різної інтенсивності гусениць і віку на тривалість вигодівлі та основні біологічні показники шовковичного шелкопряда // Тези доп. VI з'їзду Укр. энтомол. тов-ва (м. Біла Церква, 8-11 вересня 2003 р.). – Ніжин: "Наука-сервіс", 2003. – С. 47.
12. Кривда Л. С., Маркина Т. Ю. Вплив змін в структурі популяцій комах на їх життєздатність на прикладі лускокрилих // Біологія та валеологія. – Харків: ХДПУ, 2001. – Вип. 4. – С. 87-96.

13. Маркіна Т. Ю. Теоретичне обґрунтування оптимізації структури штучних популяцій комах в умовах розведення // Біологія та валеологія. – Харків: ХДПУ, 2004. – Вип. 6. – С. 20-24.

14. Маркіна Т. Ю., Бачинская Я. А., Калинина О. А. Оптимизация пространственной и возрастной структур искусственных популяций насекомых в условиях техноценоза // Мат. II Міжнар. наук. конф. "Біорізноманіття та роль зооценозу в природних і антропогенних екосистемах". – Дніпропетровськ: ДНУ, 2003. – С. 133-134.

15. Маркіна Т. Ю., Злотин А. З. Биологические основы оптимизации структуры искусственных популяций насекомых для реализации программ разведения // Приспособление организмов к действию экстремальных экологических факторов. – Белгород: Изд-во Белгород. гос. ун-та, 2002. – С. 47-49.

16. Маркіна Т. Ю., Кривда Л. С., Злотин А. З. Новый принцип повышения эффективности целевых программ разведения насекомых // Тези доп. VI з'їзду Укр. ентомолог. тов-ва (м. Біла Церква, 8-11 вересня 2003 р.). – Ніжин: "Наука-сервіс", 2003. – С. 65.

17. Монастырский А. Л., Горбатовский В. В. Массовое разведение насекомых для биологической защиты растений: Справочник. – М.: Агропромиздат, 1991. – 240 с.

18. Раушенбах И. Ю. Стресс-реакция насекомых: механизм, генетический контроль, роль в адаптации // Генетика. – 1997. – Т. 33, № 8. – С. 1110-1118.

19. Реймерс Н. Ф. Экология. Теории, законы, правила, принципы. – М.: Просвещение, 1994. – 362 с.

20. Тамарина Н. А. Основы технической энтомологии. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1990. – 202 с.

21. Фенотипическая характеристика линий тутового шелкопряда, отобранных по двигательному поведению гусениц / Петков Н., Нечева Й., Ценов П. и др. // Изв. Харьк. ентомолог. общ-ва. – 2001 (2002). – Т. IX, вып. 1-2. – С. 315-317.

22. Чернышов В. Б. Экология насекомых. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1996. – 304 с.

23. Шварц С. С. Экологические закономерности эволюции. – М.: Наука, 1980. – 280 с.

24. Шовківництво / Головки В. О., Злотин О. З., Браславський М. Ю. та ін. – Харків: Оригінал, 1998. – 416 с.

25. Щепетильникова В. А., Гусев Г. В., Тронь Н. М. Методические указания по массовому разведению и применению трихограммы в борьбе с вредителями сельскохозяйственных культур. – М: Колос, 1971. – 56 с.

26. Husted S. R., Milly R. B. Intraspecific Kerndentri behavior and competition among larvae of the Angoumois grain moth // Trans. Kans. Acad. Sci. – 1969. – Vol. 72, № 1-4. – P. 252-258.

27. Wilkinson J. D., Morrison R. K. Angoumois grain moth: grain treatment and infestation level effect on rearing // J. Econ. Entomol. – 1973. – Vol. 66, № 1. – P. 107-109.

Маркіна Т. Ю. Динаміка структурних параметрів при оптимізації просторової структури штучних популяцій комах. – Показано можливість оптимізації просторової структури культур шовковичного та непарного шовкопрядів і зернової молі методом добору особин у ряді поколінь за просторовим розташуванням у техноценозі. Це призводить до змін просторової структури досліджених популяцій. Вивчення динаміки структурних параметрів та біологічних показників культур комах показало, що популяції повертаються до оптимальної структурної організації після припинення дії факторів добору. Останнє свідчить про існування механізмів саморегуляції в штучних популяціях комах.

Ключові слова: просторова структура популяцій, культура комах, життєздатність, оптимізація, *Lymantria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv., *Bombyx mori* L.

Markina T. Ju. The dynamics of structure parameters during optimization of spatial structure of insects artificial populations. – The possibility of spatial structure optimization for *Lymantria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv., *Bombyx mori* L. artificial populations by specimen selection in several generations on rearing density and spatial distribution is shown. The changes of spatial structure under investigation population are observed. Analysis of biological indices dynamics shows the trend of population to restore its optimal structure after selection stopping. This proves the existence of self-regulation mechanisms in artificial populations of insects.

Key words: spatial structure of populations, artificial populations of insects, viability, optimization, *Lymantria dispar* L., *Sitotroga cerealella* Oliv., *Bombyx mori* L.

А. Н. Мисюра, А. А. Марченковская
ХАРАКТЕРИСТИКА СОДЕРЖАНИЯ ФЕРМЕНТОВ МИКРОСОМАЛЬНОЙ
ФРАКЦИИ БЕЛКОВ ПЕЧЕНИ ЦИТОХРОМОВ P450 И B5 АМФИБИЙ
ИЗ БИОТОПОВ С РАЗЛИЧНЫМ УРОВНЕМ АНТРОПОГЕННОГО ВЛИЯНИЯ

*НИИ биологии Днепропетровского национального университета;
49050, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72; e-mail: murchik1966@mail.ru*

Мисюра А. Н., Марченковская А. А. Характеристика содержания ферментов микросомальной фракции белков печени цитохромов P450 и B5 амфибий из биотопов с различным уровнем антропогенного влияния. – Было проведено исследование содержания ферментов микросомальной фракции белков печени амфибий из биотопов с различной антропогенной нагрузкой. Наиболее высокий уровень содержания цитохромов P450 и B5 определен у животных из биотопов зоны поступления сточных вод, что показывает существование у них определенного уровня адаптации к влиянию ксенобиотиков.

Ключевые слова: цитохромы P450 и B5, микросомальная фракция белков печени, амфибии, биотопы, антропогенное влияние.

Введение

Живые организмы находятся в постоянном контакте с химическими факторами окружающей среды, подавляющее большинство которых может быть объединено тем, что они не являются участниками нормально протекающих биохимических реакций в клетках. Список этих химических веществ, называемых ксенобиотиками или поллютантами, огромен. Развитие цивилизации вообще и химических наук в частности предполагает, что число их будет увеличиваться [1].

Проблема "химической деятельности человечества и охрана природы" огромна и многогранна. Среди множества аспектов и вопросов есть и очевидные (такие как отравление рек промышленными отходами) и сложные по своей сущности (широкое и почти бесконтрольное применение в сельском хозяйстве минеральных удобрений и пестицидов). Существуют сугубо научные проблемы, намного превосходящие современные знания человека (например, повсеместное применение антибиотиков), имеют место проблемы, очевидные по цели и решенные наукой, но не нашедшие еще должного применения в практике (такие как фармакологические средства адаптации человека в трудных и экстремальных условиях). Проникая в организм через пищеварительный тракт, легкие, кожу, слизистые оболочки, чужеродные вещества и продукты их превращений преодолевают ряд клеточных (мембранных) барьеров, прежде чем оказываются в том или ином органе и ткани.

Чужеродные вещества биотрансформируются в печени, желудочно-кишечном тракте, легких, почках, жировой ткани, но, в основном, все реакции протекают в печени, точнее в микросомальной фракции её белков. Именно в клетках печени, в их эндоплазматическом ретикулуме локализуется большинство ферментов, катализирующих превращение чужеродных веществ. Трудно переоценить исследования биохимической системы, взаимодействие которой с ксенобиотиками имеет решающее значение для жизнедеятельности клеток. Она представляет собой комплекс ферментов, локализованных в эндоплазматическом ретикулуме и названа микросомной монооксигеназой. Основной ее компонент Т-гемопроteid цитохром P450, а также участвующий в процессе детоксикации цитохром B5. Цитохром P450 – фермент, связывающий и метаболизирующий десятки (если не сотни) неполярных химических соединений, которые применяются в фармакологии, сельском хозяйстве, в различных отраслях химической промышленности, составляющие главную токсикологическую опасность для воздушного бассейна промышленных центров и водных экосистем. Такой перечень свидетельствует о том, что цитохром P450 зачастую является первым барьером, определяющим характер и степень воздействия химических веществ на клетку. Поэтому природа функционирования этого фермента в микросомальной монооксигеназной системе представляет основу для понимания многих аспектов токсикологии и в том числе и экологической токсикологии. Многие химические вещества, будучи инертными в виде исходной молекулы, метаболизируются цитохромом P450 с

образованием реакционно способных производных, вступающих в ковалентные связи с белками и нуклеиновыми кислотами.

Феномен токсификации ряда ксенобиотиков с участием цитохрома P450 стал одним из основных моментов в современных теориях химического канцеро- и мутагенеза.

Специфичность действия ферментов – важнейшее биологическое явление, без которого невозможен упорядоченный обмен в живой природе, а, следовательно, и сама жизнь [2].

Материал и методы исследований

Материал для данной работы собирался в течение 1998-2007 гг. в различных по степени антропо-техногенного влияния биогеоценозах Приднепровского региона. Для исследований отбирались амфибии разных видов из биотопов Днепровско-Орельского заповедника (ДОПЗ): озерная лягушка (*Pelophylax ridibundus* Pallas, 1771); краснобрюхая жерлянка (*Bombina bombina* Linnaeus, 1761); остромордая лягушка (*Rana arvalis* Nilsson, 1842); обыкновенная чесночница (*Pelobates fuscus* Laurenti, 1768); обыкновенная квакша (*Hyla arborea* Linnaeus, 1758), а также особи озерной лягушки из различных биотопов по степени антропо-техногенного влияния – Днепровско-Орельский природный заповедник, биотопы р. Орель, канал "Днепр-Донбасс", биотопы Диевских плавней, биотопы зоны загрязнения.

В биотопах ДОПЗ и зоны поступления сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности анализировалось содержание ферментов микросомальной фракции белка P450 и B5 у особей разного пола.

У отловленных особей производился общебиологический анализ. Определялись размерные показатели амфибий с точностью до 0,01 см, масса тела с точностью до 0,001 г и возраст амфибий по стандартной методике [3].

Для определения содержания ферментов P450 и B5 микросомальной фракции белка печени отбиралась печень амфибий. Из тканей печени путем предварительной перфузии устранялась кровь охлаждением 0,25 М сахарозой с последующей гомогенизацией в гомогенизаторе Поттера-Эльвейма с помощью тефлонового пестика со скоростью вращения 1000-2000 об/мин.

Выделение общей микросомальной фракции производилось методом низкоскоростного центрифугирования. Полученный гомогенат центрифугировался при 10000 д. К надосадочной жидкости добавлялись 8 мМ CaCl₂ и 5 мМ MgCl. Агрегированные микросомы собрали центрифугированием при 1500 д в течение 10 мин. Полученные препараты обладают нормальным уровнем активности детоксицирующих ферментов цитохромов P450 и B5 [4].

Надосадочную жидкость сливали и готовили раствор микросомального белка в фосфатном буфере (10 мМ, pH 7,4).

Для определения цитохромов P450 и B5 в полученном растворе микросомального белка использовался метод Омуро и Сато [5]. Дальнейшее спектрофотометрическое определение цитохромов производилось на двухлучевом спектрофотометре "Спекорд М-40" фирмы Карл Цейс Йена (Германия) [6].

Раствор микросомального белка тщательно перемешивался и равномерно разливался в две кюветы спектрофотометра и прописывалась нулевая линия. Затем в одну из кювет добавлялось 0,5-1,0 мг дитионита натрия, регистрировался спектр цитохрома B5 при оптической плотности 426-409 нм. После этого такое же количество дитионита натрия добавлялось во вторую кювету. В течение 1-2 мин. через первую кювету продувался СО, полученный реакцией муравьиной кислоты с пирогаллолом, очищенный раствором пирогаллола. Затем регистрировался спектр цитохрома P450 при различной оптической плотности 450-500 нм.

Результаты и обсуждение

Анализ содержания указанных выше цитохромов в печени различных видов амфибий из биотопов Днепровско-Орельского заповедника показал (табл. 1), что их уровень наиболее

высок в микросомальной фракции белка печени у обыкновенной чесночницы, где его содержание составляет 2,6 для цитохрома P450 и 0,69 для цитохрома B5.

По степени снижения цитохромов P450 и B5 исследуемые виды амфибий можно расположить в следующем порядке: обыкновенная чесночница, озерная лягушка, краснобрюхая жерлянка, остромордая лягушка обыкновенная квакша. Низкое содержание цитохромов P450 и B5 можно отметить у амфибий, ведущих наземный образ жизни – остромордой лягушки и обыкновенной квакши, связанные с водной средой только в период размножения, а в остальное время находящиеся на поверхности почвы и травянистой растительности, а также связанных с внешней средой в процессе дыхания и через объекты питания. Высокий уровень показателей уровня микросомальных ферментов P450 и B5 в печени обыкновенной чесночницы объясняется тесной связью особей этого вида амфибий со средой обитания – почвой, где животные проводят примерно половину времени своего существования, а также в период размножения с водной средой, в процессе питания через объекты питания, в процессе дыхания с атмосферным воздухом и его составляющими, в число которых могут входить и ксенобиотики, поступающие из отходов промышленных предприятий.

Таблица 1

Характеристика содержания ферментов микросомальной фракции печени цитохромов P450 и B5 у различных видов амфибий из биотопов Днепроовско-Орельского природного заповедника

(нмоль/мл белка)

Озерная лягушка		Краснобрюхая жерлянка		Остромордая лягушка		Обыкновенная чесночница		Обыкновенная квакша	
P450	B5	P450	B5	P450	B5	P450	B5	P450	B5
0,50 ± 0,14	0,36 ± 0,08	0,38 ± 0,11	0,17 ± 0,04	0,22 ± 0,06	0,18 ± 0,05	2,6 ± 0,36	0,69 ± 0,19	0,22 ± 0,09	0,12 ± 0,03

Из полученных данных видно, что наиболее низкие показатели содержания ферментов микросомальной фракции белка печени P450 и B5 имеют такие виды амфибий, как обыкновенная квакша и остромордая лягушка, у которых содержание цитохрома P450 находится на одном уровне, в то время как содержание цитохрома B5 у обыкновенной квакши ниже, чем у остромордой лягушки в 1,5 раза. За этими двумя видами амфибий по степени повышения уровня содержания цитохромов стоит краснобрюхая жерлянка, озерная лягушка и обыкновенная чесночница, содержание цитохромов P450 и B5 у которой в 11,8 и 5,8 раз выше по сравнению с обыкновенной квакшей. Содержание цитохромов P450 и B5 у озерной лягушки выше, чем у обыкновенной квакши в 2,3 и 3,0 раз. Содержание цитохромов у краснобрюхой жерлянки выше по сравнению с их уровнем у обыкновенной квакши в 36 и 1,4 раз для P450 и B5 соответственно.

Поскольку озерная лягушка обитает во всех исследуемых биотопах, можно провести сравнительный анализ уровня содержания этих ферментов в органах и тканях данного вида амфибий из всех мест обитания (табл. 2).

Динамика изменения содержания ферментов микросомальной фракции печени цитохромов P450 и B5 у особей озерной лягушки из биотопов с различным уровнем антропогенного влияния показывает, что их уровень наиболее низок у животных из биотопов ДОПЗ и составляет 0,50 и 0,3 н/моль г для цитохромов P450 и B5, соответственно, в дальнейшем увеличиваясь крайне незначительно у амфибий из биотопов р. Орель, биотопов Диевских плавней и достигает максимальных величин у животных из биотопов зоны поступления сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности г. Днепродзержинска (табл. 2).

**Характеристика содержания ферментов микросомальной фракции белков печени
озерной лягушки из различных по степени загрязнения
антропо-техногенного воздействия мест обитания**

(нмоль/мл белка)

ДОПЗ		Биотопы р. Орель		Биотопы канала Днепр-Донбасс		Биотопы Диевских плавней		Биотопы зоны загрязнения	
P450	B5	P450	B5	P450	B5	P450	B5	P450	B5
0,5 ± 0,13	0,36 ± 0,08	0,55 ± 0,14	0,42 ± 0,11	0,62 ± 0,17	0,54 ± 0,15	0,72 ± 0,19	0,63 ± 0,16	1,61 ± 0,42	0,83 ± 0,24

Анализ содержания цитохромов P450 и B5 у особей озерной лягушки разного пола из двух контрастных мест обитания – биотопов ДОПЗ и биотопов зоны поступления сточных вод предприятий химической и металлургической промышленности г. Днепродзержинска показывает, что у первых содержание цитохромов P450 и B5 составляет 0,42 и 0,26 нмоль/мл белка соответственно у самок, а у самцов 0,57 и 0,45 нмоль/мл белка, что, очевидно, связано с более высоким уровнем метаболизма у животных этого пола из биотопов ДОПЗ. У амфибий из биотопов зоны поступления промышленных сточных вод содержание цитохромов P450 и B5 у самок находится на уровне 1,51 и 1,31 нмоль/мл белка; у самцов составляет 1,70 и 1,61 нмоль/мл белка соответственно по сравнению с амфибиями из биотопов ДОПЗ (табл. 3).

**Характеристика половых различий озерной лягушки в показателях содержания
ферментов микросомальной фракции печени цитохромов P450 и B5**

(нмоль/мл белка)

Место обитания	Самки		Самцы	
	P450	B5	P450	B5
Биотопы ДОПЗ	0,42 ± 0,1	0,26 ± 0,07	0,57 ± 0,14	0,45 ± 0,12
Биотопы сточных вод	1,51 ± 0,29	1,31 ± 0,18	1,70 ± 0,33	1,61 ± 0,31

Как видно из полученных результатов, увеличение содержания ферментов микросомальной фракции печени цитохромов P450 и B5 у амфибий из биотопов зоны загрязнения увеличено в 3,6 и 5,0 раз соответственно у самок и в 3,0 и 3,6 раз соответственно у самцов.

Выводы

Высокий уровень содержания цитохромов P450 и B5 у животных из биотопов зоны поступления сточных вод показывает существование у них определенного уровня адаптации к влиянию ксенобиотиков, что способствует их детоксикации в организме особей озерной лягушки.

Некоторое повышение уровня микросомальных ферментов P450 и B5 у амфибий из биотопов поймы р. Орель и биотопов, прилегающих к каналу "Днепр-Донбасс", по сравнению с животными из биотопов ДОПЗ, очевидно, связано с поступлением ксенобиотиков из агроценозов в виде ядохимикатов и пестицидов, а также увеличение количества чужеродных соединений, поступающих с урбанизированных территорий в водную среду из атмосферы в виде осадков – дождя и снега, с талыми водами и пылью, а также отходами от проезжающего транспорта.

Список литературы

1. Ермаков В. В. Биогеохимическая эволюция таксонов биосферы в условиях техногенеза // Тр. биогеохим. лаб. "Техногенез и биогеохимическая эволюция таксонов биосферы". – М.: Наука, 2003. – Т. 24. – С. 5-23.

2. Кржечковская В. В. Мембрансвязанный цитохром В5, роль цитохрома В5 в регуляции активности изоформ цитохрома Р450 // Мембраны. Сер. Критические технологии. – 2005. – № 2 (26). – С. 10-22.

3. Клейнберг Е. С., Смирин Э. М. К методике определения возраста амфибий // Зоол. журн. – 1969. – Т. 48, вып. 7. – С. 1070-1094.

4. Котелевцев С. В., Стволинский С. Л., Бейм А. М. Эколого-токсикологический анализ на основе биологических мембран. – М.: Изд-во МГУ, 1986. – 106 с.

5. Omura T., Sato R., Cooper D. Y., Rosenthal O., Estabrook R. W. Function of cytochrome P-450 of mikrosomes // Fed. Proc. – 1965. – V. 24, N 8. – P. 1181-1189.

6. *Лабораторные методы исследований в клинике* / Под ред. В. В. Миньшикова. – М.: Медицина, 1987. – С. 215-219, 234-235.

Місюра А. М., Марченковська О. О. Характеристика вмісту ферментів мікросомальної фракції білків печінки цитохромів Р450 і В5 амфібій із біотопів з різним рівнем антропогенного навантаження. – Було проведено дослідження вмісту ферментів мікросомальної фракції білків печінки амфібій із біотопів з різним антропогенним навантаженням. Найвищий рівень вмісту цитохромів Р450 і В5 визначено у тварин із біотопів зони надходження стічних вод, що показує існування у них певного рівня адаптації до впливу ксенобіотиків.

Ключові слова: цитохроми Р450 і В5, мікросомальна фракція білків печінки, амфібії, біотопи, антропогенний вплив.

Misyura A. M., Marchenkovskaya A. A. Description of maintenance of enzymes of mikrosomes fraction of albumens of hepatica of cytochromes of P450 and B5 of amphibians from biotops with the different level of the anthropogenic influencing. – Research of maintenance of enzymes of microsomal fraction of albumens of hepatica of amphibians from biotops with the different anthropogenic loading was conducted. The most high level of maintenance of cytochroms P450 and B5 is certain from animals from biotops of area of receipt sewages, that shows existence for them of certain level of adaptation to influencing of ksenobiotics.

Key words: cytochroms of P450 and B5, mikrosomes fraction of albumens of liver, amphibians, biotops, anthropogenic influencing.

І. С. Митяй

МІНЛИВІСТЬ ООМОРФОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ЖОВТОНОГОГО МАРТИНА *LARUS CACHINNANS* У РІЗНИХ ЧАСТИНАХ АРЕАЛУ ПІВДНЯ УКРАЇНИ

Київський національний університет ім. Т. Шевченка; 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 64
e-mail: oomit@mail.ru

Митяй І. С. Мінливість ооморфологічних показників жовтоногого мартина *Larus cachinnans* у різних частинах ареалу Півдня України. – Для порівняльної характеристики форми яєць мартинів пропонується використовувати два лінійних проміри (довжина і діаметр) та п'ять індексів форми. Чотири з них є простими відношеннями довжини і радіусів трьох зон овоїда до діаметра. Це індекси: подовженості $I_{el}=L/D$, індекс клоакальної $I_{cz}=r_c/D$, латеральної $I_{lz}=r_l/D$ та інфундибулярної $I_{iz}=r_i/D$ зон. П'ятий, узагальнюючий індекс, є подвійним відношенням, який обчислюється за формулою: $I_{sum}=(r_c+b)(b+r_i)/bL$, де $b=L-(r_c+r_i)$. Початкові параметри для згаданих розрахунків індексів отримують за допомогою комп'ютерного аналізу цифрових фотографій яєць. Отримані результати свідчать про можливість використання оологічного матеріалу для вирішення питань, пов'язаних із таксономією, мінливістю, філогенією та еволюцією мартинів.

Ключові слова: індекси форми яйця, комп'ютерний аналіз, мартини.

Вступ

Жовтоногий мартин є фоновим видом водойм Півдня України. В систематичному відношенні статус цього виду залишався дискусійним майже до кінця минулого століття. Довгий період він вважався підвидом сріблястого або гібридом сріблястого та чорнокрилого мартинів [1]. Згідно з фундаментальним дослідженням французького орнітолога П'єра Єзу [2] він входить до складу групи, що складається з дев'яти видів: сріблястий мартин *Larus argentatus*, мартин чорнокрилий *L. fuscus*, східно-сибірський мартин *L. vegae*, середземноморський мартин *L. michahellis*, американський сріблястий мартин *L. smithsonianus*, жовтоногий мартин *L. cachinnans*, вірменський мартин *L. armenicus*, барабинський мартин жовтоногий *L. barabensis* і східний *L. heuglini*. Дискусії з приводу цього списку продовжуються до цього часу, проте відносно видової самостійності жовтоногого мартина суперечок більше немає. Проте з'явилися нові проблеми. В кінці минулого століття почалась інтенсивна експансія жовтоногого мартина від Чорного моря вгору по Дніпру вглиб материка. В результаті цього його гніздові території стали спільними з гніздовими територіями сріблястого мартина [3]. Велика подібність птахів, викликає низку нових проблем, пов'язаних із визначенням видової належності, як дорослих особин, так і їх гнізд, яєць та пташенят. Для розмежування вищезазначених видів, в якості діагностичних використовують, головним чином, зовнішні ознаки: розміри тіла, забарвлення ніг і оперення. Морфометричні характеристики яєць при цьому, на наш погляд, застосовують неповною мірою. В зв'язку з цим, метою нашої роботи було дослідження яєць жовтоногого мартина та виявлення перспектив використання оологічного матеріалу для вирішення питань, пов'язаних із мінливістю, таксономією та мікроеволюційними процесами.

Матеріал і методи

Збір матеріалу (вихідні проміри та фотографування) здійснювалися в польових умовах і в музеях України та Росії: Національний науково-природничий музей НАН України; Зоологічний музей Київського національного університету ім. Т. Шевченка; Зоологічний музей Львівського національного університету ім. І. Франка; Державний природознавчий музей НАН України; Державний Музей природи Харківського національного університету ім. В. Н. Каразіна; Черкаський краєзнавчий музей; музей кафедри зоології Мелітопольського педагогічного університету та Зоологічний музей Московського державного університету ім. М. В. Ломоносова¹. Під час роботи були використані оологічні матеріали з Молочного

¹ Усім співробітникам згаданих музеїв автор висловлює щирю подяку: М. Головушкіну, Ж. Розорій, Л. Смогоржевській, А. Бокотею, Н. Дзюбенко, І. Шидловському, А. Затушевському, І. Горбаню, Н. Писулінській, Є. Писанцю, О. Пекло, П. Томковичу, Я. Редькіну, Р. Луначеку, Т. Девятко, В. Чернікову, М. Селіверстову, В. Волик, В. Муховій, С. Гасиці, О. Кошелеву, Р. Покусі.

лиману, Обіточної коси Азовського моря та Чорноморського заповідника. Було досліджено 149 яєць більше ніж із 59 кладок. Кількісно-якісну характеристику яєць проводили на базі методик, раніше запропонованих нами [4, 5]. В їх основі лежить зручна геометрична система, що відображає морфологію яйця і дозволяє здійснювати необхідні аналізи за допомогою комп'ютерних програм (рис. 1).

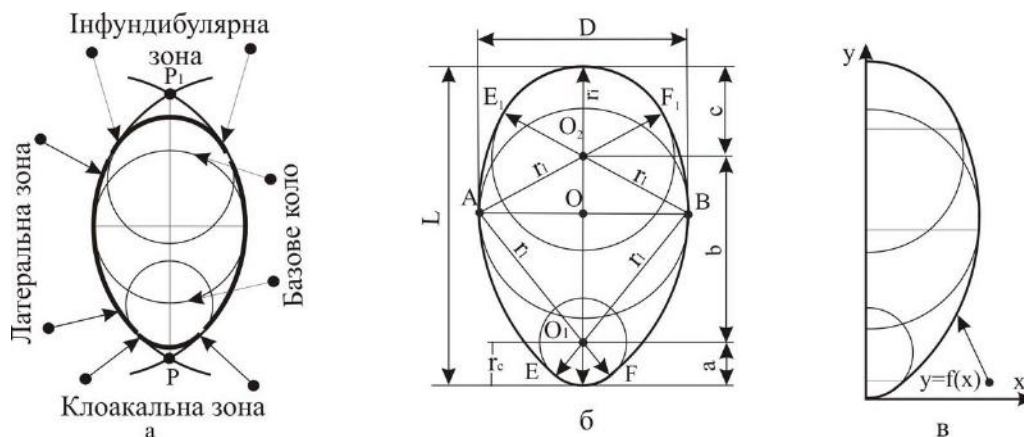


Рис. 1. Зони яйця (а) і схеми зняття (б, в) параметрів для комп'ютерних розрахунків

Вихідні параметри отримано таким чином. Довжина і діаметр вимірювались на реальних яйцях штангенциркулем з точністю до 0,1 мм. Для промірів радіусів клоакальної, інфундибулярної та латеральної дуг були спеціально розроблені комп'ютерні програми, за допомогою яких виконувалися необхідні операції за цифровими фотографіями яєць [5]. Для кількісного опису форми використовували п'ять індексів. Чотири з них є простими відношеннями радіусів дуг трьох зон і довжини овоїда до діаметра. Індекс $I_{iz}=r_i/D$ характеризує відхилення радіуса інфундибулярної дуги від величини половини діаметра та використовується для розподілу яєць за симетрією полярних зон. Індеси $I_{iz}=r_i/D$ та $I_{el}=L/D$ показують ступінь округленості боків яйця та його подовженості порівняно з кулею. Використовуються або разом, або окремо при розділенні яєць на групи за подовженістю. Індекс $I_{cz}=r_c/D$ є показником конфігурації клоакальної зони (загострені чи округлені) та критерієм класифікації за цією ознакою. П'ятий, узагальнюючий індекс, є подвійним відношенням, яке вираховується за формулою: $I_{sum}=(r_c+b)(b+r_i)/bL$, де $b=L-(r_c+r_i)$. Він показує ступінь гармонійності (співвідносності, пропорційності, узгодженості) полярних радіусів та довжини яйця. При великих радіусах його значення теж великі, при малих (або малому клоакальному) – наближаються до одиниці. Результати вимірів автоматично вносилися до перебудованої нами, відповідно до мети досліджень, бази Microsoft Access. Обробку даних здійснювали за допомогою пакета програм STATISTICA – 6 Stat Soft Inc.

Результати та обговорення

Для розмежування форм яєць за симетрією полярних зон використовували інтервал індексу інфундибулярної зони $0,475 < I_{iz} \leq 0,5$, тобто 5% від максимального значення радіуса інфундибулярної зони. В даному аспекті теоретично можливі три форми яєць: симетричні (зони однакові), моноасиметричні (радіус інфундибулярної зони більший за $0,475D$), біасиметричні (радіус інфундибулярної зони менший за $0,475D$, але більший за клоакальний радіус). Як показав аналіз, у жовтоногого мартина симетричні яйця, як і в цілому для роду, відсутні (рис. 2).

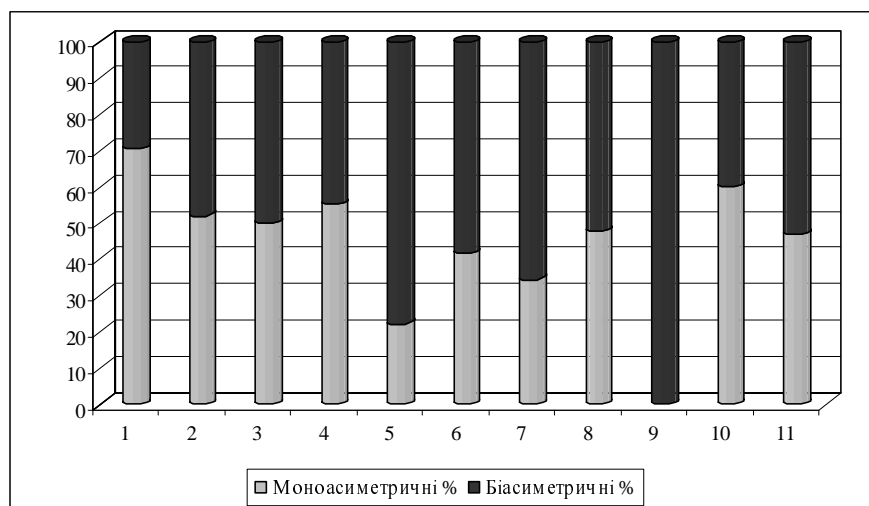


Рис. 2. Розподіл яєць мартинів за симетрією полярних зон: 1) *Larus ichthyaetus*; 2) *L. melanocephalus* 3) *L. minutus*; 4) *L. ridibundus*; 5) *L. genei*; 6) *L. fuscus*; 7) *L. argentatus*; 8) *L. cachinnans*; 9) *L. hyperboreus*; 10) *L. marinus*; 11) *L. canus*

Проте більш важливою інформацією в даному аспекті є процентне співвідношення згаданих форм. Як видно з рис. 2, за цим критерієм спостерігаються чіткі відмінності у різних типів мартинів. Так відсоткові долі моноасиметричних та біасиметричних яєць у жовтоногого мартина майже однакові (відповідно 47,83 та 52,17%). Подібні відсотки спостерігаються у середземноморського, малого та сивого мартинів. Яйця ж сріблястого мартина досить чітко відрізняються за цією ознакою. Цікаві результати показав аналіз яєць за подовженістю (рис. 3).

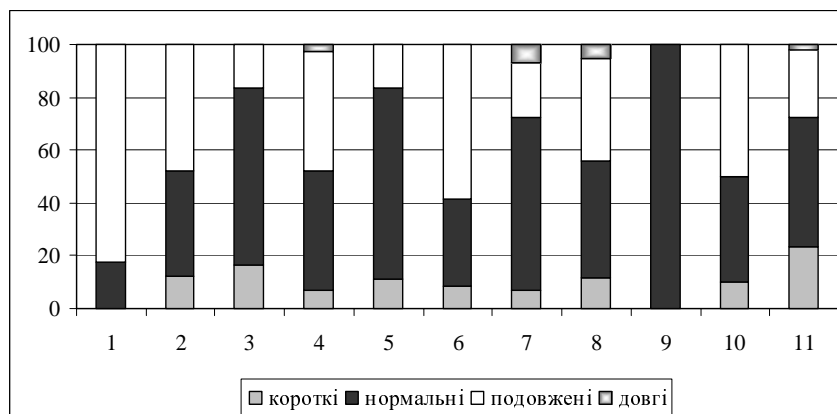


Рис. 3. Розподіл яєць мартинів за подовженістю (позначки ті ж, що й на рис. 2)

Із вищенаведеної геометричної схеми (рис. 1 а) видно, що довжина яйця залежить від величини радіусів латеральних дуг. Відстань між точками їх перетину (P , P_1) лежить в основі раніше розробленої нами методики [4] розподілу яєць за довжиною. Згідно з нею були запропоновані наступні інтервали індексів подовженості. Для симетричних та біасиметричних яєць такими є корені квадратні з цілих чисел від одного до п'яти (1; 1,414; 1,732; 2; 2,236), для моноасиметричних – половина суми одиниці з цими коренями (1; 1,207; 1,366; 1,5; 1,618). У відповідності з зазначеним, яйця можна поділити на короткі, нормальні, видовжені та довгі. Як видно із рис. 3, відсотки 4 типів яєць 11 видів мартинів явно відрізняються між собою. Подібна відмінність спостерігається для більшості видів і в розподілі яєць за конфігурацією клоакальної зони (рис. 4).

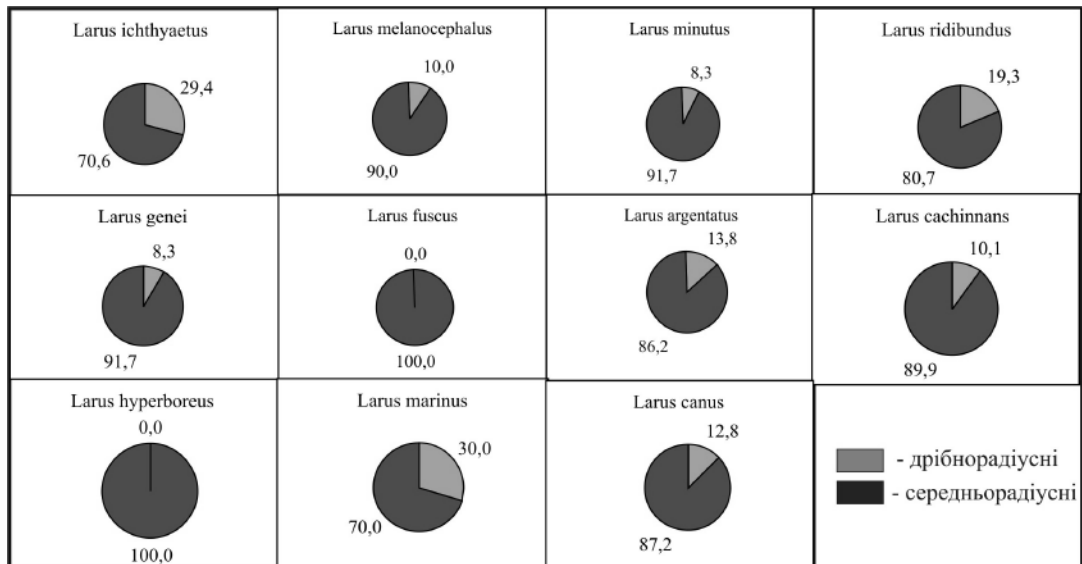


Рис. 4. Розподіл яєць мартинів за конфігурацією клоакальної зони

Подібність відсотків у мартина чорнокрилого (*L. fuscus*) та полярного (*L. hyperboreus*) нівелюється довжиною яєць, яка у зазначених видів дуже різна, відповідно, 63,0-76,2 та 76,2-78,1 мм.

Ці приклади свідчать про факт існування видоспецифічності параметрів яєць. У більшості випадків вона має комплексний характер, тобто проявляється в різних комбінаціях параметрів. Коливання останніх створює межі мінливості, кількісне вираження якої можна пов'язати з певним функціональним значенням. Для з'ясування даного питання, ми зробили порівняльний аналіз яєць жовтоногого мартина з різних частин ареалу. Були отримані наступні результати.

За величиною індексу інфундибулярної зони спостерігається достовірна різниця між обіточною популяцією ($n=72$) та молочнолиманською ($n=47$) і чорноморською ($n=25$), відповідно, 0,329-0,5 середнє $0,466 \pm 0,004$ проти 0,442-0,5 середнє $0,480 \pm 0,002$ та 0,440-0,5 середнє $0,475 \pm 0,004$ (достовірність відмінностей в першому випадку – $t_{ст} = 2,9$ і $t_{кр} = 1,7$, у другому – $t_{ст} = 1,8$ і $t_{кр} = 1,7$). Проте між другою та третьою популяціями за цією ознакою достовірних відмінностей немає. Подібна ситуація спостерігається і в розподілі яєць (рис. 5).

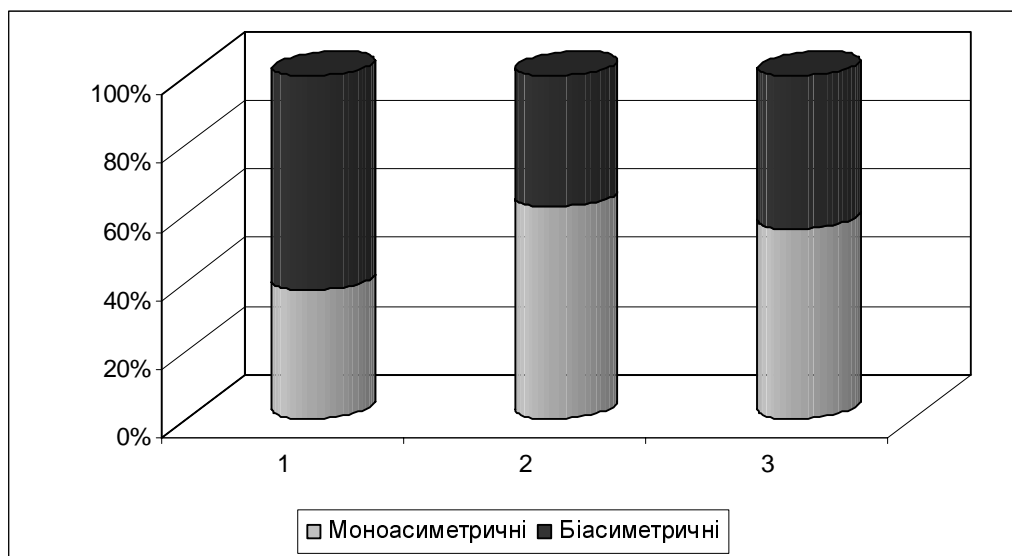


Рис. 5. Мінливість співвідношення моноасиметричних та біасиметричних яєць жовтоногого мартина в різних частинах ареалу: 1) Обіточна коса; 2) Молочний лиман; 3) Чорноморський заповідник

Як видно з рис. 5, популяції з островів Молочного лиману та островів Чорноморського заповідника між собою більш схожі, але відрізняються від популяції з материкової частини Обіточної коси.

Аналіз яєць мартинів досліджуваних популяцій за індексами подовженості виявив наступне. Їх значення коливаються в межах: 1,280-1,640, середнє $1,427 \pm 0,009$; 1,239-1,570, середнє $1,399 \pm 0,001$; 1,339-1,589, середнє $1,435 \pm 0,019$. Достовірна різниця даних є між другою та третьою популяціями ($t_{ст} = 2,2$ і $t_{кр} = 1,7$), дуже мала між першою та другою ($t_{ст} = 1,71$ і $t_{кр} = 1,67$) та зовсім відсутня між першою та третьою. Більш чіткі відмінності спостерігаються в розподілі типів яєць за довжиною (рис. 6).

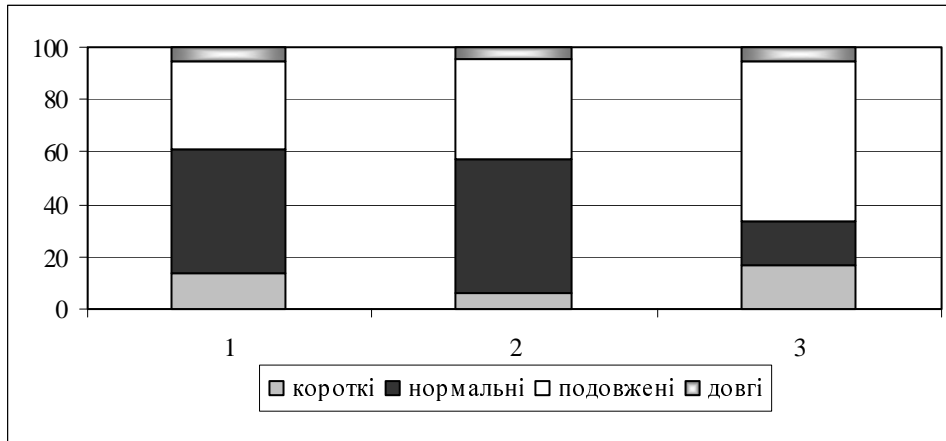


Рис. 6. Мінливість співвідношення типів яєць жовтоногого мартина різних популяцій за індексом подовженості (позначки такі ж, як на рис. 5)

За цим критерієм порівняно з Чорноморською популяцією, яйця з Обіточної коси більш подібні до тих, що були відкладені на островах Молочного лиману. Проте кожна з популяцій має свою специфіку. Сумарна кількість коротких та нормальних яєць у перших двох популяціях майже однакова. Однак, кількість коротких яєць з Обіточної коси, приблизно в два рази більша за ту, що є на Молочному лимані. В Чорноморській популяції переважають подовжені форми при майже однаковій кількості коротких та нормальних яєць.

За конфігурацією клоакальної зони на вказаних територіях яйця жовтоногого мартина, порівняно з наведеними вище індексами, відрізняються найбільше. Значення індексу клоакальної зони коливаються в таких межах: 0,133-0,328 середнє $0,224 \pm 0,006$; 0,157-0,353 середнє $0,244 \pm 0,006$; 0,206-0,331 середнє $0,264 \pm 0,01$. Достовірність відмінностей між першою та другою, другою та третьою популяціями становить: $t_{ст} = 2,3$ і $t_{кр} = 1,7$, а між першою та третьою – $t_{ст} = 4,0$ і $t_{кр} = 1,7$. За розподілом обіточна та чорноморська популяції подібні, але обидві відрізняються від молочнолиманської (рис. 7).

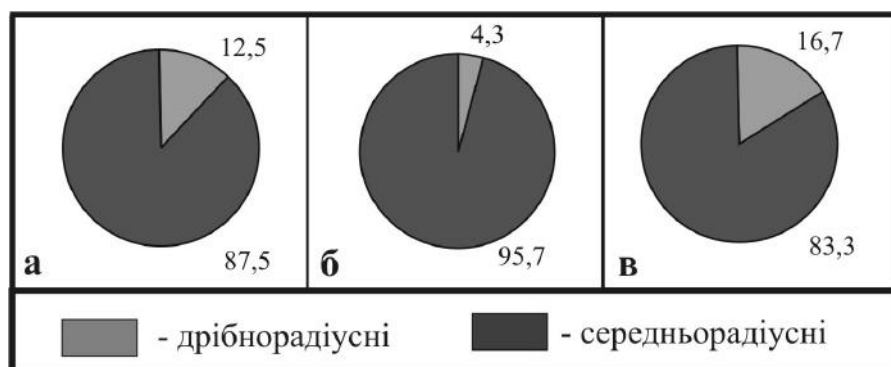


Рис. 7. Розподіл яєць жовтоногого мартина різних популяцій за конфігурацією клоакальної зони: а) Обіточна коса; б) Молочний лиман; в) Чорноморський заповідник

Кількість дрібно радіусних яєць у Чорноморських популяціях максимальна. Це співпадає з їх максимальною подовженістю на цій території. Останнє, підтверджується геометрією овоїда: остаточне формування його довжини здійснюється за рахунок замикання латеральних дуг клоакальною дугою. Відповідно, у довгих яєць радіуси клоакальної дуги менші.

Окрім географічної мінливості, ми провели роботу з виявлення масштабів мінливості яєць на периферії та центрі колонії жовтоногого мартина. За розподілом моноасиметричних та біасиметричних яєць на вказаних ділянках колоній виявлено невеликі відмінності, відповідно 39,0; 61,0 та 36,7; 63,3%. Більша різниця спостерігається у розподілі яєць за довжиною. Так, на периферії кількісні долі чотирьох типів яєць розподіляються в такій послідовності: короткі – 12,2, нормальні – 46,3, подовжених 39,0 і довгих 2,5%. У центральній частині колонії ця послідовність має такий вигляд 16,7, 56,7, 23,3, 3,3%. За конфігурацією клоакальної зони периферія представлена 14,6% дрібнорадіусних і 85,4% середньорадіусних яєць, а центр, відповідно, 10,0 і 90,0%. Усі ці цифри свідчать про можливість оцінки мінливості ознак і на цьому рівні.

Таким чином, маємо наступні логічні схеми: існуюче в природі різноманіття форм яєць можна звести до певної системи, використавши особливості геометричної будови овоїда. Геометрична фігура (еталон) із певними, органічно пов'язаними з нею параметрами, порівнюється (апроксимується) з реальним яйцем. Унаслідок отримуємо не довільні показники, а ті, що впливають з єдиної геометричної системи. Кожний із таких показників є ніби маркером того чи іншого яйця. Відхилення в будь-який бік від нього складає розмах мінливості. Остання є масивом чисел, які є характеристиками структурно-функціональної організації того, чи іншого яйця. Залишається тільки виявити, яким чином те чи інше значення параметра яйця впливає на хід відтворення. Знову без геометрії не обійтись.

Загальновідомо, що з геометричною будовою будь-якого тіла пов'язані його властивості. Наприклад, сфера характеризується максимальною кількістю осей симетрії, рівномірністю розподілу по поверхні навантажень, температури, максимальним відношенням об'єму до площі поверхні та ін. Еліпсоїд має дві осі симетрії і вже дещо інші, відмінні від сфери, характеристики. Асиметричні овоїди, якими представлена максимальна кількість пташиних яєць (близько 98%, n=16494) вже мають одну вісь симетрії та низку специфічних аспектів. Останніх досить багато, тому ми зупинимось лише на деяких із них.

Серед характеристик яйця, що відноситься до категорії більш важливих, є механічна міцність шкаралупи, її ємкість (об'єм) та площа поверхні. Так сферичні яйця, які є типовими для гігантських черепах мають максимальну міцність при мінімальній товщині шкаралупи. Яйця птахів, у зв'язку з необхідністю орієнтації зародкового диска, не можуть бути абсолютно сферичними. Через це вони є в тій чи іншій мірі подовженими, а це означає, що кривизна їх зон різна, і це породжує нерівномірність деформаційного опору. Як відомо, всі яйця лежать під насиджуючим птахом на своїх латеральних зонах, радіуси кривизни яких значно більші, ніж на полярних зонах. Відповідно деформаційний опір боків яйця значно менший, ніж на полюсах. Це відомо кожному ще з дитячих забав з роздавлювання сирих яєць, шляхом зажимання їх між долонями чи змагань по розбиванню крашанок під час пасхальних свят. З полюсів куряче яйце роздавити не можливо, навіть при великому зусиллі, проте з боків це вдається зробити лише пальцями. Останнє свідчить про те, що подовження яйця викликає збільшення кривизни латеральних зон яєць, а разом з цим і до зменшення міцності шкаралупи в цих місцях. В зв'язку з цим, з подовження яйця виникає необхідність потовщення шкаралупи. Таке явище дійсно спостерігається в природі. Наприклад, яйця тонкодзьобої кайри (*Uria aalge*) є довгими моноасиметричними дрібнорадіусними овоїдами відповідно до нашої класифікації ($I_{el}=1,63\pm 0,011$, n=31), Яйця великої синиці, навпаки, є моноасиметричними нормальними середньорадіусними ($I_{el}=1,31\pm 0,011$, n=115). Індекс шкаралупи (відношення маси шкаралупи до маси яйця) у першого виду складає 0,12, а у другого – в два рази менший (0,06).

Таким чином, потовщення шкаралупи збільшує її механічний опір, проте створює додаткові проблеми для газообміну та транспірації, а також ускладнює вилуплення пташенят. Тому паралельно з потовщенням шкаралупи збільшується кількість та розміри пор. Останні оптимізують дифузійні процеси, але при цьому зменшують деформаційний опір шкаралупи, підвищують ризик проникнення всередину яйця шкідливих мікроорганізмів та грибів.

Подібна ситуація спостерігається ще у двох важливих складових пташиного яйця: об'єму та площі поверхні. Об'єм лімітує кількість речовин, необхідних для розвитку зародка: чим їх більше тим краще для нього. Площа поверхні прямо пов'язана з теплообмінними процесами. За її мінімальними значеннями втрата тепла яєць протікає повільніше, що є запорукою від переохолодження в періоди, коли дорослі птахи покидають гніздо. Звідси випливає, що максимальний об'єм при мінімальній площі є найбільш оптимальним. Знову ж, для кулі (сфери) відношення об'єму до площі поверхні є максимальним (0,333). Відповідно, у пташиних яйцях це значення буде меншим. Дійсно, у великої синиці воно знаходиться в межах $0,178 \pm 0,0002$, а у тонкодзьобої кайри – $0,182 \pm 0,003$. Здавалося б, у кайр це співвідношення є більш оптимальне. Проте якщо ці показники розділити на довжину яйця, тобто зробити їх відносними та безмірними, то отримаємо суттєву різницю, відповідно $0,136 \pm 0,0004$ та $0,114 \pm 0,0007$. Щодо площі поверхні, то необхідно враховувати, що її зменшення призведе до ускладнення процесів дихання та транспірації зародка. Останнє викликає необхідність збільшення кількості пор і т.п.

Вищенаведені матеріали наочно свідчать про наявність досить складних суперечливих, а іноді навіть, взаємопротилежних напрямів у формуванні структурно-функціональної організації яйця, що потребує значної вираженості процесів. Той чи інший аспект структури чи функції реалізується шляхом компромісів (взаємобалансованості, згладжування, усереднення). Останнє є ґрунтовним доказом більшої життєздатності організмів із середніми показниками в мінливих умовах середовища. Такі організми можуть посередньо виконувати багато функцій, тобто бути пластичними, універсальними.

Виходячи з цього, параметри яйця не можуть комбінуватись довільно та варіювати в широких межах, а, значить, і можлива прив'язка їх кількісних значень до ефективності виконання тих чи інших функцій, про що вже згадувалось раніше. Для пошуків згаданої прив'язки ми користувались кореляційним аналізом за параметрами, що згадані вище (табл. 1).

Таблиця 1

Кореляційні зв'язки параметрів яєць жовтоногого мартина

	L	D	I _{cz}	I _{lz}	I _{iz}	I _{el}	I _{sum}	V	S	I _{avs}	I _{vvs}
L	1										
D	0,280	1									
I _{cz}	-0,146	0,180	1								
I _{lz}	0,377	0,015	0,173	1							
I _{iz}	-0,113	0,329	0,211	0,434	1						
I _{el}	0,621	-0,277	-0,217	0,498	-0,381	1					
I _{sum}	-0,390	0,288	0,826	0,008	0,463	-0,616	1				
V	0,571	-0,271	-0,112	0,363	-0,426	0,965	-0,540	1			
S	0,585	-0,267	-0,111	0,421	-0,395	0,977	-0,537	0,998	1		
I _{avs}	0,510	-0,273	-0,117	0,155	-0,514	0,889	-0,543	0,972	0,954	1	
I _{vvs}	-0,633	0,261	0,247	-0,591	0,307	-0,987	0,629	-0,914	-0,936	-0,811	1

Як видно з табл. 1, найбільші кореляційні зв'язки спостерігаються для індексу подовженості. Саме він пов'язаний з двома вирішальними характеристиками, про які зазначалося раніше, а саме з об'ємом і площею поверхні. В основі нашого підходу лежить загальновідоме уявлення про те, що якщо є кореляція між декількома показниками, то за варіацією одного з них можна зробити певні висновки про варіацію інших. Якщо від об'єму

та площі поверхні залежить життєдіяльність зародка, то від них залежить і успішність розмноження. Останню можна досліджувати через динаміку цих показників, але це ж саме можна зробити і простішими методами, тобто через індекс подовженості.

У більшості випадків мінливість ознак проявляється у вигляді кривої нормального розподілу, яка має оптимальну середину та песімальну периферію (рис. 8).

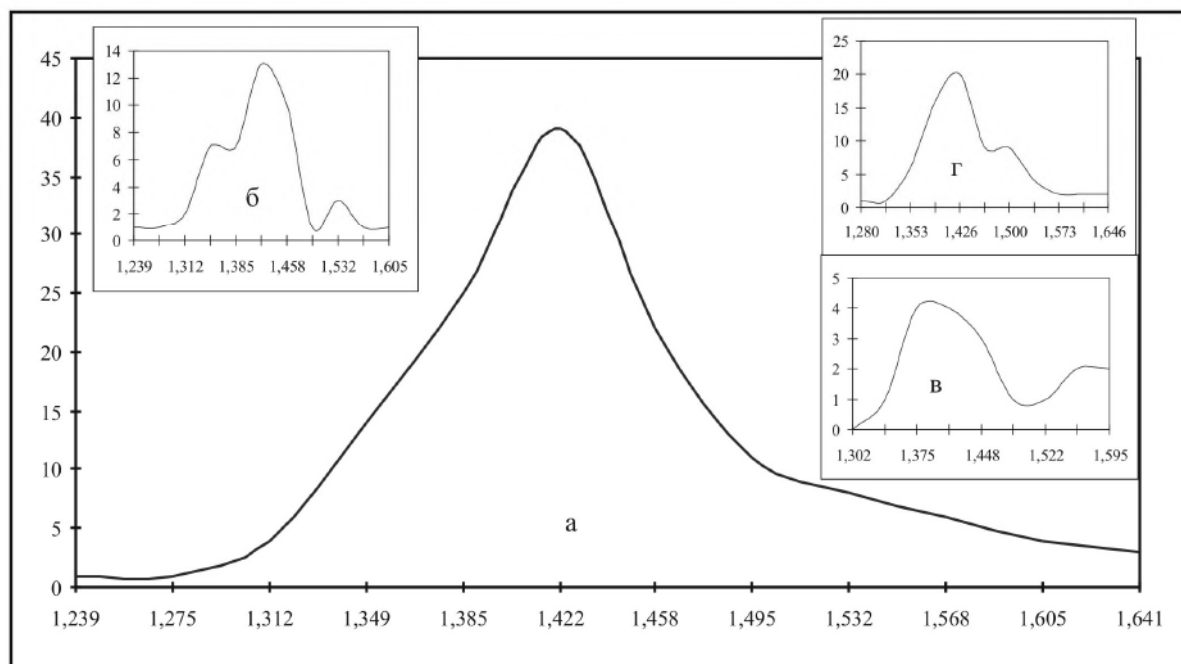


Рис. 8. Мінливість індексу подовженості яєць жовтоногого мартина: а) сукупна по регіону; б) Обіточна коса; в) Молочний лиман; г) Чорноморський заповідник

Як видно із рис. 8, і сумарна, і регіональна мінливість має однаковий характер. Максимальна кількість оптимальних яєць (ті, що мають більші шанси для вилуплення пташенят) зосереджена в межах середнього арифметичного, а по обидва боки локалізуються менш оптимальні варіанти. Чим далі від середини, тим гірша інкубаційна придатність яєць. Відкидаючи в будь-який мірі крайні варіанти, ми отримуємо можливість робити певні прогнози успішності розмноження. Як виявилось, це цілком конструктивний підхід, що дає можливість елементарним та зручним методом поєднати критерій форми яйця з його біологічним змістом (табл. 2).

Таблиця 2

Прогнозована та реальна успішність розмноження жовтоногого мартина

№ п/п	Регіон досліджень	Кількість яєць	Кількість кладок	Прогнозована успішність (%)	Реальна успішність (%)
1	Обіточна коса	72	31	75,1-88,9	77,8-89,4
2	Молочний лиман	47	16	63,8-78,7	68,1-78,3
3	Чорноморський заповідник	30	12	72,2-83,3	77,8-89,4
4	Весь регіон	149	59	72,5-86,2	72,5-83,3

Висновки

Значна правильність форми яйця, дає можливість використовувати в якості еталонів для порівняння їх площинні проекції, які по суті наближаються до симетричних та асиметричних еліпсів і овалів. Ці фігури розміщені в єдиній геометричній системі, мають свої закономірності будови та кількісне вираження. Порівнюючи еталони з реальними

яйцями (у даному випадку яйцями жовтоногого мартина), ми отримуємо сукупність критеріїв, які описують різні сторони їх структурно-функціональної організації. З одного боку, вони виступають як своєрідні популяційні маркери, якими розрізняються яйця на видовому та підвидовому рівнях, а також дають можливість характеризувати всі типи мінливості яєць (географічну, сезонну, екологічну та ін.). З іншого боку, ці ж самі критерії дають можливість пов'язати їх кількісні значення з біологічним змістом.

Мінімальний об'єм публікації не дає можливості детальніше заглибитись у суть питання, проте, ми цілком впевнені в конструктивності такого підходу та вважаємо, що в нього є всі перспективи для майбутнього розвитку.

Список літератури

1. *Калякин М. В.* Птицы Москвы и Подмосковья. – М.: КМК, 2003. – 222 с.
2. *Yesou P.* Trends in Systematics, Systematics of *Larus argentatus-cachinnans-fuscus*. – Complex Revisited, Dutch Birding. – 2002. – 24(5). – P. 271-298.
3. *Атамась Н. С., Лопарев С. А.* Трофические связи чайки-хохотуньи *Larus cachinnans* (Laridae, Charadriiformes) на Среднем Днепре // Вестн. зоол. – 2005. – 39 (2). – С. 47-55.
3. *Грищенко В. Н., Бучко В. В., Гаврилюк М. Н., Скильский И. В.* Характеристика некоторых оологических показателей крупных видов чаек лесостепи Украины // Матер. II Междунар. конф. стран СНГ "Актуальные проблемы оологии". – Липецк: ЛГПУ, 1998. – С. 52-53.
4. *Митяй И. С.* Системный підхід в дослідженнях форми яєць птахів // Наук. вісник Ужгородського ун-ту. Сер. Біол. – 2008. – Вип. 23. – С. 87-92.
5. *Митяй И. С.* Использование современных технологий в исследованиях птичьих яиц. – Вісник ЗНУ: Зб. наук. ст. Біол. науки. – Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – Вип. 1. – С. 191-200.

Митяй И. С. Изменчивость ооморфологических показателей хохотуньи *Larus cachinnans* в разных частях ареала юга Украины. – Для сравнительной морфологической характеристики яиц чайковых птиц предлагается использовать два линейных промера (длина и диаметр) и пять индексов формы. Четыре из них являются простыми отношениями длины и радиусов трех зон овоида к диаметру. Это индексы: удлиненности $I_{el}=L/D$, индекс клоакальной $I_{cz}=r_c/D$, латеральной $I_{lz}=r_l/D$ и инфундибулярной $I_{iz}=r_i/D$ зон. Пятый, обобщающий индекс, является двойным отношением, который вычисляется по формуле: $I_{sum}=(r_c+b)(b+r_i)/bL$, где $b=L-(r_c+r_i)$. Исходные параметры получают за счет компьютерного анализа цифровых фотографий яиц. Результаты исследований свидетельствуют о возможности использования оологического материала для решения вопросов, связанных с систематикой чайковых птиц.

Ключевые слова: индексы формы яйца, компьютерный анализ, чайковые птицы.

Mytai I. S. Changeability of egg morphology indexes of yellow-legged gull *Larus cachinnans* in different parts of natural habitat of the South of Ukraine. – For the comparative morphological description of larids' eggs the use of two linear dimensions (length and diameter) and five indices of form is proposed. Four of the indices are the affine ratios of length and radii of three ovoid areas to diameter: the elongation index $I_{el}=L/D$, the cloacal area index $I_{cz}=r_c/D$, the lateral area index $I_{lz}=r_l/D$, and the infundibular area index $I_{iz}=r_i/D$. The fifth – generalized – index is a binary ratio calculated as follows: $I_{sum}=(r_c+b)(b+r_i)/bL$, где $b=L-(r_c+r_i)$. The input data are obtained by means of computer analysis of digital egg photographs. The results testify to the possibility of use of the oological material for the problem-solving in the field of the taxonomy of larids.

Key words: indices of egg shape, computer analysis, larids.

А. В. Михеев

СЛЕДОВАЯ АКТИВНОСТЬ ЛЕСНОЙ КУНИЦЫ В СТЕПНЫХ ЛЕСАХ ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ В УСЛОВИЯХ СНЕЖНОГО ПОКРОВА*Днепропетровский национальный университет им. О. Гончара
49050, г. Днепропетровск, пр. Гагарина, 72; e-mail: zestforest@ua.fm*

Михеев А. В. Следовая активность лесной куницы в степных лесах юго-востока Украины в условиях снежного покрова. – На основе материалов полевых исследований представлена характеристика следовой активности куницы лесной в степных лесах юго-восточной Украины на фоне снежного покрова. Проведена оценка качественных и количественных параметров совокупностей следов жизнедеятельности этого вида как элементов информационного поля.

Ключевые слова: куница лесная, следовая активность, следы жизнедеятельности, лесные биогеоценозы, поведенческая экология.

На протяжении своего обширного ареала куница лесная (*Martes martes* Linnaeus, 1758) характеризуется круглогодичной активностью. Не исключением являются и степные леса юго-востока Украины. Однако сезонное образование под пологом леса специфического по своим свойствам субстрата – снежного покрова – является фактором, оказывающим значительное влияние на экологию данного вида млекопитающих. Это проявляется, в первую очередь, в характерном изменении активности животных. Как правило, зверек ведет скрытный образ жизни, поэтому значительный интерес для выявления его поведенческих особенностей в этот экологически сложный сезон года представляет именно опосредованное изучение его активности в ходе троплений и маршрутных учетов следов жизнедеятельности по "белой тропе".

Известно, что на следовую активность хищника в значительной степени влияют запасы и характер размещения кормов [5, 7]. При этом следы охоты на мышевидных грызунов отмечаются более чем в половине суточных наследов. Как правило, участки обитания куницы в зимние месяцы отличаются постоянством; суточные кормовые переходы в их пределах составляют до 600 м [18]. Однако на протяжении зимы оседлый образ жизни куницы может сменяться кочевым. Длина суточного хода возрастает до 10-14 км, особенно при дефиците основного пищевого ресурса – грызунов [3, 5]. После выпадения высокого снега куницы могут переходить к подснежному образу жизни в пустотах под валежником и в корнях деревьев, чему также способствует обилие в этих местах полевков [1, 6, 10]. На локальном участке суточной активности нередко встречаются следы нескольких куниц, хотя в большинстве случаев они держатся обособленно [8]. В целом, несмотря на характерную для данного вида млекопитающих территориальность, в указанный период года зверьки не стремятся защищать обитаемый участок [6].

В снежный период года куница населяет не только старовозрастные хвойные, но и молодые лиственные леса. При выборе мест отдыха, в процессе охоты или маркировочной активности проявляется селективное отношение к различным местообитаниям, а также к отдельным элементам их структуры (комли деревьев, комья почвы вокруг стволов, толстые ветви и коряги, поваленные деревья и проч.) [20]. Заметная смена активности куницы отмечается не только вследствие вырубок леса, но и под влиянием любых проявлений антропогенного фактора. Поведение животных в этих условиях отличается повышенной лабильностью: даже незначительные проявления фактора беспокойства или изменения местообитаний вызывают немедленный и заметный эффект [13, 19]. В целом интенсивность перемещений куницы определяется не столько наличием снежного покрова как такового, сколько его физическими характеристиками. В частности, на протяженность суточного хода зверька в большей степени влияет не высота снежного покрова, а его плотность [7].

Некоторые специфические поведенческие особенности куницы, такие как скрытный образ жизни, низкая подвижность при обилии корма, способность к перемещениям под снегом либо, напротив, – по ветвям деревьев могут определять незначительную

выраженность следов на снегу. Данное обстоятельство зачастую создает ложное представление о низкой численности зверька, особенно когда исследователь ориентируется лишь на присутствие-отсутствие свежих следов [4]. Общей особенностью следовой активности млекопитающих в снежный период является пульсирование пространственного размещения следов, в результате чего формируются отдельные их сгущения, разделенные значительными промежутками; в наибольшей степени это характерно именно для куных [9].

Следует отметить, что параметры следовой активности куницы лесной и особенности формирования этим видом информационно-коммуникативных систем в условиях снежного покрова в степных лесах юго-востока Украины до настоящего времени оставались практически не изученными. Исходя из этого обстоятельства, целью данной работы являлось определение характера следовой активности куницы в указанный период, а также количественная и качественная оценка совокупностей следов жизнедеятельности этого вида, с рассмотрением последних в аспекте зоогенного информационного поля (ИП) видового уровня [11].

Материал и методика исследований

Процесс сбора полевого материала базировался на ранее разработанных методических подходах [11]. Показатели следовой активности и параметры ИП изучаемого вида определяли в ходе учетов на маршрутах общей протяженностью 175 км в снежные периоды 2002-2006 гг. (с последующим расчетом количества сигналов на километр маршрута, сигн./км) на базе Присамарского биосферного стационара Комплексной экспедиции Днепропетровского национального университета. Показатели следовой активности куницы лесной исследовали с учетом типа лесных биогеоценозов (описания проводились по типологической схеме А. Л. Бельгарда [2]) и структуры местообитаний. Сочетания различных типов леса выделялись в качестве отдельных элементов общей биогеоценотической структуры. Оригинальный фотоиллюстративный материал сделан с помощью цифровой камеры "Olympus C70 Zoom" с разрешением 7,1 мегапикселей, с последующей компьютерной коррекцией изображений.

Результаты и обсуждение

Установлено, что в снежный период года в различных типах лесных биогеоценозов (БГЦ) степной зоны Украины следы жизнедеятельности лесной куницы составляют до 6,51% от совокупности сигнальных элементов ИП териофауны в целом. Интенсивность сигнальной нагрузки данного вида составляет в среднем $29,05 \pm 16,83$ сигн./км маршрута. Данный показатель в значительной степени варьирует, что подтверждается расчетом коэффициента вариации, значение которого составляет 141,87. Фактором, во многом определяющим неравномерный по количеству и размещению сигнальных элементов характер ИП изучаемого вида является время, прошедшее после последнего выпадения снега. Отмечено, например, что в первые часы после даже небольшого снегопада следы куницы на маршрутах практически не встречаются; зверек затаивается и не выходит на охоту. Тем не менее, общий тренд нарастания количества следов по мере "старения" снежного покрова является практически линейным (коэффициент корреляции в рамках одного и того же маршрута составляет 0,87).

Неравномерно распределяются следовые элементы куницы также и на фоне специфичных условий конкретных станций. Отмечено, например, что зверьки не избегают открытых пространств замерзших водоемов: нам неоднократно удавалось наблюдать куниц, перебежавших по льду русло реки непосредственно в дневные часы. Через 7 суток после выпадения снега на пространстве замерзшего русла реки Самара ИП куницы характеризовалось значением $96,83 \pm 39,12$ сигн./км, что оказалось даже выше среднего показателя для двухнедельного периода снегоотложения в условиях лесных БГЦ. Благодаря небольшому весу, куница, в отличие от лисиц и зайцев, не испытывает значительных затруднений при передвижении по обледеневшей снежной поверхности (насту), хотя

следовая активность зверька в этих условиях не отличается высокой интенсивностью (до $3,33 \pm 1,14$ сигн./км).

Следы жизнедеятельности куницы, визуально фиксируемые на снегу, представляют собой целый комплекс сигналов различной природы, в своей совокупности составляющих ИП отдельных особей и популяций. Эти проявления следовой активности не менее разнообразны, чем у таких активных в поведенческом плане млекопитающих, как заяц-русак или лисица [14, 15, 17].

Пятипалые округлые отпечатки лап куницы по величине и форме имеют некоторое сходство с таковыми передних лапок зайца-русака (рис. 1), но концы отпечатков у них притуплены, так как длина двух средних пальцев одинакова. Зимой подошвы лап зверька обрастают густым жестким волосом, и их опорная поверхность увеличивается. Отпечаток лапы при этом становится несколько крупнее. След куницы имеет незначительные признаки мозолистых утолщений ступни (подушечек). Как правило, кончики когтей оставляют на снегу или мягкой почве заметные следы.

Тело куниц – удлиненное с относительно короткими конечностями – по форме является характерным для большинства представителей семейства Mustelidae. Как правило, зверек передвигается скачками (галопом). В зависимости от скорости передвижения меняется и аллюр; при этом в характере следовой дорожки и расположении отпечатков лап можно выделить несколько вариантов.

При передвижении куниц по земле "на прыжках" отпечатки тесно сдвинутых задних лапок точно попадают в следы передних (рис. 2). Реже зверьки переносят (либо не доносят) одну из задних лап (галоп с правой или левой стороны). Таким образом, отпечатки располагаются соответственно парами, тройками и лишь иногда четверками – в тех случаях, когда на больших прыжках зверек заносит обе задние лапы далеко вперед, а передние сближает еще теснее. В результате образуются различные группы отпечатков – так называемая двух-, трех- или четырехчетка (которая по расположению лап отчасти напоминает заячью).



Рис. 1. Отпечатки лап лесной куницы на снегу

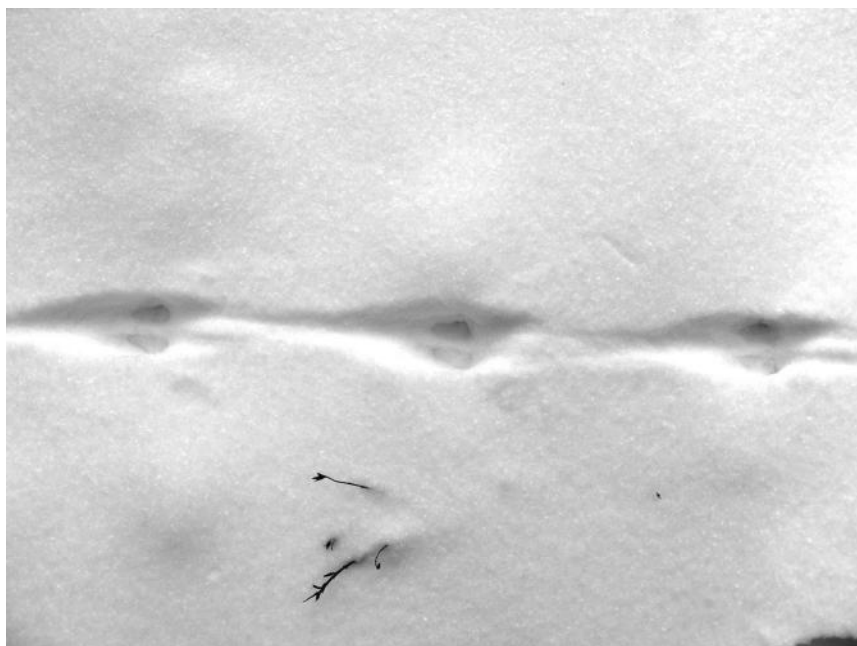


Рис. 2. Отпечатки лап лесной куницы на снегу ("двухчетка")

Подкрадываясь к добыче или медленно пробираясь по снегу, куницы иногда идут шагом, оставляя двойной ряд округлых отпечатков [17]. Длина прыжка зависит от быстроты передвижения и состояния снежного покрова. На быстром ходу и при плотном снеге она составляет 60-70, на медленном – 40-50 см (рис. 3). По глубокому снегу прыжки еще короче – до 30-35 см, причем зверек погружается в снег на 9-10 см (рис. 2, 4).

Следовая дорожка куницы также достаточно разнообразна. Лишь в редких случаях она выдерживает более-менее прямолинейное направление; сравнительно прямым является, пожалуй, лишь след зверька, идущего на дневку (рис. 4).



Рис. 3. Петляющая следовая дорожка охотящейся лесной куницы



Рис. 4. Следовая дорожка лесной куницы на снегу ("прямой ход" в спокойном состоянии)

При поисках добычи след отклоняется из стороны в сторону, следовая дорожка при этом остается извилистая (см. рис. 3): хищник постоянно забирается под завалы, петляет между стволами деревьев (рис. 5) и пнями, приближается к кучам валежника и выступающим корягам. В данном случае реализуется поисково-исследовательская форма поведения – зверек активно обследует эти и другие элементы окружающей обстановки, в том числе и антропогенного происхождения. По ходу следовых дорожек куницы, например, на снегу, на стволах поваленных деревьев, пнях встречаются остатки добычи, а также кучки помета и мочевые точки, выполняющие функцию ольфакторно-визуальной маркировки.



Рис. 5. Следы исследовательских перемещений лесной куницы между стволами деревьев

В своих перемещениях по снегу куницы, как и большинство млекопитающих, не избегают дорог, просек, противопожарных полос и проложенных человеком троп. Характерный пример представлен на рис. 6: на проложенной человеком сутки назад тропе (по припорошенной снегом лесной дороге), куница оставила свой экскреторную метку непосредственно на рельефном отпечатке обуви. По отпечаткам куньих лап было видно, что перед этим зверек некоторое время шагом передвигался по свежим следам человека, исследуя их, а также окружающее пространство в контуре лесной дороги.

По нашим наблюдениям, именно в пределах различных элементов дорожных систем концентрируется значительная часть экскреторных меток (кучек помета) куницы. Зачастую их пространственное размещение отличается значительной степенью постоянства: на отдельных отрезках лесных дорог нами в разное время регистрировались куньи метки, расположенные практически на одном и том же месте ($\pm 1-2$ м). Столь интересная поведенческая особенность, несомненно, отражает способность животных дифференцированно оценивать пространство и структуру местообитаний и выделять в их пределах наиболее значимые в эколого-информационном плане "пункты". Данный вопрос заслуживает дальнейших детальных исследований.

При передвижениях куницы по индивидуальному участку ее собственные натоптанные постоянные тропы, в отличие, например, от таковых зайца-русака или лисицы, образуются редко. При этом отмечается, что, как и многие виды куньих, с добычей лесная куница к своему гнезду стремится возвращаться кратчайшим путем [16].

С осени и в первую половину зимы куница чаще ходит, по выражению охотников, "грядой" ("верхом"), особенно при рыхлом снеге [15, 18]. Направляясь к убежищу, в том числе и при относительно благоприятных условиях снежности, последние десятки метров куница обычно проходит по деревьям – даже когда вход в дупло расположен у основания ствола. По нашим неоднократным наблюдениям, спугнутая на земле, куница тут же спасается на дереве и "верхом", по ветвям, подолгу уходит от преследования. При таком передвижении, перепрыгивая с дерева на дерево, куница оставляет так называемую "посорку" (опавшие на снег комочки снега, кусочки коры, мелкие ветки, хвою, пожухлые листья) по которой достаточно четко можно проследить "верховой" ход зверька.



Рис. 6. Экскреторная метка лесной куницы на проложенной человеком тропе (объяснение см. в тексте)

Несмотря на свою способность к активному передвижению по ветвям деревьев, куница является настоящим наземным хищником [15]. Об этом также свидетельствуют полученные нами результаты трофологических исследований [12], свидетельствующие, что в зимний период в условиях степных лесов основу рациона лесной куницы составляют различные мелкие млекопитающие (до 70,09% по биомассе), добыча которых возможна лишь на поверхности почвы.

В снежный период года до 10,10-32,17% от общего количества выявленных сигналов (элементов ИП) данного вида млекопитающих распределяется в таких характерных для района исследований пойменных и аренных лесных БГЦ, как насаждения лещины, дубравы, судубравы, естественные сосновые боры, а также переходные зоны от сосняков к колковым формациям. В крайне незначительном объеме следовая активность зверька проявляется в искусственных сосновых насаждениях, а также в их пограничных участках – как с дубравами, так и с коренными сосновыми борами. Также отмечено, что куницы избегают разреженных сосняков.

На фоне различных сроков снегоотложения следовая активность куницы варьирует не только по интенсивности, но и по биогеоэкологической приуроченности. При этом ни один из типов БГЦ не является исключительно предпочитаемым или избегаемым для всех отмеченных периодов снежности (от 1 до 14 суток). Напротив, каждый временной период существования снежного покрова характеризуется спецификой комплекса преференций в аспекте биогеоэкологического размещения животными сигнальных элементов ИП. По нашим данным, в течение недели после выпадения снега разнообразие типов леса, в которых фиксируется следовая активность зверька, постепенно расширяется. Можно отметить, что недельный срок снегоотложения является своего рода пиком в освоении куницей местообитаний в условиях соответствующего изменения свойств субстрата на фоне формирования под пологом леса снежного покрова.

Варьирование следовой активности куницы и биогеоэкологической структуры ее ИП определяется не только возрастом снега, но также влиянием и других экологических факторов. Среди них в той или иной степени значимыми могут быть физические свойства снега, температурный фон, состояние кормовой базы, защитные свойства различных насаждений, наличие убежищ, а также фактор беспокойства (охота, рекреация, лесохозяйственная деятельность, движение транспорта).

Динамика биогеоэкологической структуры ИП куницы сопровождается характерными изменениями распределения отдельных его элементов в пространстве местообитаний, которое характеризуется как случайное либо агрегированное в различной степени (1,05-1,78).

Проведенная нами оценка размещения сигнальных элементов ИП относительно следов своего же вида позволила установить, что на снежном покрове среднее расстояние между следами куницы составляет $26,45 \pm 13,03$ м, что подразумевает значительную плотность и насыщенность видового ИП сигнальными элементами. В динамике этого показателя прослеживается четкая зависимость от возраста снега: с течением времени степень пространственного совпадения следов куницы неуклонно повышается, наблюдается процесс их постепенной концентрации, при этом возраст снега и среднее расстояние между следами в высокой отрицательной степени коррелируют между собой ($r = -0,90$).

Заключение

В степных лесах юго-востока Украины информационное поле куницы лесной в условиях снежного покрова представлено разнообразным по количеству и качеству комплексом сигнальных элементов (следов жизнедеятельности). Пространственно-биогеоэкологическая структура ИП в разной степени охватывает все основные типы лесных БГЦ, в пределах которых за счет поведенческой активности животных формируются и поддерживаются специфические информационно-коммуникативные системы на уровне отдельных особей и популяций. В целом характер следовой активности куницы в снежный

период отражает дифференцированное распределение особей в зависимости от состояния кормовой базы, защитных свойств различных насаждений, наличия убежищ, а также фактора беспокойства (охота, рекреация, движение автотранспорта, лесохозяйственная деятельность).

Список литературы

1. *Бакеев Ю. Н.* К питанию лесной куницы на Среднем Урале // Ученые записки Уральского ун-та. – 1966. – № 47. – С. 58-65.
2. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
3. *Волков В. А.* Зависимость достоверности учета численности лесной куницы по следам от ее активности // Экологические основы охраны и рационального использования хищных млекопитающих. – М.: Наука, 1979. – С. 308-310.
4. *Волков В. А.* Адаптивные особенности лесной куницы, обеспечивающие сохранение средней плотности ее популяционных группировок // Популяционная изменчивость вида и проблемы охраны генофонда млекопитающих. – М.: ИЭМЭЖ АН СССР, 1983. – С. 217-218.
5. *Воронин А. А.* Экологические основы учета лесной куницы на юге Нечерноземья // Тез. докл. Всесоюз. совещания по проблеме кадастра и учета животного мира. – М.: АН СССР, 1986. – С. 114-115.
6. *Граков Н. Н.* Лесная куница на Европейском Севере СССР // Бюл. МОИП. Отд. биол. – 1966. – Т. 71, вып. 3. – С. 73-81.
7. *Дидорчук М. В.* Суточный ход куницы и факторы его определяющие / М. В. Дидорчук, С. Г. Приклонский // Тез. докл. V съезда Всесоюз. териолог. общ-ва АН СССР. – М.: АН СССР, 1990. – Т. 2. – С. 70-71.
8. *Ефимов В. А.* О территориальности и поведении лесных куниц // Поведение животных в сообществах: Матер. III Всесоюз. конф. по поведению животных. – М.: Наука, 1983. – Т. 2. – С. 154.
9. *Корытин С. А.* Изучение активности зверей по следам / С. А. Корытин, Н. Н. Соломин // Механизмы поведения: Матер. III Всесоюз. конф. по поведению животных. – М.: Наука, 1983. – Т. 1. – С. 227-229.
10. *Лазарев Г. А.* Использование грызунами воздушных полостей в снежном покрове на лесных культурах Камчатки // Экология и защита леса. – СПб.: Санкт-Петербургская лесотехническая академия, 1992. – С. 55-62.
11. *Мухеев А. В.* Систематизация следов жизнедеятельности как метод изучения информационно-коммуникативных связей в сообществах млекопитающих // Экология та ноосферология. – 2003. – Т. 13, № 1-2. – С. 93-98.
12. *Мухеев А. В.* Сезонные аспекты питания куниц рода *Martes* (Mustelidae) в лесных экосистемах степной зоны Украины // Вестн. зоол. – 2007. – Т. 41, № 5. – С. 449-456.
13. *Мозговой Д. П.* Использование концепции информационного биологического поля в биогеоценотических исследованиях // Вопросы лесной биогеоценологии, экологии и охраны природы в степной зоне. – Куйбышев, 1980. – С. 119-125.
14. *Ошмарин П. Г.* Следы в природе / П. Г. Ошмарин, Д. Г. Пикунов. – М.: Наука, 1990. – 296 с.
15. *Руковский Н. Н.* По следам лесных зверей. – М.: Агропромиздат, 1988. – 175 с.
16. *Терновский Д. В.* Материалы по биологии куньих (Mustelidae) в очагах массового размножения водяной крысы в Барабе / Д. В. Терновский, О. Н. Данилов // Животный мир Барабы. – Новосибирск: Сибирское отд. АН СССР, 1965. – С. 78-112.
17. *Формозов А. Н.* Спутник следопыта. – М.: МГУ, 1989. – 320 с.
18. *Fischer J.* Gelbkehlchen auf der spur Ausneun im verschneiten Winterwald // Wild und Hund. – 1991. – Vol. 94, № 4. – P. 62-65.
19. *Forsey E. S.* Winter activity of mammals in riparian zones and adjacent forests prior to and following clear-cutting at Copper Lake, Newfoundland, Canada / E. S. Forsey, E. M. Baggs // Forest Ecology and Management. – 2001. – Vol. 145, № 3. – P. 163-171.

20. Porter A. D. Fine-scale selection by marten during winter in a young deciduous forest / A. D. Porter, C. C. St. Clair, A. de Vries // Canadian Journal of Forest Research. – 2005. – Vol. 35, № 4. – P. 901-909.

Міхеев О. В. Слідова активність лісової куниці в степових лісах південно-східної України в умовах снігового покриву. – На підставі матеріалів польових досліджень представлено характеристику слідової активності куниці лісової в степових лісах південно-східної України на тлі снігового покриву. Проведена оцінка якісних і кількісних параметрів сукупностей слідів життєдіяльності цього виду як елементів інформаційного поля.

Ключові слова: куниця лісова, слідова активність, сліди життєдіяльності, лісові біогеоценози, поведінкова екологія.

Mikheyev A. V. The pine marten tracking activity in the steppe forests of southeast of Ukraine under the snow cover conditions. – On the basis of field research data the characteristics of pine marten tracking activity in steppe forests of southeast of Ukraine under the snow cover conditions were presented. The estimation of qualitative and quantitative parameters of sets of vital activity traces of this species as elements of an information field were carried out.

Key words: pine marten, tracking activity, signs, forest biogeocenoses, behavioral ecology.

Е. В. Прокопенко¹, А. В. Жуков², Е. Ю. Савченко³
ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА НАСЕЛЕНИЯ ПАУКОВ (ARANEAE)
ЗАПОВЕДНИКА "КАМЕННЫЕ МОГИЛЫ":
ЦЕНОМОРФЫ, СЕЗОННЫЕ И ЦИРКАДНЫЕ ГРУППЫ

^{1,3} *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46*
e-mail: procor@dongu.donetsk.ua

² *Днепропетровский государственный аграрный университет;*
49600, Днепропетровск, ул. Ворошилова, 25; e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru

Прокопенко Е. В., Жуков А. В., Савченко Е. В. Экологическая структура населения пауков (Araneae) заповедника "Каменные Могилы": ценоморфы, сезонные и циркадные группы. – Исследована динамика населения пауков разнотравно-типчачово-ковыльных и петрофитных степных участков заповедника "Каменные Могилы" (Донецкая и Запорожская области) в сезонном, суточном, биотопическом аспектах. Выделены группы видов, различающихся биотопическими, циркадными, сезонными преферендами.

Ключевые слова: пауки, заповедник "Каменные Могилы", ценоморфы, сезонные группы, циркадные группы.

Введение

Этап инвентаризации аранеофауны заповедника "Каменные Могилы" можно считать пройденным, известно 223 вида [5-9, 12], что составляет более 45% регионального списка. В настоящей работе продолжено изучение экологической структуры населения пауков в герпетобии: суточной и сезонной динамики, биотопического распределения пауков, а также их термопреферендумов. Причем вопросы циркадных ритмов и температурных предпочтений пауков степных ценозов Левобережной Украины освещаются впервые.

В динамике численности и видового разнообразия животного населения можно выделить следующие составляющие: суточную, сезонную динамики и динамику, связанную с особенностями местообитания. Суточная и сезонная компоненты напрямую зависят от климатических условий (температура воздуха и почвы, влажность, освещенность и т. д.). Биотопические особенности трансформируют указанные климатические факторы. При этом важную роль играют рельеф, свойства почв и архитектура растительности. Упомянутые факторы выполняют структурирующую роль в отношении животного населения, вследствие чего выделяются группировки, формирующие в пространственно-временном континууме целостные общности (экоморфы, функциональные группы, гильдии и т. д.).

Экологические факторы взаимосвязаны между собой, однако в пределах некоторого масштаба можно выделить ведущий фактор, который в данных условиях максимально выполняет структурирующую функцию. Поэтому в суточной динамике выделяются некие группы видов, активные в определенном временном интервале (циркадные группы). Аналогично выделяют сезонные группы и биотопически приуроченные группы (ценоморфы – по терминологии А. Л. Бельгарда [1]).

Материал и методика

Материалом для данной работы послужили сборы, проведенные в отделении Украинского природного степного заповедника "Каменные Могилы" (Володарский р-н Донецкой обл. и Куйбышевский р-н Запорожской обл.). Заповедник расположен в юго-восточной части Приазовской возвышенности (площадь 389,2 га) и выступает в качестве уникального резервата аборигенной флоры и фауны целинных разнотравно-типчачово-ковыльных степей данного региона. Почти половину общей площади заповедника (около 200 га) занимают выходы гранитов, относящихся к юго-восточной части Азово-Подольского кристаллического массива. Растительность отличается значительной комплексностью и мозаичностью [3, 4]. В разнотравно-типчачово-ковыльной степи хорошо развита подстилка из растительного опада, сомкнутость травостоя полная. Преобладают корневищно-злаковые фитоценозы с доминированием видов рода *Elytrigia* Desv., произрастающие на комплексах черноземов обыкновенных среднemocных и малогумусных на лессовидных суглинках.

Петрофитная степь характеризуется низким проективным покрытием и ксерофильными условиями. Для этих участков характерны граниты в комплексе с черноземами безкарбонатными маломощными и недоразвитыми слабогумусными на элювии гранита и растительные группировки с преобладанием в их составе *Festuca valesiaca* Gaud. [10].

Пауки были собраны с помощью почвенных ловушек Барбера в апреле, августе и сентябре 2006 г. на участках абсолютно заповедных разнотравно-типчачово-ковыльных и петрофитных степей. Ловушки (пластиковые стаканы с диаметром отверстия 7,8 см) выставлялись в количестве 20 штук в каждом биотопе с семидневной экспозицией. В течение суток проводилась четырехкратная выборка материала (весной и летом – в 01, 07, 13 и 19 час., осенью – в 00, 06, 12 и 18 час.) и измерение температуры поверхности почвы в местах постановки ловушек. Всего отработано 840 ловушко-суток, собрано 1032 экз. пауков.

В методическом плане задачу классификации объектов выполняет кластерный анализ. Это формальная процедура, которая, исходя из информации о статистических свойствах изучаемых объектов, осуществляет разбиение целого на части (кластеры). Поэтому, если предполагается разбиение целого на части с определенными свойствами, то исходный массив данных для кластерного анализа должен содержать максимальное количество информации об интересующем свойстве и минимальное количество информации о других структурирующих свойствах целого. Иначе говоря, перед процедурой кластерного анализа информационный массив должен быть подвергнут процедуре фильтрации с целью выделения интересующей нас компоненты.

Весь массив информации о распределении пауков в пространстве (разнотравно-типчачово-ковыльная и петрофитная степь) и во времени (суточная и сезонная динамика) был размещен в таблице (матрице) исходных данных. В её столбцах приведены данные по численности каждого вида, а в строках – информация о каждой точке сбора в пространстве и во времени. Группировка видов со сходной динамикой была осуществлена с помощью анализа соответствий. В результате в пределах одного пространства измерений (измерение – латентная переменная, которая выделяется в результате анализа соответствий, аналогична фактору или главной компоненте в факторном анализе и анализе главных компонент) могут быть размещены как изучаемые виды (столбцы), так и свойства среды (строки), т.е. таким способом установлено соответствие между ними.

Анализ может проводиться как с переменными, которые указывают на свойства среды, так и без них. Введение в анализ переменных-сигнификаторов свойств среды позволяет содержательно интерпретировать природу группировок видов, которые выделяются в ходе анализа. Группировки видов могут возникать как вследствие воздействия окружающей среды, так и вследствие внутривидовых взаимодействий. Включение в анализ переменных-сигнификаторов факторов среды можно рассматривать как запрос на выделение тех группировок, которые с этими факторами связаны. В качестве переменной-сигнификатора свойства среды либо переменной, указывающей на время отбора пробы, выступает дополнительный вектор-столбец матрицы исходных данных (либо просто столбец в таблице), который содержит 1, если свойство или время имеет место, или 0 – если нет.

Результаты и обсуждение

В табл. 1 представлены результаты анализа соответствий населения пауков, где в качестве переменных-сигнификаторов применены индикаторы времени суток. Очевидно, что для классификации видов, с целью выделения циркадных групп в ходе кластерного анализа, необходимо использовать только измерения 1-3, так как именно в них переменные-сигнификаторы имеют наибольшие по модулю координаты. В измерениях 4 и прочих (в таблице не показаны) координаты переменных-сигнификаторов малы. Это значит, что измерения с 4 и далее описывают изменчивость населения пауков, которая не связана с суточной динамикой. Измерения 1-3 были применены для проведения кластерного анализа (эвклидово расстояние, метод Ворда) (рис. 1). В результате выделили 3 кластера (см. табл. 1), соответствующие группам видов с преимущественно дневной, ночной и утренней

активностью. Природу кластеров можно установить на основании информации о распределении численности видов, входящих в них, в различные периоды времени (табл. 2). Очевидно, что максимальная численность кластера 1 наблюдается в 1 час ночи и 7 часов утра. Поэтому его следует идентифицировать как группу ночных видов. Аналогично, представителя кластера 2 встречаются практически исключительно в сборах в 7 утра, поэтому это – утренние виды. Кластер 3 следует определить как группу дневных видов. Таким образом, выделенные кластеры довольно хорошо отражают суточную составляющую в структурировании населения пауков.

Таблица 1

**Результаты выделения циркадных групп с помощью анализа соответствий
(координаты переменных в пространстве измерений)**

№	Переменная	Измерение 1	Измерение 2	Измерение 3	Измерение 4	Кластер	Циркадная группа
	01	0,32	-0,26	-1,60	0,11	1,00	
	07	1,48	0,24	0,89	0,02	2,00	
	13	-1,02	1,43	0,19	0,02	3,00	
	19	-0,86	-1,40	0,68	0,00	3,00	
1	<i>Aelurillus laniger</i> Logunov et Marusik, 2000	-0,80	0,82	0,00	0,37	3,00	Дневные
2	<i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	1,10	0,42	0,79	-0,03	2,00	Утренние
4	<i>Alopecosa cursor</i> (Hahn, 1831)	-0,55	-0,19	0,06	0,19	1,00	Ночные
5	<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)	-0,40	-0,36	0,00	0,52	1,00	Ночные
6	<i>Alopecosa shmidtii</i> (Hahn, 1835)	0,90	-0,02	-0,41	0,44	1,00	Ночные
7	<i>Alopecosa solitaria</i> O. Herman, 1879	0,80	-0,06	-0,62	0,43	1,00	Ночные
...
86	<i>Zora pardalis</i> Simon, 1878	0,51	0,29	-0,18	-1,27	1,00	Ночные

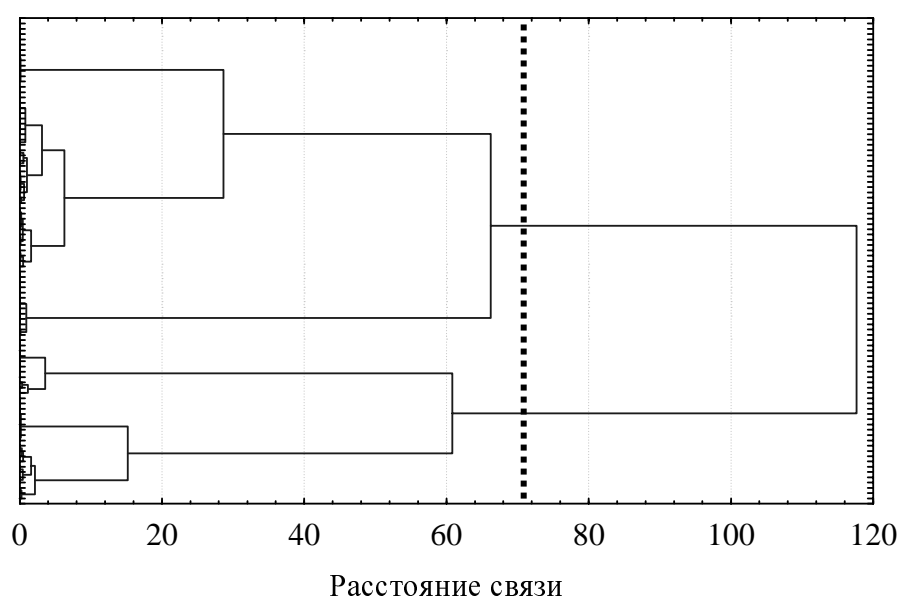


Рис. 1. Результаты кластерного анализа населения пауков для выделения циркадных групп (пунктиром показан уровень выделения групп)

Численность (экз.) циркадных групп в различные периоды времени

Время сбора (часы)	Ночные (кластер 1)	Утренние (кластер 2)	Дневные (кластер 3)
1	314	1	95
7	134	29	30
13	48	3	126
19	34	-	218
Общий итог	530	33	469

С целью выделения сезонных групп в анализ были введены переменные-сигнификаторы сезона отбора проб (табл. 3). Первые два измерения, полученные в результате анализа соответствий, тесно с ними связаны. Именно их следует применять для выделения сезонных групп пауков с помощью кластерного анализа.

Таблица 3

Результаты выделения сезонных групп с помощью анализа соответствий (координаты переменных в пространстве измерений)

№	Переменная	Измерение 1	Измерение 2	Измерение 3	Измерение 4	Кластер	Сезонная группа
	Весна	1,17	-0,44	0,01	-0,11	1,00	
	Лето	-0,32	1,44	0,13	0,00	2,00	
	Осень	-1,22	-0,97	0,02	0,00	3,00	
1	<i>Aelurillus laniger</i> Logunov et Marusik, 2000	0,99	-0,20	0,08	0,79	4,00	Весенний
2	<i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	-0,27	-0,25	0,09	-0,22	2,00	Летний
4	<i>Alopecosa cursor</i> (Hahn, 1831)	1,18	-0,44	0,04	-1,29	1,00	Весенне-летний
5	<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)	1,14	-0,42	-0,09	2,19	4,00	Весенний
6	<i>Alopecosa shmidtii</i> (Hahn, 1835)	-1,21	-0,96	0,20	0,01	3,00	Осенний
7	<i>Alopecosa solitaria</i> O. Herman, 1879	0,40	-0,18	0,17	-0,83	1,00	Весенне-летний
...
86	<i>Zora pardalis</i> Simon, 1878	0,27	0,67	-1,23	0,01	2,00	Летний

Координаты сигнификаторов в пространстве измерений позволяют описать характер сезонной динамики населения (рис. 2). Так, измерение 1 четко разделяет весенние, с одной стороны, летние и осенние периоды сбора, – с другой. Измерение 2 отличает летний период сбора от остальных. Результаты кластерного анализа представлены на рис. 2. Было выделено 4 кластера. Распределение числа собранных пауков из различных сезонных групп в зависимости от времени сбора показано в табл. 4.

Кластеры 1 и 4 имеют максимум численности в весенний период. Однако летом численность видов, входящих в кластер 1 плавно снижается, а входящих в кластер 4 – резко падает. Поэтому кластер 1 можно идентифицировать как весенне-летнюю, а кластер 4 – как весеннюю группу видов. Соответственно, кластер 2 можно определить как группу летних видов, а кластер 3 – осенних.

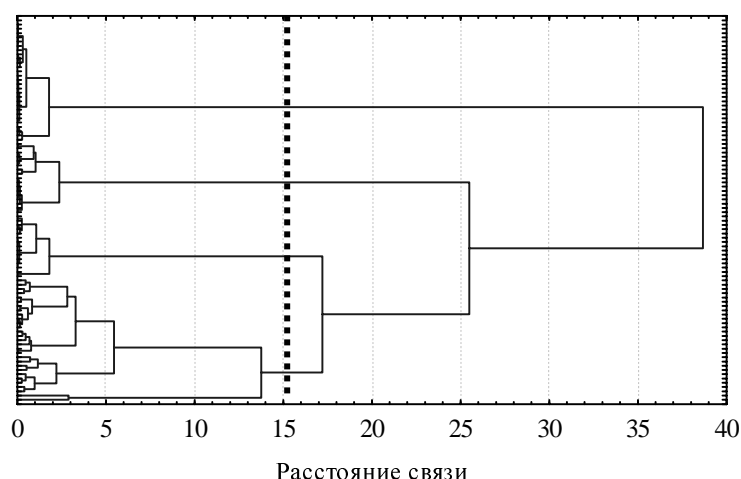


Рис. 2. Результаты кластерного анализа населения пауков для выделения сезонных групп (пунктиром показан уровень выделения групп)

Таблица 4

Численность (экз.) сезонных групп в различные сроки сбора

Месяц	Весенняя (кластер 4)	Весенне-летняя (кластер 1)	Летняя (кластер 2)	Осенняя (кластер 3)
Май	370	102	60	1
Август	4	55	310	4
Сентябрь	3	12	75	36
Общий итог	377	169	445	41

Для выделения биотопически приуроченных групп видов в качестве переменных-сигнификаторов введены переменные, которые указывают на место отбора проб – петрофитная степь (ПФС) и разнотравно-типчаково-ковыльная степь (РТК). Только измерение 1 (табл. 5) имеет значение для дифференциации населения пауков на биотопические группировки.

Таблица 5

**Результаты выделения биотопических групп с помощью анализа соответствий
(координаты переменных в пространстве измерений)**

№	Переменная	Измере- ние 1	Измере- ние 2	Измере- ние 3	Измере- ние 4	Кластер	Ценоморфа
	ПФС	-1,08	0,01	-0,01	0,01	1,00	
	РТК	0,93	0,05	-0,09	0,01	2,00	
1	<i>Aelurillus laniger</i> Logunov et Marusik, 2000	0,43	0,59	0,97	0,49	2,00	St 1
2	<i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	0,78	0,16	-0,77	-0,40	4,00	St 2
4	<i>Alopecosa cursor</i> (Hahn, 1831)	-1,09	0,05	-0,03	1,22	3,00	St _{unv}
5	<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)	0,84	0,87	2,20	0,01	5,00	St 1
6	<i>Alopecosa shmidtii</i> (Hahn, 1835)	-1,08	0,05	-0,08	-0,42	1,00	St _{unv}
7	<i>Alopecosa solitaria</i> O. Herman, 1879	-0,68	0,06	-0,25	-1,73	2,00	St P
...
86	<i>Zora pardalis</i> Simon, 1878	0,91	-1,16	0,14	-0,28	0,91	St 2

Можно предположить, что население пауков заповедника, с точки зрения биотопической приуроченности (ценоморфическая структура), разделяется на две группы – степантов (St), которые связаны с разнотравно-типчаково-ковыльной степью и петрофильных степантов (St_p), связанных с гранитными обнажениями (в данном случае мы сознательно идем на некоторое упрощение трактовки биотопических предпочтений видов, поскольку не учитываются данные об их распределении, как в регионе, так и в более широких географических пределах). Однако результаты кластерного анализа (рис. 3) свидетельствуют о том, что ценоморфическая структура имеет более сложный характер. Правильнее выделить не две, а четыре группы видов. Представители кластера 3 встречаются в обоих исследованных биотопах, поэтому их следует отнести к универсальным степантам – St_{unv} . Виды этой группы не отдают предпочтения какому-либо из степных биоценозов. Представители кластера 4 заселяют преимущественно петрофитные степи, поэтому их можно охарактеризовать как петрофильных степантов – St_p . Таким образом, с точки зрения ценоморфической структуры, население пауков распадается на два комплекса: степантов и петрофильных степантов.

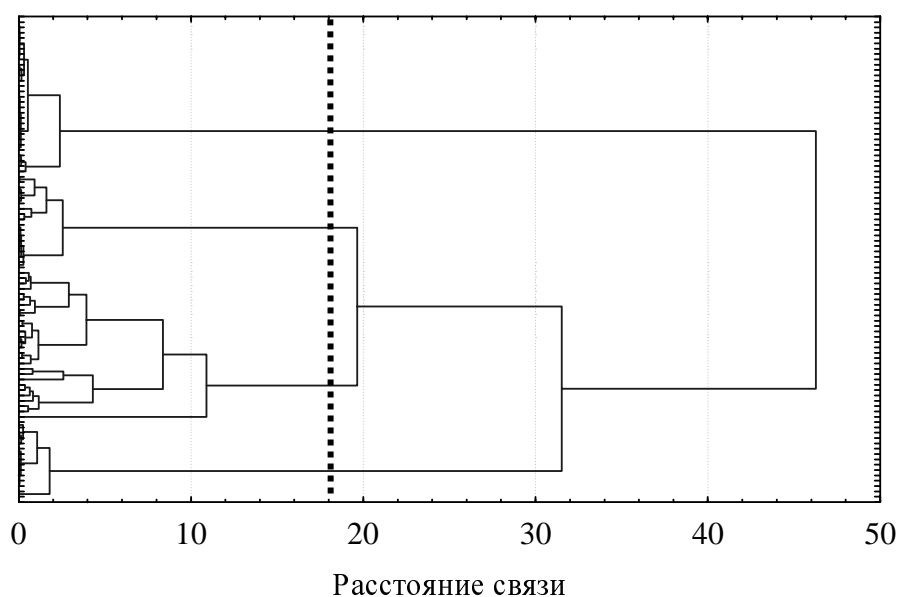


Рис. 3. Результаты кластерного анализа населения пауков для выделения биотопических групп (пунктиром показан уровень выделения кластеров)

Очевидно, что биотопические преферендумы пауков исследованных биотопов разительно не сходны: доли отдельных ценоморф разнятся в 2,4-32,6 раза (табл. 6). Процентные соотношения численности сезонных групп также значительно отличаются в соответствии с особенностями микроклимата пробных площадок: доля летних видов на мезофитных участках разнотравной степи почти вдвое превышает таковую на гранитных обнажениях, где летом поверхность нагревается до $43,7^{\circ}C$. Осенние виды, напротив, имеют более высокую относительную численность на петрофитных участках. Активность пауков широко варьирует в градиенте температурных условий. Изменчивость этого параметра описывается колоколообразной кривой. В зоне оптимума двигательная активность достигает наибольших значений. При значительном отклонении показателей температуры от оптимальных наблюдается минимальная активность этих животных. В диапазоне температур от минимальных до оптимальных отмечена положительная связь между температурой и активностью. В этом случае увеличение температуры приводит к усилению двигательной активности (и прочих видов активности также: уровня обмена веществ [14], дыхания [2], интенсивности потребления пищи [14] и т. д.). При значительном превышении оптимальной температуры наблюдается негативная связь между температурой и активностью. В зоне оптимума температурные колебания не приводят к существенным изменениям этого параметра, в этом случае температура не является лимитирующим фактором.

Таблица 6

Численность (экз.) различных ценоморф и сезонных групп

Ценоморфа	Сезонная группа	Петрофитная степь	Разнотравно-типчаково-ковыльковая степь
St ₁ (кластер 1)	Весенняя	20	353
	Весенне-летняя	8	14
	Летняя	4	9
	Осенняя	-	-
St ₁ Итого		32 (12,7%)	376 (48,1%)
St ₂ (кластер 2)	Весенняя	-	-
	Весенне-летняя	-	3
	Летняя	31	331
	Осенняя	-	14
St ₂ Итого		31 (12,3%)	348 (44,6%)
St _{unv} (кластер 3)	Весенняя	-	-
	Весенне-летняя	1	1
	Летняя	27	35
	Осенняя	5	6
St _{unv} Итого		33 (13,1%)	42 (5,4%)
St _p (кластер 4)	Весенняя	4	-
	Весенне-летняя	128	14
	Летняя	7	1
	Осенняя	16	-
St _p Итого		155 (61,9%)	15 (1,9%)
Всего весенних		24 (9,6%)	353 (45,2%)
Всего весенне-летних		137 (54,6%)	32 (4,1%)
Всего летних		69 (27,5%)	376 (48,1%)
Всего осенних		21 (8,4%)	20 (2,6%)
Всего		251	781

Виды пауков отличаются между собой значениями зоны оптимальных температур и диапазоном оптимальности. По этому признаку их можно разделить на следующие группы: гипотермные – предпочитают относительно низкие температуры, которые находятся ниже температурного оптимума по группе пауков в целом; мезотермные – температурный оптимум находится в пределах оптимума группы; гипертермные – теплолюбивые виды, предпочитают температуры, превышающие температурный оптимум группы.

Температурные предпочтения животных графически можно представить в виде гистограммы значений численности в зависимости от температурных интервалов (рис. 4). Очевидно, что температурным оптимумом вида будет средняя взвешенная температур, при которых наблюдается активность животного:

$$T_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^M (t_i * n_i)}{N}, \quad (1)$$

где T_{opt} – оптимальная температура, M – число замеров температуры, при которых встречен данный вид, t_i – температура, при которой в ловушку попало n_i экземпляров животного, N – общее число отловленных животных.

На динамику пауков оказывает влияние не только средняя температура за период отбора проб, но и её изменение (дельта температур) $\Delta t = t_2 - t_1$, где t_2 и t_1 – конечная и начальная температура за период. Оптимальная дельта температур может быть найдена по формуле:

$$\Delta T_{opt} = \frac{\sum_{i=1}^M (\Delta t_i * n_i)}{N}, \quad (2)$$

Отрицательная оптимальная дельта температур указывает на то, что для животного является предпочтительной динамика снижения температуры (охлаждение), положительная дельта указывает на предпочтение прогрева среды, нулевая дельта указывает на узость температурного оптимума и на stenothermность животного. Перепады температур связаны с другими климатическими факторами, такими как влажность и росообразование.

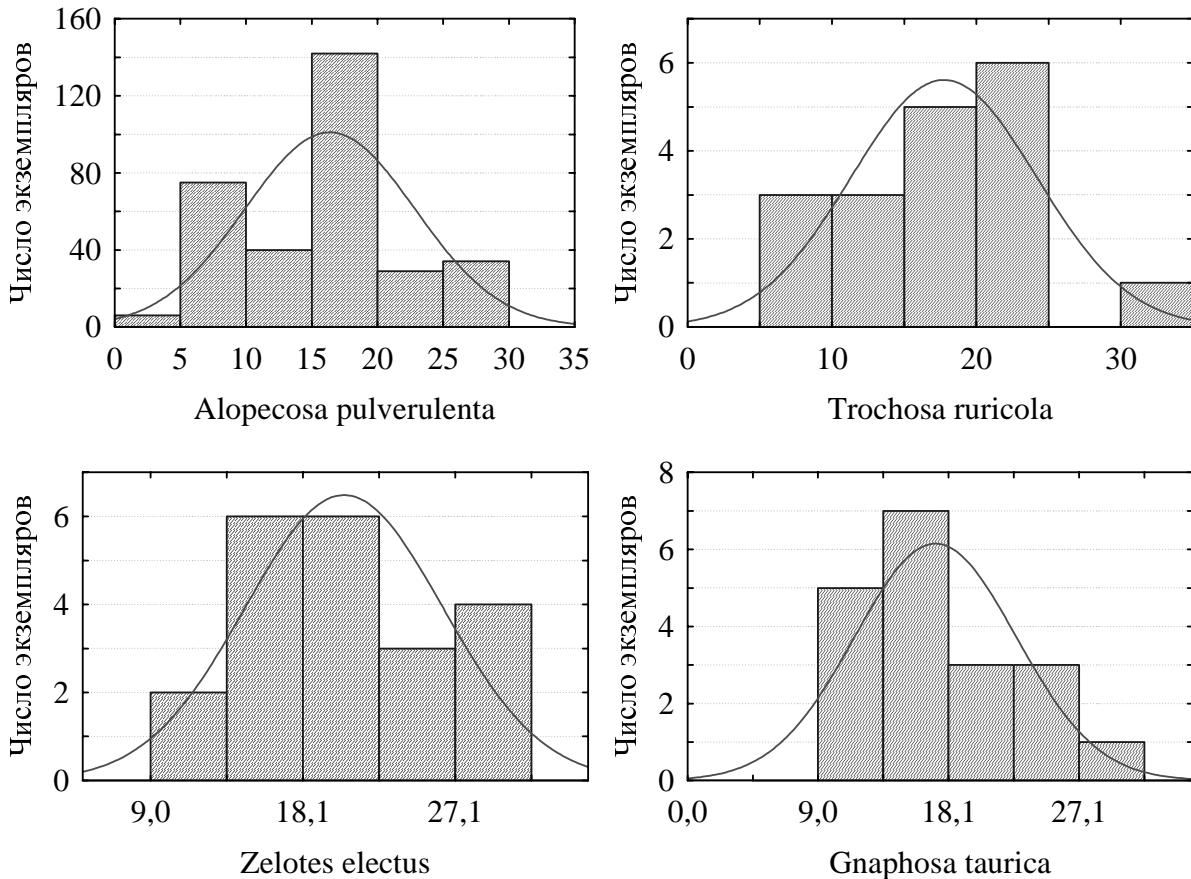


Рис. 4. Температурные предпочтения некоторых видов пауков

Данные о температурных предпочтениях (табл. 7) можно использовать для разбиения видов на группы (термоморфы). Процедура классификации может быть проведена средствами кластерного анализа (рис. 5). В результате выделено четыре кластера, характеризующиеся определенными значениями предпочитаемых температур. Кластеры 1 и 3 можно отнести к группе гипертермофилов. Виды, которые входят в эти кластеры, предпочитают относительно более высокие температуры (средняя оптимальная температура 22,6°C, 95%-й доверительный интервал 21,4-23,8°C). Различия между кластерами 1 и 3 состоят в значениях дельты температур. Для кластера 1 этот показатель составляет -7,9°C, а для кластера 3 – +6,6°C.

В табл. 8 показано распределение числа видов по кластерам термопреферендумов и циркадным группам. Очевидно, что различия кластеров 1 и 3 обусловлены принадлежностью их к дневной группе (кластер 1) и ночной группе (кластер 3). Таким образом, термоморфа гипертермофилов представлена двумя циркадными группами: дневной и ночной. Различия дневных и ночных термофилов заключаются в характере реакции на изменение температуры. Дневные термофилы предпочитают тенденцию похолодания, а ночные – нагрева окружающей среды. Кластер 2 характеризуется средней оптимальной температурой +14,8°C

(95%-й доверительный интервал 13,9-15,7°C). Дельта температур, характерная для этого кластера, умеренно положительная (+5,1°C, 95%-й доверительный интервал 3,9-6,3°C). Этот кластер можно охарактеризовать как группу мезотермофилов. Кластер 4 идентифицируется как группа гипотермофилов, так как оптимальная температура для них составляет всего +7,7°C (95%-й доверительный интервал 5,7-9,7°C). Дельта температур наибольшая среди всех кластеров – +15,9°C (95%-й доверительный интервал 13,0-18,9°C).

Необходимо отметить, что, поскольку данные об экологических предпочтениях видов, приведенные в табл. 7, основаны на результатах обработки материалов, полученных с помощью почвенных ловушек, они подвержены влиянию особенностей этого метода (сбор пауков, активно передвигающихся в герпетобии) и не могут считаться полностью объективными. Так, например, характеристика *Eresus cinnaberinus* (Olivier, 1787) (группа осенних видов) составлена на основании поведенческих особенностей самцов, которые только и попадают в почвенные ловушки, передвигаясь по поверхности почвы в поисках самок. Последние ведут оседлый образ жизни в норах и такой методикой не учитываются. Половозрелые самки отмечены в регионе с конца июня. *Trichopterna cito* (O. Pickard-Cambridge, 1872), по результатам разбора почвенных проб (степень активности вида не отражается на его представленности в пробе), – полисезонный (весна-осень) термофильный вид [11]. Наши данные позволяют отнести его к весенне-летним мезотермным, что может служить отражением его повышенной двигательной активности именно в эти периоды.

Для мермекофильных пауков рода *Zodarion* известны виды как с дневной (*Z. germanicum* (C.L. Koch, 1837)), так и с ночной (*Z. rubidum* Simon, 1914) активностью [13]. *Z. cyprion*, по нашим данным, также ночной вид (см. табл. 7). Выглядит довольно парадоксальным, что пик передвижений хищника не совпадает с таковым жертвы. Но в рассматриваемом случае характеристика "ночной" основана на двигательной активности самцов, единственная самка попала в ловушку в 7 утра. Возможно, передвижения более мобильных самцов непосредственно не связаны с поиском жертв.

Таблица 7

Экологическая характеристика пауков исследованных биотопов

Вид	Цено-морфа	Сезонная группа	Циркадная группа	Термоморфа	Термо-преферендум	
					$T_{opt}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{opt}, ^\circ\text{C}$
<i>Eresus cinnaberinus</i> (Olivier, 1787)	St ₂	Осенний	Ночной	Гипертермный	18,1	-7,9
<i>Euryopis quinqueguttata</i> Thorell, 1875	St ₁	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	23,5	-8,3
<i>Theridion innocuum</i> Thorell, 1875	St ₂	Летний	Ночной	Гипертермный	25,7	-17,5
<i>Ipa quadrimaculatus</i> Kulczynski, 1898	St ₂	Летний	Ночной	Гипертермный	22,4	9,05
<i>Stemonyphantes lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	St ₁	Весенний	Ночной	Гипотермный	7,5	11,4
<i>Styloctetor romanus</i> (O. Pickard-Cambridge, 1872)	St _{unv}	Весенне-летний	Дневной	Гипертермный	26,1	-17,4
<i>Tenuiphantes tenuis</i> (Blackwall, 1852)	St _{unv}	Осенний	Ночной	Мезотермный	17,1	0,5
<i>Trichoncus auritus</i> (L. Koch, 1869)	St _p	Весенне-летний	Утренний	Гипотермный	9,7	14,6
<i>Trichopterna cito</i> (O. Pickard-Cambridge, 1872)	St _p	Весенне-летний	Дневной	Мезотермный	14,9	1,1
<i>Alopecosa cursor</i> (Hahn, 1831)	St _{unv}	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	18,9	-4,9

Вид	Цено-морфа	Сезонная группа	Циркадная группа	Термоморфа	Термо-преферендум	
					$T_{opt}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{opt}, ^\circ\text{C}$
<i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1758)	St ₁	Весенний	Ночной	Гипертермный	16,3	-3,3
<i>Alopecosa shmidti</i> (Hahn, 1835)	St _{unv}	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	16,2	6,9
<i>Alopecosa solitaria</i> O. Herman, 1879	St _p	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	15,5	9,3
<i>Alopecosa taeniopus</i> Kulczynski, 1895	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	11,2	6,0
<i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	17,7	2,8
<i>Trochosa terricola</i> (Thorell, 1856)	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	13,5	1,0
<i>Tegenaria agrestis</i> (Walckenaer, 1802)	St _{unv}	Осенний	Ночной	Мезотермный	12,8	10,0
<i>Tegenaria lapicidarum</i> Spassky, 1934	St _{unv}	Осенний	Утренний	Гипертермный	21,6	7,6
<i>Dictyna</i> sp.	St _p	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	11,3	5,1
<i>Hahnia nava</i> (Blackwall, 1841)	St ₁	Весенний	Дневной	Гипертермный	18,4	-2,8
<i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	St ₂	Летний	Утренний	Мезотермный	15,6	7,1
<i>Cheiracanthium erraticum</i> (Walckenaer, 1802)	St _{unv}	Летний	Ночной	Мезотермный	14,8	7,3
<i>Zodarion cyprium</i> Kulczyn'ski, 1908	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	14,7	6,3
<i>Drassodes lapidosus</i> (Walckenaer, 1802)	St _p	Летний	Ночной	Гипертермный	24,2	6,9
<i>Drassodes pubescens</i> (Thorell, 1856)	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	12,9	9,4
<i>Drassylus pusillus</i> (C.L. Koch, 1833)	St ₁	Весенний	Ночной	Гипертермный	19,4	-12,9
<i>Gnaphosa taurica</i> Thorell, 1875	St _p	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	17,1	4,3
<i>Haplodrassus kulczynskii</i> Lohmander, 1942	St ₁	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	12,4	3,5
<i>Haplodrassus signifer</i> (C.L. Koch, 1839)	St ₁	Весенне-летний	Ночной	Мезотермный	14,4	11,6
<i>Micaria formicaria</i> (Sundevall, 1831)	St ₂	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	32,6	-9,7
<i>Nomisia ausereri</i> (L. Koch, 1872)	St _p	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	26,4	1,6
<i>Zelotes caucasicus</i> (L. Koch, 1866)	St _p	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	27,1	7,9
<i>Zelotes electus</i> (C.L. Koch, 1839)	St ₁	Весенний	Ночной	Гипертермный	20,4	-10,4
<i>Zelotes longipes</i> (L. Koch, 1866)	St _{unv}	Летний	Ночной	Гипертермный	27,2	-7,5

Вид	Цено-морфа	Сезонная группа	Циркадная группа	Термоморфа	Термо-преферендум	
					$T_{opt}, ^\circ\text{C}$	$\Delta T_{opt}, ^\circ\text{C}$
<i>Zora pardalis</i> Simon, 1878	St ₂	Летний	Ночной	Мезотермный	17,4	3,1
<i>Thanatus arenarius</i> Thorell, 1872	St ₁	Весенний	Ночной	Гипертермный	29,1	-8,6
<i>Thanatus pictus</i> L. Koch, 1881	St _{unv}	Осенний	Ночной	Мезотермный	10,0	6,9
<i>Ozyptila scabricula</i> (Westring, 1851)	St ₁	Весенне-летний	Дневной	Мезотермный	17,1	-7,8
<i>Xysticus acerbus</i> Thorell, 1872	St _{unv}	Весенне-летний	Ночной	Гипертермный	21,7	-4,7
<i>Xysticus kochi</i> Thorell, 1872	St _p	Весенне-летний	Утренний	Гипотермный	11,0	16,8
<i>Xysticus marmoratus</i> Thorell, 1875	St _{unv}	Осенний	Ночной	Гипертермный	19,8	-7,8
<i>Aelurillus laniger</i> Logunov et Marusik, 2000	St ₁	Весенний	Дневной	Гипертермный	21,0	-13,1
<i>Marpissa muscosa</i> (Clerck, 1758)	St _{unv}	Осенний	Утренний	Гипотермный	8,5	20,7
<i>Phlegra fasciata</i> (Hahn, 1826)	St _p	Летний	Дневной	Гипертермный	21,0	-2,2
<i>Phlegra bicognata</i> Azarkina, 2004	St _{unv}	Весенне-летний	Дневной	Гипертермный	29,3	5,0
<i>Sibianor aurocinctus</i> (Ohlert, 1865)	St ₂	Летний	Дневной	Гипертермный	21,1	-4,1
<i>Synageles subcingulatus</i> (Simon, 1878)	St ₂	Весенне-летний	Дневной	Гипертермный	33,7	-10,4
<i>Talavera aequipes</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	St _{unv}	Летний	Утренний	Гипертермный	22,4	15,7
<i>Talavera petrensis</i> (C. L. Koch, 1837)	St ₁	Весенний	Дневной	Гипертермный	18,8	-2,7

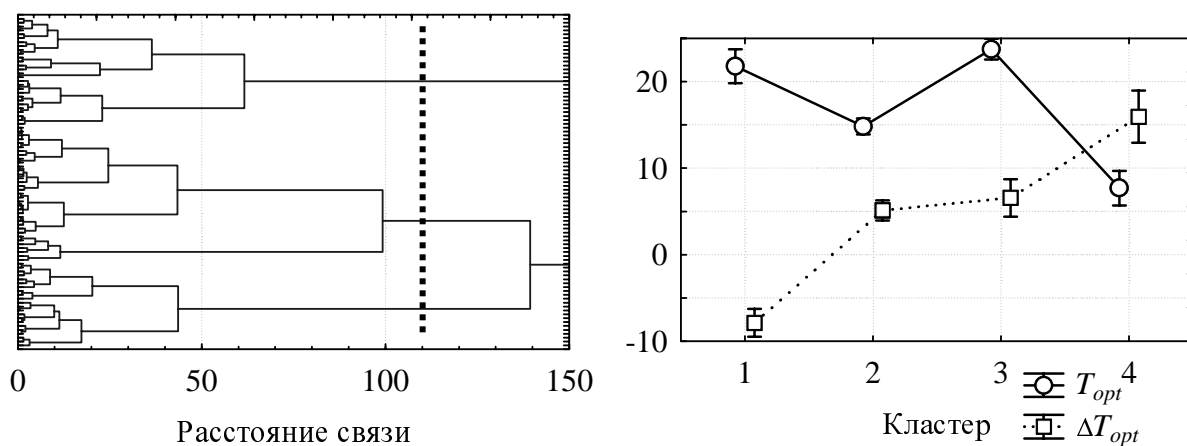


Рис. 5. Результаты кластерного анализа термопреферендумов пауков (слева, пунктиром показан уровень выделения групп) и значения T_{opt} и ΔT_{opt} для четырех выделенных кластеров

С точки зрения структуры термоморф наиболее разнообразными среди циркадных групп являются ночные виды. В их состав входят гипер-, мезо- и гипотермные виды (табл. 8). Дневные и утренние виды преимущественно являются гипертермными.

Таблица 8

Распределение числа видов по кластерам термопреферендумов и циркадным группам

Циркадная группа	Кластер			
	1	2	3	4
Дневные	18	1	-	-
Ночные	2	27	20	7
Утренние	8	1	1	-
Всего	28	29	21	7

Выделенные экологические группы (ценоморфы, сезонные и циркадные группы, термоморфы) не являются независимыми друг от друга. Каждая ценоморфа имеет отличительную структуру сезонных и циркадных групп. Виды, которые она включает, отличаются особым спектром термопреферендума. Установить соответствие между экологическими группами – это значит дать интерпретацию одной группы в терминах прочих. Анализ соответствий (рис. 6) позволяет установить связь между элементами экологического разбиения населения пауков.

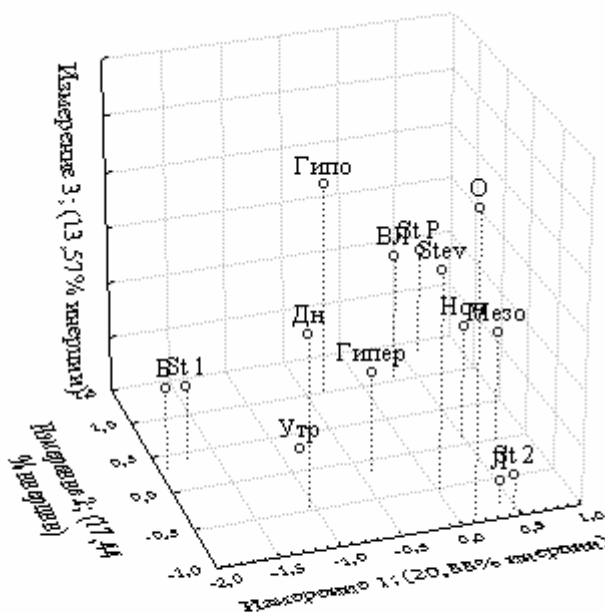


Рис. 6. Размещение экологических групп в пространстве первых трех измерений (анализ соответствий): ценоморфы (St₁, St₂ – степанты, St_{unv} – универсальные степанты, St_p – петрофильные степанты); сезонные группы (В – весенние, ВЛ – весенне-летние, Л – летние, О – осенние); циркадные группы (Дн – дневные, Утр – утренние, Ноч – ночные); термоморфы (Гипер – гипертермные, Мезо – мезотермные, Гипо – гипотермные)

Группа St₁ представлена весенними видами, а группа St₂ – летними. Таким образом, дифференциация ценоморфы степантов на две группы происходит в плоскости сезонной динамики. Как представлено на рис. 7, к двум этим группам – весенним и летним степантам – близка категория утренней циркадной группы. Таким образом, для степных видов в весенний и летний период характерным является утренний тип суточной активности.

Для петрофильных и универсальных степантов в большей степени характерен весенне-летний и осенний тип активности, представители этих ценофитических группировок являются ночными мезотермными видами. Гипертермные виды закономерно тяготеют к весеннему и летнему периодам, а гипотермные – к весеннему и осеннему.

Выводы

Население пауков заповедника "Каменные Могилы" с точки зрения биотопической приуроченности (ценоморфическая структура) разделяется на две группы – степантов, которые связаны с разнотравно-типчаково-ковыльной степью и петрофильных степантов, приуроченных к гранитным обнажениям. На основании информации о распределении численности видов пауков в различные периоды отбора проб нами выделены группы видов с преимущественно дневной, ночной и утренней активностью. Распределение видов по сезонным группам показало, что две из выделенных групп имеют максимум численности в весенний период. Однако летом численность видов, входящих в первую группу, плавно снижается (весенне-летние виды), а входящих во вторую – резко падает (весенние виды). Кроме того, дифференцирована группа летних и осенних видов. Выделенные экологические группы (ценоморфы, сезонные и циркадные группы, термоморфы) не являются независимыми друг от друга. Каждая ценоморфа имеет характерную структуру сезонных и циркадных групп. Виды, которые она включает, отличаются особым спектром термопреферендумов.

Список литературы

1. *Бельгард А. Л.* Степное лесоведение. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
2. *Зотин А. А., Алексеева Т. А., Зотин А. И.* Стандартный обмен паукообразных // Известия АН. Сер. биол. – 1998. – № 6. – С. 686-693.
3. *Панова Л. С.* Рослинний покрив заповідника Кам'яні могили // Укр. бот. журнал. – 1972. – Т. 29, № 4. – С. 468-475.
4. *Панова Л. С.* Динаміка рослинного покриву заповідника Кам'яні могили // Укр. бот. журнал. – 1975. – Т. 32, № 4. – С. 466-470.
5. *Полчанинова Н. Ю.* Эколого-фаунистический обзор пауков (Araneae) заповедника "Каменные Могилы" // Матер. Міжн. наук. конф., присвяченої 100-річчю заповідання асканійського степу "Актуальні питання збереження та відновлення степових екосистем". – Асканія-Нова, 1998 а. – С. 299-300.
6. *Полчанинова Н. Ю.* К изучению фауны пауков (Aranei) заповедника "Каменные Могилы" // Тр. филиала Украинского степного природного заповедника "Каменные Могилы" (Юбилейный сборник). – К.: Фитосоциентр, 1998 б. – Вып. 1. – С. 114-118.
7. *Полчанинова Н. Ю.* Материалы к инвентаризации фауны пауков (Araneae) заповедника "Хомутовская степь" (Донецкая обл.) // Вісн. Харк. нац. ун-ту ім. Каразіна. Сер. біол. – 2006. – С. 1-9.
8. *Полчанинова Н. Ю., Прокопенко Е. В.* Пауки меловых и гранитных обнажений юго-востока Украины // Матер. III Междунар. научн. конф. "Чтения памяти А. А. Браунера". – Одесса: Астропринт, 2003. – С. 58-60.
9. *Прокопенко Е. В.* Структура комплексов пауков биотопов поймы реки Берда, перспективных для заповедания // Тез. докл. науч. конф. "Биол. исслед. на природоохранных территориях и биол. стационарах" (с. Гайдары, 16-19 сентября 1999 г.). – Харьков, 1999. – С. 106-107.
10. *Ткаченко В. С., Дідух Я. П., Генев А. П. та ін.* Український природний степовий заповідник. Рослинний світ. – К.: Фітосоціоцентр, 1998. – 280 с.
11. *Esjunin S. L., Penev L. D., Golovatch S. I.* Distribution and assemblage classification of spiders of the East European oak forests (Arachnida, Aranei) // Arthropoda Selecta. – 1994. – 3 (3-4). – P. 67-98.

12. *Ovtsharenco V. I., Platnick N. I., Song D. X.* A review of the North Asian ground spiders of the genus *Gnaphosa* (Araneae, Gnaphosidae) // *Bull. Amer. Mus. Natur. Hist.* – 1992. – № 212. – 88 p.

13. *Pekar S., Kral J.* A comparative study of the biology and karyotypes of two Central European Zodariid spiders (Araneae, Zodariidae) // *Journ. of Arachnology.* – 2001. – V. 29, iss. 3. – P. 345-353.

14. *Workman C.* Individual energy budget of *Trochosa terricola* Thorell (Araneae: Lycosidae) under constant and fluctuating temperature conditions // *Symp. Zool. Soc. Lond.* – 1978. – 42. – P. 223-233.

Прокопенко О. В., Жуков О. В., Савченко О. В. Екологічна структура населення павуків (Araneae) заповідника "Кам'яні Могили": ценоморфи, сезонні та циркадні групи. – Досліджено динаміку населення павуків різнотравно-типчачково-ковилових і петрофітних степових ділянок заповідника "Кам'яні Могили" (Донецька та Запорізька області) у сезонному, добовому, біотопічному аспектах. Виділено групи видів, що різняться біотопічними, циркадними, сезонними перевагами.

Ключові слова: павуки, заповідник "Кам'яні Могили", ценоморфи, сезонні групи, циркадні групи.

Prokopenko E. V., Zhukov A. V., Savchenko E. V. The ecological structure of the spider population (Araneae) of the nature reserve "Kamennye Mogily": coenomorphs, seasonal and circadian groups. – An explored track record of the spider population motley grass and petrophyt steppe area nature reserve "Kamennye Mogily" (Donetsk and Zaporozhye area) in seasonal, daily, biotopic aspect. They were chosen groups type, which distinguish by the biotope, circadian, seasonal preferences.

Key words: spiders, nature reserve "Kamennye Mogily", coenomorphs, seasonal groups, circadian groups.

А. Д. Штирц, Ю. А. Гураль
ВЛИЯНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ И МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ
НА СТРУКТУРУ СООБЩЕСТВ ПАНЦИРНЫХ КЛЕЩЕЙ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: ecology@dongu.donetsk.ua

Штирц А. Д., Гураль Ю. А. Влияние органических и минеральных удобрений на структуру сообществ панцирных клещей. – Проведены исследования по влиянию органического (навоз) и минеральных (азотное, калийное, фосфорное и комплексное) удобрений, вносимых под картофель, на структуру населения орибатид. Установлено, что внесение органического удобрения оказывает положительное влияние на структуру сообщества панцирных клещей, улучшая и превышая практически все показатели по сравнению с контролем. Внесение азотного, калийного и комплексного удобрений нарушают структуру сообщества, а внесение фосфорного удобрения приводит к наибольшему дисбалансу в ней.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, органические и минеральные удобрения, структура сообществ.

Введение

Внесение в почву минеральных удобрений приводит к изменению ее физико-химических свойств, способствует повышению урожайности и более интенсивному использованию пахотных земель. При этом существенному изменению подвергаются и биологические компоненты почвы, принимающие непосредственное участие в создании и поддержании ее плодородия. Почвенные беспозвоночные, являющиеся наряду с микрофлорой обязательным звеном в цепи биологического круговорота веществ, изучены в этом отношении совершенно недостаточно. По свидетельству ряда исследователей [6, 16 и др.], комплексы мелких почвенных членистоногих очень чутко реагируют на изменение окружающих условий при антропогенных воздействиях на почву.

Внесение в почву органических удобрений, в частности, навоза, в большинстве случаев приводит к увеличению численности видового разнообразия орибатид. Происходит смена видов, появляются виды, характерные для высокогумусированных почв, отмечается увеличение доли неспециализированных форм и снижение доли мелких скважников [14].

Данные различных исследователей об изменении группировок микроартропод при внесении в почву неорганических удобрений во многом отличаются. Одни авторы не отмечают существенных нарушений комплекса мелких почвенных членистоногих при применении минеральных удобрений [9], другие, наоборот, показывают, что в нем происходят значительные преобразования [3, 11 и др.]. В ряде случаев почти не выражены групповые перестройки комплекса микроартропод, тогда как отдельным видам каждой группы могут быть свойственны противоположные количественные реакции на внесение в почву одних и тех же веществ [2, 16]. Перестройки почвенного населения, по-видимому, во многом зависят от дозы удобрения [15]. Противоречивость имеющихся в литературе сведений, видимо, связана с тем, что преобразование сообщества находится в зависимости не только от применяемых удобрений, но и от целого ряда других факторов: типа почв, состава фауны, гидротермического режима почвы, агротехнических мероприятий, срока взятия образцов и т.п. [16].

Действию минеральных удобрений на орибатид посвящено немало работ. Так в черноземах Хорватии под люцерной микроартроподы были значительно обильнее в тех почвах, в которые не вносили минеральные удобрения и ядохимикаты [23]. В Поволжье внесение в пахотные почвы полного минерального удобрения (NPK) и этого же удобрения в смеси с навозом вызывало общее двукратное возрастание численности панцирных клещей, но отдельные виды реагировали неодинаково [6, 7]. При раздельном внесении удобрений в Поволжье было установлено, что азот оказывает стимулирующее воздействие на все группы мелких сапрофагов, тогда как фосфор подавляет их численность, а лучше всего стимулировало развитие микроорганизмов и микроартропод внесение навозно-минеральных удобрений [1].

Сильные различия отмечены и в зависимости от характера полей: на полях под паром минеральные удобрения подавляют численность клещей, а под кукурузой – вызывают её возрастание [2]; эффект удобрений на орибатид зависит и от погодных условий [18]. Внесение в пахотные почвы Ростовской области России гранулированного суперфосфата подавляло численность орибатид под паром, а под пропашными культурами в течение вегетационного периода они остаются почти без изменения. Нитроаммофос оказывает стимулирующее действие на численность панцирных клещей под пропашными культурами уже через 2 месяца, достигая максимума весной следующего года [13].

Изучалось как влияние только минеральных удобрений [16], так и совместное действие минеральных удобрений с органическими [17, 21] и минеральных удобрений с инсектицидами [20]. При этом отмечается более благоприятное влияние на почвенную фауну смешанного удобрения (минерального и органического) в средних дозах; внесение же больших доз или недостаток минеральных удобрений в одинаковой мере понижает плотность заселения и число видов почвенных беспозвоночных [17].

По данным Н. М. Утробинной [17] отмечается положительное влияние азота на микрофауну почвы, а также сглаживание влияния полного минерального удобрения по сравнению с внесением отдельных элементов; фосфор оказывает отрицательное воздействие на микроартропод, понижая их численность, а внесение калия почти не влияет на комплекс почвенных беспозвоночных.

В работе С. А. Фирсовой [19] по исследованию влияния азотного, фосфорного, калийного и комплексного удобрений на территории Московской обл. отмечено значительное повышение численности орибатид, особенно при раздельном внесении азотного и фосфорного удобрений.

Г. Ю. Капин [10] изучал долговременное влияние различных систем удобрений (навоз, комплексное удобрение NPK, NPK и навоз) на комплекс микроартропод под овсом в Московской обл. Отмечены изменения как в видовом составе, так и в соотношении морфоэкологических форм. При внесении в почву навоза происходит смена доминантных видов по сравнению с контролем.

В. И. Блинников [4] исследовал влияние возрастающих доз (одинарной, двойной и тройной) полного минерального удобрения (NPK) на комплекс микроартропод пахотных почв. Установлено, что внесение в почву последовательно возрастающих доз полного минерального удобрения приводит к тому, что обилие доминирующих видов орибатид сначала снижается при внесении одинарной и двойной доз NPK, а более высокая доза удобрения (тройная) вновь увеличивает их долю в группировке.

Ф. Г. Гатилова [8] изучала влияние двух систем удобрений – минеральной (NPK) и органоминеральной (NPK и навоз). Отмечено, что внесение удобрений в 1,5-2 раза повышает численность панцирных клещей по сравнению с контролем. В первый год наблюдения под кукурузой обе системы удобрений повышают численность орибатид, но NPK оказывает большее воздействие. В следующем году положительное воздействие минеральной системы наблюдалось только при осеннем взятии проб, а весной и летом разница по влиянию двух систем удобрений на численность орибатид была незначительной.

Таким образом, имеющиеся литературные сведения, касающиеся влияния органических и минеральных удобрений на структуру сообществ почвенных микроартропод крайне неоднозначны и часто противоречивы. Поэтому для разрешения этой проблемы необходимы дальнейшие исследования, результаты которых смогут внести определённую ясность в данном вопросе.

Целью нашей работы являлось определение степени влияния органических и минеральных удобрений, вносимых под картофель, на структуру населения панцирных клещей. Это необходимо для внедрения экологически чистых технологий в сельское хозяйство, уменьшения степени отрицательного влияния сельскохозяйственной деятельности на окружающую среду.

Материал и методика исследований

Исследование влияния органических и минеральных удобрений на структуру населения панцирных клещей проводилось в 2007-2008 гг. в с. Ясеновое Красноармейского района Донецкой области. Изучалось влияние удобрений на структуру сообществ панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением фосфорного, калийного, азотного, комплексного и органического удобрений. Полученные результаты сравнивались с контролем – аналогичным участком без внесения удобрений.

Минеральные удобрения вносились из расчета 0,5 кг/15 м², согласно рекомендуемым дозам внесения удобрений под картофель: калийное – калий сернистоокислый, 45%; азотное – селитра аммиачная; фосфорное – суперфосфат гранулированный, 16%; комплексное – калий, селитра, суперфосфат. Органическое (навоз КРС) – из расчета 3 кг/10 м².

Общий объем обработанного материала – 126 почвенных проб объемом 250 см³, из которых было извлечено 2686 экз. взрослых панцирных клещей. В июле 2007 г. из 42 почвенных проб (по 7 проб с каждого из исследуемых участков) было извлечено 528 экз. взрослых панцирных клещей, относящихся к 12 видам. В мае 2008 г. из 42 почвенных проб – 1278 экз. взрослых панцирных клещей, определено 22 вида. В сентябре 2008 г. из 42 почвенных проб извлечено 880 экз. взрослых панцирных клещей, определено 26 видов.

Отбор проб проводился по общепринятой методике Е. М. Булановой-Захваткиной [5]. Выгонка клещей осуществлялась с помощью модифицированных термоэлектродов Тульгрена-Берлезе. Для анализа структуры доминирования орибатид принята система Г. Энгельманна [22], где E – эудоминант (>40%), D – доминант (12,5–39,9%), SD – субдоминант (4,0–12,4%), R – рецедент (1,3–3,9%), SR – субрецедент (<1,3%). Анализ распределения жизненных форм панцирных клещей проведен в соответствии с классификацией Д. А. Криволюцкого [12, 14].

Математическая обработка результатов проводилась на основе традиционных в почвенно-зоологической практике методов анализа синэкологических характеристик почвенного населения с помощью статистической программы "Stat-97", разработанной в MS Excel.

Результаты и обсуждение

Результаты исследований, проведенные в летний период 2007 г., представлены в табл. 1.

Максимум *средней плотности населения* орибатид (8170 экз./м²) отмечен на участке без внесения удобрений (контроле), минимум (2915 экз./м²) – на участке с внесением калийного удобрения. Максимальное *количество видов* (9) зарегистрировано в контроле, а минимальное (5) – на всех участках с внесением минеральных удобрений. На участке с органическим удобрением обнаружено 6 видов (рис. 1).

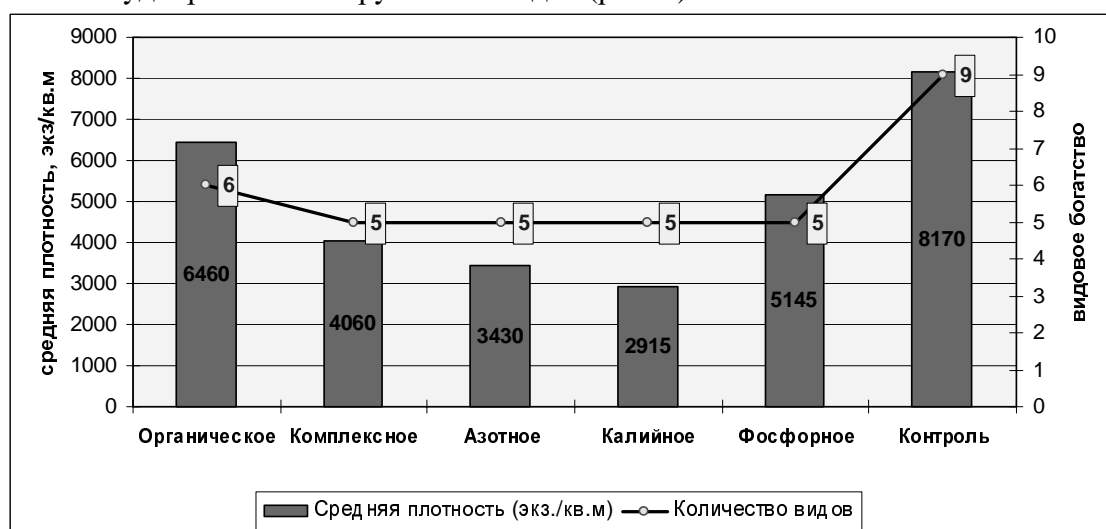


Рис. 1. Видовое богатство и средняя плотность населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (июль 2007 г.)

Видовое богатство, численность, средняя плотность и индексы экологического разнообразия населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (июль 2007 г.)

Вид	Удобрения					
	Органическое	NPK	N	K	P	Контроль
1. <i>Multioppia glabra</i>	17 D	-	-	1 R	-	-
2. <i>Oppiella nova</i>	-	-	-	-	-	1 SR
3. <i>Microppia minus</i>	-	-	-	-	-	4 R
4. <i>Ramusella mihelcici</i>	41 D	-	3 SD	5 SD	2 R	6 SD
5. <i>Nellacarus caucasicus</i>	-	-	-	-	-	3 R
6. <i>Zygoribatula exarata</i>	1 SR	1 R	3 SD	11 D	5 SD	1 SR
7. <i>Ceratozetes minutissimus aff.</i>	23 D	3 SD	9 D	-	1 SR	4 R
8. <i>Ceratozetes sp.</i>	-	1 R	-	-	-	-
9. <i>Protoribates capucinus</i>	4 R	-	-	-	-	-
10. <i>Protoribates glaber</i>	-	63 E	38 E	29 E	76 E	121 E
11. <i>Protoribates monodactylus</i>	-	-	-	-	-	2 R
12. <i>Tectoribates ornatus</i>	27 D	3 SD	7 SD	5 SD	6 SD	1 SR
Численность (экз. в 7 пробах)	113	71	60	51	90	143
Количество видов	6	5	5	5	5	9
Средняя плотность (экз./м ²)	6460	4060	3430	2915	5145	8170
Индекс Шеннона (H')	1,479	0,494	1,124	1,184	0,618	0,719
Индекс Пиелу (e)	0,825	0,307	0,698	0,736	0,384	0,327
Индекс Симпсона (1/D)	4,041	1,269	2,311	2,651	1,393	1,393
Индекс Маргалефа (D _{Mg})	1,058	0,938	0,977	1,017	0,889	1,612
Индекс Менхиника (D _{Mn})	0,564	0,593	0,645	0,700	0,527	0,753
Индекс Бергера-Паркера (1/d)	2,755	1,127	1,580	1,757	1,185	1,182

Примечания:

1. N – азотное удобрение, P – фосфорное удобрение, K – калийное удобрение, NPK – комплексное удобрение;

2. E – эудоминант (>40%), D – доминант (12,5-39,9%), SD – субдоминант (4,0-12,4%), R – рецедент (1,3-3,9%), SR – субрецедент (<1,3%) [22];

3. **Полужирным** выделены максимальные значения индексов экологического разнообразия, *курсивом* – минимальные.

Анализируя **индексы экологического разнообразия** исследуемых сообществ панцирных клещей, следует отметить, что максимальное значение индекса Шеннона (1,479) наблюдалось на участке с органическим удобрением, минимальное значение (0,494) – на участке с внесением комплексного удобрения. Наибольшее значение индекса выравненности Пиелу (0,825) отмечено при внесении органического удобрения, минимальное (0,307) – на участке с комплексным удобрением. Что касается индекса Маргалефа, то его максимум (1,612) наблюдался в контроле, минимальное значение (0,889) – на участке с фосфорным удобрением. Максимальное значение индекса Менхиника (0,753) наблюдалось также в контроле, минимальное значение (0,527) – на участке с фосфорным удобрением. Максимальное значение индексов Симпсона (4,041) и Бергера-Паркера (2,755) отмечено на участке с внесением органического удобрения, минимальное (1,269 и 1,127 соответственно) – на участке с комплексным удобрением (см. табл. 1).

Из всех исследуемых минеральных удобрений наибольшее отрицательное влияние на экологическое разнообразие панцирных клещей оказывают комплексное и фосфорное удобрения. Внесение органического удобрения увеличивает экологическое разнообразие орибатид, хотя численность и видовое богатство здесь меньше по сравнению с контролем.

Анализ **структуры доминирования** исследуемых сообществ панцирных клещей (рис. 2) показал, что наиболее близки к контролю структуры доминирования ориватид на участках с фосфорным и комплексным удобрениями – здесь доля эудоминанта *P. glaber* почти равна процентному соотношению на участке без внесения удобрений. Внесение азотного и калийного, наоборот, приводит к уменьшению доли этого вида в общей структуре доминирования. Наиболее отдалена от контроля структура доминирования на участке с внесением органического удобрения. Здесь отсутствует эудоминант остальных участков *P. glaber*, появляются четыре новых доминантных вида, процентное содержание которых в других вариантах опыта намного меньше. Влияние органического удобрения на структуру сообщества в данном случае можно назвать положительным, поскольку в этом варианте наблюдается выравнивание структуры доминирования.

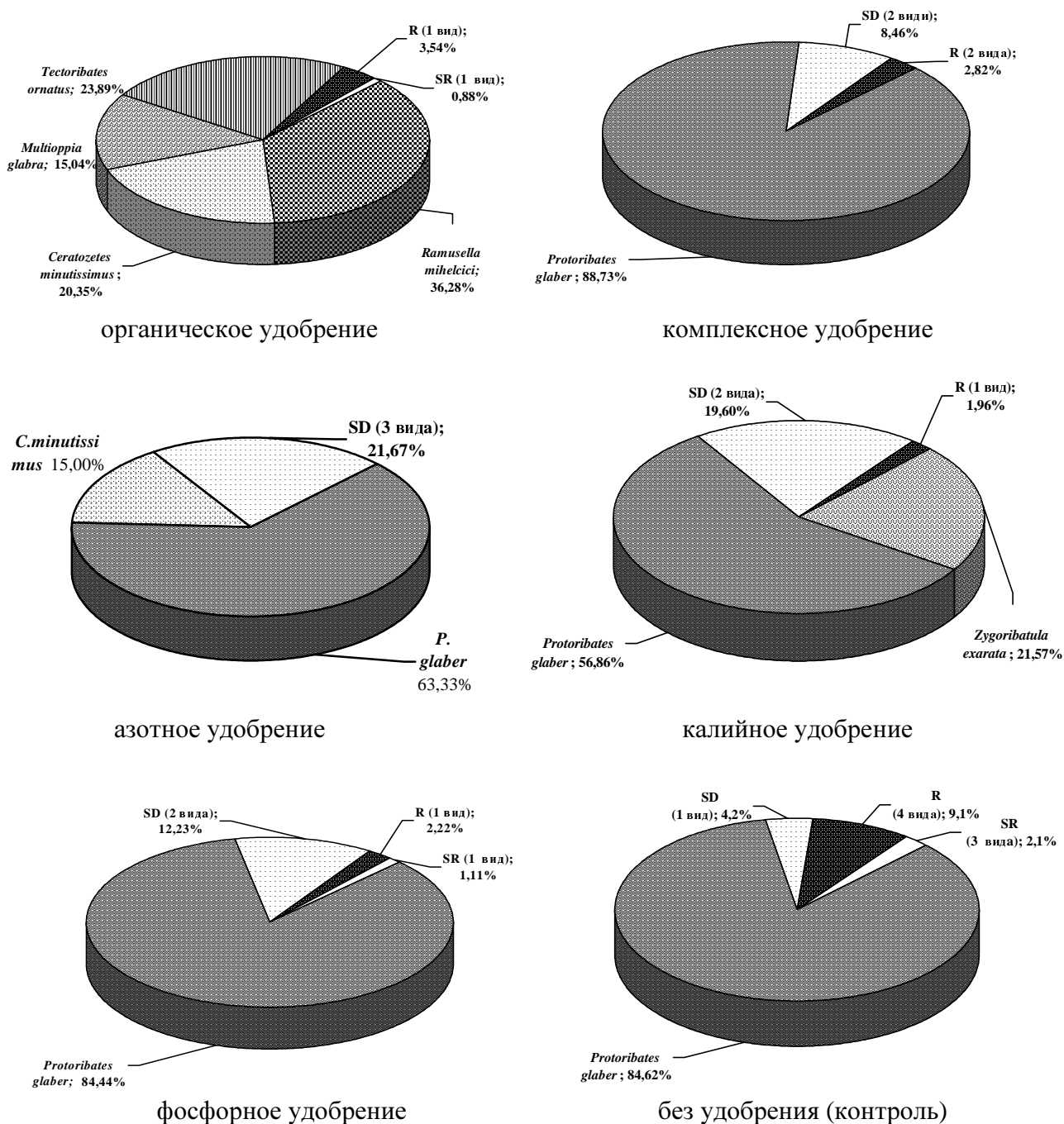


Рис. 2. Структура доминирования панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (июль 2007 г.)

Из 5 **жизненных форм** панцирных клещей на исследуемых участках встречаются только обитатели мелких почвенных скважин и неспециализированные формы, причем последние явно преобладают во всех вариантах опыта (от 90,1% в контроле до 100% на участке с комплексным удобрением), за исключением участка с органическим удобрением, где структура населения орибатид выравнивается по сравнению с контролем. Население участка с внесением комплексного удобрения представлено только неспециализированными формами (рис. 3). Наиболее близким к контрольному следует считать население панцирных клещей на участке с внесением калийного удобрения.

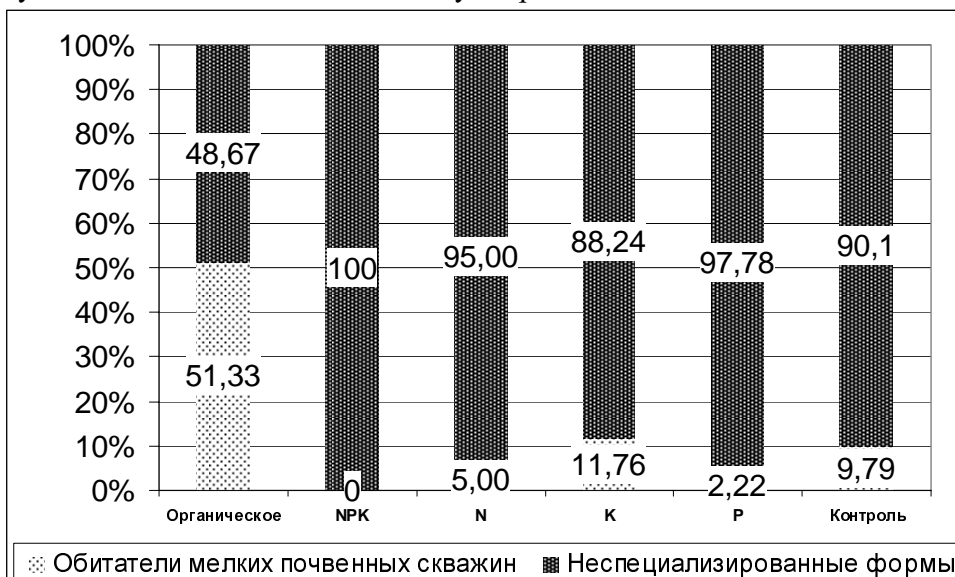


Рис. 3. Соотношение жизненных форм панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (июль 2007 г.)

Таким образом, проанализировав весь комплекс экологических характеристик сообществ панцирных клещей исследуемых участков, можно сделать общий вывод о том, что наибольшее отрицательное влияние на структуру сообществ орибатид оказывают фосфорное и комплексное удобрения. Внесение органического удобрения, наоборот, оказывает положительное влияние на население панцирных клещей, увеличивая экологическое разнообразие орибатид, выравнивая структуру доминирования сообщества и характер распределения жизненных форм.

Весной 2008 г. исследования были продолжены на тех же экспериментальных участках. Из 42 почвенных проб было извлечено 1278 экз. взрослых панцирных клещей. Определено 22 вида. Результаты исследований представлены в табл. 2.

Таблица 2

Видовое богатство, численность, средняя плотность и индексы экологического разнообразия населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (май 2008 г.)

№	Вид	Удобрения					
		Органическое удобрение	Комплексное	Азотное	Калийное	Фосфорное	Контроль
1	<i>Hypochthonius luteus luteus</i>	1 SR	-	-	-	-	-
2	<i>Rhysotritia ardua affinis</i>	10 SD	-	-	-	-	1 SR
3	<i>Epylohmannia cylindrica</i>	15 SD	-	-	-	-	-
4	<i>Tectocephus velatus</i>	1 SR	-	-	1 SR	-	-
5	<i>Multioppia glabra</i>	12 SD	-	-	-	-	1 SR
6	<i>Multioppia laniseta</i>	28 D	10 SD	5 SD	16 SD	16 SD	32 SD
7	<i>Oppiella nova</i>	4 R	-	-	1 SR	-	-

№	Вид	Удобрения					
		Органическое удобрение	Комплексное	Азотное	Калийное	Фосфорное	Контроль
8	<i>Micropia minus</i>	-	-	-	1 SR	5 R	4 SR
9	<i>Ramusella mihelcici</i>	3R	1 SR	-	-	-	1 SR
10	<i>Oppia sp.</i>	-	-	-	-	-	2 SR
11	<i>Nellacarus caucasicus</i>	-	2 R	6 SD	13 SD	24 SD	3 SR
12	<i>Oribatula sp.</i>	3R	27 D	7 SD	27 SD	10 R	29 SD
13	<i>Zigoribatula concinna</i>	-	1 SR	-	-	-	-
14	<i>Zigoribatula terricola</i>	-	-	-	-	1 SR	1 SR
15	<i>Protoribates capucinus</i>	42D	-	-	-	2 SR	6 R
16	<i>Protoribates glaber</i>	-	60 E	54 E	173 E	212 E	107 D
17	<i>Protoribates monodactylus</i>	-	-	-	-	-	1 SR
18	<i>Protoribates vastus</i>	33D	-	-	2 SR	-	3 SR
19	<i>Ceratozetes minutissimus affinis</i>	-	6 SD	8 SD	36 D	33 SD	107 D
20	<i>Tectoribates ornatus</i>	4 R	10 SD	8 SD	10 R	11 R	22 SD
21	<i>Galumna minor</i>	1 SR	-	-	-	-	-
22	<i>Galumna sp.</i>	2 SR	-	-	-	-	-
Численность (экз. в 7 пробах)		159	117	88	280	314	320
Количество видов		14	8	6	10	9	15
Средняя плотность (экз./м ²)		9090	6690	5030	16000	17940	18290
Индекс Шеннона (H')		2,061	1,405	1,283	1,308	1,194	1,703
Индекс Пиелу (e)		0,781	0,675	0,716	0,568	0,543	0,629
Индекс Симпсона (1/D)		6,274	3,047	2,497	2,426	2,100	4,082
Индекс Маргалефа (D _{Mg})		2,565	1,470	1,117	1,597	1,391	2,427
Индекс Менхиника (D _{Mn})		1,110	0,740	0,640	0,598	0,508	0,839
Индекс Бергера-Паркера (1/d)		3,788	1,949	1,629	1,618	1,481	2,994

Примечание. (см. табл. 1).

Анализируя показатели *средней плотности* населения панцирных клещей (рис. 3), следует отметить, что в весенних пробах 2008 г. общая численность оribатид на участках, обработанных фосфорным и калийным удобрениями в 2-3 раза превышала аналогичные показатели на участках с азотным, комплексным и органическим удобрениями, а на участке с внесением фосфорного удобрения этот показатель почти равен контролю. Высокие показатели плотности обусловлены высокой степенью доминирования одного вида – *P. glaber*, для которого изменившиеся условия после внесения минеральных удобрений оказываются экологически выгодными, и он увеличивает свою численность на участках с фосфорным и калийным удобрениями (см. табл. 2).

Максимальное *видовое богатство* по сравнению с контролем, отмечено на участке с органическим удобрением (14 видов), а минимальное – в варианте с азотным (6). Несмотря на высокую численность оribатид на участках с калийным и фосфорным удобрениями, количество видов здесь, по сравнению с контролем, в 1,5 раза ниже. На участке с органическим удобрением этот показатель приближается к контролю (см. рис. 3).

Анализируя показатели *экологического разнообразия* панцирных клещей следует отметить, что максимальные значения по всем исследуемым индексам отмечены на участке с внесением органического удобрения, причем здесь они были даже выше, чем в контроле. Следовательно, внесение органического удобрения благоприятно сказывается на населении оribатид, повышая экологическое разнообразие даже по сравнению с контрольным участком. Что касается других удобрений, то минимальные значения по большинству индексов характерны для участка с внесением фосфорного удобрения. Несмотря на высокую численность оribатид на этом участке, экологическое разнообразие здесь минимальное (см. табл. 2).

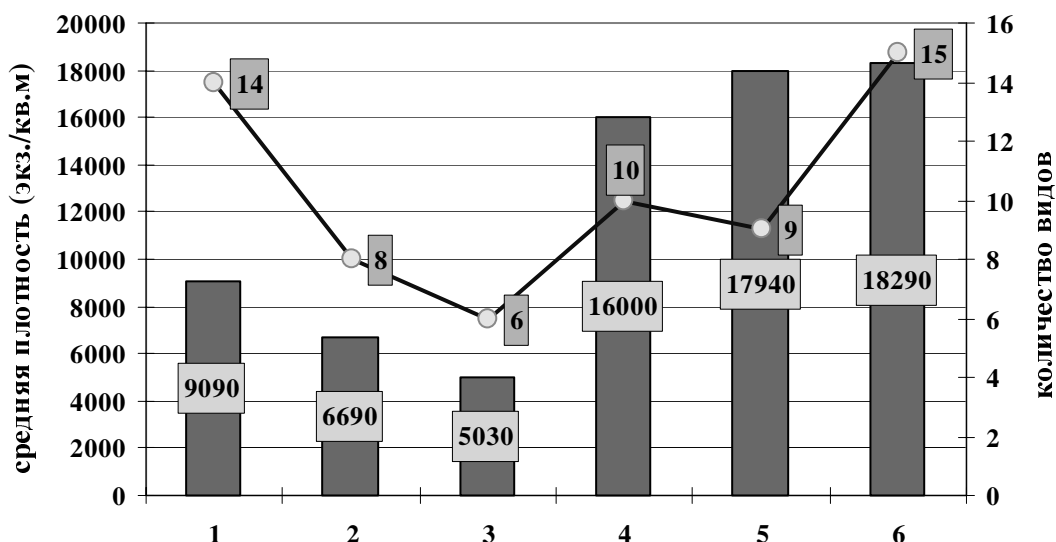


Рис. 3. Видовое богатство и средняя плотность населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического (1) и минеральных удобрений (2 – комплексное; 3 – азотное; 4 – калийное; 5 – фосфорное), 6 – контроль (май 2008 г.)

В **структуре доминирования** орибатид контрольного участка (рис. 4) отмечено преобладание двух доминирующих видов – *P. glaber* и *C. minutissimus aff.* (по 33,44%). На долю редких видов (рецендентов и субрецендентов) приходится 7,19% (10 видов).

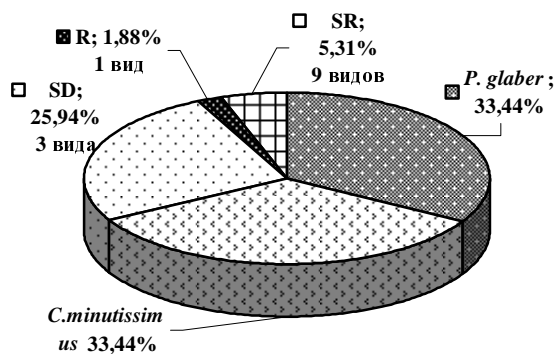
По сравнению с контролем, на участке с внесением органического удобрения отмечена полная смена доминирующих видов: *P. capucinus* (26,42%), *P. vastus* (20,75%), *M. laniseta* (17,61%). Возрастает до 12% доля 8 редких видов.

Участки с внесением минеральных удобрений отличаются сходной структурой, а именно: явное преобладание эудоминанта *P. glaber*, процентное соотношение которого варьирует от 51,28% на участке с комплексным удобрением до 67,52% на участке с фосфорным. Наблюдается снижение доли и количества редких видов (фосфорное, калийное и комплексное удобрения) или полное их отсутствие (азотное).

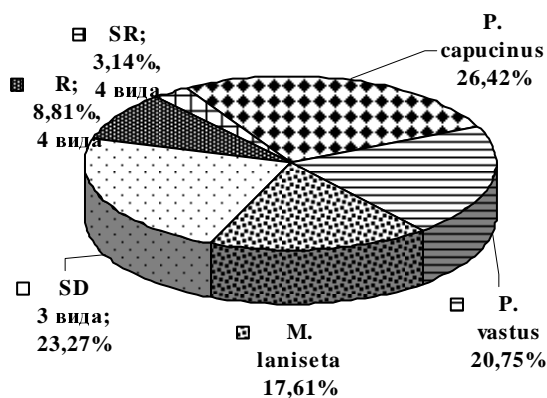
Таким образом, по сравнению с контролем на участках с внесением всех видов минеральных удобрений отмечено явное нарушение структуры доминирования, а внесение органического удобрения, наоборот, оказывает благоприятное воздействие на сообщество орибатид, выравнивая и изменяя структуру доминирования (происходит смена комплексов доминирующих и возрастает доля редких видов).

Распределение **жизненных форм** (рис. 5) на участках с внесением разных видов минеральных удобрений мало чем отличается от контрольного участка, а именно: наблюдается явное преобладание вторично неспециализированных форм, доля которых варьирует от 86% (в контроле) до 93% (на участке с фосфорным удобрением). На долю обитателей мелких почвенных скважин приходится от 6,59% (в варианте с фосфорным удобрением) до 13,44% (в контроле). Представители других жизненных форм практически отсутствуют.

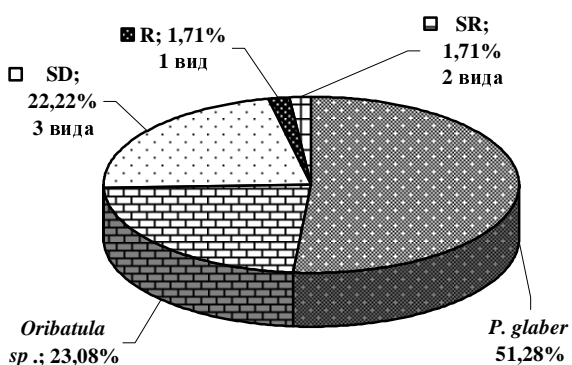
Внесение органического удобрения улучшает структуру распределения жизненных форм: появляются обитатели поверхности почвы, обитатели толщи подстилки, глубокопочвенные формы, первично неспециализированные формы. Увеличивается доля мелких скважников практически до 30% и уменьшается процентное соотношение вторично неспециализированных форм. Характер распределения жизненных форм орибатид исследуемых участков указывает на то, что внесение органических удобрений под картофель улучшает структуру сообщества панцирных клещей, увеличивая разнообразие жизненных форм и выравнивая их распределение (см. рис. 5).



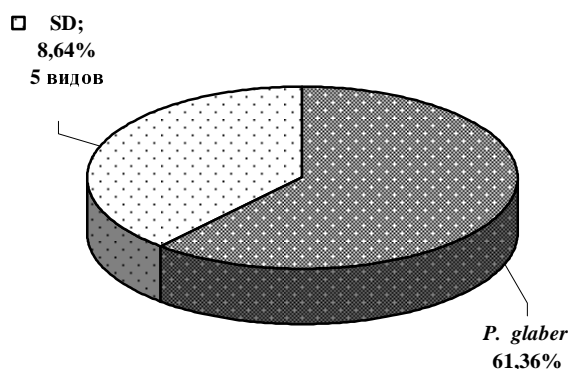
без удобрения (контроль)



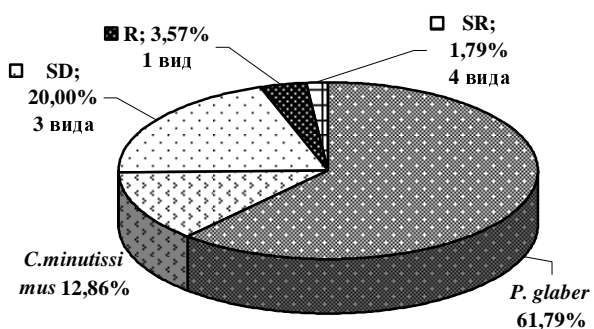
органическое удобрение



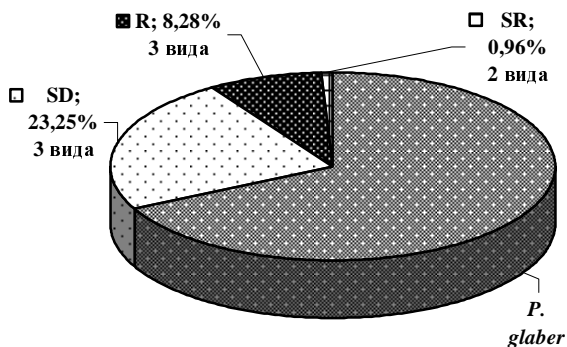
комплексное удобрение



азотное удобрение



калийное удобрение



фосфорное удобрение

Рис. 4. Структура доминирования панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (май 2008 г.)

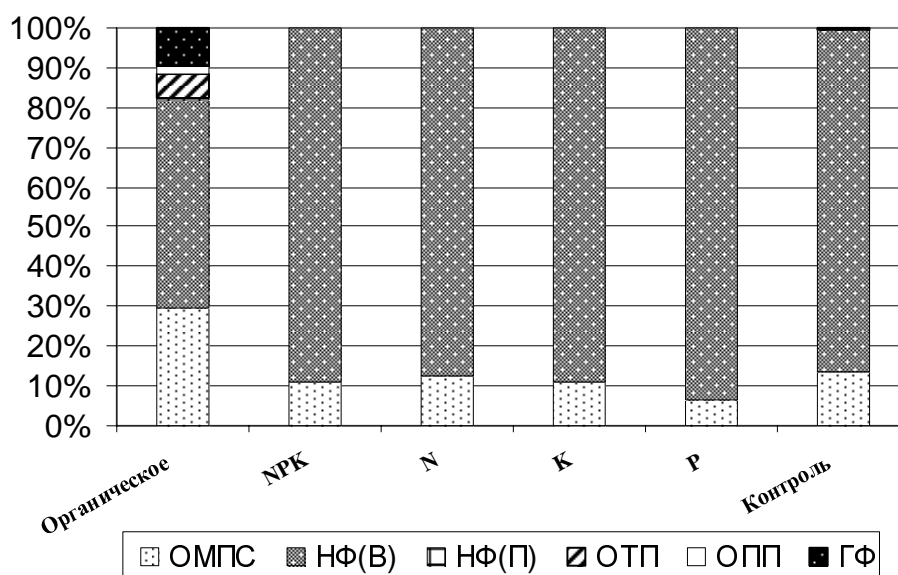


Рис. 5. Соотношение жизненных форм панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (май 2008 г.): ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин; НФ(В) – вторично неспециализированные формы; НФ(П) – первично неспециализированные формы; ОТП – обитатели толщи подстилки; ОПП – обитатели поверхности почвы; ГФ – глубокопочвенные формы

Осенью 2008 г., через 3,5 месяца после весеннего внесения удобрений, были проведены повторные исследования. Из 42 почвенных проб извлечено 880 экз. взрослых панцирных клещей, которые отнесены к 26 видам. Результаты исследований представлены в табл. 3.

Таблица 3

Видовое богатство, численность, средняя плотность и индексы экологического разнообразия населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (сентябрь 2008 г.)

№	Вид	Удобрения					
		Органическое	Комплексное	Азотное	Калийное	Фосфорное	Контроль
1	<i>Hypochthonius luteus luteus</i>	-	-	-	-	-	1 SR
3	<i>Rhysotridia ardua affinis</i>	1 SR	-	1 R	-	-	6 SD
4	<i>Epylohmantia cylindrica</i>	-	-	-	-	1 SR	-
5	<i>Tectocepheus velatus</i>	-	1 R	-	-	1 SR	2 R
8	<i>Multioppia glabra</i>	47 D	-	-	-	-	2 R
9	<i>Multioppia laniseta</i>	5 R	1 R	1 R	4 SD	11 SR	6 SD
7	<i>Micropia minus</i>	-	3 SD	-	-	1 SR	6 SD
6	<i>Medioppia obsoleta</i>	1 SR	-	-	-	-	2 R
11	<i>Ramusella clavipectinata</i>	2 SR	-	-	-	2 SR	7 SD
12	<i>Ramusella mihelcici</i>	14 SD	-	-	-	2 SR	-
10	<i>Oppia sp.</i>	1 SR	1 R	-	-	-	-
13	<i>Suctobelbella subtrigona</i>	6 R	-	-	-	-	-
14	<i>Suctobelbella sp.</i>	-	-	-	-	-	4 R
2	<i>Nellacarus caucasicus</i>	-	-	-	1 R	1 SR	-
15	<i>Oribatula sp.</i>	15 SD	3 SD	-	2 SD	33 SD	10 SD
16	<i>Zigoribatula concinna</i>	1 SR	-	-	-	-	-
17	<i>Zygoribatula frisiae</i>	2 SR	-	-	-	-	1 SR

№	Вид	Удобрения					
		Органиче- ское	Комплексное	Азотное	Калийное	Фосфорное	Контроль
18	<i>Zygoribatula sp.</i>	1 SR	-	-	-	-	-
19	<i>Protoribates capucinus</i>	3 SR	-	1 R	-	-	-
20	<i>Protoribates glaber</i>	-	12 D	3 SD	8 D	350 E	16 SD
21	<i>Protoribates vastus</i>	51 D	6 D	15 E	11 D	18 R	32 D
22	<i>Ceratozetes minutissimus aff.</i>	16 SD	7 D	6 D	8 D	14 R	18 D
23	<i>Chamobates cuspidatus</i>	1 SR	-	-	-	1 SR	-
24	<i>Tectoribates ornatus</i>	10 SD	11 D	-	2 SD	25 SD	18 D
25	<i>Galumna flagellata</i>	-	-	-	-	1 SR	-
26	<i>Pilogalumna allifera</i>	-	-	-	-	1 SR	-
Численность (экз. в 7 пробах)		177	45	27	39	462	130
Количество видов		17	9	6	8	15	15
Средняя плотность (экз./м ²)		10114	2570	1543	2230	26400	7430
Индекс Шеннона (H')		2,061	1,870	1,271	1,84	1,005	2,279
Индекс Пиелу (e)		0,851	0,728	0,709	0,88	0,381	0,841
Индекс Симпсона (1/D)		5,670	6,074	2,854	6,07	1,705	8,055
Индекс Маргалефа (D _{Mg})		3,091	2,102	1,517	1,91	2,120	2,876
Индекс Менхиника (D _{Mn})		1,342	1,278	1,155	1,28	0,652	1,316
Индекс Бергера-Паркера (1/d)		3,472	3,745	1,799	3,55	1,318	4,065

Примечание. (см. табл. 1).

По сравнению с весенним периодом *средняя плотность* населения орибатид на участке с фосфорным удобрением еще более возрастает (почти в 1,5 раза). В контроле и на других участках с внесением минеральных удобрений численность клещей уменьшается: в контроле – более чем в 2 раза, в вариантах с азотным и комплексным удобрениями – почти в 3, а на участке с калийным удобрением – почти в 7 раз. На этом фоне аномальным кажется резкое возрастание численности орибатид на участке с фосфорным удобрением. Это, в первую очередь, связано с увеличением количества особей вида *P. glaber* (350 экз. в 7 пробах по сравнению с 16 экз. в контроле).

По *видовому богатству* участок с фосфорным удобрением сравнивается с контролем (по 15 видов). На участке с органическим удобрением количество видов несколько выше (возрастает до 17). Видовое богатство других участков с внесением минеральных удобрений практически не изменилось и находится в пределах 6-9 видов. При этом минимальный показатель (6 видов) отмечен в варианте с азотным удобрением (рис. 6).

Наиболее высокая степень *экологического разнообразия* орибатид, как и в весенний период, отмечена на участке с внесением органического удобрения (максимумы индексов Пиелу, Маргалефа и Менхиника) и в контроле (максимумы индексов Шеннона, Симпсона и Бергера-Паркера). Минимальные значения, как и весной, характерны для участка с внесением фосфорного удобрения практически по всем индексам, кроме индекса Маргалефа (см. табл. 3).

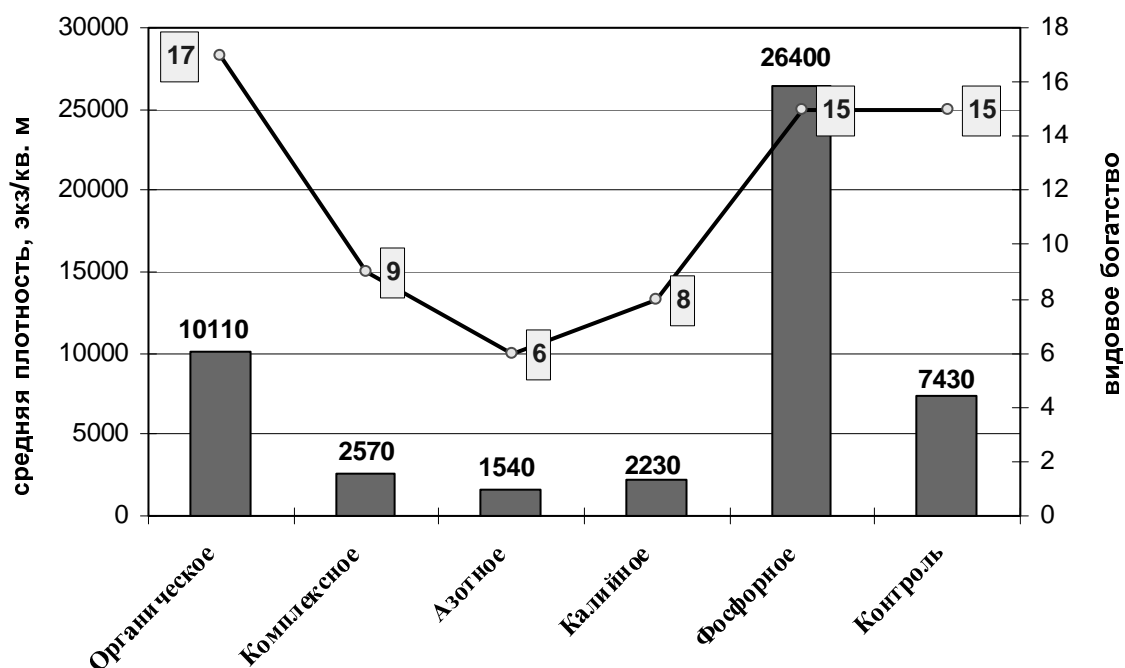


Рис. 6. Видовое богатство и средняя плотность населения панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (сентябрь 2008 г.)

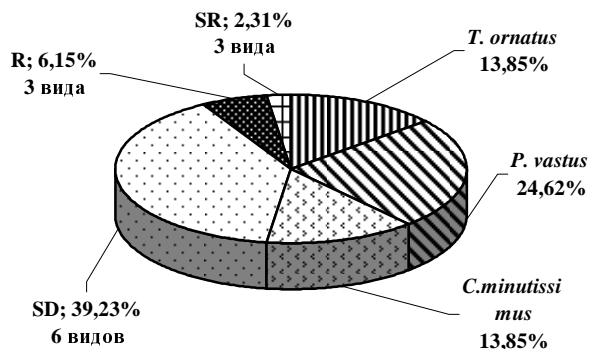
По сравнению с весенним периодом в *структуре доминирования* орибатид (рис. 7) контрольного участка происходит снижение доли вида *C. minutissimus aff.* почти в 3 раза, появляются новые доминанты *P. vastus* (24,62%) и *T. ornatus* (13,85%), а *P. glaber*, доминирующий весной, переходит в разряд субдоминантов. До 6 снижается количество редких видов, однако их доля остается на том же уровне. Уменьшается количество и доля субдоминантов (почти до 40%). Таким образом, по сравнению с весенним периодом, структура доминирования осенью становится более выровненной.

На участке с внесением органического удобрения происходит смена доминантов, виды *M. laniseta* и *P. capucinus* переходят в разряд редких, а доминантным становится *M. glabra* (26,55%). Процентное соотношение второго доминанта *P. vastus* возрастает с 20,75 до 28,81%. Возрастает количество и доля редких видов (11 видов, 13,55%), а также субдоминантов (до 31%). Несмотря на то, что здесь всего два доминантных вида, структуру можно считать более выровненной и близкой к контролю, а по показателю "редкие виды" – даже превышающей контроль.

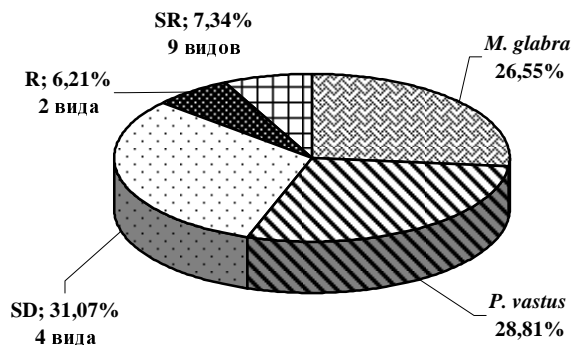
Что касается участков с внесением минеральных удобрений, то структура доминирования здесь аналогична весенней. Отличия наблюдаются лишь на участке с фосфорным удобрением. Здесь, как и весной, доминирует вид *P. glaber*, причем его доля возрастает до 75,76%. Однако по сравнению с весенним периодом увеличивается количество и доля редких видов (до 12 видов, 11,69%), в 2 раза снижается процентное соотношение субдоминантов.

На участках с азотным, калийным и фосфорным удобрениями появляются новые доминирующие виды. Так, на участке с калийным удобрением преобладают *P. vastus* (28,21%) и *C. minutissimus aff.* (20,51%), при этом доля *P. glaber* снижается до 21,51% (в весенний период – 61,19%). Следует отметить, что полностью исчезает группа субрецендентов.

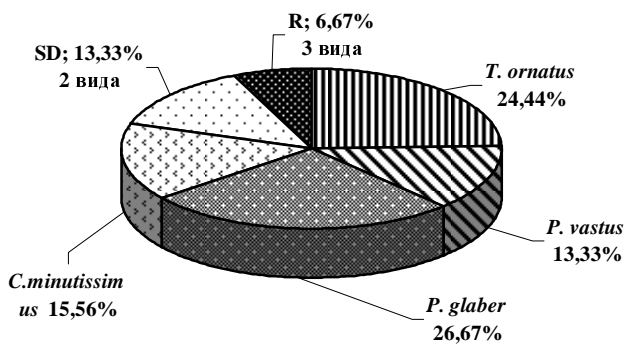
На участке с комплексным удобрением доля *P. glaber* снижается с 51,28% (весна) до 26,67% (осень). Исчезает доминант весеннего периода *Oribatula sp.*, а его место занимают *T. ornatus* (24,44%), *C. minutissimus aff.* (15,56%) и *P. vastus* (13,33%), т.е. структура доминирования осенью становится более выровненной и близкой к контролю (см. рис. 7).



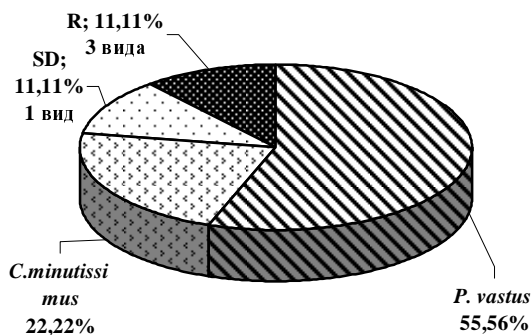
без удобрения (контроль)



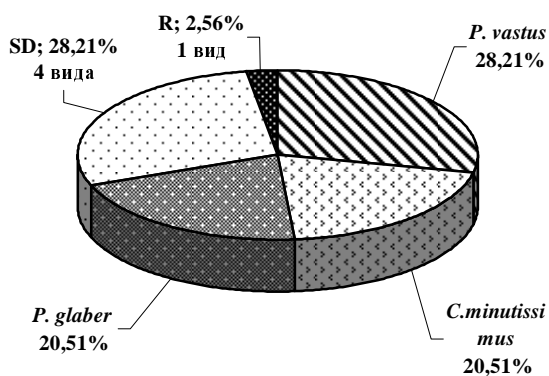
органическое удобрение



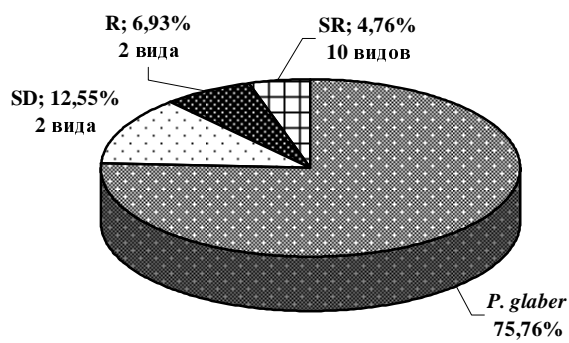
комплексное удобрение



азотное удобрение



калийное удобрение



фосфорное удобрение

Рис. 7. Структура доминирования панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (сентябрь 2008 г.)

По сравнению с весенним периодом в соотношении *жизненных форм* орибатид исследуемых участков происходит изменение структуры сообществ, хотя основная тенденция прослеживается та же: на всех участках явно преобладают представители вторично неспециализированных форм (рис. 8).

На участке с азотным удобрением появляются обитатели толщи подстилки, а на участке с фосфорным – обитатели поверхности почвы и глубокопочвенные формы, хотя здесь они составляют лишь доли процента.

Несколько возрастает вклад обитателей мелких почвенных скважин на участке с калийным удобрением. В вариантах с комплексным, азотным и фосфорным удобрениями их доля остается на том же уровне, что и в весенний период.

Контрольный участок мало чем отличается от весеннего (см. рис. 5 и 8).

На участке с внесением органического удобрения возрастает доля скважников и, по сравнению с весенним периодом, снижается общее разнообразие жизненных форм, остаются лишь единичные обитатели толщи подстилки. Происходит выравнивание доли обитателей мелких почвенных скважин и вторично неспециализированных форм (см. рис. 8).

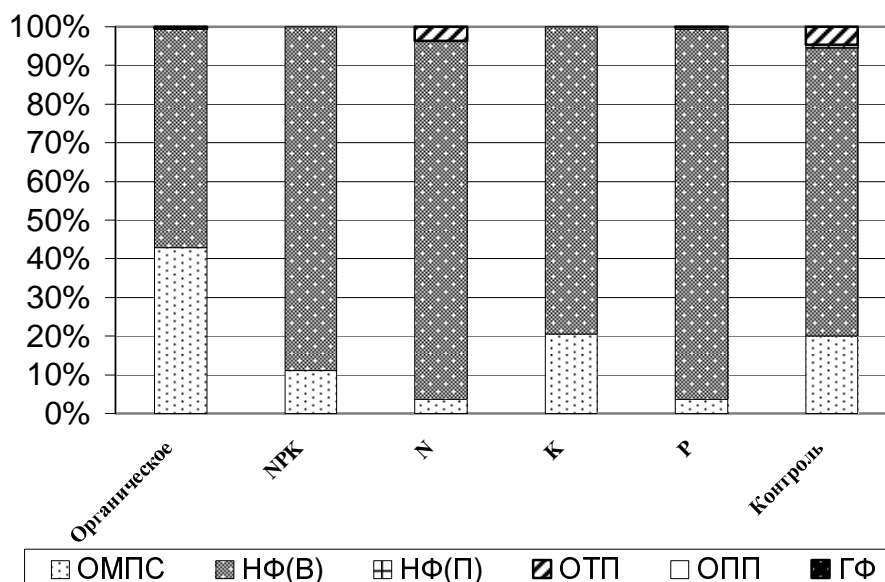


Рис. 8. Соотношение жизненных форм панцирных клещей в почве под картофелем на участках с внесением органического и минеральных удобрений (сентябрь 2008 г.): ОМПС – обитатели мелких почвенных скважин; НФ(В) – вторично неспециализированные формы; НФ(П) – первично неспециализированные формы; ОТП – обитатели толщи подстилки; ОПП – обитатели поверхности почвы; ГФ – глубокопочвенные формы

Выводы

Обобщая полученные результаты, можно сделать вывод о том, что внесение органического удобрения оказывает положительное влияние на структуру сообщества панцирных клещей, улучшая и превышая практически все показатели (среднюю плотность населения, видовое богатство, экологическое разнообразие), выравнивая структуру доминирования, увеличивая разнообразие жизненных форм и выравнивая их распределение, по сравнению с контролем.

Внесение азотного, калийного и комплексного (NPK) удобрений нарушают структуру сообщества, а внесение фосфорного удобрения приводит к наибольшему дисбалансу в ней. Даже через 3,5 месяца после внесения минеральных удобрений комплексы орибатид остаются разбалансированными и отличаются от населения контрольного участка.

По степени воздействия можно расположить исследуемые виды удобрений в порядке уменьшения степени их отрицательного влияния на структуру сообщества панцирных клещей следующим образом: фосфорное, комплексное, азотное и калийное, органическое.

Основываясь на результатах наших исследований, для внедрения более экологически чистых технологий в сельское хозяйство, рекомендуем более интенсивное применение органических удобрений, которые оказывают наиболее благоприятное воздействие на экологическую структуру сообществ почвообитающих оribатид и способствуют улучшению процесса почвообразования.

Список литературы

1. *Алейникова М. М.* О путях поддержания высокой биологической активности почв в агробиоценозах // Проблемы почвенной зоологии. – М.: Наука, 1972. – С. 9-10.
2. *Артемьева Т. И.* Влияние удобрений на почвенную фауну паровых полей // Животное население почв и агробиоценозов и его изменение под влиянием с/х производства. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1969. – С. 106-125.
3. *Артемьева Т. И., Гатилова Ф. Г.* Влияние удобрений на почвенную фауну в полях севооборотов // Вопросы генезиса и рационального использования почв и удобрений. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. – С. 149-152.
4. *Блинников В. И.* Влияние возрастающих доз полного минерального удобрения на комплекс микроартропод пахотных почв с различной степенью оподзоленности // Фауна и экология почвенных беспозвоночных Московской области. – М.: Наука, 1983. – С. 176-185.
5. *Буланова-Захваткина Е. М.* Панцирные клещи – оribатиды. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
6. *Гатилова Ф. Г.* Изменение численности и видового состава панцирных клещей под воздействием удобрений // Животное население почв и агробиоценозов и его изменение под влиянием с/х производства. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1969. – С. 134-145.
7. *Гатилова Ф. Г.* Изменение численности и видового состава панцирных клещей под влиянием навоза // Проблемы почвенной зоологии. – Вильнюс, 1975 а. – С. 114-115.
8. *Гатилова Ф. Г.* Влияние удобрений на фауну и численность панцирных клещей в почве под кукурузой // Проблемы почвенной зоологии. – Вильнюс, 1975 б. – С. 136-139.
9. *Желева М.* Влияние на различные методы на обработка на почвата с одновременно торене с повишени дози органични и минаральнойн торове вверху почвените акари-оribатеи. – София: Годишник Софийского ун-та, 1973. – 65, № 1. – П. 23-26.
10. *Капин Г. Ю.* Влияние органических и минеральных удобрений на микроартропод пахотных почв // Фауна и экология почвенных беспозвоночных Московской области. – М.: Наука, 1983. – С. 172-176.
11. *Кипенварлиц А. Ф.* К вопросу о влиянии извести и удобрений на почвенную фауну // Pedobiologia. – 1964. – Bd. 3, h. 4. – S. 274-285.
12. *Криволицкий Д. А.* Морфо-экологические типы панцирных клещей (Acariformes, Oribatei) // Зоол. журн. – 1965. – Т. 44, вып. 8. – С. 1176-1189.
13. *Криволицкий Д. А., Казадаев А. А., Пономаренко А. В.* Влияние хозяйственной деятельности человека на комплексы панцирных клещей // Вестн. зоол. – 1977. – № 6. – С. 7-12.
14. *Панцирные клещи: морфология, развитие, филогения, экология, методы, исследования, характеристика модельного вида *Nothrus palustris* C. L. Koch, 1839 / Д. А. Криволицкий, Ф. Лебрен, М. Кунст и др. / Под ред. Д. А. Криволицкого. – М.: Наука, 1995. – 224 с.*
15. *Сукацкене И. К.* Влияние известкования и удобрений на численность коллембол в дерново-подзолистой почве // Мат. III Всесоюз. совещ. по проблемам почвенной зоологии. – М.: Наука, 1969. – С. 162-163.

16. *Утробина Н. М.* Влияние минеральных удобрений на численность микроартропод под кукурузой // Животное население почв агробиоценозов и его изменение под влиянием сельскохозяйственного производства. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1969. – С. 146-147.

17. *Утробина Н. М.* Изменение численности вредной и полезной фауны по разным фонам удобрений // Наука – сельскохозяйственному производству. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1974. – С. 91-97.

18. *Утробина Н. М., Капитонов А. А.* Реакция почвенных беспозвоночных на внесение мин. удобрений в почву // Проблемы почвенной зоологии. – М.: Наука, 1969. – С. 177-178.

19. *Фирсова С. А.* Влияние минеральных удобрений при раздельном и комплексном внесении на комплекс микроартропод // Фауна и экология почвенных беспозвоночных Московской области. – М.: Наука, 1983. – С. 168-172.

20. *Халидов А. Б., Гатилова Ф. Г., Самосова С. М.* Влияние инсектицидов на почвенный ярус биоценоза свекловичного поля // Мат. по фауне и экологии почвообитающих беспозвоночных. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1968. – С. 141-161.

21. *Эйтминавичуте И. С.* Влияние известкования и удобрений на численность оribатид в дерново-подзолистой почве // Проблемы почвенной зоологии. – М.: Наука, 1969. – С. 202-203.

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

23. *Kovačević Z.* Znacaj zemljišne faune u lucerristma stepskog rajona u Hrvatskoj // *Zemled. i biljka.* – 1967. – 16, N 1-3. – S. 237-245.

***Штірц А. Д., Гураль Ю. О.* Вплив органічних і мінеральних добрив на структуру угруповань панцирних кліщів.** – Проведено дослідження із впливу органічного (гній) і мінеральних (азотне, калійне, фосфорне і комплексне) добрив, внесених під картоплю, на структуру населення оribатид. Установлено, що внесення органічного добрива сприятливо впливає на структуру угруповань панцирних кліщів, поліпшуючи й перевищуючи практично всі показники порівняно з контролем. Внесення азотного, калійного й комплексного добрив порушують структуру угруповань, а внесення фосфорного добрива призводить до найбільшого дисбалансу в ній.

Ключові слова: панцирні кліщі, оribатиди, органічні й мінеральні добрива, структура угруповань.

***Shtirts A. D., Gural Yu. A.* Effects of organic and mineral fertilizers to structure of communities of oribatid mites.** – The studies on effects of organic (dung) and mineral (azotic, potassium, phosphoric and complex) fertilizers imported under a potatoes, to structure of the population of oribatid mites, are conducted. It is established that the depositing of organic fertilizer renders positive effect to the structure of community of oribatid mites, meliorating and exceeding practically all indicators comparing with the control. Depositing of azotic, potassium and complex fertilizers disturbs the structure of community, while depositing of phosphoric fertilizer results in the greatest unbalance in this structure.

Key words: oribatid mites, organic and mineral fertilizers, structure of communities.

Н. Н. Ярошенко

**ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА
"ДОНЕЦКИЙ КРЯЖ" И УЧАСТКА, ОТВОДИМОГО ПОД ЗАПОВЕДАНИЕ,
АМВРОСИЕВСКОГО РАЙОНА ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: zool@dongu.donetsk.ua*

Ярошенко Н. Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка "Донецкий Кряж" и участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района Донецкой области. – В пределах РЛП "Донецкий Кряж" и его сопредельных территорий в 2008 г. проведены кадастрово-мониторинговые исследования панцирных клещей и других почвенных артропод. На территории ландшафтного парка в пяти биотопах учтено 1184 экз. панцирных клещей со средней плотностью населения 9472 экз./м². Обнаружено 56 видов орибатид, относящихся к 38 родам и 28 семействам. Виды *Eulohmannia ribagai* Berl., *Epidamaeus longisetosus* (Will.) впервые указываются для фауны Донбасса. Других почвенных обитателей учтено 2713 экз. (плотность населения – 21704 экз./м²). На территории участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района в 4-х биотопах собрано 2040 экз. панцирных клещей (плотность населения – 20400 экз./м²). Определено 64 вида, относящихся к 45 родам и 28 семействам. Других почвенных обитателей учтено 1407 экз. (плотность населения – 14070 экз./м²). Проведенные исследования свидетельствуют об уникальности исследуемых территорий Амвросиевского района и несомненности их присоединения к РЛП "Донецкий Кряж" с целью охраны почвенной биоты.

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатиды, биотоп, плотность населения, видовое богатство.

Введение

Почвообитающие панцирные клещи (орибатиды) играют большую роль в природе. Эти почвообразователи, принимающие активное участие в круговороте веществ, являются пионерной группой среди членистоногих в заселении антропогенно нарушенных и рекультивированных земель. Совместно с другими почвообитателями они четко реагируют на воздействие антропогенных факторов и обладают свойством восстановления гомеостаза почвенного зооценоза. Кадастрово-мониторинговые исследования панцирных клещей в условиях РЛП "Донецкий Кряж" и его сопредельных территорий ранее никем не проводились. В связи с этим, а также заповеданием прилегающих к РЛП территорий Амвросиевского района, впервые проведены исследования по установлению видового состава, численности, биотопического распределения панцирных клещей и других почвообитателей.

Материал и методика исследований

Почвенные пробы собраны в марте 2008 г. на территории РЛП "Донецкий Кряж" в окр. с. Петровское Шахтерского района в пяти биотопах: в ольшаннике, пойменном и сосновом лесах, на пойменном лугу и степном участке. На территории Амвросиевского района, на участках отводимых для заповедания, пробы собраны в мае 2008 г. в урочище Знаменское, балке Водяной между селами Великая Шишовка и Благодатное: в дубраве, сосновом и байрачном лесах, на степном участке с выходами на поверхность песчаных сланцев в урочище Лиманный Яр между селами Новопетровское и Ново-Клиновское.

В каждом биотопе пробы брали объемом 250 см³ (5 x 5 x 10 см) в 10-кратной повторности шахматным порядком. Камеральную обработку собранного материала проводили в лаборатории акарологии кафедры зоологии ДонНУ по общепринятым методикам Е. М. Булановой-Захваткиной [2], М. С. Гилярова [3], Н. Н. Ярошенко [4]. Пересчет панцирных клещей и других почвенных обитателей проводили на 1 повторность. Среднюю плотность населения орибатид и других почвообитателей определяли по методике К. К. Фасулати [4]. Индекс доминирования по обилию, выраженный в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей и других членистоногих исследуемых биотопов (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5% – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [1]. Сходство фаун панцирных клещей определяли по формуле Жаккара:

$$K_j = i / a + b - i.$$

Результаты и обсуждение

Региональный ландшафтный парк "Донецкий кряж"

Ольшаник с травянистой растительностью и средней мощностью подстилки расположен в окр. с. Петровское. Поверхностный слой почвы (0-10 см) в весенний период увлажнен, летом – сухой. Из 10 почвенных проб учтено 337 экз. половозрелых форм панцирных клещей со средней плотностью населения 13480 экз./м², которая занимает второе место после пойменного леса. Но в видовом отношении ольшаник занимает первое место среди исследуемых биотопов – 35 видов, что очевидно связано с наличием лесной подстилки и дерна, в основном злаковых растений. Среди орибатид доминировали 8 видов: *Hypochthoniella minutissima* (Berl.) – 5,34% (редок в пойменном лесу, дубраве, часто встречаемый вид в байрачном лесу, в остальных биотопах не выявлен); *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 8,01% (доминировал в сосновом лесу окр. с. Петровское, часто встречался в пойменном лесу, в остальных биотопах не обнаружен); *Licnobelba alestensis* Gr. – 9,20% (доминант пойменного леса, отсутствовал в остальных биотопах); *Suctobelbella latirostris* (Forssl.) – 6,82% (редок в пойменном и байрачном лесу, доминант дубравы, часто встречаемый вид в сосновом лесу балки Водяной); *Oppiella nova* (Oudms.) – 5,05% (редок в сосновом лесу с. Петровское, доминант соснового леса, редок в дубраве и байрачном лесу балки Водяной, в остальных биотопах отсутствовал); *Micropopia minus* (Paoli) – 18,40% (доминант пойменного леса и луга окр. с. Петровское, доминант соснового леса, редок в дубраве и степи балки Водяной и урочища Лиманный Яр); *Zygoribatula frisiae* (Oudms.) – 6,82% (часто встречаемый вид в степи, в остальных биотопах отсутствовал); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 9,79% (доминант пойменного леса, редок на пойменном лугу с. Петровское, доминант дубравы и байрачного леса, редок в сосновом лесу балки Водяной). Часто встречались 5 и редко 22 вида (табл. 1).

В ольшанике самки 16 видов содержали в теле от 1 до 6 яиц: *Hypochthonius l. luteus* Oudms. – 6 ♀♀ по 1 яйцу; *H. minutissima* (Berl.) – 5 ♀♀ по 1 яйцу; *Brachychthonius immaculatus* Forssl., *Liochthonius alpestris* (Forssl.) – 3 ♀♀ – по 1 яйцу; *Allodamaeus starki* B.-Z. – 1 ♀ – 2 яйца; *Nothrus biciliatus* Koch – 1 ♀ – 4 яйца; *Hermannella serrata* Sitnikova – 1 ♀ – 3 яйца; *Oribatula tibialis* Mich – 2 ♀♀ – по 6 и 3 ♀ – по 2 яйца; *O. pallida* Banks – 2 ♀♀ – по 4 яйца; *Zygoribatula frisiae* (Oudms.) – 7 ♀♀ по 2 и 1 ♀ – 4 яйца; *Protoribates capucinus* Berl. – 3 ♀♀ – по 2 и 1 ♀ – 3 яйца; *P. monodactylus* (Haller) – 2 ♀♀ – по 2 и 1 ♀ – 4 яйца; *Ceratozetes mediocris* Berl. – 4 ♀♀ – по 6; 6 ♀♀ – по 4; 3 ♀♀ – по 2 и 1 ♀ – 3 яйца; *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 1 ♀ – 4 яйца; *Pilogalumna allifera* (Oudms.), *Phthiracarus globosus* (Koch) – 2 ♀♀ – по 2 яйца. Большое количество видов яйцекладущих самок свидетельствует о благоприятных эдафических условиях в весенний период для жизнедеятельности панцирных клещей. Также в ольшанике отмечено большое количество преимагинальных фаз (личинок и нимф) орибатид – 121 экз. со средней плотностью населения 4840 экз./м², которые благополучно перенесли зиму благодаря наличию лесной подстилки. В целом в ольшанике учтено 458 экз. орибатид с высокой средней плотностью населения 18320 экз./м². Орибатиды, как доминирующая группа среди почвенного населения, составили 30,59%. В ольшанике обнаружены 11 видов панцирных клещей, которые не встречались в других исследуемых биотопах РЛП "Донецкий Кряж" (см. табл. 1).

Кроме орибатид собрано 1497 других почвенных обитателей (плотность – 59880 экз./м²). Преобладали свободноживущие гамазовые клещи – 9,91%, гипопусы акароидных клещей – 7,51%, сборная группа акариформных клещей – 18,96% и коллемболы – 57,07%. Часто встречались акароидные клещи. Остальные представители (почвенные нематоды, олигохеты, краснотелковые и уроподовые клещи, многоножки, трипсы, муравьи, сеноеды, жуки и личинки насекомых) встречались в небольших количествах (см. табл. 1).

Таблица 1

**Распределение панцирных клещей и других почвообитателей по биотопам в условиях
РЛП "Донецкий кряж" (март 2008 г.)**

Вид	Ольшан- ник	Поймен- ный лес	Поймен- ный луг	Степь	Сосновый лес	Всего
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudms)	13/3,86	1/0,24	-	-	-	14/1,56
<i>Sphaerochthonius splendidus</i> (Berl.)	1/0,30	-	-	-	-	1/0,11
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	18/5,34	1/0,24	-	-	-	19/2,12
<i>Brachichthonius berlessei</i> Will.	1/0,30	14/3,37	-	1/1,23	-	16/1,79
<i>B. immaculatus</i> Forssl.	27/8,01	11/2,65	-	-	3/27,28	41/4,58
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	9/2,67	-	1/1,22	-	-	10/1,12
<i>L. lapponicus</i> (Trag.)	1/0,30	-	-	-	1/9,09	2/0,22
<i>Eulohmannia ribagai</i> Berl.	-	-	1/0,24	-	-	1/0,11
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	1/0,30	2/0,48	-	-	-	3/0,33
<i>Camissia horrida</i> (Herm.)	-	2/0,48	-	-	-	2/0,22
<i>Hermanniella punctulata</i> (Nic.)*	2/0,59	-	-	-	-	2/0,22
<i>H. serrata</i> Sitnikova	2/0,59	13/3,13	-	-	-	15/1,67
<i>Allodamaeus femoratus</i> (Koch)	-	2/0,48	-	-	-	2/0,22
<i>A. starki</i> B.-Z.	3/0,89	10/2,41	-	-	-	13/1,45
<i>Licnobelba alestensis</i> Gr.	31/9,20	63/15,18	-	-	-	94/10,49
<i>Epidamaeus longisetosus</i> (Will.)	1/0,30	-	-	-	-	1/0,11
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	-	15/3,62	-	-	-	15/1,67
<i>M. papillipes</i> (Nic.)	-	7/1,69	-	-	-	7/0,78
<i>Fosseremaeus laciniatus</i> (Berl.)	9/2,67	14/3,37	-	-	-	23/2,57
<i>Microzetorcheses emeryi</i> (Coggi)	3/0,89	-	-	-	2/18,18	5/0,56
<i>Dorycranosus punctulatus</i> (Mih.)	-	1/0,24	-	-	-	1/0,11
<i>D. moraviacus</i> (Will.)	-	4/0,96	-	-	-	4/0,45
<i>Tectocephus velatus</i> Mich.*	-	1/0,24	-	4/4,94	2/18,18	7/0,78
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz	14/4,15	16/3,86	-	-	-	30/3,35
<i>S. latirostris</i> (Forsslund)	23/6,82	2/0,48	-	-	-	25/2,80
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	17/5,05	-	-	-	1/9,09	18/2,01
<i>Epimerella smirnovi var longisetosa</i> Kul.	1/0,30	-	-	-	-	1/0,11
<i>Microppia minus</i> (Paoli)	62/18,40	30/7,23	12/23,08	-	-	104/11,61
<i>M. minutissima</i> (Selln.)	1/0,30	-	-	-	-	1/0,11
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Mih.)	-	72/17,35	-	13/16,05	2/18,18	87/9,71
<i>R. mihelcici</i> (Perez-Inigo)	-	9/2,17	-	-	-	9/1,00
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	2/0,59	-	-	-	-	2/0,22
<i>Berniella bicarinata</i> (Paoli)	-	-	-	17/21,00	-	17/1,90
<i>Scutovertex serratus</i> Sitnikova	-	-	-	5/6,17	-	5/0,56
<i>Oribatula tibialis</i> Mich.	7/2,08	-	1/1,92	-	-	8/0,90
<i>O. pallida</i> Banks	5/1,48	-	-	-	-	5/0,56
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.)*	23/6,82	-	-	2/2,47	-	25/2,80
<i>Zygoribatula terricola v. d.</i> Hammen	-	-	34/65,39	-	-	34/3,79
<i>Schelorbates longus</i> Kul.	-	-	-	1/1,23	-	1/0,11
<i>Sch. laevigatus</i> (Koch)	-	-	-	11/13,58	-	11/1,23
<i>Liebstadia similis</i> (Mich.)*	-	-	2/3,85	-	-	2/0,22
<i>Protorbates capucinus</i> Berl.	5/1,48	28/6,75	-	-	-	33/3,68
<i>P. monodactylus</i> (Haller)	4/1,19	16/3,86	-	-	-	20/2,23
<i>Haplozetes vindobanensis</i> Will.	1/0,30	-	-	-	-	1/0,11
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	-	-	-	14/17,28	-	14/1,56
<i>C. mediocris</i> Berl.*	33/9,79	56/13,50	1/1,92	-	-	90/10,04
<i>Ceratozetella sellnicki</i> (Rajski)*	-	-	-	8/9,88	-	8/0,90
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	-	-	1/1,92	1/1,23	-	2/0,22
<i>Xiphobates spinosus</i> (Selln.)	2/0,59	-	-	-	-	2/0,22
<i>X. voigsti</i> (Oudms.)	3/0,89	20/4,82	-	-	-	23/2,57
<i>Eupelops acromios</i> (Herman)*	-	-	-	2/2,47	-	2/0,22
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	2/0,59	-	-	2/2,47	-	4/0,45
<i>Hoplophthiracarus pavidus</i> (Berl.)	2/0,59	-	-	-	-	2/0,22
<i>Phthiracarus globulus</i> (Koch)	4/1,19	-	-	-	-	4/0,45

Вид	Ольшан- ник	Поймен- ный лес	Поймен- ный луг	Степь	Сосновый лес	Всего
<i>Steganacarus magnus</i> (Nic.)	4/1,19	-	-	-	-	4/0,45
<i>S. carinatus</i> (Koch)	-	4/0,96	-	-	-	4/0,45
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	337	415	52	81	11	896
Количество проб	10	10	10	10	10	50
Количество на 1 пробу, экз.	33,7	41,5	5,2	8,1	1,1	17,92
Плотность, экз./м ²	13480	16600	2080	3240	440	7168
Количество видов	35	27	7	13	6	56
Доминирующих	8	5	2	6	6	4
Часто встречающихся	5	10	1	4	-	11
Редких	22	12	4	3	-	41
Количество преимагинальных фаз (личинки и нимфы) орибатид	121	135	9	21	2	288
Количество проб	10	10	10	10	10	50
Количество на 1 пробу, экз.	12,1	13,5	0,9	2,1	0,2	5,76
Плотность, экз./м ²	4840	5400	360	840	80	2304
Всего панцирных клещей, экз.	458	550	61	102	13	1184
Количество проб	10	10	10	10	10	50
Количество на 1 пробу, экз.	45,8	55,0	6,1	10,2	1,3	23,68
Плотность, экз./м ²	18320	22000	2440	4080	520	9472
Процентное отношение орибатид к общему числу почвообитателей	30,59	53,35	19,00	13,13	4,80	30,38
Кл. Nematoda	1/0,10	1/0,21	-	-	-	2/0,07
Кл. Oligochaeta	2/0,19	1/0,21	-	-	-	3/0,11
Кл. Arachnida, отр. Pseudoscorpiones	-	3/0,62	-	-	-	3/0,11
Отр. Parasitiformes, надсем. Gamasoidea	103/9,91	12/2,49	20/7,69	45/6,67	19/7,36	199/7,34
Надсем. Uropodinea	1/0,19	-	-	-	-	1/0,04
Отр. Acariformes, надсем. Acaroidea	28/2,69	5/1,04	76/29,23	-	21/8,14	130/4,79
Гипопусы	78/7,51	10/2,08	-	-	-	88/3,24
Сем. Trombiculidae	6/0,58	4/0,83	-	1/0,15	-	11/0,41
Прочие сем. отр. Acariformes	197/18,96	103/24,41	108/41,54	403/59,70	189/73,26	1000/36,86
Кл. Muriaropoda, подкл. Chilopoda	12/1,15	2/0,42	-	7/1,04	12/4,65	33/1,22
Подкл. Diplopoda	-	1/0,21	-	-	-	1/0,04
<i>Polychena lagurus</i>	1/0,10	23/4,78	-	-	-	24/0,88
Кл. Insecta, отр. Podura	593/57,07	297/61,74	53/20,38	214/31,70	16/6,20	1173/43,24
Отр. Psocoptera	1/0,10	1/0,21	-	-	-	2/0,07
Отр. Homoptera, подотр. Aphidinea	-	8/1,66	1/0,39	1/0,15	-	10/0,37
Отр. Thysanoptera	3/0,29	1/0,21	-	4/0,59	-	8/0,29
Отр. Hemiptera	-	6/1,25	-	-	-	6/0,22
Отр. Hymenoptera, надсем. Formicoidea	2/0,19	-	-	-	1/0,39	3/0,11
Отр. Coleoptera	2/0,19	2/0,42	-	-	-	4/0,15
Личинки насекомых	9/0,87	1/0,21	2/0,77	-	-	12/0,44
Всего других почвообитателей, экз.	1039	481	260	675	258	2713
Количество проб	10	10	10	10	10	50
Количество на 1 пробу, экз.	103,9	48,1	26,0	67,5	25,8	54,26
Плотность, экз./м ²	41560	19240	10400	27000	10320	21704
Процентное отношение к общему числу почвообитателей	69,41	46,65	81,00	86,87	95,20	69,62
Всего почвообитателей (экз.)	1497	1031	321	777	271	3897
Количество проб	10	10	10	10	10	50
Количество на 1 пробу, экз.	149,7	103,1	32,1	77,7	27,1	77,94
Средняя плотность почвенного населения, экз./м ²	59880	41240	12840	31080	10840	31176

Примечания:

- * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
- в числителе – численность (экз.), в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

Пойменный лес р. Савостьянка состоит, в основном, из лиственных пород деревьев дуба, клена, ясеня и кустарников. В лесу развита подстилка, сохраняющая влагу верхнего слоя почвы, что создает благоприятные микроклиматические условия для почвенного населения. Об этом свидетельствует максимальное количество имагинальных фаз панцирных клещей – 415 экз., плотность – 16600 экз./м². Видовой состав в 1,3 раза меньше, чем в ольшанике (27 видов). Доминировали *Licnobelba alestensis* Gr. – 15,18% (доминант ольшаника, в остальных трех биотопах не обнаружен); *Microppia minus* (Paoli) – 7,23% (доминант ольшаника и пойменного луга, в степи и сосновом лесу не встречался); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 17,35% (доминант степи и соснового леса, в ольшанике и пойменном лугу не обнаружен); *Protoribates capucinus* Berl. – 6,75% (редок в ольшанике, в остальных 3-х биотопах отсутствовал); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 13,50% (доминант ольшаника, редок на пойменном лугу, не найден в степи и сосновом лесу). Часто встречались 10 и редко 12 видов (см. табл. 1). В пойменном лесу обнаружены 9 видов, которые не встречались в остальных биотопах окр. с. Петровское: *Eulomannia ribagai* Berl., *Camisia horrida* Herm., *Allodamaeus femoratus* (Koch), *Metabelba pulverulenta* (Koch), *M. papillipes* (Nic.), *Dorycranosus punctulatus* (Mich.), *D. moraviacus* (Will.), *Ramusella mihelcici* (Peres-Inigo), *Steganacarus carinatus* (Koch).

В пойменном лесу 15 видов яйцекладущих самок содержали от 1 до 6 яиц: *Hypochothonius l. luteus* Oudms. – 1 ♀ – 1 яйцо; *Brachychthonius berlesii* Will. – 2 ♀♀ – по 1 яйцу; *Nothrus biciliatus* Koch – 1 ♀ – 3 яйца, 1 ♀ – 4 яйца; *Hermannella serrata* Sitnikova – 4 ♀♀ – по 2 яйца, 2 ♀♀ – по 4 яйца и 1 ♀ – 1 яйцо; *Licnobelba alestensis* Gr. – 1 ♀ – 1 яйцо; *Metabelba pulverulenta* (Koch) – 1 ♀ – 4 яйца; *M. papillipes* – 1 ♀ – 2 яйца; *Dorycranosus moraviacus* (Will.) – 1 ♀ – 2 яйца; *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 2 ♀♀ – по 1 яйцу; *Protoribates capucinus* Berl. – 1 ♀ – 3; 8 ♀♀ – по 4; 6 ♀♀ – по 2 яйца; *P. monodactylus* (Haller) – 3 ♀♀ – 1, 3, 5; 3 ♀♀ – по 2; 4 ♀♀ – по 4 яйца; *Ceratozetes mediocris* Berl. – 1 ♀ – 1 яйцо; 5 ♀♀ – по 2 яйца; 5 ♀♀ – по 4 яйца и 5 ♀♀ – по 6 яиц; *Xiphoides voigsti* (Oudms.) – 3 ♀♀ – по 1 яйцу; *Steganacarus carinatus* (Koch) – 1 ♀ – 1 яйцо. Общих с ольшаником яйцекладущих видов самок – 8. Большое количество яйцекладущих самок панцирных клещей связано с весенним пиком репродуктивной деятельности и характерно для лесных биотопов в условиях степной зоны. Также здесь отмечена высокая численность личинок и нимф орибатид – 135 экз., плотность – 5400 экз./м², что обуславливает высокую общую численность орибатид. Всего учтено 550 экз. с максимально средней плотностью населения 22000 экз./м², что составило 53,55% от общего числа учтенных почвообитателей. Весенние пики численности панцирных клещей в целом характерны для степной зоны [5-7].

Других почвенных обитателей собрано в 2 раза меньше, чем в ольшанике – 481 экз. (46,65%), плотность – 19240 экз./м². Среди них доминировали коллемболы – 61,74% и сборная группа акариформных клещей – 21,40%. Часто встречались гамазовые клещи (2,49%), гипопусы акариформных клещей (2,08%), из многоножек – *Polyxena lagurus* (4,78%). Остальные представители (почвенные нематоды, олигохеты, ложные скорпионы, акариформные и краснотелковые клещи, губоногие, кивсяки, корневая тля, трипсы, клопы, сеноеды, жуки и личинки насекомых) эдафона были малочисленны. Всего педобионтов учтено 1031 экз., плотность – 41240 экз./м² (см. табл. 1). Таким образом, доминирующее положение по численности в пойменном лесу принадлежит панцирным клещам, хотя по видовому богатству они уступают ольшанику, где, очевидно, условия для жизнедеятельности отдельных видов клещей более благоприятны.

Пойменный луг р. Савостьянка расположен в окр. с. Петровское. Весной и осенью исследуемый участок затопливается водой, в летний период верхний слой почвы сухой, что резко сказывается на численности почвенного населения. Почва плотная, солонцеватая. Из растительности преобладают злаковые растения. На участке заливного пойменного луга собран минимум взрослых панцирных клещей – 52 экз., плотность 2080 экз./м². Видовое богатство также минимально – всего 7 видов. Личинок и нимф панцирных клещей обнаружено 9 экз. (плотность населения – 360 экз./м²). Всего учтено 61 экз. (19%) панцирных клещей, плотность – 2440 экз./м². Доминировали 2 вида: *Microppia minus* (Paoli) – 23,08%

(доминант ольшаника и пойменного леса) и *Zygoribatula terricola* v. d. Hammen – 65,39% (приурочен только к луговому биотопу, в остальных биотопах окр. с. Петровское и балки Водяной не обнаружен). Часто встречался 1 и редко 4 вида (см. табл. 1). Низкая численность и небольшой видовой состав панцирных клещей обусловлены экстремальными эдафическими условиями в открытом биотопе. На лугу обнаружены 2 вида, которые не встречались в других биотопах: *Liebstadia similis* (Mich.) и *Zygoribatula terricola* v. d. Hammen (34 экз., из них 7 ♀♀ содержали по 6 яиц, 3 ♀♀ – по 5 яиц и 1 ♀ – 4 яйца). Других почвообитателей собрано минимальное количество – 260 экз. (81%), плотность – 10400 экз./м². Всего почвенного населения учтено 321 экз., средняя плотность – 12840 экз./м². Доминировали гамазовые (7,69%) и акароидные клещи (29,23%), сборная группа акариформных клещей (41,54%) и коллемболы (20,38%). Единично встречались корневая тля и личинки насекомых (см. табл. 1).

Участок петрофитной степи с редкой растительностью (в основном типчак) расположен в окр. с. Петровское. На данном участке собрано небольшое количество взрослых панцирных клещей – 81 экз., плотность – 3240 экз./м² с небольшим видовым богатством – 13. Личинок и нимф также собрано небольшое количество (21 экз.), плотность – 840 экз./м². Всего собрано 102 экз. орибатид (13,13% от общего количества учтенных почвообитателей). Небольшой видовой состав и низкая численность панцирных клещей в целом характерны для верхних слоев почвы степной зоны [5, 6]. На степном участке орибатид собрано в 4,5 – 5,4 раза меньше, чем в закрытых биотопах лесного характера (ольшаник, пойменный лес) и в 1,7 – 1,8 раза больше, чем на заливном лугу и сосновом лесу. Видовой состав в 2,7 – 2 раза меньше, чем в ольшанике и пойменном лугу и 1,8 – 2,2 раза больше, чем на пойменном лугу и сосновом лесу (см. табл. 1). Доминировали 6 видов: *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 16,05% (доминант пойменного леса, часто встречаемый вид в сосновом лесу, в остальных биотопах не обнаружен); *Berniniella bicarinata* (Paoli) – 21,00%, *Scutovertex serratus* Sitnicova – 6,17%, *Scheloribates laevigatus* (Koch) – 13,58%, *Ceratozetes minutissimus* Will. – 17,28%, *C. sellnicki* (Rajski) – 9,88% (степные виды, в остальных биотопах не отмечены). Часто встречались 4 и редко 3 вида (см. табл. 1). Только на степном участке обнаружены 7 видов, которые не встречались в остальных биотопах окр. с. Петровское: *Berniniella bicarinata* (Paoli), *Scutovertex serratus* Sitn., *Scheloribates longus* Kul., *Sch. laevigatus* (Koch), *Ceratozetes minutissimus* Will., *C. sellnicki* (Rajski), *Eupelops acromios* (Herm.). Отмечены 9 видов яйцекладущих самок: *Brachychthonius berlesei* Will. – 1 ♀ – 1 яйцо; *Tectocephus velatus* Mich. – 3 ♀♀ – по 2 яйца; 1 ♀ – 1 яйцо; *Scutovertex serratus* Sitnikova – 1 ♀ – 4 яйца; *Zygoribatula frisiae* (Oudms.) – 1 ♀ – 6 яиц; *Scheloribates laevigatus* (Koch) – 2 ♀♀ – 4 и 2 яйца; *Ceratozetes minutissimus* Will. – 4 ♀♀ – по 1 яйцу; 2 ♀♀ – по 2 яйца; *C. sellnicki* (Rajski) – 4 ♀♀ – по 2; 3 ♀♀ – по 1 яйцу; *Eupelops acromios* (Herman) – 1 ♀ – 2 яйца; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 1 ♀ – 2 яйца.

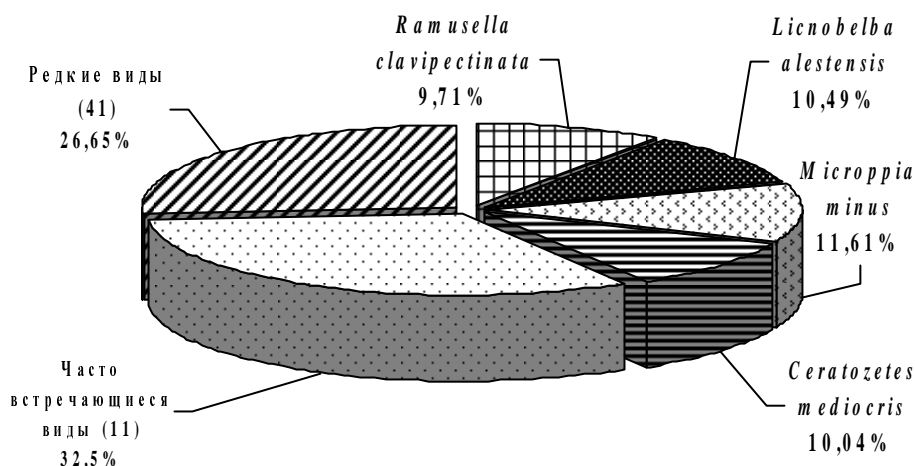
Других почвенных членистоногих собрано 675 экз. (86,87%), плотность населения – 27000 экз./м². Всего было собрано 777 экз. почвенных обитателей (плотность – 31080 экз./м²), что в 1,9 – 1,3 раза меньше, чем в ольшанике и пойменном лесу и в 2,4 – 2,9 раза больше, чем на пойменном лугу и сосновом лесу, что, очевидно, связано с затоплением ливневыми водами луга и летним пожаром в сосновом лесу. Доминировали гамазовые клещи (6,67%), сборная группа акариформных клещей (59,70%), из насекомых – ногохвостки (31,70%). Остальные представители (краснотелковые клещи, губоногие, корневая тля, трипсы) были малочисленны (см. табл. 1).

Сосновый лес (сосна обыкновенная) искусственного происхождения в летний период сильно обгорел вследствие лесного пожара. Лесная подстилка выгорела. В образцах почвы под бинокуляром видны мелкие частицы обугленной древесины, вследствие чего в этом биотопе обнаружен минимум взрослых форм панцирных клещей – всего 11 экз. (6 видов), с минимальной плотностью – 440 экз./м², что в 30,6 – 37,7 – 4,7 – 7,4 раза меньше, чем, соответственно, в ольшанике, пойменном лесу, на пойменном лугу и степном участке. Нимфальных фаз обнаружено всего 2 экз., плотность – 80 экз./м². Всего отмечено 13 экз.

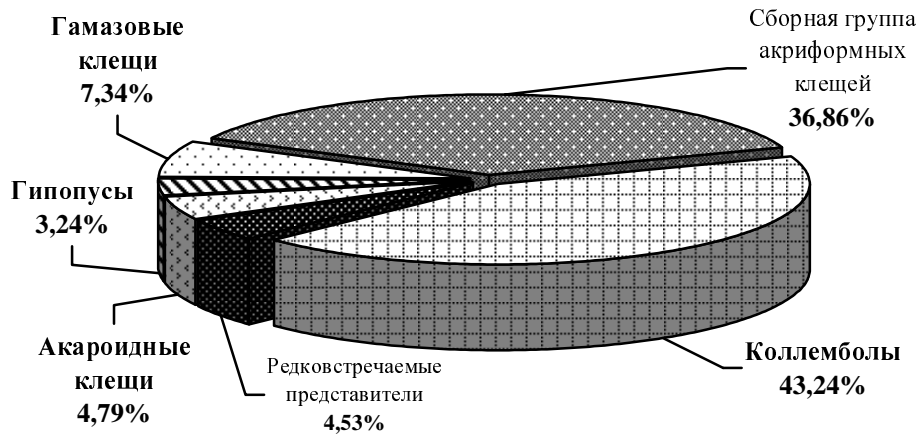
орибатид, плотность – 520 экз./м², что составило 4,80% от общего количества учтенных почвенных обитателей соснового леса. Яйцекладущие самки не обнаружены. Других почвенных обитателей учтено также минимальное количество – 258 экз. (95,20%), плотность – 10320 экз./м². Доминировали гемазовые клещи (7,36%), сборная группа акариформных клещей (73,26%) и коллемболы (6,20%). Часто встречались губоногие, редко – муравьи. Всего в сосновом лесу учтено 271 экз. почвенных обитателей, с низкой плотностью населения – 10840 экз./м². Таким образом, количественные показатели четко отражают негативное влияние антропогенного пресса на почвенную мезофауну.

Всего на исследуемой территории РЛП "Донецкий Кряж" в пяти биотопах из 50 проб извлечено 896 экз. взрослых форм орибатид со средней плотностью населения 7168 экз./м². Личинок и нимф панцирных клещей собрано 288 экз., плотность – 2304 экз./м². Всего учтено 1184 экз. (30,38%) панцирных клещей, плотность – 9472 экз./м². Определено 56 видов панцирных клещей, относящихся к 38 родам и 28 семействам. Из них 7 видов могут принимать участие в цикле развития ленточных червей – аноплоцефалид. Два вида (*Eulohmannia ribagai* Berl., *Epidamaeus longisetosus* Gr.) впервые отмечены для фауны Донбасса. К доминирующим отнесены 4 вида: *Licnobelba alestensis* Gr. – 10,49% (доминант ольшаника и пойменного леса, в остальных трех биотопах окр. с. Петровское не встречался); *Micropopia minus* (Paoli) – 11,61% (доминант ольшаника, пойменного леса и луга, отсутствовал в степи и сосновом лесу (с. Петровское), доминант в куртине сосны обыкновенной, редок в степи и дубраве (балка Водяная, урочище Лиманный Яр); *Ramusella clavipectinata* (Mih.) – 9,71% (доминант пойменного и соснового леса, степного участка (с. Петровское), доминант дубравы, байрачного леса, куртины сосны обыкновенной, редок на степном участке (балка Водяная, урочище Лиманный Яр); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 10,04% (доминант ольшаника и пойменного леса, редок на пойменном лугу (с. Петровское); доминант дубравы и байрачного леса, редок в куртине сосны обыкновенной, в степи отсутствовал (балка Водяная, урочище Лиманный Яр). Часто встречались 11 и редко 41 вид орибатид. Доминирующие виды панцирных клещей в каждом биотопе характеризуются определенным количественным составом в зависимости от условий обитания (см. табл. 1, рис. 1, 2).

В пяти исследуемых биотопах учтено 2713 экз. (69,62%) других почвообитателей, плотность населения которых составила 21704 экз./м². Всего почвенного населения отмечено 3897 экз., плотность – 31176 экз./м². Доминировали гемазовые клещи (7,34%), сборная группа акариформных клещей (36,86%) и коллемболы (43,24%), численность которых варьирует в разных биотопах. Остальные представители (почвенные нематоды, олигохеты, ложные скорпионы, уроподовые и краснотелковые клещи, губоногие, кивсяки, *Polixena laguris*, корневая тля, трипсы, клопы, сеноеды, муравьи, жуки и личинки насекомых) встречались в небольших количествах (см. табл. 1, рис. 1, 3).



А



Б

Рис. 1. Распределение панцирных клещей (А) и других почвообитателей (Б) РЛП "Донецкий кряж" (март, 2008 г.)

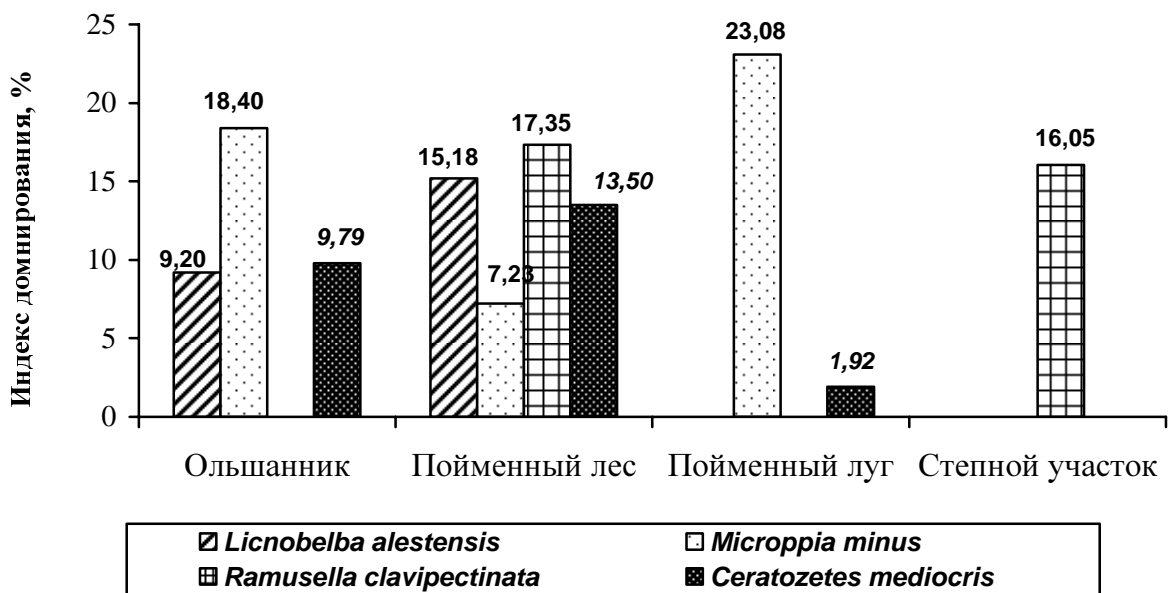


Рис. 2. Доминирующие виды панцирных клещей РЛП "Донецкий кряж" (март, 2008 г.)

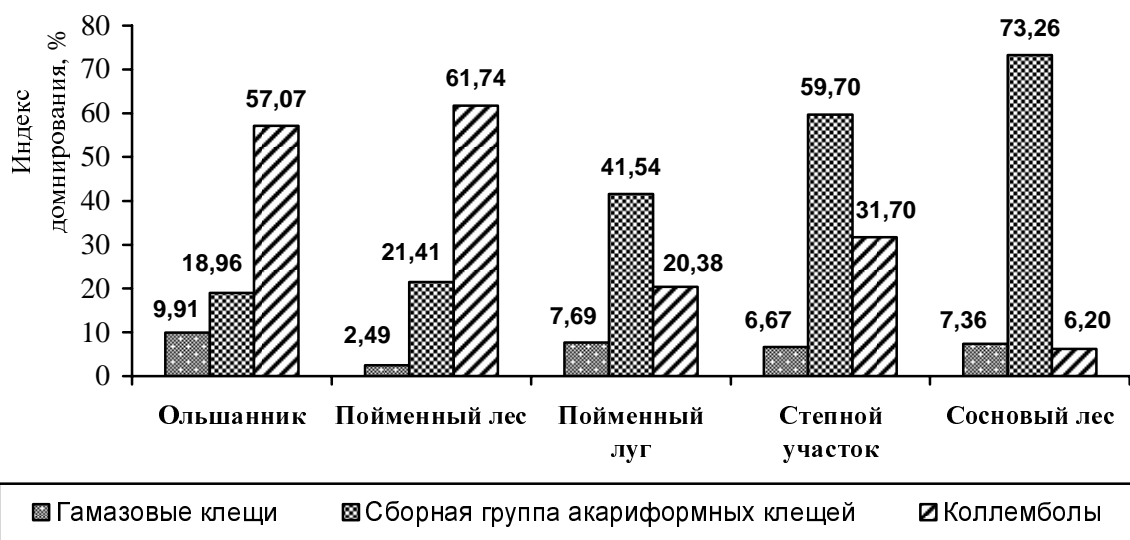


Рис. 3. Доминирующие группы почвенных членистоногих РЛП "Донецкий кряж" (март, 2008 г.)

Участок, отводимый под заповедание, Амвросиевского района Донецкой области

В дубраве балки Водяной (дуб черешчатый искусственного происхождения) собрано максимальное количество взрослых форм панцирных клещей – 549 экз., плотность – 21960 экз./м², личинок и нимф – 199 экз., плотность – 7960 экз./м². Всего обнаружено 748 экз. панцирных клещей, плотность – 29920 экз./м². Отмечено максимальное видовое богатство – 43 вида, что значительно превышает видовой спектр других исследуемых биотопов: в 1,5 – 1,6 – 2,01 раза больше, чем в байрачном лесу, куртине сосны обыкновенной и на степном участке (балка Водяная, урочище Лиманный Яр) и в 1,2 – 1,6 – 6,1 – 3,3 – 7,2 раза больше, чем в ольшанике, пойменном лесу и на лугу, степном участке и в сосновом лесу (с. Петровское). Доминировали 7 видов: *Suctobelbella latirostris* (Forssl.) – 6,01%; *S. alloenasuta* Moritz – 5,47% (часто встречаемые виды в куртине сосны обыкновенной, редкие – в байрачном лесу, в степи не обнаружены); *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 12,02% (доминант байрачного леса, куртины сосны, редок в степи); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 18,94% (доминант байрачного леса, редок в куртине сосны, в степи не обнаружен); *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 5,83%; *X. kievinensis* (Schald.) – 6,00% (доминанты байрачного леса, в остальных биотопах не встречались); *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 6,74% (доминант куртины сосны, часто встречаемый вид в байрачном лесу и степи). Часто встречались 7 и редко 29 видов (табл. 2). Из 43 обнаруженных видов 13 найдены только в дубраве: *Hypochothionius l. luteus* Oudms, *Hermanniella punctulata* Berl., *H. dolosa* Gr., *Eremaeus silvestris* Forssl., *Ctenobelba pilosella* Jeleva, *Birsteinus clavatus* (Coggi), *Dorycranosus splendens* (Coggi), *Quadroppia quadricarinata* (Mich.), *Epimerella var longisetosa* Kul., *Lauropia maritima* (Will.), *Medioppia obsoleta* (Paoli), *Xiphobates spinosus* (Selln.), *Steganacarus carinatus* (Koch). Эти виды поддерживают стабильность орибатидоценоза в искусственных лесонасаждениях степной зоны. В дубраве отмечены 15 видов самок, содержащих в теле от 1 до 5 яиц: *H. l. luteus* Oudms. – 4 ♀♀ – по 1 яйцу; *Hypochothionella minutissima* (Berl.) – 1 ♀ – 1 яйцо; *Hermanniella punctulata* Berl. – 5 ♀♀ – по 2 яйца; *H. dolosa* Gr. – 1 ♀ – 1 яйцо; *Metabelba pulverulenta* (Koch) – 3 ♀♀ – по 2; 1 ♀ – 1 яйцо; *M. papillipes* (Nic.) – 3 ♀♀ – по 3; 1 ♀ – 4 яйца; *Quadroppia quadricarinata* (Mich.) – 1 ♀ – 1 яйцо; *Scheloribates latipes* (Koch) – 2 ♀♀ – 4 и 2 яйца; *Ceratozetes mediocris* Berl. – 3 ♀♀ – по 1 яйцу; 7 ♀♀ – по 2; 4 ♀♀ – по 3; 19 ♀♀ – по 4; 1 ♀ – 5 яиц; *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 1 ♀ – 4 и 2 ♀♀ – по 2 яйца; *X. kievinensis* (Schald.) – 7 ♀♀ – по 2; 1 ♀ – 4; 3 ♀♀ – по 1 яйцу; *Galumna lanceata* (Oudms.) – 1 ♀ – 1 яйцо; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 4 ♀♀ – по 4; 1 ♀ – 2; 1 ♀ – 1 яйцо; *Euphthiracarus cribrarius* (Berl.) – 1 ♀ – 3 яйца. Подобная репродуктивная деятельность самок связана с весенним повышением численности панцирных клещей в условиях такого закрытого биотопа, как дубрава.

В дубраве также отмечено 14 групп других почвенных обитателей с общей численностью 451 экз. (37,61%), плотность населения которых составила 18040 экз./м², что в 1,8 – 3,05 раза больше, чем в байрачном лесу и на степном участке и в 1,2 раза меньше, чем в куртине сосны обыкновенной. Всего почвенного населения учтено 1199 экз., плотность – 47960 экз./м², что в 1,2 – 1,5 – 2,7 раза больше, чем в байрачном лесу, в куртине сосны и на степном участке. Это свидетельствует о том, что дубовые насаждения в степи способствуют формированию степной и лесной фауны почвенного зооценоза. Доминировали акароидные клещи (11,97%) и их гипопусы (6,21%), сборная группа акарифформных клещей (29,05%), из многоножек – *Polixenus lagurus* (7,76%), коллемболы (28,82%) и корневая тля (9,76%). Часто встречались гамазовые клещи. Остальные представители (почвенные нематоды, ложные скорпионы, краснотелковые клещи, двухвостки, муравьи, двукрылые и личинки насекомых) найдены в небольших количествах (см. табл. 2).

Таблица 2

Биотопическое распределение панцирных клещей и других почвообитателей участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района (май 2008 г.)

Вид	Дубрава	Байрачный лес	Сосновый лес	Степной участок	Всего
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> (Oudms.)	19/3,46	-	-	-	19/1,41
<i>Sphaerochthonius splendidus</i> (Berl.)	-	-	-	15/10,34	15/1,12
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	8/1,46	19/3,88	-	-	27/2,01
<i>Cosmochthonius lanatus</i> Mich.	-	-	-	3/2,07	3/0,22
<i>C. emmae</i> Berl.	-	-	-	5/3,45	5/0,37
<i>Brachichthonius cricoides</i> Weis-Fogh.	2/0,36	3/0,61	-	-	5/0,37
<i>B. berlessei</i> Will.	-	-	2/1,24	2/1,38	4/0,30
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	-	-	10/6,21	-	10/0,74
<i>L. lapponicus</i> (Trag.)	3/0,55	2/0,41	10/6,21	-	15/1,12
<i>Nothrus biciliatus</i> Koch	-	-	4/2,49	-	4/0,30
<i>Camisia horrida</i> (Herm.)	2/0,36	-	3/1,86	-	5/0,37
<i>Hermanniella punctulata</i> Berl.	20/3,62	-	-	-	20/1,50
<i>H. serrata</i> Sitnikova	1/0,18	5/1,02	-	-	6/0,45
<i>H. dolosa</i> Grandjean	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Liodes theleproctus</i> (Herm.)	3/0,55	-	-	8/5,52	11/0,82
<i>Allodamaeus femoratus</i> (Koch)	-	-	-	3/2,07	3/0,22
<i>Gymnodamaeus austriacus</i> Will.	-	-	-	2/1,38	2/0,15
<i>Licnodamaeus undulatus</i> (Paoli)	7/1,28	3/0,61	-	-	10/0,74
<i>Belba dubinini</i> B.-Z.	-	-	1/0,62	-	1/0,07
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	18/3,28	21/4,28	4/2,49	-	43/3,20
<i>M. papillipes</i> (Nic.)	18/3,28	20/4,08	3/1,86	-	41/3,05
<i>M. rara</i> B.-Z.	1/0,18	2/0,41	-	-	3/0,22
<i>Nellacarus caucasicus</i> D. Kriv.	-	-	1/0,62	-	1/0,07
<i>Eremaeus silvestris</i> Forssl.	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Ctenobelba pilosella</i> Jeleva	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Microzetorches emeryi</i> (Coggi)	-	-	2/1,24	-	2/0,15
<i>Birsteinus clavatus</i> D. Kriv.	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi)	2/0,36	-	-	-	2/0,15
<i>Tectocepheus velatus</i> Mich.*	1/0,18	-	6/3,73	6/4,14	13/0,97
<i>Suctobelbella alloenasuta</i> Moritz	30/5,47	6/1,22	8/4,97	-	44/3,27
<i>S. latirostris</i> (Forsslund)	33/6,01	3/0,61	8/4,97	-	44/3,27
<i>S. subtrigona</i> (Oudms.)	7/1,28	4/0,82	9/5,59	-	20/1,50
<i>S. perpendiculata</i> (Forssl.)	-	1/0,20	4/2,49	-	5/0,37
<i>Multioppia glabra</i> Mih.	13/2,37	38/7,76	-	-	51/3,80
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Mich.)	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	6/1,10	2/0,41	34/21,12	-	42/3,12
<i>Epimerella smirnovi var longisetosa</i> Kul.	1/0,18	-	-	-	1/0,07
<i>Lauroppia maritima</i> (Will.)	2/0,36	-	-	-	2/0,15
<i>Ramusella clavipectinata</i> (Mih.)	66/12,02	43/8,78	10/6,21	1/0,69	120/8,92
<i>R. mihelcici</i> (Perez-Inigo)	3/0,55	-	2/0,41	-	7/0,52
<i>Micropia minus</i> (Paoli)	1/0,18	-	10/6,21	1/0,69	12/0,89
<i>Oppia fixa</i> Mich.	-	-	2/1,24	-	2/0,15
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	7/1,28	-	-	-	7/0,52
<i>Simkina tianschanica</i> D. Kriv	-	-	-	1/0,69	1/0,07
<i>Zygoribatula exarata</i> Berl.	-	-	1/0,62	59/40,69	60/4,46
<i>Scheloribates latipes</i> (Koch)*	16/2,91	32/6,53	1/0,62	2/1,38	51/3,80
<i>Sch. laevigatus</i> (Koch)	4/0,73	19/3,88	2/1,24	10/6,89	35/2,60
<i>Peloribates europaeus</i> Will.	-	-	-	7/4,82	7/0,52
<i>P. pilosus</i> Hammer	-	-	2/1,24	-	2/0,15
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	5/0,91	3/0,61	-	2/1,38	10/0,74
<i>P. monodactylus</i> (Haller)	6/1,10	2/0,41	-	1/0,69	9/0,67
<i>P. novus</i> Will.	-	-	-	8/5,52	8/0,60
<i>P. longior</i> Berl.	-	-	-	2/1,38	2/0,15
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (Koch) *	1/0,18	-	-	4/2,76	5/0,37

Вид	Дубрава	Байрачный лес	Сосновый лес	Степной участок	Всего
<i>Ceratozetes mediocris</i> Berl.*	104/18,94	90/18,37	2/1,24	-	196-14,57
<i>C. sellniski</i> (Rajski) *	-	3/0,61	-	-	3/0,22
<i>Xiphobates voigsti</i> (Oudms.)	32/5,83	85/17,35	-	-	117/8,70
<i>X. kievinensis</i> (Schald.)	33/6,01	51/10,41	-	-	84/6,25
<i>X. spinosus</i> (Selln.)	6/1,10	-	-	-	6/0,45
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	13/2,37	6/1,22	5/3,11	-	24/1,78
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	37/6,74	19/3,88	15/9,32	3/2,07	74/5,50
<i>Phthiracarus globosus</i> (Koch)	-	3/0,61	-	-	3/0,22
<i>Steganacarus carinatus</i> (Koch)	7/1,28	2/0,41	-	-	9/0,67
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	6/1,10	1/0,20	-	-	7/0,52
Всего панцирных клещей (имаго), экз.	549	490	161	145	1345
Количество проб	10	10	10	10	40
Количество на 1 пробу, экз.	54,9	49,0	16,1	14,5	33,625
Плотность, экз./м ²	21960	19600	6440	5800	13450
Количество видов	43	29	27	21	64
Доминирующих	7	6	7	5	5
Часто встречающихся	7	4	7	7	10
Редких	29	19	13	9	49
Количество преимагинальных фаз (личинки и нимфы) орибатид	199	269	78	149	695
Количество на 1 пробу, экз.	19,9	26,9	7,8	14,9	17,375
Плотность, экз./м ²	7960	10760	3120	5960	6950
Всего панцирных клещей, экз.	748	759	239	294	2040
Количество проб	10	10	10	10	40
Количество на 1 пробу, экз.	74,8	75,9	23,9	29,4	51,00
Плотность, экз./м ²	29920	30360	9560	11760	20400
Процентное отношение орибатид к общему числу почвообитателей	62,39	75,45	29,88	66,52	59,18
Кл. Nematoda	11/0,22	-	-	-	1/0,07
Кл. Arachnida, отр. Pseudoscorpiones	3/0,67	1/0,41	-	-	4/0,28
Отр. Aranei	-	1/0,41	-	-	1/0,07
Отр. Parasitiformes, надсем. Gamasoidea	15/3,32	14/5,66	72/12,83	10/6,75	111/7,89
Отр. Acariformes, надсем. Acaroidea	54/11,97	1/0,41	1/0,18	-	56/3,98
Гипопусы	28/6,21	-	12/2,14	-	40/1,84
сем. Trombiculidae	3/0,67	-	-	-	3/0,21
Прочие сем. отр. Acariformes	131/29,05	75/30,36	271/48,31	134/90,54	611/43,43
Кл. Muriaroda, подкл. Diplopoda, <i>Polyxenus lagurus</i>	35/7,76	-	-	-	35/2,49
Кл. Insecta, отр. Podura	130/28,82	109/44,13	199/35,47	-	438/31,13
Отр. Diplura	1/0,22	-	3/0,53	-	4/0,28
Отр. Psocoptera	-	-	-	1/0,68	1/0,07
Отр. Homoptera, подотр. Aphidinea	44/9,76	1/0,41	-	1/0,68	46/3,27
Отр. Diptera	1/0,22	35/14,17	-	-	36/2,57
Отр. Hymenoptera, надсем. Formicoidea	1/0,22	-	1/0,18	-	2/0,14
Отр. Coleoptera	-	-	1/0,18	-	1/0,07
Личинки насекомых	4/0,89	10/4,04	1/0,18	2/1,35	17/1,21
Всего других почвообитателей, экз.	451	247	561	148	1407
Количество проб	10	10	10	10	40
Количество на 1 пробу, экз.	45,1	24,7	56,1	14,8	35,175
Плотность, экз./м ²	18040	9880	22440	5920	14070
% к общему числу почвообитателей	37,61	24,55	70,12	33,48	40,82
Всего почвообитателей (экз.)	1199	1006	800	442	3447
Количество проб	10	10	10	10	40
Количество на 1 пробу, экз.	119,9	100,6	80,0	44,2	86,175
Средняя плотность почвенного населения, экз./м ²	47960	40240	32000	17680	34470

Примечания:

- * – виды, принимающие участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae;
- в числителе – численность (экз.), в знаменателе – индекс доминирования в процентах.

В байрачном лесу балки Водяной с преобладанием дуба обыкновенного, клена полевого, шиповника и редкой травянистой растительностью на склонах поверхностный слой почвы в теплый период года сухой. Растительная подстилка незначительная. Здесь собрано 490 экз. взрослых панцирных клещей, плотность населения – 19600 экз./м², преимагинальных фаз – 269 экз., плотность – 10760 экз./м². Всего учтено 759 экз. (75,45%) панцирных клещей, это максимальное количество среди исследуемых биотопов балки (плотность – 30360 экз./м²). Следует отметить, что их численность в дубраве и байрачном лесу примерно одинакова (748 – 759 экз.), а видовой состав в 1,5 раза меньше, чем в дубраве (29 – 43 вида), что, очевидно, зависит от рельефного расположения дубравы (на равнине) и байрака на склоне балки. В байрачном лесу доминировали 6 видов орибатид: *Multiopria glabra* Mih. – 7,76% (часто встречаемый вид в дубраве, в остальных биотопах не отмечен); *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 8,78% (доминант дубравы и куртины сосны обыкновенной, редок в степи); *Schelorbates latipes* (Koch) – 6,53% (часто встречаемый вид в дубраве, в остальных биотопах редок); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 18,37% (доминант дубравы, редок в куртине сосны, в степи не найден); *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 17,35%, *X. kievinensis* (Schald.) – 10,41% (доминанты дубравы, в остальных двух биотопах не обнаружены). Часто встречались 4 и редко 19 видов. Видовой состав панцирных клещей исследуемого биотопа сходен с дубравой, за исключением вида *Phthiracarus globosus* (Koch), что связано с близким расположением этих биотопов (см. табл. 2). У 11 видов отмечены яйцекладущие самки: *Hypochthoniella minutissima* (Berl.) – 4 ♀♀ – по 1 яйцу; *Hermannella serrata* Sitnikova – 2 ♀♀ – по 2 яйца; *Metabelba papillipes* (Nic.) – 2 ♀♀ – по 4 яйца; 2 ♀♀ – по 3; 3 ♀♀ – по 2; 1 ♀ – 1 яйцо; *Schelorbates latipes* (Koch) – 4 ♀♀ – по 4; 3 ♀♀ – по 3; 6 ♀♀ – по 2 яйца; *Sch. laevigatus* (Koch) – 1 ♀ – 2 яйца; *Protoribates capucinus* Berl. – 1 ♀ – 2 яйца; *P. monodactylus* (Haller) – 1 ♀ – 1 яйцо; *Ceratozetes mediocris* Berl. – 4 ♀♀ – по 4 яйца; 1 ♀ – 5 яиц; *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 7 ♀♀ – по 1 яйцу; *X. kievinensis* (Schald.) – 1 ♀ – 2 яйца; *Pilogalumna allifera* (Oudms) – 2 ♀♀ – по 4 яйца; 2 ♀♀ – 1 и 2 яйца.

В байрачном лесу также учтено 247 экз. (24,55%) других почвенных обитателей (плотность – 9880 экз./м²), что в 1,8 раза меньше, чем в дубраве. Всего почвенного населения отмечено 1006 экз. (плотность – 40240 экз./м²), что в 1,2 раза меньше, чем в дубраве. Доминировали гамазовые клещи (5,66%), акариформные клещи (30,36%), коллемболы (44,13%), двукрылые (14,17%). Часто встречались личинки насекомых, единично – ложные скорпионы, пауки, акароидные клещи, тли (см. табл. 2).

В куртине сосны обыкновенной, расположенной на окраине байрачного леса, собрано небольшое количество взрослых панцирных клещей – 161 экз., плотность – 6440 экз./м²; личинок и нимф – 78 экз., плотность – 3120 экз./м². Всего обнаружено 239 экз. (29,88%) орибатид, плотность – 9560 экз./м². При небольшом видовом богатстве панцирных клещей, видовой состав по количеству видов лишь немного уступает байрачному лесу – 27 видов. Из них 17 видов (43,58%) обнаружены и в байрачном лесу. Доминировали 7 видов: *Liochthonius alpestris* (Forssl.), *L. lapponicus* (Trag.) – по 6,21%; *Suctobelbella subtrigona* – 5,59%, *Oppiella nova* (Oudms.) – 21,12% (редкие виды в дубраве и байрачном лесу, не встречались в степи); *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 6,21% (доминант лесных биотопов, редок в степи); *Microppia minus* (Paoli) – 6,21% (редок в дубраве и степи, не обнаружен в байрачном лесу); *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 9,32% (доминант в дубраве, часто встречаемый вид в степи и в байраке). Под соснами обнаружено 7 видов, которые не встречались в трёх других биотопах: *Liochthonius alpestris*, *Nothrus biciliatus*, *Belba dubinini*, *Nellacarus caucasicus*, *Microzetorchestes emeryi*, *Oppia fixa*, *Peloribates pilosus* (см. табл. 2). Отмечено 3 вида с яйцекладущими самками: *Nothrus biciliatus* Koch – 1 ♀ – 4 яйца; *Metabelba papillipes* (Nic.) – 1 ♀ – 2 яйца; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 2 ♀♀ – по 4 яйца.

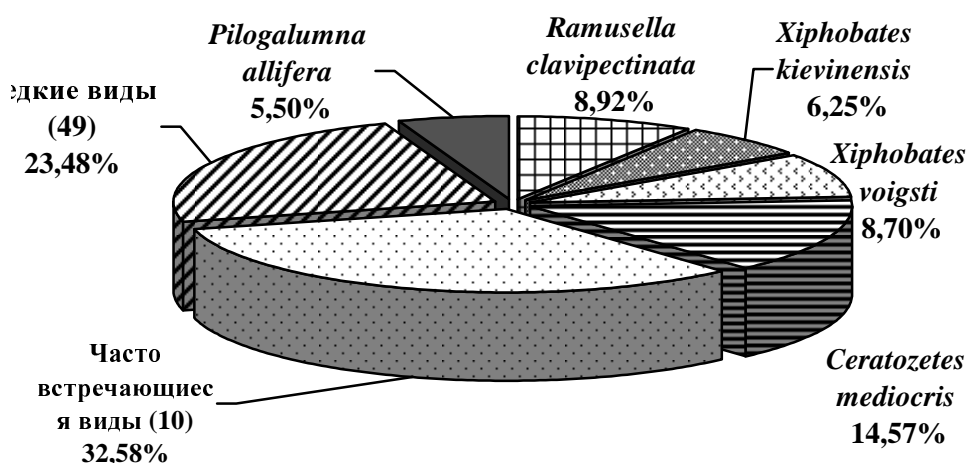
Других почвенных обитателей здесь собрано максимальное количество – 561 экз. (70,12%), плотность населения – 22440 экз./м², что в 1,2 – 2,3 – 3,8 раза больше, чем в дубраве, байраке и степи. Всего почвенного населения – 800 экз., плотность – 32000 экз./м², что в 1,5 – 1,2 меньше, чем в дубраве и байрачном лесу, соответственно, и в 1,8 раза, чем в

степи. Доминировали гамазовые клещи (12,83%), акариформные клещи (48,31%), коллемболы (35,47%). Часто встречались гипопусы и редко взрослые акароидные клещи, двухвостки, жуки, муравьи и личинки насекомых (см. табл. 2).

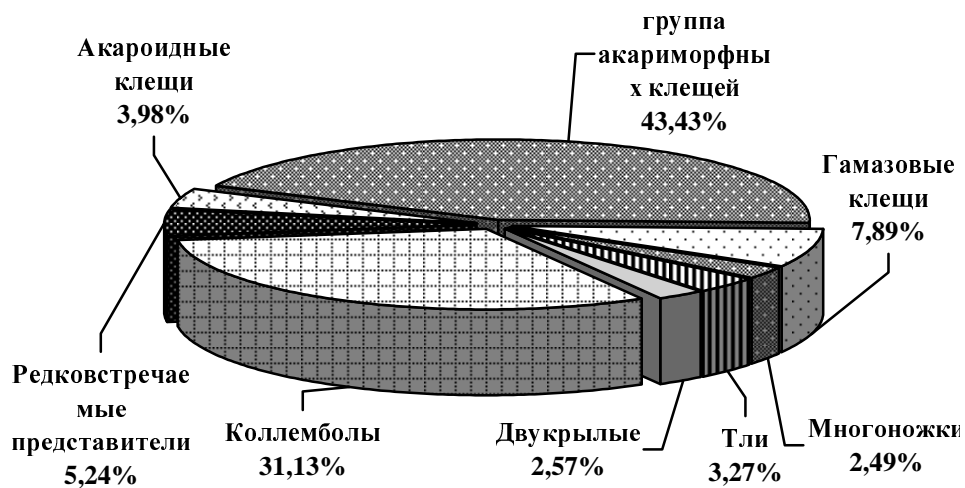
Участок петрофитной степи, с преобладанием типчака и чабреца, расположен вблизи выходов на поверхность песчаных сланцев. На открытом участке степи собран минимум имагинальных форм панцирных клещей – 145 экз., плотность – 5800 экз./м². Личинок и нимф собрано 149 экз., плотность – 5960 экз./м². Всего обнаружено 294 экз. (66,52%) панцирных клещей, средняя плотность населения которых составила 11760 экз./м². Это достаточно высокая плотность в условиях степной зоны Донбасса [6]. Отмечен минимум видового богатства панцирных клещей – 21. Доминировали 5 видов: *Sphaerochthonius splendidus* (Berl.) – 10,34% (характерен для степи, в лесных биотопах не встречался); *Liodes theleproctus* (Herm.) – 5,52% (редок в дубраве, в остальных биотопах не встречался); *Zygoribatula exarata* Berl. – 40,69% (редок в куртине сосны, в дубраве и байрачном лесу отсутствовал); *Schelorbates laevigatus* (Koch) – 6,89% (часто встречаемый вид в байраке, редок в дубраве и в куртине сосны); *Protoribates novus* Will. – 5,52% (в трёх других биотопах не обнаружен). Часто встречались 7 и редко 9 видов (см. табл. 2). Только на степном участке отмечены *Sphaerochthonius splendidus* (Berl.), *Cosmochthonius lanatus* Mich., *C. emmae* Berl., *Allodamaeus femoratus* (Koch), *Gymnodamaeus austriacus* (Will.), *Simkina tianschanica* D. Kriv., *Protoribates novus* Will. Яйцекладущие самки отмечены у следующих видов: *Allodamaeus femoratus* (Koch) – 1 ♀ – 1 яйцо; *Zygoribatula exarata* Berl. – 3 ♀♀ – по 4; 2 ♀♀ – по 2 яйца; *Peloribates europaeus* Will. – 1 ♀ – 6 яиц. Репродуктивная деятельность самок в открытом сухом биотопе значительно ниже по сравнению с закрытыми лесными биотопами.

Других почвенных членистоногих на степном участке собрано минимальное количество – 148 экз., плотность – 5920 экз./м². Всего почвенного населения учтено 442 экз., плотность – 17680 экз./м². Доминировали гамазовые клещи (6,75%), акариформные клещи (90,54%) и единично встречались сеноеды, тли и личинки насекомых (см. табл. 2).

Таким образом, в балке Водяная и урочище Лиманный Яр в мае 2008 г. в четырех биотопах из 40 проб извлечено 1345 экз. имагинальных фаз панцирных клещей (плотность – 13450 экз./м²), личинок и нимф – 695 экз. (плотность 6950 экз./м²). Всего отмечено 2040 экз. панцирных клещей (59,18% от общего количества обитателей почвы), средняя плотность населения – 20400 экз./м². Определено 64 вида панцирных клещей, относящихся к 45 родам и 28 семействам. Из них доминировали 5, часто встречались 10 и редко 49 видов (см. табл. 2, рис. 4, 5). Пять видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей – аноплоцефалид (см. табл. 2).



А



Б

Рис. 4. Распределение панцирных клещей (А) и других почвообитателей (Б) участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского р-на Донецкой обл. (май, 2008 г.)

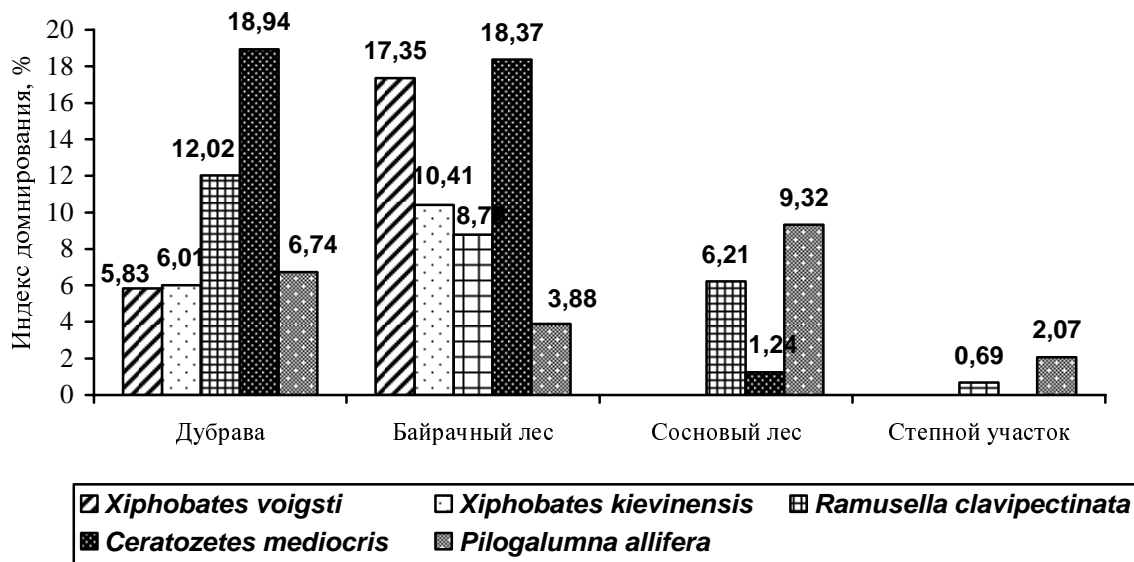


Рис. 5. Доминирующие виды панцирных клещей участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского р-на Донецкой обл. (май, 2008 г.)

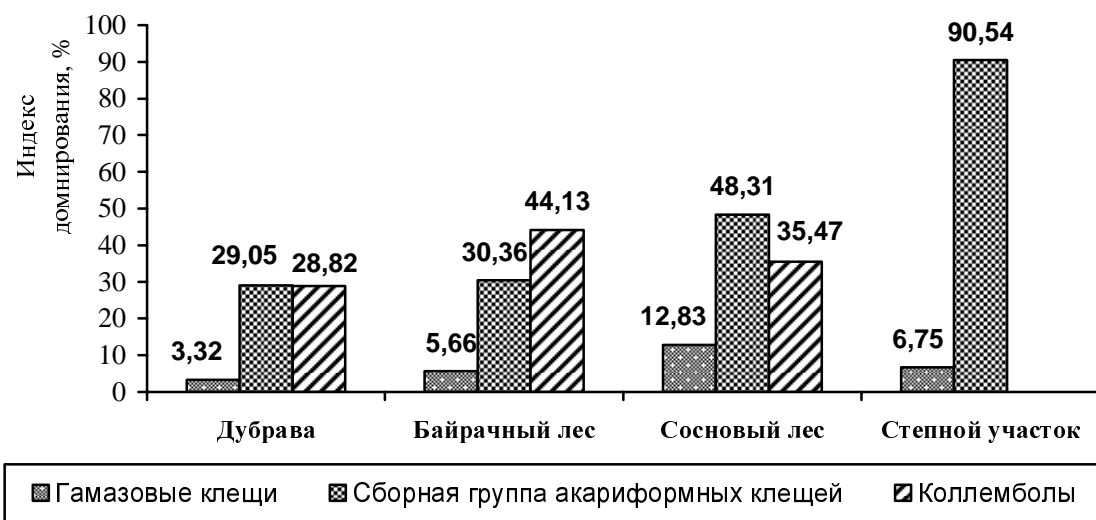


Рис. 6. Доминирующие группы почвенных членистоногих участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского р-на Донецкой обл. (май, 2008 г.)

Сходство фаун панцирных клещей по индексу Жаккара исследуемого участка Амвросиевского района и РЛП "Донецкий Кряж" составило 36%, что свидетельствует об отличии и разнообразии видового состава орибатид участка, отводимого под заповедание.

Из 64 обнаруженных видов доминировали 5: *Ramusella clavipectinata* (Mich.) – 8,92% (доминант лесных биотопов, редок в степи); *Ceratozetes mediocris* Berl. – 14,57% (доминант дубравы и байрачного леса, редок под сосной, на степном участке отсутствовал); *Xiphobates voigsti* (Oudms.) – 8,70%, *X. kievinsis* (Schald.) – 6,25% (доминанты дубравы и байрачного леса, в остальных биотопах не встречались); *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 5,50% (доминант дубравы и куртины сосны, часто встречаемый вид в байрачном лесу и степи) (см. табл. 2, рис. 5).

Из рис. 5 видно, что доминирующие виды, в зависимости от эдафических условий конкретного биотопа, проявляют себя не одинаково: в одних случаях они преобладают, в иных могут переходить в ранг часто встречаемых, редких видов или вообще отсутствовать. Такая вариабельность численности зависит от характера биотопа и сезона года.

Установлено, что 32 вида панцирных клещей являются общими для балки Водяной, урочища Лиманный Яр и РЛП "Донецкий Кряж", а 32 вида характерны только для биотопов балки Водяной и урочища Лиманный Яр. Это свидетельствует об уникальности исследуемой территории, которая требует охранных мероприятий и, несомненно, должна быть передана под юрисдикцию РЛП "Донецкий Кряж", что даст возможность расширить заповедную площадь с целью уменьшения антропогенного пресса на почвенную фауну. Подобные кадастрово-мониторинговые исследования необходимо проводить во всех РЛП Донецкого края.

Других почвенных обитателей в балке Водяной и урочище Лиманный Яр учтено 1407 экз. (40,82%), плотность населения составила 14070 экз./м². Всего почвенного населения отмечено 3447 экз., плотность – 34470 экз./м². Доминировали коллемболы – 31,13% (преобладали в лесных биотопах, в степи не встречались); гамазовые клещи – 7,89% (доминанты байрачного леса, куртины сосны и степного участка, часто встречались в дубраве) и прочие семейства акариформных клещей – 43,43% (доминанты всех исследуемых биотопов). Их численность варьировала в зависимости от эдафических условий обитания и биологических особенностей видов (рис. 6). Часто встречались тли, двукрылые, многоножки, акароидные клещи, редко – почвенные нематоды, ложные скорпионы, гипопусы, краснотелковые клещи, двухвостки, сеноеды, жуки, муравьи и личинки насекомых (см. табл. 2, рис. 4, 6).

Подводя итог, следует отметить, что на двух исследуемых территориях с различным ландшафтным расположением (с. Петровское, балка Водяная, урочище Лиманный Яр) обнаружено 87 видов панцирных клещей, относящихся к 57 родам и 37 семействам. Сходство фаун панцирных клещей РЛП "Донецкий Кряж" и участка, отводимого под заповедание, Амвросиевского района по коэффициенту Жаккара составило 36%. Такой низкий процент свидетельствует о фаунистическом различии исследуемых территорий, их уникальности и несомненности заповедания с целью охраны почв и их населения.

Выводы

1. На территории РЛП "Донецкий Кряж" в пяти биотопах обнаружено 56 видов панцирных клещей, относящихся к 38 родам и 28 семействам. Из них 2 вида (*Eulohmannia ribagai* Berl. и *Epidamaeus longisetosus* Gr.) впервые отмечены для фауны Донбасса.

2. На территории ландшафтного парка панцирные клещи в исследуемых биотопах составили 30,38% от всего почвенного населения. Средняя плотность населения панцирных клещей составила 9472 экз./м². Максимум отмечен в пойменном лесу – 22000 экз./м², минимум – в сосновом лесу после пожара – 520 экз./м². Отмечено негативное влияние лесного пожара на всю почвенную мезофауну.

3. Видовое богатство панцирных клещей в пределах исследуемых биотопов варьировало от 35 (ольшаник) до 6-7 (сосновый лес и пойменный заливной луг). Из 56 видов доминировали 4: *Licnobebe alestensis* Gr., *Micropopia minus* (Paoli), *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Ceratozetes mediocris* Berl. Количество доминантов варьирует от 8 (ольшаник) до 2-х (заливной пойменный луг).

4. На долю других почвенных обитателей в ландшафтном парке приходится 69,92%. Плотность населения – 21704 экз./м². Максимум отмечен в ольшанике – 41560 экз./м², минимум – в сосновом лесу после пожара – 10320 экз./м². Средняя плотность всего почвенного населения составила 31176 экз./м². Доминировали гамазовые клещи, группа семейств акариформных клещей и коллемболы.

5. На сопредельной территории (балка Водяная, урочище Лиманный Яр Амвросиевского района), планируемой для заповедания, в 4-х биотопах панцирные клещи составили 59,18% всего почвенного населения, плотность – 20400 экз./м². Максимум этого показателя отмечен в байрачном лесу и дубраве – 30360 – 29920 экз./м², минимум – в куртине сосны обыкновенной и на степном участке – 3120 – 5960 экз./м².

6. В четырех исследуемых биотопах обнаружено 64 вида, относящихся к 45 родам и 28 семействам. Доминировали 5 видов: *Ramusella clavipectinata* (Mih.), *Ceratozetes mediocris* Berl., *Xiphobates voigsti* (Oudms.), *X. kievinensis* (Shald.), *Pilogalumna allifera* (Oudms.). Количество доминирующих видов варьировало от 7 (дубрава, куртина сосны) до 5-6 (байрак и степь).

7. На долю других почвенных обитателей приходится 40,82%, плотность населения – 14070 экз./м². Максимум этого показателя отмечен в куртине сосны обыкновенной – 22440 экз./м², минимум – на степном участке – 5920 экз./м².

8. Всего было учтено 3447 экз. почвообитателей, средняя плотность населения составила 34470 экз./м². Максимум отмечен в дубраве – 47960 экз./м², минимум – на степном участке – 17680 экз./м².

9. Биотопы лесного характера в весенний период обладают более высокой численностью панцирных клещей и других почвенных обитателей, по сравнению с открытым степным биотопом.

10. Только 32 вида панцирных клещей являются общими для РЛП "Донецкий Кряж" и участка Амвросиевского района, отводимого под заповедание (коэффициент Жаккара – 36%), что, несомненно, указывает на различие фаун орибатид исследуемого участка Амвросиевского района и ландшафтного парка. Это свидетельствует об уникальности исследуемых территорий Амвросиевского района и несомненности их присоединения к региональному ландшафтному парку "Донецкий Кряж" с целью охраны почвенной биоты.

Список литературы

1. Беклемшев В. Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоол. журн. – 1961. – Вып. 2. – С. 143-158.
2. Буланова-Захваткина Е. М. Панцирные клещи-орибатида. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
3. Гиляров М. С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
4. Фасулати К. К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высш. шк., 1971. – 421 с.
5. Ярошенко Н. Н. Почвенные зооценозы промышленных экосистем Донбасса. – Донецк: ДонГУ, 1999. – 295 с.
6. Ярошенко Н. Н. Орибатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.
7. Ярошенко Н. Н., Штирц А. Д. Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) и другие почвообитатели памятника природы "Истоки Кальмиуса". – Донецк: Норд, 2006. – 155 с.

Ярошенко М. М. Панцирні кліщі регіонального ландшафтного парку "Донецький Кряж" і ділянки, що відводиться під заповідання, Амвросієвського району Донецької області. – У межах РЛП "Донецький Кряж" і його суміжних територій у 2008 р. проведено кадастрово-моніторингові дослідження панцирних кліщів і інших ґрунтових артродод. На території ландшафтного парку в п'яти біотопах нараховано 1184 екз. панцирних кліщів із середньою щільністю населення 9472 екз./м². Виявлено 56 видів орибатид, що відносяться до 38 родів і 28 родин. Види *Eulohmannia ribagai* Berl., *Epidamaeus longisetosus* (Will.) уперше вказуються для фауни Донбасу. Інших ґрунтових мешканців нараховано 2713 екз. (щільність населення – 21704 екз./м²). На території ділянки, що відводиться під заповідання, Амвросієвського району в 4-х біотопах зібрано 2040 екз. панцирних кліщів (щільність населення – 20400 екз./м²). Визначено 64 види, що відносяться до 45 родів і 28 родин. Інших ґрунтових мешканців нараховано 1407 екз. (щільність населення – 14070 екз./м²). Проведені дослідження свідчать про унікальність досліджуваних територій Амвросієвського району й безсумнівність їх приєднання до РЛП "Донецький Кряж" з метою охорони ґрунтової біоти.

Ключові слова: панцирні кліщі, орибатиди, біотоп, щільність населення, видове багатство.

Yaroshenko N. N. Oribatid mites of the regional landscape park "Donetsk Kryazh" and of the site assigned for reservation, in Amvrosievka district of the Donetsk region. – Inside the RLP "Donetsk Kryazh" and its adjacent territories in 2008 the research of cadastre-monitoring for oribatid mites and other soil Arthropoda was spent. In the territory of landscape park in five biotopes 1184 specimens of oribatid mites were counted, with average density of the population in 9472 specimens/m². 56 species of oribatid mites, concerning to 38 genera and 28 families are revealed. The species *Eulohmannia ribagai* Berl., *Epidamaeus longisetosus* (Will.) are specified for fauna of Donbass for the first time. Other soil inhabitants were counted in 2713 specimens (density of the population – 21704 specimens/m²). In the territory of a site assigned for reservation, in Amvrosievka district, in 4 biotopes 2040 specimens of oribatid mites are caught (density of the population – 20400 specimens/m²). 64 species concerning to 45 genera and 28 families are defined. Other soil inhabitants were counted in 1407 specimens (density of the population – 14070 specimens/m²). The carried researches testify to uniqueness of researched territories of Amvrosievka district and certainty of their association to the RLP "Donetsk Kryazh" with the purpose of protection for soil biota.

Key words: oribatid mites, biotope, density of the population, specific abundance.

УДК 577.1:663

О. В. Ветрова, О. Г. Панфілова

**ВПЛИВ УМОВ ХОЛОДИЛЬНОГО ЗБЕРІГАННЯ НА МІКРОБІОЛОГІЧНІ
ТА БІОХІМІЧНІ ПОКАЗНИКИ ПРОДУКТІВ ДИТЯЧОГО ХАРЧУВАННЯ**

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46

Ветрова О. В., Панфілова О. Г. Вплив умов холодильного зберігання на мікробіологічні та біохімічні показники продуктів дитячого харчування. – Вивчався вплив умов холодильного зберігання на мікрофлору та біохімічні показники яблучно-морквяного пюре "Карапуз" та аналогічних свіжовиготовлених пюре. Під час зберігання промислового пюре "Карапуз" якість біохімічних показників знижується. Холодильне зберігання дослідних продуктів протягом трьох діб не виключає їх придатність до вживання.

Ключові слова: яблучно-морквяне пюре, мікрофлора, вуглеводи, органічні кислоти, білки, ферменти, вітаміни.

Вступ

Робота присвячена вивченню мікрофлори та біохімічних показників дитячих пюре залежно від тривалості їх холодильного зберігання. Це питання є актуальним, оскільки стан здоров'я дитячого населення, рівень захворюваності і смертності в багатьох випадках залежить від якості їжі [1]. Рациональне харчування, яке відповідає потребам дитячого організму, забезпечує гармонійний розвиток дитини, підвищує його імунітет, опір до різних несприятливих чинників середовища. Особливу увагу заслуговує організація харчування дітей першого року життя [2, 4, 5]. Кількість дітей, які перебувають на штучному харчуванні, збільшується з кожним роком. Живлення повинне відповідати за змістом, кількістю та якістю всіх компонентів – білків, жирів, вуглеводів, мінеральних солей, мікроелементів і вітамінів – фізіологічним потребам дитячого організму [7, 15]. Важливим компонентом раціонального харчування дітей є натуральні та консервовані фруктові-овочеві соки і пюре.

Під час зберігання харчових продуктів рослинного походження на їх якість впливають як внутрішні фактори (дихання, гідроліз, гліколіз, автоліз), так і зовнішні (температура, вологість, світло, рН, шкідники). Під їх впливом у продуктах відбуваються складні фізичні, біохімічні, мікробіологічні, хімічні процеси, які можуть істотно змінити їх склад та харчову цінність. Охолодження продуктів при холодильному зберіганні (з температурою 0-8⁰С) не припиняє життєдіяльність психрофільної мікрофлори та ферментативних процесів рослинної сировини [8]. Збільшення кількості мікрофлори, діяльність патогенних мікроорганізмів можуть призвести до псування продукту [9].

Усе це вказує на актуальність вивчення мікрофлори та біохімічних показників продуктів дитячого харчування в динаміці.

Метою нашої роботи було: вивчити вплив тривалості холодильного зберігання на мікрофлору та харчову цінність продуктів дитячого харчування на прикладі фруктові-овочевих пюре, а також порівняння цих показників у свіжих та консервованих продуктах.

Матеріали та методи досліджень

В якості об'єктів дослідження використовували свіжі яблучне, морквяно-яблучне, морквяне пюре, які готували власноруч, подрібнюючи свіжі продукти на терці, а також консервовані пюре "Карапуз", вироблені ТОВ "Південний консервний завод дитячого харчування". Актуальність вибору цих продуктів як об'єктів досліджень зумовлено їх широким використанням у дитячому харчуванні, особливо дітей першого року життя. У виробництві баночних консервів використовують стерилізацію. Підготовлений харчовий

продукт закладають у стерильні банки, з яких видаляють повітря, герметично закупорюють й стерилізують в автоклавах при 100-125⁰С [9].

Для кількісного аналізу мікрофлори готували десятикратне розведення дослідних пюре. По 1 мл розведених продуктів вносили в стерильну чашку Петрі з середовищем МПА. Внесену рідину рівномірно розподіляли по поверхні середовища. Чашки інкубували при температурі 27⁰С протягом п'яти діб [11]. Після інкубації підраховували кількість колоній [14].

Дослід проводили в п'ятикратній повторності. Для ідентифікації мікроорганізмів виділяли чисті культури та вивчали біологічні властивості виділених мікроорганізмів: культуральні властивості колоній бактерій шляхом візуального перегляду [16]. Забарвлення їх проводили за методом Грама. Фарбування бактерійних спор – за методом Пешкова [3].

Для з'ясування відношення мікроорганізму до кисню досліджувану культуру уколом бактеріологічної голки засівали в пробірки з високим стовпчиком агару (не менше 2/3 за висотою). Розплавлений і розлитий у пробірки агар швидко охолоджували під струменем холодної води та засівали уколом культуру мікроорганізмів. Після культивування визначали характер їх росту: якщо на поверхні середовища, то досліджувані мікроорганізми відносяться до аеробів; якщо тільки в глибині або на дні стовпчика агару, то до облігатних анаеробів; рівномірне зростання по всьому уколу вказує, що мікроорганізми, які вирости, – факультативні анаероби, на деякій відстані від поверхні – вказує на їх приналежність до мікроаерофілів [14].

Вміст аскорбінової кислоти в зразках знаходили за методом А. Н. Чупахіної [12].

Визначення вмісту вуглеводів у продуктах дитячого харчування проводили за методом Х. Н. Починка [17].

Для колориметричного визначення вмісту білка спочатку проводили попередню обробку досліджуваних об'єктів, а саме його осадження трихлороцтовою кислотою. Після отримання розчину білка визначення його кількості проводили за допомогою реактиву Фоліна-Чікольте (метод Лоурі). Оптичну густину визначали на фотоелектроколориметрі за червоним світлофільтром у кюветі товщиною 3 мм. Обчислення проводили за калібрувальним графіком, який будували по кристалічному чистому альбуміну [12].

Визначення кількості провітаміну А в досліджуваних об'єктах проводили методом хроматографічної адсорбції бензинового розчину каротину. В якості сорбенту використовували оксид алюмінію. Кількісний вміст каротину обчислювали за допомогою даних калібрувального графіка, що будували по перекристалізованому азобензолу [12].

Визначення вмісту суми органічних кислот проводили за методом Х. Н. Починка [17]. Сумарну кількість органічних кислот виражали через яблучну кислоту у відсотках.

Визначення активності каталази, поліфенолоксидази проводили за методом Х. Н. Починка [12] в одній наважці. Визначення активності аскорбіноксидази проводили за методом Х. Н. Починка [17]. Усі біохімічні дослідження проводили в трикратній повторності. Дані обробляли однофакторним дисперсійним аналізом ортогональних комплексів. Порівняння середніх проводили за методом Дункана [18].

Результати та обговорення

Вплив тривалості зберігання на мікрофлору продуктів дитячого харчування вивчали в зразках консервованих яблучного, морквяного та яблучно-морквяного пюре "Карапуз", а також в аналогічних свіжопротертих фруктових-овочевих пюре, які готували самостійно перед дослідом. Дослідження проводили на 1, 2, 3-й день після відкриття консервованих продуктів або на 1, 2, 3-й день після приготування свіжого.

У консервованому яблучному пюре на першу добу не знайдено жодної колонії мікроорганізмів. У такому ж пюре на другу і третю добу знайдено по 0,33 колонії в 1 мл. У свіжовиготовлених зразках яблучного пюре на 1, 2, 3-й день приготування знайдено 68, 77, 110 колоній відповідно.

Таким чином, кількість колоній у контрольних свіжовиготовлених варіантах перевищує цей показник у консервованих пюре в 233,3 разів на 2-й день і в 333,3 разів на 3-й день зберігання.

У морквяному консервованому пюре 1, 2-ї доби мікрофлори також не знайдено. На 3-й день – 1 колонія, що менше в 127 разів порівняно зі свіжим.

У консервованому яблучно-морквяному пюре за 2 доби зберігання виявлено плісеневі гриби. Крім того, в цьому пюре на 3-й день його зберігання виявлено 0,33 колоній бактерій, що менше в 345,5 разів порівняно з відповідним контролем (рис. 1).

Вплив терміну зберігання на мікрофлору консервованих пюре невірогідний ($t_d = 2,25$; $t_\phi = 5,14$). Це можна пояснити тим, що фабричні фруктові-овочеві пюре під час їх приготування проходили певні етапи стерилізації.

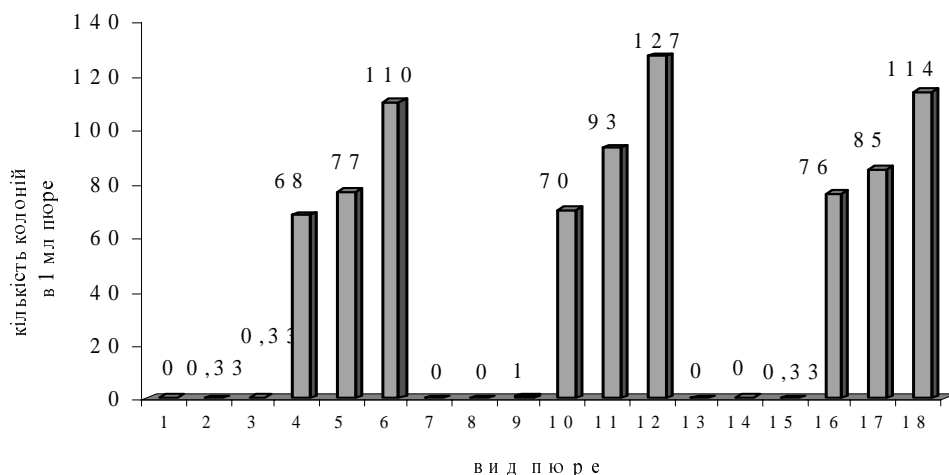


Рис. 1. Кількісний аналіз мікрофлори фруктові-овочевих пюре: 1 – консервоване яблучне пюре 1-го дня зберігання; 2 – ---/--- ---/--- 2-го дня; 3 – ---/--- ---/--- 3-го дня; 4-6 – свіжовиготовлене яблучне пюре; 7 – консервоване морквяне пюре 1-го дня зберігання; 8 – ---/--- ---/--- 2-го дня; 9 – ---/--- ---/--- 3-го дня; 10-12 – свіжовиготовлене морквяне пюре; 13 – консервоване морквяно-яблучне пюре 1-го дня зберігання; 14 – ---/--- ---/--- 2-го дня; 15 – ---/--- ---/--- 3-го дня; 16-18 – свіжовиготовлене морквяно-яблучне пюре.

Проте термін зберігання вірогідно впливає на кількісний склад мікрофлори свіжовиготовлених пюре ($t_d = 15,7$; $t_\phi = 5,14$). Так, за три доби кількість мікроорганізмів у яблучному пюре зростає в 1,6 разів, у морквяному – в 1,8, а у яблучно-морквяному – в 1,5 рази.

При якісному аналізі мікрофлори свіжих фруктові-овочевих пюре виявлено 7 родів бактерій: *Acetobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Zymomonas*, *Acidomonas*, *Xanthomonas*. У зразках фабричних пюре знайдено бактерії родів *Xanthomonas* та *Acetobacter*. Крім того, у фабричному яблучно-морквяному пюре ще були присутні гриби *Penicillium* і *Rhizopus*.

Результати визначення вмісту вуглеводів у продуктах дитячого харчування наведені в табл. 1.

Вплив терміну зберігання на кількість вуглеводів в яблучному, морквяному, яблучно-морквяному пюре визнано невірогідним ($t_d = 0$; $t_\phi = 5,14$ для всіх видів пюре). Можливо, це зумовлено тим, що в даних об'єктах досліджень у процесі їх холодильного зберігання за три доби мікрофлора розвивається відносно мало, щоб істотно змінити вміст вуглеводів за цей час. Наслідком цього є майже постійні значення вмісту вуглеводів у дослідних пюре. До того ж вміст цих сполук у свіжих і консервованих пюре однаковий. Це свідчить про те, що при термічній обробці зберігається первісна кількість вуглеводів у продуктах дитячого харчування.

Вміст вуглеводів у фруктово-овочевих пюре різного терміну зберігання

Термін зберігання, діб	Консервовані пюре				
	Вид пюре	Вміст глюкози, (%)	Вміст фруктози, (%)	Вміст сахарози, (%)	Вміст суми цукрів, (%)
1	яблучне	3,00±0,09	4,90±0,05	3,80±0,06	12,00±0,50
	морквяне	3,80±0,01	5,20±0,03	4,80±0,01	14,80±0,76
	яблучно-морквяне	4,00±0,05	5,90±0,07	4,80±0,035	15,00±1,00
2	яблучне	2,70±0,05	4,60±0,07	3,80±0,09	12,00±1,00
	морквяне	3,40±0,06	5,50±0,08	4,80±0,08	15,00±0,76
	яблучно-морквяне	2,50±0,04	5,00±0,02	5,00±0,05	15,00±1,00
3	яблучне	2,60±0,07	4,80±0,09	4,00±0,03	12,00±1,00
	морквяне	3,50±0,06	5,50±0,09	5,00±0,08	15,00±0,76
	яблучно-морквяне	4,00±0,04	6,00±0,02	4,80±0,05	15,00±1,00
	Свіжовиготовлені пюре				
1	яблучне	3,00±0,03	5,00±0,06	3,80±0,04	12,00±0,70
	морквяне	3,80±0,04	5,50±0,02	4,80±0,05	15,00±1,00
	яблучно-морквяне	3,80±0,05	5,50±0,05	4,80±0,06	15,00±0,90

Вплив терміну зберігання на кількість білка в яблучному, морквяному пюре визнано вірогідним ($t_d = 36,76$; $t_\phi = 5,14$ для яблучного пюре і $t_d = 6,32$; $t_\phi = 5,14$ для морквяного). На третю добу кількість білка в морквяному пюре вірогідно менша, ніж у першу добу. Вплив терміну зберігання на кількість білка в яблучно-морквяному пюре визнано невірогідним ($t_d = 1,54$; $t_\phi = 5,14$).

У свіжовиготовленому яблучному пюре вміст білка – 7,5 мг/мл, що більше, ніж у такому ж консервованому пюре, в 1,3 рази. Кількість білка в свіжовиготовленому морквяному пюре складає 13 мг/мл, що більше в 1,6 разів порівняно з аналогічним пюре "Карапуз". Кількість білка в свіжому яблучно-морквяному пюре – 9 мг/мл, що більше в 1,3 рази, ніж у консервованому.

Таким чином, термічна обробка пюре згубно впливає на білки, що можна пояснити їх денатурацією.

Динаміку вмісту білка в консервованих фруктово-овочевих пюре залежно від терміну зберігання наведено на рис. 2.

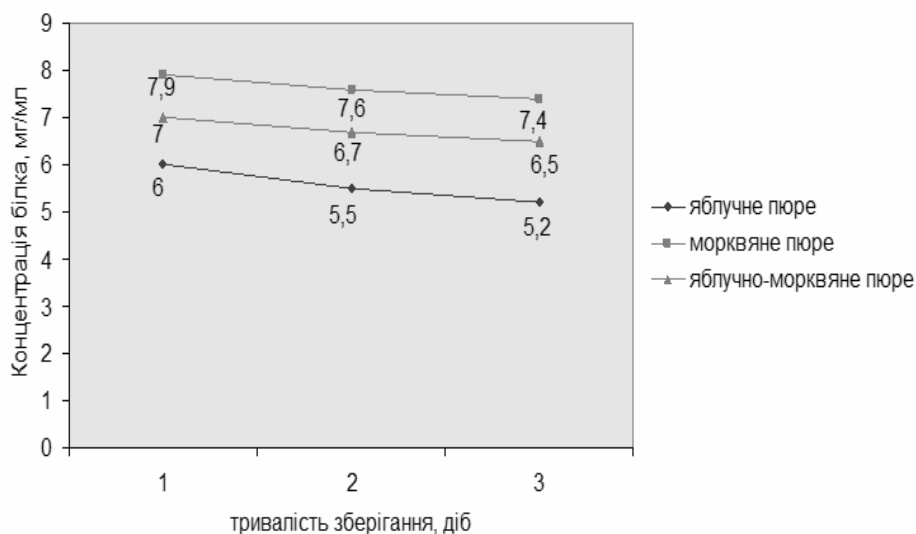


Рис. 2. Вплив тривалості зберігання на вміст білка в фруктово-овочевих пюре

Як бачимо, найбільшою кількістю білка вирізняється морквяне пюре (8 мг/мл); на другому місці – яблучно-морквяне (7 мг/мл). Найменшою кількістю білка (6 мг/мл) характеризується яблучне пюре.

У всіх варіантах досліду під час зберігання продукту в холодильнику спостерігається зменшення вмісту білка. У яблучному пюре його кількість падає на 2 і 3 добу на 0,5 і 0,8 мг/мл відповідно порівняно з першим днем визначення. У морквяному та яблучно-морквяному пюре вміст білка падає на 0,3 і 0,5 мг/мл порівняно з першим днем зберігання. Це можна пояснити процесами амоніфікації, які відбуваються під дією мікроорганізмів.

Органічні кислоти є також важливим компонентом їжі, який має велику харчову цінність. Визначення вмісту вільних органічних кислот у досліджуваних об'єктах проводили за методом Х. Н. Починка шляхом йодометричного титрування [17, 19].

Вміст органічних кислот у свіжих і фабричних пюре майже однаковий. В яблучному свіжовиготовленому – 3,8%, у фабричному – 3,5%. У свіжому морквяному пюре – 1,6%, а в консервованому – 1,5%. В свіжовиготовленому яблучно-морквяному пюре кількість органічних кислот складає 2,5%, а в фабричному – 2,2%.

Отже, вміст вільних органічних кислот в яблучному пюре найбільший, а в морквяному пюре – найменший. Це стосується і консервованих пюре "Карапуз", і свіжовиготовлених фруктових-овочевих пюре.

У процесі зберігання фруктових-овочевих пюре спостерігається повільне збільшення вмісту органічних кислот у об'єктах, що досліджуються. Це краще простежується, якщо порівняти між собою результати першої і третьої доби зберігання продукту.

Отриману закономірність можна пояснити процесами метаболізму мікрофлори фруктових-овочевих пюре.

Динаміка вмісту вільних органічних кислот у процесі зберігання представлена на рис. 3.

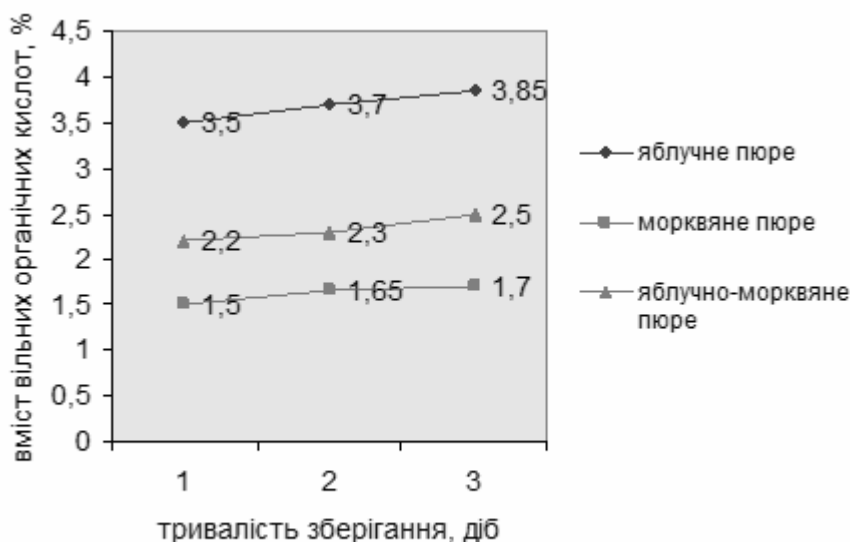


Рис. 3. Вплив тривалості зберігання на вміст вільних органічних кислот у фруктових-овочевих пюре

Визначення концентрації вітаміну С у досліджуваних об'єктах проводили за методом Г. Н. Чупахіної [10].

Під час зберігання вміст вітаміну С у досліджуваних об'єктах знижується ($t_d = 26,87$; $t_\phi = 5,14$ для яблучного пюре, $t_d = 583,08$; $t_\phi = 5,14$ для морквяного пюре, $t_d = 485,5$; $t_\phi = 5,14$ у випадку яблучно-морквяного пюре).

Вміст вітаміну С у свіжовиготовленому яблучному пюре в першу добу приготування менше в 3,5 разів, ніж в консервованому яблучному пюре. Можливо це пояснюється тим, що

фабричні пюре збагачують вітамінами. При холодильному зберіганні вміст вітаміну С у фабричному яблучному пюре на 2-ий день зменшується в 1,6 разів порівняно з першою добою і в 3,2 рази на третю добу (рис. 4).

Вміст вітаміну С у свіжому морквяному пюре складав 12,1 мкг/г, що менше в 3,1 разів концентрації аскорбінової кислоти в аналогічному консервованому пюре на перший день визначення (37,51 мкг/г). У процесі зберігання вміст вітаміну С у фабричному морквяному пюре зменшується в 1,4 рази на 2 день і в 2,6 рази відносно першого дня відкриття консерви.

Концентрація вітаміну С у свіжовиготовленому яблучно-морквяному пюре становила 14,5 мкг/г, що менше в 2,9 разів ніж у фабричному яблучно-морквяному пюре на перший день визначення (42,05 мкг/г). На 2 і 3 день вміст вітаміну у фабричному яблучно-морквяному пюре зменшується в 1,4 і 3,2 разів порівняно з першим днем зберігання консерви.

Таким чином, найбільшою кількістю вітаміну С характеризується яблучне пюре; найменшою – морквяне пюре. Це стосується і свіжопротертих, і фабричних пюре.

Отримані результати щодо низького вмісту вітаміну С у свіжоприготовлених пюре порівняно з аналогічними консервованими збігаються з даними І. М. Воронцова та О. В. Мазуріна. Вчені пояснюють це тим, що в зимовий період і частково влітку доводиться готувати їжу з продуктів, які довго зберігалися і втратили свою первісну харчову цінність. До того ж в умовах, наближених до домашніх, нема можливості використовувати найсучасніші методи обробки харчової сировини, тоді як у заводських умовах ці методи дозволяють зберегти цінні якості продукту [20].

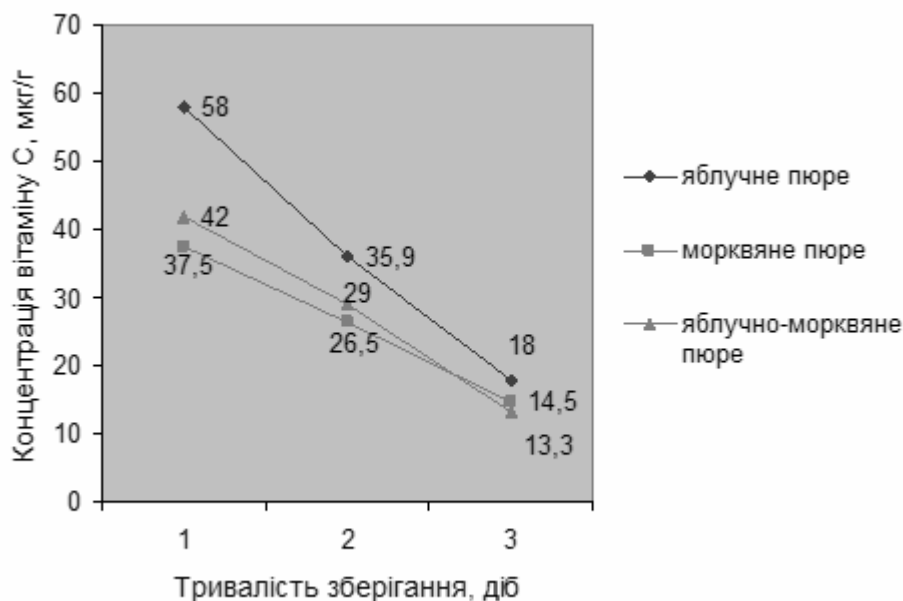


Рис. 4. Вплив терміну зберігання на вміст вітаміну С у фруктових-овочевих пюре

Інтенсивне зниження вмісту вітаміну С у фабричних пюре протягом його зберігання зумовлене багатьма факторами. Серед них: висока чутливість аскорбінової кислоти до температури зберігання, активність аскорбіноксидази, використання вітаміну С мікроорганізмами під час їх розвитку в пюре, а також втрати аскорбінової кислоти в процесі дослідження її вмісту.

Провітаміну А не виявлено в фабричному яблучному пюре будь-якого терміну зберігання. У свіжовиготовленому яблучному пюре каротин міститься в слідових кількостях (0,03 мг/100г). Вміст провітаміну А в морквяному пюре більший, ніж в яблучно-морквяному пюре.

Концентрація каротину в свіжовиготовленому морквяному пюре, а саме, 9 мг/100г, більше в 1,8 разів, ніж його концентрація в аналогічному консервованому. В процесі

зберігання фабричного пюре вміст провітаміну А зменшується на 0,5 і 3 мг% на 2-3 добу відповідно, відносно першого дня зберігання. Концентрація каротину в свіжовиготовленому яблучно-морквяному пюре – 1 мг/100г. Це більше, ніж у фабричному яблучно-морквяному пюре в 2,2 рази. На 2 і 3-й день холодильного зберігання фабричного пюре вміст провітаміну А зменшується на 0,05 та 0,3 мг% на 2-3 добу відповідно, порівняно з першим днем визначення (рис. 5).

На третю добу вміст провітаміну А в досліджуваних об'єктах зменшується ($t_d = 11,57$; $t_\phi = 5,14$ для морквяного пюре, $t_d = 22,8$; $t_\phi = 5,14$ для яблучно-морквяного пюре). Особливо це стосується морквяного пюре. Можливо, це пов'язано з більш інтенсивним розвитком мікрофлори в морквяному пюре, ніж в яблучно-морквяному. Порівнюючи першу та другу добу слід зазначити, що вірогідних змін у цьому показнику не виявлено. Менша концентрація каротину в консервованих пюре, очевидно, зумовлена негативним впливом термічної обробки на ці пігменти.

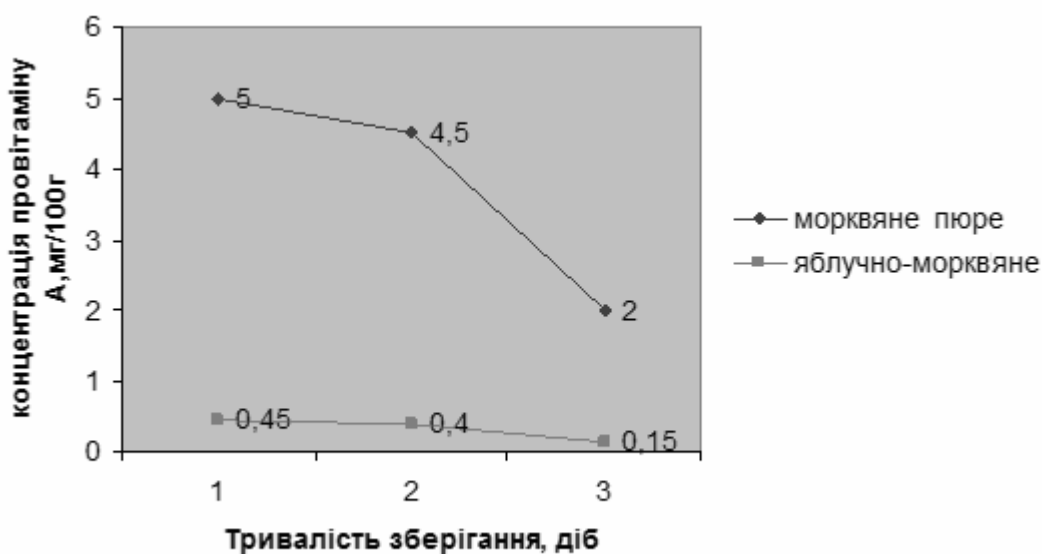


Рис. 5. Вплив тривалості зберігання на вміст провітаміну А в фруктово-овочевих пюре

Визначення активності аскорбінооксидази в досліджуваних об'єктах проводили за методом Х. Н. Починка шляхом йодометричного титрування [12].

Активність аскорбінооксидази в свіжовиготовлених пюре значно перевищує консервовані (у морквяному пюре складає більше в 21,4 рази, у натуральному яблучному пюре – в 13 разів, а в свіжопротертому морквяно-яблучному більше в 15,4 рази порівняно з відповідним фабричним пюре першої доби визначення (рис. 6). Це пояснюється технологічною обробкою пюре в процесі його консервування, через це різко знижується активність ферментів.

Під час зберігання активність ферменту знижується. Вплив терміну зберігання на активність аскорбінооксидази в яблучному і яблучно-морквяному пюре визнано вірогідним ($t_d = 23,51$; $t_\phi = 5,14$ для яблучного і $t_d = 28$; $t_\phi = 5,14$ для яблучно-морквяного пюре). Вплив терміну зберігання на активність аскорбінооксидази в морквяному пюре – невірогідний ($t_d = 1,8$; $t_\phi = 5,14$).

У процесі зберігання в холодильнику активність аскорбінооксидази в фабричному яблучному пюре падає в 1,3 рази на другу добу зберігання і в 1,8 рази – на третю добу порівняно з першою добою зберігання продукту. В морквяному пюре активність ферменту знижується відповідно в 1,8 і в 2,8 рази. В морквяно-яблучному пюре – в 1,4 і в 1,9 рази (рис. 7).

Найбільша активність аскорбінооксидази виявлена в яблучному пюре, найменша – в морквяному. Це стосується і консервованих, і свіжовиготовлених продуктів.

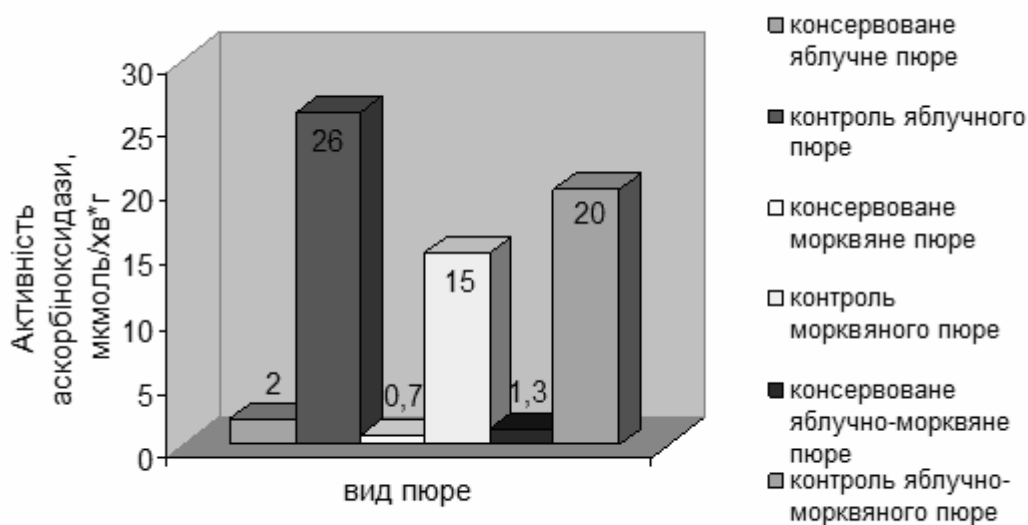


Рис. 6. Активність аскорбінооксидази в консервованих і свіжовиготовлених пюре

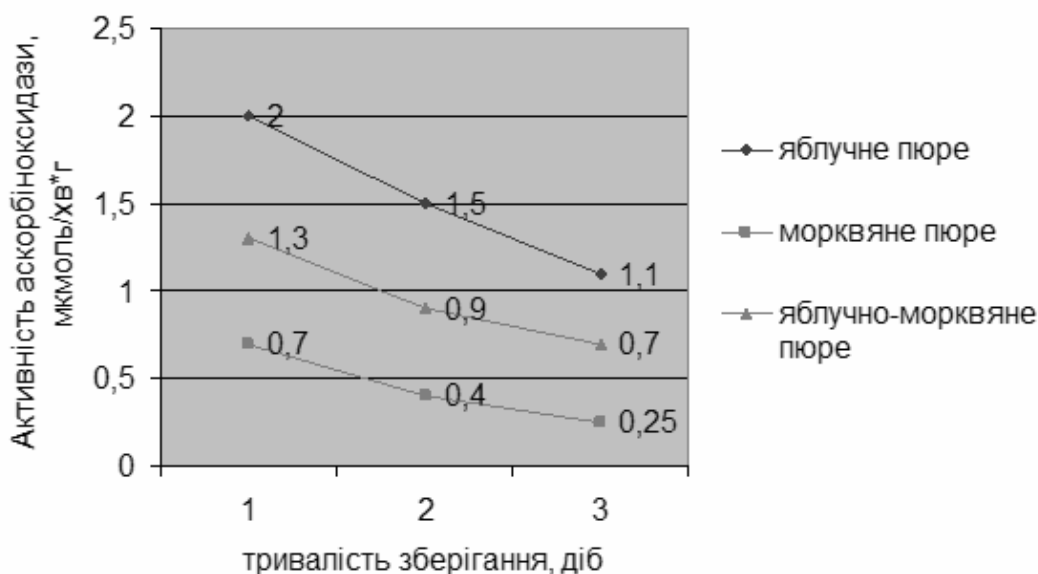


Рис. 7. Вплив тривалості зберігання на активність аскорбінооксидази в фруктових-овочевих пюре

На активність ферменту може впливати декілька факторів: температура, тривалість зберігання, кількість субстрату (вітаміну С), зміна рН середовища під впливом мікроорганізмів [10] та ін.

Активність каталази та поліфенолоксидази в об'єктах, що досліджувались, визначали за методом Х. Н. Починка в одній наважці [12]. У фабричних пюре не виявлено ні каталази, ні поліфенолоксидази. Це пояснюється негативним впливом термічної обробки на ферменти в процесі консервації пюре.

Активність каталази та поліфенолоксидази у свіжих пюре найменша в яблучному, найбільша – в яблучно-морквяному пюре (рис. 8).

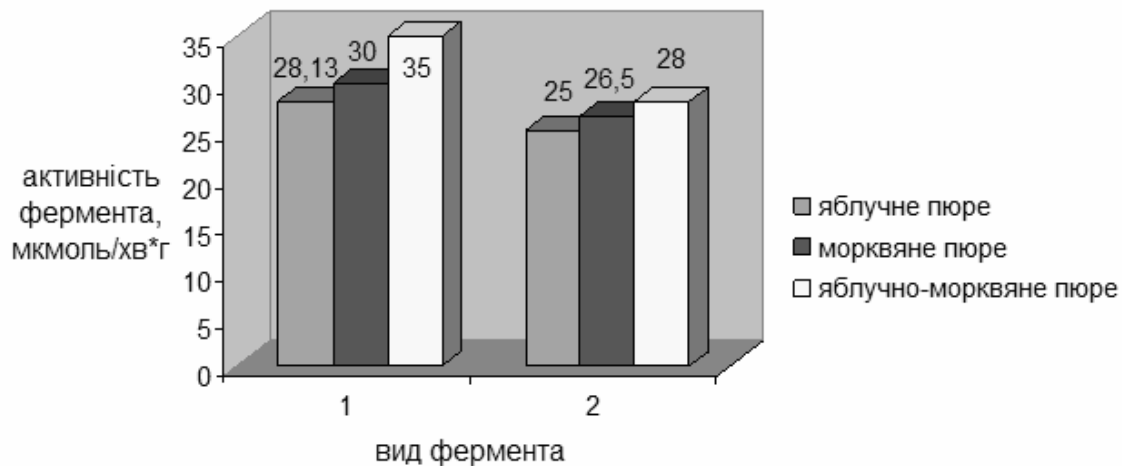


Рис. 8. Активність каталази та поліфенолоксидази в свіжопротертих пюре: 1 – каталаза; 2 – поліфенолоксидаза

Висновки

1. Мікрофлора свіжовиготовлених фруктово-овочевих пюре подібна і представлена родами *Acetobacter*, *Pseudomonas*, *Flavobacterium*, *Bacillus*, *Zygomonas*, *Acidomonas*, *Xanthomonas*. Мікрофлора фруктово-овочевих пюре "Карапуз" на 2-3 добу після відкриття консерви представлена в слідових кількостях. Вона характеризується родами *Xanthomonas* і *Acetobacter*. Крім того, було виявлено гриби родів *Penicillium*, *Rhizopus*.

2. За харчовою цінністю пюре "Карапуз" не поступаються свіжопротертим пюре, а іноді і переважають їх, наприклад, за вмістом вітаміну С.

3. Яблучне пюре можна рекомендувати як джерело вітаміну С, ферментів, органічних кислот; морквяне пюре, головним чином, – як джерело вітаміну А, білків; яблучно-морквяне пюре за більшістю біохімічних показників займає проміжне місце між яблучним і морквяним пюре.

4. У процесі зберігання в фабричних пюре "Карапуз" більшість біохімічних показників зменшується. Винятком є вуглеводи, кількість яких майже постійна протягом зберігання, і органічні кислоти, кількість яких повільно збільшується.

5. Холодильне зберігання дослідних продуктів протягом трьох діб не виключає їх придатність до вживання.

Список літератури

1. *Боровик Т. Э.* К вопросу о пищевой аллергии у детей первого года жизни // Теоретические и практические аспекты изучения питания человека. – М.: Медицина, 1980. – 185 с.

2. *Бренц М. Я.* Основные направления научных исследований по разработке продуктов детского питания // Теоретические и практические аспекты изучения питания человека. – М.: Медицина, 1980. – 186 с.

3. *Векірчик К. М.* Практикум з мікробіології. – К.: Либідь, 2001. – 143 с.

4. *Дружинина Л. В.* О дальнейшем улучшении организации питания детей раннего возраста // Педиатрия, 1987. – 25 с.

5. *Жвалецкий А. С.* Основные направления научных исследований в УкрНИИ консервной промышленности // Мат. конф. "Основные направления увеличения производства и пути повышения качества продуктов детского и диетического питания". – Одесса, 1977. – 16 с.

6. *Кисляковская В. Г., Васильева Л. П., Гурвич Д. Б.* Организация питания детей дошкольного возраста. – М.: Медицина, 1976. – 76 с.

7. Мазурин А. В. Учебное пособие по питанию здорового ребенка. – М.: Медицина, 1980. – 208 с.
8. Малигіна В. Д. Мікробіологічні основи консервування та зберігання харчових продуктів: Навч. посіб. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2007. – 107 с.
9. Мудрецова-Висс К. А. Микробиология. – М.: Экономика, 1978. – 198 с.
10. Метлицкий Л. В. Основы биохимии плодов и овощей. – М., 1975. – 123 с.
11. Методические указания к выполнению лабораторных работ по курсу "Микробиология с основами вирусологии" / Сост. Г. П. Липницкая и др. – Донецк: ДонНУ, 2002. – 55 с.
12. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме "Белковый обмен, ферменты, нуклеиновые кислоты и витамины" спецкурса "Большой практикум" / Сост. Бойко М. И., Запорожченко Е. В., Приседский Ю. Г. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 60 с.
13. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме "Углеводный обмен растений" спецкурса "Большой практикум" / Сост. Бойко М. И., Запорожченко Е. В., Приседский Ю. Г. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 45 с.
14. Методы общей бактериологии: В 3 т. / Под ред. Ф. Герхардта и др. – М.: Мир, 1984. – 234 с.
15. Основы рационального питания детей / Ладодо К. С., Отт В. Д. – К.: Здоров'я, 1987. – 256 с.
16. Определитель бактерий Бердже / Под ред. Дж. Хоулта и др. – М.: Мир, 1997. – 189 с.
17. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. – К.: Наук. думка. – 1976. – С. 220-224.
18. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
19. Солдатенков С. В. Обмен органических кислот у растений. – М., 1971. – 140 с.
20. Справочник по детской диететике / Воронцова И. М., Мазурина А. В. – Л.: Медицина, 1980. – 416 с.

Ветрова Е. В., Панфилова Е. Г. Влияние условий холодильного хранения на микрофлору и биохимические показатели продуктов детского питания. – Изучалось влияние условий холодильного хранения на микрофлору и биохимические показатели яблочно-морковного пюре "Карапуз" и аналогичных свежеприготовленных пюре. Во время хранения промышленного пюре "Карапуз" качество биохимических показателей снижается. Холодильное хранение исследуемых продуктов в течение трёх дней не исключает их пригодности к употреблению.

Ключевые слова: яблочно-морковное пюре, микрофлора, углеводы, органические кислоты, белки, ферменты, витамины.

Vetrova E. V., Panfilova E. G. The influence of cold keeping on the microflora and biochemical indices of the child's bottle-feeding products. – The influence of cold keeping on the microflora and biochemical indices of the bottle-feeding products apple-carrot puree "Karapuz", and analogous fresh-prepared puree was investigated. In the process of keeping in the manufacturing puree "Karapuz" the great quantity of biochemical indices brings down. From the point of view of sterility recommend the using of an apple-carrot puree after twenty-four hours of its keeping.

Key words: apple-carrot puree, microflora, carbohydrates, organic acids, proteins, enzymes, vitamins.

С. И. Демченко, Г. И. Мелихова
ПЛОДОНОШЕНИЕ МОНОСПОРОВЫХ КУЛЬТУР И ГИБРИДНЫХ ДИКАРИОНОВ
***PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.: FR.) KUMM.**
В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: sdemch5@mail.ru

*Демченко С. И., Мелихова Г. И. Плодоношение моноспоровых культур и гибридных дикарионов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. в лабораторных условиях. – Отобраны моноспоровые культуры *P. ostreatus*, перспективные для дальнейших этапов моноспоровой селекции. Выявлены общие факторы половой несовместимости для природных изолятов И-5 и Т-6. Монокарионы этих изолятов использованы для получения гибридных дикарионов с помощью аутбридинга. Установлено, что на индукцию плодообразования гибридов влияют геномы родительских моноспоровых культур и эффект их взаимодействия.*

Ключевые слова: монокарион, гибридный дикарион, факторы несовместимости, аутбридинг, плодоношение, примордий.

Введение

Искусственное выращивание съедобных грибов имеет большое значение в решении таких острых проблем современности, как устранение дефицита пищевого белка в рационе питания человека и охрана окружающей среды путём создания безотходных технологий. Для современного грибоводства характерно расширение объёмов и усовершенствование технологии культивирования вешенки обыкновенной (*Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm.) – съедобного дереворазрушающего базидиомицета, до недавнего времени мало известного в Европе. В настоящее время этот гриб является серьёзным конкурентом шампиньона двуспорового (*Agaricus bisporus* (J. Lange) Imbach.) – традиционного объекта промышленного грибоводства [2, 4]. Преимуществами видов рода *Pleurotus* перед другими культивируемыми грибами являются значительная конкурентоспособность по отношению к посторонней микрофлоре, способность усваивать из различных растительных отходов сельского хозяйства, лесоперерабатывающей и бумажной промышленности такие труднодоступные углеродные соединения, как целлюлоза и лигнин; простота технологии выращивания, исключаящей длительный процесс подготовки субстрата и необходимость использования покровной почвы; возможность применения отработанного субстрата в качестве удобрений или корма для сельскохозяйственных животных и т.п. [1].

Дальнейшее развитие производства вешенки в Украине требует создания высокопродуктивных отечественных гибридных штаммов этого гриба, пригодных для промышленного культивирования. Несмотря на значительную природную вариабельность генофонда видов рода *Pleurotus*, для создания штаммов, обладающих хозяйственно ценными признаками, необходима целенаправленная селекционная работа [1, 2].

Мутагенез – основной метод улучшения штаммов промышленных микроорганизмов – в селекции съедобных грибов находит ограниченное применение, в связи с маскировкой рецессивных мутаций доминантными аллелями дикого типа в гетерокарионе, а также отрицательным влиянием на продуктивность. Наиболее распространённым методом получения новых штаммов высших базидиомицетов остаётся гибридизация [3].

На кафедре физиологии растений Донецкого национального университета активно проводится работа, направленная на получение высокоурожайных штаммов *P. ostreatus* на основе многоступенчатой системы моноспоровой селекции, которая включает следующие этапы: отбор природных изолятов с ценными для производства признаками; получение моноспоровых культур; отбор монокарионов, способных образовывать примордии; подбор тест-культур, соответствующие каждому варианту сочетания факторов половой несовместимости; определение факторов несовместимости у отобранных моноспоровых культур; скрещивание совместимых монокарионов; отбор фертильных дикарионов в лабораторных и полупроизводственных условиях; производственное испытание гибридных штаммов [1].

Целью нашей работы было получить моноспоровые культуры и гибридные дикарионы *P. ostreatus* и изучить их способность к плодоношению в лабораторных условиях.

Объекты и методы исследования

В исследованиях использовали моноспоровые культуры двух природных изолятов *P. ostreatus* И-5 и Т-6, отобранные на первом этапе моноспоровой селекции [5], и гибридные дикарионы, полученные в результате межштаммового скрещивания.

Выделение моноспоровых культур проводили на картофельно-глюкозном агаре (КГА) в чашках Петри при температуре $+26\pm 1^\circ\text{C}$, используя метод последовательных десятикратных разбавлений [6]. Гомокариотичность полученных культур проверяли методом микроскопирования по отсутствию пружек на мицелии, характерных для дикарионов [1]. Моноспоровые изоляты маркировали индексом "m" – монокарион.

Гибридные дикарионы получали с помощью аутбридинга: попарно скрещивали на КГА совместимые монокарионы двух различных изолятов *P. ostreatus*. Срастание колоний происходило через 8-10 суток инкубации при температуре $+26\pm 1^\circ\text{C}$. Образование фертильных дикарионов устанавливали путём микроскопирования ($\times 800$) по наличию пружек в районе клеточных септ, что подтверждает миграцию ядер между срастиваемыми гомокариотическими мицелиями с последующим формированием генетического диплоида.

Выделение моноспоровых тестеров, гетероаллельных по *A*- и *B*-факторам половой несовместимости (по четыре для каждого изолята *P. ostreatus*), проводили следующим образом: 10 произвольно взятых моноспоровых культур, полученных от природного дикариона, скрещивали во всех возможных комбинациях на КГА в чашках Петри (по две гаплоидные культуры помещали на расстоянии 1,5-2 см друг от друга). Через 6-8 суток после начала инкубации при температуре $+26\pm 1^\circ\text{C}$ линию соприкосновения колоний диаметром 5-6 см микроскопировали ($\times 800$) для обнаружения пружек. Результаты наблюдений (присутствие или отсутствие пружек, наличие валика между колониями) записывали в таблицу. После этого осуществляли перегруппировку культур по признаку одинакового взаимодействия.

Для выявления общих факторов половой несовместимости у природных дикарионов *P. ostreatus* И-5 и Т-6 проводили скрещивания четырех взаимно несовместимых для каждого изолята монокариотических тестеров ("мон-мон"-скрещивания; всего 16 комбинаций). Скрещивания осуществляли на КГА в чашках Петри. Формирование дикарионов во всех 16 случаях свидетельствует о гетероаллельности природных изолятов по *A*- и *B*-факторам. 25% (4 случая из 16 возможных) совместимых комбинаций, сопровождающихся формированием дикарионов, свидетельствует о наличии общих аллелей *A*- и *B*-факторов половой несовместимости. Полная несовместимость между всеми монокариотическими тестерами двух изолятов (отсутствие формирования дикарионов при их скрещивании) свидетельствует о взаимной стерильности, то есть о принадлежности этих природных изолятов к разным биологическим видам (группам интерстерильности) [10].

Тест на образование примордиев моно- и дикарионами *P. ostreatus*, предложенный Г. Эгер [1], нами был модифицирован. Для этих целей в качестве субстрата использовали не агаризованную среду, приготовленную по методике Г. Эгера, с последующим добавлением 0,05 М Na-фосфатного буфера (рН 6,5) и 2%-го аспарагина, а увлажненную лузгу семян подсолнечника, которая широко применяется в промышленном грибоводстве. Увлажненный субстрат (9 г воздушно-сухой лузги и 36 мл водопроводной воды) помещали в колбы Эрленмейера емкостью 250 мл и стерилизовали в автоклаве в течение одного часа при 1,2-1,4 атм. Остывший субстрат засеивали инокулюмом, которым являлся блок глюкозо-картофельной агаровой среды (диаметром 0,7 см) с мицелием, вырезанным из зоны роста семисуточной культуры моно- или дикариона, адаптированных к темноте. Моноспоровые культуры и гибридные дикарионы вначале культивировали в полной темноте при температуре $+26\pm 1^\circ\text{C}$ до полного обрастания субстрата мицелием (темновая фаза), после чего колбы выставляли на стеллажи под лампы дневного света (интенсивность освещения составляла 1500 лк, температура – $+22^\circ\text{C}$) (световая фаза). В ходе световой фазы в течение

одного месяца фиксировали период инициации плодоношения и подсчитывали количество примордиев в одной колбе для каждой культуры.

Повторность всех проведенных опытов была трехкратной. Статистическую обработку полученных данных проводили с помощью методов однофакторного и двухфакторного дисперсионного анализа для равномерных комплексов, а также множественного сравнения средних по критериям Дункана, Даннета и Тьюки [7].

Результаты и обсуждение

Способность изолятов *P. ostreatus* образовывать примордии на монокариотической стадии развития является важным в селекционном отношении признаком, так как доказано, что для получения дикариона, обладающего повышенной способностью к плодоношению, необходимо провести скрещивание монокарионов, для которых также характерна высокая степень дифференциации мицелиальной ткани [1].

От двух природных изолятов *P. ostreatus* Т-6 и И-5, обладающих ценными признаками для промышленного грибоводства [5], получены по 60 моноспоровых культур, у которых изучена способность образовывать примордии на увлажненной лузге семян подсолнечника при температуре +22°C, близкой к оптимальной температуре для роста вегетативного мицелия.

Таблица 1

Плодоношение моноспоровых культур *P. ostreatus* на увлажненной лузге семян подсолнечника

Показатели	Материнские природные изоляты	
	Т-6	И-5
Общее количество монокарионов	60	60
Количество монокарионов, не образующих примордии	34	32
Количество монокарионов, образующих примордии	26	28
Количество монокарионов, образующих более 50 примордиев в одной колбе	4	5

Анализ данных, приведенных в табл. 1, показал, что способность к плодоношению обнаружена как у монокарионов, полученных от природного изолята Т-6 (43%), так и от изолята И-5 (47%). Однако во всех случаях зачатки плодовых тел, образовавшиеся на мицелии моноспоровых культур, не дифференцировались на шляпку и ножку: в одних случаях они оставались слабо выраженными, в других – за 4-5 суток развивались в уродливые коралловидные образования (рис. 1).

Время образования первых примордиев у монокарионов обоих изолятов варьировало от 7 до 27 суток с момента выставления колб на свет. При этом наименьший период инициации плодоношения (7-18 суток) обнаружен у 20% монокарионов изолята Т-6 и лишь у 13% монокарионов изолята И-5.

Исследуемые моноспоровые культуры формировали различное количество зачатков плодовых тел (от 2 до более 50 штук на одну колбу). Среднее их количество для большинства монокарионов изолята Т-6 составило 10-16, для монокарионов изолята И-5 – 7-14 штук на колбу. Для получения высокопродуктивных дикарионов нами были отобраны те моноспоровые культуры, которые формировали более 50 примордиев в одной колбе при температуре +22°C.

Аутбридинг предусматривает скрещивание совместимых моноспоровых культур, изолированных от двух разных природных дикарионов *P. ostreatus*. Поэтому перед нами стояла задача подобрать гаплоидные тест-культуры по факторам половой несовместимости для изолятов Т-6 и И-5 и выявить их принадлежность к одной интерстерильной группе.

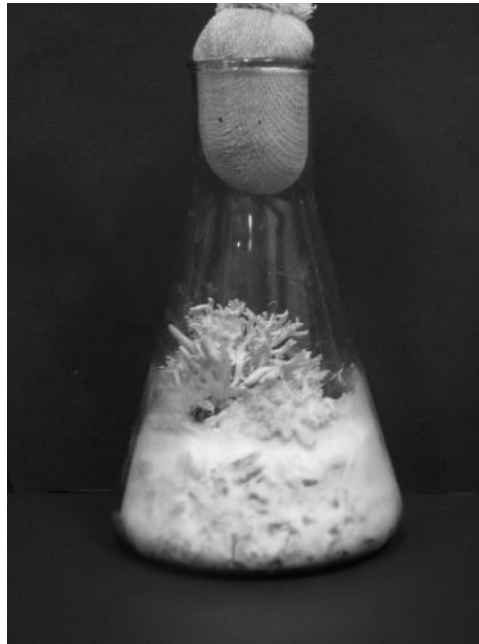


Рис. 1. Плодоношение монокариона m10 изолята Т-6 на увлажненной лузге семян подсолнечника

Вешенка обыкновенная относится к тетраполярным гетероталличным базидиомицетам, половой процесс у которых требует плазмогамии двух генетически различных гомокариотических мицелиев. У *P. ostreatus* показана бифакториальная система спаривания, при которой совместимость детерминируется двумя несцепленными генами (*A* и *B*) с множественными аллелями, причём каждый из этих генов имеет два локуса. В базидиоспорах одного плодового тела с одинаковой частотой образуются четыре комбинации *A*- и *B*-факторов: A_xB_x , A_yB_y , A_xB_y и A_yB_x [1, 3, 8]. Взаимные скрещивания sibсовых монокариотических изолятов, полученных из одного плодового тела, позволяют разделить их на четыре группы, различающиеся по типам спаривания (так называемые тестеры типов спаривания) [8].

Для подбора тест-культур были скрещены во всех возможных сочетаниях произвольно отобранные семь монокарионов *P. ostreatus* изолята Т-6 и 10 монокарионов изолята И-5 (табл. 2 и 3).

Таблица 2

**Результаты наблюдений в зоне контакта мицелиев
двух скрещиваемых монокарионов изолята *P. ostreatus* Т-6**

Монокарионы	m10	m14	m17	m22	m30	m31	m42
m10	–	+	–	+	–	+	=
m14	+	–	+	–	=	–	–
m17	–	+	–	+	–	+	=
m22	+	–	+	–	=	–	–
m30	–	=	–	=	–	=	+
m31	+	–	+	–	=	–	–
m42	=	–	=	–	+	–	–

Примечание. "+" – наличие пружек, "–" – пружки отсутствуют, "=" – валик из воздушного мицелия (здесь и в табл. 3-6).

**Результаты наблюдений в зоне контакта мицелиев
двух скрещиваемых монокарионов изолята *P. ostreatus* И-5**

Монокарионы	m10	m17	m20	m23	m24	m29	m33	m34	m41	m48
m10	-	+	+	+	-	-	-	=	-	-
m17	+	-	-	-	+	+	=	-	=	+
m20	+	-	-	-	+	+	=	-	=	+
m23	+	-	-	-	+	+	=	-	=	+
m24	-	+	+	+	-	-	-	=	-	-
m29	-	+	+	+	-	-	-	=	-	-
m33	-	=	=	=	-	-	-	+	-	-
m34	-	-	-	-	-	-	+	-	+	=
m41	-	=	=	=	-	-	-	+	-	-
m48	-	+	+	+	-	-	-	=	-	-

Нами выявлено три типа морфологии мицелиев в зоне контакта скрещиваемых монокарионов (рис. 2.).

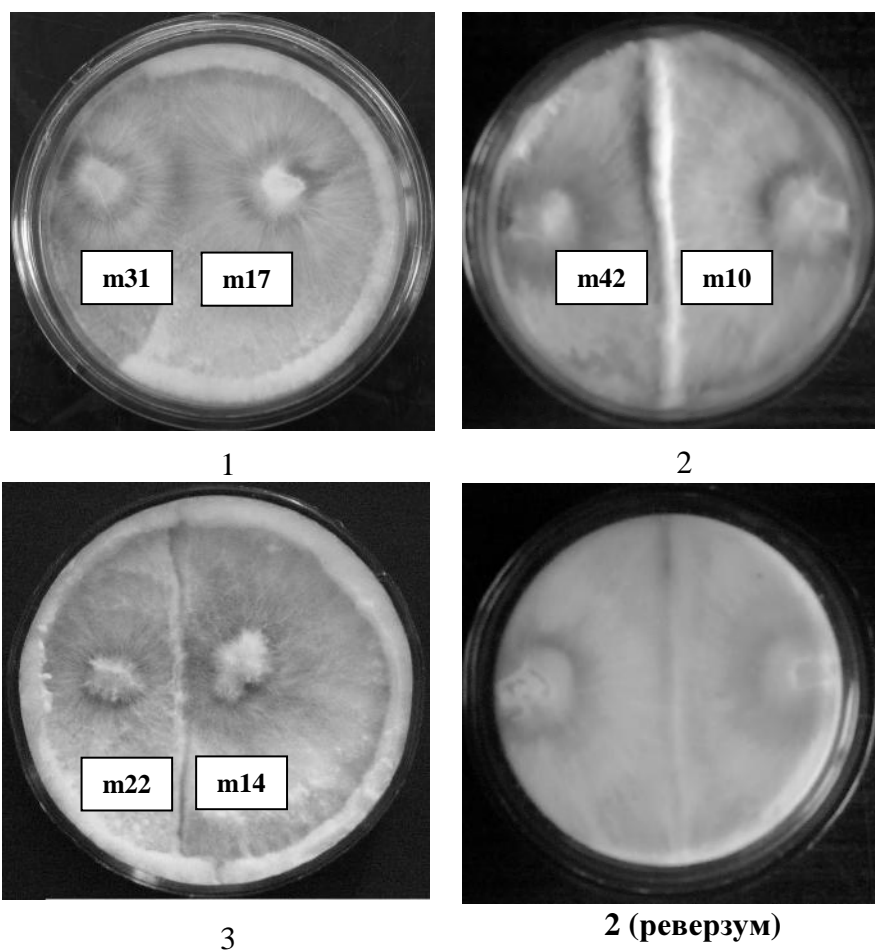


Рис. 2. Морфология мицелиев в зоне контакта скрещиваемых монокарионов природного изолята *P. ostreatus* Т-6

Первый тип (1): наблюдалось полное срастание мицелиев двух скрещиваемых монокарионов, в результате чего граница между двумя колониями была еле заметна. Реверзум в зоне контакта монокарионов был лишён пигментации. Происходила дикариотизация мицелиев, так как пряжки образовывались по всей площади колоний.

Второй тип (2): на линии контакта монокарионов образовывался валик ("барраж") из плотно переплетённого воздушного мицелия, наблюдалось окрашивание реверзума от светло-жёлтого до светло-коричневого цвета. Обнаружены псевдопряжки в зоне контакта колоний, что свидетельствует о затруднённой дикариотизации.

Третий тип (3): на линии контакта двух колоний монокарионов формировалась сплошная чётко выраженная граница за счёт слабого роста грибов, происходил лизис соприкасающихся мицелиев, реверзум не окрашивался. Пряжек на мицелии выявлено не было.

Согласно литературным данным [1, 8], первый тип морфологии мицелиев в зоне контакта колоний моноспоровых культур характерен для совместимых монокарионов ($A \neq B \neq$), второй тип – для монокарионов, совместимые только по фактору А ($A \neq B =$) и третий тип – для моноспоровых культур, совместимых только по фактору В ($A = B \neq$) или полностью несовместимых ($A = B =$).

После перегруппировки моноспоровых культур *P. ostreatus* по признаку одинакового взаимодействия, обнаружено следующее их распределение по факторам половой несовместимости (табл. 4-5):

Таблица 4

Распределение моноспоровых культур *P. ostreatus* изолята Т-6 по факторам половой несовместимости

Фактор	Монокарион	$A_x B_x$	$A_y B_y$	$A_x B_y$		$A_y B_x$		
		m30	m42	m10	m17	m14	m22	m31
$A_x B_x$	m30	–	+	–	–	=	=	=
$A_y B_y$	m42	+	–	=	=	–	–	–
$A_x B_y$	m10	–	=	–	–	+	+	+
	m17	–	=	–	–	+	+	+
$A_y B_x$	m14	=	–	+	+	–	–	–
	m22	=	–	+	+	–	–	–
	m31	=	–	+	+	–	–	–

Таблица 5

Распределение моноспоровых культур *P. ostreatus* изолята И-5 по факторам половой несовместимости

Фактор	Монокарион	$A_w B_w$				$A_z B_z$			$A_w B_z$		$A_z B_w$
		m10	m24	m29	m48	m20	m17	m23	m33	m41	m34
$A_w B_w$	m10	–	–	–	–	+	+	+	–	–	=
	m24	–	–	–	–	+	+	+	–	–	=
	m29	–	–	–	–	+	+	+	–	–	=
	m48	–	–	–	–	+	+	+	–	–	=
$A_z B_z$	m20	+	+	+	+	–	–	–	=	=	–
	m17	+	+	+	+	–	–	–	=	=	–
	m23	+	+	+	+	–	–	–	=	=	–
$A_w B_z$	m33	–	–	–	–	=	=	=	–	–	+
	m41	–	–	–	–	=	=	=	–	–	+
$A_z B_w$	m34	=	=	=	=	–	–	–	+	+	–

Обнаружение четырёх различных групп моноспоровых культур от одной базидиомы при взаимных скрещиваниях служило подтверждением тетраполярности исследуемых природных изолятов вешенки.

Вешенка обыкновенная – комплексный вид с неясными границами, представленный в природе несколькими интерстерильными группами. Существуют так называемые "летние" и "осенние" штаммы *P. ostreatus*, различающиеся по срокам плодоношения, размерам и окраске плодовых тел. Некоторые исследователи выделяют также третью интерстерильную группу – промежуточную [9, 10]. Для определения групп интерстерильности необходимы скрещивания гаплоидных тест-культур гриба.

С целью выявления общих факторов половой несовместимости у природных изолятов *P. ostreatus* Т-6 и И-5 проводили скрещивания четырех взаимно несовместимых для каждого изолята тестеров (4 × 4, всего 16 комбинаций). При анализе полученных результатов обнаружено, что зона контакта между колониями скрещиваемых моноспоровых культур была недифференцированной. Микроскопирование (×800) показало наличие на мицелии партнёров регулярных крупных пряжек (табл. 6). Формирование фертильных дикарионов во всех 16 случаях свидетельствовало о гетероаллельности родительских изолятов по А- и В-факторам половой несовместимости.

Таблица 6

Результаты наблюдений в зоне контакта мицелиев скрещиваемых монокариотических тестеров природных изолятов *P. ostreatus* Т-6 и И-5

Фактор	Тест-культура	A _w B _w	A _w B _z	A _z B _w	A _z B _z
		И-5 m24	И-5 m33	И-5 m34	И-5 m17
A _x B _x	Т-6 m30	+	+	+	+
A _x B _y	Т-6 m42	+	+	+	+
A _y B _x	Т-6 m17	+	+	+	+
A _y B _y	Т-6 m31	+	+	+	+

Следовательно, природные изоляты И-5 и Т-6 относятся к одной интерстерильной группе, скорее всего, к группе "типично осенних" вешенок. Это подтверждается комплексом морфологических признаков, характерных для базидиом, из которых были выделены дикариотические тканевые культуры. Карпофоры у исследуемых изолятов были очень крупные (до 19 см в диаметре), окраска шляпок – темно-бурая. Споровый порошок имел слабый розовый оттенок.

На следующем этапе наших исследований были скрещены совместимые монокарионы *P. ostreatus*, способные образовывать большое количество примордиев (более 50 в одной колбе). В результате аутбридинга получены 15 дикариотических штаммов (табл. 7).

Проверка гибридных дикарионов на образование примордиев при температуре +22°С показала, что все они наследовали этот ценный признак от составляющих их монокарионов. Однако гибриды значительно различались по срокам инициации плодоношения как между собой, так и в сравнении с родительскими монокарионами и исходными природными изолятами. У 40% гибридных дикарионов индукция плодообразования началась раньше, чем у исходных природных дикарионов *P. ostreatus* (на 4-5-е сутки световой стадии культивирования).

На индукцию плодоношения оказывали влияние как "материнский", так и "отцовский" геномы, а также эффект их взаимодействия. Например, доминирование "материнского" генома выявлено у дикариотических культур Д 4.1, Д 4.2, Д 4.3 и Д 4.4. Будучи потомками одного и того же монокариона (m42) изолята Т-6, они характеризовались одинаково ранним началом плодообразования вне зависимости от свойств "отцовских" монокарионов. Гибриды Д 1.1 и Д 3.3 наследовали способность к раннему плодоношению от "отцовских" монокарионов. У большинства гибридных дикарионов (53%) наблюдался гетерозисный эффект – ускоренная индукция плодообразования по сравнению с родительскими монокарионами.

**Плодоношение монокарионов и дикарионов *P. ostreatus*
на увлажненной лузге семян подсолнечника**

Природные дикарионы	Период инициации плодоношения, сут.		
Т-6	7 ± 0,4		
И-5	8 ± 0,7		
Гибридные дикарионы	"материнский" монокарион	"отцовский" монокарион	гибрид
	$A_X B_X$	$A_W B_W$	$A_X B_X \times A_W B_W$
Д 2.2 (m30 × m29)	8 ± 0,6	12 ± 0,5	5 ± 0,3*
Д 2.5 (m30 × m48)	8 ± 0,2	11 ± 0,7	4 ± 0,9*
	$A_X B_X$	$A_W B_Z$	$A_X B_X \times A_W B_Z$
Д 2.4 (m30 × m41)	8 ± 0,9	12 ± 0,3	5 ± 0,6*
	$A_X B_X$	$A_Z B_W$	$A_X B_X \times A_Z B_W$
Д 2.3 (m30 × m34)	8 ± 0,5	22 ± 0,9	5 ± 0,6*
	$A_X B_X$	$A_Z B_Z$	$A_X B_X \times A_Z B_Z$
Д 2.1 (m30 × m20)	8 ± 0,2	10 ± 0,7	5 ± 0,1*
	$A_X B_Y$	$A_W B_W$	$A_X B_Y \times A_W B_W$
Д 4.2 (m42 × m29)	7 ± 0,4	12 ± 0,8	8 ± 0,7
Д 4.4 (m42 × m48)	7 ± 0,6	11 ± 0,3	8 ± 0,5
	$A_X B_Y$	$A_W B_Z$	$A_X B_Y \times A_W B_Z$
Д 4.3 (m42 × m41)	7 ± 0,1	12 ± 0,8	7 ± 0,4
	$A_X B_Y$	$A_Z B_Z$	$A_X B_Y \times A_Z B_Z$
Д 4.1 (m42 × m20)	7 ± 0,8	10 ± 0,3	7 ± 0,5
	$A_Y B_X$	$A_W B_W$	$A_Y B_X \times A_W B_W$
Д 1.1 (m17 × m29)	20 ± 0,4	12 ± 0,7	13 ± 0,2
Д 1.2 (m17 × m48)	20 ± 0,6	11 ± 0,1	7 ± 0,9
	$A_Y B_X$	$A_W B_Z$	$A_Y B_X \times A_W B_Z$
Д 1.3 (m17 × m41)	20 ± 0,5	12 ± 0,2	8 ± 0,8
	$A_Y B_Y$	$A_W B_Z$	$A_Y B_Y \times A_W B_Z$
Д 3.3 (m31 × m41)	19 ± 0,6	12 ± 0,5	12 ± 0,4
	$A_Y B_Y$	$A_Z B_W$	$A_Y B_Y \times A_Z B_W$
Д 3.2 (m31 × m34)	19 ± 0,3	22 ± 0,8	13 ± 0,6
	$A_Y B_Y$	$A_Z B_Z$	$A_Y B_Y \times A_Z B_Z$
Д 3.1 (m31 × m20)	19 ± 0,4	10 ± 0,7	5 ± 0,3*

Примечания:

- * – культуры, начавшие плодоносить раньше природных изолятов;
- $A_X B_X$, $A_X B_Y$, $A_Y B_X$, $A_Y B_Y$ – факторы половой несовместимости моноспоровых культур изолята Т-6;
- $A_W B_W$, $A_W B_Z$, $A_Z B_W$, $A_Z B_Z$ – факторы половой несовместимости моноспоровых культур изолята И-5.

Количество зачатков плодовых тел у полученных дикарионов варьировало от 2 (Д 1.2) до более 20 штук (Д 2.5, Д 3.1, Д 4.2) на одну колбу. Большинство исследуемых гибридов образовывали по 8-12 примордиев на колбу. Как правило, из-за ограниченного количества субстрата, дальнейшее развитие получали 2-3 примордия в каждом сростке, подавляя рост и дифференциацию соседних зачатков, что соответствует литературным данным [1, 2]. Из

примордиев, образовавшихся на мицелии гибридных дикарионов в течение 4-6 суток развивались нормальные плодовые тела, дифференцированные на эксцентрическую ножку и шляпку с выраженным гименофором. Окраска шляпок была тёмно-бурой, как и у родительских природных дикарионов *P. ostreatus*.

Таким образом, полученные данные по наибольшему влиянию эффекта взаимодействия родительских моноспоровых культур на фенотипическую изменчивость индукции плодообразования гибридных дикарионов могут быть использованы для создания генетических программ улучшения штаммов *P. ostreatus*.

Выводы

1. Способность к образованию примордиев на увлажненной лузге семян подсолнечника при температуре +22°C выявлена у 43 и 47% монокарионов, полученных от природных изолятов *P. ostreatus* Т-6 и И-5 соответственно. Зачатки плодовых тел, образовавшиеся на мицелии моноспоровых культур, развивались в уродливые кораллоподобные образования и не дифференцировались на шляпку и ножку. Для получения высокопродуктивных дикарионов отобраны моноспоровые культуры, которые формировали более 50 примордиев в одной колбе. Половой статус отобранных монокарионов соответствовал тетраполярной системе несовместимости.

2. Установлено, что природные дикарионы *P. ostreatus* Т-6 и И-5 гетероаллельны по А- и В-факторам половой несовместимости и относятся к одной интерстерильной группе.

3. Все гибридные дикарионы *P. ostreatus*, полученные в результате межштаммового скрещивания, наследовали способность к плодоношению при температуре +22°C от составляющих их монокарионов. На индукцию плодообразования оказывали влияние как "материнский", так и "отцовский" геномы, а также эффект их взаимодействия.

Список литературы

1. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование съедобных грибов рода вешенка. – К.: Наук. думка, 1987. – 148 с.

2. Бухало А. С. Сучасні тенденції культивування грибів із роду *Pleurotus* // Укр. ботан. журн. – 1990. – Т. 47, № 2. – С. 101-104.

3. Дьяков Ю. Т., Камзолкина О. В., Грубее Е. Т. Проблемы генетики и селекции съедобных грибов (обзор) // Прикладная биохимия и микробиология. – 1996. – Т. 32, № 4. – С. 382-385.

4. Горленко М. В. Грибы как источник пищевых белков // Микология и фитопатология. – 1983. – Т. 17, № 3. – С. 177-180.

5. Меліхова Г. І., Тюфкій А. В., Демченко С. І. Дослідження деяких біологічних властивостей природних ізолятів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. // Зб. тез III Міжнар. наук. конф. студентів і аспірантів "Молодь та поступ біології" (м. Львів, 23-27 квітня 2007 р.). – Львів, 2007. – С. 430-431.

6. Методы экспериментальной микологии: Справочник / Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. и др. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.

7. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів: Навч. посібник. – Донецьк: ТОВ "Норд Компьютер", 1999. – 210 с.

8. Сухомлин М. М. Статеве розмноження вищих базидіоміцетів. – Донецьк: ДонНУ, 2001. – 173 с.

9. Шнырёва А. В., Белоконь Ю. С., Белоконь М. М. Вариабельность изоферментных спектров природных штаммов *Pleurotus ostreatus*, собранных на территории Московской области // Микология и фитопатология. – 2004. – Т. 38, № 2. – С. 59-66.

10. Шнырёва А. В., Дружинина И. С., Дьяков Ю. Т. Генетическая структура комплекса *Pleurotus ostreatus sensu lato* на территории Московской области // Генетика. – 1998. – Т. 34, № 12. – С. 1610-1618.

Демченко С. І., Меліхова Г. І. Плодоношення моноспорових культур і гібридних дикаріонів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. у лабораторних умовах. – Відібрано моноспорові культури *P. ostreatus*, що є перспективними для подальших етапів моноспорової селекції. Виявлено загальні фактори статевої несумісності для природних ізолятів І-5 та Т-6. Монокаріони цих ізолятів використано для одержання гібридних дикаріонів за допомогою аутбридингу. Встановлено, що на індукцію плодоутворення гібридів впливають геноми батьківських моноспорових культур і ефект їх взаємодії.

Ключові слова: монокаріон, гібридний дикаріон, фактори несумісності, аутбридинг, плодоношення, примордій.

Demchenko S. I., Melihova G. I. Fruiting of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. monokaryotic isolates and dikaryotic hybrids in laboratory condition. – The homokaryotic isolates of perspective for the further stage monokaryotic selection are selected. The general sexual incompatibility factors are revealed for *P. ostreatus* field isolates I-5 and T-6. The homokaryotic cultures these isolates are used for reception of dikaryotic hybrids by means of outbreeding. The influence of homokaryotic parental genomes and effect of their interaction on fruit-forming induction of hybrid strains is established.

Key words: monokaryon, dikaryotic hybrid, incompatibility factors, outbreeding, fruiting, primordium.

Н. В. Дорошкевич¹, П. А. Сичов¹, Н. П. Ткаченко¹, В. М. Шевкопляс²
ВПЛИВ ЛАЗЕРНОГО ОПРОМІНЕННЯ НА МОРФО-БІОЛОГІЧНІ ПОКАЗНИКИ
ТА ВРОЖАЙНІСТЬ ГРИБА *PLEUROTUS OSTREATUS* (JACQ.:FR.) KUMMER

¹Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: nelya_dor@mail.ru

²Інститут фізико-органічної хімії і вуглехімії ім. Л. М. Литвиненка НАН України
83114, м. Донецьк, вул. Р. Люксембург, 70

*Дорошкевич Н. В., Сичов П. А., Ткаченко Н. П., Шевкопляс В. М. Вплив лазерного опромінення на морфо-біологічні показники та врожайність гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer.* – Вивчено вплив лазерного опромінення (5-30 хв.) маточного міцелію на морфо-біологічні характеристики культур гриба *P. ostreatus* (Д-140, В-99, К-99). Встановлено взаємозв'язок між середньодобовою радіальною швидкістю росту (К_r) гриба та врожайністю вивчених культур. Простежено за впливом опроміненого міцелію на взаємозв'язок між коефіцієнтом габітусу (К), вагою плодового тіла й біологічною ефективністю гриба (БЕ).

Ключові слова: лазерне опромінення, маточний міцелій, морфо-біологічні характеристики, показники продуктивності.

Вступ

Гриб *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer є одним із перспективних компонентів екологічно чистих харчових продуктів, які мають високу біологічну активність із лікувально-профілактичними властивостями. Інтенсивне культивування цього гриба на целюлозо-лігнінмістних відходах сільського та лісового господарства й деревиннопереробної промисловості з подальшим використанням відпрацьованих субстратів у якості кормової добавки в тваринництві або як добриво у тепличному господарстві, дозволяє зробити виробництво їстівного гриба *P. ostreatus* безвідхідним [1, 13]. Останнім часом зусилля вчених спрямовано на інтенсифікацію технологічного процесу культивування гливи. Базуючись на класичних методиках вирощування їстівних грибів дослідники додають нові технологічні елементи до цього процесу, що спрямовані на підбір живильного субстрату, скорочення термінів культивування, підвищення врожайності і якості плодових тіл. Вирішення цих питань можливо завдяки поєднанню знань щодо фізіології грибів, які культивуються, й факторів навколишнього середовища, що впливають на їх ріст і розвиток [12]. Одним із таких факторів є світло, яке відіграє важливу роль у житті багатьох видів грибів. Характер впливу світла на життєдіяльність гриба залежить від спектрального складу світлового випромінювання та його інтенсивності і може сприйматися як стимулююча або інгібуюча дія на будь-яку фазу розвитку грибного організму (зміна вегетативного росту, плодоношення) чи зміну його біохімічних показників [8]. Дані дослідження [12] свідчать про позитивний вплив УФ- і γ -опромінення на врожайність плодових тіл гриба *P. ostreatus*, а авторами [13, 14] було встановлено, що лазерне опромінення стимулює проростання спор і міцеліальний ріст, сприяє значному скороченню періоду росту гриба до початку плодоношення і терміну плодоношення, збільшує врожайність плодових тіл гриба.

Важливим напрямом у грибівництві є швидке визначення перспективності культури під впливом різних чинників. Перспективність використання гриба оцінюють за багатьма факторами. У якості критеріїв добору можуть бути морфологічні показники, лінійна швидкість росту, накопичення грибної біомаси, рН культурального фільтрату, здатність гриба утилізувати різні джерела вуглецю та азоту, ефективність використання живильного субстрату й здатність утворювати репродуктивні органи [2, 9]. Вважається доцільним під час добору найбільш продуктивної культури використовувати водночас декілька критеріїв [2]. Однак такий підхід збільшує термін визначення перспективності нової культури гриба задля подальшого використання її в промисловому грибівництві. На наш погляд, найбільш зручним є підхід, запропонований авторами [2, 3], за яким пропонується проводити добір продуктивних штамів на стадії чистої культури на підставі результатів кореляційного зв'язку між лінійною швидкістю росту міцелію та плодоношенням гриба.

Метою нашої роботи було вивчення впливу лазерного опромінення на лінійний ріст вегетативного (маточного) міцелію, а також його тривалості на морфо-біологічні показники та врожайність плодових тіл гриба *P. ostreatus*, та виявлення взаємозв'язку між лінійними параметрами та біологічною ефективністю процесу.

Матеріали та методи досліджень

Об'єктами дослідження були штамп Д-140 із колекції кафедри фізіології рослин Донецького національного університету та ізоляти В-99 і К-99, зібрані у різних кліматичних умовах, які добре відзначилися в попередніх скрінингових дослідженнях [4, 5]. Для вивчення впливу лазерного опромінення на середньодобову радіальну швидкість росту (K_r) культур гриба *P. ostreatus* маточний міцелій ізолятів В-99 і К-99 та штаму Д-140 вирощували протягом семи діб на сусло-агарі (4° за Балингом) у стандартних чашках Петрі (діаметром 9 см) і опромінювали за допомогою апарата АЛОУ-2. Тривалість опромінення – 5-30 хв. за довжиною хвилі 620 нм. Зона опромінення була на відстані 2 см від місця інокуляції. Опромінений міцелій у подальшому використовували для інокуляції сусло-агарового середовища (4° за Балингом) у пробірках (20 x 2 см). Для інокуляції контрольних пробірок використовували неопромінені культури гриба, при цьому інокулюм брали з ділянок міцелію, що відповідав опроміненій зоні в дослідних чашках Петрі. Гриб культивували при температурі 26°C. Швидкість росту (мм/доб) розраховували за лінійним приростом міцелію за кожен добу культивування. Загальна тривалість росту гриба була 9 діб. Після повного обростання агаризованого середовища міцелієм пробірки з культурою *P. ostreatus* використовували для одержання посівного міцелію за методикою [6] з метою подальшого вивчення тривалості впливу лазерного опромінення на плодоношення гриба.

Інтенсивне культивування гриба *P. ostreatus* було проведено за методикою [6, 7]. Його врожайність розраховували через відношення маси свіжих плодових тіл до маси вологого субстрату (г/кг).

Біологічну ефективність (БЕ, %) визначали за формулою [16, 17]:

$$БЕ = \frac{m}{m_1} \times 100, \quad (1)$$

де m – маса свіжих плодових тіл, г; m_1 – маса сухого субстрату, г.

Для характеристики пропорційності плодових тіл використовували формулу визначення коефіцієнта габітусу (K , ум. од.), запропоновану С. Ф. Негруцьким із співавторами [11]:

$$K = \frac{X - Y}{X - Z}, \quad (2)$$

де K – коефіцієнт габітусу, у. о.; X – діаметр шапинки, см; Y – довжина ніжки до шапинки, см; Z – максимальний діаметр ніжки, см.

Досліди проводили в триразовій повторності. Отримані дані обробляли статистично за методами [10, 15] та за допомогою комп'ютерної програми Origin 7.

Результати досліджень

Результати щодо впливу лазерного опромінення на середньодобову радіальну швидкість росту (K_r), появу примордіїв першої та другої хвилі плодоношення та характеристику плодового тіла гриба надані в табл. 1. Видно, що тривалість лазерного опромінення 5-25 хв. збільшувало K_r у ізоляту В-99 до 10,46 мм/добу порівняно з контролем (9,13 мм/добу). У ізоляту К-99 спостерігалось первісне зниження K_r при тривалості опромінення 5-15 хв. з подальшим збільшенням цього показника до 20-30 хв. Значення K_r при тривалості опромінення 5-30 хв. у штаму Д-140 незначно відрізнялося від контролю (10,34 мм/добу).

Таблиця 1

Вплив тривалості лазерного опромінення міцелію на середньодобову радіальну швидкість росту (K_r), появу примордіїв і характеристику плодового тіла *P. ostreatus*

Тривалість опромінення, хв.	K_r , мм/добу	Поява примордіїв, доба		Характеристика плодового тіла		
		1 хвиля	2 хвиля	вага, г	діаметр шапинки, см	довжина ніжки, см
штам Д-140						
контроль	10,34±0,95	26±1	49±1	8,5±0,4	5,5±0,2	5,2±0,9
5	10,78±0,88	15±1	33±5	10,6±0,6	6,9±0,5	5,5±0,9
10	10,46±0,69	14±1	33±7	7,0±0,5	5,0±0,8	6,0±0,8
15	10,42±1,01	16±1	34±7	11,8±0,6	6,5±0,3	5,3±0,2
20	10,40±1,15	16±1	34±4	8,7±0,3	5,8±0,2	5,5±0,3
25	9,58±0,78	14±1	31±3	7,8±0,4	5,9±0,1	5,5±0,3
30	9,79±0,73	14±1	33±3	10,0±0,7	5,9±0,1	4,7±0,7
ізолят В-99						
контроль	9,13±0,82	26±1	56±3	17,9±2,3	7,1±0,3	2,9±0,3
5	10,46±1,07	23±1	46±5	17,8±1,9	7,2±0,2	2,5±0,4
10	10,35±0,94	21±1	56±6	20,3±2,3	7,3±0,2	3,5±0,5
15	10,40±0,85	21±1	44±1	21,8±1,5	7,3±0,3	3,4±0,2
20	10,45±1,07	21±1	50±2	16,1±1,1	7,1±0,3	3,0±0,1
25	10,09±0,76	22±2	41±1	20,0±1,2	7,4±0,7	2,9±0,3
30	8,68±0,63	21±1	43±1	17,5±2,5	7,8±0,8	3,8±0,4
ізолят К-99						
контроль	9,08±0,81	27±3	64±1	17,8±1,8	7,7±0,7	2,6±0,6
5	8,81±0,79	28±1	59±1	11,0±1,5	6,2±0,5	2,0±0,7
10	8,91±0,87	27±2	49±5	12,2±1,6	6,8±0,3	2,5±0,6
15	8,30±0,81	26±3	55±1	16,3±1,7	7,4±0,7	2,2±0,7
20	9,53±0,0,72	27±1	46±4	20,1±1,3	8,0±0,2	2,1±0,7
25	9,85±0,94	27±1	59±1	13,6±1,5	6,9±0,7	2,6±0,9
30	10,35±0,99	27±2	60±1	13,6±1,6	6,9±0,7	2,0±0,9

Примітка. Час повного обростання субстрату міцелієм гриба складав 11±1 діб.

Як свідчать дані табл. 1, тривалість лазерного опромінення впливала на час появи примордіїв першої і другої хвилі плодоношення культур гриба *P. ostreatus*. Лазерне опромінення стимулювало більш швидкий розвиток примордіїв у штаму Д-140 й ізолятів В-99 і К-99 порівняно з контролем у 1,1-1,9 рази в першій і в 1,1-1,6 рази в другій хвилях плодоношення. Встановлено, що у ізоляту К-99 строки появи примордіїв першої хвилі плодоношення були однакові з контролем. Для В-99 лазерне опромінення тривалістю 10 хв. не прискорювало час появи примордіїв другої хвилі плодоношення.

Результатами досліджень було доведено, що лазерне опромінення маточного міцелію різної тривалості впливало на характеристику плодового тіла гриба після його культивування. Так, для штаму Д-140 тривалість опромінення 5, 15 і 30 хв позитивно впливала на збільшення ваги плодового тіла в 1,2-1,4 рази порівняно з контролем. В той же час тривалість опромінення 10 і 25 хв. мала негативний вплив на вагу плодового тіла, яка на 4-21% зменшувалася порівняно з контролем. Термін опромінення 20 хв. мав незначний вплив на вагу плодового тіла штаму Д-140 на відміну від контролю. Для ізоляту В-99 опромінення різної тривалості не мало істотного впливу на цей показник. Виключення склало опромінення тривалістю 20 хв., яке призводило до зменшення ваги плодового тіла на 10%

порівняно з контролем. Для ізоляту К-99 тривалість опромінення 5-10 хв. і 25-30 хв. зменшувала вагу плодового тіла в 1,3-1,6 рази в порівнянні з контролем. В той же час значення даного показника при тривалості опромінення 15-20 хв. істотно не відрізнялися від значень контролю.

З табл. 1 видно, що тривалість лазерного опромінення маточного міцелію не впливала на діаметр шапинки, що не відрізнявся від контролю для всіх зазначених культур *P. ostreatus*. Деякі відмінності мав штам Д-140, у якого при тривалості опромінення 5-15 хв. діаметр шапинки збільшувався в 1,2-1,3 рази порівняно з контролем, а у ізоляту К-99 при тривалості опромінення 5 хв. діаметр шапинки зменшувався в 1,2 рази щодо контролю.

Можна зазначити, що тривалість опромінення не мала суттєвого впливу на довжину ніжки гриба. Водночас деякі відмінності мав ізолят В-99, у якого 30 хв. опромінення збільшувало даний показник у 1,3 рази.

Вплив тривалості лазерного опромінення маткового міцелію на коефіцієнт габітусу (К, у. о.) і врожайність плодових тіл культур *P. ostreatus* показано на рис. 1 і 2.

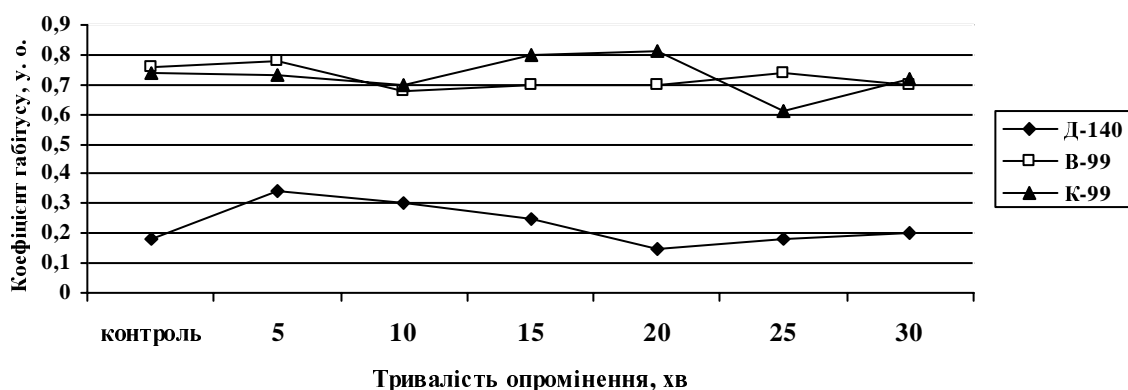


Рис. 1. Вплив тривалості лазерного опромінення міцелію на коефіцієнт габітусу штаму Д-140 й ізолятів В-99 і К-99 гриба *P. ostreatus*

Для ізолятів В-99 і К-99 (див. рис. 1) підрахований коефіцієнт габітусу (К, у. о.) коливався в межах 0,7-0,8 ум. од., а для штаму Д-140 тривалість опромінення 5-15 хв. призводила до зміни цього показника (0,34-0,25 ум. од.). Тривалість опромінення більше ніж 15 хв. не мало суттєвого впливу на значення коефіцієнта габітусу плодових тіл культури Д-140 і не відрізнялися від контролю (0,15-0,18 ум. од.).

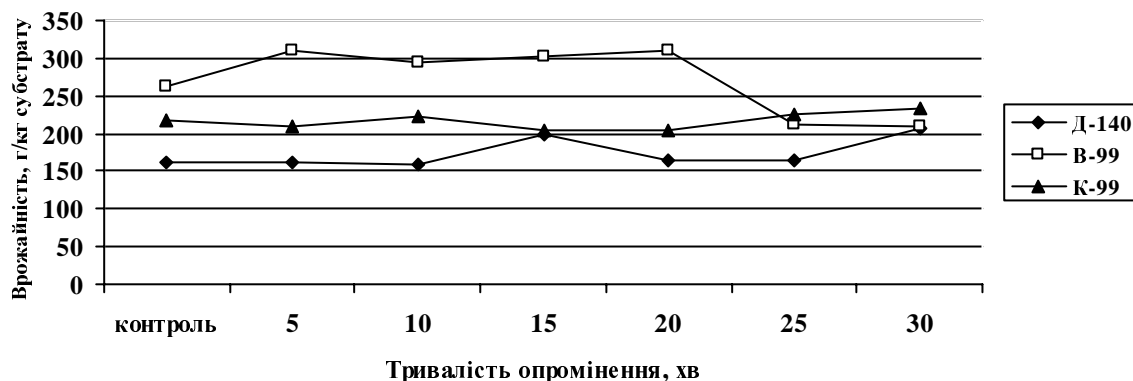


Рис. 2. Вплив тривалості лазерного опромінення міцелію на врожайність штаму Д-140 й ізолятів В-99 і К-99 гриба *P. ostreatus*

З рис. 2 видно, що тривалість опромінення маточного міцелію 20 і 30 хв. підвищувала врожайність штаму Д-140 у 1,2-1,3 рази порівняно з контролем (200,0 і 208,1 г/кг, відповідно). Лазерне опромінення маточного міцелію 5-15 хв. і 25 хв. не мало впливу на врожайність штаму Д-140, яка не відрізнялась від значень контролю. Для ізоляту В-99 тривалість лазерного опромінення 5-20 хв. збільшувала його врожайність на 10-20%, а тривалість опромінення 25-30 хв., навпаки, сприяла зменшенню врожайності плодкових тіл на 20-30%. На рис. 2 показано, що врожайність ізоляту К-99 не змінювалась під дією лазерного опромінення (5-20 хв.), однак при збільшенні тривалості опромінення 25-30 хв. дещо підвищувалась на 4-7%.

На підставі отриманих даних простежено за взаємозв'язком між середньодобовою радіальною швидкістю росту (K_r) культур гриба *P. ostreatus* під дією лазерного опромінення і результатами інтенсивного культивування (БЕ, %) грибу (рис. 3-5).

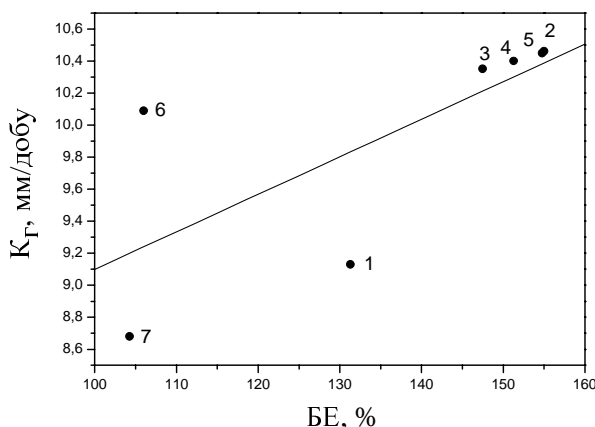


Рис. 3. Вплив тривалості лазерного опромінення (5-30 хв.) на взаємозв'язок між середньодобовою радіальною швидкістю росту (K_r) міцелію ізоляту В-99 і показниками його біологічної ефективності (БЕ)

З рис. 3 видно, що між ростом міцелію (K_r) ізоляту В-99 на агаризованому сушевому середовищі під дією лазерного опромінення та показниками його БЕ на твердому субстраті (лушпинні соняшника) спостерігається кількісний взаємозв'язок, який можна описати рівнянням $y = 6,76 + 0,023 x$, з коефіцієнтом кореляції $R = 0,721$.

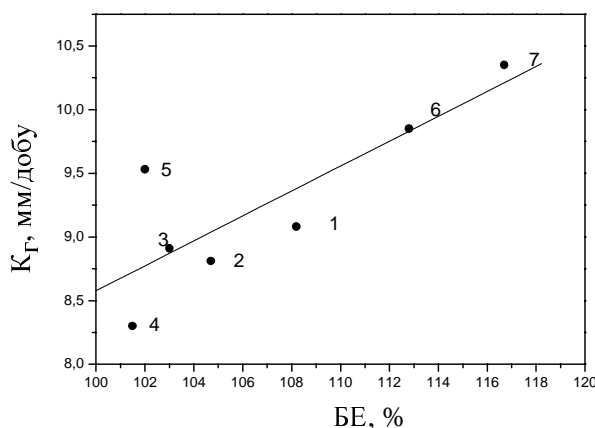


Рис. 4. Вплив тривалості лазерного опромінення (5-30 хв.) на взаємозв'язок між середньодобовою радіальною швидкістю росту (K_r) міцелію ізоляту К-99 і показниками його біологічної ефективності (БЕ)

З рис. 4 видно, що для ізоляту К-99 між параметром K_r на суусловому середовищі та показниками його БЕ (%) також спостерігається взаємозв'язок з рівнянням $y = -1,215 + 0,097x$. У цьому випадку підрахований коефіцієнт кореляції дорівнював 0,827.

З рис. 5 видно, що для штаму Д-140 не виявлено чіткого взаємозв'язку з рівняння $y = 25,46 + (-0,187) x$, що, можливо, пов'язане з біологічними властивостями штаму, а також із властивою йому стійкістю до впливу лазерного опромінення (див. табл. 1, рис. 1-2). Коефіцієнт кореляції у цьому випадку склав $-0,4761$.

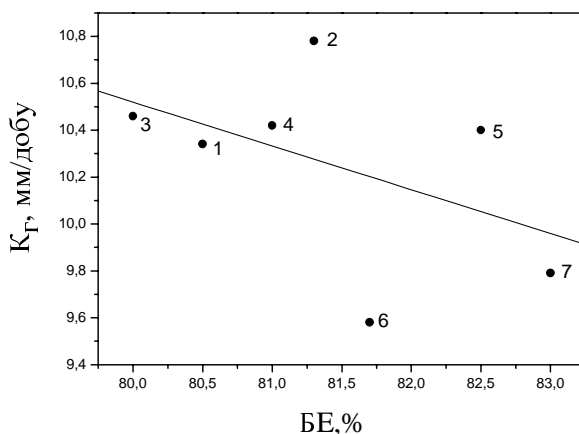


Рис. 5. Вплив тривалості лазерного опромінення (5-30 хв.) на взаємозв'язок між середньодобовою радіальною швидкістю росту (K_r) міцелію ізоляту Д-140 і показниками його біологічної ефективності (БЕ)

Наступним етапом роботи було вивчення впливу опроміненого міцелію на взаємозв'язок між характеристиками плодового тіла (K , ум. од., вага плодового тіла, г) вивчених культур і показниками біологічної ефективності (БЕ, %) гриба (рис. 6-7).

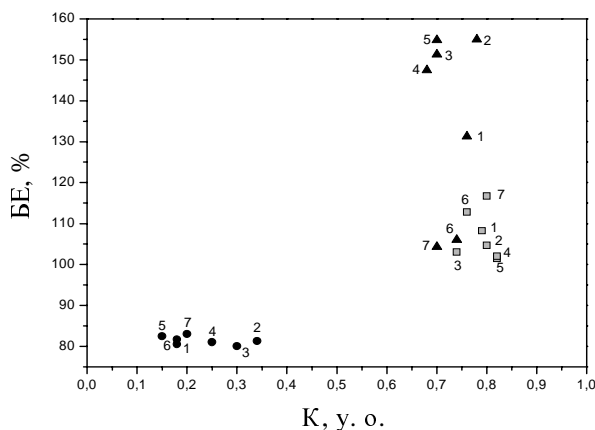


Рис. 6. Вплив тривалості опромінення міцелію (5-30 хв.) на взаємозв'язок між коефіцієнтом габітусу (K , ум. од.) та показниками біологічної ефективності (БЕ, %) культур *P. ostreatus*: ● – Д-140; ▲ – В-99; □ – К-99; тривалість лазерного опромінення (хв.): 1 – контроль; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20; 6 – 25; 7 – 30 хв.

Із рис. 6 видно, що показники БЕ для ізоляту В-99 варіювали в широкому діапазоні (104,3-155,0%), а величина K (ум. од.) коливалася в межах 0,68-0,78 у. о. Для К-99 показники БЕ варіювали в менш широкому діапазоні (101,5-116,7%), а значення K (ум. од.) було в межах 0,74-0,82 ум. од. Проте для штаму Д-140 показники БЕ під впливом опромінення маткового міцелію майже не відрізнялися між собою і від контролю. В той же час величина

К (ум. од.) для цього штаму під дією лазерного опромінення змінювалася в більш широкому діапазоні 0,15-0,34 ум. од. Таким чином, лазерне опромінення міцелію різної тривалості впливало на показники БЕ зазначених культур гриба, однак величина К (ум. од.) майже не змінювалася. Це вказує на те, що К (ум. од.) є відносно постійною величиною, яка значно залежить від морфо-біологічних властивостей кожної культури гриба.

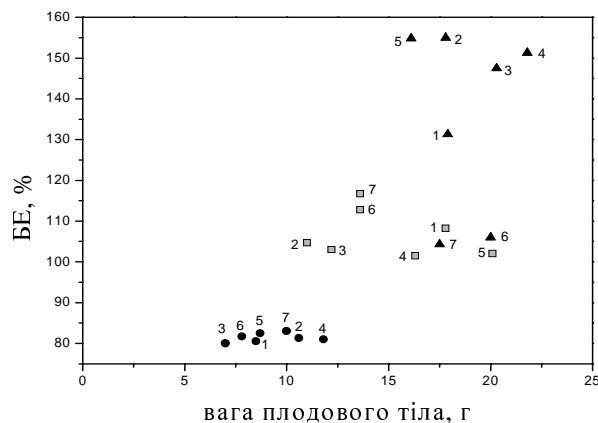


Рис. 7. Вплив тривалості опромінення міцелію (5-30 хв.) на взаємозв'язок між вагою плодового тіла (г) і показниками біологічної ефективності (БЕ, %) культур *P. ostreatus*:

● – Д-140; ▲ – В-99; □ – К-99; тривалість лазерного опромінення (хв.): 1 – контроль; 2 – 5; 3 – 10; 4 – 15; 5 – 20; 6 – 25; 7 – 30 хв.

Як видно з рис. 7 тривалість лазерного опромінення маточного міцелію штаму Д-140 практично не впливала на показники його БЕ, які знаходяться в вузькому діапазоні від 80,0 до 83,0%. При цьому вага плодового тіла штаму Д-140 варіювала в межах 7-12 г. Для В-99 вплив опромінення маткового міцелію на показники БЕ та вагу плодового тіла був значно більшим. Показники БЕ в цьому випадку коливалися в діапазоні 104,3-155,0%, а вага плодового тіла варіювала в межах 16,1-20,3 г. Опромінення міцелію 5-20 хв. збільшувало величину БЕ ізоляту В-99 у 1,2 рази порівняно з контролем. Збільшення тривалості опромінення маткового міцелію (25-30 хв.) В-99 призводило до зниження показників БЕ до 106-104,3%. У ізоляту К-99 показники БЕ змінювалися незначно та коливались у межах від 101,5 до 116,7%, а вага плодового тіла при цьому варіювала в межах 11,0-20,1 г. Для К-99 тривалість лазерного опромінення міцелію 5-20 хв. дещо знижувало показники БЕ до 102% порівняно з контролем 108,2%, тоді як тривалість опромінення більше ніж 20 хв. збільшувала показник БЕ до 116%.

Висновки

Встановлено, що тривалість лазерного опромінення маткового міцелію (5-30 хв.) мала вплив на середньодобову радіальну швидкість росту (K_r), появу примордіїв, характеристики плодового тіла та врожайність гриба *P. ostreatus*. Коефіцієнт габітусу (К, ум. од.) є відносно постійним морфо-біологічним показником гриба, який не залежить від тривалості лазерного опромінення. Для ізолятів В-99 і К-99 виявлено взаємозв'язок між тривалістю лазерного опромінення і величиною параметра (K_r) та показниками біологічної ефективності (БЕ, %) зазначених культур ($R = 0,721-0,827$). Запропонований підхід щодо попереднього опромінення маткового міцелію дозволяє підвищити ефективність процесу вирощування гриба та збільшити його врожайність до 30% порівняно з контролем.

Список літератури

1. Бисько Н. А., Дудка И. А. Биология и культивирование грибов рода вешенка. – К.: Наук. думка, 1987. – 198 с.

2. Бисько Н. А. Принципы первичного отбора высокоурожайных штаммов *Agaricus bisporus* (J. Lange) Imbach для поверхностного культивирования // Микол. и фитопатол. – 1982. – Т. 16, вып. 5. – С. 377-384.
3. Бухало А. С., Бисько Н. А., Соломко Е. Ф. и др. Дослідження культур їстівних та лікарських шапинкових грибів // Матер. XI з'їзду Укр. ботан. тов-ва (м. Харків, 25-27 вересня 2001 р.). – Харків, 2001. – С. 55-56.
4. Вовк Н. В., Шевкопляс В. Н. Культивирование гриба *Pleurotus ostreatus* на жидкой питательной среде с различным источником углерода // Матер. Всеукр. конф. студ., асп. та молодих вчених "Біорізноманіття природних і техногенних біотопів України" (м. Донецьк, 19-22 листопада 2001 р.). – Донецьк: ДонНУ, 2001. – Ч. 1. – С. 9-13.
5. Вовк Н. В., Шевкопляс В. М. Вплив джерела вуглецевого живлення на фізіологічну активність природних ізолятів гриба *Pleurotus ostreatus* // Наук. зап. екол. лабораторії УДПУ. – К.: Знання України, 2001. – Вып. 4. – С. 24-35.
6. Дудка И. А., Вассер С. П. Грибы: Справочник миколога и грибника. – К.: Наук. думка, 1987. – 536 с.
7. Дудка И. А., Бисько Н. А., Билай В. Т. Культивирование съедобных грибов. – К.: Урожай, 1992. – 160 с.
8. Жданова Н. И., Василевская А. П. Экстремальная экология грибов в природе и эксперименте. – К.: Наук. думка, 1982. – 168 с.
9. Иванов А. И., Гарибова Л. В. Методика оценки урожайности новых штаммов *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kumm. // Микол. и фитопатол. – 1989. – Т. 23, вып. 5. – С. 485-487.
10. Лакин Г. Ф. Биометрия. – М.: Высш. шк., 1980. – 291 с.
11. Негруцкий С. Ф., Шапочник Ю. А., Сычев П. А., Демченко С. П., Полтавец С. А. Горное грибоводство. – Донецк: РИП "Лебедь", 1995. – 168 с.
12. Поединок Н. Л., Бисько Н. А. Использование света в биотехнологии промышленного культивирования вешенки обыкновенной и шампиньона двуспорового // Матер. Междунар. науч.-практ. конф. "Достижения, проблемы и перспективы культивирования грибов. Современные технологии" (г. Донецк, 29 сентября – 2 октября 2005 г.) – Донецк: ДонНУ, 2005. – С. 24-27.
13. Поединок Н. Л., Бисько Н. А., Михайлова О. Б., Потемкина Ж. В., Негрийко А. М. Повышение эффективности промышленного культивирования съедобного гриба вешенки обыкновенной // Биотехнология. – 2004. – № 5. – С. 64-66.
14. Поединок Н. Л., Потемкина Ж. В., Бухало А. С., Негрийко А. М., Михайлова О. Б. Использование лазерного излучения при культивировании некоторых видов съедобных базидиомицетов // Биотехнология. – 2003. – № 2. – С. 59-64.
15. Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
16. Фомина В. И., Бисько Н. А., Митропольская Н. Ю., Трухоновец В. В. Зависимость роста мицелия и плодоношения *Lentinus edodes* от субстрата // Микол. и фитопатол. – 1999. – Т. 33, вып. 6. – С. 406-411.
17. Diehle D. A., Royle D. J. Shiitake cultivation on sawdust: evaluation of selected genotypes for biological efficiency and mushroom size // Mycologia. – 1986. – Vol. 78, N 6. – P. 929-933.

Дорошкевич Н. В., Сычев П. А., Ткаченко Н. П., Шевкопляс В. Н. Влияние лазерного облучения на морфо-биологические показатели и урожайность гриба *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. – Изучено влияние лазерного облучения (5-30 мин.) маточного мицелия на морфо-биологические характеристики культур гриба *P. ostreatus* (Д-140, В-99, К-99). Установлена взаимосвязь между среднесуточной радиальной скоростью роста (K_r) гриба и урожайностью изученных культур. Прослежено за влиянием облученного мицелия на взаимосвязь между коэффициентом габитуса (K), массой плодового тела и биологической эффективностью гриба ($BЭ$).

Ключевые слова: лазерное облучение, маточный мицелий, морфо-биологические характеристики, показатели продуктивности.

Doroshkevich N. V., Sychov P. A., Tkachenko N. P., Shevkoplyas V. N. The influence of laser radiation on morpho-biological indicators and crop capacity of fungus of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.:Fr.) Kummer. – The influence of laser radiation (5-30 min.) of vegetative mycelium on morpho-biological characteristics of culture of fungus *P. ostreatus* (Д-140, В-99, К-99) have been studied. Correlation between middle twenty four hours day radial speed (K_r) of fungus and crop capacity of cultures was established. Influence of radiated mycelium on the relationship between of coefficient of habitus (K), weight of fruit body and biological efficiency of fungus (BE) has been analyzed.

Key words: laser radiation, vegetative mycelium, morpho-biological characteristics, indexes of productivity.

Н. Л. Пастухова

ДЕТОКСИКАЦИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ У РАСТЕНИЙ

*Донецкий областной институт последипломного педагогического образования
83001, г. Донецк, ул. Артема, 129 а; e-mail: projekt04@mail.ru*

Пастухова Н. Л. Детоксикация тяжелых металлов у растений. – Рассмотрены механизмы детоксикации тяжелых металлов в растительном организме. Представлена физико-химическая характеристика тяжелых металлов. Охарактеризованы пути попадания тяжелых металлов в растения и механизмы детоксикации на клеточном уровне. Детально охарактеризованы структура, свойства, механизм действия веществ, участвующих в процессах детоксикации тяжелых металлов у растений.

Ключевые слова: детоксикация, металлокомплексы, металлотioneины, тяжелые металлы, стрессовые белки, фитохелатины, фитоалексины, (pathogenesis-related proteins) PR-белки.

Мощным фактором, влияющим на развитие растительного покрова, являются промышленные выбросы. Загрязнение воздуха, воды, почвы аномальными концентрациями химических веществ оказывает прямое воздействие на генетический аппарат растений и влияет опосредованно, формируя необычные для местных видов экотопы [2]. Техногенная нагрузка юго-востока Украины, где высоки концентрации промышленного и сельскохозяйственного производств, транспортной инфраструктуры, в 5-7 раз выше среднеукраинской. Донбасс относится к наиболее экологически напряженным регионам Украины и Европы [7]. Избыточное влияние тяжелых металлов, как одного из многих загрязнителей, на живые организмы вызывает анатомические и морфологические изменения, нарушения физиологических и биохимических процессов [18]. Именно проблемы загрязнения окружающей среды вызвали усиленный интерес к изучению тяжелых металлов как стрессового фактора, выявлению механизмов защиты организмов от их токсического действия.

Физико-химические свойства тяжелых металлов

К тяжелым металлам относится более 40 химических элементов периодической системы Д. И. Менделеева, масса атомов которых составляет свыше 50 атомных единиц. Однако это свойство не подразумевает обязательную токсичность металла. Многие из них в определенных концентрациях (как микроэлементы) активно участвуют в биологических процессах, входя в состав определенных ферментов.

По мнению Ю. А. Алексеева справедливо использовать термин "тяжелые металлы", когда речь идет об опасных для живых организмов концентрациях элемента с относительной атомной массой больше 40 а.е.м. и говорить о нем же, как о микроэлементе в том случае, когда он находится в почве, растении, организме человека, животного в нетоксичных концентрациях или используется в малых количествах как удобрение или минеральная добавка к корму для улучшения условий роста, развития растений и животных [1, 14]. Группа, за которыми понятие "тяжелые" закрепилось в смысле токсичности, включает такие элементы, как свинец, цинк, кадмий, ртуть, олово, молибден, марганец, никель, титан, медь, ванадий [1, 9].

К настоящему времени в живых организмах обнаружено около 80 химических элементов. Тяжелые металлы:

- одни крайне необходимы для жизнеобеспечения человека и других живых организмов и относятся к так называемым биогенным элементам;
- другие вызывают противоположный эффект и, попадая в живой организм, приводят к его отравлению или гибели [12].

Среди металлов-токсикантов выделена приоритетная группа. В нее входят кадмий, медь, мышьяк, никель, ртуть, свинец, цинк и хром, как наиболее опасные для живых организмов. Из них ртуть, свинец и кадмий наиболее токсичны [5].

Индивидуальная потребность в биологически активных тяжелых металлах очень невелика. Между тем многие живые организмы склонны к накоплению металлов. Превышение естественных уровней содержания этих элементов часто приводит к тяжелым нарушениям метаболизма и растительных, и животных организмов [1, 13].

Некоторые комплексы металлов с органическими лигандами близки по своим характеристикам (геометрический размер, распределение зарядов в молекуле и др.) к обычным субстратам. Следствием этого является так называемый "эффект мимикрии" – конкурирование металлокомплексов с аминокислотами, гормонами и нейромедиаторами. Так, комплекс цистеина и метилртути имитирует незаменимую аминокислоту метионин, участвующую в синтезе адреналина и холина, следствием чего является конкурентное ингибирование процесса [12]. Активация пероксидного и свободнорадикального окисления отмечена в результате воздействия избытка ионов свинца, ртути, хрома, кадмия и других тяжелых металлов. Вследствие такой активации повреждаются некоторые белки, нуклеиновые кислоты, липиды, а также биомембраны [6, 13]. Частично повреждающий эффект объясняется ингибированием металлами ферментов, защищающих организм от накопления в нем H_2O_2 . Пероксид водорода является предшественником высокоактивного свободного радикала гидроксила в реакциях окисления. На большом количестве примеров было продемонстрировано взаимное усиление токсичности тяжелых металлов. Однако при сочетании нескольких металлов в среде обнаруживается не только синергизм, но и антагонизм их действия [12].

Поступление тяжелых металлов в растения

Интенсивность поглощения металла из почвы зависит от вида растений, а также от природы металла. В одних органах и тканях растений концентрация металла может возрастать в зависимости от увеличения его содержания в почве, в других – имеется предел, ограничивающий накопление металла. Ограничение поглощения характерно для фотосинтезирующих и репродуктивных органов, что связано с деятельностью защитных механизмов, препятствующих поступлению тяжелых металлов в эти органы; отсутствие ограничения – для корней, коры деревьев, узлов стеблей злаков. Фитопланктон активно адсорбирует тяжелые металлы. Так сине-зеленые водоросли *Lyngbya spiralis*, *Tolypothrix tenuis*, *Stigonema sp.*, *Phormidium molle* поглощают ртуть на 96, 94, 94 и 93%, соответственно [12].

Масштабы пассивного поглощения металлов корнями зависят от концентрации металла, содержания органического вещества в почвах, фенологической фазы, возраста растений [8, 32]. Кроме того, на поглощение металлов корнями влияет природа самого элемента. Поглощение ионов из почвы или питательного раствора корневыми системами осуществляется разными путями, от которых зависит вероятность поступления иона непосредственно в цитоплазму клеток и скорость его перемещения по тканям и органам растений.

В случае повышенных концентраций тяжелых металлов в питательной среде, указанные механизмы не могут полностью исключить поступление ионов через плазматическую мембрану в цитозоль. Транспорт молекул через мембраны осуществляется разными путями в зависимости от химических свойств элементов и их биологической значимости. Небольшие молекулы могут проникать через мембраны за счет обычной диффузии. Скорость диффузии вещества определяется его растворимостью в мембране, коэффициентом диффузии в ней и градиентом концентраций снаружи и внутри клетки [13].

Иммобилизация тяжелых металлов в корневой системе может происходить за счет неметаболического необратимого связывания их ограниченным числом участков, расположенных на поверхности клеточной стенки и вдоль симпласта корней. С одной стороны, необратимое связывание предотвращает передвижение части токсичных ионов по клеткам и тканям растения, с другой – этот процесс способствует установлению

концентрационного градиента и позволяет в дальнейшем аккумулировать элемент посредством диффузии [5].

Даже относительно слабо фитотоксичные цинк и медь могут приводить к хлорозу и образованию многочисленных окрашенных в коричневый цвет боковых корней. Повышенные концентрации этих металлов вызывают два вида реакций растений:

– латентное отравление: симптомы отравления не выявляются. А само растение не может давать оптимальные приросты;

– острое отравление: повреждения резко выражены [22].

Отравление растений тяжелыми металлами может происходить не только за счет их поступления в организм через корни из загрязненных почв. Находящиеся в атмосфере металлы вместе с частичками пыли попадают в ткани растений через устьица и в условиях загрязненной атмосферы полностью их заполняют, что приводит к нарушению метаболизма растений, изменению его физиологической (в том числе и фотосинтетической) деятельности, а в критической ситуации – к гибели.

Проникая через клеточную стенку, одна часть ионов связывается с реактивными компонентами апопласта, другая поступает в цитозоль. Отсюда следует, что микроколичества тяжелых металлов могут эффективно задерживаться клеточной стенкой или реактивными центрами апопласта. Эти же механизмы предотвращают поступление избыточных количеств тяжелых металлов в клетки и ограничивают передвижение ионов металлов по тканям растений [30].

Избыток тяжелых металлов оказывает повреждающее действие на клеточные органеллы, изменяя их структуру и свойства [36]. Так, в клетках корней основная часть (90%) металлов локализуется в клеточной стенке и как ионы, и как структурный материал клеточной стенки, такой как целлюлоза или лигнин.

Тяжелые металлы способствуют деформации мембраны, ее фрагментации. Так, кадмий, связываясь с белками мембраны и цитоскелета, приводит к образованию обедненных белками областей. Цинк ингибирует сборку микротрубочек. В отличие от физиологически активных металлов, для которых характерны ионные связи, токсичные металлы образуют ковалентные, что и препятствует нормальному протеканию процессов [21]. Длительное воздействие тяжелых металлов ведет к изменению клеточной активности, хромосомным aberrациям, снижению митотического индекса. Наблюдается возвращение профазных клеток в интерфазное состояние, разрушение ядра. В некоторых клетках могут встречаться хроматидные разрывы, ведущие к мутациям и гибели клетки [21].

Литературные данные свидетельствуют о влиянии тяжелых металлов на дыхание, фотосинтез, азотный обмен, синтез хлорофилла [20].

Взаимодействие ионов металлов с нуклеиновыми кислотами вызывает изменение свойств этих макромолекул. Нуклеиновые кислоты, как макромолекулярные лиганды, при взаимодействии с ионами металлов проявляют свойство обратимости конформации цепи, связанное с характеристиками металлов. Так, при взаимодействии с ионами Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} ДНК, имеющая вторичную структуру, сохраняет В-конформацию. В-конформацию сохраняет ДНК и при взаимодействии с ионами Cu^{2+} в концентрациях не более $3 \times 10^{-5} M$. Такие концентрации меди стабилизируют ДНК, повышая ее температуру плавления. Связывание ионов меди с фосфатными группами и азотистыми основаниями ДНК индуцирует значительно больше изменений в конформации нуклеиновой кислоты, чем ионы Mg^{2+} , Ca^{2+} , Mn^{2+} . Под влиянием высоких концентраций меди наблюдается дестабилизация вторичной структуры ДНК в растворе. Ионы Cu^{2+} значительно активируют репликационные и транскрипционные процессы, возможно, благодаря частичной денатурации ДНК. Влияние ионов меди в раннем S-периоде клеточного цикла увеличивает число хромосомных aberrаций на 1 порядок по сравнению со спонтанным уровнем, в основном, благодаря формированию отдельных фрагментов [31].

Дестабилизирующий эффект металла зависит от концентрации. Так, низкие концентрации меди ($10^{-6} M$) стабилизируют ДНК, что ведет к сокращению на 50%

хромосомных aberrаций по сравнению с нормальным состоянием. Высокие концентрации (10^{-4} М и выше) увеличивают практически в два раза эффект aberrаций и на хромосомном, и на хроматидном уровнях. Такое влияние можно объяснить двумя способами [31]:

- связываясь в значительных количествах с ДНК, металл замедляет репарацию одноцепочечных повреждений;
- металл продуцирует ингибирующий эффект в отношении ферментов репарации ДНК [31].

Механизмы детоксикации металлов

У растений существует ряд механизмов, обеспечивающих детоксикацию ионов металлов и устойчивость к индуцируемому ими стрессу [29, 36]. Эти механизмы можно подразделить на две группы:

- ограничение поступления металлов в растение и цитозоль;
- изменения метаболизма клеток, направленные на снижение токсического действия металлов и их выведение из организма растений.

Процессы первой группы не могут полностью исключить поступление ионов тяжелых металлов в клетку и имеют максимальную эффективность при невысоких концентрациях тяжелых металлов в среде, а также в случае непродолжительного воздействия тяжелых металлов. Многообразные внутриклеточные механизмы детоксикации тяжелых металлов обеспечивают устойчивое функционирование растений в условиях стресса, вызванного присутствием в окружающей среде повышенных концентраций тяжелых металлов [5].

Эффективным механизмом детоксикации большинства ионов металлов является связывание их органическими кислотами и тиолами в цитоплазме с последующим выводом образовавшихся комплексов в вакуоль. Связывание ионов металлов с различными органическими кислотами уменьшает коэффициент активности свободных ионов и их токсичность. Так, Zn^{2+} соединяется с малатом, если находится в тонопласте, тогда как в вакуолярной фракции он ассоциирует с цитратом, оксалатом, антоцианами. Существует корреляция между высоким уровнем малик кислоты в растениях и толерантностью к цинку или цинку и меди [5]. Устойчивые виды растений преимущественно накапливают токсичные ионы в вакуолях корней и побегов. Достигшие листьев металлы аккумулируются в вакуолях эпидермиса и его производных – трихомах и железках, которые служат для выведения металлов из организма растений [5]. Металлоорганические комплексы – основная форма соединения металла в биологической системе. Образующиеся в результате комплексы отличаются по ряду свойств и по прочности связи клетки [13].

У большинства высших растений до 90% металлов детоксицируются благодаря фитохелатинам – небольшим цистеинбогатым пептидам [27, 28]. Общая структура фитохелатинов различных растений описывается формулой



где $n = 2 \div 11$.

Но чаще всего n изменяется от двух до пяти. Число γ -глутамилцистеинповторяющихся единиц зависит от вида растения и концентрации металла. Фитохелатины синтезируются во всех растительных организмах – от филогенетически простых водорослей до сложных орхидей. Для фитохелатинов выявлена избирательная локализация: в вакуолярной фракции клетки обнаруживаются только металлсвязывающие белки, тогда как в протопластах вместе с ними выявляется и глутатион. Добавление сублетальных доз Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Pb^{2+} индуцирует синтез фитохелатинов и гомофитохелатинов – пептидов, содержащих аланин



где $n = 2 \div 8$.

Молекулярная масса данной группы веществ колеблется в пределах 8-13 кДа. У *Vigna angularis* обнаружены лишь гомофитохелатины [33].

Механизм детоксикации ионов металлов фитохелатинами включает несколько стадий:

- активацию фитохелатинсинтазы ионом металла;
- образование комплекса фитохелатина с тяжелым металлом;
- перенос комплекса в вакуоль.

Любое нарушение хотя бы одной из стадий детоксикации ведет к снижению толерантности организма по отношению к тяжелым металлам [24].

Фитохелатины, в отличие от металлотионеинов (низкомолекулярных белков, участвующих в детоксикации тяжелых металлов у животных и грибов), образуются, в основном, путем ферментативной полимеризации глутатиона, а не транскрибируются из соответствующих генов. У *Brassica juncea* синтезу фитохелатинов предшествует ряд стадий, начальная из которых – реакция между цистеином и глутатионом. Этот процесс регулируется генами, участвующими в транспорте и ассимиляции серы и биосинтеза глутатиона. У *Arabidopsis thaliana* биосинтез фитохелатинов начинается с активации металлом транскрипции генов, кодирующих глутатионредуктазу и ферментов, участвующих в биосинтезе глутатиона: γ -глутамилцистеинсинтетазы и глутатионсинтетазы. Глутатион служит основным субстратом для образования фитохелатинов, а ключевой фермент, активность которого является решающей в процессе биосинтеза – фитохелатинсинтаза. У *Triticum aestivum* синтез фитохелатинов из глутатиона может осуществляться без промежуточных стадий. Катализатор этого процесса – фитохелатинсинтаза [24].

Тяжелые металлы индуцируют синтез фитоалексинов – веществ ароматической природы [3]. Более 200 соединений, микроорганизмов и физиологических стрессов могут вызывать накопление пизатина в горохе, фазеоллина и киевитона – в фасоли, глициоллина – в сое [4].

Механизм влияния этих соединений рассматривают временным нарушением метаболизма растений, что химически выражается как возникновение сигналов тревоги. Такие сигналы могут инициировать каскад событий, приводящих к синтезу и накоплению фитоалексинов. К настоящему времени охарактеризовано около 350 фитоалексинов из 30 семейств растений. Их большая часть принадлежит к семейству бобовых (около 130). Основное число фитоалексинов изолировано из двудольных растений, но охарактеризованы и некоторые представители однодольных: такие как фитоалексины риса, кукурузы, сорго, ячменя, овса, пшеницы, лука и лилий. Эти вещества изолированы из листьев, стеблей, корней и плодов растений, хотя они не всегда представлены во всех органах. Фитоалексины являются липофильными соединениями, локализованными вокруг места инфекции [4]. Для каждого вида растений характерны свои фитоалексины, отличающиеся по структуре от фитоалексинов другого вида (рис. 1).

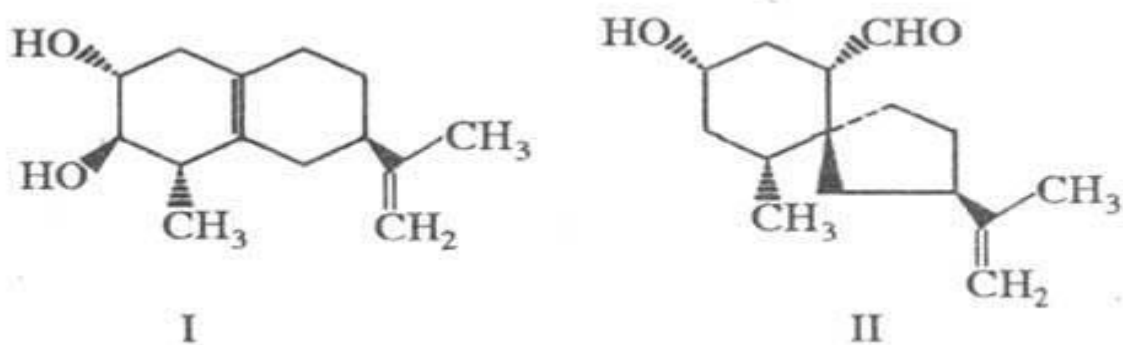


Рис. 1. Структурные формулы основных фитоалексинов картофеля: ризитин (I) и любимин (II) [25]

Синтез фитоалексинов может индуцироваться достаточно высокими концентрациями ионами таких металлов, как Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , Ni^{2+} , Pb^{2+} . Но аномально высокие концентрации металлов ингибируют этот процесс. Ингибирует синтез и высокая температура, что позволяет сделать вывод, что в условиях одновременного воздействия двух

стрессовых факторов – температуры и тяжелых металлов, фитоалексины не являются защитным механизмом растений. Вполне возможно эту функции выполняют стрессовые белки [11, 16, 34].

Неспецифичность воздействия стрессовых факторов на растительный организм прослеживается при действии тяжелых металлов: синтез новых и (или) усиление синтеза определенных стрессовых белков, сходных с белками теплового шока [10, 23]. Синтез стрессовых белков индуцируют Cd^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} , Hg^{2+} , в то время как Ni^{2+} , Co^{2+} , Fe^{2+} , Mg^{2+} такой способностью не обладают. Из двух групп стрессовых белков – высокомолекулярных (свыше 50 кДа) и низкомолекулярных (14-30 кДа), более подвержены воздействию тяжелых металлов низкомолекулярные пептиды, обладающие меньшей степенью эволюционного консерватизма. Высокие концентрации даже относительно слабо фитотоксичных металлов (10^{-1}M – 10^{-4}M) ингибируют синтез обеих групп стрессовых белков проростков пшеницы в условиях нормальных, и повышенных температур [17]. В то же время низкие концентрации тяжелых металлов (10^{-5}M – 10^{-8}M) оказывают стимулирующее действие на белковый синтез в корнях проростков пшеницы. Увеличивалась интенсивность синтеза низкомолекулярной группы белков, которая сохраняется даже в условиях теплового шока [15]. Экспозиция на водных растворах солей определенных концентраций оказывает защитное действие на растительный организм в период восстановления после воздействия высоких температур [23]. Синтез стрессовых белков, вызванный солями Cd^{2+} или другими нетемпературными воздействиями, повышает устойчивость клеток к воздействию повышенных температур [10].

Химические вещества, индуцирующие синтез фитоалексинов подсолнечника – кумаринов скополетина и ауапина, способствуют образованию и патогензависимых PR-белков – группы гетерогенных низкомолекулярных белков [26].

PR-белки (pathogenesis-related proteins) или белки, связанные с патогенезом, были впервые обнаружены вирусологами в листьях сорта табака. Позднее различные PR-белки были обнаружены и во многих других видах растений, но белки табака исследованы наиболее полно. Первые исследования привели к выводу, что все PR-белки обладают определенными общими свойствами: они растворимы только при низких значениях pH (pH-3), присутствуют в экстрацеллюлярной жидкости и высокоустойчивы к деградации протеолитическими ферментами. Позднее, однако, оказалось, что некоторые PR-белки (например, томатов и картофеля) оказались не кислыми, а основными, к тому же разрушающимися протеолитическими ферментами. Затем у табака был обнаружен второй набор PR-белков, которые были локализованы не в межклеточной жидкости, а в вакуолях, и конституционно экспрессировались в корнях. Основные белки индуцируются в листьях при обработке этиленом и в результате поранения, тогда как кислые в этих условиях не экспрессируются [4, 19].

Эволюционный консерватизм ответа растений на стрессовое воздействие различных факторов (тепловое воздействие, химические факторы, голодание, тяжелые металлы) позволяет и PR-белки отнести к защитным факторам в отношении к тяжелым металлам. Общность свойств низкомолекулярных стрессовых белков и PR-белков подтверждает наличие различных путей детоксикации химических веществ растительного организма.

Существование в растительном организме многообразия путей детоксикации ионов тяжелых металлов способствует адаптации растений. Выяснение механизмов важно не только для понимания основ устойчивости растительных организмов к токсичным элементам, но и, в практическом плане, для использования растений для озеленения территорий, загрязненных тяжелыми металлами и другими химическими элементами, что весьма актуально в условиях урбанизации и повышенной техногенной нагрузки.

Список литературы

1. Алексеев Ю. А. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. – 142 с.
2. Бурда Р. И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.

3. *Дмитриев А. П.* Фитоалексины и их роль в устойчивости растений. – К: Наук. думка, 1999. – 207 с.
4. *Дьяков Ю. Т., Озерецковская О. Л., Джавахия В. Г., Багирова С. Ф.* Общая и молекулярная фитопатология. – М.: Общество фитопатологов, 2001. – 301 с.
5. *Евсеева Т., Юранева И., Храмова Е.* Механизмы поступления, распределения и детоксикации тяжелых металлов у растений. <http://ib.ksc.komi.ru/t/ru/ir/vt/03-69/01.html>
6. *Загрязнение воздуха и жизнь растений* / Под ред. М. Трешоу. – Л.: Гидрометиздат, 1988. – 535 с.
7. *Земля тревоги нашої.* За матеріалами доповіді про стан навколишнього природного середовища в Донецькій області у 2004 році / Під ред. С. В. Третьякова. – Донецьк: ЦЭПИ "ЭПИЦентр ЛТД", 2005. – 120 с.
8. *Ильин В. Б., Степанова М. Д.* О фоновом содержании тяжелых металлов в растениях // Изв. СО АН СССР. Сер. биол. наук. – 1981. – Т. 1, № 5. – С. 26-32.
9. *Каббата-Пендиас А., Пендиас Х.* Микроэлементы в почвах и растениях. – М.: Мир, 1989. – 498 с.
10. *Кулаева О. Н., Микулович Т. П., Хохлова В. А.* Стрессовые белки растений. В кн.: Современные проблемы биохимии / Под ред. Г. К. Скрыбина, М. С. Одинцовой. – М.: Наука, 1991. – С. 174-190.
11. *Кулаева О. Н.* Белки теплового шока и устойчивость растений к стрессу // СОЖ. – 1997. – № 2. – С. 5-13.
12. *Мамбетова Ю. А.* Трансформация тяжелых металлов в водоемах. <http://ttech.pstu.ac.ru>
13. *Мецлер Д.* Биохимия. Химические реакции в живой клетке. – М.: Мир, 1980. – Т. 1. – 407 с.
14. *Микроэлементы: поступление, транспорт и физиологические функции в растениях* / Рудакова Э. В., Каракис К. Д., Сидоршина Т. М. и др. – К.: Наук. думка, 1987. – 184 с.
15. *Пастухова Н. Л., Тарабрин В. П.* Действие теплового шока и ионов меди на синтез белка в проростках пшеницы // Физиология и биохимия культурных растений. – 1991. – Т. 23, № 5. – С. 486-490.
16. *Пастухова Н. Л.* Синтез веществ, детоксицирующих тяжелые металлы в растениях // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 20. – С. 79-82.
17. *Пищулина Н. Л.* Влияние ионов меди на синтез белка проростков пшеницы в условиях нормальной и повышенной температур // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 18. – С. 81-85.
18. *Промышленная ботаника* / Кондратюк Е. Н., Тарабрин В. П., Бурда Р. И., Хархота А. И. – К.: Наук. думка, 1980. – 260 с.
19. *Савинов А. Б.* Новая популяционная парадигма: популяция как симбиотическая самоуправляемая система // Мат. VIII Всеросс. популяционного семинара "Популяции в пространстве и времени" (г. Нижний Новгород, 11-15 апреля 2005 г.). – Вестн. Нижегородского ун-та им. Н. И. Лобачевского. Сер. Биол. – 2005. – Вып. 1 (9). – С. 181-196.
20. *Удрис Г. А., Нейланд Я. А.* Биологическая роль меди. – Рига: Зинатне, 1990. – 189 с.
21. *Физиология растительных организмов и роль металлов* / Под ред. Н. М. Чернавской. – М.: Изд-во МГУ, 1988. – 157 с.
22. *Чернавина И. А.* Физиология и биохимия микроэлементов. – М.: Высш. шк., 1970. – 310 с.
23. *Шакирова Ф. М.* Неспецифическая устойчивость растений к стрессовым факторам и ее регуляция. – Уфа.: Гилем, 2001. – 160 с.
24. *Cobbett C. S.* Phytochelatins and their roles in heavy metal detoxification // Plant Physiol. – 2000. – Vol. 123, № 3. – P. 825-832.
25. *DiCosmo F., Towers G. H. N.* Stress and secondary metabolism in cultured plant cells // Phytochemical adaptation to stress. Proceedings of the Annual Symposium of the phytochemical society of North America on Phytochemical Adaptations to stress, held July 5-8, 1983, at the

University of Arizona, Tucson, Arizona. Ed. Timmermann B.N., Steelink C., Loewus F.A., N.Y. & London, 1984. – 334 p.

26. *Dmitriev A., Tena M., Jorrin J.* Systemic acquired resistance in sunflower (*Helianthus annuus* L.) // Цитология и генетика. – 2003. – 37, № 3. – С. 9-15.

27. *Gekeler W., Grill E., Winnacker E.-L., Zenk M. H.* Algae sequester Heavy metal via synthesis of phytochelatin complex // Arch.Microbiol. – 1988. – 173, № 3. – P. 197-202.

28. *Grill E., Thumann J., Winnacker E.-L., Zenk M. H.* Introduction of heavy-metal binding phytochelatin by inoculation of cell cultures in standard media // Plant Cell Reports. – 1988. – 7, № 3. – P. 375-378.

29. *Hall J. L.* Cellular mechanisms for heavy metal detoxification and tolerance // J. experimental botany. – 2002. – Vol. 53, № 366. – P. 1-11.

30. *Hart J. J., Welch R. M., Norvell W. A.* Characterisation of Cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars // Plant Physiol. – 1998. – Vol. 116, № 5. – P. 1413-1420.

31. *Kornilova S. V., Blagoi Yu. P., Moskalenko I. P., Nikiforova N. A., Gladchenko N. A.* Effect of metal ions on DNA conformation and their biological action on genetic structures of cells // Studia Biophysica. – 1988. – 123, № 2. – P. 77-84.

32. *Lepp N. W.* Copper // Effect of heavy metal pollutions on plants: In 2 vol. Ed. Lepp N. W. – L.; N. Jersey: Applied Science Publ. – 1981. – V. 1. – P. 111-144.

33. *Oven M., Raith K., Neubert H. H.* Homo-phytochelatin are synthesized in response to cadmium in Azuki beans // Plant Physiol. – 2001. – Vol. 126, № 4. – P. 1275-1280.

34. *Nover L., Hellmund D., Neumann D. et al.* Heat Shock Response of Eucaryotic Cells // Biol. Zentr.-Bl. – 1984. – Vol. 103, № 4. – P. 357-435.

35. *Oven M., Raith K., Neubert H. H.* Homo-phytochelatin are synthesized in response to cadmium in Azuki beans // Plant Physiol. – 2001. – Vol. 126, № 4. – P. 1275-1280.

36. *Thurman D. A.* Mechanism of metal tolerance in higher plants // Effect of heavy metal pollutions on plants: in 2 vol. Ed. Lepp N. W. – L.; N. Jersey: Applied Science Publ. – 1981. – V. 2. – P. 239-249.

Пастухова Н. Л. Детоксикація важких металів у рослин. – Розглянуто механізми детоксикації важких металів у рослинних організмах. Представлено фізико-хімічну характеристику важких металів. Охарактеризовано шляхи попадання важких металів у рослини та механізми детоксикації на клітинному рівні. Детально розглянуто структуру, властивості, механізм дії різних хімічних речовин, які беруть участь у детоксикації важких металів у рослинному організмі.

Ключові слова: важкі метали, детоксикація, металокомплекси, металотіонеїни, стресові білки, фітохелатини, фітоалексини, (pathogenesis-related proteins) PR-білки.

Pastukchova N. L. Detoxication of heavy metals at plants. – The mechanisms of detoxication of heavy metals in plant organism are considered. Physical and chemical description of heavy metals is presented. The ways of hit of heavy metals are described in the plants and mechanisms of detoxication at cellular level. A structure, properties, mechanism of action of chemical matters participating in the processes of detoxication of heavy metals at the plants is described in detail.

Key words: detoxication, metallocomplexis, metallothioneins, heavy metals, stress proteins, phytochelatin, phytoalexins, (pathogenesis-related proteins) PR-proteins.

П. А. Сычев, А. А. Тимофеев, Н. П. Ткаченко, Я. Д. Ларин
КОЭВОЛЮЦИЯ ГРИБОВ И БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ
Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: tkachenco@telenet.dn.ua

Сычев П. А., Тимофеев А. А., Ткаченко Н. П., Ларин Я. Д. Козволюция грибов и беспозвоночных животных. – Среди грибов и беспозвоночных коэволюция происходит в различных формах: морфологической, физиолого-биохимической. Это открывает перспективы борьбы с вредными организмами.

Ключевые слова: коэволюция, энтомофторовые грибы, хищные, биометод, беспозвоночные.

Введение

Козволюционные взаимоотношения различных групп организмов не только лежат в основе организации природных сообществ, но и являются одним из важнейших движущих факторов возникновения разнообразия жизни на земле, т.е. дивергенции и возникновения новых видов [7, 11]. Существуют хорошо известные и изученные симбиотические союзы между животными и ещё более хорошо изученные отношения некоторых паразитов и их хозяев, но множество взаимосвязей все еще остается недостаточно раскрытыми или же их значение в природе явно недооценивается [3, 5, 9]. Интереснейшим случаем коэволюции являются коэволюционные союзы между организмами из различных царств живой природы. Подробно изучены взаимоотношения растений и животных, растений и грибов (имеющие большое значение для сельского хозяйства), грибов и высших животных (как правило, паразитического характера) [1, 2, 3, 6, 10]. Между тем незаслуженно мало внимания уделялось до сих пор коэволюции грибов и беспозвоночных животных, случаев которой в живой природе достаточно много и, которая, учитывая время происхождения обеих групп, является намного более древней, чем взаимосвязи грибов с высшими животными и растениями. Изучение этих связей дает возможность глубже понять природу коэволюционного процесса как такового, причины его возникновения и закономерности протекания.

1. Обзор взаимосвязей грибов и беспозвоночных в природе

Практически в любом отделе грибного царства есть группы, специализирующиеся на питании или паразитизме на беспозвоночных (далее в этой главе классификация грибов дана по изданию "Жизнь растений", но классы грибов повышены до ранга отделов).

Среди всего разнообразия взаимодействий этих двух групп организмов встречаются и паразитические, и мутуалистические связи. Физиолого-биохимические свойства видов энтомофторовых и энтомопатогенных грибов весьма разнообразны. Одни из них синтезируют экзоферменты: липазы, протеазы, хитиназы, гидролизующие покровные ткани животных, оказывают на них мощное механическое давление с помощью аппрессориев. Другие способны синтезировать экзотоксины, которые оказывают на насекомых специфическое воздействие.

От. Chytridiomycota. Более 60 видов *Coelomomyces* (пор. *Blastocladales*) – паразиты москитов и ракообразных. Род *Coelomomyces* – облигатные паразиты, которые поселяются в полости тела личинок москитов (в частности, *C. punctatus* паразитирует на личинках малярийного комара, однако невозможность выращивать гриб в культуре в больших количествах ограничило использование видов этого рода для эффективного контроля численности москитов). Грибы р. *Catenaria* паразитируют на коловратках и др. мелких беспозвоночных, на яйцах микроскопических червей. Широко распространен вид *C. anguillulae*, паразитирующий, в частности, на нематодах. Хитридиомицет *Hypohytridium peniliae* вызывает массовую гибель планктонного рачка *Penilia avirostis* [11, 17].

В от. **Oomycota** болезни членистоногих и других беспозвоночных животных вызывают некоторые паразитические грибы пор. Saprolegniales: *Leptolegnia baltica* – паразит планктонных рачков *Eurytemara hirundoides*, *L. marina* – горохового краба *Pinnotheres pisum*

и моллюсков (последний вид отличается широким спектром действия, поражая яйца, эмбрионы и взрослых особей). *L. pontica* вызывает грибковое поражение развивающихся яиц рачков-балайнусов.

В пор. Lagenidiales – *Lagenidium giganteum* – паразит на личинках комаров и рачках; *Sirolopidium zoophthorum* поражает моллюсков и личинок устриц. Некоторые грибы р. *Muzocitium* паразитируют в нематодах.

В пор. Peronosporales некоторые грибы семейства питиевых (*Pythiaceae*), например, *Pythium daphnidarium* встречаются на живых и мертвых беспозвоночных животных (например, на дафниях). Хищным грибом является *Zoophagus*.

От. Zygomycota включает в себя широко распространенный порядок и одноименное семейство энтомофторовые (Entomophthorales), почти все представители которого – паразиты насекомых. Большинство авторов признает в этом семействе 3 рода: *Entomophthora*, *Massospora* и *Tarachium*. Наиболее обширным является род энтомофтора, включающий в себя более 60 видов. Энтомофторовые грибы представляют наглядный пример перехода низших водных грибов к наземному образу жизни – на смену подвижным спорам у них появились воздушные конидии. Соответственно этому энтомофторовые стали паразитами наземных насекомых. Энтомофторовые грибы поражают большое количество видов насекомых (из 12 отрядов). Кроме того, известны грибы, способные поражать других членистоногих – клещей, многоножек, пауков. К широкоспециализированным видам относится *Entomophthora spuaerosperma* – паразит капустной белянки, капустной моли, ряда видов тлей, трипсов, яблонной медяницы, шелкоунов и их личинок. Примерами узкоспециализированных видов являются *E. erupta* – паразит клопов семейства *Myridae* и *E. grylli* – паразит сверчков и саранчовых. Грибы рода *Massospora* паразитируют на цикадах, причем *Massospora cicadina* поражает только семнадцатилетнюю цикаду.

Энтомофторовые грибы могут помочь контролировать численность насекомых-вредителей в природе [18].

Пор. Зоопаговые (Zooperagales) – облигатные паразиты. Некоторые из них (эктопаразиты) паразитируют на живущих в воде или почве амебах, проникая в них своими гаусториями (р. *Acaulopage*, *Endocohlus*, *Bdellospora*), другие (эндопаразиты) активно захватывают нематод, личинок насекомых и др., пронизывая все тело жертвы мицелием. На нематодах паразитируют грибы р. *Stylopage*, *Zoopage*. На основании активного способа захвата жертвы эти грибы правильнее было бы отнести к хищным грибам. Мицелий зоопаговых состоит из тонких (редко толще 2 мкм) многоядерных гиф, сначала не имеющих перегородок, затем (у большинства) с перегородками. Поверхность гиф клейкая. При контакте с животным-хозяином гифа выделяет клейкую жидкость в еще больших количествах, гифа крепко приклеивается к жертве, а затем мицелий или гаустории гриба проникают в нее. Строение гаусторий различно и представляет собой один из важных диагностических признаков. Таким образом действует, например, *Stylopage hadra*. Другой паразит нематод – *Euryancale sacciospora* – поражает их при помощи клейких конидий. Внутри своего хозяина эндопаразиты *Zooperagales* дают извитой спиралевидный таллом [11, 18].

В от. Ascomycota некоторые грибы пор. Endomycetes встречаются в ассоциациях с насекомыми. Диподаскус одноядерный (*Dipodascus uninucleatus*) был обнаружен в США на куколках фруктовой дрозофилы; диподаскус собранный (*D. aggregatus*) встречается в Европе и Сев. Америке в личиночных галереях короедов. В этой биологической ассоциации запах гриба привлекает жуков, а клейкая обертка аскоспор обеспечивает их перенос жуками. Этот вид обнаружен как в личиночных ходах короедов, так и в почве (под пораженными короедами деревьями), куда его споры вымываются дождем.

Особая группа дрожжевых организмов, главным образом из р. *Pichia* (*Pichia*) и *Hansenula* (*Hansenula*), ассоциирована с насекомыми-ксилофагами, например, с жуками-короедами, поражающими хвойные деревья. Некоторые из этих насекомых гибнут в стерильных условиях, лишённые дрожжей-симбионтов. Дрожжи из этих местообитаний используют в качестве питательных веществ целлобиозу и ксилозу – продукты расщепления

гемицеллюлоз древесины [13]. Один из видов рода дрожжей Мечникова (*Metschnikowia*) экологически и биологически связан с дафниями (или др. водными беспозвоночными). Дафнии заглатывают с водой дрожжевые сумки со спорами. Под действием желудочного сока оболочки сумок растворяются, а игловидные споры прокалывают стенку кишечника и выходят в полость тела, где прорастают и размножаются почкованием. При этом иногда животное гибнет, дрожжи переходят в состояние спор и вновь попадают в окружающую среду, откуда идет заражение новых экземпляров дафний. Предполагают, что часть жизненного цикла других дрожжей этого рода, которые обнаруживают в нектаре цветов (*M. reukaufii*) или на поверхности листьев и плодов (*M. pulcherrima*), проходит в теле насекомых-переносчиков, которыми, возможно, являются насекомые-опылители.

В порядке аскосферовые (Ascosphaerales) всего 2 рода с 4 видами, причем все представители р. *Ascosphaera* – паразиты насекомых, а грибы единственного вида второго рода – ульевая бетсия (*Bettsia alvei*) развиваются сапрофитно в ульях на собранной пчелами пыльце. Широко распространенная в Европе пчелиная аскосфера (*A. apis*) – обычный паразит на личинках медоносной пчелы, который вызывает у пчел заболевание, называемой пчеловодами известковой или каменной деткой. Заражая личинки, гриб вызывает их гибель, а затем мумификацию. Подобное заболевание личинок листогрызущих пчел вызывает гриб *A. proliperda*.

Интересная группа грибов присутствует в пор. Сферейные (Sphaeriales). Некоторые грибы р. *Melanospora* паразитируют на насекомых или грибах, в свою очередь также паразитирующих на насекомых (*M. parasitica* – на *Beauveria bassiana*).

Среди пор. Нурокреалы (Nurocreales) в р. *Nectria* известно несколько видов, паразитирующих на насекомых, обычно на червцах (*N. aurantiicola*, *N. flammea*). Мицелий у этих грибов развивается на теле хозяина или его щитках.

В пор. Спорыньевые (Clavicipitales) около 10 родов паразитирует на членистоногих – насекомых и пауках. Это большинство видов крупного рода кордицепс, а также грибы из родов торрубиелла, гипокрелла, гельминтаск и др. Грибы *Cordiceps militaris* паразитируют на жуках, бабочках, перепончатокрылых, полужесткокрылых, равнокрылых и двукрылых. Реже встречается *Cordiceps litmari* который поражает ос и шершней. *Cordiceps entomorrhiza* часто поражает жужелиц [5]. Три вида паразитируют на пауках. Пять видов, паразитирующих на цикадах, известны только в Японии. Интересно, что ткани насекомых, убитых кордицепсами, не заселяются бактериями и не разлагаются, что связано с образованием грибом антибиотика кордоцепина, выделяемого в ткани хозяина и защищающего субстрат от заселения микроорганизмами, что можно рассматривать как приспособление к защите субстрата от конкурентов. Действие кордоцепина на насекомых пока неизвестно.

Весь порядок лабульбениевые (Labulbeniales) – чрезвычайно обширная группа, высокоспециализированные облигатные паразиты наружного скелета насекомых и клещей. Как настоящие паразиты, эти грибы зависят от жизни хозяина: со смертью хозяина погибает и гриб.

В от. **Basydiomycota** нет грибов, паразитирующих на беспозвоночных, однако есть группы, связанные с насекомыми тем или иным образом. Базидиомицеты имеют много взаимосвязей с насекомыми. Плодовые тела шляпочных грибов могут быть домом для сотен видов личинок двукрылых, а плодовые тела трутовиков могут кормить сотни видов личинок жуков, причём некоторые виды специфичны для вида гриба [21].

У грибов из группы порядков Гастеромицеты (п/кл Agaricales) эволюция плодовых тел шла по пути выработки различных приспособлений для рассеивания спор. У гастеромицетов с подземными плодовыми телами, похожими на настоящие трюфели (например, р. *Melanogaster*) со съедобным видом (*M. broomeianus*) плодовые тела обладают приятным фруктовым запахом. Распространение спор происходит при помощи животных, поедающих эти плодовые тела. Ароматный или едкий запах, привлекающий насекомых или грызунов, имеет большинство грибов порядка Гименогастровые (Hymenogastreales), также с подземными плодовыми телами – насекомые и грызуны охотно их поедают. Проходя

неповрежденными через кишечный тракт, грибы выделяются с экскрементами и, таким образом, происходит их рассеивание. Распространение спор у гастеромицетов порядка Фаллюсовых (Phallales) со слизистой пахнущей или яркоокрашенной глебой (внутренней частью плодового тела) происходит при помощи насекомых, привлеченными их запахом или окраской, и сопровождается расплыванием глебы в слизистую массу, содержащую базидиоспоры и стекающую каплями.

Грибы сем. *Septobasidiaceae* (пор. *Auriculariales*, п/кл. *Heterobasidiomycetidae*) содержит в себе интересный род *Septobasidium*, включающий более 180 видов. Большинство видов растет в тропиках и субтропиках. Эти грибы растут на живых растениях, пораженных щитовкой. Их плодовые тела широкораспростертые, пленчатые, встречаются иногда на ветвях и листьях растений. А под ними всегда можно найти щитовок, на которых гриб паразитирует, хотя некоторые насекомые остаются неповрежденными. Исследования показали, что гриб и насекомое связаны между собой сложными мутуалистическими отношениями. К примеру, септобазидиум Бурта (*Septobasidium burtii*), который растет на разных видах дуба в южной части США, связан со щитовкой *Aspidiotus osborni*. Его плодовое тело, толщиной до 2 см, состоит из трех слоев. Прямо на субстрате лежит тонкий субикулум, из которого вырастают радиальные, анастомозирующие стенки, образующие сложную систему туннелей и камер и поддерживающие верхний твердый бумаговидный слой – крышу. На самой поверхности плодового тела развивается гимений. Под защищающей крышей гриба, в его сложном лабиринте живут щитовки; некоторые из них остаются здоровыми на протяжении всей жизни, некоторые заражаются грибом. Здоровые и зараженные насекомые хорошо различаются: больных меньше, у них отсутствует защитный восковой щит, и они никогда не размножаются. Гриб прикрепляется только к пораженному насекомому, и его гифы никогда не проникают в субстрат.

Некоторые базидиальные грибы (*Termitomyces*, *Leucoagaricus*, *Lepiota*, *Auricularia*) культивируются в гнёздах термитами и муравьями и служат насекомым пищей.

От. Fungi Imperfecti (Deuteromycota)

В это искусственное подразделение в системе грибов входят виды, у которых не наблюдается полового размножения, т.е. они производят споры (конидии) бесполом образом (путем митоза). В обиходе их часто называют плесневыми грибами. Они также часто имеют половые стадии, которые относятся к аскомицетам либо базидиомицетам. Т.е. фактически один организм может иметь два латинских названия: одно, относящееся к половой стадии (телеоморф) и второе, описывающее бесполою стадию (анаморф). Однако около трех четвертых размножающихся бесполом путем грибов не имеют известных половых стадий, и, таким образом, имеют лишь одно название, характеризующее анаморф. Бесполом образом размножающиеся грибы с известными или неизвестными половыми стадиями были объединены в группу дейтеромицетов или Fungi Imperfecti. Бесполою стадию также иногда называют несовершенной, в отличие от половой (совершенной), поэтому группа получила также название несовершенных грибов.

Среди дейтеромицетов можно выделить несколько интересующих нас экологических групп, тем или иным образом связанных с беспозвоночными животными.

Внимание исследователей в значительной степени сосредоточено на биологии **энтомопатогенных** несовершенных грибов. В отличие от узкоспециализированных энтомофторовых грибов, большинство гифальных энтомопатогенных грибов отличается широкой специализацией. Представители большинства из них могут расти на субстратах и животного, и растительного происхождения [8].

Наиболее распространены из их числа паразитические грибы р. *Beauveria*, в частности, вид-возбудитель белой мускардины (от французского слова, означающего "засахаренный фрукт"). В середине XVIII века в Европе, в рассадниках тутового шелкопряда *Bombyx mori*, начался мор гусеницы. Возбудителем заболевания оказался гриб *Beauveria bassiana* (Vulf) Vulf. Видовое название гриба дано по имени итальянского биолога Басси, выявившего природу инфекционного начала. Пораженные гусеницы сначала краснели, а потом

приобретали белую окраску в результате выхода на поверхность "мумий" белого спороношения гриба. Мумифицированные гусеницы казались "засахаренными", или обсыпанными мукой. Гриб *Beauveria bassiana* на территории Америки поражает 175 видов насекомых.

Примечательно, что, поражая большое число насекомых, *Beauveria bassiana* может сохраняться в природе в отсутствие основного и дополнительного хозяев.

Другой вид – боверия тонкая (*B. tenella*) – поражает преимущественно жуков (западный и восточный майские хрущи, картофельная коровка).

В конце 70-х годов XIX века в ряде губерний России выявлены вредитель хлебных злаков жук кузька *Anisoplia austriaca* L. и вредитель сахарной свеклы долгоносик. Выдающийся ученый, лауреат Нобелевской премии И. И. Мечников установил, что вредители поражаются грибом *Metarhizium anisopliae* Metsh. – зеленой мускаридиной. В дальнейшем эти данные легли в основу разработки биометода борьбы с насекомыми-вредителями сельскохозяйственных культур и насекомыми-кровососами. Возбудитель зеленой мускардины поражает более 70 видов насекомых, из которых 54 вида жуков и только 5 видов чешуекрылых.

Еще один энтомопатогенный несовершенный гриб – *Cephalosporium lecanii* – поражает ложнощитовок подсемейства Lecaniidae. Интересно, что, по некоторым данным *Cephalosporium* также является основным видом в жилых ходах жука – дубового плоскохода (*Platypus cylindrus*), причем симбиотическим видом.

Роды *Beauveria*, *Hirsutella*, *Metarhizium*, *Tolypocladium* и др. являются анаморфами (конидиальной стадией) сумчатых грибов пор. Clavicipitales, в частности, *Hymenostilbe* и *Hirsutella* – рода *Cordyceps*. Гриб рода *Aschersonia*, являющийся конидиальной стадией сумчатого гриба рода *Hypocrella*, поражает цитрусовую белокрылку. Некоторые виды – паразиты нематод [27].

Грибы рода *Aspergill*, в основном типичные сапрофиты, в определённых условиях способны развиваться и спороносить в тканях живых насекомых, вызывая их гибель с типичными симптомами. Пять видов аспергилла: *A. flavus-orizae*, *A. niger*, *A. fumigatus*, *A. tamari* и *A. flavipes* способны поражать представителей 7 отрядов насекомых: Homoptera, Orthoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Isoptera, Thysanura и клещей. В качестве новых хозяев для аспергиллов отмечены термиты (*Reticulitermes virginicus*) и постельный клоп (*Cimex lectularius*).

Другая распространенная экологическая группа среди несовершенных грибов – **хищные грибы**. Эти грибы могут жить как сапрофиты, но при этом способны улавливать и питаться нематодами – мелкими круглыми червями.

Грибы проникают в тело насекомых через покровы, используя для этого ферменты, выделяющиеся при прорастании спор: хитиназу, протеазу, липазу, также в этом играет роль механическое давление, развиваемое растущими гифами гриба. Специализированные паразитные грибы образуют особые булавовидные утолщения – аппрессории, через которые проникают внутрь тела хозяина.

Многие несовершенные грибы успешно применяются для биологического контроля численности различных насекомых-вредителей. Виды *Hirsutella* и *Verticillium lecanii* используются для контроля численности тлей, трипсов, белокрылок, нематод. Виды *Metarhizium* важны для контроля жесткокрылых и саранчовых, *Nomuraea rileyi* – против чешуекрылых, *Beauveria spp.* – жесткокрылых. Многие виды нематофаговых грибов были протестированы с целью контроля за численностью нематод с различным успехом; наиболее многообещающими в этом отношении выглядят эндопаразиты *Verticillium* [27].

2. Микотрофия членистоногих (питание членистоногих грибами)

Повреждение беспозвоночными плодовыми тел грибов в природе

Грибники часто обнаруживают "червивые" шляпки или ножки грибов – результат повреждения их насекомыми. Быстрое разрушение спелого плодового тела с экологической

точки зрения полезно. При этом грибница не повреждается, споры рассеиваются, а шляпка грибу уже не нужна. Мицелием грибов питаются жуки-грибовики сем. *Erotilidae* и грибоеды сем. *Mycetophagidae* подотряда разноядных (*Polyphaga*). Семейство жуков-грибовиков принадлежит к подотряду разноядных. Длина – 2-30 мм. Тело обычно овальное, выпуклое, сверху голое, усики булабовидные. В бывшем СССР насчитывалось 60 видов, большей частью в лиственных лесах. Жуки и личинки питаются надревными грибами. Грибоеды – семейство жуков подотряда разноядных. Длина – 2-6 мм. Тело овальное, выпуклое, сверху покрыто тонкими волосками. Окраска бурая или черная, надкрылья обычно со светлым рисунком. Известно около 200 видов, в бывшем СССР – свыше 30, большей частью из рода *Mycetophagus*. Жуки и личинки живут в грибах и гнилой древесине, питаются главным образом мицелием.

Вредители культивируемых грибов

Особую группу членистоногих (насекомых, многоножек, мокриц, растительноядных клещей) представляют вредители культивируемых грибов. Среди них можно выделить несколько основных групп.

1. Грибные комары *Mycetophilidae* (семейство двукрылых, надотряд длинноусых). Длина 3-7 мм. Около 2500 видов, в бывшем СССР – свыше 500 видов. Взрослые грибные комарики активны весной и осенью. Многие виды зимуют во взрослом состоянии и встречаются зимой на снегу во время оттепелей. Личинки безногие, с явственной головкой, развиваются в грибах, а также в пронизанной мицелием древесине и лесной подстилке, под корой; питаются мицелием и плодовыми телами шляпочных грибов (составляют основную массу "червей" в грибах).

2. В шампиньонницах и вешенницах наиболее часто встречаются грибные мухи (горбатки), грибные комары и галлица. Грибные мухи попадают в грибницы снаружи через вентиляционные ходы, двери, окна. Самок привлекает запах мицелия. Они активно стремятся проникнуть через щели, отверстия, ходы. Откладка яиц (до 50 штук в одной кладке) происходит при наличии мицелия. Через неделю из яиц появляются личинки, питающиеся мицелием. Будучи прожорливыми и многочисленными, они способны уничтожить большую часть мицелия в субстрате.

3. Клещи. Большинство грибоводов считает клещей опасными вредителями шампиньонов. Источником распространения клещей в культивационных сооружениях является солома. В природе панцирные клещи питаются мицелием плесневых грибов и растительными остатками

4. Нематоды. Встречающиеся в грибоводческих предприятиях нематоды подразделяются на паразитических и сапрозойных. Паразитные нематоды часто встречаются в шампиньонном компосте и вредоносны даже при небольшой численности. Их характерной особенностью является строение ротового аппарата – стилет. С его помощью нематоды проделывают отверстия в мицелии и высасывают его содержимое. На поврежденных гифах поселяются бактерии, усиливающие повреждение. Сапрозойные нематоды составляют вторую группу вредителей. Их вредоносность проявляется косвенно.

3. Поведенческая коэволюция – культивирование грибов насекомыми

Мутуалистические симбиозы грибов с животными часто связаны со способностью многих грибов производить целлюлолитические ферменты, особенностью, очевидно, отсутствующей у почти всех представителей царства животных. Два наиболее ярких примера включают социальных насекомых: муравьев-листорезов Центральной и Южной Америки и термитов-строителей Африки и Азии. Между муравьями и термитами, которые культивируют грибной мицелий, и некоторыми видами базидиомицетов существуют древние и очень развитые симбиозы, при этом насекомым свойственен очень высокий уровень развития социального поведения. Грибы в этих симбиозах, очевидно, почти не видоизменены, у насекомых также не наблюдается морфологических изменений, но их

поведение в высокой степени модифицировано. О мицелии заботятся, подкармливают его и пропальывают, и вместе с мигрирующей королевой он отправляется в новые гнёзда [16, 20].

В Центральной и Южной Америке обитают муравьи-листорезы (*Atta*, *Acromyrmex*). Если тропа этих муравьёв протягивается к какому-либо дереву, то спустя некоторое время дерево остаётся без листьев. Муравьи-листорезы забираются на деревья и срезают челюстями сегменты листьев, доставляя их вниз, к подземному гнезду, где они тщательно пережёвываются и скармливаются обитающим там колониям специфических грибов (*Leucoagaricus* и *Lepiota* (*Agaricales*), *Xylaria* (*Ascomycetes*) или *Auricularia* (*Auriculariales*)). Муравьи подготавливают субстрат для выращивания мицелия, тщательно пережёвывая листья, смешивая их со своими экскрементами и слюной и складывая полученную массу в специальные большие камеры. Муравьи обеспечивают грибу идеальные условия для роста и пропальывают грибы-сорняки. Гриб разлагает листья и его мицелий затем поедается муравьями. Муравьи-листорезы питаются грибом сами и кормят личинок конидиями грибов [16, 20].

Муравьи постоянно поддерживают культуру одного и того же гриба. Молекулярный анализ недавно показал, что единственный клон базидиомицета, родственного грибу-зонтику *Lepiota*, поддерживался в культуре одним-единственным видом муравьёв 23 миллиона лет [20]. Симбиоз с грибом позволяет муравьям питаться широким спектром растительного материала, который превращается мицелием в питательный субстрат для гриба. При вылете из гнезда молодые самки всегда несут с собой кусочки грибницы и на новом месте сразу же начинают выращивать грибы.

Тропические муравьи из р. *Atta* в Южной Америке наносят ущерб сельскому и лесному хозяйству, однако, хотя муравьёв принято считать вредителями, большая колония с сотнями подземных садов значительно увеличивает аэрацию и содержание органического вещества в почве [16]. У муравьёв других широт "грибных садов" не выявлено. В то же время, в Украине возле муравейников встречаются только отдельные виды съедобных шляпочных грибов: шампиньоны и грибы-зонтики. Не исключено, что такая приуроченность не является случайной.

Термиты-строители *Macrotermitinae* также строят и поддерживают подземные грибные сады, в которых они выращивают чистые культуры грибов *Termitomyces* (*Agaricales*) или иногда *Xylaria* (*Ascomycetes*), растущие на специально откладываемых скоплениях экскрементов и кусочках древесины. Термиты, также как и муравьи, усердно ухаживают за своими грибами. Эти грибы идут в основном на питание молодых личинок. Единственное существенное различие – *Termitomyces* иногда начинает спороносить на протяжении сезона дождей или когда гнёзда становятся покинутыми [16].

4. Хищные и нематофаговые грибы

Представители, образ жизни и разнообразие

В экологическую группу хищных грибов объединяются грибы, способные поймать, убить и использовать в пищу микроскопических животных – нематод, коловраток, простейших, мелких насекомых. Хищные грибы широко распространены на земном шаре и обнаружены на всех континентах. За рубежом они наиболее изучены в США, Англии, Франции, Дании. В СССР исследование хищных грибов было начато в 1946 г. в Туркмении.

Нематофаговые грибы были обнаружены во всех крупных группах грибов. Большинство представителей группы хищных и нематофаговых грибов, включая образующие ловушки виды, – это гифомицеты (отд. *Deuteromycota*, порядок *Hyphomycetales*, семейство *Moniliceae*; известно около 80 видов).

Механизм улавливания нематод присутствует и у дереворазрушающего базидиомицета *Pleurotus ostreatus*. Вешенка иммобилизует нематоду при помощи токсина, производимого в специальных выростах мицелия, и кончики гиф хемотропически прорастают через рот жертвы и переваривают её содержимое [26].

Улавливание и эндопаразитизм на свободноживущих нематодах и других микроскопических животных является способностью филогенетически разнообразных групп гифомицетов. Основные группы нематофаговых грибов являются анаморфами дискомицетов, родственных *Orbilia* (*Leotiales*), классифицированных в анаморфные роды *Arthrobotrys*, *Monacrosporium* и *Dactylella* (22) и анаморфами базидиомицетов рода шляпочных грибов *Hohenbuehelia* (*Tricholomataceae*), классифицированные в род *Nematoctonus* (было показано, что несколько изолятов *Nematoctonus* образуют плодовые тела, типичные для *Hohenbuehelia* sp.) [13]. Ловушки анаморфов *Orbilia* – это активно образующиеся петли и различные типы адгезионных сетей или клеток. Виды *Nematoctonus* отличаются от всех нематофаговых дейтеромицетов не только тем, что они одновременно образуют ловушки и являются паразитами, но также имеют гифы и пряжки, типичные для базидиомицетов [27].

Вегетативный мицелий хищных грибов состоит из обильно ветвящихся септированных гиф толщиной не более 5-8 мкм. На мицелии развиваются ловчие приспособления (рис. 1).

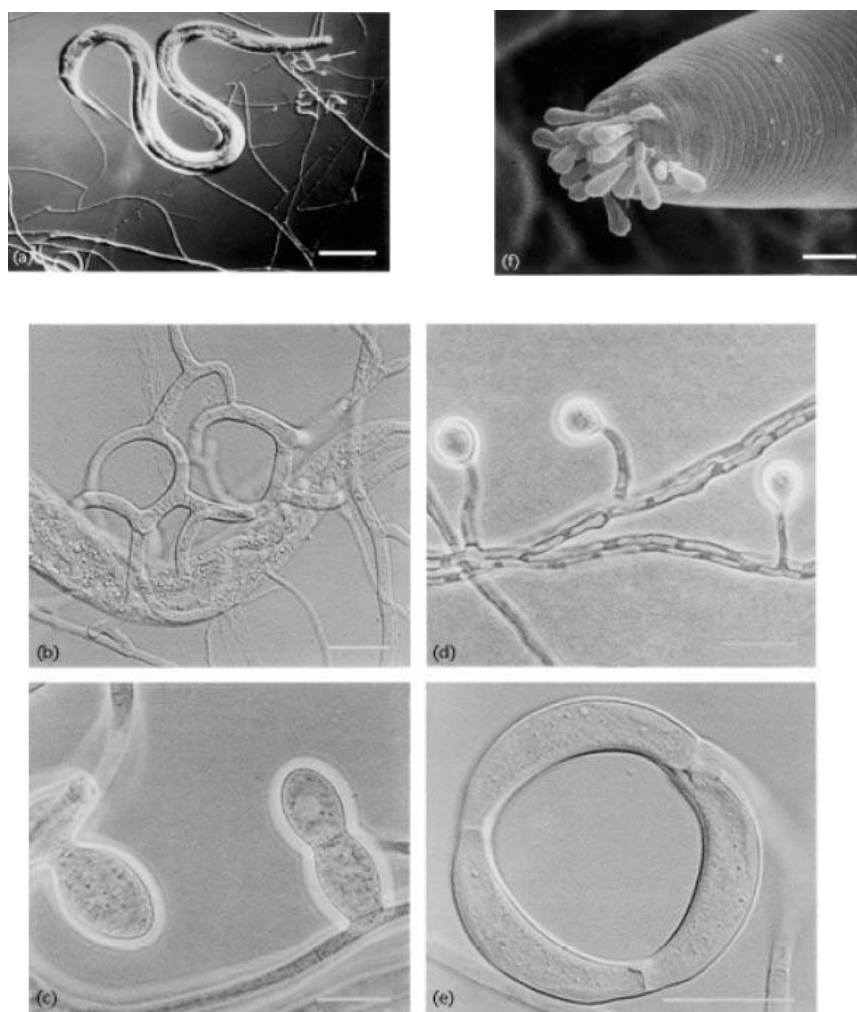


Рис. 1. Разнообразие ловчих приспособлений нематофаговых грибов:

а) нематода, пойманная (указано стрелкой) *Arthrobotrys oligospora*. Длина полоски = 100 мкм; б) адгезивная сеть *Arthrobotrys oligospora*, развитая на захваченной нематоде. Длина полоски = 20 мкм; в) адгезивные вздутия *Monacrosporium haptotalum*. Длина полоски = 10 мкм; г) адгезивные веточки *M. gefiropagum*. Длина полоски = 10 мкм; е) сжимающееся кольцо *A. brochopaga*. Длина полоски = 5 мкм; ф) нематода, инфицированная спорами *Drechmeria coniospora*. Длина полоски = 5 мкм (приведено по [28])

У хищных грибов мицелий развивается в почве, на растительных остатках и других субстратах, но часть питания они получают из тканей пойманных ими жертв. Жертвы хищных грибов – обычно сапрозойные нематоды или свободноживущие личинки нематод, патогенных для растений, животных и человека. Из фитогельминтов хищными грибами улавливаются нематоды из родов *Acrobeles*, *Acrobelloides*, *Cephalobolus*, *Diplogaster*, *Diploscapter*, *Plectus*, *Phabditis*, *Bunonema*, *Dorylaimus*, *Anguillina*, *Heterodera*, *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*; из зоогельминтов – *Ancylostoma*, *Strongyloides*, *Haemonchus*, *Nematodirus*, *Cooperia*, *Ostertagia*, *Trichostrongylus*, *Strongylus*, *Trichonema*. Реже грибы ловят амёб или других мелких корненожек, а некоторые – мелких насекомых (*A. entomophaga* улавливает представителей *Collembola*) [3].

Механизм улавливания нематод и типы ловчих приспособлений

Нематоды привлекаются соединениями, выделяемыми мицелием и ловушками нематофаговых грибов и спорами эндопаразитов. Паразиты обладают большей степенью привлекательности для нематод. Часто хищные грибы улавливают животных, значительно превосходящих их по размерам. Размеры нематод, улавливаемых грибами – 0,1-1,0 мм, а толщина гиф этих грибов – не более 8 мкм. Улавливание таких крупных, подвижных и сильных жертв, как нематоды, стало возможно в результате приобретения грибами в процессе эволюции различных специализированных ловчих приспособлений.

Строение аппаратов-ловушек у гифомицетов разнообразно, по механизму действия они могут быть 3 типов (рис. 2).

Клейкие ловушки: боковые выросты гиф, покрытые клейким веществом (*A. perpasta*, *Monacosporium cionopagum*); овальные или шаровидные клейкие головки, сидящие на коротких двухклеточных веточках мицелия (*M. elliposporum*, *A. entomophaga*); наиболее распространены клейкие сети из большого числа колец, образующиеся в результате обильного ветвления гиф (*A. oligospora*). Процесс улавливания нематоды клейкими сетями напоминает ловлю мух на липкую бумагу. Нематода прилипает к сети, и вскоре после того, как она перестаёт двигаться, из этой сети развивается гифа, растворяющая кутикулу нематоды и проникающая в её тело. Предполагается, что адгезия (прилипание) нематоды может происходить как взаимодействие между связывающим углеводный белком (лектином) гриба и углеводным рецептором на теле нематоды. У *A. oligospora* трёхмерная сеть покрыта слоем экстрацеллюлярных фибрилл, даже до взаимодействия с нематодой. После контакта эти фибриллы становятся направленными перпендикулярно поверхности жертвы, очевидно, чтобы облегчить захватывание и дальнейшую инвазию нематоды [26]. Гибель пойманной нематоды часто происходит быстрее, чем мицелий гриба проникнет в её тело. Предполагают, что хищные грибы образуют токсины, содержащиеся в клейкой жидкости ловушек (по данным Прядко, Илялетдинова [3], у хищных грибов обнаружен фермент лецитиназа С, являющийся токсином споровых бактерий с нематоцидным действием). После прободения кутикулы в её теле часто развивается т.н. инфекционная луковица, из которой развиваются трофические гифы. Постепенно они заполняют всё тело нематоды, и её ткани теряют свою структуру. Процесс поглощения грибом содержимого нематоды продолжается немногим более суток. После этого остаётся только кутикула, заполненная гифами гриба. Протеазы хищных грибов по данным молекулярного анализа относятся к группе сериновых протеаз, и имеют высокую гомологию с субтилизиновым их типом. Питательные вещества, полученные из жертвы, гриб может сохранять в форме запасного низкомолекулярного белка – лектина, который в больших количествах синтезируется в цитоплазме. Предполагается, что этот же белок участвует в процессе распознавания и адгезии жертвы, взаимодействия с животными гликопротеинами.

У некоторых хищных грибов образуются ловушки в виде колец, лишённых клейкого вещества и действующих механически. Обычно эти кольца состоят из трёх изогнутых клеток и расположены на коротких веточках мицелия. В простейшем случае такие ловушки действуют пассивно, например, нематода, случайно попав в такую ловушку, пытается пройти сквозь кольцо и застревает в нём (*D. candida*).

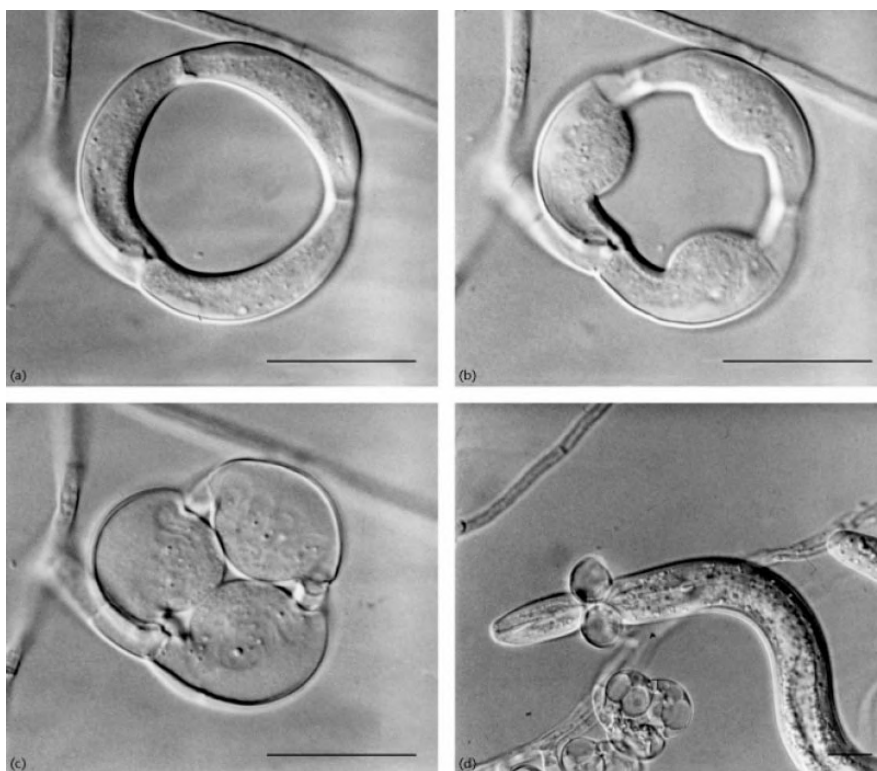


Рис. 2. Ловчий механизм *Arthrobotrys brochopaga* (a)-(c). Закрытие кольца, вызванное искусственным нагреванием ловушки. Закрытие происходит быстро (0,1 с), необратимо и сопровождается значительным увеличением клеточного объема, что приводит к почти полному закрытию отверстия кольца. Полоска = 5 мкм. (d) Нематода, крепко зажатая в кольце (приведено по [28])

В отсутствие нематод хищные гифомицеты обычно не образуют ловушек. Если в культуру добавить нематод, уже через 24 час. в ней образуются ловушки. Стимулировать их образование можно также, добавляя к культуре стерильную воду, в которой жили нематоды.

В культуре некоторых нематод были обнаружено вещество (или вещества), стимулирующее образование ловушек и получившее название "немин" – предполагают, что это низкомолекулярный белок или аминокислота [3]. У некоторых хищных гифомицетов, например, *A. dactyloides*, развитие ловушек происходит в отсутствие нематод в условиях относительного недостатка питания или воды. Возможно, в природе эти факторы наряду с соединениями типа немина регулируют образование ловушек у хищных грибов.

Ловушки могут образовываться прямо при прорастании конидий (спор), формируя конидиальные ловушки (рис. 3). Эта особенность развития проявляется почти у всех ловушкообразующих видов, при условии, что конидии прорастают на природных субстратах (коровий навоз, почва ризосферы). Мутант *A. oligospora* не только формирует конидиальные ловушки на своих конидиях, которые ещё находятся на конидиофорах; он также производит большое количество нормальных ловушек на мицелии [26].

Происхождение

Хищные грибы можно рассматривать как экологическую группу почвенных сапрофитов, в процессе эволюции приобретших способность улавливать нематод и питаться дополнительно. Хищничество у грибов появилось, вероятно, в глубокой древности, причём возникло независимо в разных их группах. У гифомицетов этот способ питания должен быть достаточно древнего происхождения, на что указывает их широкое распространение во всех климатических зонах и наличие сложных ловчих приспособлений. Молекулярный анализ области 18-S рДНК нематофаговых грибов показал, что несколько обычных видов хищных грибов, включая виды *Arthrobotrys*, *Dactylaria* и *Monacrosporium*, формируют монофилетическую группу (трибу) [16].

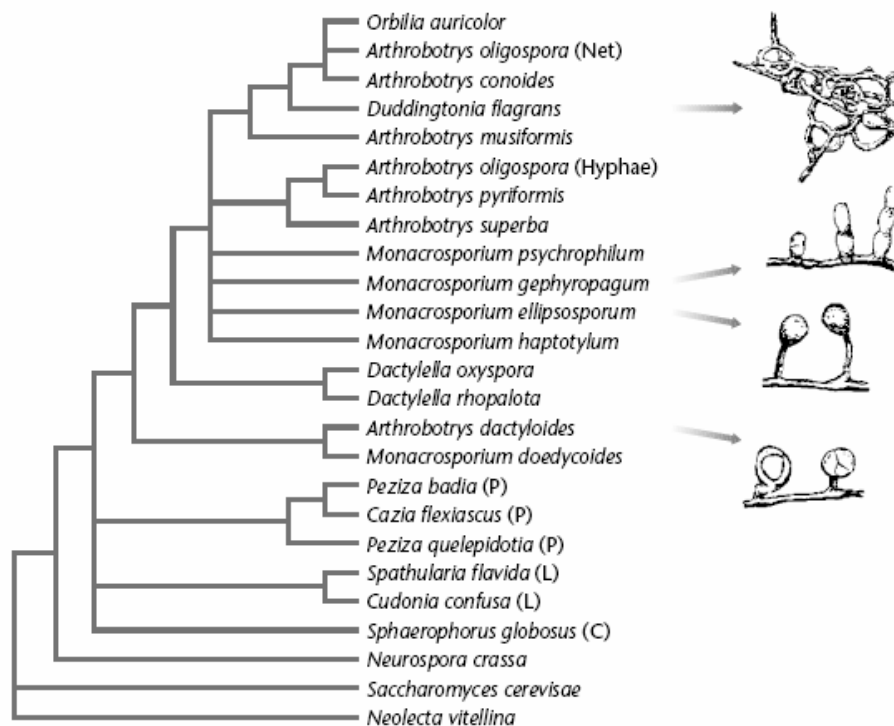


Рис. 3. Филогенетическое дерево, основанное на анализе 18S-рДНК и показывающее взаимоотношение между улавливающими нематод грибами и положение этой трибы по отношению к видам *Pezizales* (P), *Leotiales* (L) и *Calciales* (C); рДНК *Neolecta vitellina* использовалась в качестве контроля для анализа. Обратите внимание, что филогенетические связи соответствуют структуре ловчих приспособлений. *Orbilia auricolor* – это телеоморфная стадия *Arthrobotrys oligospora* (приведено по Ahren et al. (1998), взято из [28])

Использование хищных грибов в биологическом методе борьбы

Хищные грибы представляют большой интерес и как орудия биологической борьбы с фитонематодами и нематодами, патогенными для животных и человека (обеззараживание почвы от личинок анкилостомы, борьба со стронгилятозом лошадей и овец). Сейчас вновь возрос интерес к использованию хищных грибов, частично благодаря увеличению знания их биологии, частично благодаря улучшению методов подбора и введения в почву агентов биоконтроля. Недавно были проведены успешные испытания препарата из *Arthrobotrys dactyloides* для противодействия повреждению нематодами корней томатов и препарата яйцевого паразита *Verticillium chlamydosporium* в таком же эксперименте [16, 26].

В Украине с 1996 г. в Институте зоологии им. И. И. Шмальгаузена НАН Украины исследуются возможности использования биопрепаратов штаммов гриба *Duddingtonia flagrans* (Dudd.) Cooke против нематод сельскохозяйственных животных, в частности, лошадей.

Выводы

1. Среди грибов и насекомых коэволюция наблюдается в разных формах: морфологическая – видоизменение строения тела (например, специальные приспособления для переноса спор у короедов, особые образования – мицетоциты или мицетомы, для содержания грибных клеток); биохимическая и физиологическая (в той или иной степени наблюдается практически при любом коэволюционном взаимодействии), поведенческая (выращивание грибов муравьями-листорезами, термитами и жуками), наконец, коэволюция, затрагивающая жизненный цикл и особенности размножения (энтомофторовые грибы и их хозяева, щитовки и септобазидиум).

2. Существуют примеры, где взаимосвязь видов является облигатной – в случае образования глубоких и сложных симбиозов (грибные сады муравьёв и термитов, дрожжевые грибы в галереях жуков-короедов, *Septobasidium* и щитовки), так и существования облигатных паразитов и хищников: как со стороны грибов, питающихся беспозвоночными (лабульбениевые, энтомофторовые и энтомопатогенные несовершенные грибы, зоопаговые), так и наоборот (грибные комарики и т.д.). Это говорит о высокой степени развития коэволюционной динамики. В то же время есть примеры устойчивых, но необязательных связей (так, большинство хищных грибов могут существовать сапротрофно). В этом случае существует возможность, что при продолжении коэволюционного процесса и при изменении условий среды связь может перерасти в облигатную.

3. Наиболее распространенным типом взаимоотношений у низших грибов с беспозвоночными является паразитизм, у высших – использование грибами насекомых для распространения своих спор, т.е. мутуалистическое взаимодействие.

4. О масштабах и древности коэволюционного процесса говорит тот факт, что взаимосвязь наблюдается не только на примерах отдельных особей, но существуют целые группы грибов, одинаковым образом специализированных на паразитизме на какой-либо группе животных и имеющих для этого сходные приспособления. Это может свидетельствовать о том, что каждая такая группа произошла путем иррадиации видов от исходного предка, впервые вступившего в такую взаимосвязь с животным, а это подразумевает, что должно было пройти достаточно длительное время, на протяжении которого происходила коэволюция.

Список литературы

1. Алексеев А. А. О возможности использования энтомопатогенных грибов для регулирования численности кровососущих комаров // Тез. докл. I Всесоюз. съезда паразитологов. – Полтава, 1987. – С. 10-11.
2. Акимущикин И. Мир животных: Беспозвоночные. Ископаемые животные. – М.: Мысль, 1999. – 384 с.
3. Грибы-гифомицеты – регуляторы численности паразитических нематод / Отв. ред. А. Н. Илялетдинов, Э. И. Прядко. – Алма-Ата: Наука, 1990. – 176 с.
4. Грибы и грибоводство / Авт.-сост.: П. А. Сычѳв, Н. П. Ткаченко – Донецк: Сталкер, 2003. – 512 с.
5. Грибы. Большая Энциклопедия / В. Антонин, Ф. Котлоба, З. Клузак, В. Остры, П. Шкубла, И. Весели. – Луцк: Издательский дом Ридерз Дайжест, 2005. – 368 с.
6. Даддингтон К. Л. Хищные грибы – друзья человека. – М.: Изд-во иностр. лит., 1959. – 150 с.
7. Жизнь животных. Т. 3. Членистоногие: трилобиты, хелицеровые, трахейнодышащие. Онихофоры / Под ред. М. С. Гилярова, Ф. Н. Правдина. – М.: Просвещение, 1984. – С. 248-302.
8. Жизнь растений. Т. 2. Грибы / Под ред. М. В. Горленко. – М.: Просвещение, 1976. – 480 с.
9. Евлахова А. А. Энтомопатогенные несовершенные грибы // Жизнь растений. Т. 2 / Под ред. М. В. Горленко. – М.: Просвещение, 1976. – С. 439-440.
10. Захаров И. А. Организация генетического аппарата грибов в связи с проблемами их эволюции // Микология и фитопатология. – 1980. – Т. 14, № 3. – С. 273-275.
11. Лук'янченко-Кузьміна Т. А. Нематофагові гриби (Nephromycetes) з ґрунту пасовищ України // Укр. бот. журн. – 2002. – Т. 59, № 2. – С. 204-211.
12. Рубцов И. А. Естественные фаги и биологические методы борьбы против насекомых медицинского значения. – М.: Медицина, 1967. – 120 с.
13. Сытник К. М., Дудка И. А. Ботаника и микология в Украине. Генетика, систематика, флористика // Укр. ботан. журн. – 2001. – Т. 58, № 1. – С. 5-9.

14. *Сопрунов Ф. Ф.* Хищные грибы-гифомицеты и их применение в борьбе с патогенными нематодами. – Ашхабад: Изд-во АН ТуркССР, 1958. – 366 с.
15. *Tompson J. N.* (2005) Coevolution. /Encyclopedia of Life Sciences / Nature Publishing Group / <http://www.els.net>.
16. *Kuo M.* (2003). Mushroom taxonomy: The big picture / <http://www.mushroomexpert.com/taxonomy.html>.
17. *Bryce Kendrick* (2001) Fungi and the History of Mycology / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
18. *Bryce Kendrick* (2001) Fungi: Ecological Importance and Impact on Humans / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
19. *Joyce E. Longcore* (2001) Chytridiomycota / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
20. *Joyce E. Longcore* (2001) Zygomycota /Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
21. *Ove E. Eriksson* (2001) Ascomycota / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
22. *Sarah C. Watkinson* (2001) Basidiomycota / Encyclopedia of Life Sciences / www.els.net.
23. *Peter H. Thrall, Elizabeth Lj Watkin, Jeremy J. Byrdon* (2001) Coevolution: plant-microorganism / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
24. *Roy B. A.* Floral mimicry by a plant pathogen // Nature. – 1993. – 362. – P. 56-58.
25. *Roy B. A.* The effects of pathogen-induced pseudoflowers and buttercups on each other's insect visitation // Ecology. – 1994. – 75. – P. 352-358.
26. *Roy B. A.* The use and abuse of pollinators by fungi // Trends in Ecology and Evolution. – 1994. – 9. – P. 335-339.
27. *Hermen J. Phaff* (2001) Yeasts Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
28. *Birgit Nordbring-Hertz, Hans-Borje Jansson, Anders Tunlid* (2002) Nematophagous fungi / Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.
29. *Walter Gams, Keith A. Seifert* (2001) Deuteromycetes (Fungi Imperfecti) /Encyclopedia of Life Sciences / <http://www.els.net>.

Сичев П. А., Тимофеев А. А., Ткаченко Н. П., Ларін Я. Д. Коеволюція грибів і безхребетних тварин. – Серед грибів і безхребетних коєволюція відбувається в різних формах: морфологічній, фізіолого-біохімічній. Це відкриває перспективи боротьби з шкідливими організмами.

Ключові слова: коєволюція, ентомофторові гриби, хижі, біометод, безхребетні.

Syshev P. A., Timofeev A. A., Tkachenko N. P., Larin Y. D. Coevolution of fungi invertebrate animals. – Among and fungi and invertebrates, coevolution goes on in different forms: morphological, physiology-biochemical. It opens prospects for fighting with harmful organisms.

Key words: coevolution invertebrate animals, morphological, machrum.

О. Ю. Третьякова

ВПЛИВ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН НА РІСТ І РОЗВИТОК *HIBISCUS ESCULENTUS* L. В УМОВАХ ІНТРОДУКЦІЇ НА ПІВДЕННОМУ СХОДІ УКРАЇНИ

Донецький ботанічний сад НАН України; 83059, м. Донецьк, пр. Ілліча, 110

e-mail: helen_tretyakova@ ukr.net

Третьякова О. Ю. Вплив біологічно активних речовин на ріст і розвиток *Hibiscus esculentus* L. в умовах інтродукції на південному сході України. – У результаті досліджень визначена оптимальна концентрація індоліл-3-оцтової кислоти (ІОК) – 10 мг/л, гумату амонію (ГА) – 5 мг/л для передпосівної обробки насіння *H. esculentus* за 2-х годинної експозиції. Встановлено, що передпосівна обробка насіння *H. esculentus* розчинами ІОК, ГА оптимальної концентрації сприяє прискоренню проростання насіння, росту та розвитку рослин.

Ключові слова: вегетація, бамія, інтродукція, оптимальна концентрація, індоліл-3-оцтова кислота, гумат амонію, обробка.

Вступ

Продовольча проблема постійно передбачає збагачення асортименту харчових рослин та підвищення їхньої продуктивності, адаптаційної здатності. До таких малопоширених рослин, що заслуговують широкого введення в практику на південному сході України відноситься *Hibiscus esculentus* (Linnaeus, 1737).

H. esculentus або гібіск їстівний, бамія, окра – однорічна трав'яниста тропічна рослина з родини *Malvaceae*, популярна у народів Індії, Малої Азії, Центральної Америки, овочева культура. Бамія викликає інтерес як нова високобілкова культура на південному сході України, що є цінним дієтичним продуктом, її плоди містять багато білкових речовин, каротину, аскорбінової кислоти (до 45 мг %), вітаміни групи В, слизові речовини (цінні при лікуванні виразкової хвороби та гастритів) [1]. Бамія тепло, волого- та світлолюбна культура, страждає від заморозків, тому її висівають, коли немає загрози заморозків. Під час посіву її у відкритий ґрунт у кінці квітня – на початку травня сходи з'являються на 23 день, тривалість вегетації 136 днів [2].

Таким чином, виникає необхідність прискорення проростання насіння, росту та розвитку рослин у зв'язку з тривалою вегетацією *H. esculentus* за допомогою біологічно активних речовин. Встановлено, що ауксини є критичними фітогормонами в процесах розвитку кореня, стимулюють процеси коренеутворення [3, 4], гумінові препарати природного походження поєднують у собі властивості регуляторів росту та стимуляторів-адаптогенів рослин. Стимулятор-адаптоген рослин із бурого вугілля (гумат амонію) підвищує енергію проростання і схожість насіння, стимулює розвиток кореневої системи [5].

Метою нашої роботи було виявлення особливостей схожості, росту та розвитку *H. esculentus* під впливом передпосівної обробки насіння індоліл-3-оцтовою кислотою (ІОК), гуматом амонію (ГА), одержаного в НІО "Нетопливное использование углей и утилизация отходов энергетической промышленности", визначення оптимальної концентрації ІОК, ГА для передпосівної обробки насіння бамії.

Матеріали і методи досліджень

Проведені лабораторні та польові дослідження впливу розчинів індоліл-3-оцтової кислоти, гумату амонію різних концентрацій на схожість насіння, морфометричні показники рослин *H. esculentus* впродовж онтогенезу.

Під час проведення лабораторних досліджень вивчення впливу передпосівної обробки насіння бамії, розчинами різних концентрацій ІОК, ГА на посівні якості насіння (схожість, енергію проростання) використані загальноприйняті методи В. С. Косинського, А. М. Рубанова [6] і [7]. Для цього брали насіння *H. esculentus* (Високоросла 100). Вибірки насіння *H. esculentus* (по 50 шт.) замочували протягом 2-х годин у розчинах ІОК, ГА різної концентрації (ІОК: 100, 50, 10, 1, 0,1, 0,01, 0,001; ГА: 100, 10, 5, 2, 1, 0,5, 0,1 мг/л). Контрольний варіант досліду замочували у дистильованій воді протягом 2-х годин у цей же

час. Потім переносили до чашки Петрі із зволеним фільтрувальним папером для подальшого проростання. Середня температура приміщення становила 20°C, щодня перевіряли ступінь зволоженості для підтримання його на необхідному рівні [6]. Енергію проростання визначали на добу, в котру проросло 50% насінин від загальної їх кількості [8]. Дослідженні ростові процеси в контрольних і дослідних зразках, кожного дня штангенциркулем ШТЦ-125 вимірювали довжину кореня. Під час проведення польових досліджень були використані загальноприйняті методи [6, 7]. Статистична обробка результатів проводилася за стандартними біометричними методиками [9]. Вірогідність відмінностей визначали методом однофакторного дисперсійного аналізу [10].

Результати досліджень

У результаті дослідження впливу передпосівної обробки насіння ІОК встановили, що на четверту добу в варіанті обробки 1 мг/л проросло 64% насіння від загальної кількості пророщуваного, що на 49% перевищувало його кількість у контролі, на шосту добу в варіантах обробки 10, 0,1 мг/л проросло 51 та 50% від загальної кількості пророщуваного насіння відповідно. Найвища енергія проростання була у варіанті обробки насіння 1 мг/л.

Отже, для *H. esculentus* оптимальною концентрацією була 1 мг/л, за якої енергія проростання, схожість насіння збільшувалась у 4 рази порівняно з контролем.

При обробці насіння *H. esculentus* розчинами з більш високими концентраціями ІОК (50, 10 мг/л) і більш низькими концентраціями (0,1 мг/л) спостерігався менший ефект стимуляції енергії проростання, схожості насіння. Дослідження показали, що розчини ІОК з концентраціями 0,01, 0,001 мг/л не впливали на проростання насіння. При обробці розчином ІОК з концентрацією 100 мг/л відбувалось зменшення енергії проростання, схожості насіння порівняно з контролем, це означає, що ця концентрація була надоптимальною. Під впливом розчину ІОК оптимальної концентрації 1 мг/л відбувалось збільшення довжини кореня, швидкості його росту в 3,5 рази порівняно з контролем (табл. 1, рис. 1, 2). У результаті дослідження впливу допосівної обробки насіння гуматом амонію встановили, що на сьому добу в варіанті обробки 5 мг/л проросло 60% насіння від загальної кількості пророщуваного, що на 43% перевищувало кількість пророслого насіння в контролі, у варіанті обробки 2 мг/л проросло 50% від загальної кількості, що на 33% перевищувало кількість пророслого насіння в контролі. Найвища енергія проростання була у варіанті обробки насіння 5 мг/л ГА. Отже, для *H. esculentus* оптимальною концентрацією була 5 мг/л ГА, за якої енергія проростання та схожість насіння збільшувалась у 3 та 4 рази відповідно порівняно з контролем. При обробці насіння *H. esculentus* розчинами з більш високою концентрацією гумату амонію (10 мг/л) і більш низькою концентрацією гумату амонію (1 мг/л) спостерігався менший ефект стимуляції енергії проростання, схожості насіння.

При обробці розчином гумату амонію з концентрацією 100 мг/л відбувалось зменшення енергії проростання, схожості насіння порівняно з контролем, це означає, що ця концентрація була надоптимальною.

Під впливом розчину гумату амонію оптимальної концентрації 5 мг/л відбувалось збільшення довжини кореня, швидкості його росту в 2,5 рази порівняно з контролем (табл. 2, рис. 1, 2).

У ході досліджень було визначено оптимальну концентрацію обробки ІОК – 1 мг/л, гумату амонію – 5 мг/л за 2-х годинної експозиції для *H. esculentus*. Встановили, що при обробці насіння *H. esculentus* розчинами ІОК, ГА оптимальної концентрації збільшувалась енергія проростання насіння, схожість насіння, збільшувалась довжина кореня, відбувалось зростання швидкості його росту.

Таблиця 1

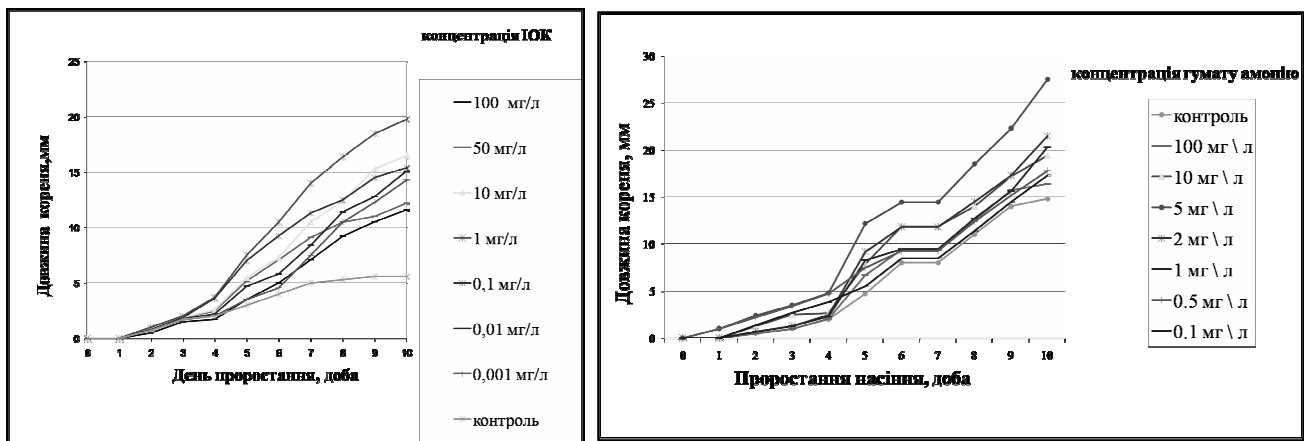
**Вплив індоліл-3-оцтової кислоти на схожість, енергію проростання насіння та ріст
Hibiscus esculentus L.**

Облік пророслого насіння, день	Варіант досліді (концентрація, мг/л)							
	100	50	10	1	0,1	0,01	0,001	контроль
на 3-й	6%	16%	18%	32%	30%	8%	8%	8%
на 4-й	10%	37%	44%	64%	41%	15%	15%	15%
на 5-й	10%	40%	48%	69%	47%	18%	17%	17%
на 6-й	11%	41%	51%	71%	50%	19%	18%	18%
на 7-й	12%	44%	53%	75%	52%	20%	19%	20%
на 8-й	12%	44%	53%	78%	52%	20%	20%	20%
на 9-й	12%	45%	53%	80%	53%	20%	20%	20%
на 10-й	12%	45%	54%	80%	53%	20%	20%	20%
Середня швидкість росту кореня, мм/доба	1,16±0,2	1,2±0,2	1,65±0,2	1,98±0,2	1,54±0,2	1,51±0,2	1,43±0,2	0,56±0,1
Довжина кореня, мм на 10-й день	11,6±1,0	12,2±0,9	16,5±0,7	19,8±0,5	15,4±0,6	15,1±0,8	14,3±0,8	5,6±0,7

Таблиця 2

**Вплив гумату амонію на схожість, енергію проростання насіння та ріст
Hibiscus esculentus L.**

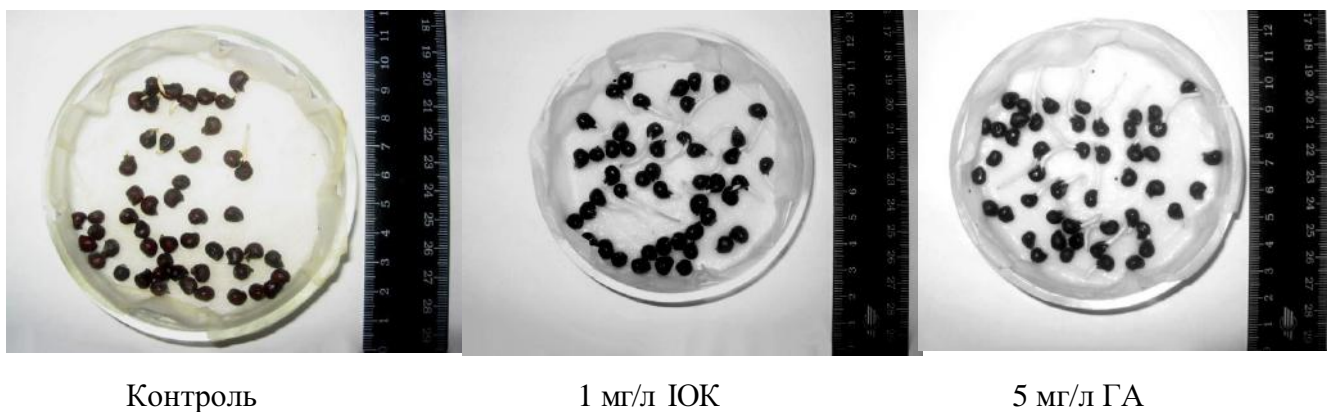
Облік пророслого насіння, день	Варіант досліді (концентрація, мг / л)							
	100	10	5	2	1	0,5	0,1	контроль
на 3-й	8%	9%	15%	12%	8%	8%	8%	8%
на 4-й	10%	10%	20%	15%	10%	10%	10%	10%
на 5-й	15%	15%	25%	18%	11%	14%	14%	14%
на 6-й	18%	19%	30%	25%	17%	15%	15%	15%
на 7-й	25%	30%	60%	50%	28%	18%	18%	17%
на 8-й	28%	45%	75%	64%	44%	20%	20%	18%
на 9-й	30%	48%	78%	71%	47%	20%	20%	20%
на 10-й	30%	50%	80%	71%	50%	20%	20%	20%
Середня швидкість росту кореня, мм/доба	1,64±0,2	2,04±0,2	3,05±0,2	2,55±0,1	2,13±0,1	1,78±0,2	1,73±0,2	1,28±0,2
Довжина кореня, мм на 10-й день	16,4±0,8	20,4±0,7	30,5±0,5	25,5±0,5	21,3±0,5	17,8±0,7	17,3±0,7	12,8±0,7



а

б

Рис. 1. Динаміка зміни довжини кореня *Hibiscus esculentus* L. під впливом ІОК (а), ГА (б) різної концентрації



Контроль

1 мг/л ІОК

5 мг/л ГА

Рис. 2. Дія оптимальних концентрацій ІОК та гумату амонію проростання насіння *Hibiscus esculentus* L. (7-й день проростання)

Отримані дані щодо впливу ІОК, ГА на насіння *H. esculentus* у лабораторних дослідках взято за основу під час проведення польових досліджень.

Польові дослідження проводили з травня до жовтня 2008 р. Насіння бамії (Високоросла 100) було висіяне 19.05.08. Загальна площа дослідної ділянки 18×1,7 м. Посів проводили рядковим методом із міжряддями 50 см [6, 7]. На кожний рядок висівали по 30 насінин бамії. Для вивчення впливу ІОК, гумату амонію, їхньої сумісної дії на *H. esculentus* були такі варіанти дослідів:

- К – контроль
- I. 10 мг/л ІОК
- II. 100 мг/л ІОК
- III. 5 мг/л ГА
- IV. 50 мг/л ГА
- V. 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА
- VI. 100 мг/л ІОК + 50 мг/л ГА

Польову схожість насіння бамії визначали відсотком насіння, яке зійшло на 10, 20, 30, 40-й день до загальної кількості висіяного насіння. В результаті проведених досліджень встановлено підвищення польової схожості у варіантах обробки 10 мг/л ІОК, 5 мг/л ГА, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА.

Так, на 10-й день у варіанті обробки 10 мг/л ІОК польова схожість збільшувалась на 21,8%; у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА – на 19,3%; у варіанті обробки 5 мг/л ГА – на 15,3% порівняно з контролем. На 20-й день у варіанті обробки 10 мг/л ІОК польова схожість збільшувалась на 21,3%; у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА – на 17,8%; у варіанті обробки 5 мг/л ГА – на 15,3% порівняно з контролем. На 30-й день у варіанті обробки 10 мг/л ІОК польова схожість збільшувалась на 21%; у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА – на 19%; у варіанті обробки 5 мг/л ГА – на 10% порівняно з контролем. На 40-й день у варіанті обробки 10 мг/л ІОК польова схожість збільшувалась на 17%; у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА – на 12%; у варіанті обробки 5 мг/л ГА – на 7% порівняно з контролем (табл. 3).

У інших варіантах обробки (100 мг/л ІОК, 50 мг/л ГА, 100 мг/л ІОК + 50 мг/л ГА) польова схожість зменшувалася, відбувалося пригнічення проростання насіння. Найкращими варіантами передпосівної обробки насіння *H. esculentus* були: 10 мг/л ІОК, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА.

Таблиця 3

Польова схожість насіння *Hibiscus esculentus* L.

Варіант досліджу	Відсоток пророслих насінин, % (M ± m)			
	10-й день	20-й день	30-й день	40-й день
контроль	12,7 ± 2	16,7 ± 2	34 ± 2	68 ± 2
10 мг/л ІОК	34,5 ± 1	38 ± 1	55 ± 1	85 ± 2
100 мг/л ІОК	8,7 ± 2	13,5 ± 2	25 ± 3	49 ± 4
5 мг/л ГА	28 ± 2	32 ± 2	44 ± 1	75 ± 2
50 мг/л ГА	9,3 ± 2	14 ± 2	29 ± 3	50 ± 5
10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА	32 ± 2	34,5 ± 1	53 ± 1	80 ± 2
100 мг/л ІОК + 50 мг/л ГА	5,3 ± 2	12 ± 1	21 ± 4	30 ± 5

У результаті проведених досліджень встановлено, що під впливом передпосівної обробки насіння *H. esculentus* у варіантах обробки 10 мг/л ІОК, 5 мг/л ГА, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА відбувалося підвищення відсотка рослин іматурного та дорослого вегетативного станів.

Так, на 40-й день росту *H. esculentus* у варіантах обробки 10 мг/л ІОК, 5 мг/л ГА, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА зменшувалась кількість проростків, ювенільних рослин, збільшувалась кількість іматурних і дорослих вегетативних рослин. У варіанті обробки 10 мг/л ІОК кількість ювенільних рослин зменшувалась на 28%, кількість іматурних рослин збільшувалась на 9%, кількість дорослих вегетативних рослин збільшувалась на 23% порівняно з контролем.

У варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА кількість ювенільних рослин зменшувалась на 28%, кількість іматурних рослин збільшувалась на 12%, кількість дорослих вегетативних рослин збільшувалась на 19% порівняно з контролем.

У варіанті обробки 5 мг/л ГА кількість ювенільних рослин зменшувалась на 25%, кількість іматурних рослин збільшувалась на 14%, кількість дорослих вегетативних рослин збільшувалась на 13% порівняно з контролем (табл. 4).

**Процентне співвідношення рослин *Hibiscus esculentus* L. різних вікових станів
(на 40-й день)**

Фаза розвитку віковий стан	Варіант досліджу			
	контроль	10 мг/л ІОК	5 мг/л ГА	10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА
лише сім'ядольні листки проросток	4%	0%	2%	1%
1, 2-х справжніх листків ювенільний	49%	21%	24%	21%
3-х листків іматурний	21%	30%	35%	33%
4, 5-ти листків дорослий вегетативний	26%	49%	39%	45%

Під впливом передпосівної обробки насіння *H. esculentus* відбувалося збільшення морфометричних показників рослин: висоти рослини, діаметру стебла, довжини кореня, кількості бічних коренів у варіантах обробки 10 мг/л ІОК, 5 мг/л ГА, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА – порівняно з контролем (табл. 5, рис. 3, 4).

У іматурних рослин у варіанті обробки 10 мг/л ІОК відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,5 рази), діаметра стебла (в 1,75 рази), довжини кореня (в 2 рази), кількості бічних коренів (в 1,7 рази); у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,5 рази), діаметра стебла (в 1,75 рази), довжини кореня (в 2 рази), кількості бічних коренів (в 1,4 рази); у варіанті обробки 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,4 рази), діаметра стебла (в 1,5 рази), довжини кореня (в 2 рази), кількості бічних коренів (в 1,4 рази) порівняно з контролем.

У дорослих вегетативних рослин у варіанті обробки 10 мг/л ІОК відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,4 рази), діаметра стебла (в 1,6 рази), довжини кореня (в 1,6 рази), кількості бічних коренів (в 1,8 рази); у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,4 рази), діаметра стебла (в 1,4 рази), довжини кореня (в 1,5 рази), кількості бічних коренів (в 1,7 рази); у варіанті обробки 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,3 рази), діаметра стебла (в 1,4 рази), довжини кореня (в 1,5 рази), кількості бічних коренів (в 1,5 рази) порівняно з контролем.

У молодих генеративних рослин у варіанті обробки 10 мг/л ІОК відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,5 рази), діаметра стебла (в 1,8 рази), довжини кореня (в 1,7 рази), кількості бічних коренів (в 2,3 рази); у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,5 рази), діаметра стебла (в 1,8 рази), довжини кореня (в 1,7 рази), кількості бічних коренів (в 1,7 рази); у варіанті обробки 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,4 рази), діаметра стебла (в 1,6 рази), довжини кореня (в 1,7 рази), кількості бічних коренів (в 1,4 рази) порівняно з контролем.

У середнє генеративних рослин у варіанті обробки 10 мг/л ІОК відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,7 рази), діаметра стебла (в 1,4 рази), довжини кореня (в 1,9 рази), кількості бічних коренів (в 2,1 рази); у варіанті обробки 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,8 рази), діаметра стебла (в 1,4 рази), довжини кореня (в 1,9 рази), кількості бічних коренів (в 1,7 рази); у варіанті обробки 5 мг/л ГА відбувалось збільшення висоти рослини (в 1,6 рази), діаметра стебла (в 1,3 рази), довжини кореня (в 1,8 рази), кількості бічних коренів (в 1,3 рази) порівняно з контролем.

Зміна морфометричних показників *Hibiscus esculentus* L. під впливом передпосівної обробки біологічно активними речовинами

Фаза розвитку віковий стан	Морфометричний показник	Варіант досліджу			
		контроль	10 мг/л ІОК	5 мг/л ГА	10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА
		М ± m	М ± m	М ± m	М ± m
3-х листків іматурні	висота рослини, см	10,3 ± 0,5	15,7 ± 0,2	14,5 ± 0,2	15,5 ± 0,2
	діаметр стебла, см	0,4 ± 0,05	0,7 ± 0,02	0,6 ± 0,02	0,7 ± 0,02
	довжина кореня, см	6,3 ± 0,5	13,7 ± 0,2	12,7 ± 0,2	13,5 ± 0,2
	кількість бічних коренів, шт.	4,5 ± 0,7	7,5 ± 0,7	6,5 ± 0,7	6,5 ± 0,7
4-х, 5-ти листків дорослі вегетативні	висота рослини, см	15,4 ± 0,5	22 ± 0,3	20 ± 0,3	21 ± 0,3
	діаметр стебла, см	0,5 ± 0,05	0,8 ± 0,02	0,7 ± 0,02	0,7 ± 0,02
	довжина кореня, см	11,5 ± 0,5	18,5 ± 0,3	17,3 ± 0,3	17,8 ± 0,3
	кількість бічних коренів, шт.	5,5 ± 0,5	9,7 ± 0,5	8,5 ± 0,5	9,5 ± 0,5
6, 7-ми листків початок цвітіння молоді генеративні	висота рослини, см	23,5 ± 0,5	35,7 ± 0,5	32,8 ± 0,5	34,7 ± 0,5
	діаметр стебла, см	0,83 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,3 ± 0,1
	довжина кореня, см	17,5 ± 0,5	30,5 ± 0,5	29,5 ± 0,5	30,5 ± 0,5
	кількість бічних коренів, шт.	7,5 ± 0,7	17,5 ± 0,8	10,4 ± 0,7	12,5 ± 0,7
10-20-ти листків досягання насіння середне генеративні	висота рослини, см	57,5 ± 0,5	95,7 ± 0,5	94,3 ± 0,5	102,5 ± 0,5
	діаметр стебла, см	1,2 ± 0,1	1,7 ± 0,1	1,5 ± 0,1	1,7 ± 0,1
	довжина кореня, см	19,5 ± 0,5	38,7 ± 0,5	34,8 ± 0,5	37,5 ± 0,5
	кількість бічних коренів, шт.	9,5 ± 0,7	20,7 ± 0,8	12,4 ± 0,7	15,7 ± 0,7



Рис. 3. *Hibiscus esculentus* L.: дорослі вегетативні, фаза 5-ти листків праворуч – контроль, ліворуч – (10 мг / л ІОК)



Контроль



ІОК1

Рис. 4. *Hibiscus esculentus* L.: молоді генеративні, фаза 6, 7-ми листків, початок цвітіння

Висновки

У результаті проведених досліджень була визначена оптимальна концентрація біологічно активних речовин для передпосівної обробки насіння *H. esculentus*: ІОК – 10 мг/л, гумату амонію – 5 мг/л за 2-х годинної експозиції.

Встановлено, що передпосівна обробка насіння *H. esculentus* з варіантами обробки: 10 мг/л ІОК, 5 мг/л ГА, 10 мг/л ІОК + 5 мг/л ГА сприяє збільшенню морфометричних показників (висоти рослин, діаметра стебла, довжини кореня, кількості бічних коренів) порівняно з контролем.

Отже, як показали дослідження, передпосівна обробка насіння *H. esculentus* розчинами індолил-3-оцтової кислоти, гумату амонію оптимальної концентрації сприяє прискоренню проростання насіння, росту та розвитку рослин, яке необхідне в зв'язку з тривалою вегетацією бамії в умовах інтродукції на південному сході України. З цього випливає перспективність використання передпосівної обробки насіння біологічно активними речовинами для підвищення схожості насіння, швидкості росту та розвитку *H. esculentus*.

Список літератури

1. Жуковский П. М. Культурные растения и их сородичи. – Л.: Колос, 1971. – 751 с.
2. Глухов О. З., Костирко Д. Р., Горлачова З. С. Рідкісні овочеві рослини та перспективи їх використання на Південному Сході України. – Донецьк: Мультіпрес, 1998. – 149 с.
3. Жук О. І., Роїк Л. В., Григорюк І. П. Модифікація ростової реакції озимої пшениці екзогенними ауксинами при високотемпературному стресі // Фізіологія і біохімія культурних рослин. – 2003. – Т. 35, № 3. – С. 200-204.
4. Жук О. І. Кінетика ростових процесів пшениці і кукурудзи в умовах водного та високотемпературного стресів: Автореф. дис. ... докт. біол. наук: 03.00.12 / Ін-т фізіології і генетики НАН України. – К., 2004. – 46 с.
5. Горювая А. И., Орлов Д. С., Щербенко О. В. Гуминовые вещества: Строение, функции, механизмы действия, протекторные свойства, экологическая роль. – К.: Наук. думка, 1995. – 304 с.
6. Косинський В. С., Рубанов А. М. Основи землеробства і рослинництва. – М.: Агропромиздат, 1990. – 480 с.
7. Беляев А. Б. Методические указания по общему земледелию (для студентов III курса почвенного отделения дневного обучения). – Воронеж, 2000. – 43 с.
8. Методические указания по семеноведению интродуцентов. – М.: Наука, 1980. – 64 с.
9. Зайцев Г.Н. Математический анализ биологических данных. – М.: Наука, 1991. – 184 с.
10. Фильчаков Л. П. Методические указания к применению дисперсионного анализа. – Донецк: ДонГУ, 1992 – 70 с.

Третьякова Е. Ю. Влияние биологически активных веществ на рост и развитие *Hibiscus esculentus* L. в условиях интродукции на юго-востоке Украины. – В результате исследований была определена оптимальная концентрация индолил-3-уксусной кислоты (ИУК) – 10 мг/л, гумата аммония (ГА) – 5 мг/л для предпосевной обработки семян *H. esculentus* при 2-х часовой экспозиции. Установлено, что предпосевная обработка семян *H. esculentus* растворами ИУК, ГА оптимальной концентрации способствует ускорению прорастания семян, роста и развития растений.

Ключевые слова: вегетация, бамия, интродукция, оптимальная концентрация, индолил-3-уксусная кислота, гумат аммония, обработка.

Tretyakova E. Yu. Influence of biological active substances on growth and development of *Hibiscus esculentus* L. in the conditions of introduction on the southeast of Ukraine. – As a result of researches, optimum concentration was certain indolyl-3-acetic acids (IAA) – 10 mg/l, gumat of ammonium (GA) – 5 mg/l for preseed treatment of seed of *H. esculentus*, at 2th of sentinel display. It was set that preseed treatment of seed of *H. esculentus* by solutions of IAA, GA optimum concentration is instrumental in acceleration of germination of seed, growth and development of plants.

Key words: vegetation, okra, introduction, optimum concentration, indolyl-3-acetic acid, gumat of ammonium, treatment.

О. В. Федотов, О. М. Брусніцина
ВПЛИВ ДЖЕРЕЛ ВУГЛЕЦЕВОГО ЖИВЛЕННЯ НА РІСТ І КАТАЛАЗНУ
АКТИВНІСТЬ ШТАМУ P-6v PLEUROTUS OSTREATUS (JACQ. EX FR.) KUMM.
Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: fedotov@dongu.donetsk.ua

Федотов О. В., Брусніцина О. М. Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і каталазну активність штаму P-6v *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. – Розглянуто результати культивування штаму P-6v *Pleurotus ostreatus* на різних вуглецевмісних сполуках, що дозволяють оптимізувати середовище з метою підвищення ростових показників та біосинтезу ферменту каталази.

Ключові слова: їстівні лікарські базидіоміцети, *Pleurotus ostreatus*, каталаза, вуглецевмісні сполуки.

Вступ

Гриби є продуцентами цілого ряду біологічно активних речовин, значна кількість лікарських і профілактичних препаратів виготовляються на основі плодових тіл їстівних лікарських базидіоміцетів [1-6, 8, 18]. Проте перспективним є розробка методів культивування грибів, що дозволяє синтезувати стандартну продукцію із заданими властивостями. Отже, у зв'язку з розвитком біотехнологічних підходів до культивування грибів, важливим є добір оптимальних компонентів живильного середовища, зокрема і вуглецевмісних [10, 11, 19].

Відомо, що дереворуйнівні базидіоміцети здатні засвоювати різноманітні цукри, такі як пентози, галактози, полісахариди типу геміцелюлоз, крохмаль, інулін та ін. Однак деякі гриби чи штами використовують певні вуглецеві сполуки. Залежно від типу джерела вуглецевого живлення базидіальні гриби мають різну динаміку ферментативної активності, біомаси та рН культурального фільтрату. Рівень живлення і співвідношення його компонентів у субстраті, особливо джерел вуглецю і азоту може різко змінювати біосинтетичну функцію цих організмів [14, 16].

Pleurotus ostreatus – глива звичайна, відомий їстівний гриб – ксилотроф, що широко культивується з метою отримання плодових тіл. При культивуванні гливи виявлено речовини, що мають антивірусну, протипухлинну, антифунгальну, радіопротекторну й імуномодулюючу лікарську дію, антиоксидантні властивості та окисно-відновні ферменти [5, 6, 18].

Фермент каталаза (H_2O_2 : оксидоредуктаза, КФ 1.11.1.6) виявляє активність у всіх організмів, за виключенням облігатних анаеробів. Сутність каталітичної дії каталази полягає в розкладанні пероксиду водню, що утворюється при дисмутації супероксидного аніона та при аеробному окисненні відновлених флавопротеїдів з виділенням молекулярного кисню. Каталаза відноситься до ферментів, що найбільш довго зберігають свою високу активність, майже не потребує енергії активації, швидкість реакції цього ферменту обмежується лише швидкістю дифузії субстрату до активного центру [9, 12]. Тому каталаза, поряд із іншими ензимами, у численних дослідженнях використовується як маркерний фермент, що адекватно відображає реакцію організмів на зміну факторів живильного чи умов навколишнього середовища. З'ясовано, що каталаза разом із пероксидазами відіграють відповідну захисну роль антиоксидантної системи організму на несприятливі умови життєдіяльності й інфекції під час утворення токсичних сполук реакцій перекисного окиснення ліпідів [7, 13].

Фермент каталаза набув широкого практичного використання для детоксикації H_2O_2 , що утворюється під час біосинтезу; в харчовій, текстильній, шкіряній, електронній промисловостях; у медицині як діагностичний та антиоксидантний засіб. У комерційних цілях фермент отримують з печінки тварин, а також використовують фермент грибного походження – з *Aspergillus niger* [12, 15]. Отже, каталаза – цінний та необхідний фермент у промисловості та медицині.

Метою нашої роботи було дослідження впливу різних джерел вуглецевого живлення на ріст та каталазну активність штаму P-6v *Pleurotus ostreatus*.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктом дослідження був штам Р-6в *Pleurotus ostreatus*, який у попередніх дослідженнях показав порівняно високий рівень каталазної активності [5].

З метою визначення динаміки накопичення біомаси та зміни активності каталази, дослідний штам культивували поверхнево в колбах Ерленмейера на стерильному глюкозо-пептонному середовищі (рН₀ = 6,5) наступного складу, г/л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; КН₂РO₄ – 0,6; К₂НРO₄ – 0,4; MgSO₄ × 7H₂O – 0,5; CaCl₂ – 0,05; ZnSO₄ × 7H₂O – 0,001; дистильована вода – до 1 л (контроль) [15]. Вуглецевмісні сполуки вносили в дослідні живильні середовища в кількості, перерахованій на вміст вуглецю у глюкозі [16].

Культивування проводили при температурі 27,5°C протягом 15 діб.

На 9 і 15-ту добу росту штаму Р-6в визначали біомасу міцелію та рівень каталазної активності гомогенату міцелію (МГ). Ріст штаму оцінювали за накопиченням біомаси (абсолютно сухий міцелій) ваговим методом [10]. Каталазну активність (КА) визначали за методом, за яким пероксид водню здатний утворювати з солями молібдену стійкий забарвлений комплекс. Інтенсивність забарвлення вимірювали на спектрофотометрі СФ-26, при довжині хвилі 410 нм супроти нульової проби з дистильованою водою. Каталазну активність розраховували за формулою [15]:

$$E = (A_k - A_d) \times V \times t \times k \times p \text{ (мкат/ л)}, \quad (1)$$

де E – активність каталази (мкат/ л), A_k та A_d – екстинкція контрольної та дослідної проб, V – об'єм проби, що вносили (0,1 мл), t – час інкубації (600 с), k – коефіцієнт мілімолярної екстинкції пероксиду водню, що дорівнює $22,2 \times 10^3 \text{ мМ}^{-1} \times \text{см}^{-1}$, p – коефіцієнт розведення.

Отримані експериментальні дані обробляли за допомогою дисперсійного аналізу, порівняння середніх арифметичних проводили за методом Дункана [17].

Результати та їх обговорення

Динаміка росту і каталазної активності штаму Р-6в залежно від джерела вуглецевого живлення у живильному середовищі представлена в табл. 1.

Таблиця 1

Вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і каталазну активність штаму Р-6в *Pleurotus ostreatus*

Вуглецевмісні сполуки	Вік культури, доба			
	9		15	
	Біомаса, г/л	КА МГ, мкат/л 10 ³	Біомаса, г/л	КА МГ, мкат/л 10 ³
Моносахариди (пентози)				
L-(+)-арабіноза	0,98 ± 0,01	698,63 ± 2,28	6,21 ± 0,01	658,23 ± 3,53
D-(+)-ксилоза	1,79 ± 0,06	435,12 ± 7,72	2,59 ± 0,06	577,20 ± 6,99
Моносахариди (гексози)				
DL-глюкоза (контроль)	10,49 ± 0,05	631,59 ± 9,57	17,48 ± 0,02	695,97 ± 5,88
L-(+)-рамноза	0,11 ± 0,02	347,25 ± 9,28	3,31 ± 0,06	401,82 ± 7,43
D-(+)-манноза	1,19 ± 0,01	221,42 ± 1,01	3,19 ± 0,01	278,61 ± 5,58
Олігосахариди (дисахариди)				
D-(+)-лактоза	1,04 ± 0,02	724,83 ± 1,65	2,81 ± 0,01	650,46 ± 2,99
DL-сахароза	10,21 ± 0,04	587,89 ± 9,45	8,23 ± 0,01	631,59 ± 4,67
Олігосахариди (трисахариди)				
DL-рафіноза	1,85 ± 0,01	710,40 ± 2,84	0,59 ± 0,01	519,48 ± 7,54
Полісахариди				
Крохмаль	4,41 ± 0,01	407,21 ± 6,22	6,40 ± 0,04	410,70 ± 4,45
Целюлоза	1,99 ± 0,03	744,59 ± 2,11	3,15 ± 0,01	623,82 ± 2,68

Експериментальні дані досліду та їх статистичний аналіз свідчать про наступне.

На 9-ту добу культивування максимальний ріст штаму Р-6v зафіксовано на середовищі, що включало як джерело вуглецю глюкозу (контроль). За порядком зниження ростового показника, вуглецевмісні компоненти середовища розмістилися наступним чином: сахароза, крохмаль, целюлоза, рафіноза, ксилоза, манноза, лактоза, арабіноза та рамноза. За впливом на ферментативну активність міцелію дослідженого штаму, джерела вуглецю вірогідно відрізняються від ростового: максимальну каталазну активність міцелію встановлено на середовищі з целюлозою; далі у порядку зниження активності ферменту ідуть лактоза, рафіноза, арабіноза, глюкоза, сахароза, ксилоза, крохмаль, рамноза та манноза.

На 15-ту добу культивування, максимальна каталазна активність міцелію і ріст штаму Р-6v зафіксовані на середовищі, що містило глюкозу (контроль). За позитивним впливом на КА, цукристі речовини розташувалися у порядку: арабіноза, лактоза, сахароза, целюлоза, ксилоза, рафіноза, крохмаль, рамноза та манноза. Залежність накопичення біомаси від типу вуглецевого джерела живильного середовища має такий вигляд: максимальний ріст зафіксовано на глюкозі, потім сахароза, крохмаль, арабіноза, рамноза, манноза, целюлоза, лактоза ксилоза, найнижчий ріст відмічено на рафінозі.

Висновки

Встановлено вплив джерел вуглецевого живлення на ріст і каталазну активність штаму Р-6v *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. та залежність його від часу культивування. Кращими вуглецевмісними компонентами живильного середовища для отримання біомаси штаму Р-6v є глюкоза, сахароза, крохмаль; для підвищення каталазної активності міцелію – глюкоза та сахароза. Отримані дані можна буде використовувати під час розробки живильного середовища для культивування штаму Р-6v як продуцента ферменту каталази міцеліального походження.

Список літератури

1. Бабицкая В. Г., Трухоновец В. В., Смирнов Д. А. и др. Физиологически активные соединения плодовых тел ксилотрофных базидиомицетов // Тез. докл. II съезда микологов России "Современная микология в России". – М., 2008. – С. 118-119.
2. Бадалян С. М. Биологическая активность высших грибов (Basidiomycotina) // Биол. журн. Армении. – 1998. – Т. 51, вып. 4. – С. 289-301.
3. Бадалян С. М., Серрано Ж. Ж., Ле Куфнг Ж.. Химическое и фармакологическое исследование высших грибов // Микол. и фитопатол. – 1997. – Т. 31, вып. 1. – С. 42-45.
4. Белова Н. В. Современные направления исследования и методы анализа макромицетов // Тез. докл. II съезда микологов России "Современная микология в России". – М., 2008. – С. 107-108.
5. Брусніцина О. М., Федотов О. В. Каталазна активність штамів грибів *Pleurotus ostreatus* (Jacq.: Fr.) Kumm. і *Flammulina velutipes* (Curt.: Fr.) Sing. // Матер. Міжнар. конф. "Актуальні проблеми ботаніки та екології". – К.: Фітосоціоцентр, 2007. – С. 53-54.
6. Бухало А. С., Соломко Е. Ф., Митропольская Н. Ю. Базидіальні макроміцети з лікарськими властивостями // Укр. ботан. журн. – 1996. – 53, № 3. – С. 192-201.
7. Гесслер Н. Н., Соколов А. В., Быховский В. Я., Белозерская Т. А. Активность супероксиддисмутазы и каталазы у каратиноидсинтезирующих грибов *Blakeslea trispora* и *Neurospora crassa* в условиях окислительного стресса // Прикладная биохимия и микробиология. – 2002. – 38, № 3. – С. 237-242.
8. Денисова Н. П. Лечебные свойства грибов. Этномикологический очерк. – СПб., 1998. – 59 с.
9. Диксон М., Уэбб Э. Ферменты. – М.: Мир, 1982. – Т. 1. – 899 с.
10. Дудка И. А., Вассер С. П., Эланская И. А. Методы экспериментальной микологии. Справочник. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
11. Линовицкая В. М., Дзыгун Л. П., Клечак И. Р., Бухало А. С. Влияние различных

источников азота и углерода на рост высших дереворазрушающих базидиальных грибов // Тез. докл. II съезда микологов России "Современная микология в России". – М., 2008. – С. 335.

12. Михайлова Р. В., Осока О. М., Лобанок А. Г. Образование внеклеточной каталазы видами рода *Penicillium* // Микология и фитопатология. – 2001. – 35, вып. 3. – С. 43-46.

13. Мороз И. В., Михайлова Р. В. Морфолого-физиологическая характеристика *Penicillium piceum* F-648 – продуцента каталазы // Тез. докл. II съезда микологов России "Современная микология в России". – М., 2008. – С. 335.

14. Негруцкий С. Ф. Физиология и биохимия низших растений: Учеб. пособие. – К.: Вища шк., 1990. – 191 с.

15. Патент 39243 А України. Спосіб визначення каталазної активності базидіоміцетів / Федотов О. В., Гавриленко Г. В. Заявка № 2000116560, від 21.11.00, кл. 7С12N9/58, Бюл. № 5, від 15.06.2001.

16. Федотов О. В. Активні продуценти молокозгортаючих ферментів серед гіменомицетів, їх біологічні особливості та перспективи застосування: Автореф. дис. ... канд. біол. наук. – К., 1995. – 20 с.

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

18. Tardif A. La Mycotherapie où Les propriétés Medicinales des Champignons. – Paris, 2000. – 167 p.

19. Wasser S. P., Weis A. L. Medicinal properties of substances occurring in higher Basidiomycetes mushrooms: current perspectives // IJMM. – 1999. – V. 1. – P. 31-62.

Федотов О. В., Брусницына О. М. Влияние источников углеродного питания на рост и каталазную активность штамма P-6v *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. – Рассмотрены результаты культивирования штамма P-6v *Pleurotus ostreatus* на различных углеродсодержащих соединениях, которые позволяют оптимизировать среду с целью повышения ростовых показателей и биосинтеза фермента каталазы.

Ключевые слова: съедобные лекарственные базидиомицеты, *Pleurotus ostreatus*, каталаза, углеродсодержащие соединения.

Fedotov O. V., Brusnitscina O. M. Influence of sources of carbon nutrition growth and catalase activity of strain P-6v *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. – Strain the results of cultivation of strain P-6v *Pleurotus ostreatus* on various carbonaceous compounds are considered which allow to optimize medium with the purpose of rising growth indexes and biosynthesis of an enzyme of a catalase.

Key words: edible medicinal basidiomycetes, *Pleurotus ostreatus*, catalase, carbonaceous compounds.

О. В. Федотов, Т. Є. Волошко

**ВПЛИВ НІКОТИНОВОЇ КИСЛОТИ НА ПЕРОКСИДАЗНУ АКТИВНІСТЬ ШТАМІВ
ЇСТІВНИХ ЛІКАРСЬКИХ БАЗИДИОМІЦЕТІВ *PLEUROTUS OSTREATUS*
(JACQ. EX FR.) KUMM. ТА *LENTINUS EDODES* (BERK.) SING.**

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: fedotov@dongu.donetsk.ua

Федотов О. В., Волошко Т. Є. Вплив нікотинової кислоти на пероксидазну активність штамів їстівних лікарських базидіоміцетів *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. та *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. – Розглянуто результати культивування штамів *Pleurotus ostreatus* та *Lentinus edodes* на живильних середовищах з нікотинової кислотою у різних концентраціях, що дозволяють оптимізувати середовище з метою індукції біосинтезу ферменту пероксидази.

Ключові слова: їстівні лікарські базидіоміцети, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, пероксидаза, нікотинова кислота.

Вступ

Ксилотрофні базидіоміцети займають важливе місце в структурі біоценозів, оскільки наявний ферментативний комплекс дозволяє їм повністю розщеплювати всі компоненти деревини. Ця якість дереворуйнівних грибів робить їх перспективними об'єктами біотехнології багатьох природних біологічно активних речовин (БАР) [11, 16]. Джерелом БАР, а також і ферментів, можуть бути не лише плодові тіла, а й міцеліальна біомаса та культуральний фільтрат, які отримують сучасними біотехнологічними методами культивування грибів [2, 4].

Pleurotus ostreatus (Jacq.: Fr.) Kumm. – глива звичайна містить у міцелії більше 30% білка, майже всі незамінні амінокислоти, полісахариди, вітаміни. Відомі антибіотичні, протипухлинні, радіопротекторні та інші лікарські властивості цього гриба. *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. – сїїтаке виявляє антибактеріальні, антивірусні, протипухлинні, імуномодулюючі, тромболітичні властивості [2]. Таким чином, ксилотрофи *Pleurotus ostreatus* та *Lentinus edodes* викликають інтерес для медицини, грибівництва, фармакологічної і харчової промисловостей.

Відомо, що несприятливі умови життєдіяльності спричиняють розширення пластичності функцій та властивостей усіх основних метаболічних систем макроміцетів. Адаптаційні перебудови, насамперед, стосуються ферментативних систем, вони призводять до утворення ферментів, здатних активно функціонувати за дії несприятливих факторів. Одним із таких надзвичайно функціонально лабільних ферментів, що реагує на порушення гомеостазу клітинного метаболізму при дії різноманітних стресорів, є пероксидаза (КФ 1.11.1.7). Слід зазначити, що біосинтез та властивості грибних пероксидаз майже не вивчені, а літературні дані стосуються таких ферментів рослинного, тваринного та мікробного походження. Відзначаються зміни як у наборі молекулярних форм ферменту, так і в їх активності за дії біотичних та абіотичних чинників [10]. Отже, вивчення синтезу й індукція пероксидазної активності грибів є актуальними питаннями мікології та біотехнології.

Дослідження показали, що спостерігається вірогідне збільшення пероксидазної активності (ПА) клітин картоплі при патогенезі *Clavibacter michiganensis sepedonicus* (Cms.), яке зумовлене підвищенням кількості активних форм кисню у відповідь на інфікування рослин [3]; зафіксовано підвищення активності пероксидази в паростках сосни звичайної при інфікуванні *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. [6], озимих зернових під час водного дефіциту, при механічних uszkodженнях, у процесі старіння та за дії високої температури [5, 7, 12].

Встановлено, що загальною реакцією-відповіддю рослинного організму на дію несприятливих факторів довкілля, таких як спека, водний дефіцит [17], засолення, холод, надлишкове світло [1, 14], поранення [15], озон [19], ультрафіолетове опромінення та інфекції патогенів [13, 18], є посилене утворення та накопичення активних форм кисню, що відіграє подвійну роль – з одного боку, вони є високотоксичними інтермедіантами, з іншого

– регуляторами метаболічних процесів і захисних реакцій [17]. У відповідь на дію стресорів, що проявляються у вигляді збільшення загальної кількості активних форм кисню, спостерігається значне підвищення пероксидазної активності [13, 19]. Вплив хімічних речовин на пероксидазну активність, що виступають субстратом для пероксидази є малодослідженим [8].

Метою нашої роботи було вивчення росту й активності пероксидази штамів *Pleurotus ostreatus* та *Lentinus edodes* при додаванні в культуральну рідину нікотинової кислоти в концентраціях 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 мкМоль/л за 24 год. до визначення пероксидазної активності. Концентрації нікотинової кислоти в культуральній рідині та час визначення ПА обрано згідно з попередніми дослідженнями, що показали відсутність вірогідного впливу на ПА цих штамів концентрацій нижче 0,5 мкМоль/л, та її пригнічення при концентраціях вище 10,0 мкМоль/л на 24 години після внесення вітаміну.

Об'єкти та методи дослідження

Об'єктами дослідження були штам Р-191 *Pleurotus ostreatus* та штам Le-340 *Lentinus edodes*.

З метою визначення динаміки накопичення біомаси та зміни активності пероксидази штами культивували в колбах Ерленмейера об'ємом 250 мл на стерильному глюкозо-пептонному середовищі об'ємом 50 мл (рН₀ = 6,25) наступного складу, г/л: глюкоза – 10,0; пептон – 3,0; КН₂РО₄ – 0,6; К₂НРО₄ – 0,4; MgSO₄ × 7H₂O – 0,5; CaCl₂ – 0,05; ZnSO₄ × 7H₂O – 0,001; дистильована вода – до 1 л.

Культивування проводили при оптимальній для синтезу пероксидази температурі 27,5°С, протягом 20 діб. Визначення показників росту: рН культурального фільтрату (КФ) на рН-метрі, накопичення біомаси ваговим методом [4] та активності пероксидази в міцелії і КФ проводили через кожні 5 діб ферментації.

Пероксидазну активність визначали за методом, який базується на фотоелектроколориметричному вимірі інтенсивності забарвлення продукту окислення о-діанізидину перекисом водню. Одиниця пероксидази відповідає кількості ферменту, що каталізує перетворення 1 мкМоля Н₂О₂ за одну хвилину в оптимальних умовах. Розрахунки проводили за формулою [4]

$$X = \frac{E \cdot V_1}{E_1 \cdot K \cdot V_2 \cdot t} \cdot p, \quad (1)$$

де X – активність ферменту пероксидази; E – екстинкція; V_1 – об'єм забарвленої проби; V_2 – об'єм гомогенату міцелію (МГ) або культурального фільтрату (КФ); E_1 – коефіцієнт мікромолярної екстинкції (0,0128); K – коефіцієнт для перерахунку з мілілітрів у літри (1000); t – час інкубації (5 хв.); p – розведення.

Отримані експериментальні дані обробляли за допомогою дисперсійного аналізу, порівняння середніх арифметичних проводили за методом Дункана [9].

Результати та їх обговорення

Дані динаміки росту та пероксидазної активності штаму Р-191 наведено в табл. 1.

Таблиця 1

Динаміка росту та пероксидазної активності штаму Р-191 *Pleurotus ostreatus*

Вік культури, доба	Біомаса, г/л	рН КФ	Активність пероксидази, 10 ⁻² ум. од.	
			МГ	КФ
5	0,22 ± 0,21	6,22	1,27 ± 0,15	0,86 ± 0,09
10	1,48 ± 0,74	6,34	5,03 ± 0,83	3,54 ± 0,47
15	2,69 ± 0,43	6,41	6,56 ± 0,05	3,18 ± 0,55
20	3,76 ± 0,49	6,37	6,14 ± 0,05	1,39 ± 0,34

Пероксидазна активність штаму Р-191 має максимум для міцелію на 15-ту добу культивування та на 10-15-ту для КФ. Пероксидазна активність міцелію штаму Р-191 перевищує таку активність культурального фільтрату. рН КФ має найвище значення 6,41 на 15-ту добу ферментації, що співпадає з максимумом ПА.

Дані динаміки росту та пероксидазної активності штаму Le-340 наведено в табл. 2.

Таблиця 2

Динамика росту та пероксидазної активності штаму Le-340 *Lentinus edodes*

Вік культури, доба	Біомаса, г/л	рН КФ	Активність пероксидази, 10 ⁻² ум. од.	
			МГ	КФ
5	0,10 ± 0,04	6,06	0,64 ± 0,09	0,49 ± 0,09
10	0,22 ± 0,04	6,18	2,53 ± 0,17	1,53 ± 0,31
15	0,29 ± 0,03	6,33	5,21 ± 0,36	1,89 ± 0,24
20	0,35 ± 0,25	6,17	4,50 ± 0,04	0,85 ± 0,08

Пероксидазна активність штаму Le-340 підвищується з часом культивування: максимуму набуває на 15-ту добу ферментації. ПА міцелію, як і у попередньому випадку перевищує ПА культурального фільтрату.

Для вивчення впливу ніотинової кислоти на пероксидазну активність штамів Р-191 та Le-340, їх культивували на глюкозо-пептонному середовищі 15 діб. За 24 год. до визначення ПА, у культуральну рідину додавали розчин вітаміну РР у кінцевих концентраціях: 0,5; 1,0; 5,0; 10,0 мкМоль/л. Результати дослідження наведено в табл. 3.

Таблиця 3

Вплив ніотинової кислоти на пероксидазну активність штамів їстівних лікарських базидіоміцетів *Pleurotus ostreatus* та *Lentinus edodes*

Концентрація вітаміну РР, мкМоль/л	Активність пероксидази, 10 ⁻² ум. од.	
	МГ	КФ
Штам Р-191 <i>Pleurotus ostreatus</i>		
0,5	11,24 ± 0,41	4,07 ± 0,18
1	6,81 ± 0,22	2,03 ± 0,13
5	10,33 ± 0,61	3,67 ± 0,39
10	8,53 ± 0,67	2,78 ± 0,32
0, контроль	6,56 ± 0,05	3,18 ± 0,55
Штам Le-340 <i>Lentinus edodes</i>		
0,5	18,33 ± 0,75	8,33 ± 0,48
1	9,17 ± 0,41	5,73 ± 0,63
5	8,02 ± 0,63	5,73 ± 0,41
10	12,08 ± 0,64	9,06 ± 0,63
0, контроль	5,21 ± 0,36	1,89 ± 0,24

Аналіз даних табл. 3, свідчить про те, що активність пероксидази в міцелії та культуральному фільтраті штаму Р-191 *Pleurotus ostreatus* і штаму Le-340 *Lentinula edodes* змінюється під впливом вітаміну РР. Додавання ніотинової кислоти до культуральної рідини через 24 год. спричиняє збільшення пероксидазної активності порівняно з контролем. Спостерігаються два піки максимальної активності ферменту, що відповідають концентраціям вітаміну РР 0,5 і 10,0 мкМоль/л для штаму Le-340; та 0,5 і 5,0 мкМоль/л – штаму Р-191.

Висновки

Пероксидазна активність досліджених штамів базидіоміцетів *Pleurotus ostreatus* та *Lentinus edodes* змінюється під впливом нікотинової кислоти. Вірогідне максимальне збільшення активності пероксидази штаму Le-340 спостерігається при концентрації вітаміну PP 0,5 і 10,0 мкМоль/л у живильному середовищі за 24 год. до визначення ПА; та 0,5 і 5,0 мкМоль/л – штаму P-191.

Список літератури

1. Бедулина Д. С., Шатилина Ж. М. Ингибирование пероксидазы при интоксикации солями кадмия // Вестник РГМУ. – 2005. – №3 (42). – С. 156.
2. Бухало А. С., Соломко Е. Ф., Митропольская Н. Ю. Базидіальні макроміцети з лікарськими властивостями // Укр. ботан. журн. – 1996. – 53, № 3. – С. 192-201.
3. Граскова И. А., Владимірова С. В., Колесниченко А. В. Изменение активности пероксидазы клеток картофеля при патогенезе кольцевой гнили // Вісник Харківського національного аграрного університету. Сер. Біол. – 2002. – № 9 (1). – С. 37-44.
4. Дудка И. А., Вассер С. П., Элланская И. А. Методы экспериментальной микологии. Справочник. – К.: Наук. думка, 1982. – 550 с.
5. Капустян А. В., Кучеренко В. П., Панюта О. О., Мусієнко М. М. Активність пероксидази та зміна її ізoferментних форм за умов низькотемпературного стресу // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36, № 1. – С. 55-63.
6. Кудінова О. В., Бойко М. І. Активність пероксидази в паростках сосни звичайної, уражених *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. (коренева губка) // Питання біоіндикації та екології. – Запоріжжя, 2001. – Вип. 6, № 2. – С. 83-88.
7. Кучеренко В. П., Капустян А. В., Шередєко Л. М., Мусієнко М. М. Спосіб прогнозування зимостійкості озимих зернових // Деклараційний патент на винахід № 32911 А. Опубл. 15.02.2001. – Бюл. № 1.
8. Макович О. М., Михайлова Р. В., Лобанок А. Г., Чихаєва О. В. Влияние эффекторов на биосинтез внеклеточной пероксидазы *Phellinus robustus* K. // Тез. докл. II съезда микологов России "Современная микология в России". – М., 2008. – С. 133.
9. Присєдський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.
10. Савич И. М. Пероксидазы – стрессовые белки растений // Усп. совр. биол. – 1989. – Т. 107, вып. 3. – С. 406-417.
11. Соломко Э. Ф., Дудка И. А. Перспективы использования высших базидиомицетов в микробиологической промышленности // ВНИСЭТИ: Обзорная информация. Сер. 3. – М., 1985. – 48 с.
12. Таран Н. Ю., Оканенко О. А., Бацманова Л. М., Мусієнко М. М. Вторинний оксидний стрес як елемент загальної адаптивної відповіді рослин на дію несприятливих факторів довкілля // Физиология и биохимия культурных растений. – 2004. – Т. 36, № 1. – С. 3-14.
13. Тарчевский И. А. Элиситор-индуцируемые сигнальные системы и их взаимодействие // Физиол. раст. – 2000. – 47, № 2. – С. 321-331.
14. Behera R. K., Choudhuri N. K. High irradiance induced pigment degradation and loss of photochemical activity of wheat chloroplasts // Biol. plant. – 2002. – P. 45-49.
15. Chamnongpol S., Willekens H., Moeder W. Defence activation and enhanced pathogen tolerance induced by H₂O₂ in transgenic tobacco // PNAS. – 1998. – 95, № 5. – P. 5818-5823.
16. Eriksson K.-E., Blanchette R. A., Ander P. Microbial and enzymatic degradation of wood and wood components. – Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag, 1990.
17. Foyer C. H., Descourvieres P., Kunert K. J. Protection against oxygen radicals: an important defence mechanism studied in transgenic plants // Plant Cell Environ. – 1994. – 17, № 2. – P. 507-523.
18. Lamb C., Dixon R. A. The oxidative burst in plant disease resistance // Annu. Rev. Plant Physiol. and Plant Mol. Biol. – 1997. – 48. – P. 251-275.

19. *Sakaki T.* Photochemical oxidants: toxicity // Responses of plant metabolism to air pollution and global change / Eds. L. J. De Kok, J. Stolen. – Leiden, the Netherlands: Backhuys Publ., 1998. – P. 117-129.

Федотов О. В., Волошко Т. Е. Влияние никотиновой кислоты на пероксидазную активность штаммов съедобных лекарственных базидиомицетов *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. и *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. – Рассмотрены результаты культивирования штаммов *Pleurotus ostreatus* и *Lentinus edodes* на питательных средах с никотиновой кислотой в различных концентрациях, которые позволяют оптимизировать среду с целью индукции биосинтеза фермента пероксидазы.

Ключевые слова: съедобные лекарственные базидиомицеты, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, пероксидаза, никотиновая кислота.

Fedotov O. V., Voloshko T. E. Influence of nicotine acid on peroxidase activity of the edible medicinal basidiomycetes *Pleurotus ostreatus* (Jacq. ex Fr.) Kumm. and *Lentinus edodes* (Berk.) Sing. – Strains the results of *Pleurotus ostreatus* and *Lentinus edodes* strains cultivation are considered on the nutrient mediums with nicotine acid in different concentrations which allow to optimise the medium for the induction of peroxidase enzyme biosynthesis.

Key words: edible medicinal basidiomycetes, *Pleurotus ostreatus*, *Lentinus edodes*, peroxidase, nicotine acid.

Т. Є. Христова¹, О. Є. Пюрко²
ГЕНЕЗИС МЕТОДУ ВИЗНАЧЕННЯ ФОТОСИНТЕЗУ У С₃ РОСЛИН ЗА УМОВ
БАГАТОФАКТОРНОГО ВПЛИВУ

¹*Київський національний університет ім. Т. Шевченка;*
01033, м. Київ-03, вул. Володимирська, 64

²*Мелітопольський державний педагогічний університет ім. Б. Хмельницького;*
72312, Запорізька обл., м. Мелітополь, вул. Леніна, 20; e-mail: diser03@rambler.ru

Христова Т. Є., Пюрко О. Є. Генезис методу визначення фотосинтезу у С₃ рослин за умов багатофакторного впливу. – Описано генезис методу визначення фотосинтезу у С₃ рослин і пропонується удосконалений на підставі власних і літературних результатів за умов динамічного впливу одно- та багатофакторних чинників. Наведено відповідні математичні вирази та узагальнюючий поліном, для вирішення якого розроблена комп'ютерна програма.

Ключові слова: генезис досліджень, С₃ фотосинтез, методи визначення, одно- та багатофакторні чинники, математичні вирази, узагальнюючий поліном, комп'ютерна програма.

Вступ

Підвищений рівень уваги до фотосинтезу, як єдиного в біосфері процесу, що призведе до збільшення вільної енергії за рахунок зовнішнього джерела – Сонця, зумовлений не тільки глобальністю та унікальністю процесу, а і тим що ця функція є основою вуглеводного живлення та енергетичного обміну рослин, а в кінцевому результаті й процесів формування врожаю, роль якого значно підвищується через зростання населення при одночасній аридизації клімату та значному розширенні посушливих і засоленних територій [5, 14].

Останнім часом у зв'язку з інтенсифікацією моніторингових досліджень, особливо промислових регіонів, важлива роль належить екологічній експертизі, де на фоні численних цифрових, космічних та неаналітичних методів розробки фітоекологів представлені поверхнево або зневажливо ігноруються, а в деяких випадках – екологічна паспортизація на основі фотоасиміляційних процесів (фотосинтезу) починає тільки розроблятися [16].

Враховуючи важливість основної функції зелених рослин – фотосинтезу в формуванні специфічності екологічного стану певного регіону, нами раніше детально описана еволюція газометричних методів реєстрації фотосинтезу [4, 7, 21], але із удосконаленням матеріально-технічної бази досліджень асиміляційних процесів, розширенням, поглибленням і конкретизацією інтерпретації експериментальних результатів, розвитку новітніх технологій, програмуванню та прогнозуванню виникає потреба вдосконалення та розробки нових методів визначення фотосинтезу [1] з максимальним використанням попередніх досягнень, зокрема, комплексних досліджень, основа для яких була закладена ще Є. П. Вотчалом у першій чверті ХХ століття [2, 3, 13]. Тому роботу працю слід розглядати як певний доробок у внесок вітчизняних вчених щодо розробки та удосконалення методів досліджень газообміну рослин.

Метою роботи є представлення можливостей застосування розрахункового методу визначення інтенсивності фотосинтезу у С₃ рослин при динамічних змінах чинників у фітомоніторингових дослідженнях на основі власних результатів та інформації літературних джерел.

Матеріали та методика досліджень

Вегетаційні дослідження закладали на Навчально-науковому комплексі з фізіології рослин Мелітопольського держуніверситету [9, 26] у 10-кратній повторності на повній поживній суміші. Тип фотосинтезу визначали за каталазною активністю (власна методика) [11]. Вплив різних чинників моделювали: *a* – інтенсивність освітлення (шляхом затінення рослин марлею з наступною реєстрацією світлового потоку за допомогою фотоінтегратора [8]); *b* – водний дефіцит (автоматичною регуляцією рівня водозабезпечення [8]); *v* – відносну вологість повітря (електромеханічним зволожувачем із психрометричним контролем); *d*, *e* – газовий

склад (приготуванням штучних сумішей з потрібною концентрацією CO₂ (d) та O₂ (e) з контролем за методикою [10]); жс – продихові дифузійні опори (зміними б, в, з, з постійним порометричним контролем [6]); з – опір рідинної фази (регуляцією б з розрахунковим контролем за методикою [5]). Математичні вирази розроблялися загальновідомими методами [12, 15, 18], а узагальнюючий – представлено у вигляді інтерполяційного полінома Лагранжа [17], для його вирішення розроблено відповідні алгоритми [23, 24] та комп'ютерна програма. Літературні матеріали проаналізовані за 100 років і використані тільки ті, в яких одночасно представлені результати визначення інтенсивності фотосинтезу та впливу на нього різних чинників.

Результати й обговорення

Дослідами підтверджено, що цукровому буряку та картоплі характерний C₃ тип фотосинтезу, якому властиві непродуктивні водовитрати та наявність фотодихання (до 40% первинно синтезованих асимілятів витрачається в цьому процесі). За даними літератури цей параметр у C₃ рослин у ідеальних умовах досягає 55-58 мгCO₂/дм²год., а за умов півдня України в численних дослідах його значення не перевищувало 50 мгCO₂/дм²год., що дає підставу вважати це значення максимальним [19, 20, 22]. У реальних умовах вегетації на рослину впливають численні як зовнішні, так і внутрішні чинники, зумовлюючи кооперативну відповідь рослинного організму у вигляді адаптаційного синдрому за рахунок зміни не тільки інтенсивності, а в деяких випадках, і спрямованості фізіолого-біохімічних реакцій і процесів [22, 25]. Зрозуміло, що роль кожного чинника в таких випадках оцінити практично неможливо, а кооперативна їх дія чітко проявляється в формуванні адаптаційного синдрому, важливою складовою якого є і газообмін. Зважаючи на те, що фотосинтез, як параметр чутливий до різноманітних змін, реєстрація його потребує складної апаратури (газоаналізатора та допоміжних пристроїв) і висококваліфікованих фахівців, ми вирішили застосувати розрахунковий метод визначення фотосинтезу у C₃ рослин при реєстрації змін окремих параметрів, які суттєво впливають на інтенсивність фотосинтезу та контроль яких набагато простіший.

Для цього в вегетаційних дослідах з'ясовували зміни фотосинтезу залежно від динаміки кожного фактора в фізіологічно допустимих межах. Отримані нами результати (рис. 1) свідчать про різнозалежність інтенсивності фотосинтезу від динамічних змін кожного з них, що підтверджуються відповідними кривими та математичними виразами, але загальним є наявність мінімальних, оптимальних і максимальних значень. За оптимальних значень фактора фотосинтез максимальний, а при крайніх значеннях (високих або низьких) – досить низький або зовсім відсутній (летальний стан).

Не вдаючись у характеристику впливу кожного чинника, зазначимо, що отримані математичні вирази забезпечують доцільність математичного моделювання за допомогою ступеневої функції і інтерполяційного полінома P(x), який відповідає формулі Лагранжа [24]:

$$P_n(x) = f(x_0) \frac{(x-x_1)(x-x_2) \cdot K \cdot (x-x_n)}{(x_0-x_1)(x_0-x_2) \cdot K \cdot (x_0-x_n)} + f(x_1) \frac{(x-x_0)(x-x_2) \cdot K \cdot (x-x_n)}{(x_1-x_0)(x_1-x_2) \cdot K \cdot (x_1-x_n)} + \dots + f(x_n) \frac{(x-x_0)(x-x_1) \cdot K \cdot (x-x_{n-1})}{(x_n-x_0)(x_n-x_1) \cdot K \cdot (x_0-x_{n-1})}$$

Остання характеризується простим виразом інтерполяційного полінома через задані значення функції у_i. Обчислення за цією формулою при фіксованих вузлах інтерполяції легко програмувати. На практиці доводиться працювати з таблично заданою функціональною залежністю у(x) експерименту. До того ж потрібно знайти значення у_i у якійсь проміжній точці х_i, або знайти нулі функції чи просто визначити залежність, якій підкорюється дані ряди у і х. Таким чином, на основі експериментальних даних будують функцію, яка точно описує ці дані.

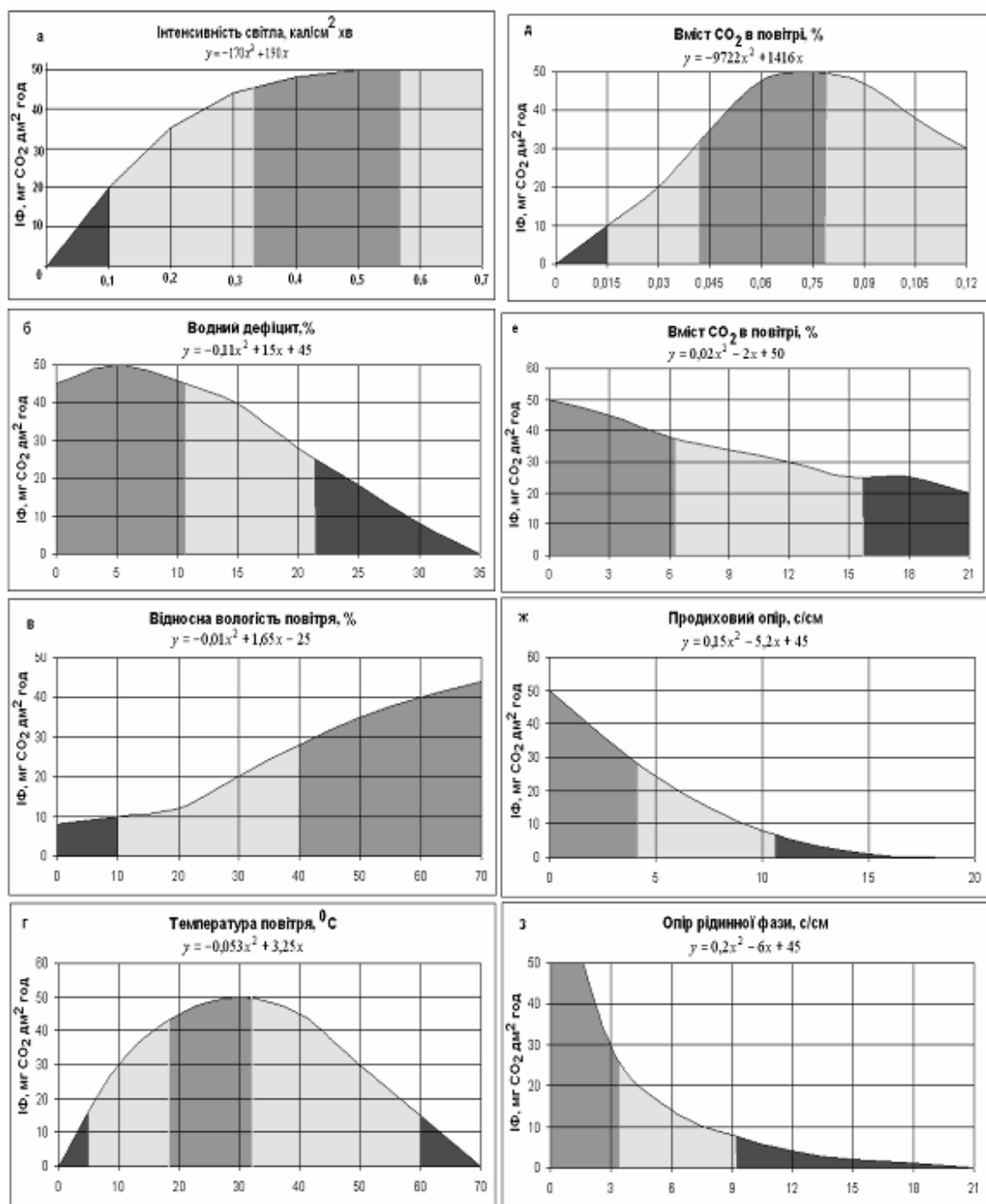


Рис. 1. Вплив різних чинників на інтенсивність фотосинтезу у C_3 рослин:

– оптимальний,
 – адаптивний,
 – летальний

Отримані математичні вирази за однофакторними впливами різних чинників на фотосинтез дозволяють перевести цю роботу в площину математичних розрахунків та комп'ютерних технологій, в зв'язку з цим узагальнюючий математичний вираз буде мати такий вигляд:

$$y = \frac{a_1x_1^2 + b_1x_1 + c_1 + a_2x_2^2 + b_2x_2 + c_2 + \dots + a_nx_n^2 + b_nx_n + c_n}{n} = \sum_{n=1}^n \frac{a_nx_n^2 + b_nx_n + c_n}{n}$$

де y – інтенсивність фотосинтезу; a, b, c , – фактори середовища; n – кількість факторів середовища.

Розроблена комп'ютерна програма (рис. 2), текстовий зміст якої наведено нижче, дозволяє за величинами діючих чинників визначити інтенсивність фотосинтезу без застосування газоаналізаторів, багатоканальних реометричних блоків, газових перемикачів та іншого складного обладнання на основі фотоінтегральної (актинометричної) реєстрації інтенсивності сонячної радіації, психрометричної – відносної вологості повітря та його температури, водного дефіциту та інших чинників, розрахунковим методом, що значно полегшує проведення досліджень, підвищує їх науково-технічний рівень, отримує широку узагальнюючу інформацію.

Текстовий зміст програми

```

unit Unit_potatos;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants,
  Classes,
  Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, te_forms, te_theme, te_engine,
  te_extctrls,
  BMSpinEdit, StdCtrls,
  te_controls, tefx_buttons,
  te_extended, MathExpression;
type
  TForm1 = class(TForm)
    TeThemeList1: TTeThemeList;
    TeThemeLink1: TTeThemeLink;
    TForm I: TTeFonn;
    BMSpinEdit 1: TBMSpinEdit;
    tefxButton1: TtefxButton;
    TeProgressBar1: TTeProgressBar;
    TeTabControl1: TTeTabControl;
    TeTabSheet2: TTeTabSheet;
    TeTabSheet3: TTeTabSheet;
    TeTabSheet4: TTeTabSheet;
    TeTabSheetS: TTeTabSheet;
    TeTabSheet6: TTeTabSheet;
    TeTabSheet?: TTeTabSheet;
    TeTabSheetS: TTeTabSheet;
    TeTabSheet9: TTeTabSheet;
    TeTabSheet 1: TTeTabSheet;
    TeAdvancedLabel 1: TTeAdvancedLabel;
    tefxButton2: TtefxButton;
    TeAdvancedLabel2: TTeAdvancedLabel;
    tefxButton3: TtefxButton;
    tefxRadioButton1: TtefxRadioButton;
    tefxRadioButton2: TtefxRadioButton;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure TeTabControl1Change(Sender:
    TObject);
    procedure tefxButton1Click(Sender:
    TObject);
    procedure tefxButton2Click(Sender:
    TObject);
    procedure tefxButton3Click(Sender:
    TObject);
    procedure tefxRadioButton 1 Click(Sender:
    TObject);
    procedure tefxRadioButton2Click(Sender:
    TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end; var Form I: TForm I;
  comp:array [1..7] of TBMSpinEdit;
  dan:array[1..8,1..3]of real;//x^2 x ch
  a: string;
  implementation
  uses Math;
  {$R *.dfm}
  procedure TForm 1 .FormCreate(Sender:
  TObject);
  begin
  TeThemeLink1.ThemeFiie:=ExtractFilePath(A
  p
  plication.ExeName)+'themes\Cool I .theme';
  tefxRadioButton 1 Cl ick( sender);
  end;
  procedure
  TForm 1 .TeTabControl 1 Change(Sender:
  TObject);
  begin
  TeAdvancedLabel 1 .Caption:=TeTabControl 1
  .Ta
  bs[TeTabControl I.TabI ndex];
  if tefxRadioButton 1 .Checked then begin
  if TeTabControl1.TabI ndex=0 then begin
  BMSpinEdit1 .MinValue:=0;
  BMSpinEdit1 .GaugeMin Value—0;
  BMSpinEdit1 .Max Value:=1 10;
  BMSpinEdit1 .GaugeMax Value:=1 10;
  BMSpinEdit1 .GaugeAroundCenter:=55;
  BMSpinEdit 1 .Precision:=0;
  BMSpinEdit1 .Increment:=5;
  BMSpinEdit 1 .GuageBeginColor:=clTeal;
  BMSpinEdit1 .GuageEndColor:=clRed;
  
```

```

BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl l.Tab!ndex=1 then begin
BMSpinEditl.MinValue:=0;
BMSpinEditl.GaugeMinValue:=0;
BMSpinEditl.Max Value:= 14;
BMSpinEditl.GaugeMaxValue:=14;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=14;

```

```

BMSpinEditl.GaugeMinValue:=0;
BMSpinEditl.Max Value-50;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=50;
BMSpinEditl.GaugeAvoudCenter:=20;
BMSpinEditl.Precision:=0;
BMSpinEditl.Increment:=1;
BMSpinEditl.GaugeBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControll.TabIndex=3 then begin
BMSpinEditl.MinValue:=0;
BMSpinEditl.GaugeMinValue:=0;
BMSpinEditl.Max Value:=2;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=2;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=0;
BMSpinEditl.Precision:=2;
BMSpinEditl.Increment:=0.25;
BMSpinEditl.GaugeBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControll.TabIndex=4 then begin
BMSpinEditl.MinVaiue:=0;
BMSpinEditl.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEditl.Max Value:= 14;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=14;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=7;
BMSpinEditl.Precision:=0;
BMSpinEditl.Increment:=1;
BMSpinEditl.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl l.Tab!ndex=5 then begin
BMSpinEditl.Min Value:=0;
BMSpinEditl.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEditl.Max Value:=7;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=7;

```

```

BMSpinEditl.Precision:=0;
BMSpinEditl.Incremental;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageBeginColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value-
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControll.TabIndex=2 then begin
BMSpinEditl.Min Value:=0;

```

```

BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=0;
BMSpinEditl.Precision:=1;
BMSpinEditl.Increment:=0.5;
BMSpinEditl.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl I.Tab!ndex=6 then begin
BMSpinEditl.Min Value:=0;
BMSpinEditl.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEditl.Max Value:=100;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=100;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=60;
BMSpinEditl.Precision:=0;
BMSpinEditl.Increment:=5;
BMSpinEditl.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl l.Tab!ndex=7 then begin
BMSpinEditl.Min Value:=0.1;
BMSpinEditl.GaugeMin Value:=0.1;
BMSpinEditl.Max Value:=10;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=10;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=0.2;
BMSpinEditl.Precision:=2;
BMSpinEditl.Increment:=0.1;
BMSpinEditl.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEditl.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEditl.Value:=
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter;
end;
end else begin
if TeTabControl l.Tab!ndex=0 then begin
BMSpinEditl.Min Value:=0;
BMSpinEditl.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEditl.Max Value:=0.7;
BMSpinEditl.GaugeMax Value:=0.7;
BMSpinEditl.GaugeAroundCenter:=0.7;
BMSpinEditl.Precision:=2;

```

```

BMSpinEdit1 .Increment:=0.1;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clTeal;
BMSpinEdit1.GuageBeginColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Value:=
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl 1.TabIndex=1 then begin

```

```

BMSpinEdit1.GuageBeginColorsclTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Value:=
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl1.TabIndex=2 then begin
BMSpinEdit1.MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEdit1.MaxValue:=35;
BMSpinEdit1.GaugeMax Value:=35;
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter:=5;
BMSpinEdit1.Precision:=0;
BMSpinEdit1.Increment:=1;
BMSpinEdit1.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Valu:=
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl1.TabIndex=3 then begin
BMSpinEdit1.MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMinValue:=0;
BMSpinEdit1.Max Value:=20;
BMSpinEdit1.GaugeMax Value:=20;
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter:=0;
BMSpinEdit1.Precision:=0;
BMSpinEdit1 .Increment:=1;
BMSpinEdit1.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Value:=
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;
if TeTabControl 1 .TabIndex=4 then begin
BMSpinEdit1.MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEdit1.MaxValue:=90;
BMSpinEdit1.GaugeMax Value:=90;
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter:=70;
BMSpinEdit1.Precision:=0;
BMSpinEdit1.Increment:=1;
BMSpinEdit1.GuageBeginColor:=clTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Value:=
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;

```

```

BMSpinEdit1.MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMinValue:=0;
BMSpinEdit1.MaxValue:=0.2;
BMSpinEdit1.GaugeMax Value:=0.2;
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter:=0.06;
BMSpinEdit1.Precision:=2;
BMSpinEdit1 .Increment:=0.1;

```

```

end;
if TeTabControl 1.TabIndex=5 then begin
BMSpinEdit1.MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMin Value:=0;
BMSpinEdit1.MaxValue:=21;
BMSpinEdit1.GaugeMax Value:=21;

```

```

BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter:=2;
BMSpinEdit1.Precision:=0;
BMSpinEdit 1. Increments 1;
BMSpinEdit 1.GuageBeginColorsclTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColor:=clRed;
BMSpinEdit1.Values
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;

```

```

if TeTabControl 1.TabIndex=6 then begin
BMSpinEdit 1 .MinValue:=0;
BMSpinEdit1.GaugeMinValues0;
BMSpinEdit 1 .Max Value—70;
BMSpinEdit !.GaugeMax Value:=70;
BMSpinEdit 1.GaugeAroundCenter:=30;
BMSpinEdit1.Precision:=0;
BMSpinEdit1.Increments!;
BMSpinEdit 1.GuageBeginColorsclTeal;
BMSpinEdit1.GuageEndColorsclRed;
BMSpinEdit1.Values
BMSpinEdit 1 .GaugeAroundCenter;
end;

```

```

if TeTabControl 1.Tab!ndex=7 then begin
BMSpinEdit1.Min Value—0;
BMSpinEdit1.GaugeMinValues0;
BMSpinEdit 1 .MaxValues21;
BMSpinEdit 1 .GaugeMax Value:=21;
BMSpinEdit 1.GaugeAroundCenters0;
BMSpinEdit1.Precisions!;
BMSpinEdit 1. Increments!:
BMSpinEdit].GuageBeginColorsclTeal;
BMSpinEdit 1 .GuageEndColorsclRed;
BMSpinEdit1.Values
BMSpinEdit1.GaugeAroundCenter;
end;
end;
TeProgressBar 1 .Position s0;

```

```

end;
procedure TForm1.tefxButton1Click(Sender:
TObject);
var
resl,x:string;
y,c:integer;
begin
if tefxButton1.Caption='O6HHCjiHTn' then
begin

```

```

y:=Tmnc(StrToFloat(resl));
ify<0theny:=0;
ify>100theny:=100;
If tefxRadioButton2.Checked then if y>50
then y:=50;
TeAdvancedLabel2.Caption:=inttostr(y)+'%';
TeProgressBar1.Position:=y;
end else begin
if TeTabControl1.TabIndex<=7 then begin
a:=a+''+floattostr(dan[TeTabControl1
.TabIndex+1,1])
+'*'+BMSpinEdit1.Text+'^2'+floattostr(dan[Te
eTabCo
ntroll.TabIndex+1,2])+'*'+BMSpinEdit1.Text+
'+'+float
tostr(dan[TeTabControl1.TabIndex+1,3]);
if TeTabControl1.TabIndex=7 then begin
a:=a+')/8^';
CalcGraphExpression(a,0,resl);
y:=Trunc(StrToFloat(resl));
ify<0theny:=0;
if y>100 then y:=100;
TeAdvancedLabel2.Caption:=inttostr(y)+'%';
TeProgressBar1.Position:=y;
tefxButton1.Tag:=0;
tefxButton1.Caption:='O64ncjiHTH';
end else begin
TeTabControl1.TabIndex:=TeTabControl1
.TabIndex+1
;
TeTabControl1.Change(sender);
end;
end;
end;
end;
end;

```

```

procedure TForm1.tefxButton2Click(Sender:
TObject);
begin
Close;
end;

```

```

xsBMSpinEdit1.Text;
CsTabControl1.TabIndex+1;
CalcGraphExpression(floattostr(dan[c,1
])+'*'+x
+'^2'+floattostr(dan[c,2])+'*'+x+''+floattostr(
d
an[c,3]),0,resl);

```

```

procedure TForm1.tefxButton3Click(Sender:
TObject);
begin
TeTabControl1.TabIndex:=0;
tefxButton1.Caption:='/Iajii';
a:=('';
end;

```

```

procedure
TForm1.tefxRadioButton1Click(Sender:
TObject);
begin
dan[1,1]:=-0.033;
dan[1,2]:=3.6363;
dan[1,3]:=0;
dan[2,1]:=-0.14;
dan[2,2]:=9.2;

```

```

dan[2,3]:=0;
dan[3,1]:=-0.3;
dan[3,2]:=13.5;
dan[3,3]:=-50;
dan[4,1]:=-8;
dan[4,2]:=-34;
dan[4,3]:=100;
dan[5,1]:=-2;
dan[5,2]:=28;
dan[5,3]:=0;
dan[6,1]:=-1.012;
dan[6,2]:=-7.2;
dan[6,3]:=100;
dan[7,1]:=-0.083;
dan[7,2]:=10.83;
dan[7,3]:=-250;
dan[8,1]:=-3.4;
dan[8,2]:=-38;
dan[8,3]:=100;
TeTabControl1.Tabs.Clear;
TeTabControl1.Tabs.Add('Маса бур'яби (г)');
TeTabControl1.Tabs.Add('Вміст кисню (%)');
TeTabControl1.Tabs.Add('Температура ґрунту
(С)');

```

```

TeTabControl1 .Tabs.Add('Вміст солей в ґрунті (%)');
TeTabControl1 .Tabs.Add('Значення рН середовища (РН)');
TeTabControl1 .Tabs.Add('осмотичний тиск ґрунту (МПа)1');
TeTabControl1 .Tabs.Add('Вологість ґрунту (%)');
TeTabControl1 .Tabs.Add('Співвідношення амілоза/амілопектин1');
TeTabControl1 Change(Sender);
TeProgressBar1 .Max:=100;
tefxRadioButton 1.Checked :=true;
end;
procedure
 TForm 1.tefxRadioButton2Click( Sender:
 TObject);
begin
 dan[1,1]:=-170;
 dan[1,2]:=190;
 dan[1,3]:=0;
 dan[2,1]:=-9722;
 dan[2,2]:=1416;
 dan[2,3]:=0;
 dan[3,1]:=-0.11;
 dan[3,2]:=1.5;
 dan[3,3]:=45;
 dan[4,1]:=0.15;
 dan[4,2]:=-5.2;
 dan[4,3]:=45;
 dan[5,1]:=-0.01;
 dan[5,2]:=1.65;

```

```

 dan[5,3]:=-25;
 dan[6,1]:=0.2;
 dan[6,2]:=-6;
 dan[6,3]:=45;
 dan[7,1]:=-0.053;
 dan[7,2]:=3.26;
 dan[7,3]:=0;
 dan[8,1]:=0.02;
 dan[8,2]:=-2;
 dan[8,3]:=50;
 TeTabControl1 .Tabs.Clear;
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Інтенсивність світла');
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Вміст CO2 В носіТрі');
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Водний дефіцит');
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Продиховий onip');
 TeTabControl 1 .Tabs.Add('Відносна вологість повітря1');
 TeTabControl 1 .Tabs.Add('Onip рідинної фази');
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Температура повітря');
 TeTabControl1 .Tabs.Add('Вміст O2 в повітрі');
 TeTabControl 1 Change(Sender);
 TeProgressBar1 .Max:=50;
 tefxRadioButton2.Checked:=true;
 end;
 end.

```

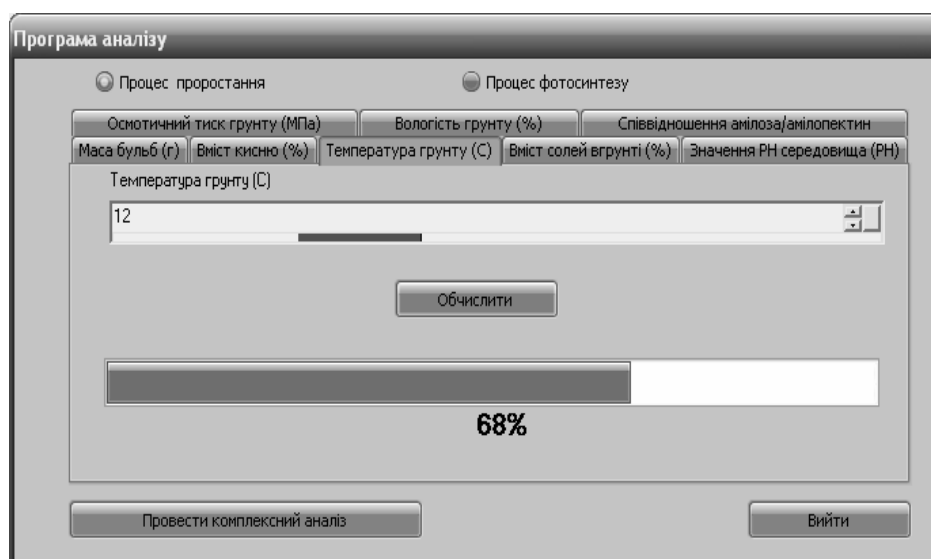


Рис 2. Програма для обчислення математичної моделі рівня фотосинтезу за динамічними змінами різних чинників

У порівняльних дослідженнях визначення інтенсивності фотосинтезу у C_3 рослин за допомогою багатоканальної установки [10] та запропонованого розрахункового методу різниця становила всього 5-7%, що вказує на задовільне співпадання результатів, отриманих різними методами.

Висновки

1. Інтенсивність фотосинтезу є не тільки важливим параметром життєдіяльності рослини, а і виконує середоутворюючу та індикаторну функцію, завдяки чому значно розширюються моніторингові можливості великих техногенно навантажених регіонів.

2. Екологічна експертиза повинна передбачати екопаспортизацію регіону на основі фітоіндикації та фотоасиміляційних процесів.

3. Запропонований розрахунковий метод визначення фотосинтезу у C_3 рослин за умов багатфакторного впливу завдяки програмуванню та прогнозуванню дозволяє заздалегідь передбачити зміни в фітоценозі на основі головної функції рослинних організмів – фотосинтезу.

Список літератури

1. *Бабушкин Л. Н.* Новый полевой метод для сравнительных измерений фотосинтеза // Тез. докл. Всесоюз. конф. по фотосинтезу. – М.: Б.и., 1957. – С. 48-50.

2. *Вотчал Е. Ф.* Работы физиологического отдела Киевского научного института селекции за 1922-1926 гг. // Научный институт селекции. Отчеты о деятельности за 1922-1926 гг. и программа работ на 1927 г. – К.: Сахаротрест, 1927. – С. 27-46.

3. *Вотчал Е. Ф.* Полевая физиология (нормальная и патологическая) и физиологическое сортоизучение в селекции // Тр. науч. ин-та селекции. – 1928. – Вып. 2. – С. 209-236.

4. *Говинджи Дж.* Фотосинтез. – М.: Мир, 1987. – Т. 2. – 470 с.

5. *Гуляев Б. И.* Фотосинтез и продуктивность агросистем // Физиол. и биохим. культ. растений. – 2003. – Т. 28, № 5. – С. 371-381.

6. *Гуляев Б. И., Шведова О. Е.* Устьичный порометр и его использование для оценки состояния листового аппарата // Физиол. и биохим. культ. растений. – 1984. – Т. 16, № 5. – С. 504-506.

7. *Заленский О. В.* Обзор метода исследования фотосинтеза наземных растений // Полевая геоботаника. – 1959. – Т. 1. – 241 с.

8. *Казаков Є. О.* Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.

9. *Казаков Є. О., Казакова С. М.* Навчально-науковий комплекс з фізіології рослин // Тези доп. II з'їзду Укр. тов-ва фізіологів рослин. – К.: Б.в., 1993. – С. 83-84.

10. *Казаков Е. А., Оканенко А. С., Казакова С. М.* Многоканальная установка для измерения CO_2 -обмена у растений // Физиол. и биохим. культ. растений. – 1981. – Т. 13, № 4. – С. 430-445.

11. *Казаков Е. А., Христовая Т. Е., Казакова С. М.* Определение типа фотосинтеза у растений по каталазной активности // Тези Міжнар. конф. "Питання біоіндикації і екології" (м. Запоріжжя, 21-24 вересня 1998 р.). – Запоріжжя: Б.в., 1998. – С. 95.

12. *Курс введения в вычислительную математику.* Готовые занятия (занятие № 9) [Электронный ресурс]. – 2000. – Режим доступа: <http://www.indorsoft.ru/Articles/supporting/Help/indorCAD/Html/Capter6-2/html>.

13. *Мануильський В. Д.* Фотосинтез сахарной свеклы, выращенной в различных условиях влажности, как функция внешних и внутренних факторов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.12. – К., 1970. – 20 с.

14. *Моргунов В. В., Курчий Б. А.* Продовольствие XXI века: нерешённые проблемы, неотложные задачи // Физиол. и биохим. культ. растений. – 2003. – Т. 35, № 6. – С. 281-284.

15. *Рывнин А. А.* Справочник по математике. – М.: Высш. шк., 1975. – 554 с.

16. Сафонов А. И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научных работ. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 19-31.
17. Сухарев М. Turbo Pascal 7.0. Теория и практика программирования. – СПб.: Наука и техника, 2007. – 544 с.
18. Торнли Дж. Математические модели в физиологии растений – К.: Наук. думка, 1982. – 310 с.
19. Христовая Т. Е., Казакова С. М., Пюрко О. Е. Фотосинтез – одна из ключевых проблем человечества // Мат. II Міжнар. конф. "Ключевые аспекты научной деятельности – 2007" (г. Днепропетровск, 16-31 января 2007 г.). – Днепропетровск: Наука и образование, 2007. – Т. 4. Сер. "Медицина и биология". – С. 8-10.
20. Христовая Т. Е., Казакова С. М., Пюрко О. Е. Фотосинтез: учора, сьогодні, в перспективі // Мат. XVII Междунар. симпозиума "Нетрадиционное растениеводство. Селекция. Охрана природы. Эниология. Экология и здоровье" (г. Алушта, 13-21 сентября 2008 г.). – Симферополь: Б.и., 2008. – С. 552-554.
21. Христовая Т. Е., Пюрко О. Е. Еволюція газометричних методів реєстрації фотосинтезу // Вісник Донецького університету. Сер. А. Природничі науки. – 2006. – Вип. 2. – С. 261-267.
22. Христовая Т. Е., Пюрко О. Е. Рослини – основні продуценти органічних речовин і регулятори газового складу оточуючого середовища // Запорізький медичний журнал. – 2008. – Т. 2. – С. 119-120.
23. Цифровая графика: Методы интерполирования [Электронный ресурс]. – 2006. – Режим доступа: [url:http://www.indorsoft.ru/Articles/Supporting/help/IndorCaD/Hthl/Capter62/html](http://www.indorsoft.ru/Articles/Supporting/help/IndorCaD/Hthl/Capter62/html).
24. Численные методы. – М.: Высш. шк., 1976. – 378 с.
25. Шадчина Т. М., Гуляев Б. I., Кірізій Д. А., Стасин О. О., Прядкіна Г. О., Стороженко В. О. Регуляція фотосинтезу і продуктивності рослин. Фізіологічні та екологічні аспекти. – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – 383 с.
26. Kazakov E. A. Pyurko O. E., Kazakova S. M. The traing-scientistic complex is basis of conditions modeling and ecopotential determination in plant physiology // Мат. Всеукр. конф. "Наукова спадщина академіка М. М. Гришка" (м. Глухів, 12-13 квітня 2005 р.). – Глухів: ГДПУ, 2005. – С. 207-209.

Христовая Т. Е., Пюрко О. Е. Генезис метода определения фотосинтеза у C_3 растений в условиях многофакторных воздействий. – Описано генезис метода определения фотосинтеза у C_3 растений и предлагается усовершенствованный на основе собственных и литературных результатов в условиях динамических одно- и многофакторных воздействий. Приведены соответствующие математические выражения и обобщающий полином, для решения которого разработана компьютерная программа.

Ключевые слова: генезис исследований, C_3 фотосинтез, методы определения, одно- и многофакторные воздействия, математические выражения, обобщающий полином, компьютерная программа.

Khristova T. E., Pyurko O. E. Genesis of photosynthesis determination method at C_3 plants under conditions of many factors influences. – It is described the genesis of photosynthesis determination method at C_3 plants and it is proposed the improvement ones on basis of own and literature results in conditions of dynamic one or many factors influence. It is given the according expressions and general polynom for solution of which is elaborated the computer program.

Key words: genesis of researches, C_3 photosynthesis, determination methods, one or many factors influences, mathematical expressions, general polynom, computer program.

О. В. Чемеріс, М. І. Бойко

**ВМІСТ ФЕНОЛЬНИХ СПОЛУК В ІНФІКОВАНИХ ГРИБОМ
HETEROBASIDION ANNOSUM (FR.) BREF. ПРОРОСТКАХ *PINUS SYLVESTRIS* L.
ТА *PINUS PALLASIANA* D. DON**

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: chemeris07@rambler.ru

Чемеріс О. В., Бойко М. І. Вміст фенольних сполук в інфікованих грибом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. проростках *Pinus sylvestris* L. та *Pinus pallasiana* D. Don. – Вивчено зміну вмісту фенольних сполук у проростках *Pinus sylvestris*, отриманих із насіння темного та світлого забарвлення та *Pinus pallasiana* при інфікуванні штамом НА-6-96 гриба *Heterobasidion annosum*. Виявлено достовірне підвищення вмісту фенольних сполук у проростках *P. sylvestris*, отриманих із темного насіння на 6-ту добу після інфікування, у проростків *P. sylvestris* із насіння світлого забарвлення та *P. pallasiana* – на 9-ту добу після інокуляції міцелієм штаму НА-6-96.

Ключові слова: *Pinus sylvestris*, *Pinus pallasiana*, *Heterobasidion annosum*, фенольні сполуки.

Вступ

Останнім часом велика увага приділяється вивченню механізмів формування стійкості рослин в умовах дії різних факторів. У рослин адаптація забезпечується численними фізіолого-біохімічними механізмами. Однією з особливостей формування стійкості рослин є здатність до синтезу вторинних метаболітів, до яких відносяться фенольні сполуки [4, 5, 20].

Фенольні сполуки беруть участь у різних фізіологічних процесах, а також у захисті клітин проти стресових умов. Патогени в якості реакції-відповіді з боку рослини викликають утворення різноманітних фенольних сполук, водночас відбувається індукція активності ферментів фенольного синтезу. Так, у сприйнятливих до *Fusarium* проростків *Pinus sylvestris* спостерігалось зниження синтезу фенольних сполук та активності НАД(Ф)⁺-оксидоредуктази та L-фенілаланінаміакліази [19]; концентрація вільних проантоціанідів у калусних культурах *P. sylvestris* знижується, а зв'язаних – збільшується [6]. Під впливом важких металів відбуваються зміни в фенольному метаболізмі калусних культур *Camellia sinensis* L. [3]. Деякі фенольні сполуки беруть участь у регуляції процесів фотосинтезу та дихання [21], в ініціюванні симбіотичних відносин [9], при дії низьких температур [15].

Значної шкоди лісовому господарству багатьох країн світу завдає гриб *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – коренева губка. Хвороба, яку він викликає, призводить до зниження продуктивності деревостоїв та поступової загибелі лісу. Велика кількість лісів Південного Сходу України має штучний характер насадження і інтенсивно інфікуються *H. annosum* [14, 22]. Домінуючою породою цих лісів є *Pinus sylvestris* L. – сосна звичайна. Використання кількох видів роду *Pinus* (Сосна) як рослин-диференціаторів дасть змогу виявити більш стійкий вид до патогену та його подальше використання в лісонасадженнях. Для створення стійких хвойних насаджень необхідне вивчення та пізнання порівнянюючи фізіолого-біохімічні процеси, що є в хворих та здорових рослинах.

Серед літературних джерел зустрічається низка праць, що присвячені вивченню питання стійкості *P. sylvestris* до *H. annosum* [1, 7] та одиничні дані щодо впливу гриба на інші представники роду *Pinus* [1, 11]. Деякі автори виділяють п'ять основних кольорів зрілого насіння *P. sylvestris*: чорний, строкатий, жовтий, коричневий та бежевий [16, 17] або групи світлого насіння, коричневого, з перехідним забарвленням, чорного та строкатого [10]. Забарвлення насінневої оболонки в межах одного дерева постійне і не змінюється протягом життя. Можливо, що ці дерева *P. sylvestris* можуть відрізнятися за відповідними фізіолого-біохімічними показниками та стійкістю до *H. annosum*. Ця проблема недостатньо вивчена та потребує подальших досліджень.

Метою дослідження було вивчення зміни вмісту фенольних сполук у проростках *P. sylvestris*, отриманих із насіння світлого й темного кольору та *Pinus pallasiana* при інфікуванні грибом *H. annosum*.

Матеріали та методи дослідження

У дослідженні було використане насіння *P. sylvestris* та *P. pallasiana*, що зростають у Краснолиманському лісгоспі Донецької області. Окремо вивчали реакцію проростків *P. sylvestris*, отриманих із насіння темного та світлого забарвлення та проростків *P. pallasiana* на інфікування штамом НА-6-96 *H. annosum*. Насіння проростків *P. sylvestris* було розділено на групи – насіння світлого та темного забарвлення. До групи темного відібрали насіння наступних кольорів *brunneus* (темно-каштановий, бурий), *umbrinus* (умбровий), *niger* (чорний), до групи світлого забарвлення – *plumbeus* (свинцевий), *cinereus griseus* (попелясто-сірий), *avallaneus* (горіховий) [13].

Після стерилізації насіння *P. sylvestris* та *P. pallasiana* було висаджено на агаризоване поживне середовище Чапека-Докса [2] з вмістом глюкози 3 г/л [1]. Проростки у віці 21 доби інфікували міцелієм штаму НА-6-96 *H. annosum*. Вміст фенольних сполук визначали на 6, 9 та 12 добу після інкуляції проростків *P. sylvestris* та *P. pallasiana*.

Суму фенольних сполук у проростках *P. sylvestris* та *P. pallasiana* визначали за методом Суейна та Хілліса [8]. Наважку рослинного матеріалу від 0,1 г – проростки *P. sylvestris* та *P. pallasiana* без корінця екстрагували у 80%-му етанолі на киплячій водяній бані протягом 10-15 хв. 5-6 разів. В об'єднаних етанольних екстрактах визначали сумарний вміст фенольних сполук із реактивом Фоліна-Деніса на КФК-2-УХЛ 4.2, за червоним світофільтром. Калібрувальну криву будували за галовою кислотою.

Вміст фенольних сполук визначали за формулою:

$$X = \frac{a \cdot y \cdot 100}{H \cdot y_1} \text{ мкг/100 г сирої маси,}$$

де a – концентрація фенольних сполук за калібрувальною кривою, мг/мл; y – загальний об'єм фільтрату, мл; y_1 – дослідний об'єм фільтрату, мл; H – наважка рослинного матеріалу, г.

Статистичну обробку результатів експериментів проводили методом двох факторного дисперсійного аналізу якісних та кількісних ознак, а порівняння середніх арифметичних величин – методом Дункана [18].

Результати та обговорення

Серед багаточисельних функцій фенольних сполук визначають їх роль у стійкості рослин до грибних захворювань. Показано накопичення поліфенольних сполук, що протидіяли радіальному проникненню гіфів гриба *H. annosum* та локалізували розвиток патологічного процесу [25, 26, 28]. Акумуляція фенолів призводила до уповільнення проникнення гіфів *H. annosum* у тканини сосни, ніж при інфікуванні ялини [24]. Стійкість сосни звичайної може бути пов'язана з утворенням специфічних та токсичних до *H. annosum* фенольних сполук різного кількісного та якісного складу [23], а їх склад залежить від дози азотного добрива [27].

При інфікуванні проростків *P. sylvestris* та *P. pallasiana* штамом гриба *H. annosum* спостерігається збільшення вмісту фенольних сполук.

У проростках *P. sylvestris*, одержаних із темного насіння на 6-ту та на 9-ту добу інфікування штамом НА-6-96, вміст фенольних сполук достовірно збільшувався в 1,4 рази, на 12-ту добу – в 1,8 рази. На цей час у інфікованих проростків *P. sylvestris* із світлого насіння вміст фенольних сполук достовірно збільшувався на 9-ту добу в 2 рази, а на 12-ту добу – в 3,5 рази. Слід відзначити, що вміст сполук фенольної природи в здорових проростках *P. sylvestris*, одержаних із насіння темного та світлого забарвлення, знаходився приблизно на одному рівні на усіх етапах визначення для проростків відповідного кольору насіння. Отже, результати свідчать, що здорові проростки *P. sylvestris* із світлого насіння містять достовірно більшу кількість фенольних сполук, ніж проростки *P. sylvestris*, одержані з темного насіння, що вказує на їх фізіологічну різноякісність.

Ураження проростків *P. sylvestris* визначали візуально, враховуючи зниження в них тургору, зміну кольору – з яскраво-зеленого на жовтий, підгнивання стебельців на рівні кореневої шийки. Кількість уражених проростків *P. sylvestris*, одержаних із темного насіння,

на 6-ту, 9-ту та 12-ту добу становила 37,0, 66,7 та 95,0% відповідно. Для проростків *P. sylvestris*, отриманих із насіння світлого забарвлення, на відповідну добу становила 18,3, 61,9 та 94,8%.

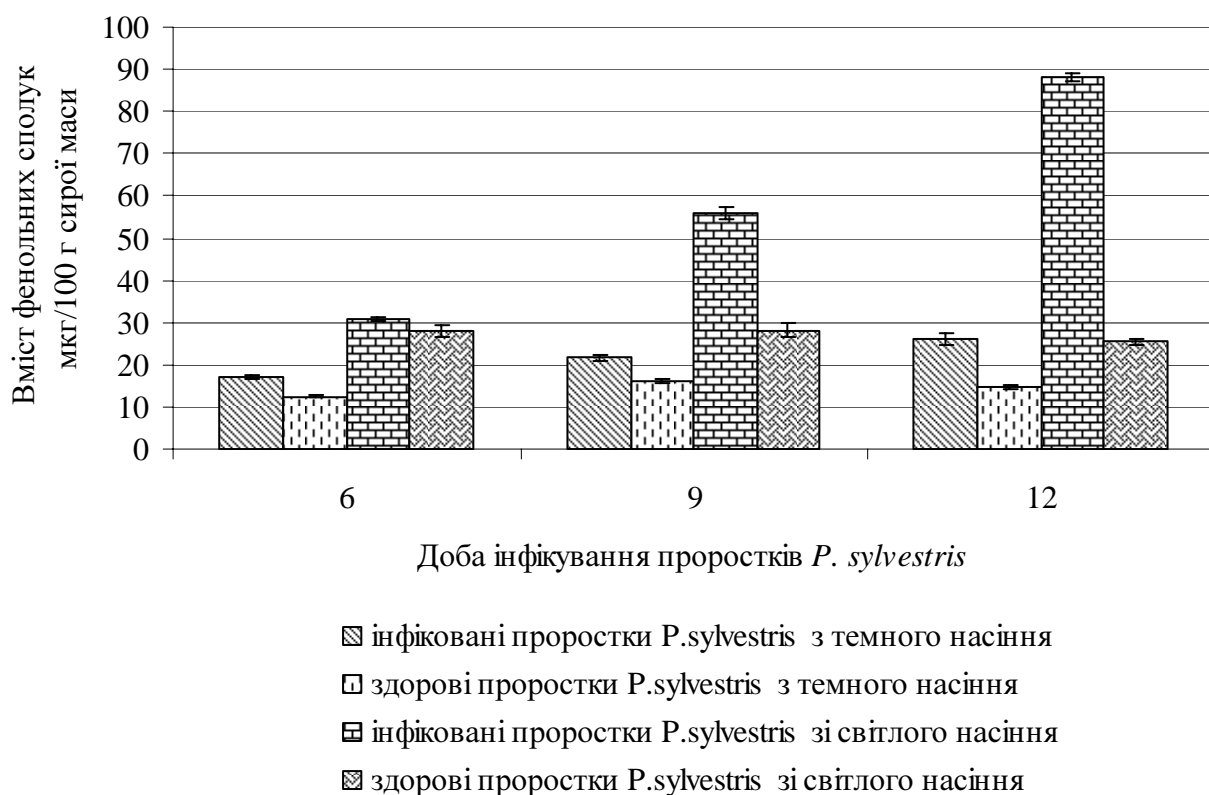


Рис. 1. Вміст фенольних сполук у проростках *P. sylvestris*, інфікованих штамом НА-6-96 *H. annosum*

У проростків *P. pallasiana*, інфікованих штамом НА-6-96 *H. annosum*, на 6-ту добу не спостерігалось вірогідного збільшення вмісту фенольних сполук. Вірогідні відмінності порівняно зі здоровими проростками відмічено на 9-ту та 12-ту добу інфікування. На 9-ту добу інвазії вміст суми фенольних сполук в інфікованих проростках сосни кримської становив у 2,5 рази більше, ніж у здорових проростках. На 12-ту добу інфекції в проростків сосни кримської вміст фенольних сполук був у 3,5 рази вищий, ніж у здорових. На 6-ту добу інфекції кількість уражених проростків склала 34,6%. На 9-ту та 12-ту добу інвазії кількість інфікованих проростків *P. pallasiana* становила 84,1 та 99,1% відповідно. У контрольних проростків *P. pallasiana* вміст фенольних сполук достовірно не змінювався між періодами проведення їх визначення (табл. 1).

**Вміст фенольних сполук у проростках *P. pallasiana*, інфікованих штамом НА-6-96
*H. annosum***

Варіанти дослідів	Вміст фенольних сполук, мкг/100 г сирової маси (M±m)	Різниця середніх величин	Допуск Дункана, t _D	Достовірність
6 доба інфікування				
НА-6-96	39,65 ±5,43	12,97	28,828	Ні
Контроль	26,68±3,37	–	–	–
9 доба інфікування				
НА-6-96	71,36±5,4	43,06	28,828	Так
Контроль	28,3±4,18	–	–	–
12 доба інфікування				
НА-6-96	83,57±3,7	59,3	30,529	Так
Контроль	24,27±1,97	–	–	–

Висновки

Проростки *P. sylvestris*, що отримані з насіння темного та світлого забарвлення відрізняються за своїми фізіолого-біохімічними показниками, реакцією на інфікування грибом *H. annosum*. Проростки *P. sylvestris*, одержані з темного насіння, вже на 6-ту добу інфекції реагували підвищеним синтезом фенольних сполук порівняно з проростками *P. sylvestris* із світлого насіння. Проростки *P. sylvestris* із світлого насіння менше пошкоджуються кореневою губкою на початкових етапах розвитку хвороби, ніж проростки *P. sylvestris* із темного насіння.

Проростки *P. sylvestris* та *P. pallasiana* активно реагують на інфікування грибом *H. annosum* синтезом фенольних сполук.

Таким чином, розвиток патологічного процесу можливий лише у рослин із недостатньою ефективністю метаболізму фенольних сполук. Життєздатними після інвазії залишаються лише рослини з активним основним та фенольним обміном речовин [19].

Список літератури

1. Бойко М. І. Фізіолого-біохімічні особливості системи *Pinus sylvestris* L. – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. і перспективи практичного використання екзометаболітів деяких дереворуйнівних грибів: Автореф. дис. ... докт. біол. наук: спец. 03.00.12 "Фізіологія рослин", 03.00.24 "Мікологія" / М. І. Бойко. – К., 1996. – 51 с.
2. Гродзинский А. М. Краткий справочник по физиологии растений / А. М. Гродзинский, Д. М. Гродзинский. – К.: Наук. думка, 1973. – 592 с.
3. Загоскина Н. В. Изменения в образовании фенольных соединений при действии кадмия на каллусные культуры, инициированные из различных органов чайного растения / Н. В. Загоскина, Е. А. Гончарук, А. К. Алявина // Физиол. раст. – 2007. – Т. 54, № 2. – С. 267-274.
4. Запрометов М. Н. Специализированные функции фенольных соединений в растениях / М. Н. Запрометов // Физиол. раст. – 1993. – Т. 40, № 6. – С. 921-931.
5. Запрометов М. Н. Фенольные соединения: распространение, метаболизм и функции в растениях / М. Н. Запрометов. – М.: Наука, 1993. – 272 с.
6. Изменения содержания фенольных соединений в каллусе сосны в ответ на элиситацию *Fusarium* разной степени патогенности / И. В. Шейн, О. Н. Андреева, Г. Г. Полякова [и др.] // Физиол. раст. – 2003. – Т. 50, № 5. – С. 710-715.
7. Кудінова О. В. Фізіологічні реакції проростків *Pinus sylvestris* L. на інфекцію *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.12 "Фізіологія рослин" / О. В. Кудінова. – К., 2004. – 18 с.

8. *Лабораторные работы по большому практикуму "Вещества вторичного происхождения" / М. И. Бойко, Л. П. Фильчаков. – Донецк: ДонГУ, 1984. – С. 17-19.*
9. *Макарова Л. Е. Влияние фенольных соединений, выделяемых корнями растений гороха (*Pisum sativum* L.) на размножение *Rhizobium* в ризосфере / Л. Е. Макарова, С. Е. Латышева, Т. Е. Путилина // Вісн. Харків. нац. аграрного ун-ту. Сер. Біол. – 2005. – Вип. 2 (7). – С. 42-49.*
10. *Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений (на примере семейства *Pinaceae* на Урале) / С. А. Мамаев. – М.: Наука, 1972. – 284 с.*
11. *Матеріали I наук.-практ. конф. "Рослини та урбанізація" (м. Дніпропетровськ, 21-23 листопада 2007 р.). – Дніпропетровськ: ООО ТПГ "Куница", 2007. – С. 250-251.*
12. *Матеріали XII з'їзду Укр. ботан. тов-ва / Відп. ред. К. М. Ситник. – Одеса, 2006. – С. 270.*
13. *Мищенко П. И. Шкала цветов. Пособие для ботаников и зоологов при научных и научно-прикладных работах / П. И. Мищенко. – Петроград, 1915. – 14 с.*
14. *Негруцкий С. Ф. Корневая губка / С. Ф. Негруцкий. – М.: Агропромиздат, 1986 – 196 с.*
15. *Олениченко Н. А. Ответная реакция озимой пшеницы на действие низких температур: образование фенольных соединений и активность L-фенилаланин-аммиак-лиазы / Н. А. Олениченко, Н. В. Загоскина // Прикладная биохимия и микробиология. – 2005. – Т. 41, № 6. – С. 681-685.*
16. *Правдин Л. Ф. Основные закономерности географической изменчивости сосны (*Pinus sylvestris* L.) / Л. Ф. Правдин // Вопросы лесоведения и лесоводства. – М.: Изд-во АН СССР, 1960. – С. 245-250.*
17. *Правдин Л. Ф. Сосна обыкновенная / Л. Ф. Правдин. – М.: Наука, 1964. – 192 с.*
18. *Приседський Ю. Г. Статистична обробка результатів біологічних експериментів / Ю. Г. Приседський. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.*
19. *Содержание фенольных соединений и активность ключевых ферментов их синтеза в гипокотылях сосны обыкновенной при фузариозе / И. В. Шейн, О. Б. Шибистова, Г. К. Зражевская и [др.] // Физиол. раст. – 2003. – Т. 50, № 4. – С. 581-586.*
20. *Способность различных сортов пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к образованию фенольных соединений / Н. В. Загоскина, Н. А. Олениченко, Чжоу Юньвэй и [др.] // Прикл. биохим. и микробиол. – 2005. – Т. 41, № 1. – С. 113-116.*
21. *Ультрафиолетовые лучи стимулируют развитие фотохимической активности фотосистемы II и накопление фенольных соединений в каллусной культуре чайного растения (*Camellia sinensis*) / Н. В. Загоскина, А. К. Алявина, Т. О. Гладышко и [др.] // Физиол. раст. – 2005. – Т. 52, № 6. – С. 830-838.*
22. *Федоров Н. И. Корневые гнили хвойных пород / Н. И. Федоров. – М.: Лесн. пром-ть, 1984. – 161 с.*
23. *Хименко Н. Л. Диагностические признаки устойчивости деревьев сосны обыкновенной / Н. Л. Хименко, И. М. Усцький // Сб. науч. тр. Ин-та леса НАН Беларуси. – 2001. – № 53. – С. 345-346.*
24. *Johansson S. M. Initial reactions in sapwood of Norway spruce and Scots pine after wounding and infection by *Heterobasidion parviporum* and *Heterobasidion annosum* / S. M. Johansson, L. N. Lundgren, F. O. Asiogbu // Forest Pathol. – 2004. – V. 34, N 3. – P. 197-210.*
25. *Krekling Trygve. Differential anatomical response of Norway spruce stem tissues to sterile and fungus infected inoculations / Krekling Trygve, Franceschi Vincent R., Krokene Paal [and others] // Trees. – 2004. – V. 18, N 1. – P. 1-9.*
26. *Nagy N. E. Anatomical-based defense responses of Scots pine (*Pinus sylvestris*) stems to two fungal pathogens / N. E. Nagy, P. Krokene, H. Solheim // Tree Physiol. – 2006. – V. 26 (2). – P. 159-167.*

27. Tomova L. The effect of nitrogen fertilization on fungistatic phenolic compounds in roots of beech (*Fagus sylvatica*) and Norway spruce (*Picea abies*) / L. Tomova, S. Braun, W. Fruckiger // Forest Pathol. – 2005. – V. 35, N 4. – P. 262-276.

28. Werner A. Growth of *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. through bark of one-year-old *Pinus sylvestris* seedlings grown *in vitro* / A. Werner // Dendrobiology. – 2001. – V. 46. – P. 65-73.

Чемерис О. В., Бойко М. И. Содержание фенольных соединений в инфицированных грибом *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. проростках *Pinus sylvestris* L. и *Pinus pallasiana* D. Don. – Изучено изменение содержания фенольных соединений в проростках *Pinus sylvestris*, полученных из семян темного и светлого цвета, а также *Pinus pallasiana* при инфицировании штамом HA-6-96 гриба *Heterobasidion annosum*. Выявлено достоверное повышение содержания фенольных соединений в проростках *P. sylvestris*, полученных из семян темного цвета на 6-й день после инфицирования, в проростках *P. sylvestris* из семян светлого цвета и *P. pallasiana* – на 9-й день после инокуляции мицелием штамма HA-6-96.

Ключевые слова: *Pinus sylvestris*, *Pinus pallasiana*, *Heterobasidion annosum*, фенольные соединения.

Chemeris O. V., Boyko M. I. The content of phenolic compounds in infected *Pinus sylvestris* L. and *Pinus pallasiana* D. Don seedlings by fungus *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. – The change of phenolic compounds in *Pinus sylvestris* received from dark and light seeds and *Pinus pallasiana* seedlings under infection by strain HA-6-96 *Heterobasidion annosum* has been studied. The content of phenolic compounds in *P. sylvestris* seedlings from dark seeds reliable increased on 6th day after infection, in *P. sylvestris* seedlings from light seeds and *P. pallasiana* seedlings – on 9th day after infection by mycelium of strain HA-6-96.

Key words: *Pinus sylvestris*, *Pinus pallasiana*, *Heterobasidion annosum*, phenolic compounds.

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

УДК 541.515 + 577.3

В. М. Билобров, Н. М. Богдан, Е. В. Хомутова
СИНЕРГЕТИКА И ЕЁ ВОЗМОЖНЫЕ ПРИЛОЖЕНИЯ К ПРОБЛЕМАМ
БИОЛОГИИ И МЕДИЦИНЫ

Институт физико-органической химии и углехимии им. Л. М. Литвиненко НАН Украины
83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70; e-mail: office.ipoc@nas.gov.ua

Билобров В. М., Богдан Н. М., Хомутова Е. В. Синергетика и ее возможные приложения к проблемам биологии и медицины. – Рассмотрены основные положения синергетики, которые могут быть использованы при создании высокоэффективного, малоинвазивного, комбинированного метода лечения и предотвращения различных форм мочекаменной болезни и ее рецидивов.

Ключевые слова: синергетика, мочекаменная болезнь.

Принято считать, что примат Разума и повсеместное проникновение Науки во все области деятельности человеческого общества предопределили наше вступление в Ноосферу и обусловили последовавший за этим разрыв связей с материнской сферой – биоценозом. Один из сценариев развития событий, сопровождающих разрыв этих связей, предполагает принципиальную возможность изменять и управлять "предельным видовым сроком жизни" людей, что в конечном итоге обеспечит Разуму принципиально новую (более высокую) степень независимости и самодостаточности.

Однако разрыв связей Ноосферы с биоценозом, конечно же, не мог быть ни простым, ни безоблачным. Достаточно сказать, что уже сейчас, когда человечество лишь подошло к биосферной границе, оно начинает испытывать все более и более ощутимые возвратные удары со стороны биосферы, которые нам представляются совершенно естественными, а их последствия, как оказалось, практически всегда описываются существенно нелинейными закономерностями.

С другой стороны эта пограничная неустойчивая область, характеризующаяся экстенсивным развитием цивилизации, в последние годы тесно переплетается с процессами самоорганизации новых информационных технологий. Можно было думать, что это будет содействовать более мягкому выходу человечества из глобального кризиса отношений с природой. Однако в действительности стремительный рост объема информации порождает и сопровождается новыми осложнениями этих отношений. Достаточно сказать, что это, например, способствует дальнейшей фрагментарности восприятия нами внешнего мира и формирует все более агрессивное отношение человека к природе. В силу этого в мире науки все отчетливей осознавалась необходимость создания новой стратегии познания и создания нового трансдисциплинарного языка. Такой язык и такой тип познания начал формироваться уже в конце прошлого века и сейчас он представлен наукой – синергетикой. Поэтому ниже мы предельно кратко изложим основные мировоззренческие положения этой новой трансдисциплинарной науки и отметим некоторые наиболее общие возможные приложения синергетики к проблемам биологии и медицины (см. пример [1]).

Синергетика возникла, как теория кооперативных явлений, и сейчас это междисциплинарное направление в современной науке трудами И. Пригожина, Г. Хакена, М. Эйгена, Р. Тома, С. П. Курдюмова, А. П. Руденко, Б. П. Белоусова, А. М. Жаботинского, В. Г. Буданова и др. [2-6] приобрело статус обширной и цельной теории описывающей незамкнутые, нелинейные, неустойчивые, диссипативные, иерархические системы. Кроме того, она исследует механизмы эволюции, становления реальности, самоорганизации и управлением хаосом. Её принципы универсальны и присущи как гуманитарному, так и естествонаучному знанию. Этот синтез наук и интеграция таких дисциплин как физика, химия, биология, прежде всего, приближает нас к пониманию сложности строения и

функционирования живых организмов и их сообществ, а также открывает путь адекватного моделирования как социальных, так и психологических феноменов.

Синергетика, опираясь на современные математические приемы и методы, является по существу "эволюционным естествознанием". При этом акцент в ней переносится с изучения инвариантов системы в положении равновесия, на изучение состояний неустойчивости, механизмов возникновения нового и рождения или перестройки старых структур. Она дает возможность универсальным образом описывать явления самоорганизации, вносит ясность в такое явление как открытость систем, а также описывает роль случайности и хаоса в механизмы развития.

Все эти понятия в рамках концепции синергетики, как цельной науки, приобретают более глубокий смысл и позволяют в наше время сформировать новый, единый, математически строгий язык естествознания в целом и науки о живом, в частности. Таким образом, мы по существу присутствуем при формировании "новой натурфилософии", поступаем при этом в полном согласии со знаменитой теоремой К. Геделя "о неполноте", которая, как известно, гласит, что ни одна система (научная) не может развиваться без привлечения других методов. В противном случае она непременно выродится либо в застывшую догму, либо в хаос абсурда.

При этом новое знание – синергетика не представляет собой механистического смешения традиционных курсов физики, химии, биологии, экологии и др., а является результатом междисциплинарного их синтеза на основе эволюционного синергетического естествознания. Основываясь на литературные данные, ниже кратко перечислим основные принципы синергетики.

Любой (без исключения) эволюционный процесс выражается чередой изменений состояний порядка и хаоса, которые, в свою очередь, объединены фазами перехода системы из этих состояний. Кроме того, выделяются отдельно фаза гибели структур и фаза выхода из хаоса, (то есть, фаза самоорганизации). Рассмотрим это через призму описания гомеостаза.

В наше время, обычно при описании гомеостаза (обеспечивающего адаптацию биологических систем к окружающей среде и возможность её выживания) лишь стабильную фазу относят к гомеостазу. Остальные (а их обычно выделяют три) связывают с хаосом и относят к этапам становления системы или к её кризису. Включение этих этапов в процесс гомеостаза являлось бы отражением того, что на самом деле во всяком порядке всегда должна быть доля хаоса, а в хаосе всегда можно найти элементы порядка, а проблема обычно состоит лишь в том, чтобы установить меру их смешения. При этом кратковременность глубоких кризисов живых систем объясняется мерами их эволюционной безопасности. Действительно, длительный кризис живой системы непременно истощил бы её адаптационные возможности, в результате чего она должна бы либо исчезнуть, либо потерять свою системную целостность. Поэтому-то эволюция и совершается мелкими этапами. Язык описания этих этапов эволюции (в том числе живого) в синергетике достаточно развит. В основе его лежат представления о гомеостатичности и иерархичности систем. Рассмотрим гомеостатичность и иерархичность систем, имея в виду, что все сказанное ниже имеет прямое и непосредственное отношение и к системам живым.

Гомеостаз в этой связи следует рассматривать как систему программ поддержания функционирования живого. Корректирующие сигналы она получает за счет отрицательных обратных связей (сигнал с выхода системы подается на вход с обратным знаком), подавляющих отклонения программ поведения, которые возникают под влиянием среды.

Теперь несколько слов о иерархичности, лежащей в основе эволюционирования систем. Иерархичность (по Г. Хакену) предполагает наличие в системах устойчивых диссипативных структур – аттракторов, на которых и функционируют системы. Напомним, что аттракторы довольно распространены в природе (затухающий маятник, шарик падающий на дно лунки, орел парящий в восходящем потоке воздуха и др.). Из этого перечня, по очевидным причинам, следует, что живые диссипативные структуры также будут далеки от

состояния равновесия и не могут существовать без постоянной прокачки вещества и энергии через систему.

Окружающий нас большой Мир иерархизирован по многим признакам, например, по масштабам длин, времени, энергии и др. При этом базовые структуры Вселенной принимают не все возможные значения признаков. Число их уровней необозримо велико (начиная от кварков до галактик и их скоплений). При этом в каждом базовом уровне существует множество подуровней.

В основе структурной иерархии лежит принцип, согласно которому вышестоящий уровень, в свою очередь, состоит из нижестоящих. С позиции вышестоящего уровня любой нижестоящий является элементом хаоса, т.е. структурным материалом. Так, нуклоны образованы кварками, ядра атомов нуклонами и электронами, атомы образуют молекулы и т.д. Аналогично этому иерархизирована и структура живого. Возможна и нематериальная (информационная) иерархия изучаемых объектов: звуки, слова, фразы, тексты и т.д. То же, и в мире идей: мнения, взгляды, идеологии, парадигмы и т.д.

Элементы систем, связываясь в структуры, передают им часть своих функций, степеней свободы и др. Эти коллективные переменные в вышестоящих структурах проявляются как результат т.н. кооперативных взаимодействий. Следуя Г. Хакену, коллективные переменные систем на более высоком иерархическом уровне являются параметрами порядка и в сжатой форме описываются поведением аттрактора системы. В целом параметры порядка синхронизируют поведение элементов низшего уровня, которые образуют изучаемую систему.

Важнейшим свойством иерархических систем является принципиальная невозможность полного сведения (редукции) структур более сложно организованных (высших) уровней к языку более простых уровней организации. При этом более сложноорганизованный уровень также имеет свой внутренний предел сложности их описания, превысить который на языке данного уровня не удастся. Есть и иерархия языков описания (характерных для разных естественных наук), отвечающая иерархии уровней описания. Поэтому, например, попытка сведения всех феноменов жизни и психики живого к законам физики, или физики элементарных частиц, представлялась бы и наивной и абсурдной. Очевидно, что искать выход в этих случаях следует, лишь обратившись к теореме Геделя о неполноте, постулату Бора о дополнительности и к принципу неопределенностей Гейзенберга – де-Бройля.

Определяющую роль в иерархии систем играет время. Поэтому синергетический принцип подчинения Хакена также сформулирован и для временной иерархии, то есть наша реальность представлена бесконечной чередой временных уровней от чрезвычайно быстрых процессов в микромире до масштабов времени жизни Вселенной. Поэтому во временной шкале параметры порядка всегда представляют собой более долгоживущие коллективные переменные. Они образованы, и они управляют более быстрыми (короткоживущими) переменными. Эти последние у нас, наблюдателей (на макро- и мезоуровнях), обычно ассоциируются с бесструктурным "хаотическим" движением, элементы которого для нас неразличимы. Вышележащие (по отношению к нам) макро- и мега- уровни характеризуются более медленными "вечными" переменными, выполняющими роль параметров порядка или (по отношению к нам) "управляющими параметрами". Следовательно, на каждом уровне организации системы, обязаны сосуществовать как более высокие, так и более низкие (по отношению к нам) уровни организации, формирующие у нас представления, как о "вечности", так и о "хаосе" соответственно.

При такой модели организации систем, в точке бифуркации промежуточный макроуровень должен исчезать и возникать, при этом прямой контакт между ниже- и вышележащим микро- и мегауровнями и, таким образом, будет формироваться принципиально новый макроуровень с совершенно новыми качествами. В шкале времени такая точка бифуркации, по существу, будет являться мгновением для вышележащих макро- и мегауровней и, вместе с тем, будет достаточно протяженной во времени областью кризиса

для "быстрого" нижележащего микроуровня. Таким образом, в соответствии с принципом подчинения, долгоживущие переменные управляют короткоживущими, а вышележащие уровни – нижележащими.

Однако принцип подчинения справедлив не всегда и, таким образом, мы иногда имеем дело либо, с так называемой, наследственной иерархичностью, либо с иерархичностью кажущейся. Так, например, известно, что суточные, лунные или годовые циклы являются управляющими параметрами земной биосферы (биоритмология), хотя известно и то, что земные события никак не влияют на эти циклические процессы. Объяснение этому надо искать, выходя за рамки рассматриваемой системы (теорема Геделя, например). Для этого следует рассмотреть процесс формирования Солнечной системы из газопылевого облака, когда собственно и сформировались наши земные ритмы, которые сейчас и являются вечным напоминанием о той ранней эпохе творения. Таким образом, иерархичность не может быть данной раз и навсегда. Для понимания этого необходимо расширить так называемые принципы "становления" системы, являющиеся проводниками эволюции.

Выделим пять основных принципов становления: 1 – нелинейность; 2 – неустойчивость; 3 – незамкнутость; 4 – динамическая иерархичность; 5 – наблюдаемость. Именно они характеризуют фазу трансформации и обновления системы, а также последующего прохождения ею (системы) фаз гибели старого порядка, хаоса, испытаний, альтернативы и, наконец, фазу рождения нового порядка.

Первых трех из пяти перечисленных выше принципов, совсем недавно всячески избегала классическая научная методология. Именно они (как оказалось) позволяют (или вынуждают) войти системе в хаотическую фазу за счет положительных обратных связей, усиливающих в системе внешние возмущения.

1. Нелинейность. Линейность, как известно, один из идеалов простоты для многих поколений естествоиспытателей, пытавшихся свести реальные задачи к линейным решениям. Однако линейное поведение систем реализуется лишь у состояния равновесия. Да и сейчас нас учат решать линейные задачи, тем, развивая и утверждая у нас линейную интуицию и сея иллюзию простоты этого мира. В частности, гомеостаз систем действительно часто осуществляется на уровне линейных колебаний. При этом определяющим свойством таких линейных систем является принцип суперпозиции гласящий, что результат суммарного воздействия на систему есть сумма результатов, т.е. линейный отклик системы, прямо пропорционален воздействию.

Нелинейность же есть очевидное и прямое нарушение принципа суперпозиции. В этом случае сумма воздействий не равна сумме результатов. Иначе, результат не пропорционален усилиям, целое не есть сумма его частей, и, наконец, "игра не стоит свеч". В конечном итоге это приводит к тому, что в системе число связей между её элементами растет быстрее числа элементов. Выражаясь вольно, можно сказать, что система "живет" и признаки этого наиболее отчетливо проявляются вблизи границ существования системы. Поэтому чтобы перейти из одного состояния гомеостаза к другому мы вынуждены сначала попасть в область их совместной границы. Именно здесь, в этой области, максимально проявляется нелинейность. Думаем, что в физических (физико-химических) моделях это явление аналогично фазовым превращениям или же процессам формально аналогичным им.

Отмеченные выше особенности нелинейности универсальны. Так, в живых системах не только процессы, сопровождающиеся фазовыми превращениями, обладают признаками нелинейности (см. основы биоминерализации), но и наши органы чувств имеют, например, нелинейные характеристики чувствительности к восприятию внешних воздействий (вибраций, излучений и др.). Совершенно очевидно, что если бы нам, например, были доступны все частоты и интенсивности вибраций и излучений, мы были бы всеслышащими и всевидящими, что совершенно не реально, так как с такой информацией наш мозг (как и любой другой) просто не справился бы. Поэтому шкала чувствительности наших органов близка к логарифмической. В силу этого увеличенная интенсивность звука в 100 раз, нам кажется громче лишь в 2 раза. Таким образом, диапазон нашего восприятия звука

увеличивается в сотни и миллионы раз – от шороха падающего листа, до удара грома. В конечном итоге мы знаем, что и коллективные действия людей также не могут быть сведены к простой сумме действий индивидуумом и, тем самым, человеческие отношения также носят нелинейный характер. Существуют и границы наших чувств, эмоций и страстей, вблизи которых по указанной выше причине, наше поведение становится неадекватным.

Поэтому наше линейное мышление приводит к множеству как бытовых, так и научных иллюзий. Так графики линейных законов нами выражаются прямыми уходящими в бесконечность или экстраполирующимися на нуль. Мы легко и повсеместно оперируем бесконечно разбавленными растворами и т.д. Однако теперь мы отчетливо понимаем, что линейная стратегия мышления и экономна и эффективна, но лишь в весьма и весьма умеренных масштабах, так как за пределами их она и обманчива и опасна.

2. Незамкнутость (открытость). В природе все системы в той или иной мере являются открытыми. Однако первой классической идеализацией были модели замкнутых и изолированных систем. Достаточно малое время любую систему действительно можно с заданной точностью считать замкнутой, и это оправдано, если длительность такого времени будет больше, чем время нашего описания (или наблюдения) системы. Для такой замкнутой системы будут справедливыми законы сохранения (энергии, импульса, момента импульса и т.д.), радикально упрощающие описание простых систем. В замкнутой системе с большим числом частиц справедливо и второе начало термодинамики, согласно которому энтропия (мера хаоса) со временем возрастает (или остается постоянной) и, таким образом, хаос в замкнутой системе не может убывать, он может только возрастать, и порядок в конечном итоге должен исчезнуть. Следовательно, замкнутая система не может увеличить свой порядок. Замкнутая Вселенная непременно должна стремиться к хаосу – к тепловой смерти.

Существование жизни на Земле противоречит всему этому. Так, очевидно, что и живые организмы и человеческая цивилизация в целом, несмотря ни на что создают порядок внутри себя и окрест себя за счет увеличения общего беспорядка (энтропии) планеты. Сами же живые системы и человеческое общество являются системами открытыми, потребляющими и вещество и энергию, а энтропия их при этом может даже уменьшаться.

Именно открытость и позволяет таким системам эволюционировать от простого к сложному. Это означает, что иерархический уровень таких систем может развиваться и усложняться лишь в случае их обмена веществом, энергией и информацией с другими уровнями организации.

В неживой природе в ряде случаев также наблюдается упорядочение структур при диссипации, т.е. при преобразовании поступающей энергии в тепловую. Такие системы были неоднократно описаны в химическом эксперименте, а в физике это, например, описывает теория лазера. Наблюдения и теоретическое описание этих явлений также легли в основу синергетики.

3. Неустойчивость. В качестве модели этого явления обычно рассматривается перевернутый маятник, готовый упасть от малейшего, несущественного внешнего воздействия. В точке неустойчивости такие системы действительно полностью открыты и в силу этого являются чрезвычайно чувствительными приемниками воздействия других систем и способными воспринимать такую информацию, которая ранее была недоступна им.

Состояния неустойчивости называются точками бифуркации (по числу возможных альтернатив). Их наличие обуславливает возможность рождения нового качества системы и характеризует рубеж между её старым и новым состоянием. Это аналогично тому, как высшая точка перевала отделяет одну долину от другой.

Кроме того, значимость точки бифуркации состоит и в том, что только в ней можно несиловым (информационным, по сути) путем (то есть, сколь угодно слабым воздействием) повлиять на выбор поведения системы (то есть, на её "судьбу"). Очевидно, что существуют системы, которые содержат множество таких неустойчивых точек. Классический пример этого – развитие турбулентности, когда в системе наступает хаос. Синергетика в наше время располагает средствами описания и таких, казалось бы, совершенно безнадежных ситуаций.

На протяжении жизни человек так же проходит через бесчисленное количество точек бифуркаций, когда делается им осознанный (или неосознанный) выбор на отрезках времени равных жизни, году, часу, минутам и так далее.

4. Динамическая иерархичность. Это набор приемов и методов описывающих механизм прохождения системой точек бифуркации, её становления и гибели иерархических уровней. Этот принцип описывает возникновение нового качества системы на одном (горизонтальном) уровне, когда медленное изменение (во времени, например) управляющих ею параметров мегауровня приводит к бифуркации, то есть неустойчивости системы на макроуровне и перестройки её структуры. Например, превращение воды: пар – жидкость – лед, происходит при строго определенных температурах фазовых переходов, то есть температурах бифуркаций. На уровне качественного описания взаимодействия мега- и макроуровней таких систем в настоящее время уже представляется привычным для наблюдателя - экспериментатора. Существенно сложнее это проследить на языке трех уровней: мега-, макро- и микро-, где необходимо описать более сложный процесс – исчезновения и последующего рождения в точке бифуркации качественно другого макроуровня. Действительно, в такой модели в точке бифуркации коллективные переменные (то есть параметры макроуровня), возвращают свои степени свободы в хаос микроуровня, растворяясь в нем. И только затем, в процессе взаимодействия мега- и макроуровней будут рождаться параметры нового порядка уже обновленного макроуровня. Сказанное можно представить следующим соотношением: "управляющие сверхмедленные параметры мегауровня" + "короткоживущие переменные микроуровня" = "структурообразующие, долгоживущие параметры порядка вновь образующегося мезоуровня". Отсюда следует результат, что турбулентность (например, вихри быстро текущей жидкости) не есть увеличение беспорядка, а напротив, это рождение коллективных макродвижений, это рождение макростепеней свободы из хаотического (броуновского) движения микроуровневой жидкости. То есть, это по существу рождение нового порядка, а беспорядок, который мы ощущаем как увеличение сложности и непредсказуемости движения потока жидкости, наблюдается нами лишь с позиции нашего макроуровня.

5. Наблюдаемость. Именно этот принцип подчеркивает ограниченность и относительность наших субъективных представлений о системе в нашем конечном эксперименте. Этот принцип есть отражение нашей относительности к средствам наблюдения. В свое время он заявил свои права в теории относительности и квантовой механике. Известно, что в теории относительности для каждого движущегося наблюдателя характерны свои метры и секунды. В квантовой же механике, как известно, мы, измеряя один параметр, всегда остаемся в неведении относительно многих других (принцип дополненности Бора).

В результате всего этого следует понимать, что все то, что было хаосом с позиции макроуровня, превращается в строго структурированную систему при переходе к масштабам микроуровня. То есть, сами понятия порядка и хаоса, бытия и становления, являются относительными по отношению к масштабам нашего окна наблюдений. И, таким образом, целостное описание всей нашей иерархической системы складывается из наших наблюдений её на разных иерархических уровнях.

На этом этапе нам впору коснуться и проблемы условности разбиения наблюдаемой реальности на упоминавшихся выше этапах "бытия" и "становления". Это, прежде всего, будет касаться тех систем, для которых характерно длительное хаотическое и неустойчивое состояние, а не кратковременное аномальное поведение (это турбулентность, климатические модели, устойчивость плазмы и др.). Очевидно, что в таких системах будет иметь место перекрывание различных иерархических уровней (см. выше) в одном наблюдаемом нами масштабе времени. На уровне "бытия" это реализуется так называемым "странным аттрактором", то есть аттрактором с хаотической компонентой. Этим то и различаются хаос "бытия" и хаос "становления".

В качестве интереснейшего примера хаоса бытия является и разнообразие форм жизни на Земле, которое собственно и характеризует устойчивость биосферы. Это объясняет, например, и наличие хаотичности ритма сердца в норме, а также хаотичности функционирования здоровых почек, печени и других органов в основном (ненагруженном) состоянии. Все это является, как известно, признаком хорошей адаптивности биологических систем и может при определенных условиях рассматриваться в качестве "меры функционального здоровья" органа. Очевидно, что для таких систем вполне применимы представления о модели: "бытие в становлении".

Таким образом, человечество вступает в век "междисциплинарных" исследований и важнейшей проблемой сейчас является проблема преодоления "дисциплинарного" типа мышления. Это обусловлено тем, что междисциплинарная методология противоречит существующей сейчас "цеховой" этике узких специалистов, так как мешает им и отвлекает их от решения, конечно же, важных и конкретных научных задач. При этом дисциплинарно организованное мышление осознано (или бессознательно) формирует охранительный корпоративный рефлекс, вполне обосновано обвиняя носителей междисциплинарной методологии в дилетантизме, излишних претензиях, а также подозревая их в том, что они намерены внедриться и потеснить цеховую иерархию. Словом, в глазах "цеховиков" представители междисциплинарной методологии, бесспорно, являются коробейниками или миссионерами, странствующими среди оседлого населения, при этом существенно усложняя их быт и мешая их плодотворной деятельности.

Изложенные нами основные положения синергетики будут максимально полно учтены в процессе выполнения запланированного комплексного исследования, нацеленного на создание высокоэффективного, малоинвазивного, комбинированного метода лечения и предотвращения различных форм мочекаменной болезни и ее рецидивов. В развитие исследований в области клинической урологии и нефрологии будет также разработан на порядок более точный, чем проба Реберга и на порядок более простой, чем скинтиграфия, метод определения функционального резерва почек. По нашему замыслу этот метод будет особенно эффективным при количественном и достоверном определении степени поражения функции органа на ранних этапах его заболевания.

Кроме того, на примере практического решения перечисленных выше двух прикладных урологических задач, наша программа исследований предполагает также последовательную и закономерную экспериментальную отработку и глубокое теоретическое обоснование приемов и методов, способствующих переходу современной медицины от "науки не точной" к науке количественной и достоверной. Следует признать, что это стремление было характерно для медицины еще с момента её формирования как науки. Однако лишь в последние десятилетия, по-видимому, появляются по-настоящему точные методы диагностирования, эффективного лечения и достоверного прогноза.

В развитых странах поддержание устойчивого состояния здоровья людей, как известно, достигается путем официально разрешенных методов профилактики и диагностики заболеваний, а также лечения и реабилитации больных в соответствии с номенклатурой болезней в рамках очередного круга лечебных мероприятий и процедур, а также утвержденных стандартов. Рецептурный подход, работа в рамках стандартов в такой предельно зарегулированной и формализованной системе, препятствует системному подходу к здоровью и болезням и негативно сказывается на совершенствовании адекватной цепи: диагноз – лечение – прогноз. Все это есть результат экстенсивного развития классической медицинской науки и практики, в основе которых заложен принцип максимальной детализации изучаемых явлений, процессов и структур с неизбежной и пропорциональной этому потерей точности и достоверности их описания.

Это особенно ярко выражено в специальной медицинской литературе, посвященной этиологии и патогенезу различных заболеваний, где повсеместно приводятся многостраничные перечни факторов риска. Аналогично и в случае обсуждения проблем про- и метафилактики болезней, где обычно даются многочисленные рекомендации по фито-,

дието-, бальнео- и медикаментозной противорецидивной терапии, а также множество схем метафилактического лечения.

И все это на фоне 2-4-х обязательных (статистически усредненных по популяциям) хронических болезней у людей старше 50 лет, а также многих текущих заболеваний из числа 25 тыс. известных, которые с возрастом непременно сливаются в единую болезнь – старость.

Опыт развитых стран убедительно показал, что базирующиеся на этом принципе национальные здравоохранения лишь ценой огромных усилий и колоссальных финансовых вложений способны поднять и поддерживать среднюю продолжительность жизни своих граждан вблизи "видового, генетически обусловленного уровня", характерного для вида *Homo sapiens*. И это при условии, что общий вклад медицины будет составлять только 10%, а остальные 90% необходимых для этого усилий обеспечат: подъём национальной культуры, бытовых условий, комплекс социальных мер, предпринятый властями и др.

Поэтому в качестве альтернативы классическому медицинскому подходу получения и обсуждения экспериментальных данных, а также выдачи практических рекомендаций, нами предлагается новая концепция – "количественная медицина", в основу которой нами положены базовые положения биологии, физической химии, физики и математики, составляющие костяк современных представлений об особенностях организации и функционировании живых систем. При этом живые системы нами будут рассматриваться как суперпозиция трех иерархических уровней организации вещества: а) физического, б) химического, в) биологического. Последний уровень, в свою очередь является теснейшим переплетением молекулярных, клеточных, тканевых, органных и организменных структур. Следовательно, их свойства мы будем рассматривать как континуальные, так и дискретные, а процессы изучать как в стохастическом, так и в детерминистическом режиме. Кроме того, мы будем учитывать, что живые системы являются также открытыми, диссипативными, пространственно-временными структурами с массо- и энергопереносом.

Список литературы

1. *Эйген М.* Самоорганизация материи и эволюция биологических макромолекул. – М.: Мир, 1973. – 216 с.
2. *Хакен Г.* Информация и самоорганизация. Макроскопический подход к сложным явлениям. – М.: Мир, 1991. – 240 с.
3. *Курдюмов С. П., Князева Е. Н.* Законы эволюции и самоорганизации сложных систем. – М.: Наука, 1994. – 236 с.
4. *Аршинов В. И., Буданов В. Г.* Синергетика: эволюционный аспект // Самоорганизация и наука. – М., 1994. – С. 229-243.
5. *Гленсдорф П., Пригожин И.* Термодинамическая теория структуры, устойчивости и флуктуаций. – М.: Мир, 1973. – 280 с.
6. *Пригожин И., Стенгерс И.* Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой: Пер. с англ. / Общ. ред. В. И. Аршинова, Ю. Л. Климонтовича и Ю. В. Сачкова. – М.: Прогресс, 1986. – 432 с.

Білобров В. М., Богдан Н. М., Хомутова К. В. Синергетика і її можливі додатки до проблем біології і медицини. – Розглянуто основні положення синергетики, які можуть бути використані при створенні високоефективного, малоінвазивного, комбінованого методу лікування і запобігання різних форм сечокам'яної хвороби та її рецидивів.

Ключові слова: синергетика, сечокам'яна хвороба.

Bilobrov V. M., Bogdan N. M., Khomutova K. V. Synergetics and its possible appendixes to the problems of biology and medicine. – The basic aspects of synergetic were examined, they could be used for formation to high-efficiency, combined method of treatment and prevention of different forms of urolithiasis and its relapses.

Key words: synergetics, urolithiasis.

О. І. Доценко, Д. В. Пронько
МЕХАНОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ У ВОДНИХ РОЗЧИНАХ АЛЬБУМІНУ
Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46
e-mail: dots_don@ukr.net

Доценко О. І., Пронько Д. В. Механохімічні процеси у водних розчинах альбуміну. – Досліджено вплив низькочастотної вібрації в інтервалі частот 8-32 Гц (інтенсивність вібрації 78-98 Дб) на водневі розчини альбуміну. Показано, що змінення інтенсивності спектрів поглинання розчинів в УФ-області, зниження вмісту відновлених SH-груп та вільних аміногруп, збільшення вмісту карбонільних груп у складі білка свідчить про окислювальну модифікацію альбуміну під дією низькочастотної вібрації. Обговорюється можливий механізм дії низькочастотної вібрації на водневі розчини біополімерів.

Ключові слова: альбумін, окислювальна модифікація білків, низькочастотна вібрація.

Вступ

Вода є складною динамічною системою, що має кооперативні властивості. Така система здатна до внутрішньої самоорганізації й зарядової адаптації до зовнішніх умов [1, 2].

Велика кількість експериментальних даних вказує на наявність особливостей структурної динамічної організації молекул води із набагато більшою тривалістю існування структур порівняльно з класичними оцінками. У роботі [3] методом ЯМР-релаксації досліджена кінетика розчинення й виведення кисню в різних водяних розчинах. Показано, що коли концентрація O₂ вище деякого критичного значення навіть за кімнатної температури система закономірно випробовує своєрідний "фазовий перехід", у результаті чого вода розширюється на "зв'язану" і "вільну" фази.

Факт, що у водних системах, які містять кисень та інші біологічно значущі домішки в концентраціях, близьких до фізіологічних, температури структурних перебудов знаходяться у вузькому діапазоні 35-42°C, заслуговує на особливу увагу. Найбільш імовірна інтерпретація цього явища полягає в тому, що зі збільшенням концентрації розчиненого кисню у воді виникає фаза менш рухливої води (поліморфний лід), енергетичні характеристики якої дещо перевищують тепловий шум. У статті [4] уперше теоретично чітко показана можливість спільного існування твердої й рідкої фаз води за кімнатних температур. Автори показали, що в межах підходів нерівноважної молекулярної динаміки (NEMD) у рідкій воді може паралельно співіснувати різноманіття фаз льоду. На відміну від звичайної води стійка кристалічна фаза під тиском 1 бар це не гексагональний лід I, а більш щільна нова фаза льоду із точкою плавлення близько 295 К.

У розчинах білків, стан і властивості води можуть суттєво змінюватися в поверхневих шарах і в обмежених об'ємах, розміри яких близькі до ефективного діаметра молекули, коли переважають короткодійні сили відштовхування. До того ж тетраедричні структури водневих зв'язків викривлюються, молекули намагаються розташуватися паралельно поверхні (обмежувальній площині), з'являється орієнтаційна впорядкованість з утворенням багатошарових структур [5]. Вважають, що поблизу гідрофобної поверхні структура граничних шарів води наближається до структури льоду, тоді як поблизу гідрофільної поверхні вона аналогічна структурі вільної ("об'ємної") води [6]. Така система може бути чутливою до дії зовнішніх факторів, в тому числі і до дії механічних коливань.

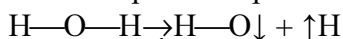
Відомо [1], що зв'язана фаза води має на межі розподілу провідні шари. Вони через свою близькість один до одного забезпечують умови для магнітної взаємодії між вільними електронами. Це приводить до термодинамічно обумовленого спарювання електронів і утворення їх просторово неоднорідного розподілу. В результаті у провідних шарах рідини виникають електромагнітні вихри, що несуть на собі квант магнітного потоку Φ . Сформовані в рідині електромагнітні вихри здатні неконтактно переносити пакети електронів з одного середовища в інше, при цьому в середовищі надходження електронів здійснюється їхнє концентрування, у результаті якого змінюються його електричні властивості й відбувається утворення активних форм кисню [1].

Класичні уявлення про генерацію активних форм кисню у воді й водяних розчинах не повністю описують механізм їх виникнення, бо не враховуються зміни енергетичного стану системи, що впливає на процеси формування вільно-радикальних реакцій у воді. Джерелом додаткової енергії для формування активних форм кисню є зв'язані стани води, які в нерівноважній системі можуть накопичувати у своїй структурі додаткову енергію (структурну, коливальну й електростатичну) із зовнішнього середовища з утворенням зв'язаних іон-радикальних станів.

Отже, акваасоціати є своєрідними резервуарами запасеної енергії [1, 2]. Основна частка розчиненого у воді кисню, що має позитивну спорідненість до електрона, перебуває у зв'язаних асоціатах негативної полярності. Будь-яка зміна енергетичного стану водного середовища, особливо електромагнітної складової низької інтенсивності, призводить до виникнення фазових переходів у структурі асоціатів і динамічних змін у їхньому стані. Динамічні зміни в стані асоціату, у свою чергу, викликають спонтанну появу у водній системі вільних радикалів, які зумовлені переносом електронів.

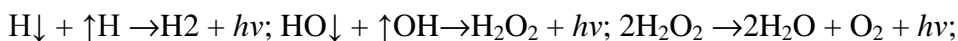
Таким чином, при поглинанні енергії низької щільності (звук, механічні види енергії і т.п.) у водних системах спостерігається розкладання молекул води [3, 4], що, як вважалося раніше, відбувається лише при поглинанні водою УФ-квантів. Але оскільки частина рідкої води має квазіполімерну структуру [7], вода здатна трансформувати енергію подібним чином (полімери, як відомо, трансформують частину поглиненої енергії низької щільності до рівнів, достатніх для розриву валентних зв'язків).

Під час розкладання води утворюються вільні радикали (тут стрілки \downarrow і \uparrow позначають валентні електрони із протилежними спинами):



Така пара радикалів з високою ймовірністю рекомбінує назад до H_2O .

Якщо ж розрив молекул води протікає в магнітному полі або на фоні змінних магнітних полів, то за рахунок ефекту електронного парамагнітного резонансу можлива реверсія спина одного з партнерів. Тоді їх рекомбінації вже не відбувається, і в системі починають протікати нові реакції, утворюються нові продукти, звільняються порції енергії електронного збудження:



Окисні реакції за участю O_2 і вільних радикалів мають характер ланцюгових з виродженими розгалуженнями [8]. Після ініціації адекватним імпульсом навіть дуже низької інтенсивності вони можуть розвиватися лавиноподібно. Такі процеси можуть супроводжуватися істотними, довгостроковими змінами водних систем.

Таким чином, у водних розчинах біополімерів, насичених киснем, водний компонент є первинною мішенню до дії слабких чинників, у тому числі і механічних коливань. Деякі докази на користь цього припущення вже отримані в роботах [10, 11].

Мета цієї роботи складалася в дослідженні впливу низькочастотної вібрації на водневі розчини альбуміну та перевірки гіпотези про можливу окислювальну модифікацію білка.

Матеріали та методи дослідження

Розчини альбуміну з концентрацією 1 г/дл у фізіологічному або буферному розчині (0,015 М Na-фосфатний буфер, рН 7,4, що містив 0,15 М NaCl) піддавали впливу низькочастотної вібрації протягом 3-х годин із частотами 8, 16, 24 і 32 Гц (інтенсивність впливу 78-98 Дб). Вібрацію проводили за допомогою вібростенда, розробленого на кафедрі біофізики ДонНУ, який складався з генератора низькочастотних сигналів синусоїдальної форми, підсилювача й вібратора, що здійснював коливання, у вертикальній площині із заданою частотою та амплітудою.

Стаканчик з експериментальним розчином вертикально закріплювали на рухливій частині вібратора (у цьому випадку механічні коливання передаються в експериментальний розчин з незначними втратами потужності).

У динаміці експерименту реєстрували: спектри поглинання білка в ультрафіолетовій області, кількість відновлених сульфгідрильних груп колориметричним методом за допомогою класичної реакції Елмана, приріст карбонільних груп та ступінь фрагментації окисленого білка в розчині [12]. Кількість аміногруп, здатних до дисоціації у лужній області, константи їхньої дисоціації визначали методами потенціометричного титрування та математичного моделювання.

Інтенсивність окислювальної модифікації альбуміну визначали за методом [13], принцип якого ґрунтується на реакції взаємодії окислених амінокислотних залишків з 2,4-динітрофенілгідразином із утворенням альдегід- і кетондинітрофенілгідразонів нейтрального та основного характеру. Оптичну густину розчинів динітрофенілгідразонів (ДНФгідразонів) реєстрували спектрофотометрично на довжинах хвиль 356, 370, 430 та 530 нм [14].

Потенціометричне титрування розчинів альбуміну до та після впливу вібрації проводили 0,01 М NaOH. Перед кожним титруванням розчину білка титрували фізіологічний розчин за об'ємом однаковий експериментальному розчину білка й отримані результати враховували під час обробки даних та побудові кривих зв'язування OH-груп. Дані потенціометричного титрування використовували для розрахунку кількості груп, що дисоціюють та констант їхньої дисоціації.

Математичну модель будували на основі рівнянь матеріального балансу за OH-групами та закону діючих мас. Для i точок кривої титрування, що відрізнялися концентрацією введеного луґу, мали:

$$L_{\text{заг.ОН}^-} = L_i + \sum_{j=1}^m \left(\frac{N_{j1} \cdot L_i \cdot K_j}{K_w + K_j L_i} + \frac{N_{j2} \cdot L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}}{K_w + L_i^{n_{j2}} \cdot K_j^{n_{j2}}} \right)$$

де $L_{\text{заг.ОН}^-}$ концентрація введеного луґу, віднесена до кількості альбуміну в г/л, L_i – вільна (незв'язана) концентрація OH-груп, віднесена до кількості білка в г/л, i – номер експериментальної точки, m – кількість типів дисоціюючих груп, N_{j1} – кількість молей груп типу j , що дисоціюють некооперативно, з розрахунку на 1 г білка, K_j^{j2} – константа некооперативної дисоціації центрів типу j ; N_{j2} – кількість молей груп типу j , що дисоціюють кооперативно, з розрахунку на 1 г білка, $K_j^{n_{j2}}$ – константа кооперативної дисоціації центрів типу j ; n_{j2} – кількість груп типу j , що дисоціюють кооперативно.

Наявність математичної моделі дозволяє побудувати процедуру зіставлення експериментальних даних, якими є вільні концентрації луґу ($L_i^{\text{ексн}} = 10^{pH-14}$) у кожній точці кривої титрування, та апіорних уявлень про схему протікання процесу дисоціації.

На початковому етапі моделювання константи дисоціації K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j задавали в якості орієнтовних величин ("нульова гіпотеза"). Для кожної точки розраховували величину теоретичного значення вільної концентрації луґу ($L_i^{\text{теор}}$), після чого визначали у кожній точці різницю ($L_i^{\text{теор}} - L_i^{\text{ексн}}$) і мінімізували функціонал $F = \sum_j (L_i^{\text{теор}} - L_i^{\text{ексн}})^2$ за всіма експериментальними точками i . У ході пошукової оптимізації визначали такий набір K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j , при якому F досягає свого мінімуму.

Результати та обговорення

УФ-спектри розчинів білків зумовлені здатністю ароматичних амінокислот (триптофану, тирозину та у меншому ступені фенілаланіну) поглинати світло у даній області спектра. Тому змінення будови чи складу цих залишків за рахунок окислення або їхнього оточення будуть мати відображення на спектрах поглинання.

Аналіз спектрів поглинання розчинів альбуміну, що піддавалися вібрації з частотами 8, 16, 24 і 32 Гц порівняно зі спектрами поглинання розчинів нативного білка (що не піддавався впливу вібрації) показав, що молекула альбуміну у розчині чутлива до впливу даного фактора. До того ж на дію вібрації різних частот розчин білка реагує із різним ступенем інтенсивності. Виявлено також залежність ступеня виразності відповіді від тривалості дії цього фактора. На рис. 1 показані зміни у спектрах поглинання для досліджуваних розчинів.

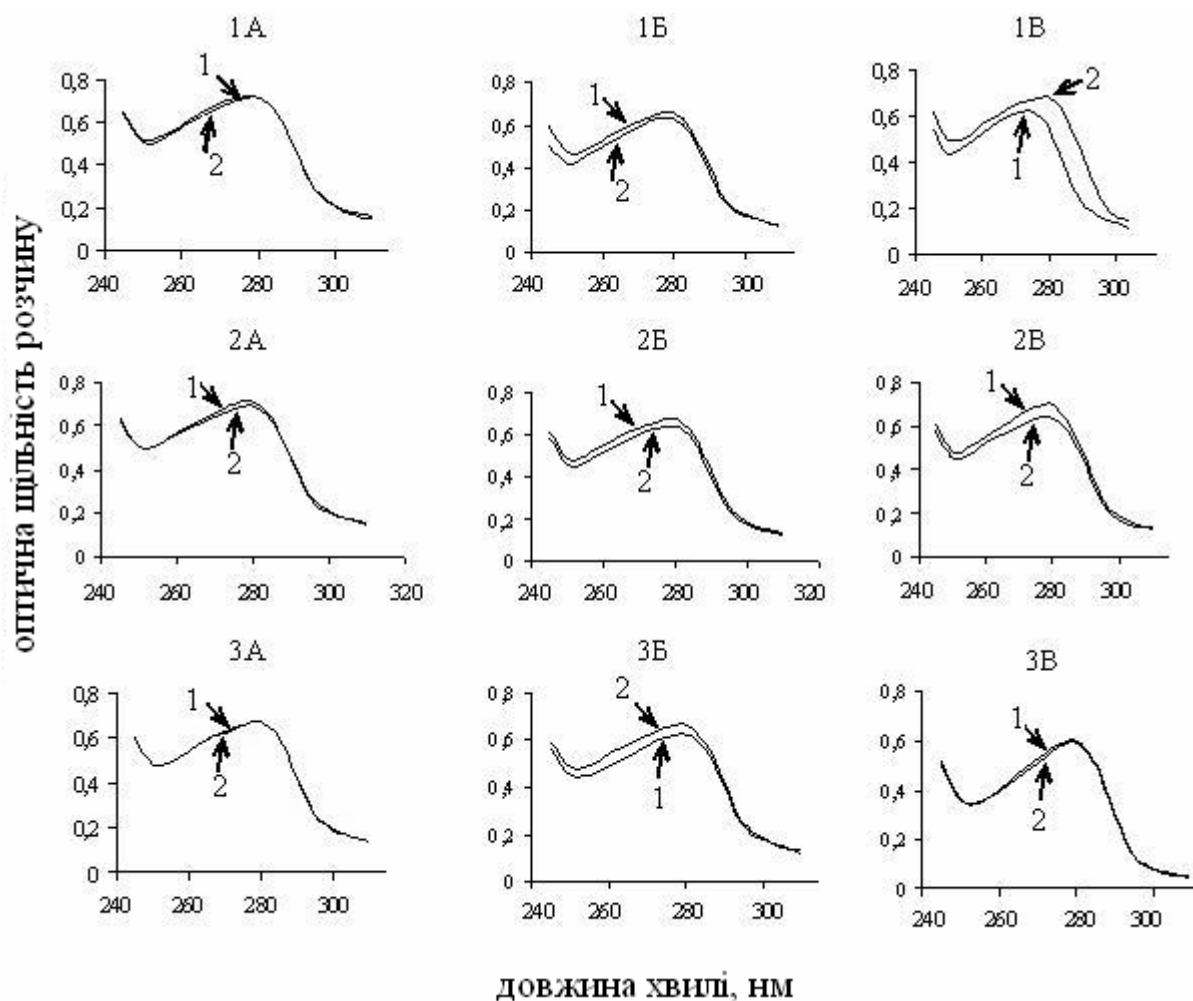


Рис. 1. Спектри поглинання розчинів альбуміну до та після дії вібрації. Параметри вібрації: 1 – частота 16 Гц (89 Дб), 2 – 24 Гц (94 Дб), 3 – 32 Гц (98 Дб). А, Б, В – одна, дві, три години впливу вібрації відповідно. Підписи біля стрілок: 1 – поглинання розчину альбуміну після дії вібрації, 2 – контрольний розчин, що не піддавався вібрації

Вібрація з частотою 8 Гц не призводила до змінювання спектрів поглинання розчинів у ході вібрації, тому ми не наводимо спектри поглинання. Вібрація з частотою 16 Гц поступово приводила до збільшення інтенсивності спектрів поглинання, а після 3-х годин впливу ми реєстрували як падіння інтенсивності поглинання розчину, так і невеликий зсув максимуму спектра у короткохвильову область. Відомо [15, 16], що при окисній модифікації амінокислотні залишки триптофану (Trp) і тирозину (Tyr) утворюють гідроксил-радикали, у той час як фенілаланін (Phe) – тирозил-радикал. Збільшення вмісту тирозину в молекулі

альбуміну і викликає збільшення інтенсивності спектра поглинання. Цей приріст незначний, тому що доступних для окислювача амінокислотних залишків Phe у молекулі альбуміну тільки чотири: Phe149, Phe206, Phe223 і Phe507. Радикали тирозину (Tyr·), що утворюються при окисненні Tyr і Phe, можуть взаємодіяти між собою з утворенням у молекулі білка внутрішніх й міжмолекулярних зв'язок. Цей процес призводить до екранування залишків ароматичних кислот, поглинаючих в УФ-області спектра й до падіння інтенсивності спектрів поглинання. Вібрація розчинів із частотою 24 Гц викликає менший приріст інтенсивності спектрів поглинання (рис. 1, 2Б, 2В). Під час вібрації розчинів з частотою 32 Гц, падіння інтенсивності поглинання спостерігали уже після 2-х годинного впливу, але після 3-х годин вібрації спектри поглинання майже співпадали з контролем (рис. 1, 3Б). Відомо, що залишки Trp, Tyr та Phe можуть зазнавати зворотне окислення/відновлення і при цьому генерувати активні форми кисню (АФК) [16]. Можливо і у нашому випадку також мають місце подібні процеси.

Змінення вмісту вільних SH-груп, що реєстрували у динаміці експерименту відображено на рис. 2, де показано, що під впливом вібрації на всіх частотах відбувається достовірне зниження кількості доступних SH-груп у молекулі альбуміну. Найбільш низькі показники зареєстровані після 3-х годин низькочастотного впливу. Максимальне зниження вільних тіолів спостерігалося за умов впливу вібрації з частотами 16 та 24 Гц.

Альбумін має одну відновлену сульфгідрильну групу, здатну приймати участь у тіол-дисульфідному обміні та реагувати з вільними радикалами. Зменшення кількості SH-груп у ході експерименту звичайно може свідчити про їх можливе окиснення. Але не можна не враховувати й той факт, що SH-група в молекулі альбуміну досить добре екранована, а додаткове утворення внутрішньо- та міжмолекулярних зв'язок між тирозин-радикалами та карбонільними групами, що також утворюються в наслідок окисної модифікації, і аміногрупами не сприяє проникненню реагенту (реактиву Елмана) до SH-груп. Але не зважаючи на те, що ми не можемо точно ідентифікувати процес, отримані дані свідчать про окисну модифікацію альбуміну у розчині.

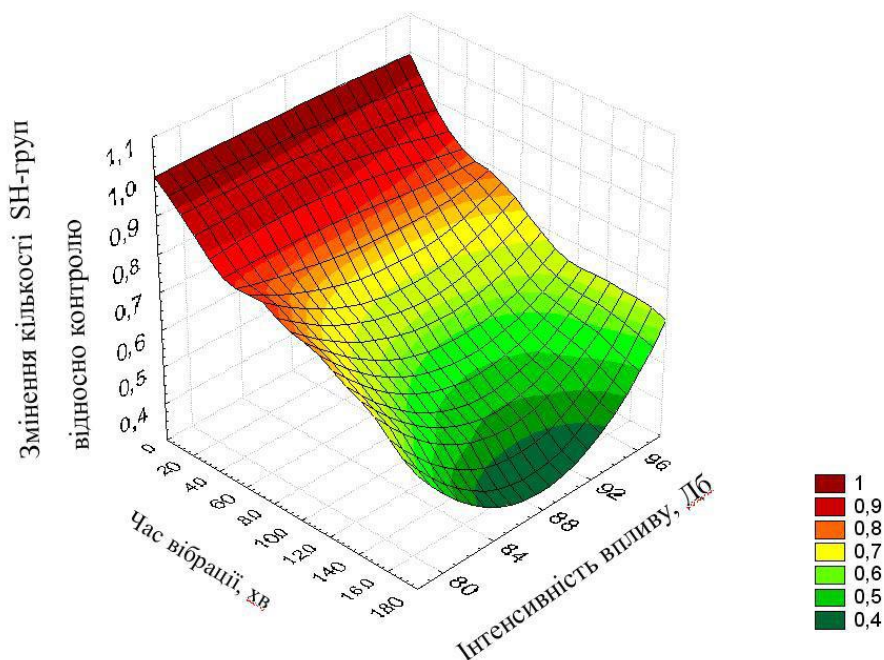


Рис. 2. Вміст SH-груп для розчинів альбуміну відносно контролю (без вібрації) залежно від двох факторів – інтенсивності та часу вібрації

Особливо цікавим є окислення амінокислотних залишків з наступним утворенням карбонільних груп. Відомо, що окислення залишків лізину та аргініну буде приводити до утворення альдегідних похідних лужного характеру, тоді як при окисненні гістидину виникають кето-похідні [16]. Через це далі в роботі аналізували характер змінювання карбонільних груп у складі альбуміну до та після впливу вібрації. На рис. 3. наведено змінення вмісту альдегідних похідних у складі білка відносно контролю (реєстрація оптичної щільності розчинів 2,4-ДНФгідразонів при довжинах хвиль 356 та 370 нм). Визначено, що вібрація зі всіма досліджуваними параметрами приводила до утворення карбонільних груп. При вібрації з частотою 8 Гц спостерігався коливальний характер змінювання карбонілів, що можливо можна пояснити взаємодією цих груп з вільними аміногрупами з утворенням внутрішньо молекулярних зшивок. Самий високий рівень утворення альдегідних похідних спостерігався при вібрації з частотами 24 і 32 Гц. Характер змінювання вмісту карбонільних груп у цьому випадку також був немонотонний, але через три години впливу вібрації вміст карбонілів у 1,5-1,8 раз перевищував початковий рівень (вміст карбонільних груп у середньому змінювався від $1,2 \pm 0,05$ до $2,08 \pm 0,12$ нмоль/мг альбуміну). На рис. 4 показано характер змінювання кето-похідних у складі альбуміну в ході вібрації. Рівень утворення кето-похідних у молекулі альбуміну при вібрації з частотами 8 і 16 Гц незначний, на порядок нижчий за рівень альдегідних похідних. Але при вібрації розчинів із частотами 24 і 32 Гц ми реєстрували зростання поглинання ДНФгідразонів на довжині хвилі 430 нм після години впливу вібрації. Вміст кето-похідних через три години впливу вібрації у цьому випадку в 1,3-1,4 рази перевищував контрольний рівень.

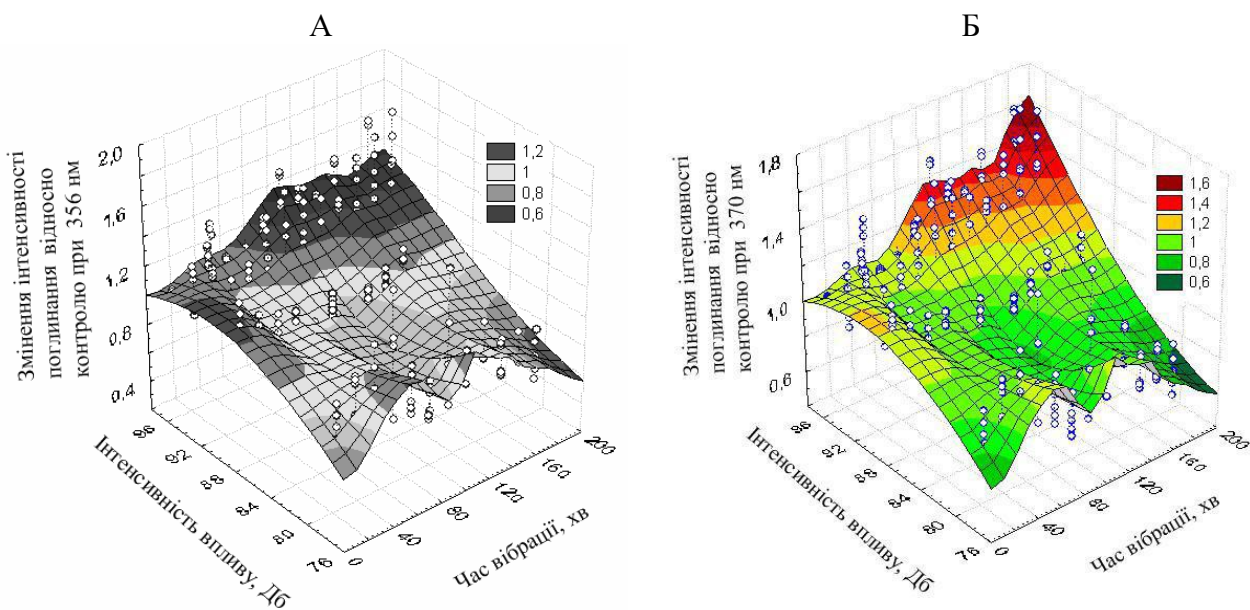


Рис. 3. Змінення інтенсивності поглинання розчинів динітрофенілгідразонів відносно контролю при 356 (А) та 370 (Б) нм залежно від двох факторів – інтенсивності та часу вібрації

Проведений нами аналіз надосадової рідини на наявність малих та середніх пептидів не виявив факту фрагментації молекул альбуміну під впливом низькочастотної вібрації.

На рис. 5 показано криві зв'язування ОН-груп у процесі титрування розчинів альбуміну до та після вібрації з частотами 8, 16, 24 та 32 Гц. Після однієї години впливу спостерігається зниження кількості дисоціюючих у лужній області аміногруп у розчинах альбуміну при вібрації з частотами 16, 24, 32 Гц. Після двох годин експерименту всі криві розташовуються нижче контролю, такий само характер мають криві титрування після трьохгодинного впливу. Це означає, що вібрація на всіх досліджуваних частотах викликає окиснення аміногруп альбуміну.

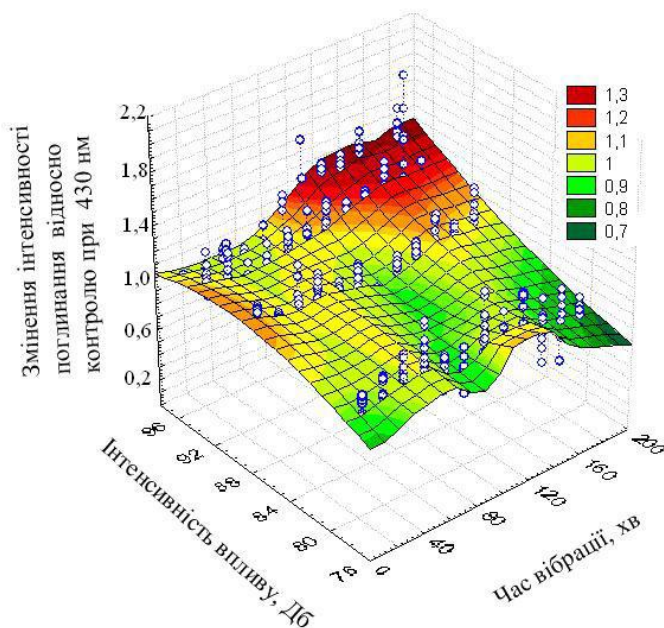


Рис. 4. Приріст оптичної густини динітрофенілгідразонів на довжині хвилі 430 нм після вібрації розчинів з частотою 1 – 8 Гц, 2 – 16 Гц, 3 – 24 Гц, 4 – 32 Гц

Дані потенціометричного титрування використовували для математичного моделювання. Відомо, що в лужній області будуть дисоціювати тільки залишки аргініну (Arg, рКа 12,48) та лізіну (Lys, рКа 10,54). Тому для розрахунків користувалися моделлю з двома типами дисоціюючих груп. Оскільки в процесі моделювання концентрації груп, що дисоціюють, та константи дисоціації є розрахунковими величинами, то за величинами отриманих констант дисоціації, які практично співпали з літературними даними, було зроблено ідентифікацію амінокислотних залишків. Результати розрахунків із використанням запропонованої моделі представлено в табл. 1. У ній наведено розраховані за моделлю рКа для амінокислотних залишків та змінення концентрації аміногруп відносно контрольного розчину, що не піддавався впливу вібрації.

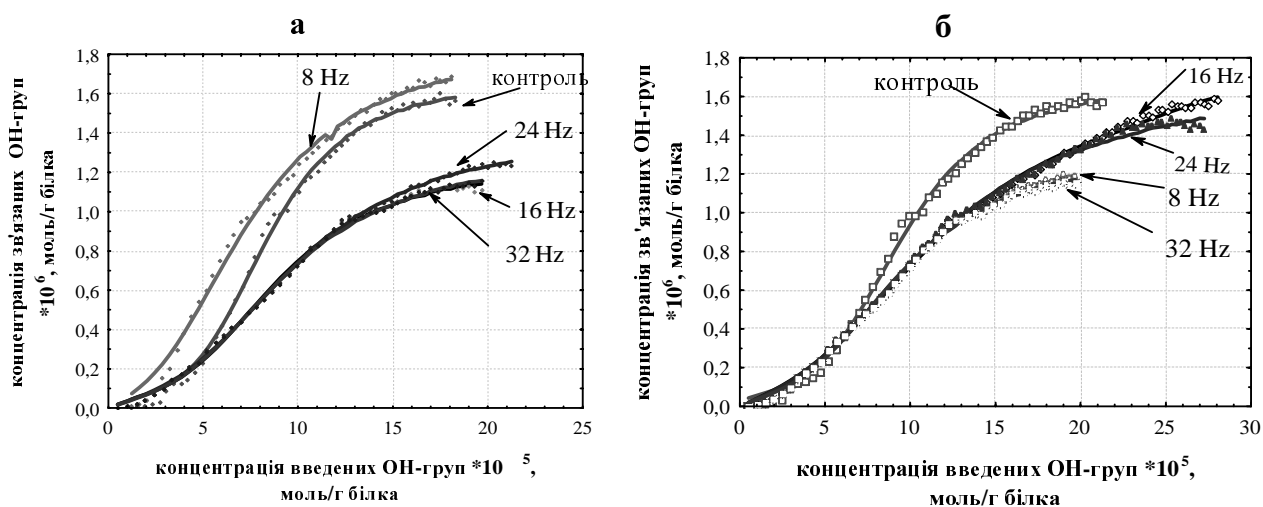


Рис. 5. Криві зв'язування ОН-груп у процесі титрування розчинів альбуміну лужним розчином після однієї (а) та двох (б) годин вібрації. Точками зображено експериментальні дані, суцільні лінії – розраховані криві зв'язування за допомогою моделювання

Змінення концентрації залишків аргініну та лізину в процесі вібрації відносно контролю

Частота вібрації, Гц	Час вібрації, хв	pKa	
		9,95±0,045 (Lys)	11,81±0,01
8	60	1,112	0,923
	120	0,809	0,915
	180	1,416	0,903
16	60	0,737	0,903
	120	1,082	0,899
	180	0,813	0,917
24	60	0,837	0,893
	120	0,967	0,920
	180	0,835	0,928
32	60	0,769	0,919
	120	0,783	0,912
	180	0,823	0,915

З отриманих даних видно, що амінокислотні залишки Lys більше піддаються окисленню в процесі вібрації, ступінь їхньої модифікації суттєво залежить від інтенсивності вібраційного впливу.

Висновки

1. Показано, що низькочастотна вібрація в інтервалі частот 8-32 Гц (інтенсивність вібрації 78-98 Дб) водневих розчинів альбуміну викликає змінення інтенсивності спектрів поглинання в УФ-області, зниження вмісту відновлених SH-груп та вільних аміногруп, збільшення вмісту карбонільних груп у складі білка, що свідчить про окислювальну модифікацію альбуміну під дією цього фактору.

2. Доведено, що окисну модифікацію зазнають бокові амінокислотні залишки молекули альбуміну, такі як тирозин, триптофан, фенілаланін, аргінін, лізин. Показано, що наслідком дії низькочастотної вібрації буде утворення в молекулі альбуміну внутрішньо та міжмолекулярних зшивок.

3. Наростання ефектів із часом дозволяє припустити накопичення пошкоджуючого фактора в розчині та обрати в якості робочої гіпотези для пояснення механізму дії низькочастотних механічних коливань на водневій розчині біополімерів гіпотезу існування механохімічних реакцій радикальної дисоціації води.

Список літератури

1. *Стехин А. А., Яковлева Г. В.* Структурированная вода. Нелинейные эффекты. – М.: ЛКИ, 2008. – 320 с.
2. *Рахманин Ю. А., Стехин А. А., Яковлева Г. В.* Структурно-энергетические изменения воды и ее биологическая активность // Гигиена и санитария. – 2007. – № 5. – С. 34-36.
3. *Andreyev Ye. A., Kovryzhenko O. M., Nikishina N. G.* Peculiarities of the Processes of proton subsystems ordering in oxygen water solution // Physics of the Alive. – 1993. – V. 1, № 1. – P. 93-103.
4. *Андреев Е. А.* О некоторых особенностях теплофизических свойств воды и её поведения в живых организмах // Біофізичний вісник. – 1999. – Вип. 3. – С. 112-117.
5. *Антонченко В. Я., Давыдов А. С., Ильин В. В.* Основы физики воды. – К.: Наук. думка, 1991. – 672 с.
6. *Ромоданова Е. О., Дюбко Т. С., Морозова Т. Ф., Тіманюк В. О.* Спектральні характеристики водних розчинів сироваткового альбуміну бика при низькоенергетичному

лазерному опроміюванні компонентів розчину // Укр. радіол. журн. – 2004. – № 12. – С. 58-63.

7. *Baez L. A., Clancy P.* Phase equilibria in extended simple point charge ice-water system // *J. Chem. Phys.* – 1995. – 103(22). – P. 9744-9755.

8. *Домрачев Г. А., Родыгин Ю. Л., Селивановский Д. А.* Роль звука и жидкой воды как динамически нестабильной полимерной системы в механохимически активированных процессах продуцирования кислорода в условиях Земли // *ЖФХ.* – 1992. – Т. 66, № 3. – С. 851-855.

9. *Воейков В. Л.* Вода с активным кислородом – вода жизни / Сборник "МИС-РТ". – 2005. – № 37. – С. 1-4.

10. *Акопян С. Н., Айрапетян С. Н.* Исследование удельной электропроводности воды при воздействии постоянного магнитного поля, электромагнитного поля и низкочастотных механических колебаний // *Биофизика.* – 2005. – Т. 50, вып. 2. – С. 265-270.

11. *Стыркас А. Д., Никушина Н. Г.* Механохимические процессы в воде // *Химия высоких энергий.* – 2007. – № 6. – С. 452-458.

12. *Николайчик В. В., Моин В. М. и др.* Способ определения средних молекул // *Лаб. дело.* – 1991. – № 10. – С. 13-18.

13. *Reznick A. Z., Cross C. E., Hu M. L., Suzuki Y. J., Khwaja S., Safadi A. et al.* Modification of plasma proteins by cigarette smoke as measured by protein carbonyl formation // *Biochem J.* – 1992. – V. 286. – P. 607-611.

14. *Дубинина Е. Е., Морозова М. Г. и др.* Окислительная модификация белков плазмы крови больных психическими расстройствами (депрессия, деперсонализация) // *Вопросы мед. химии.* – 2000. – № 4. – С. 398-409.

15. *Янковский О. Ю.* Токсичность кислорода и биологические системы (эволюционные, экологические и медико-биологические аспекты. – СПб., 2000. – 294 с.

16. *Луцак В. И.* Свободнорадикальное окисление белков и его связь с функциональным состоянием организма // *Биохимия.* – 2007. – Т. 42, № 4. – С. 398-409.

Доценко О. И., Пронько Д. В. Механохимические процессы в водных растворах альбумина. – Исследовано влияние низкочастотной вибрации в интервале частот 8-32 Гц (интенсивность вибрации 78-98 Дб) на водные растворы альбумина. Показано, что изменение интенсивности спектров поглощения в УФ-области, снижение содержания восстановленных SH-групп и свободных аминогрупп, увеличение содержания карбонильных групп в составе белка свидетельствует об окислительной модификации альбумина под действием низкочастотной вибрации. Обсуждается возможный механизм действия низкочастотной вибрации на водные растворы биополимеров.

Ключевые слова: альбумин, окислительная модификация белков, низкочастотная вибрация.

Dotsenko O. I., Pronko D. V. Mechanochemical processes at the aqueous solutions of albumin. – The influence of low-frequency vibration in the range of frequencies 8-32 Hz (vibration intensity of 78-98 dB) at the aqueous solutions of albumin was investigated. We showed, that the changes in the intensity of the absorption spectra in the UV region, reducing the content of reduced SH-groups and free amino group, increasing content of carbonyl groups of the protein indicate the oxidative modification of albumin by the action of low-frequency vibration. Discussed the possible mechanism of action of low-frequency vibration at the aqueous solutions of biopolymers.

Key words: albumin, oxidative modification of proteins, low-frequency vibration.

Ю. В. Ковеза, И. В. Нога, В. М. Шаталов
ИЗМЕНЕНИЕ КИСЛОТНОСТИ И ДЕГАЗАЦИЯ СРЕДЫ КАК ФАКТОРЫ,
ВЛИЯЮЩИЕ НА ГИДРОФОБНОЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ И АКТИВНОСТЬ
РАСТИТЕЛЬНОЙ КАТАЛАЗЫ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: barrogra@mail.ru

Ковеза Ю. В., Нога И. В., Шаталов В. М. Изменение кислотности и дегазация среды как факторы, влияющие на гидрофобное взаимодействие и активность растительной каталазы. – Путем измерения поверхностного натяжения в средах с различной кислотностью и дегазацией показано, что эти факторы могут влиять на функционирование белков через изменения гидрофобных сил. Поверхностное натяжение воды меняется: падает примерно на 10% при изменении рН от 7 до 2 или до 11 и возрастает на 5% при дегазации.

Ключевые слова: поверхностное натяжение, кислотность, дегазация, гидрофобное взаимодействие, каталаза, фитоиндикация.

Активность растительной каталазы часто рассматривается как показатель загрязнения среды, в которой развивается данное растение. Поэтому измерение активности каталазы является одним из приемов выявления загрязнений в методе фитоиндикации. Так, например, в работах [1, 2] авторы связывают изменение активности каталазы с различными условиями произрастания растений: наличием в почве солей тяжёлых металлов и т.д. При этом неясно, на что именно действуют компоненты загрязнения, меняют ли они структуру белка или условия его функционирования? Почему иногда активность каталазы бывает различной у разных экземпляров растений в пределах одного вида (даже выращенных на одном участке)?

В работах [3, 4], в которых исследовалось действие высокого давления на микроорганизмы, было показано, что изменение рН отражает изменение структурных свойств воды, необходимых для нормального функционирования белков [5]. Как известно, для любого фермента существует определенный температурный и кислотный оптимум, выход за пределы которого приводит к уменьшению наблюдаемой активности.

В работе [6] разброс значений активности каталазы в разных растениях объяснялся изменением гидрофобных сил в водной среде в процессе измерения, поскольку различные фрагменты растения могут обладать различной кислотностью, а центрифугирование перетертой смеси связано с неконтролируемой дегазацией. Растворенные газы обычно присутствуют даже в дистиллированной и деионизированной воде, что может давать различные эффекты [7]. Некоторые газы образуют неполярные кластеры в воде (например, O₂, N₂, Ar), тогда как другие – нет (например, CO₂). Первые, даже при низкой растворимости, могут накапливаться на гидрофобных поверхностях, формируя микропузырьки [8]. Такой растворенный газ влияет на стабилизацию эмульсии и диспергирование [7]. Они могут также быть ответственными за другие странные эффекты, типа образования свободных радикалов под действием электромагнитных полей.

Согласно существующим представлениям [9], при изменении кислотности среды меняется степень ионизации активного центра фермента. Однако концентрация протонов в актуальном интервале рН пренебрежимо мала по сравнению с обычными концентрациями каталазы в опытах по измерению активности, что ставит под сомнение идею о каком-либо электростатическом эффекте.

Чтобы выяснить, каким путем изменение рН может влиять на функционирование каталазы, было исследовано влияние кислотности среды на гидрофобные силы. В качестве меры последних, было выбрано поверхностное натяжение на границе раздела вода-воздух. Поверхностное натяжение растворов с разными рН определялось методом взвешивания капель. На рис. 1 представлены активность каталазы A и коэффициент поверхностного натяжения σ в зависимости от рН среды. Видно, что на интервале рН от 4 до 9 эти зависимости подобны. Как максимум гидрофобного взаимодействия, так и максимальная активность каталазы наблюдаются в нейтральной среде.

Поскольку другим фактором, влияющим на структурные свойства воды, может быть наличие в ней микропузырьков растворенного воздуха, нами также было исследовано влияние дегазации на поверхностное натяжение. Дегазация воды достигалась путем последовательных циклов нагрева и охлаждения воды. В каждом цикле дистиллированная вода (50 мл в стакане объемом 100 мл) нагревалась в течение 5 минут до 100°C, а затем быстро охлаждалась в емкости со льдом. Как известно, за один цикл содержание кислорода в такой воде уменьшается примерно в два раза, что приводит к изменению ее физико-химических свойств: поверхностного натяжения, плотности, вязкости, электропроводности.

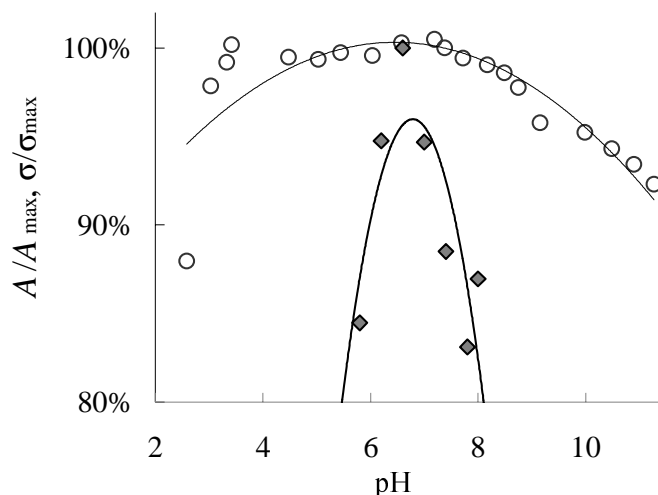


Рис. 1. Активность каталазы A (ромбы) и коэффициент поверхностного натяжения σ (кружки) зависимости от pH среды (сплошные линии – квадратичные тренды)

Изменение поверхностного натяжения в результате дегазации представлено на рис. 2(а). Видно, что с увеличением степени дегазации поверхностное натяжение растет и выходит на насыщение, что свидетельствует о выравнивании скоростей дегазации и растворения за один цикл, либо о выходе эффекта дегазации на максимум. Мы проследили, как скоро данная дегазированная вода насыщается газами из атмосферы. Возвращение показателя поверхностного натяжения со временем к равновесному значению представлено на рис. 2(б). Разумеется, этот график отражает какие-то конкретные для данного опыта параметры – форму сосуда и пр.

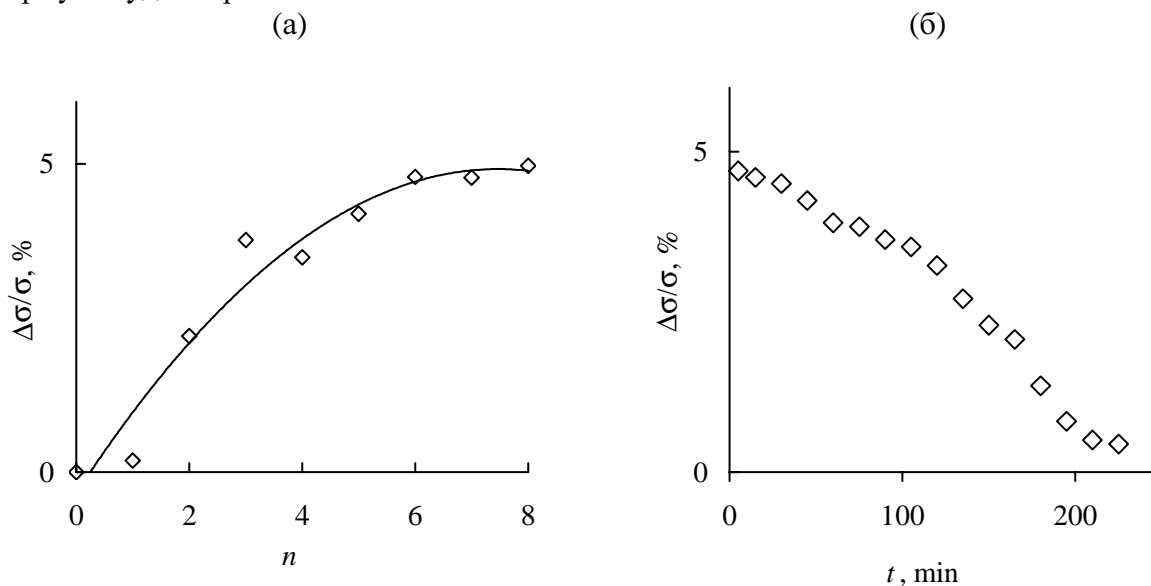


Рис. 2. Изменение поверхностного натяжения после n циклов дегазации – (а) и возвращение со временем t к равновесному значению – (б)

За 8 циклов дегазации поверхностное натяжение σ , согласно рис. 2(а), увеличивается на 5%. При этом величина рН меняется от 6,79 до 7,09. Такое изменение кислотности, связанное с выходом CO_2 из раствора, само по себе давало бы, согласно рис. 1, лишь небольшое уменьшение коэффициента поверхностного натяжения на $-0,6\%$ или $-0,43 \text{ мДж/м}^2$. Следовательно, растворение или выход углекислого газа не может быть причиной наблюдаемого изменения гидрофобных сил. Спаду активности каталазы при выходе за пределы кислотного оптимума сопутствует уменьшение σ на 5% (см. рис. 1), что может означать высокую чувствительность фермента к изменению этого параметра.

Таким образом, изменение кислотности и дегазация могут влиять на функционирование белков через изменения гидрофобных сил. Эти процессы не всегда поддаются контролю и поэтому могут непредсказуемо повлиять на результаты измерений активности каталазы.

Список литературы

1. Федоров А. С., Шахов С. М. Влияние тяжелых металлов на показатели биологической активности почв // Тез. докл. II съезда общ-ва почвоведов (г. Санкт-Петербург, 27-30 июня 1996 г.). – М., 1996. – Кн. 1. – С. 300-301.

2. Зайцева И. И. Экспериментальное изучение влияния тяжелых металлов на планктонные водоросли // Ботан. журн. –1999. – № 8. – С. 33-39.

3. Нога И. В., Шаталов В. М. Рост кислотности среды под давлением как фактор инактивации микроорганизмов // Физика и техника высоких давлений. – 2007. – Т. 17, № 2. – С. 131-137.

4. Нога И. В., Шаталов В. М. Моделирование кинетики инактивации спор *Bacillus subtilis* и *Bacillus stearothermophilus* // Біофізичний вісник. – 2007. – Вип. 19 (2). – С. 116-121.

5. Финкельштейн А. В., Птицин О. Б. Физика белка. – М.: КДУ, 2005. – 456 с.

6. Shatalov V. M., Noga I. V., Koveza J. V. Temperature, degasation and acidity of media control of hydrophobic forces and protein stability // 36. тез міжн. наук. конф. "Біофізичні механізми функціонування живих систем" (м. Львів, 16-18 жовтня 2008 р.). – Львів: Вид-во ЛНУ, 2008. – С. 15-16.

7. Pashley R. M., Rzechowicz M., Pashley L. R., Francis M. J. De-gassed water is a better cleaning agent // J. Phys. Chem. B. – 2005. – V.109. – P. 1231-1238.

8. Pashley R. M. Effect of degassing on the formation and stability of surfactant-free emulsions and fine teflon dispersions // J. Phys. Chem. B. – 2003. – V. 107. – P. 1714-1720.

9. Березов Т. Т., Коробкин Б. Ф. Биологическая химия: Учебник. – М.: Медицина, 1990.

Ковеза Ю. В., Нога І. В., Шаталов В. М. Зміна кислотності й дегазація середовища як фактори, що впливають на гідрофобну взаємодію й активність рослинної каталази. – Шляхом виміру поверхневого натягу в середовищах з різною кислотністю й дегазацією показано, що ці фактори можуть впливати на функціонування білків через зміни гідрофобних сил. Поверхневий натяг води змінюється: падає приблизно на 10% при зміні рН від 7 до 2 або до 11 і зростає на 5% при дегазації.

Ключові слова: поверхневий натяг, кислотність, дегазація, гідрофобна взаємодія, каталаза, фітоіндикація.

Koveza J. V., Noga I. V., Shatalov V. M. Effect of the acidity changes and degassing on the hydrophobic interaction and the activity of vegetative catalase. – By measurement of a surface tension in environments with various acidity and degassing it is shown, that these factors can influence functioning of proteins through changes of hydrophobic forces. The surface tension of water decreases approximately on 10 % along pH changes from 7 up to 2 or up to 11 and increases on 5 % in de-gassed water.

Key words: a superficial tension, acidity, degasation, hydrophobic effect, catalase, phyto-indication.

В. О. Максимович, М. В. Говта, М. В. Максимович
ТЕОРІЯ ПСИХІКИ ТА ПСИХІАТРІЇ. ПОВІДОМЛЕННЯ 6.
ЛЮДИНА – ПЕРЕДАВАЧ СОЛІТОНОПОДІБНИХ ІДЕОМОТОРНИХ
ТА ФОНЕМОМОТОРНИХ СИГНАЛІВ

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

Максимович В. О., Говта М. В., Максимович М. В. Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 6. Людина – передавач солітоноподібних ідеомоторних та фонемомоторних сигналів. – У статті доводиться, що мотиваційно породжений інформаційний сигнал у образному або словесному вигляді йде до моторики у солітоноподібній формі, перекодується на кордонах психіка – нервова система та нервова система – м'язова система, а потім у зовнішнє середовище. Запропоновано технології подальшого дослідження цього неординарного явища.

Ключові слова: солітон, м'язова моторика, психіка, моделювання, інформація.

Вступ

У Всесвіті повсюди й усе, на квантовому чи класичному рівнях, разом із нашим організмом та керуючими в ньому різноманітними процесами, діє, згідно з Луї де Бройлем, універсальний принцип існування та відображення об'єктів: корпускулярно-хвильовий дуалізм. Подивимось на його втілення у таких складних психофізіологічних процесах, як ідеомоторика та фонемомоторика. Їх початок пов'язаний з виникненням мотивації, із формування нею бажаного майбутнього у формі образу [11] або словесно [13]. Кінцевим результатом обох процесів є моторика, яка відповідає мотиваційній меті. В свій час дуже поетично про це висловився видатний вчений І. М. Сеченов: "Сміється або плаче дитина, коли бачить іграшку, чи посміхається Гарібальді, коли його женуть за надмірну любов до батьківщини, чи дрижить дівчина при першій думці про кохання, чи створює Ньютон світові закони й записує їх на папір – повсюди кінцевим фактом є м'язовий рух" [16]. В цій оді видатного фізіолога (психофізіолога) минулого йдеться про моторику. Де ж хвильова складова?

Одержати відповідь на поставлене питання й було предметом пошуку та обґрунтування, зважаючи на те, що плинув час досягнень у науці.

Методи досліджень

Проведено узагальнення інформації щодо освітлюваної проблеми через призму новітньої квантової теорії, що особливо акцентується під час обговорення. Розуміючи, що як тільки здійснюється перехід від теорії до практичної технології, маємо провести, так звану, декогеренцію. Тобто слід примусово перейти до класичної або напівкласичної версії відображення потрібного процесу. Варіант такої версії, якій автори надають перевагу, викладено у статті у формі ланцюга солітоноподібних механізмів породження та розповсюдження руху мотивованих сигналів.

Результати досліджень

Будь-яку ментальну чи матеріальну дію людини попереджує мотивація до них. Основні закономірності її зародження та розповсюдження в психіці викладено у згаданій у вступі монографії та в попередніх повідомленнях. У них доведено, що фацілітація (лат. полегшення) та психозахист регулюють поєднано інтроспекцію за виникаючими діями. На їх фазовій траєкторії можуть виникнути лімітовані цикли, які називають біфуркацією Хопфа і які можливо розцінювати як солітоноподібні утворення.

Якщо пов'язати фацілітацію та психозахист системою рівнянь через полярні координати, то таке відображення буде концентрувати в собі усю інформацію про систему, а інші змінні та параметри будуть підстроюватись до них. Зараз можна стверджувати, що біфуркації Хопфа з відповідними атракторами у вигляді лімітованих циклів є першими

ланками механізму зародження сконцентрованої уваги (інтроспекції). Головне тут їх амплітуда та стійкість.

Подальша еволюція може йти шляхом, який слідує з пояснень [3] (особливо гл. IV та VII). Реально та формально біфуркаційний процес Хопфа, який розгорнувся в психіці, переходить до нервової системи і трансформується в солітон.

До речі, далеко не у кожної людини може без складнощів здійснитись вже ця частина формування стійкого інформаційного процесу. Дуже часто біфуркація Хопфа супроводжується нестійкістю, з'являються, так звані, незвичайні атрактори, майже детермінований хаос, які навряд чи можуть розцінюватись як задовільна психічна діяльність, як психічне здоров'я.

Але будемо вважати, що початковий етап, який аналізується, був нормально завершений й нервова система сприйняла утворений у психіці лімітований цикл, який несе інформацію про актуалізовану мотивацією думку. Сприйняття походить за участю перетворень Фур'є і двоїного числення з ірраціональними базисами [18]. У результаті виникає рух імпульсів по нервам у формі солітонів. Якісно це було відомо ще Г. Гельмгольцу. До теперішнього часу вийшло багато публікацій і змістовних оглядів [19]. У них, окрім глибокого розкриття і математичної формалізації солітонів, вказується ще й на те, що в його головці зосереджена майже уся його енергія. Але треба зазначити, що все це окремість. Універсальність же полягає у фундаментальних характеристиках світобудови, до яких ще у 1926 р. Ервін Шредінгер відніс хвильові властивості матерії. Він же обґрунтував і найбільш змістовне рівняння, задовільне вирішення якого, в тому рахунку для солітонів, знайдено лише тепер. На сучасній мові хвильова функція є хвиля інформації.

Таким чином, нервові імпульси – солітони, як наслідок виниклої сконцентрованої та потужної думки, переходять до моторного поля – м'язової системи. На кордоні між нервовою та м'язовою системами повинно здійснитись перекодування, бо інформація переходить до іншого носія, від нервів до м'язів. Вже до цього одне перекодування було здійснене, коли стався перехід від психіки до нервової системи. Тепер друге перекодування в ланцюгу транспортування інформації від думки до моторики.

Нам не відомо жодного прямого повідомлення про перекодування інформації в ідео та фонемомоторних процесах, незалежно від того, дотримуються чи ні дослідники концепції про солітоновий перебіг. Про непрямі свідчення буде згадано дещо пізніше. Наукові дослідження у цій сфері переважно присвячені не руху інформації, а паралельним процесам мікрокінетиці та мікроенергетиці. Ці стосунки щодо забезпечення моторних акцій більш-менш висвітлені задовільно.

Мінімальною функціональною одиницею, моторною одиницею м'язової системи слугують м'язові волокна та мотонейрон, який їх інервує [17]. Елементарну скоротливу одиницю іменують саркомером [1]. Це утворення між двома Z – дисками міофібрили. Нервові солітони, які несуть інформацію, переходять у поле моторних одиниць і створюють солітонову модель. Процеси мікрокінетики, забезпечуюча їх мікроенергетика та несомна сукупністю моторних одиниць інформація щільно пов'язані [4].

На наш погляд, інформацію від сукупності (патерна) моторики представляє пакетний солітон. Він огинає від півтора до двох десятків окремих хвиль. Математично пакетному солітонові відповідає рішення рівняння Е. Шредінгера (1926), яке, як вже зазначали, визначає хвильові властивості, а також хвилю інформації. Інші рівняння солітонів, наприклад, Д. Кортевега – Г. де Фриса (КдФ), \sin – Гордона, Я. І. Френкеля з Т. А. Конторовою (ФК) тощо, видаються менш задовільними.

Але повернемося до біології. Якщо думка уявляється цілісною, яка в моторному полі математично близька до пакетного солітону, то його взаємодія з моторним полем підкоряється закономірностям ідеомоторики [2]. Якщо ж думка втілена в словесну мову, то її взаємодія з моторним полем підкоряється фонемо-моторним закономірностям [13]. Звернемо увагу, що в обох випадках думка замикається на моториці. Та щоб моторне поле відгукнулось не тільки курдюмівською інтенсивністю, але й філігранною реакцією

необхідно, щоб складові цього відгуку, тобто окремі компоненти та їх об'єднання в цілісність, були чіткими, стійкими, не розпливалися. Перш за це думка повинна була бути дуже зосередженою, сконцентрованою на мотивованій меті і тільки на ній. І тому очевидними стають два важливі етапи постійних досліджень: технології відбору людей з означеними властивостями та технології попередньої підготовки відібраних людей до необхідних кондицій.

Первинний відбір потрібен як мінімум для встановлення двох психологічних якостей: концентрації (фокусування) уваги та психоадаптивності. За відсутністю психоадаптивності або слабким її проявом проблематично довести до потрібних кондицій не тільки концентрацію уваги на якомусь одному завданні або самозавданні, але й здійснювати перестроювання змінюючи завдання. Багатьом відомо, які величезні зусилля, довгий час та терпіння вкладають адепти деяких містичних практик, щоб навчитись концентрувати увагу на одній думці [14]. Для досягнення бажаних результатів використовують різні допоміжні засоби, наприклад, мандали. Безумовно, серед ригідних (не адаптивних) людей можуть зустрітися і такі, які вже спочатку, можливо генетично, володіють високим вмінням концентрувати увагу, хоча і не здатні її далі покращувати. Фахівці не повинні ігнорувати таких людей з вродженими якостями. Але дослідник має орієнтуватись не стільки на них, скільки на потребу виявити механізми. Для того й потрібні люди з високою психоадаптивністю, у яких можливо сформувавши, наприклад, високу сконцентрованість уваги. Була б їх воля.

Метою двох попередніх думок була спроба поповнити наші знання про інформаційний вимір ідеомоторики та фонемомоторики, особливо в порівнянні з мікрокінетикою та мікроенергетикою. Бракує лише знань про кількісний склад руху інформації у випадку ідеомоторики та фонемомоторики. Зрозуміло, що до букета психоякостей, що вимагаються від людей, яких відносять до передавачів чи приймачів слабких сигналів, увійдуть не тільки психоадаптивність та концентрація внутрішньої уваги. Наприклад, для приймача потрібна ще й висока чутливість, так би мовити гіперестезія, своєрідна психічна алергія, до таких сигналів. У будь-якому разі, треба мати перелік передбачаємих значущих якостей, між якими відповідними методами можливо встановити взаємозв'язки, а також покращити їх ефективними засобами. Якщо дотримуватися висвітленого шляху, то можливо суттєво звужити контингент кандидатів, у яких можливий пошук неординарних властивостей щодо передавання (або приймання) слабких сигналів.

Сучасними математичними методами, наприклад, факторним аналізом, аналізом основних компонент тощо, цілковито можливо вирішити тільки що сформульоване завдання. А саме, встановити сукупність якостей, які притаманні і відрізняють людей трьох угруповань із здібностями: а) ідеомоторними; б) фонемомоторними; в) з одночасною присутністю ідеомоторних та фонемомоторних. Інакше кажучи, необхідно провести своєрідний "професійний" відбір, відносно до якого методологія і конкретні методи достатньо відпрацьовані, наприклад, у фізіології праці. Як наслідок треба отримати відповідь, чим функціонально та структурно відрізняються люди з наявністю неординарних здібностей від загальної маси людей, тобто від генеральної їх сукупності.

Припустимо, що на образи або (та) фонемі одержана реакція моторики і за критеріями, що цитуються [13], механізм ідентифікований. Виникнення сигналів в складному моторному полі та розповсюдження їх підкорюється, можливо завчасно стверджувати, механіці Гамільтона-Якобі з її $6N$ – мірним фазовим простором, до того ж комплексних змінних. Доречно зазначити, що термінологія вищої нервової діяльності здавна застосовує поняття імпульс, яке відноситься до аксіом фізики Гамільтона-Якобі. Акцентуємо: не до аксіом маси та швидкості Ньютона, а до іншої фізики. Та й фазові ячейки, фазовий простір, розподіл станів у ньому (просторі) охарактеризовані у 1901 р. Д. Гіббсом, а розподіли Л. Больцмана та Дж. Максвелла слід розцінювати як кремні прояви статистичного закону Гіббса. Поняття дії, яке ввів П. Мопертюї (1744), теж правомірно віднести до фізики Гамільтона-Якобі.

Із вище зазначеного виникає питання, як компактно підготувати і потім передати змістовний інформаційний сигнал типу солітон. Якщо образ (ідео), можна гадати, що більш-менш сам по собі компактний, у психології його характеризує термін симультанний (фр. одночасний), то мова принципово сукцесивна (лат. послідовна), тобто розтягнута в часі, а тому далека від компактності. Компактизація акустичної та образної інформації вже в науці вирішена і продовжує вдосконалюватись [15]. Доведено, що дискретна форма представлення інформації є найбільш загальною, універсальною. Аналогова ж інформація, яка є безперервною, у будь-якому випадку може бути перетворена в дискретну. Зворотний процес, перетворення дискретної інформації в безперервну (аналогову), не завжди можливий. Тому будемо орієнтуватись на те, що інформація від думки до моторики йде в дискретній формі. До того ж додамо, що математично найкраща форма – цифрова двоїна. Твердження про використання подвійного числення у клітинах центральної нервової системи базується, зокрема на відкритті Стюарта Хамероффа у 1997 р. [20]. Згідно з ним, у мікротрубочках цитоскелета знаходяться молекули димера тубуліна, які можуть приймати дві просторові конфігурації (конформації). Перемикання тубуліна з одної на другу конформацію і є суттю початку функціонування біофізичного комп'ютера. Останній має складну конструкцію: тубуліни, які знаходяться на поверхні мікротрубочок, розташовані у вузлах правильної рештки, а зміна конформації залежить ще й від сусідів.

На цей час розроблені ефективні способи стиску, компактизації цифрової інформації, подібні до яких можуть діяти в організмі. Серед них є такі, що дозволяють зовсім уникнути втрати будь-якої частки інформації (коди Хаффмена, Лемпель-Зіва та ін.). Інші способи дозволяють деякі незначні втрати інформації (JPEG, хвильові та фрактальні перетворення тощо), які не заважають адресату розуміти передане. Однак усі відомі коди не повністю відповідають психофізіології, а саме симультанній генерації та сприймання людиною інформації, такої, як образи, сцени тощо.

Великий об'єм одночасно спрямованої інформації іноді метафорично називають голографічною. Але фізично це є псевдоголографія в психічному просторі, механізм, який лише зовні нагадує голографічне явище із-за компактизації пакета інформації.

Щодо вищої нервової діяльності подібні до щойно описаних устроїв задля стиску інформації можуть виникати в психо-нервовій системі спонтанно-примусово, наприклад, завдяки спеціальним тренуванням. У них складовою частиною є вправи, які максимізують здібності зосередження на якійсь думці. До того ж присутність усяких інших думок та образів у психіці забороняється. Тренуємий поступово звикає гальмувати їх ще до появи і це набуває автоматизму. Такий стан називають трансом-глибокою зосередженістю.

У підготовці йогів приділяється багато часу та зусиль вправам на концентрацію уваги. Спочатку для зосередження можливо використовувати мандали або інші засоби. Але ті, у кого успішно зростає інтроспекція, зрештою стають здатними "відключатись" від стороннього інформаційного тиску. Вони знаходяться ніби то в трансі і психофізіологічно володіють концентрацією уваги. Але цього замало. Необхідно ще, як уже зазначалося, щоб виникли попередньо узгоджені уловлювачі-фільтри, про що більш докладно буде йти мова у наступному Повідомленні.

Ще раз нагадаємо про відкриття акушерів, про яке йшла мова в одному з останніх наших Повідомлень, яке стосується формування і фонемо-моторного спілкування між матір'ю і ще ненародженою дитиною. З Інтернету надійшло нове спостереження М. Білоглазого з НДІ акушерства та гінекології Російської АМН про те, що до плода краще проходять фонемні з низькою частотою, що зафіксовано міографічно. Тим самим потихеньку розкриваються психофізіологічні засади настрою для можливого взаємодіювання слабкими фонемо-моторними сигналами матері з дитиною, близнюків тощо. Гіпотетично можливо очікувати ідео-моторне або фонемо-моторне спілкування спортсменів, співробітників, деяких учнів між собою або з вчителем, наставником.

Між передавачем та приймачем сигналів існує один або декілька каналів зв'язку через зовнішнє середовище. Деякі особливості та вимоги до функціонування таких каналів зв'язку

висловлено вище. Вони загальні з вимогами до каналів інформації, яку повсюди генерує передавач. Але один суттєвий вклад в ефективне функціонування трансляційного інформаційного каналу треба охарактеризувати додатково. Цей вклад називають модуляцією [8]. Спрямований він на створення та зміну параметрів потрібного сигналу відповідно до параметрів вимушеного сигналу, який накладається на перший. Це не обов'язково є наслідком зв'язку двох різномодальних синестезичних механізмів, про що буде йти мова в наступному Повідомленні. Модуляція може бути завдяки загальній моториці. Нагадаємо рухи шаманів [5]. У фізиці відоме явище різкого зростання амплітуди вимушених коливань при визначених параметрах вимусової сили [1].

Види модуляції сигналів є значно різноманітнішими. Окрім амплітудної модуляції (АМ) використовують частотну модуляцію (ЧМ), фазову модуляцію (ФМ) та їх інші сполучення з різними гармоніками, які називають маніпуляціями.

Треба ще раз звернути увагу на те, що у ритуальних практиках (на жаль, не в науці), наприклад, у тих же шаманів, суфіїв та інших, несучий сигнал виробляється під час ритмічного танцю та кружляння, що зокрема можливо уподібнити обертальній антені. Генеруємі ж цими особами інформаційні сигнали накладаються на несучі. Але ми поки не зустріли ні однієї наукової праці, в якій би такі ритуали були проаналізовані з позицій формування сигналів для їх передачі.

Повернемось, однак до загальнонаукових (фізичних) уявлень про рух солітонів. Доля солітонів й інформація, яку вони несуть, не закінчується на межі між тілом людини та зовнішнім середовищем. Висловлювались сумніви щодо можливості моторних солітонів перейти межу і потрапити у зовнішнє середовище. Це дійсно було б так, якби солітон був звичайною акустичною хвилею. Такі хвилі майже повністю відбилися б зворотно від поділу між поверхнею тіла людини та повітряним середовищем. Але необхідно пам'ятати фундаментальний принцип корпускулярно-хвильового дуалізму. Солітон не є лише хвиля, а квазічастина [7], у даному випадку – фонон. Вони здатні до акустичної емісії та до подальшого розповсюдження після неї.

У даній статті репрезентувався ланцюг механізмів, пов'язаних з класичною фізикою та психофізіологією, чи Ньютона, Гамільтона-Якобі, кванто-механічна чи інша конкретика. В сучасній науці усі класичні уявлення є лише окремими крайніми можливими гранями висвітлення цілісного світу, Універсуму. Основною фундаментальною ознакою такої єдності є баланс декогеренції-рекогеренції. Якщо зростання декогеренції свідчить про зростання у нашому сприйнятті сепарабельних підсистем світу, то зростання рекогеренції про сприйняття дійсної заплутаності, неподільності існуючого світу [6]. У такому світі передача думок, миттєва телепатія звичне явище. Слід нагадати, що ще на початку ХХ ст. у Німеччині таке ж уявлення щодо психіки розвивала гештальтпсихологія з її батьками М. Вертгеймером, К. Коффою, В. Келером та іншими. Зробимо лише одне зауваження. Ми є одnodумцями з С. Хокингом та Р. Пенроуз [21], які переконані, що усяка фізична теорія є лише модель і що нема сенсу в питанні, чи відповідає моделі реальність, а сенс лише в погодженні з спостереженнями та можливостями щось передбачити.

По-друге, вже на базі класичних розробок з'являються людино-комп'ютерно-апаратні технології для передачі на відстань психічного настрою та підвищення вірогідності появи зазначених думок [12]. З'явилася впевненість, що ось-ось кристалізується науково достатньо обґрунтований та технологічно втілений у спосіб транслятор думок.

Висновки

1. Висвітлено солітоноподібний шлях генерування, кодування (перекодування) та підсилення слабких інформаційнозмістовних сигналів для передачі в зовнішнє середовище.
2. Окреслено технології та конкретні методи виявлення людей зі здібностями до формування інформаційно придатних для передачі сигналів.

Список літератури

1. Антонов В. Ф., Черныш А. М., Козлова Е. К., Коржуев А. В. Физика и биофизика. – М.: ГЭОТАР-Медиа, 2008. – 480 с.
2. Белкин А. А. Идеомоторная подготовка в спорте. – М.: Физкультура и спорт, 1983. – 12 с.
3. Берже П., Помо И., Видаль К. Порядок в хаосе. О детерминистком подходе к турбулентности. – М.: Мир, 1991. – 386 с.
4. Беспалова С. В. Медицинская биоэнергетика / Максимович В. А., Солдак И. И., Беспалова С. В. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2003. – 229 с.
5. Бурькин А. А. Шаманы: те кому служат духи. – СПб.: Азбука-классика: Петербургское Востоковедение, 2007. – 288 с.
6. Доронин С. И. Квантовая магия. – СПб.: ИГ "Весь", 2007. – 336 с.
7. Каганов М. И. Электроны, фононы, магноны. – М.: Наука, 2008. – 192 с.
8. Кудряшов Б. Д. Конспект лекций по теории информации. 9. Модуляция сигналов и ее применение // www.compression.ru
9. Курдюмов С. П. Режимы с обострением: эволюция идей. – М.: Физматлит, 2006. – 312 с.
10. Максимович В., Максимович М. Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 1: Перенесення мотивації // Донецький вісник Наукового товариства ім. Т. Г. Шевченка. – Донецьк: Схід. вид. дім, 2008. – Т. 20. – С. 158-167.
11. Максимович В. А., Максимович М. В. Математическое моделирование психики. – Черкассы: Брама-Украина, 2006. – 184 с.
12. Нолтинг Б. Новейшие методы исследования биосистем. – М.: Техносфера, 2005. – 256 с.
13. Пирс Дж. Ч. Биология трансцендентного: Пер. с англ. – М.: "Гаятри", 2006. – 400 с.
14. Психологический аспект буддизма. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд., 1986. – 158 с.
15. Семенов Ю. А. Телекоммуникационные технологии. – М.: Горячая линия – Телеком, 2007. – 1100 с.
16. Сеченов И. М. Избранные произведения. – М., 1952. – Т. 1. – С. 516.
17. Смит К. Ю. М. Биология сенсорных систем: Пер. с англ. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2005. – 583 с. (Интеллектуальные и адаптивные системы).
18. Стахов А. П. Коды золотой пропорции. – М.: Радио и связь, 1984. – 152 с.
19. Филлипов А. Т. Многоликий солитон. – М.: Наука, 1990. – 288 с.
20. Хамерофф С. Цит. по Г. Г. Малинецкому. Синергетика, нелинейность и концепция Роджера Пенроуза. – Предисл. к кн. Пенроуз Роджер. Новый ум короля: О компьютерах, мышлении и законах физики: Пер. с англ. – М.: Изд-во ЛКИ, 2008. – 400 с.
21. Хокинг С., Пенроуз Р. Природа пространства и времени: Пер. с англ. – СПб.: Амфора. ТИД Амфора, 2007. – 171 с.

Максимович В. А., Говта Н. В., Максимович М. В. Теория психики и психиатрии. Сообщение 6. Человек – передатчик солитоноподобных идеомоторных и фонемоторных сигналов. – В статье утверждается, что возникший мотивационный сигнал в образном или словесном представлении в солитоноподобной форме, перекодируется на границах психика – нервная система – мышечная система, а затем поступает во внешнюю среду. Предлагаются технологии дальнейшего исследования этого неординарного явления.

Ключевые слова: солитон, мышечная система, психика, моделирование, информация.

Maksimovich V. A., Govta N. V., Maksimovich M. V. Theory of psyche and psychiatry. Report 6. A man is a transmitter of solyton ideomotor and fonemomotor signals. – It becomes firmly established in the article, that arising up motivational signal in vivid or verbal presentation in a solyton form, the psycho – nerves system – muscles system will be recoded on scopes, and then enters external environment. Technologies of further research of this eccentric phenomenon are offered.

Key words: solynon, muscles system, psycho, design, information.

В. О. Максимович, М. В. Говта, М. В. Максимович
ТЕОРІЯ ПСИХІКИ ТА ПСИХІАТРІЇ. ПОВІДОМЛЕННЯ 7.
ЛЮДИНА – ПРИЙМАЧ СЛАБКИХ СИГНАЛІВ ЗА НОВІТНІМИ КОНЦЕПЦІЯМИ
СЕНСОРИКИ ТА ФІЗИКИ

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

Максимович В. О., Говта М. В., Максимович М. В. Теорія психіки та психіатрії. Повідомлення 7. Людина – приймач слабких сигналів за новітніми концепціями сенсоріки та фізики. – У статті узагальнено необхідні психофізіологічні та фізичні умови для сприйняття слабких сигналів. Особливу увагу спрямовано на новітні відкриття – стохастичний резонанс (фільтрація) та широко базові приймачі з зворотними зв'язками.

Ключові слова: слабкі сигнали, психофізіологія, стохастичний резонанс, широко базові приймачі.

Вступ

Людина в своїй свідомості будує модель реального світу, без якої вона б втратила орієнтацію. Задля створення моделі спочатку реєструються різними екстерорецепторами окремі впливи довкілля, а потім вони інтегруються в більш складне почуття об'єктів чи явищ. Досі вважали, що про сенсоріку багато відомо і що шумові впливи заважають їй виконувати своє призначення [8, 9]. Але за останні чверть сторіччя фізиками зроблено непересічне відкриття про спроможність шуму в особливих режимах покращувати параметри регулярного сигналу. Відповідне явище одержало назву "стохастичний резонанс" або "стохастична фільтрація". Щодо біології, це відкриття має відношення не тільки до сенсоріки, а можливо суттєво ширше, наприклад, до пояснення дистанційного сприйняття ідеомоторних сигналів від іншої людини. Враховуючи важливість очікуваних закономірностей, була сформульована мета: розглянути можливу роль шумових впливів на сенсорне сприйняття регуляторних сигналів у контексті загальновідомих психофізичних відношень.

Методи досліджень

Для відповіді на поставлену мету була проаналізована сучасна інформація з психофізіології та фізики сприйняття людиною слабких сигналів. У процесі узагальнення цієї інформації було проведено її упорядкування, щоб переконатися, чи нема прогалин у ланцюгу уявлення про гіпотетичний процес.

Результати досліджень

Спочатку наведемо взаємоузгоджену та функціонально-кваліфіковану достовірну інформацію про психофізіологію сприйняття зовні слабких сигналів. Потім у цьому контексті звернемось до можливої ролі "стохастичних" впливів.

1. Чутливість (пороги) у класичній психофізиці. Початок теоретичній психофізиці поклав у 1860 р. її засновник фізик Густав Фехнер із визначення та формулювання логарифмічної залежності між почуттям та рівнем зовнішнього стимулу будь-якої модальності. Залежність одержала назву основного психофізичного закону. Майже через 50 років математик С. Стивенс запропонував інший, степеневий закон. Було також багато різних уточнень, доповнень, модифікацій тощо. Але для нас важливі експериментально встановлені факти, що відчуття стимулу здійснюється у деяких людей вже при наявності 1-2 квантів, будь-то фотони, фонони, хімічні молекули... Людина сприймає як звук, а не шипіння, білий шум, переміщення молекул у повітряній хвилі, яке по амплітуді синусоїдальних коливань перевищує згаданий білий шум усього в середньому на одну десяту діаметра атома водню. Тобто трохи вищих за випадкові теплові рухи повітря. Умовою такої чутливості є мотивація очікування появи стимулу, що має специфічний варіант назви – аперцепція.

2. Аперцептивне настроювання на передбачений сигнал. Якщо перцепція (від. лат. сприймання) охоплює усі види сприймання сигналів, в тому рахунку неочікуваних, то аперцепція (ad. – від. лат. до) є його різновид, якому притаманна залежність від попереднього досвіду людини, її знань, інтересів, актуалізованих потреб, передбачуваних емоцій. Аперцепція жадає сприйманню активного спрямування, настроює на сигнал та його якість¹. Завдяки аперцепції сприймаються дуже слабкі сигнали. Їх вірогідність впевнено добігає до акту вирішення завдяки існуванню підсилювачів.

3. Потужні підсилювачі роблять наявними дуже слабкі сигнали. Кожен рецептор є не тільки сприймач – перетворювач фізичних впливів у психофізіологічні, але й потужний підсилювач. Наприклад, фоторецептори підсилюють енергетичний сигнал фотона майже у 2 млн. разів. Механізм підсилення складний. Так поглинання одного фотона однією молекулою родопсину зорової палички викликає зривоподібну ланцюгову каталітичну реакцію. Внаслідок з'являються десятки тисяч молекул, які впливають на іони Na – канали, активація кожної тисячі змінює потенціал мембрани на 1мкВ. Така гіперреакція пояснюється тим, що підсилювачі функціонують за квантово-хімічними принципами, а зривоподібність характеризує її термін, який дорівнює десятимільйонній частині секунди. Тому рівняння Курдюмова [7] є доречним щодо цього психофізіологічного явища. Наведений приклад механізму є типовим для усіх видів рецепторів, а також і для інтерорецепторів. Універсальним є наявність потужних підсилювачів первинної взаємодії сигнал-почуття. Іноді підсилювачі йменують ампліфікаторами (лат. збільшення, примноження). Другою універсальною рисою можна вважати скорочення часу відповіді на кшталт зривоподібності. Слід мати на увазі, що швидка, потужна акція має властивість адаптивно обриватися.

4. Адаптація до зовнішніх сигналів та їх ритм. Якщо людина адаптується до того чи іншого чинника, то реакція на нього зменшується. У випадку, що аналізується, зменшується почуття і так дуже слабого сигналу. Він суб'єктивно стає якщо не зовсім відсутнім для людини, то наближеним до ледь чутного. Існує два механізми адаптацій. Перший більш довгостроковий. Він переважно стосується фізіологічних процесів і нема сенсу його розглядати. Другий механізм короткостроковий, наведемо його відносно сенсорики на прикладі волосяних клітин, точніше їх елементів – стереоцилій та кіноцилій, які є рецепторними утвореннями слуху [9]. Коли відхилення стереоцилії затримується більше 1 мілісекунди, то припиняється струм K^+/Ca^{+2} відносно середини клітини і зникає її деполаризація. К. Сміт зазначає про винайдений тільки-но, у 1997 р., фахівцями неабиякий за устроєм механізм цього явища і наводить авторську схему його дії. Стисло так: струм Ca^{+2} порушує зв'язок між міозинним "мікродвигунком" та актиновими мікрофіліаентами в стереоцилії. Внаслідок знижується вірогідність стану відкритості каналу, що призводить до повернення поляризації мембрани в стан спокою, а стереоцилію до вирівнення. Ще одне явище, яке знижує почуття сигналу, пов'язане з сенсорним ритмом, а саме з фазою падіння. Навпаки в фазі підйому почуття гармонійно зростає. Таким чином, у цьому параграфі надані позитивні і негативні наслідки адаптації та ритмів щодо сприйняття слабких сигналів. Далі буде проаналізовано вплив сприйняття декількох сигналів різної модальності.

5. Полімодальне (полісенсорне) та синестезичне сприйняття сигналів. У дійсності, а не в лабораторних умовах, на людину одночасно діють стимулом декількох модальностей. Їх сполучення відображує різні грані матеріального об'єкта або явища: його оптичні, звукові, хімічні, інші якості. Остаточо будується полісенсорний образ. Цікавим є те, що при цьому об'єднання підсилювачів не є адитивним, а одержує крім їх суми ще значний додаток. Це має психофізіологічний механізм пояснення: мітохондріальні енергетичні "пакунки", що оточують рецептори та постачають енергію підсилювачам (процесам підсилення), збуджуються ще й перехресно. Тому слабкий сигнал значно зростає. Подібно можливо тлумачити синестезію (від. грец. співвідчуття), коли виникає полісенсорний ефект

¹ Слід зазначити, що аперцепція притаманна не тільки біоявищам, але науці загалом, про що влучно висловився А. Ейнштейн: "Лише теорія (розумійте її в даному випадку як аперцепцію) вирішує, що ми зможемо спостерігати".

стимулюючи лише одну модальність. Наприклад, слухове відчуття при дії лише звуку може супроводжуватись почуттям забарвленості його джерела. Здавна існує п'ятикутна схема синестезичних зв'язків Ж. Д. 'Удіна. Ще Аристотель вважав, що тактильна чутливість є найбільш фундаментальною та універсальною. Зараз експериментально підтверджено, що в інтермодальні асоціації залучаються майже усі види рецепторів, але обов'язкова наявність тактильно-кінестезичних при розбудові образу, тобто на вході. На виході ж інтегруючі та трансформуючі функції у розбудові образу приймає на себе зір. Таким чином, полісенсорність та синестезія спроможні значно підсилити сприйняття слабких сигналів. Щоб завершити огляд сенсоріки слабких сигналів, звернемося до сприйняття слабких сигналів людьми, у яких відсутній той чи інший аналізатор.

6. Компенсаційне зростання чутливості. У світі є багато людей з вадами зору (тільки в Україні їх близько 50 тис.), слуху, нюху, смаку, дотику, тепло сприймання, мікстів. Частина з них такі з народження, інші набули цих вад впродовж життя. Різні спеціалісти займаються цими інвалідами, але й природа відіграє свою роль. Міжмодальні зв'язки слугують основою підсилення збережених почуттів. Так, не тільки тифлопсихологі, а майже кожна людина може стверджувати, що у сліпих дуже загострюється слух і вони чують те, що іншим зась. Загострюються почуття і у людей зовсім без дефектів, коли вони перебувають в умовах депривації, наприклад, у сурдокамерах.

Підводячи підсумок викладеному вище, можна констатувати, що на цей час у психофізіології багато інформації про можливість сприйняття дуже слабких сигналів. Але в ланцюзі відповідного механізму відсутні якісь ланки, що не дають змоги однаково позитивно відповісти на питання, що заважає пересічній людині відокремити з оточуючого моря різноманітних регулярних та шумових сигналів потрібні їй, а інші проігнорувати. У цьому питанні, на наш погляд, містяться два підпитання. Перше, як зробити так, щоб шуми оточуючого середовища (зовнішній шум) та нашого організму (внутрішній шум) хоча б не заважали відокремлювати необхідні сигнали. Друге, як настроїти себе на якийсь очікуваний сигнал (сукупність, послідовність сигналів), щоб його обов'язково зафіксувати.

Відповіді будемо надавати послідовно.

Спочатку про шум. Існує думка, що шум завжди заважає сприймати інформацію. Але він сам іноді має високе сигнальне значення. Про це викладено в змістовній монографії [6] про психофізіологічні особливості впливу шуму на організм людини на виробництві. Слід додати, що у повсякденному житті шумові сигнали, навіть дуже слабкі, теж можуть бути важливими, наприклад, попередження людини про небезпеку. Та відкриття у 1981 р. фундаментального явища стохастичного резонансу або стохастичної фільтрації [1, 5] дозволило зробити зовсім неочікувані висновки. Шум може покращити, а не погіршити функціонування будь-якої системи. Якщо разом діють інформаційний сигнал, в тому рахунку і слабкий, та шумовий сигнал, то в режимі стохастичного резонансу покращуються основні характеристики інформаційного сигналу. Він значно підсилюється, зростає відношення сигнал / шум і тому полегшується пошук інформаційного сигналу, відбувається синхронізація ансамблів сигналів тощо. В спеціальному дослідженні [10] вивчався вплив зовнішнього та внутрішнього шумів у режимі стохастичного резонансу на візуальне сприйняття підпорогової інформації. В результаті сигнал зростав вище порога і значно краще сприймався. Разом був встановлений факт, що об'єднані параметри рівняння порогової залежності строго індивідуальні і дуже стабільні. Це може мати значення під час пошуку людей, схильних однаковою мірою піддаватись стохастичному резонансу у сенсорних процесах.

З урахуванням відповіді на перше питання, спробуємо відповісти на друге. Ближче до настройки на якісь очікувані за параметрами сигнали, на наш погляд, є пристрої сучасної радіотехніки. Спрямовуємо увагу читача на широкобазових сигналах (ШБС) із зворотнім зв'язком у вигляді узгоджених у часі частот-регістрів. За цією технологією працюють пристрої для дальнього космічного радіозв'язку. Вони передають і приймають дуже широкий набір полос радіочастот, які тримають усю необхідну інформацію про явище.

Одним з різновидів ШБС є М-послідовність імпульсів із зворотнім зв'язком у вигляді узгоджених з нею, орієнтованих на неї цифрових фільтрів-уловлювачів. Такі устрої здатні виявляти та виділяти слабкі корисні сигнали на фоні перешкод, шумів, сторонньої інформації, яка не відноситься до сутності. О. Н. Вільшанський стверджує, що у центральній нервовій системі людини аналог такої функціонуючої структури або вже є, або він може виникнути під впливом особливих факторів, а чисельний аналіз здійснюється на двійній базі.

Вище викладені психофізіологічні та новітні фізичні концепції щодо сприйняття слабких сигналів станом на сьогодні. Маємо надію, що не зробили суттєвих помилок та не оминули щось важливе. А що ж день майбутній нам готує? Стрімко революційно розвивається квантова інформатика [2], яка тільки що народилася і ще перебуває в підлітковому віці. Особливо приваблюють, щодо суті нашої статті, перспективи квантової телепортації, яка є підрозділом квантової інформатики [4].

На останок про місце та зв'язок викладеного у 6 та 7-му повідомленнях з новітнім фізичним сприйняттям та поясненням, а також Всесвіту, як представницької системи, та діючих у них законів. Поєднання колишніх, сучасних та майбутніх знань відбулося завдяки квантовій теорії (КТ) з її принципами цілності, когерентності, квантової інформативності та проєктивних проявів у реальні об'єкти та процеси при декогеренціях. Теоретично КТ переконливо пояснює миттєвий дистантний обмін думками, як і хід інших, майже всіляких, процесів. Але потребують розробки чисельні конкретні технології. Безперечно, технологічні приклади втілення КТ до створення квантового комп'ютера, абсолютно захищеної квантової криптографії, неосяжної інформатики вражають. Та є й інші потреби, які бажано задовольнити. І тут виникають питання, як провести у конкретній ситуації декогеренцію або рекогеренцію, або їх якусь послідовність, як спрямувати ці заходи на досягнення тієї чи іншої мети. На думку авторів повідомлення, висвітлені технології класичного чи напівкласичного біофізичного гатунку спроможні наблизити відповіді на сформульовані питання.

Висновки

1. Стан знань із психофізіології та новітніх відкриттів у фізиці дозволяє констатувати можливість сприйняття людиною слабких сигналів на фоні перешкод, але спостерігається індивідуальна розбіжність спроможності сприймати слабкі сигнали.

2. Стрімкі перспективи розвитку науки, наприклад квантової інформатики, дозволяють очікувати в недалекому майбутньому ще більш чіткого пояснення і технології обміну думками.

Список літератури

1. *Анищенко В. С., Нейман А. Б., Мосс Ф., Шиманский-Гайер Л.* Стохастический резонанс как индуцированный шумом эффект увеличения степени порядка // УФН. – 1999. – Т. 169, № 1. – С. 7-38.
2. *Бауместер Д., Экерт А., Цайлингер А.* Физика квантовой информации. – М.: Постмаркет, 2002. – 376 с.
3. *Вильшанский А. Н.* Геотеизм // www.geocities.com/geoteism/geos/G003.html
4. *Дарлин Д.* Телепортация. Прыжок в невозможное. – М.: Эксмо, 2007. – 304 с.
5. *Климонтovich Ю. Л.* Что такое стохастическая фильтрация и стохастический резонанс? // УФН. – 1999. – Т. 169, № 1. – С. 39-47.
6. *Колганов А. В.* Психофизиологические особенности влияния шума на организм человека. – Донецк: Норд-Пресс-ДИРСИ, 2007. – 148 с.
7. *Курдюмов С. П.* Режимы с обострением: эволюция идей. – М.: Физматлит, 2006. – 312 с.
8. *Максимович В. А., Мухин В. В., Беспалова С. В.* Медицинская психофизика. – Донецк: ДонНУ, 2001. – 150 с.

9. *Смит К. Ю. М.* Биология сенсорных систем. – М.: БИНОМ Лаборатория знаний, 2005. – 538 с. (Интеллектуальные и адаптивные системы).

10. *Simonotto E., Riani M., Seite Ch., Roberts M., Twitty J., Moss F.* Visual Perception of stochastic Resonance // *Phys. Rev. Lett.* – 1997. – V. 78, № 6. – P. 1186-1189.

Максимович В. А., Говта Н. В., Максимович М. В. Теория психики и психиатрии. Сообщение 7. **Человек – приемник слабых сигналов по новым концепциям сенсорики и физики.** – В статье обобщены психофизиологические и физиологические условия для восприятия слабых сигналов. Особое внимание обращено на новейших открытиях – стохастическом резонансе (фильтрации) и широкобазовых приемниках с обратными связями.

Ключевые слова: слабые сигналы, психофизиология, стохастический резонанс, широкобазовые приемники.

Maksimovich V. A., Govta N. V., Maksimovich M. V. Theory of psyche and psychiatry. Report 7. **A man is a receiver of weak signals on new conceptions of sensor and physicists.** – In the article psychophysiological and physiological terms are generalized for perception of weak signals. The special attention is turned on the newest openings – stochastic resonance (filtrations) and receivers with feed-backs.

Key words: weak signals, psychophysiological, stochastic resonance, receivers.

**ДИФЕРЕНЦІАЦІЯ ПРОФІЛЮ ҐРУНТУ ЗА ШВИДКІСТЮ ЛЕСІВАЖУ
В ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІЙ МОДЕЛІ****М. В. Нецветов¹, В. О. Корнієнко¹, В. М. Никулина¹, М. В. Роменський²**¹*Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46**e-mail: max@dongu.donetsk.ua*²*Донецький обласний центр гідрометеорології*

Нецветов М. В., Корнієнко В. О., Никулина В. М., Роменський М. В. Диференціація профілю ґрунту за швидкістю лесіважу в експериментальній моделі. – У роботі запропоновано експериментальну модель вертикальної міграції колоїдальних та суспензійних часток у ґрунті. Отримано нелінійний характер залежності швидкості проходження часток крізь ґрунт залежно від глибини горизонту в профілі чорнозему лісопокрашеного.

Ключові слова: лесіваж, експериментальна модель.

Вступ

У вивченні процесу ґрунтоутворення під лісом велике значення має визначення наявності механічного перенесення колоїдів і мікрочасток – лесіважу (від французького *лесіве* – прати). Сама можливість цього процесу тривалий час залишалася предметом гострих наукових дискусій. Ознаки підзолистих ґрунтів, що свідчать про пересування дрібнодисперсних часток з верхніх горизонтів до нижніх, було відзначено В. В. Докучаєвим. Його учень С. І. Тюремнов [15], досліджуючи механізми впливу кислот на ґрунт, дійшов висновку про можливість як хімічного руйнування часток, так і їх механічного переміщення. Засади сучасних уявлень про лесіваж чітко простежуються у поглядах К. Д. Глинки [6], який говорив про винесення "тонких суспензій" і пояснював його механізми й наслідки. Проте теорію лесіважу було розроблено в основному західними вченими [7]. У російському та радянському ґрунтознавстві цей процес недооцінювався або заперечувався послідовниками О. К. Георгіївського [3], який вважав, що переміщення мінералів є результатом хімічного руйнування мулистих часток. О. А. Роде [13] заперечував можливість процесів перенесення тонких часток на глинистих та суглинистих породах, посилаючись на експериментальні дані. В формуванні поглядів на лесіваж велике значення мало однозначне трактування ролі лісової підстилки. Так, В. Р. Вільямс [2] зазначав, що при розкладанні лісового опаду утворюється кренова кислота, що руйнує мінерали. Таким чином, серед авторитетних учених складалася думка про універсальні умови ґрунтоутворення під лісною рослинністю.

Підзолоутворення є надзвичайно поширеним у російській частині лісової зони, цьому сприяє низка чинників, серед яких: переважання кренової кислоти й фульвокислот, що утворюються при розпаданні опаду під хвойними породами; низька швидкість мінералізації органічних кислот; промивний режим. Крім того, під лісами Прибалтики, України, Білорусі, Молдови, на рівнинах й узгір'ї Далекого Сходу та Примор'я ґрунти так само, як і характерні підзоли, мають диференційовані горизонти. Складність в оцінюванні ґрунтових процесів під лісною рослинністю доповнювалася наявністю кремнеземистої присипки, яка може бути як результатом вилуговування продуктів хімічного розпаду ґрунтових мінералів [14], так і продуктом вторинного біогенного походження [1]. Про те, що процес ґрунтоутворення навіть у межах однієї географічної зони є неоднозначним, свідчить низка систематичних досліджень морфології та фізичної хімії ґрунтів, під час яких було вироблено та неодноразово підтверджено характерні діагностичні ознаки ґрунтів лесіве [4, 5, 7, 16]: хімічний склад мулу й колоїдів у профілі ґрунту з глибиною не змінюється, тоді як у генетичних горизонтах профілю підзолів він є різноманітним унаслідок руйнування мінеральної частини в верхніх шарах і виносу продуктів до нижніх з подальшим утворенням вторинних мінералів; другим важливим критерієм є оптична орієнтація мінеральних часток, яка є відсутньою у випадку новоутворення в підзолистих ґрунтах. Значну роль щодо особливостей ґрунтоутворення з диференційованими горизонтами відіграли праці С. В. Зонна. Вчений дає чітке пояснення зовнішньої подібності лесівованих ґрунтів до

підзолів. Так, якщо в результаті підзолювання відбувається освітлення верхніх шарів профілю в результаті накопичення кварцу й кремнезему при збідненні органічною речовиною, первинними й глинистими мінералами, то лесівування приводить лише до текстурної диференціації профілю за механічним складом [8]. Аналізуючи матеріали дослідження ґрунтів під широколистяними й хвойно-широколистяними лісами, С. В. Зонн обґрунтовує передумови для диференціювання ґрунтових процесів. Відзначається, що "всі вони генетично взаємопов'язані й утворюють кілька самостійних еволюційних рядів з відмінностями, зумовленими: складом ґрунтоутворюючих порід, типом диференціації ґрунтового профілю за механічним складом та впливом різних типів лісової рослинності" [8: с. 8].

Великим внеском до розуміння істинних напрямів ґрунтоутворення є монографія Н. А. Білової та А. П. Травлєєва [1], в якій на основі екологічного підходу, із застосуванням прогресивних методів мікоморфології та фізикохімії, подається обґрунтування думки про наявність механічної міграції колоїдів під лісом в українському степу. Пізніше, за припущенням А. П. Травлєєва, нами було проведено модельні експерименти з впливу вібрацій на вертикальне переміщення мікро- та наночастинок у ґрунті [9, 10]. Одержані дані дали можливість проілюструвати процес вібраційного переміщення модельних частинок у натуральних ґрунтових зразках. Використані нами частоти вібрацій у модельних експериментах відповідають природним вібраціям коренів дерев, що викликані дією вітру на стовбур [12]. Однак ці роботи ілюструють тільки вібраційний механізм транспортування частинок, тоді як, основною причиною цього процесу під лісом у степу слід вважати періодичне перезволоження та наявність гідро потоків у порах та тріщинах ґрунту. Для моделювання такого засобу переміщення більш придатною є гідродинамічна модель лесіважу [11]. Запропонована модель дає змогу не тільки проілюструвати процес ґрунтоутворення, але й дослідити відносні швидкості лесіважу у різних за походженням ґрунтах або у різних генетичних горизонтах ґрунту. Саме останнє і було основною метою цієї роботи

Методи дослідження

Динамічна локалізація магнітозрідженого шару. Застосовуваний у праці метод запозичено з магнітної гідродинаміки. Магнітозрідження створюється намагніченими частинками магнітотвердих матеріалів у змінному або обертовому магнітному полі, яке змушує їх обертатися навколо своєї осі. Внаслідок зіткнень одна з одною і зі стінками ємкості частки набувають й імпульсу поступального руху, в результаті чого весь об'єм часток переходить у зважений стан. Якщо магнітне поле є однорідним, зрідження починається зверху, а необхідна для "закипання" величина амплітуди поля є прямо пропорційною до розмірів частинок. Рух частинок у магнітозрідженому шарі нагадує броунівський, а його швидкість перебуває в прямій залежності від індукції поля. Зі зростанням інтенсивності руху збільшується й кількість зіткнень. Реалізація магнітозрідженого шару є можливою лише в певному діапазоні частот і величин індукції магнітного поля. За межами такого діапазону частинки виходять зі зваженого стану – конденсуються.

Описані характеристики магнітозрідження лежать в основі якісного моделювання руху частинок в істинних колоїдах, причому, варіюючи параметрами поля, можна досягати ефектів дифузії (циркуляція часток за і проти градієнта поля) і коагуляції (конденсація при надкритичних частотах і амплітудах поля). Однак до магнітозрідженого стану у змінному магнітному полі переходять лише частинки з залишковою намагніченістю, що істотно звужує перелік матеріалів для використання. Проте застосування пари електромагнітів, що по чергово вмикаються (метод динамічної локалізації магнітозрідженого шару), дозволяє використовувати як магнітотверді, так і магнітом'які частинки. У моделюванні лесіважу увага зверталася в першу чергу на імітацію зваженого стану часток і їх вертикальне переміщення в складі гідропотоку. Розміщуючи в пробірку зразок ґрунту так, щоб його

поверхня була вищою за лінію сердечників, шар магнітом'яких або магнітототвердих часток "закипає", як при магнітозрідженні в змінному полі, але окремі частки поступово переміщуються вниз (за градієнта поля). Однак між частками все-таки спостерігається деяка взаємодія, що відповідає стану золя. Таким чином, створюється максимальне наближення до природних умов переміщення мікро- й наночасток у ґрунті.

Об'єкт дослідження. Зразки ґрунту чорнозему лісового відбирали з розрізу, що знаходиться у липово-ясеневій діброві у середній третині схилу південної експозиції правого берегу р. Самара. Крутизна схилу 7-8⁰, відстань від р. Самари – 55 м. Тип лісорослинних умов – суглинок свіжий (СГ₂). Тип екологічної структури – напівтіньовий. Деревний ярус: *Quercus robur* L., *Fraxinus excelsior* L., *Tilia cordata* Mill. Вік дерев – 60-65 років, зімкнутість – 0,8-0,9, висота – 15-18 м. Морфологічний опис ґрунтового розрізу (№ 207) за Н. А. Беловою та А. П. Травлеєвим [1]:

HeI ₁	0-12 см	Сірий, сухуватий, гумусований, середньо суглинистий; корененасичений, відділяється шаром від нижнього горизонту, перехід слабо помітний.
HeI ₂	12-42 см	Гумусовий, середньо суглинистий, сірий від суміші кварцу, пухкий, свіжий, насиченість коренями знижується, пилювато-зернистої структури.
HiI	42-70 см	Суглинок темно-сірий, середній, гумусовий, комковатої структури. Перехід за кольором і за щільністю.
H _p	70-98 см	Суглинок середній, темно-сірого кольору, делювіальний, ущільнений. Перехід до наступного горизонту чіткий.
P	98-150 см	Материнська порода – лісовидний суглинок від червоно-бурого до палевого кольору, ущільнений. Скіпання відсутнє.

Підготовка зразків та проведення дослідів. Зразки ґрунтів без пошкодження структури відбирали з профілю на глибині 0-10 см (HeI₁), 20-40 см (HeI₂), 40-60 см (HiI), 70-90 см (Ph), 110-120 (P). Потім їх зволожували з пульверизатора, після чого в них занурювали пробірки на 2 см. Кожен зразок акуратно просували вглиб на 2-3 см рівномірним натисканням на всю поверхню доти, поки зразок не упирався в целулоїдну пробку, попередньо поміщену в пробірку. Далі ґрунт висушували при 25-27°C на повітрі протягом трьох діб.

На зразки рівномірно насипали навішення (об'єм 0,5 мл) намагнічених магнітом'якого карбонільного заліза з середнім діаметром частинок – 5 нм. Пробірку з дослідними зразками поміщали в міжполюсний простір котушок електромагнітів (рис. 1) так, щоб поверхня ґрунту була на 1,5 см вищою за рівень залізних сердечників. У попередніх експериментах визначали найбільш ефективні для "зрідження" частинок параметри магнітного поля, які становили: частота магнітного – 40 Гц, напруженість – 150 Е. До того ж порошок на поверхні субстрату об'єднувався в легко вібруючі ланцюги або агрегати, які також переміщалися по поверхні. Поступово частинки проходили вглиб, заповнюючи простори пор і тріщин. Приблизно через 30 с на поверхні зразка практично не залишалось видимих агрегатів часток, помітно було лише легкий "наліт" з порошку. При зволоженні ґрунту, шляхом розпилення 3 мл води, частина навішення занурювалася на глибину 1-2 мм, тоді як решта залишалася на поверхні

після 5 хв. впливу полем. Коли зразок поступово й рясно змочували, а потім повністю занурювали в воду, то частки за одиниці секунд залишали поверхню й проникали вглиб, заповнюючи весь доступний вільний простір (незамкнуті пори й тріщини). Таким чином, було обрано два способи проведення дослідження з повітряно сухими зразками ґрунту та до насичення зволоженими.

В експерименті вимірювали час, за який магнітні частки занурювалися вглиб зразків (тобто зникали з поля зору). Потім розраховували відносну швидкість переміщення навішення частинок у об'єм зразка. Експеримент повторювали на п'яти-тринадцяти зразках з кожного горизонту профілю. Отримані для кожної глибини дані усереднювали та порівнювали між собою за використанням t-тесту.

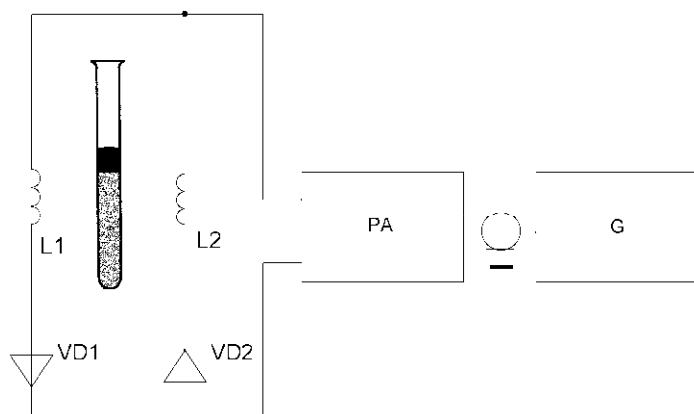


Рис. 1. Експериментальна установка для магнітозрідження наночастинок: генератор Г6-28, підсилювач, діоди, котушки електромагнітів, пробірка зі зразком ґрунту на целулоїдній пробці

Результати та їх обговорення

Як показано на рис. 2, у сухих та насичених вологою зразках швидкість занурення частинок у ґрунт максимальна у верхніх елювіальних горизонтах. У зволожених до насичення зразках вона вища ($p < 0.01$ для горизонтів He_1 , He_2 , Hi_1 и Hp). Крім того, в зволожених зразках відсутні відмінності у швидкості в обох елювіальних горизонтах (для сухого $p = 0,98$; для зволоженого $p = 0,64$).

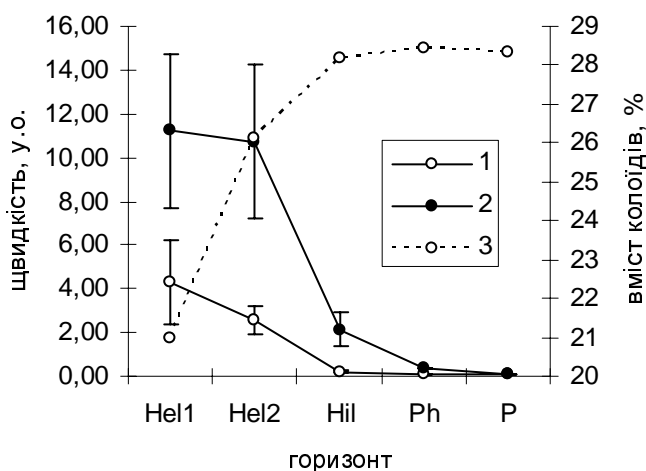


Рис. 2. Відносна швидкість вертикального переміщення наночастинок у ґрунтових зразках чорнозему лісового: 1 – повітряно сухі зразки; 2 – зволожені до насичення зразки; 3 – розподіл відносного вмісту колоїдної фракції по горизонтах [1]

Зрозуміло, що залежність, яку показано на рис. 2, відповідає структурній диференціації, густині, пористості, гранулометричному складу ґрунту та взагалі відображає характер ґрунтоутворення в місці відбирання зразків. Наприклад, якщо зіставити швидкість занурення колоїдних частинок карбонільного заліза в зразки ґрунту з різних горизонтів з їх механічним складом, становиться явною синхронна зміна вмісту колоїдної фракції (див. рис. 2) та швидкості переміщення частинок із глибиною (коефіцієнт лінійної кореляції $r = -0,98$ і $-0,93$ для сухих та зволжених зразків). Як видно з табл. 1 (дані надано В. Горбанем, Дніпропетровський університет) та рис. 2, максимальні швидкості лесіважу ймовірні у горизонтах з невеликим вмістом колоїдних часток, з низькою об'ємною масою скелета ґрунту та великою пористістю.

Таблиця 1

Фізичні властивості твердої фази ґрунту чорнозему лісового

Горизонт	Глибина, см	d_v , г/см ³	d , г/см ³	МГВ, %	S , м ² /г	P заг, %
He ₁	0-12	1,4	2,42	5,63	22,52	42,15
He ₂	12-20	1,65	2,58	4,83	19,32	36,05
	20-30	1,65	2,54	4,17	16,68	35,04
	30-42	1,6	2,49	4,17	16,68	35,74
Hi ₁	42-50	1,65	2,56	4,93	19,72	35,55
	50-60	1,55	2,44	4,9	19,6	36,48
H _p	70-80	1,75	2,6	4,86	19,44	32,69
	80-90	1,65	2,46	4,9	19,6	32,93
r r^*		-0,44	0,27	0,03	0,03	0,64
		-0,76	-0,36	0,47	0,47	0,88

Примітка. d_v – густина скелета ґрунту (об'ємна маса); d – густина твердої фази ґрунту (питома маса); МГВ – максимальна гігроскопічна вологість ґрунту; S – питома поверхня ґрунту; P заг – загальна пористість; r та r^* – коефіцієнт лінійної кореляції між швидкістю вертикальної міграції частинок у зволжених та сухих зразках ґрунту та його фізичними властивостями.

Висновки

Процес механічного переміщення наночастинок (карбонільне залізо) чітко простежується в сухих зразках ґрунту чорнозему лісового до глибини 42-70 см, тобто до ілювіального горизонту включно. Переміщення частинок істотно пришвидшується при значному зволоженні, коли пори та інші вільні простори заповнено водою. Якщо ґрунт зволожений до стану, коли простір пор не заповнено водою, процес переміщення частинок є украй обмеженим, бо частки злипаються з поверхнею пор. Зміна відносної швидкості переміщення наночастинок із глибиною горизонту тісно пов'язана з такими фізичними властивостями ґрунту, як об'ємна маса та загальна пористість, а також вмістом ґрунтових частинок колоїдної фракції. У цілому запропонована модель дозволяє оцінити відносну пропускну здатність різних горизонтів у межах профілю. Однак цей критерій – лише чисто фізична характеристика, яка не дає однозначної відповіді на питання про можливість лесіважних процесів у тому чи іншому ґрунті або горизонті. Висока пропускну спроможність ґрунту є необхідною, хоча і недостатньою, умовою для інтенсивного механічного транспортування мікро- і наночасток углиб ґрунту.

Список літератури

1. Белова Н. А., Травлев А. П. Естественные леса и степные почвы. – Д.: ДГУ, 1999. – 348 с.
2. Вильямс В. Р. Почвоведение / Избранные произведения. – М.: Сельхозгиз, 1949. – 455 с.
3. Георгиевский В. В. К вопросу о подзоле. – СПб., 1888.
4. Герасимов И. П. Глеевые псевдоподзолы Центральной Европы и образование двучленных покровных наносов // Изв. АН СССР. Сер. геогр. – 1959. – № 3.
5. Герасимов И. П. Почвы Центральной Европы и связанные с ними вопросы физической географии. – М.: Изд-во АН СССР, 1960.
6. Глинка К. Д. Деградация и подзолистый процесс // Почвоведение. – 1924. – № 3-4.
7. Дюшофур Ф. Основы почвоведения. – М.: Прогресс, 1970. – 591 с.
8. Зонн С. В. О процессах подзоло- и псевдоподзолообразования и проявления последнего в почвах СССР // Почвоведение. – 1969. – № 3. – С. 3-11.
9. Нецветов М. В. Вертикальное перемещение микрочастиц в почве под действием вибрации сверхнизких частот // Грунтознавство. – 2003. – Т. 4, № 1-2. – С. 62-65.
10. Нецветов М. В. Влияние вибраций 1-100 Гц на перемещение микрочастиц в почве // Грунтознавство. – 2006. – Т. 7, № 3-4. – С. 92-96.
11. Нецветов М. В., Роменский М. В., Хиженков П. К., Нецветов В. И. Магнитные нано- и микроматериалы в моделировании лессиважа // Грунтознавство. – 2007. – Т. 8, № 3-4. – С. 36-40.
12. Нецветов М. В. Вибрационная экология леса // Экологія та ноосферологія. – 2008. – Т. 19, № 3-4. – С. 40-50.
13. Роде А. А. Подзолообразовательный процесс. – М.-Л., 1937.
14. Роде А. А., Феофарова И. И. Несколько данных о минералогическом составе "кремнеземистой присыпки" в лесостепных почвах // Почвоведение. – 1955. – № 9.
15. Тюремнов С. И. Об изменении механического состава глинистых пород под влиянием кислых растворов // Русский почвовед. – 1922.
16. Фридланд В. М. Об оподзоливании и иллиммеризации (обезыливания) // Почвоведение. – 1958. – № 1. – С. 27-38.

Нецветов М. В., Корниенко В. О., Никулина В. М., Роменский М. В. Дифференциация профиля почвы по скорости лессиважа в экспериментальной модели. – В работе предложена экспериментальная модель процесса вертикального перемещения коллоидальных и суспензионных частиц в почве. Показан нелинейный характер зависимости скорости прохождения частиц сквозь почву в зависимости от глубины горизонта в профиле чернозема лесоразрушенного.

Ключевые слова: лессиваж, экспериментальная модель.

Netsvetov M. V., Kornienko V. O., Nikulina V. M., Romenski M. V. Differentiation of soil profile by lessivage speed at experimental model. – The experimental model of vertical migration of colloidal and suspension particles in the soil is proposed. It is showed a non linear character of the velocity of the lessivage dependently of the pattern depth.

Key words: lessivage, experimental model.

О. В. Важненко¹, Ю. В. Єщенко², Н. В. Григорова², В. Д. Бовт², В. А. Єщенко²
ДОСЛІДЖЕННЯ ЦИНКОВОЇ НЕДОСТАТНОСТІ У ЛЮДЕЙ,
ЩО ВИНΙΚАЄ В УМОВАХ ВПЛИВУ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНОГО
СЕРЕДОВИЩА ІНДУСТРІАЛЬНОГО ЦЕНТРУ

¹Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Запорізькій області
69035, м. Запоріжжя, вул. 40-років Радянської України, 72 а

²Запорізький національний університет
69600, м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66 e-mail: listopad1@ukr.net

Важненко О. В., Єщенко Ю. В., Григорова Н. В., Бовт В. Д., Єщенко В. А. Дослідження цинкової недостатності у людей, що виникає в умовах впливу техногенно навантаженого середовища індустриального центру. – Проведено дослідження вмісту цинку в гранулоцитах крові людей та тварин, які зазнали шкідливого впливу промислових факторів, зокрема високого рівня забруднення атмосферного повітря. Крім того, проведено дослідження змін, що відбулися у внутрішніх органах піддослідних тварин під дією вищезазначеного фактору. Виявлено, що в умовах техногенно навантаженого повітряного басейну м. Запоріжжя у людей розвивається дефіцит цинку в гранулоцитах крові, що є показником порушень обміну цинку у всьому організмі. Це явище було підтверджено в дослідах на тваринах.

Ключові слова: цинк, техногенне навантаження, гранулоцити, забруднення атмосферного повітря, тонка кишка, передміхурова залоза, головний мозок.

Вступ

У великих індустриальних центрах особливої актуальності набуває проведення оцінки стану повітряного басейну та дослідження змін в організмі людини, яка мешкає у середовищі з високим рівнем забруднення атмосферного повітря. В результаті численних досліджень було доведено чіткий взаємозв'язок між ступенем забруднення атмосферного повітря та загальним рівнем захворюваності населення, яке проживає на відповідній території.

Мета даного дослідження – визначення стану обміну цинку у людей, які перебувають під впливом техногенно навантаженого атмосферного повітря.

Матеріали та методи досліджень

Для дослідження стану атмосферного повітря м. Запоріжжя використовувались матеріали статистичної звітності підприємств, обласної та міської СЕС, Головного управління статистики, Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Запорізькій області та інше.

Для визначення впливу забруднення атмосферного повітря на вміст цинку у гранулоцитах крові людини обрали 3 групи осіб: перша – мешканці сільських районів, які не зазнавали дії шкідливих факторів промислового походження (15 осіб), друга – працівники підприємств ВАТ "Запоріжсталь" (14 осіб) та третя – ВАТ "Запоріжжкокс" (12 осіб).

Для дослідження впливу забруднення атмосферного повітря на клітини внутрішніх органів було використано 37 мишей. Із них 12 тварин були інтактними (контрольними), 14 – протягом півтора місяця знаходились в промисловому цеху ВАТ "Запоріжсталь", 11 – на ВАТ "Запоріжжкокс".

Вплив негативних факторів викликає у клітинах порушення обміну речовин, які відносяться до неспецифічного адаптаційного синдрому клітинної системи (НАСКС) [1]. Під час дослідження метаболічних зрушень у клітинах особливої уваги заслуговує стан обміну в них цинку [5, 7]. Пояснюється це тим, що цинк входить до складу великої кількості металоферментів [12], стабілізує клітинні мембрани [10]. Більшість ознак НАСКС (підвищення сорбційних властивостей цитоплазми, посилений вихід речовин із клітин, порушення процесів гранулоутворення, накопичення в клітинах вільних радикалі та ін.) пов'язано з мембранною проникністю, а, отже, можуть бути результатом дефіциту цинку в клітинах. Можна припустити, що дія на організм несприятливих факторів супроводжується

відповідними за ступенем вираженості порушеннями обміну цинку в клітинах. А. S. Prasad [11] було доведено, що за вмістом цинку у фракції зернистих лейкоцитів можна судити про стан обміну цинку в усьому організмі, тобто виявляти цинкову недостатність, тестуючи за гранулоцитами крові.

Крім гранулоцитів крові, цитохімічно цинк, що визначається, присутній в інсулінпродукуючих клітинах, клітинах базальних відділів кишкових крипт (клітинах Панета), кінцевих відділів передміхурової залози, нейронах гіпокампу [5].

Для визначення функціонального стану зернистих лейкоцитів та вмісту в них цинку використовували дитизон (дифенілтиокарбазон) та 8-(паратолуолсульфоніламіно)-хінолін (8-ТСХ). Наявні в літературі відомості, що вказують на зв'язок цинку з білками, викликають за необхідне дослідження секреторного матеріалу гранулоцитів крові за допомогою метилового зеленого-еозину (МЗЕ).

У людей кров брали з пальця, у мишей – з хвоста. Мазки крові фіксували у парах формаліну з подальшим фарбуванням протягом 3-х годин 0,2%-м водно-аміаковим розчином дитизону та фарбували по методу МЗЕ. Мазки крові людей також протягом 1 хв. обробляли 0,01%-м ацетоновим розчином 8-ТСХ. За методом МЗЕ після фіксації в парах формаліну мазки фарбували 1%-м розчином метилового зеленого (1 хв.), після чого повторно фіксували в парах формаліну (30 хв.), промивали дистильованою водою (5 хв.), фарбували 0,5%-м розчином еозину (30 хв.), повторно промивали дистильованою водою та розташовували у желатині [5].

На препаратах, забарвлених дитизоном, у цитоплазмі зернистих лейкоцитів виявлялись червоні гранули, кількість яких – показник вмісту цинку в клітинах. На препаратах, забарвлених МЗЕ, гранули секреторного матеріалу були фіолетового кольору.

Мазки крові, оброблені 8-ТСХ, розглядали під люмінесцентним мікроскопом. У гранулоцитах виявляли жовто-зелену люмінесценцію. Для її збудження застосовували світлофільтр ФС-1, захисним (окулярним) слугував світлофільтр зі скла ЖС-18.

За допомогою цитохімічних реакцій дитизону та 8-ТСХ у гранулоцитах крові визначається цинк. Зменшення вмісту цього металу (його дефіцит) у клітинах свідчить про зменшення їх функціональної активності. Дефіцит цинку в гранулоцитах крові вказує також на розвиток цинкової недостатності, за якої знижується функція імунної та інших систем організму, послаблюються захисні сили організму проти професійних та інших факторів, знижується працездатність.

В експерименті над тваринами у забитих мишей витягали головний мозок, тонку кишку, передміхурову залозу. Із головного мозку готували заморожені зрізи, завтовшки 30-60 мм. У них виявляли цинк флуорохромуванням за допомогою 0,01%-го ацетонового розчину 8-ТСХ. На препаратах жовто-зелена люмінесценція виявлялась у зубчастій фасції, полях СА2-СА4 амонова рога. Інтенсивність цієї реакції – показник вмісту в гіпокампі цинку.

Шматочки інших органів фіксували впродовж 12 год. у холодному ацетоні (4°C) ацетоні та через ксилоли доводили до парафіну. Парафінові зрізи завтовшки 5-10 мкм флуорохромували 0,01%-м ацетоновим розчином 8-ТСХ. На препаратах цинк виявляли за жовто-зеленою люмінесценцією базальних відділів кишкових крипт (клітин Панета), кінцевих відділів передміхурової залози.

Інтенсивність цитохімічних реакцій оцінювали за трьохбальною системою, запропонована В. В. Соколовським [8], а також Ф. Хейхоу та Д. Квагліно [9]. За один бал приймали слабопозитивну, два бали – помірну, три бали – виражену за інтенсивністю реакцію.

Результати та обговорення

Запоріжжя є одним з навантажених міст України за промисловим потенціалом, що зумовлено наявністю і концентрацією підприємств чорної і кольорової металургії, енергетики, хімії та є одним із лідерів за рівнем забруднення атмосферного повітря. Сучасна

екологічна ситуація в м. Запоріжжя характеризується як складна [2, 3, 6]. У 2006 р. серед шістьох міст – великих промислових центрів Південно-Східного регіону України м. Запоріжжя зайняло IV місце за викидами забруднюючих речовин до атмосферного повітря від стаціонарних джерел, поступившись лише Кривому рогу, Маріуполу та Донецьку [4]. Загальні викиди забруднюючих речовин склали 378,8 тис. т, з яких 258,1 тис. т – викиди від стаціонарних джерел забруднення.

Значна частина промислових підприємств м. Запоріжжя розташована в центрі житлових забудов, що формують основне техногенне навантаження на навколишнє середовище населених пунктів. Пріоритетними забруднювачами атмосферного повітря міста є: зважені речовини, двоокис азоту, фенол, фтористий водень, сірководень, сірковуглець, сірчаний ангідрид та ін. [2].

У табл. 1 представлено дані Запорізької санітарно-епідеміологічної служби щодо відсотка перевищень граничнодопустимих концентрацій під факелом викидів промислових підприємств на території житлової забудови м. Запоріжжя.

Таблиця 1

Перевищення ГДК під факелом викидів промислових підприємств на території житлової забудови м. Запоріжжя в динаміці 2000-2006 рр.

№ з/п	Досліджувана речовина	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
1.	Зважені речовини	74,3%	74,4%	71,5%	77,47 %	58,3 %	66,7 %	55,4 %
2.	Оксида азоту	32,6%	41,1%	27,1%	47,91 %	36,6 %	48,0 %	50,5 %
3.	Фенол	44,8%	51,2%	53,3%	55,61 %	40,3 %	44,0 %	58,3 %
4.	Фтористий водень	10,4%	6,5%	3,8%	9,74 %	4,4 %	19,2 %	39,1 %
5.	Сірковуглець	34,3%	30,8%	16,3%	28,41 %	28,8 %	50,0 %	35,5 %
6.	Сірководень	36,0%	26,4%	57,3%	45,74 %	39,3 %	51,1 %	62,8 %

Аналізуючи отримані дані, можна відзначити деяке зменшення забруднення атмосферного повітря порівняно з 2006 р., у той же час збільшилась забрудненість фенолом, фтористим воднем, сірководнем.

Зростання обсягів виробництва та валових викидів в атмосферне повітря, що відбувається за останні роки, призводить до більш інтенсивного забруднення атмосферного повітря в місті.

Основними забруднювачами атмосферного повітря є підприємства Мінпромполітики (металургійна та хімічна галузі). Викиди від цих підприємств складають близько 90% від загальної кількості забруднюючих речовин у м. Запоріжжя від стаціонарних джерел. Найбільший вплив на стан атмосферного повітря м. Запоріжжя здійснюють 11 підприємств – основних забруднювачів [3, 6]. Як видно з табл. 2 найбільше перевищень ГДК у 2006 р. спостерігалось з сірководню, фенолу, зваженим речовинам та оксидам азоту. Щоб визначити, які підприємства вносять найбільший вклад за цими речовинами, розглянемо обсяги викидів пріоритетних забруднюючих речовин на підприємствах – основних забруднювачах м. Запоріжжя.

Дані табл. 2 показують, що безперечним лідером за загальними обсягами викидів в м. Запоріжжя є ВАТ "Запоріжсталь", але інші підприємства-забруднювачі також здійснюють значний вплив на якість атмосферного повітря. Наприклад, така шкідлива речовина як фенол, через яку часто спостерігається перевищення ГДК, є пріоритетом підприємства ВАТ "Запоріжкокс". Для дослідження було обрано працівників цих двох промислових гігантів.

У мазках крові, забарвлених за методом МЗЕ, інтенсивність реакції у мешканців сільських районів, які не підлягають постійному впливу промислових факторів становила $1,0 \pm 0,08$ ум. од., у той час як в осіб, які працюють на ВАТ "Запоріжсталь" – $0,6 \pm 0,04$ ум. од. ($p < 0,001$), на ВАТ "Запоріжкокс" $0,7 \pm 0,05$ ум. од. ($p < 0,01$).

Таблиця 2

Викиди основних забруднювачів атмосферного повітря в м. Запоріжжя за 2006 р.

Назва забруднюючої речовини	Частка викидів забруднюючої речовини		
	усього викидів, т/рік	до загального обсягу викидів об'єкта, %	до загального обсягу викидів речовини м. Запоріжжя, %
ВАТ "Запоріжсталь"			
Загальні викиди	78399,9		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	7981,129	10,18	53,75
Сполуки азоту	4002,008	5,104	47,2
Діоксид та інші сполуки сірки	5756,836	7,342	56,65
Оксид вуглецю	58976,911	75,22	56,54
ВАТ "Дніпроспецсталь"			
Загальні викиди	3399,298		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	591,136	17,38	3,98
Сполуки азоту	394,204	11,6	4,65
Діоксид та інші сполуки сірки	130,750	3,84	1,28
Оксид вуглецю	1045,100	30,74	1,00
Фтор та його сполуки	1,786	0,05	0,21
Залізо та його сполуки	1073,875	31,59	38,44
ВАТ "Запорізький виробничий алюмінієвий комбінат"			
Загальні викиди	11186,075		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1014,419	9,06	6,83
Сполуки азоту	229,393	2,45	2,70
Діоксид та інші сполуки сірки	263,262	2,35	2,59
Оксид вуглецю	4910,068	43,89	4,70
Алюмінію оксид	3308,452	29,57	98,2
Фтор та його сполуки	815,283	7,28	99,2
Стійкі органічні забруднювачі	592,706	5,29	82,04
ВАТ "Запоріжкокс"			
Загальні викиди	5150,299		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	520,926	10,1	3,50
Сполуки азоту	1638,40	31,8	19,33
Діоксид та інші сполуки сірки	658,164	12,7	6,47
Оксид вуглецю	2254,288	43,7	2,16
Фенол	4,667	0,09	33,38
Аміак	77,084	1,49	32,33
ВАТ "Український графіт"			
Загальні викиди	2177,761		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	295,724	13,57	1,99
Сполуки азоту	23,288	1,069	0,27
Діоксид та інші сполуки сірки	233,940	10,742	2,30
Оксид вуглецю	1487,622	68,309	1,426

Назва забруднюючої речовини	Частка викидів забруднюючої речовини		
	усього викидів, т/рік	до загального обсягу викидів об'єкта, %	до загального обсягу викидів речовини м. Запоріжжя, %
КП "Запорізький титаномagneзний комбінат"			
Загальні викиди	801,110		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	136,784	17,07	0,92
Сполуки азоту	26,592	3,32	0,31
Діоксид та інші сполуки сірки	106,718	13,32	1,05
Оксид вуглецю	285,950	35,69	0,27
Хлор та сполуки хлору	102,046	12,73	43,04
Водню хлорид	93,669	11,69	72,33
ВАТ "Запорізький завод феросплавів"			
Загальні викиди	33930,143		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1439,41	4,24	9,69
Сполуки азоту	510,97	1,50	6,02
Діоксид та інші сполуки сірки	2366,58	6,97	23,28
Оксид вуглецю	29168,27	85,96	27,96
Манган та його сполуки	442,29	1,30	91,7
ВАТ "Запоріжвогнетрив"			
Загальні викиди	1060,677		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	403,04	38,0	2,71
Сполуки азоту	110,661	10,43	1,30
Діоксид та інші сполуки сірки	296,535	27,96	2,91
Оксид вуглецю	249,259	23,5	0,23
ВАТ "Запоріжсклофлюс"			
Загальні викиди	363,755		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	136,216	37,44	0,91
Сполуки азоту	41,647	11,44	0,49
Діоксид та інші сполуки сірки	34,53	9,49	0,33
Оксид вуглецю	144,784	39,8	0,13
Фтор та його сполуки	3,621	0,99	0,44
ВАТ "Запорізький абразивний комбінат"			
Загальні викиди	7167,149		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1736,429	24,2	11,6
Сполуки азоту	106,376	1,48	1,25
Діоксид та інші сполуки сірки	237,844	3,32	2,34
Оксид вуглецю	4974,184	69,4	4,76
Стійкі органічні забруднювачі	55,253	0,8	7,64
ЗДП "Кремній полімер"			
Загальні викиди	459,578		
Речовини у вигляді суспендованих твердих частинок	1,524	0,3	0,01
Сполуки азоту	60,82	13,23	0,71
Діоксид та інші сполуки сірки	–	–	–

Назва забруднюючої речовини	Частка викидів забруднюючої речовини		
	усього викидів, т/рік	до загального обсягу викидів об'єкта, %	до загального обсягу викидів речовини м. Запоріжжя, %
Оксид вуглецю	5,895	1,3	0,005
Хлор та його сполуки	30,633	6,66	12,9
Неметанові леткі органічні сполуки	63,847	13,8	2,94
Метан	296,622	64,5	39,14

При використанні в якості фарбника дитизону на препаратах крові контрольної групи інтенсивність реакції становила $1,3 \pm 0,09$ ум. од., у другій групі – $0,9 \pm 0,06$ ум. од. ($p < 0,001$), а у третій – $0,9 \pm 0,08$ ум. од. ($p < 0,001$).

На препаратах крові, оброблених 8-ТСХ, у контролі інтенсивність реакції становила $1,4 \pm 0,10$ ум. од. У працівників ВАТ "Запоріжсталь" показник склав $1,0 \pm 0,08$ ум. од. ($p < 0,01$), ВАТ "Запоріжжкокс" – $0,9 \pm 0,09$ ум. од. ($p < 0,001$).

Наведені дані вказують на суттєву відмінність від контролю у другій та третій групах обстежених осіб, що вказує на те, що у цих випадках розвився дефіцит цинку в клітинах.

При підрахунку кількості дитизонових гранул у зернистих лейкоцитах отримано такі цифри: у контрольних осіб – $140 \pm 5,1$, у другій групі – $114 \pm 4,6$ ($p < 0,001$), у третій – $122 \pm 5,0$ ($p < 0,01$). Схожі результати отримані при підрахунку кількості гранул МЗЕ та 8-ТСХ: контроль – $129 \pm 4,8$ та $143 \pm 4,8$, друга група – $88 \pm 2,6$ ($p < 0,001$) та $118 \pm 4,5$ ($p < 0,001$), а третя – $101 \pm 3,9$ ($p < 0,001$) та $121 \pm 5,1$ ($p < 0,001$) відповідно.

Отримані результати наведено у табл. 3.

Таблиця 3

**Інтенсивність цитохімічних реакцій дитизону, МЗЕ та 8-ТСХ
у гранулоцитах крові людей ($\bar{X} \pm m$, n= 41)**

Група обстежених осіб	МЗЕ		Дитизон		8-ТСХ	
	Інтенсивність реакції, у.о.	Кількість гранул	Інтенсивність реакції, у.о.	Кількість гранул	Інтенсивність реакції, у.о.	Кількість гранул
Контроль	$1,0 \pm 0,08$	$129 \pm 4,8$	$1,3 \pm 0,09$	$140 \pm 5,1$	$1,4 \pm 0,10$	$143 \pm 4,8$
II група	$0,6 \pm 0,04$ ***	$88 \pm 2,6$ ***	$0,9 \pm 0,06$ ***	$114 \pm 4,6$ ***	$1,0 \pm 0,08$ **	$118 \pm 4,5$ ***
III група	$0,7 \pm 0,05$ **	$01 \pm 3,9$ ***	$0,9 \pm 0,08$ ***	$122 \pm 5,0$ **	$0,9 \pm 0,09$ ***	$121 \pm 5,1$ ***

Примітка. ** – $p < 0,01$; *** – $p < 0,001$ порівняно з контролем.

У табл. 4 наведено дані вмісту цинку в гранулоцитах крові піддослідних мишей. У контрольних (інтактних) мишей інтенсивність цитохімічної реакції дитизону дорівнювала $1,2 \pm 0,09$ ум. од., а реакції МЗЕ – $0,9 \pm 0,06$ ум. од.

Перебування в умовах високого рівня забруднення атмосферного повітря призвело до зниження інтенсивності реакції у другій групі до $0,8 \pm 0,06$ ум. од. ($p < 0,001$) та у третій до $0,9 \pm 0,07$ ум. од. ($p < 0,01$) при фарбуванні дитизоном. Тобто, відбулось зниження вмісту цинку на 33 та 25% відповідно.

При фарбуванні за методом МЗЕ у другій і третій групах відбулось зниження інтенсивності реакції відповідно на 22 та 44%, тобто склало $0,7 \pm 0,04$ ум. од. ($p < 0,01$) та $0,5 \pm 0,03$ ум. од. ($p < 0,001$).

При підрахунку кількості гранул у контролі при фарбуванні дитизоном значення склало $106 \pm 3,1$, а у випадку МЗЕ – $95 \pm 4,2$. Підрахунок кількості дитизонових гранул у зернистих лейкоцитах тварин, які піддалися впливу техногенно навантаженого повітря отримані такі цифри: на ВАТ "Запоріжсталь" – $90 \pm 2,3$ ($p < 0,001$), на ВАТ "Запорожжкокс" – $93 \pm 2,6$ ($p < 0,01$). Схожі результати отримано при підрахунку кількості гранул МЗЕ: друга група – $79 \pm 3,6$ ($p < 0,01$), третя – $64 \pm 3,1$ ($p < 0,001$).

Таблиця 4

**Інтенсивність цитохімічних реакцій дитизону та метилового зеленого - еозину (МЗЕ)
в гранулоцитах крові мишей ($\bar{X} \pm m$, n= 37)**

Група обстежених тварин	Дитизон		МЗЕ	
	Інтенсивність реакції, у.о.	Кількість гранул	Інтенсивність реакції, у.о.	Кількість гранул
Контроль	1,2 ± 0,09	106 ± 3,1	0,9 ± 0,06	95 ± 4,2
II група	0,8 ± 0,06***	90 ± 2,3***	0,7 ± 0,04**	79 ± 3,6**
III група	0,9 ± 0,07**	93 ± 2,6**	0,5 ± 0,03***	64 ± 3,1***

Примітка. ** – p < 0,01; *** – p < 0,001 порівняно з контролем.

У табл. 5 наведено дані вмісту цинку в нейронах гіпокампу, клітинах Панета та кінцевих відділів передміхурової залози. У контрольних (інтактних) тварин інтенсивність цитохімічної реакції 8-ТСХ у гіпокампі склала 1,9 ± 0,14 ум. од., тонкій кишці – 1,0 ± 0,06 ум. од., передміхуровій залозі – 1,4 ± 0,10 ум. од. При утриманні мишей в умовах підвищеного забруднення атмосферного повітря отримано такі цифри: на ВАТ "Запоріжсталь" цинку виявилось на 32% менше в нейронах гіпокампу, на 50% – клітинах Панета та на 50% – клітинах передміхурової залози. У всіх випадках різниця з контролем достовірна (p < 0,01).

При утриманні тварин на ВАТ "Запоріжжкокс" у гіпокампі виявилось зниження вмісту цинку на 26%, у клітинах Панета – на 40%, у клітинах передміхурової залози – на 43%. У всіх випадках різниця з контролем достовірна (p < 0,01).

Таблиця 5

Інтенсивність цитохімічних реакцій 8-ТСХ у гіпокампі, базальних відділах кишкових крипт, кінцевих відділах передміхурової залози у мишей ($\bar{X} \pm m$, n= 37)

Група обстежених тварин	Інтенсивність реакції, у.о.		
	гіпокамп	клітини Панета	передміхурова залоза
Контроль	1,9 ± 0,14	1,0 ± 0,06	1,4 ± 0,12
II група	1,3 ± 0,09**	0,5 ± 0,02***	0,7 ± 0,04***
III група	1,4 ± 0,10**	0,6 ± 0,04***	0,8 ± 0,06***

Примітка. ** – p < 0,01; *** – p < 0,001 порівняно з контролем.

Наведені в табл. 5 дані вказують на те, що при утриманні тварин в умовах високого рівня забруднення атмосферного повітря у всіх випадках відбувалось значне зниження вмісту цинку, тобто розвивався його дефіцит. Різниця між даними, отриманими у другій і третій групах з контролем, достовірна (p < 0,01).

Висновки

Незадовільний стан повітряного басейну індустріального центру негативно впливає на стан здоров'я населення. Екологічна ситуація в м. Запоріжжя характеризується як складна. Забруднення та здійснення негативного антропогенного впливу на стан повітряного басейну значно перевищує санітарні норми.

Встановлено, що у працівників промислового підприємства відбулось зниження інтенсивності цитохімічних реакцій дитизону, МЗЕ та 8-ТСХ у гранулоцитах крові, за допомогою яких визначається цинк. Це вказує на розвиток цинкової недостатності у зернистих лейкоцитах крові, що може бути показником незадовільного стану обміну цинку у всьому організмі. Ця тенденція підтверджена в дослідях на тваринах.

Встановлена залежність вмісту цинку в гранулоцитах крові від впливу техногенного навантаження середовища дозволяє рекомендувати цитохімічні реакції МЗЕ, дитизону та 8-ТСХ в якості діагностичних тестів, які можна вважати показниками порушень стану здоров'я людини. Дефіцит цинку в клітинах супроводжується імунодефіцитами, за яких знижується адаптивні можливості організму щодо дії небезпечних факторів довкілля.

Список літератури

1. Браун А. Д., Моженок Т. П. Неспецифический адаптационный синдром клеточной системы. – Л.: Наука, 1987. – 238 с.
2. Бюлетень стану навколишнього середовища м. Запоріжжя за 2006 рік // Запорізька міська санітарно-епідеміологічна станція. – Запоріжжя, 2006. – 9 с.
3. Довкілля області за 2006 рік // Головне управління статистики у Запорізькій області / За ред. В. П. Головешка. – Запоріжжя, 2006. – 138 с.
4. Довкілля України. Статистичний збірник // Державний комітет статистики України. – К., 2006. – 255 с.
5. Ещенко В. А. Гистохимическое исследование цинка // Цитология. – 1978. – Т. 20, № 8. – С. 927-933.
6. *Твоє майбутнє – земля за порогами* за матеріалами національної доповіді про стан навколишнього природного середовища в Запорізькій області у 2006 році // Держуправління охорони навколишнього природного середовища в Запорізькій області, 2006. – 170 с.
7. Панин Л. Е. Биохимические механизмы стресса. – Новосибирск: Наука, 1983. – 233 с.
8. Соколовский В. В. Гистохимические исследования в токсикологии. – Л.: Медицина, 1983. – 320 с.
9. Хейхоу Ф., Кваглино Д. Гематологическая цитохимия. – М.: Медицина, 1983. – 320 с.
10. Bray T. M., Bettger W. J. The physiological role of zinc as an antioxidant // Free Radic. Biol.Med. – 1990. – Vol. 8. – P. 281-291.
11. Prasad A. S. Neutrophil zinc: an indicator of zinc status in man // Trans. Assoc. Amer. Physicians. – 1982. – Vol. 95. – P.165-176.
12. Vallee B. L. Zinc: biochemistry, physiology, toxicology and clinical pathology // Biofactors. –1988. – Vol. 1. – P. 31-36.

Важненко А. В., Ещенко Ю. В., Григорова Н. В., Бовт В. Д., Ещенко В.А. Исследования цинковой недостаточности у людей, возникающей при условиях влияния техногенно нагруженной среды индустриального центра. – Проведены исследования содержания цинка в гранулоцитах крови людей и животных, которые были подвержены влиянию промышленных факторов, в частности высокого уровня загрязнения атмосферного воздуха. Кроме того, проведены исследования изменений, которые происходили во внутренних органах подопытных животных под влиянием вышеупомянутого фактора. Было выявлено, что в условиях техногенно нагруженного воздушного бассейна г. Запорожье у людей развивался дефицит цинка в гранулоцитах крови, что служит показателем нарушений обмена цинка во всем организме. Это было подтверждено в опытах на животных.

Ключевые слова: цинк, техногенная нагрузка, гранулоциты, загрязнение атмосферного воздуха, тонкий кишечник, предстательная железа, головной мозг.

Vazhnenko O. V., Eshchenko J. V., Grigorova N. V., Bovt V. D., Eshchenko V. A. Researches of human's zinc insufficiency, arising in conditions of influence of the technogenic polluted environment of industrial center. – Researches of zinc contents in granulocytes of blood of people and animals which were subject to influence of industrial factors, in particular high level of air pollution have been conducted. In addition, researches of changes which took place in the internals of experimental animals under influence of above-mentioned factor have been conducted. It was exposed, that in the conditions of the technogenic air-polluted pool of Zaporizhzhia, people had the deficit of zinc developed in blood granulocytes, which serves as the index of violations of exchange of zinc in all of organism. It was confirmed in experiments on animals.

Key words: zinc, technogenic pollution, granulocytes, air pollution, thin intestine, prostate, brain.

И. Г. Герасимов, Т. М. Гальбурт
МОРФОЛОГИЯ НЕЙТРОФИЛОВ КРОВИ ЧЕЛОВЕКА
В ПРОЦЕССЕ ИХ ПРИКРЕПЛЕНИЯ IN VITRO

*НИИ медицинских проблем семьи Донецкого национального медицинского университета
им. М. Горького; 83048, г. Донецк, ул. Левицкого, 4; e-mail: iggerasin@mail.ru*

Герасимов И. Г., Гальбурт Т. М. Морфология нейтрофилов крови человека в процессе их прикрепления in vitro. – Кинетика морфометрических показателей (периметр и площадь) нейтрофилов крови человека, прикрепляющихся к предметному стеклу, описана уравнениями, аналогичными кинетическим уравнениям необратимых реакций первого порядка. Рассчитанные значения морфометрических показателей нейтрофилов во взвеси и прикрепленных согласуются с литературными данными, а время завершения процесса составляет примерно 3 часа.

Ключевые слова: прикрепление, нейтрофилы, морфология, морфометрические показатели, периметр, площадь, кинетика.

Введение

Одним из направлений в современной цитологии является изучение процессов, обеспечивающих жизнедеятельность клеток и их гибель, таких как, например, пролиферация, дифференцировка, фагоцитоз, апоптоз и другие. В условиях нормального функционирования ни один из этих процессов не может протекать без клеточного прикрепления. Прикрепление включает в себя перемещение клетки к субстрату, контакт внешней стороны наружной клеточной мембраны с материалом субстрата и взаимодействие внешних мембранных химических групп клетки с химическими группами его поверхности. В результате прикрепления одни клетки, такие как, например фибробласты, изменяют свою форму и становятся амебоидными, образуя псевдоподии (распластывание) [1]. Другие клетки, такие как, например макрофаги или не очень специализированные фагоциты в результате прикрепления изменяют свою форму не принципиально, образуя сплюснутую сферу [2]. Понятно, что процесс прикрепления протекает во времени и для его исследования в настоящее время применяется следующий подход [3-5]. Суспензию клеток наносят на ряд предметных стекол, подсчитывают под микроскопом количество клеток, термостатируют, через определенные промежутки времени клетки смывают подходящими растворами и подсчитывают количество оставшихся на подложке прикрепившихся клеток. Таким образом, удастся изучить поведение популяции клеток. Описанный подход, однако, не дает информации о поведении каждой клетки в отдельности.

В то же время, изучение кинетики прикрепления индивидуальных клеток представляет несомненный интерес, поскольку позволяет судить не только и не столько о количестве прикрепившихся клеток, но и об их качестве. Исследование кинетики прикрепления индивидуальных клеток, помимо теоретического интереса, позволяет разработать подходы к выявлению нарушений функционирования клеток, что может быть полезно для диагностики заболеваний и оценки состояний организма человека. Исходные данные для такого рода морфологических исследований естественным образом формируются при измерении и расчете морфометрических показателей клетки, например, ее периметра и площади. Однако измерение и расчет этих показателей оказывается трудоемким без применения специализированных автоматизированных систем для обработки изображений. При этом получение оцифрованных изображений проекций клеток и расчет их морфометрических параметров с помощью персональных ЭВМ не представляет технических трудностей. Одной из первых работ в этом направлении было исследование жизнеспособности фибробластов [6].

В данной работе предпринята попытка математического описания кинетики прикрепления клеток на примере прикрепления in vitro нейтрофилов периферической крови человека.

Материалы и методы исследований

Исследовали 11 нейтрофилов в 5-ти образцах гепаринизированной (5 мкл/мл) капиллярной крови в процессе их прикрепления к предметному стеклу при комнатной температуре в течение 30 мин или 3-4 час. Кровь брали у здоровых добровольцев (4 мужчин, 1 женщина, возраст 19-20 лет). Оцифрованные изображения проекций нейтрофилов на плоскость получали путем микроскопирования под иммерсией. Использовали микроскоп ЛЮАМ-РЗ ("ЛОМО") с объективом x90, цифровую видеокамеру CCD Oscar Color Camera OS-35II ("SCAR") и программу для захвата, хранения и просмотра изображений ASUS Live Version 4.6 B2. На изображениях с помощью специальной компьютерной программы выделяли контур проекции нейтрофила на плоскость, измеряли периметр (P) и площадь (S) и рассчитывали параметры кинетической уравнений с помощью пакета статистических программ R for Windows FAQ Version for R-2.4.1. Для каждой клетки находили 10 контуров и рассчитывали средние значения с доверительной вероятностью 0,95. Относительный доверительный интервал расчетных значений P и S не превышал $\pm 10\%$.

Результаты и их обсуждение

Типичные изображения неоконтуренного и оконтуренного нейтрофила на разных стадиях прикрепления приведены на рис. 1. Как видно из рисунка, в процессе прикрепления морфология нейтрофила изменяется, а его площадь и периметр увеличиваются с течением времени.

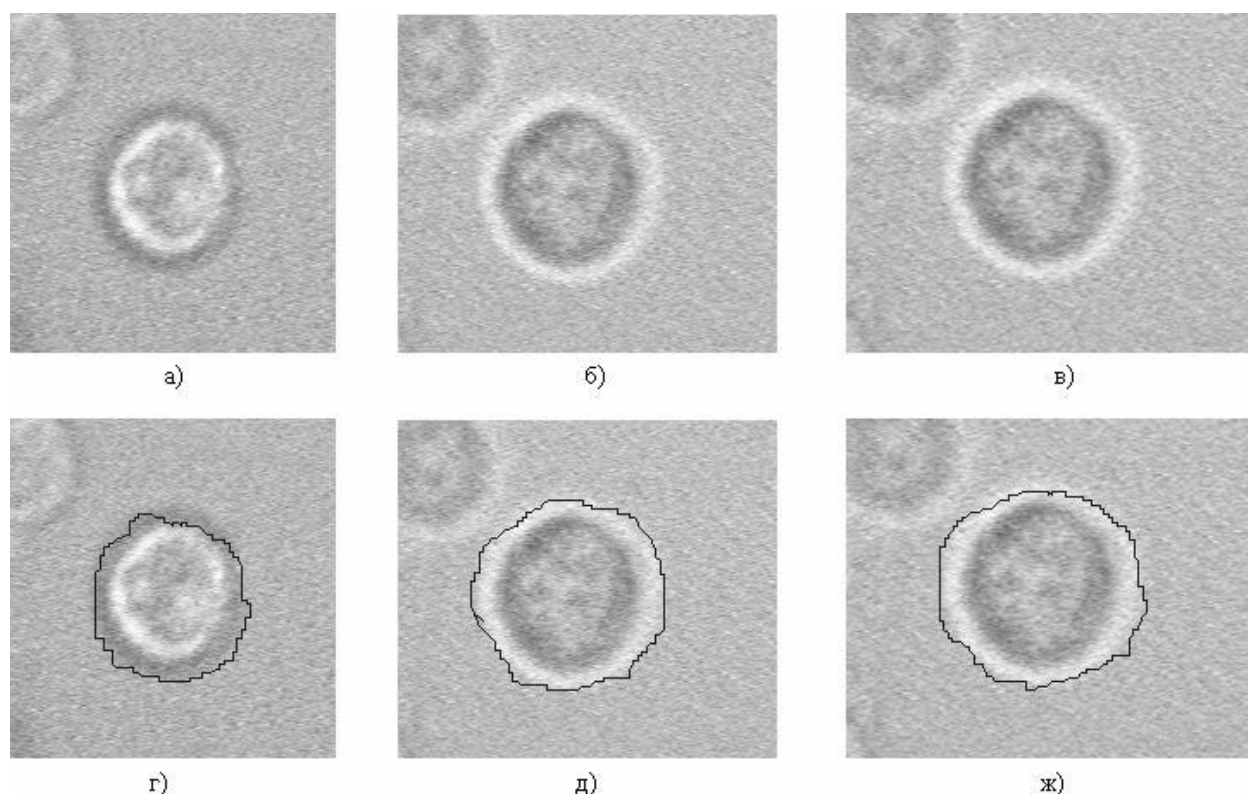


Рис. 1. Изображения неоконтуренного (а-в) и оконтуренного (г-ж) нейтрофила в процессе прикрепления в момент времени $t = 0$ (а, г), $t = 80$ (б, д) и $t = 540$ с (в, ж)

Типичные зависимости морфометрических показателей от времени (t) приведены на рис. 2. Как видно из рисунка, периметр и площадь нейтрофилов закономерно возрастают в процессе прикрепления. При этом на ранних временах прослеживается участок, на котором скорости изменения P и S не столь велики, как в дальнейшем. Наоборот, на поздних временах скорость изменения обсуждаемых показателей уменьшается и стремится к нулю. Известно, что прикрепление обусловлено слабыми взаимодействиями химических групп

мембраны клеток с химическими группами субстрата (подложки). Из рис. 2 видно, что вначале процесс образования физико-химических связей, обеспечивающих контакт клетки с подложкой и ее прикрепление происходит медленно, затем его скорость возрастает и в дальнейшем, и постепенно замедляется (s-образная кривая). Прикрепление оказывается завершенным, когда периметр и площадь перестают изменяться.

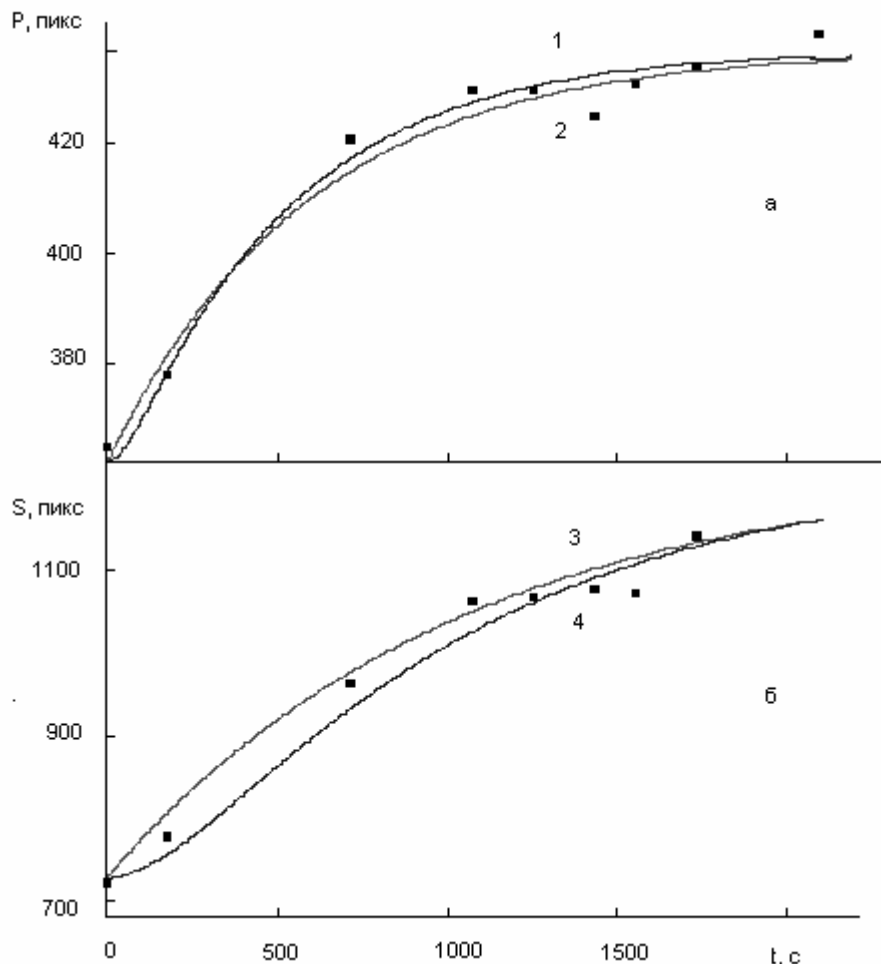
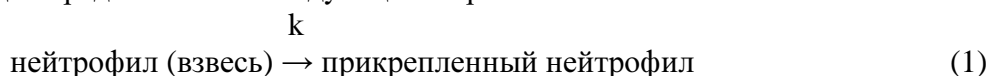


Рис. 2. Зависимости P (а) и S (б) в процессе прикрепления нейтрофила от времени (точки) и их описание (кривые) по уравнениям (2) (1, 3) и (4) (2, 4)

Вид кривых $P(t)$ и $S(t)$ указывает на то, что изменение морфометрических параметров во времени может подчиняться закономерностям формальной химической кинетики реакций первого порядка, для которых скорость реакции зависит от концентрации реагирующего вещества. В том случае, когда взаимодействуют два вещества, одно из которых находится в избытке, а другое в – недостатке, формализм остается прежним, однако порядок реакции оказывается псевдопервым, поскольку он определяется концентрацией только последнего вещества.

В случае прикрепления нейтрофила к подложке, схема необратимой реакции псевдопервого порядка представляется следующим образом:

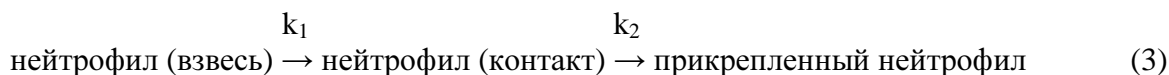


При этом зависимость морфометрических показателей (M) от времени может быть описана уравнением, аналогичным кинетическому уравнению для необратимой реакции первого (псевдопервого) порядка [7]:

$$M_t = M_0 + (M_\infty - M_0) \times (1 - e^{-kt}), \quad (2)$$

где M_t, M_0, M_∞ – P или S при t (P_t, S_t), $t = 0$ (P_0, S_0), $t \rightarrow \infty$ (P_∞, S_∞), соответственно, k – константа скорости реакции первого порядка, c^{-1} .

Наблюдаемая s-образность кривых может указывать на то, что процесс прикрепления протекает через промежуточную стадию, на которой нейтрофил, прежде чем прикрепиться, контактирует с субстратом. В том случае, когда концентрация одного из веществ (химические группы мембраны нейтрофила) оказывается в недостатке, а другого (химические группы подложки) – в избытке, реакция приобретает псевдопервый порядок. Схема такого процесса:



При этом зависимость периметра или площади от времени может быть описана кинетическим уравнением, аналогичным уравнению для последовательной реакции первого (псевдопервого) порядка с образованием одного промежуточного продукта [7]:

$$M_t = M_0 + (M_\infty - M_0) \times \left(1 - \frac{k_2 e^{-k_1 t}}{k_2 - k_1} + \frac{k_1 e^{-k_2 t}}{k_2 - k_1} \right), \quad (4)$$

где M_t, M_0, M_∞ – P или S при t (P_t, S_t), $t = 0$ (P_0, S_0), $t \rightarrow \infty$ (P_∞, S_∞), соответственно, k_1, k_2 – константы скорости первой и второй стадий реакции, c^{-1} .

Рассчитали параметры уравнений (2) и (4), которые, наряду с коэффициентом детерминации (r^2), приведены в табл. 1. Как видно из табл. 1, полученные значения периметров и площадей нейтрофилов во взвеси (P_0, S_0) и прикрепленных (P_∞, S_∞) нейтрофилов не зависят от вида использованного уравнения.

По данным, приведенным в табл. 1, в предположении, что проекция клетки на плоскость представляет собой круг, а ее периметр, соответственно, – окружность, рассчитали диаметры нейтрофилов во взвеси и прикрепленных нейтрофилов. Полученные результаты хорошо согласуются с размерами (морфологией) этих клеток, соответственно в капле крови и в мазке (6-8 мкм и 10-12 мкм) [2, 8]. Следует заметить, что в процессе прикрепления скорость изменения периметра нейтрофила больше, чем скорость изменения его площади. На это указывают значения констант скоростей (k, k_1, k_2) процесса, которые в первом случае выше, чем во втором (см. табл. 1). Такой результат закономерен и обусловлен квадратичной взаимозависимостью между S и P ($S = P^2/4\pi$). При этом коэффициенты детерминаций (r^2), полученные при описании кинетики S(t) и P(t) с помощью уравнений (2) и (4), достаточно высоки ($r^2 \geq 0,96$) (см. табл. 1).

Следовательно, с помощью любого из уравнений (2) или (4) можно описать процесс прикрепления нейтрофилов, однако последнее из них требует расчета большего количества параметров, что технически несколько сложнее. В то же время значения коэффициентов детерминации указывают на то, что уравнение (4) несколько лучше по сравнению с уравнением (2) описывает процесс прикрепления нейтрофилов (см. табл. 1). Это связано с тем, что времени начала непосредственно прикрепления предшествует время, в течение которого клетка входит в контакт с подложкой и когда ее периметр и площадь изменяются менее существенно, чем на следующих стадиях процесса. В результате кривая изменения морфометрических показателей во времени приобретает s-образный вид, который, по понятным причинам, заложенным в кинетическом формализме, лучше описывается уравнением (4).

**Параметры и коэффициент детерминации уравнений (2) и (4)
процесса прикрепления нейтрофилов**

Морфометрический показатель	Уравнение									
	(2)					(4)				
	M_0 , мкм	M_∞ , мкм	$k \cdot 10^3$, c^{-1}	r^2	M_0 , мкм	M_∞ , мкм	$k_1 \cdot 10^3$, c^{-1}	$k_2 \cdot 10^3$, c^{-1}	r^2	
Периметр	40±6,1	48±5,5	1,75±0,48	0,97	40±6,3	49±5,5	2,0±0,22	18±6,3	0,98	
Площадь	85±2,6	110±28	0,96±0,048	0,96	83±3,6	110±30	1,1±0,22	4,5±0,67	0,97	

Из рис. 2 видно, что на исследованных временах (примерно 30 мин) процесс прикрепления нейтрофилов далек от завершения. На это указывает ход кривых $P(t)$ и $S(t)$, которые не достигают постоянных величин за указанный период времени. Особенно хорошо это прослеживается по зависимости $S(t)$ (рис. 2 б), что, как указано ранее, также обусловлено квадратичной взаимозависимостью между S и P . Следовательно, в данных условиях время прикрепления нейтрофила к предметному стеклу превышает 30 мин. По такой причине интересно установить время (t_∞), при котором процесс прикрепления оказывается практически завершенным. При этом изменение морфометрических показателей за определенное время Δt не должно превышать погрешность их измерения ($\pm 10\%$). По величинам параметров уравнений (2) и (4) легко рассчитать времена Δt и t_∞ . Найденные значения составили $\Delta t \approx 10$ мин и t_∞ 170-190 мин. Действительно, как показали специальные исследования, после примерно 3-х часов периметр и площадь прикрепляющегося нейтрофила перестают изменяться в пределах погрешности измерения. При этом Δt составило примерно 10% от t_∞ , что согласуется с погрешностью измерения морфометрических параметров.

Таким образом, использованные уравнения формальной химической кинетики хорошо описывают процесс прикрепления нейтрофилов, их параметры имеют ясный физический смысл и каждое из них может быть применимо для прогнозирования времени завершения процесса. Разработанный подход кинетического анализа изменения клеточной морфологии на примере нейтрофилов, прикрепляющихся к предметному стеклу при комнатной температуре, может быть использован для описания аналогичных процессов с участием других клеток в любых условиях. Полученные в дальнейшем результаты, несомненно, окажутся интересны с точки зрения теоретической цитологии (описание и выяснения физиологических механизмов прикрепления) и практической медицины (диагностика патологических экстремальных состояний).

Выводы

1. Изменение морфометрических показателей (периметра и площади) в процессе прикрепления нейтрофилов крови человека *in vitro* описано уравнениями, аналогичными формальным кинетическим уравнениям необратимой реакции первого порядка без участия промежуточного продукта или с таковым.

2. Найденны морфологические параметры уравнений процесса прикрепления нейтрофилов, которые находятся в хорошем соответствии с литературными данными (периметры и площади нейтрофилов во взвеси и прикрепленных нейтрофилов), а также константы скоростей процесса.

3. На основании анализа параметров кинетических уравнений оценено время завершения процесса прикрепления нейтрофилов, которое в исследованных условиях составляет примерно 3 часа.

Список литературы

1. Серов В. В., Шехтер А. Б. Соединительная ткань. – М.: Медицина, 1982. – 312 с.
2. Афанасьев Ю. И., Кузнецов С. Л., Юрина Н. А., Котовский Е. Ф. Гистология, цитология и эмбриология. – М.: Медицина, 2004. – 768 с.

3. Antov Y., Barbul A., Mantsur H., Korenstein R. Electroendocytosis: exposure of cells to pulsed low electric fields enhances adsorption and uptake of macromolecules // *Biophys. J.* – 2005. – Vol. 88, № 3. – P. 2206-2223.

4. King M. R., Heinrich V., Evans E., Hammer D. A. Nano-to-micro scale dynamics of P-selectin detachment from leukocyte interfaces. III. Numerical simulation of tethering under flow // *Biophys. J.* – 2005. – Vol. 88, № 3. – P. 1676-1683.

5. Namvar A., Warriner K. Attachment strength to pork skin and resistance to quaternary ammonium salt and heat of *Escherichia coli* isolates recovered from a pork slaughter line // *J. Food Prot.* – 2005. – Vol. 68, № 11. – P. 2447-2250.

6. Герасимов И. Г., Попандоуло А. Г. Оценка жизнеспособности клеток по их морфометрическим параметрам на примере культивируемых фибробластов // *Цитология.* – 2007. – Т. 49, № 3. – С. 204-209.

7. Курский М. Д., Костерин С. А., Рыбальченко В. К. Биохимическая кинетика. – К.: Вища шк., 1977. – 264 с.

8. Кузнецов С. Л., Пугачев М. К. Лекции по гистологии, цитологии и эмбриологии. – М.: Мед. информ. агентство, 2004. – 432 с.

Герасимов И. Г., Гальбурт Т. М. Морфология нейтрофилов крови людини в процесі їх прикріплення in vitro. – Кінетика морфометричних показників (периметр і площа) нейтрофілів крові людини, що прикріплюються до предметного скла, описана рівняннями, що аналогічні кінетичним рівнянням необоротних реакцій першого порядку. Розраховані значення морфометричних показників нейтрофілів, що взважені та що прикріплені, що узгоджується із літературними даними, а період завершення процесу складає приблизно 3 години.

Ключові слова: прикріплення, нейтрофіли, морфологія, морфометричні показники, периметр, площа, кінетика.

Gerasimov I. G., Galburt T. M. Morphology attachment of human blood neutrophils in vitro. – The kinetics of morphometrics parameters (perimeter and square) human blood neutrophils, with attached to substrate glass, it is described by the equations similar to the kinetic equations of irreversible reactions of the first order. The calculated values morphometrics parameters of neutrophils in a suspension and attached coordinated with literary data, and time of end of process makes approximately 3 h.

Key words: attachment, neutrophils, morphology, morphometrics parameters, perimeter, square kinetics.

ОСТЕОІМУНІТЕТ ТА КУЛЬТИВОВАНІ МЕЗЕНХІМАЛЬНІ СТОВБУРОВІ КЛІТИНИ

¹Інститут генетичної та регенеративної медицини АМН України
03150, м. Київ, вул. Червоноармійська, 57/3; e-mail: zoubov77@yahoo.com

²Донецький науково-дослідний інститут травматології та ортопедії
Донецького національного медичного університету ім. М. Горького
83048, м. Донецьк, вул. Артема, 106

Зубов Д. О., Оксимець В. М. Остеоімунітет та культивовані мезенхімальні стовбурові клітини. –

Наведено результати функціонально-фенотипових досліджень культивованих ліній мезенхімальних стовбурових клітин кісткового мозку людини – некомітованих та комітованих за остеогенним шляхом. Одержані данні узагальнено в межах концепції про остеоімунітет. Розглядаються можливі шляхи активації остеорепарації та представлена остеоімунна концепція відновлення порушених остеорепаративних процесів трансплантованими аутологічними мезенхімальними стовбуровими клітинами у травматологічних пацієнтів.

Ключові слова: остеоімунітет, мезенхімальні стовбурові клітини, остеорепаративний процес, остеогенна індукція, лужна фосфатаза, клітинний фенотип, CD-маркери, цитокіни.

Вступ

Імунна система безпосередньо впливає на фізіологію кістки. Останнім часом у світовій літературі почала формуватися концепція про остеоімунітет, або існування остеоімунної системи, функціонування якої тісно пов'язане з процесами активації Т-клітин та асоційованої втрати маси кістки при аутоімунних захворюваннях, вірусній інфекції і запаленні, сприяють цьому утворення метастазів, інфекція, переломи або артрит [3, 5-7]. Взагалі, термін "остеоімунологія" вперше застосували в 2000 р. J. Aaron та Y. Choi [1], де вони вказали на тісну взаємодію імунної та скелетної систем у випадках аутоімунних та запальних захворювань. При остеоімунних процесах не останнє місце відіграють імунорегуляторні гормони, що контролюють кісткоутворення на системному рівні – парат-гормон, статеві гормони, глюкокортикоїди [3]. Існує й чіткий контроль остеогенезу також на місцевому рівні за рахунок таких факторів, як, наприклад, інсуліноподібний фактор росту (ІФР), трансформуючий фактор росту β (ТФР- β), кісткові морфогенетичні білки (КМБ), фактор росту фібробластів (ФРФ), а також цитокіни (ЦК) [2]. Але якщо роль більшості місцевих факторів у фізіології кістки є відомою, то щодо ЦК, неімунних клітинних джерел їхньої продукції та їхньої ролі в процесах остеогенезу, остеорепарації або кісткової резорбції, дані в літературі відсутні. Тобто постає питання щодо функціонального статусу клітин-попередників, в тому числі мезенхімальних стовбурових або стромальних, клітин кісткового мозку (МСК), остеобластів та остеокластів при патологічних станах, зокрема, в кістковій рані, та яким чином гуморальні та клітинні фактори впливають на остеоімунні процеси, що мають місце при порушеннях остеорепарації та загоєнні переломів кісток.

Отже, з'ясування ролі МСК, як потенційних індукторів остеоімунних процесів у кістковій рані, є вельми актуальним та має важливе теоретичне і практичне значення для подальшого вивчення процесів порушеної остеорепарації, а також оптимізації технологій трансплантації МСК. До того ж клінічні дослідження показали, що трансплантація аутологічних МСК сприяє остеогенезу та дозволяє відновити цілісність кісткової тканини при її дефектах у пацієнтів з переломами кісток нижніх кінцівок, що тривалий час не зростаються [8, 15, 18, 19].

Матеріали та методи досліджень

МСК ізолювали згідно з загальноприйнятою методикою [4] з аспірата кісткового мозку при пунктируванні грудини або гребеня клубової кістки у пацієнтів травматологічного профілю і культивували в ростовому середовищі DMEM/F12 (Sigma, США) з додаванням 10% ембріональної телячої сироватки (Біолот, Росія) і мітогенів у CO₂-інкубаторі (Jouan, Франція) при температурі 37°C в атмосфері з 5% вмістом CO₂. Таким чином отримували

першу експериментальну групу – *некомітовані МСК*. Остеогенну індукцію ліній МСК здійснювали шляхом внесення до вище зазначеного ростового середовища 0,1 мкМ дексаметазону, 10 мМ β -гліцерофосфату і 50 мкг/мл аскорбінової кислоти (Sigma, США) та отримували другу експериментальну групу – *остеоіндуковані або комітовані за остеогенним шляхом, МСК*.

Визначення лужної фосфатази (ЛФ) в супернатантах клітинних культур МСК проводили цитохімічним методом із застосуванням субстрату BCIP/NBT Liquid Substrate System (Sigma, США) згідно з інструкцією.

Кількісне визначення ЦК у клітинних супернатантах проводили за допомогою імуноферментного методу твердофазного сендвіча – BD OPTEDIA Human ELISA (BD Biosciences, США). Вимірювання проводилися за оптичною щільністю одержаного розчину з використанням фотометра для багатофункціонального аналізу Synergy HT Bio-Tek Instruments і програми KC4 System (США).

Одержані дані було виражено як середнє значення із стандартною помилкою середнього та статистично проаналізовані за допомогою *t*-критерію Стьюдента.

Результати та обговорення

Попередні результати наших досліджень було наведено в роботах [8-12, 14, 15]. У цій статті здійснено узагальнення отриманих експериментальних даних щодо функціонально-фенотипових властивостей культивованих МСК людини. Раніше ми надавали теоретичного обґрунтування функціонального імунорегуляторного статусу та можливості індукції МСК кісткового мозку людини за остеогенним шляхом, що призводить до змін рецепторного апарату та цитокінової продукції клітинами, що досліджуються, і стимуляції за рахунок остеоімуних гуморальних та клітинних взаємодій порушеного остеорепаративного процесу. Було встановлено, що комітовані за остеогенним шляхом імунорегуляторні культури МСК людини з 10-ї доби індукції починають продукувати ЛФ (вона ж остаза – маркерний фермент остеобластів та остеогенних ліній) на рівні 78% ($p < 0,05$). Максимальна кількість позитивних за ЛФ культур спостерігалася з 13-ї до 19-ї доби остеоіндукції – 90% ($p < 0,05$). Визначено, що впродовж тритижневого процесу остеогенної індукції імунорегуляторні МСК змінюють морфологію з фібробластоїдних недиференційованих активно проліферуючих та непродукуючих ЛФ клітин на майже непроліферуючі розпластані відросчаті округло-багатокутні клітини, що активно продукують ЛФ [8, 10].

Встановлено, що загальними мембранними антигенами, згідно панелі, що досліджується, для некомітованих та комітованих за остеогенним шляхом МСК людини за умов їхнього культивування є: CD44, CD166, CD58, CD62L, CD29, CD49b, CD49c і CD54. Не ідентифікуються CD49a і HLA A, B, C (табл. 1). Після остеоіндукції комітовані МСК, на відміну від некомітованих, починають експресувати HLA-DR на рівні поодиноких клітин ($p < 0,05$), та припиняють експресувати CD56 ($p < 0,05$) [9, 10].

Загальний спектр імунорегуляторних цитокінів, які продукуються некомітованими та комітованими за остеогенним шляхом культурами МСК людини в умовах культивування, представлений інтерлейкінами – ІЛ-1 β , ІЛ-2, ІЛ-4, ІЛ-6, ІЛ-8 і ФНП- α (фактор некрозу пухлин альфа). Вперше показана секреція ІЛ-1 β та ІЛ-2 культивованими некомітованими МСК (ІЛ-1 β – 32,7 \pm 4,9 пг/мл, ІЛ-2 – 10,4 \pm 1,4 пг/мл) та виявлене збільшення рівня секреції ІЛ-1 β та ІЛ-2 комітованими за остеогенним шляхом МСК (ІЛ-1 β – до 47,8 \pm 3,2 пг/мл та ІЛ-2 – до 14,4 \pm 0,5 пг/мл ($p < 0,05$)). Вперше показана гіперпродукція ІЛ-6 та ІЛ-8 культивованими некомітованими МСК людини (ІЛ-6 – 101,4 \pm 3,2 пг/мл, ІЛ-8 – 262,0 \pm 25,0 пг/мл ($p < 0,05$)) та комітованими за остеогенним шляхом МСК людини (ІЛ-6 – до 276,5 \pm 5,6 пг/мл, ІЛ-8 – до 106,6 \pm 4,3 пг/мл ($p < 0,05$)) [11, 12].

Таблиця 1

Результати бальної оцінки імуномаркування некомітованих та комітованих за остеогенним шляхом мезенхімальних стовбурових клітин людини 1-4 пасажів, (M ± m)

CD	Антиген	Некомітовані МСК		Комітовані МСК	
		1-2 (n=5)	3-4 (n=17)	1-2 (n=12)	3-4 (n=13)
Рівень експресії молекул активації та коstimуляції					
58	LFA-3	1,6±0,2	1,6±0,2	1,4±0,2	1,5±0,1
166	ALCAM	3,8±0,2	3,9±0,1	4,8±0,1	4,9±0,1
56	NCAM	3,8±0,2	3,9±0,1	0,3±0,1*	0,2±0,1*
54	ICAM-1	1,2±0,2	2,5±0,2	2,7±0,1*	2,8±0,1
Рівень експресії молекул ендотелій-опосередкованої адгезії					
62L	L-селектин, LECAM-1	1,8±0,4	1,9±0,2	1,7±0,1	2,1±0,2
Рівень експресії молекул міжклітинної адгезії					
44	HCAM	4,8±0,2	4,9±0,1	4,9±0,1	5,0
Рівень експресії інтегринових субодиниць					
29	інтегрин β1	2,8±0,2	2,7±0,1	3,1±0,2	3,5±0,2*
49a	інтегрин α ₁	0	0	0,2±0,1	0
49b	інтегрин α ₂	3,6±0,2	3,9±0,1	3,5±0,2	3,8±0,1
49c	інтегрин α ₃	3,2±0,2	3,3±0,1	2,7±0,1	3,0±0,2
Рівень експресії молекул HLA					
-	HLA A, B, C	0	0	0	0
-	HLA-DR	0	0	0,3±0,1	0,5±0,1*

Примітка. * – позначена статистично значима зміна (p<0,05) експресії антигену комітованими МСК порівняно з некомітованими.

Узагальнюючи отримані данні, спробуємо дати відповідь на питання, в чому виражається остеοіммунна та імунорегуляторна роль культивованих МСК при порушеннях процесу остеорепарації за умов їхньої аутологічної трансплантації в ділянку перелому із сповільненою консолидацією? Для відповіді слід зіставити результати даних функціонально-фенотипових досліджень культивованих МСК з відомими остеοіммунними та імунорегуляторними механізмами і фазами протікання всього процесу остеорепарації, починаючи з перелому та виникнення порушень загоєння кісткової рани, закінчуючи фінальною фазою утворення пластинчастої та губчастої кісткової структури *de novo* [16], як це відтворено на рис. 1-3.

З одержаних даних можна припустити, що трансплантовані в ділянку перелому, що сповільнено консолидується, культивовані аутологічні МСК, за рахунок поверхневої експресії різних функціональних молекул і секреції ЦК, виступають ефективними активаторами порушеного остеорепаративного процесу та остеοіммунних взаємодій. Особливо ефективною трансплантація культивованих аутологічних МСК кісткового мозку людини може виявитися в тих випадках, коли остеорепаративний процес набуває хронічного характеру [18, 19].

Спектр вивчених нами поверхневих антигенів у роботах [9, 10], що експресується культивованими МСК, можна схематично узагальнити в декілька функціональних груп (див.

табл. 1). Група поверхневих антигенів, що беруть участь у клітинно-матриксних взаємодіях "МСК-ПКМ" та ті, що сприяють розвитку процесів міграції МСК у рані та остеобластогенезу; це CD29, CD49b, CD49c і CD44 (рис. 1 А). Група поверхневих антигенів, що беруть участь у процесі залучення в місце кісткового дефекту клітин моноцитарно-макрофагального ряду (у тому числі преостеокластів): CD54 (рис. 1 Б). Група поверхневих антигенів, що беруть участь у процесі активації імунокомпетентних клітин, котрі запускають розвиток реакції ланки специфічного імунітету, це – CD54, CD58, CD62L і CD166 (рис. 1 В). Відносно до взаємодій "лімфоцит-остеобласт", зараз набуває важливості факт участі остеобластів в остеοімуних процесах. Схоже, що ці клітини мають антиген-презентуючими властивості, оскільки було показано, що вони експресують молекули МНС II класу та адгезини CD54 (ICAM-1) та CD166 (ALCAM) під дією γ -інтерферону, і, таким чином, можуть активувати Т-клітини [4]. Нами також було показано, що комітовані за остеοгенним шляхом МСК експресують CD54, CD166 та, незначно, HLA-DR [9, 10]. Група поверхневих антигенів, що беруть участь у процесі активації імунокомпетентних клітин, котрі запускають розвиток реакції ланки неспецифічного імунітету, це – CD56 і CD58 (рис. 1 Г). Культивовані МСК секретують у позаклітинний простір про- і протизапальні ЦК (рис. 1 Д).

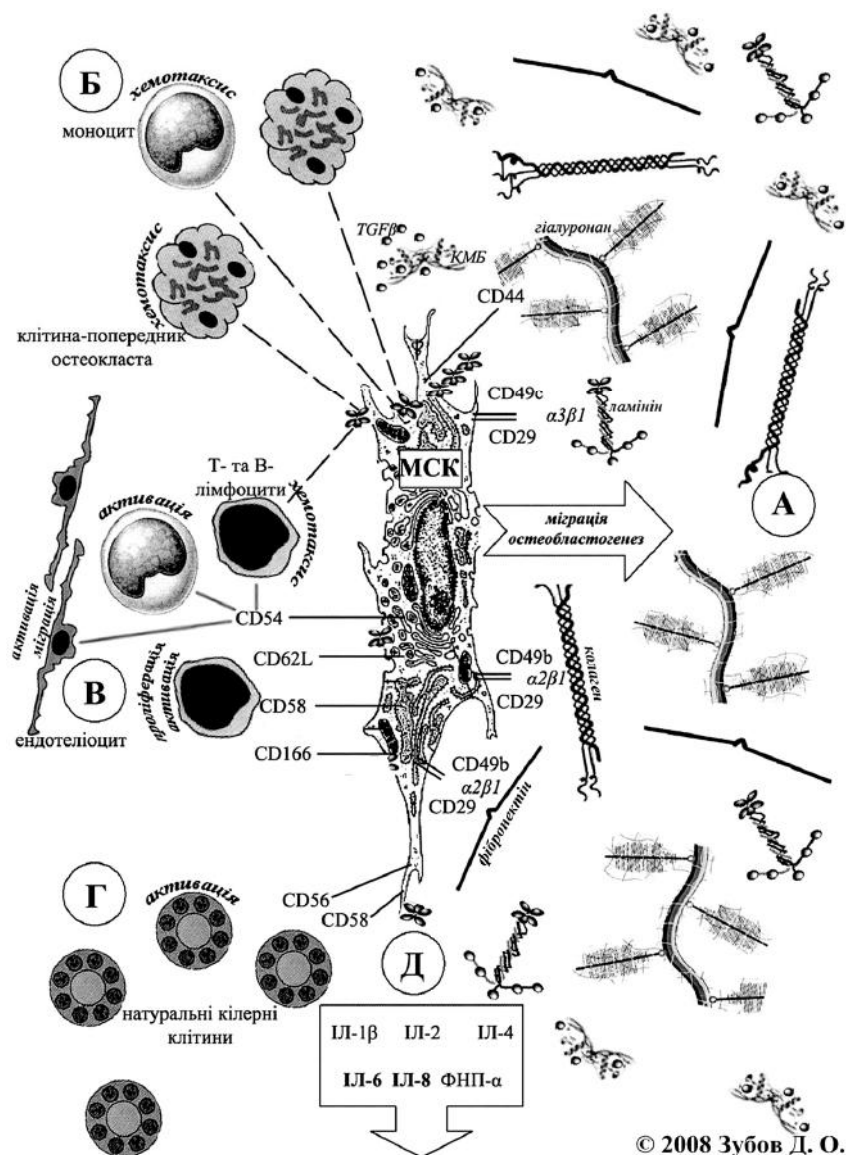


Рис. 1. Гіпотетична схема функціональних остеοімуних взаємодій МСК з молекулами позаклітинного матриксу та імунокомпетентними клітинами, згідно з результатами досліджень

У тривало не консоїдуєчих переломах має місце явище "остеогенної недостатності" [17], що виражається в існуванні дефіциту клітинних джерел остеорепації та у формуванні в місці перелому грубоволокнястого рубця. Тобто в даній ситуації проявляється процес субституції кісткової тканини, що призведе до тривалої відсутності консоїдації перелому, а сам остеорепаративний процес "завмирає" в проліферативній фазі запалення (рис. 2).



Рис. 2. Схема концепції відновлення порушених остеорепаративних процесів за умов трансплантації аутологічних МСК. Порушення остеорепаративного процесу

Ключовим моментом при трансплантації МСК у місце хронічного остеорепаративного процесу є активація стадії запалення (рис. 3). Тобто протягом ініційованої трансплантованими МСК проліферативної фази запалення в процесі порушеної остеорепації, імунорегуляторні події спрямовані на створення умов щодо відновлення цілісності кісткової тканини, яке зв'язане з процесами клітинної проліферації і подальшого диференціювання клітинних джерел остеорепації. Деталізована схема запропонованої нами концепції відновлення порушених остеорепаративних процесів за умов трансплантації аутологічних МСК, згідно з отриманими експериментальними даними [8-12, 14], надана на рис. 2 і 3 (назва стадій та фаз за Н. Коржом і Н. Дедуком [16]).

Нормальне протікання остеорепації є комплексним і ретельно налагодженим процесом, котрий регулюється цитокінами та ростовими факторами, а також міжклітинними та клітинно-матриксними взаємодіями [5, 13]. Особливо фаза запалення регулюється функціонально-кооперативними взаємодіями між МСК і імунокомпетентними клітинними популяціями, що привертаються до місця перелому. Безперечно, що всі вище зазначені функціонально-кооперативні взаємодії ґрунтовно вписуються до загальної концепції про остеоімунітет, мають місце під контролем остеоімуноної системи організму людини та чітко регулюються нею.

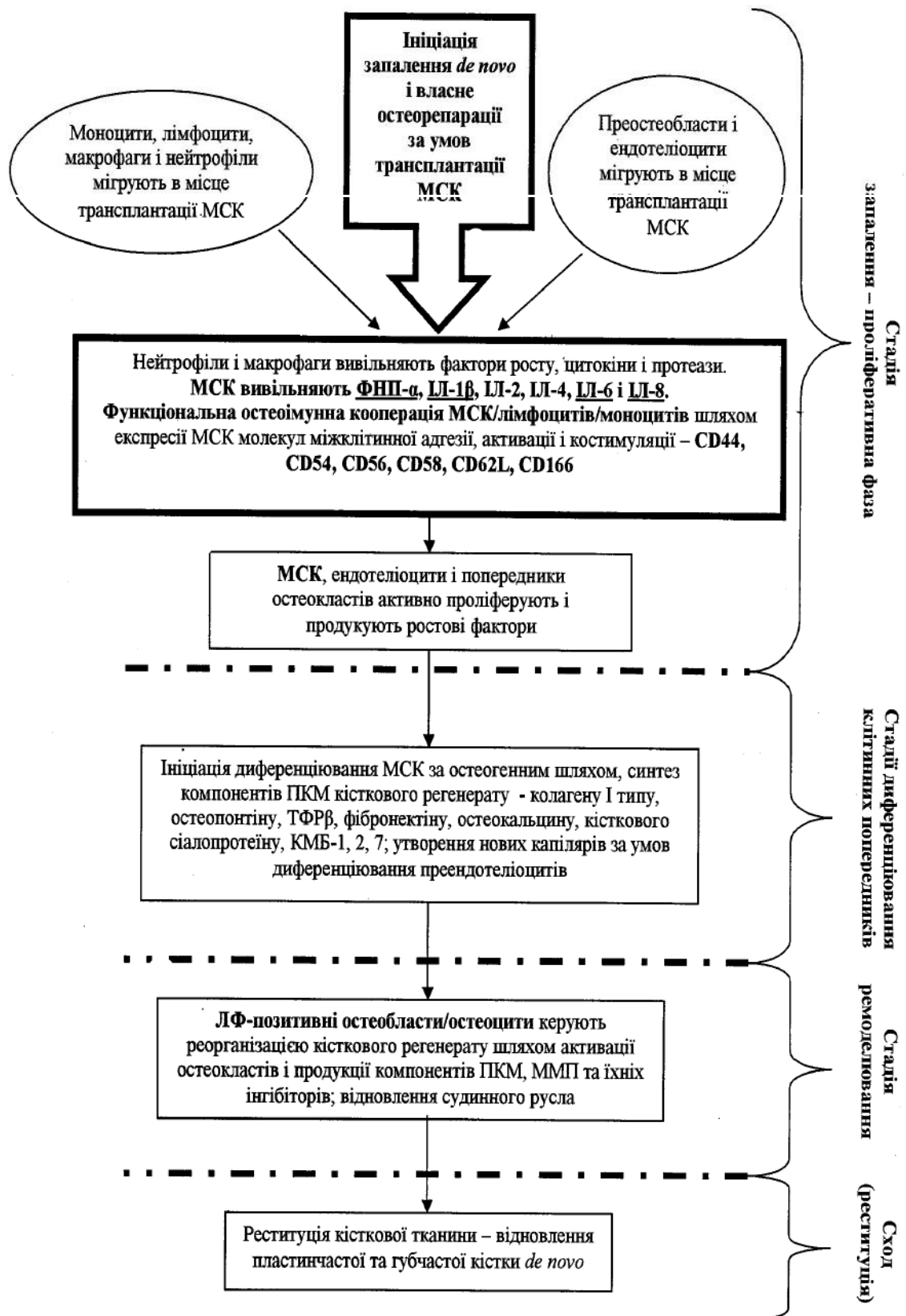


Рис. 3. Схема концепції відновлення порушених остеорепаративних процесів за умов трансплантації аутологічних МСК. Ініціація порушеного остеорепаративного процесу трансплантованими МСК

Висновки

Визначено розбіжності в експресії поверхневих антигенів досліджуваними клітинами *in vitro*: фенотип комітованих за остеогенним шляхом мезенхімальних стовбурових клітин відрізняється від фенотипу некомітованих експресією на рівні поодиноких клітин HLA-DR та припиненням експресії CD56; вперше визначено особливості та розбіжності в секреції спектра цитокінів некомітованими та остеоіндукованими МСК *in vitro*: культивовані некомітовані та комітовані МСК продукують ІЛ-1 β та ІЛ-2, а комітовані за остеогенним шляхом МСК виявляють гіперпродукцію ІЛ-6 та ІЛ-8 до 276,5 пг/мл і 106,6 нг/мл відповідно; вперше досліджений взаємозв'язок змін фенотипу та функціональної активності некомітованих та остеоіндукованих МСК; вперше достовірно показано, що поверхнева експресія різних функціональних молекул і секреція ключових імунорегуляторних цитокінів клітинами, що досліджувалися, дозволяють розглядати культивовані МСК у якості ефективних активаторів кісткової резорбції, запалення і остеоімунних реакцій у процесі порушеної остеорепації.

Список літератури

1. Aaron J. Bone versus immune system / J. Aaron, Y. Choi // Nature. – 2000. – Vol. 408. – P. 535-536.
2. De Vernejoul M. C. Cellules osseuses et remodelage osseux / M. C. De Vernejoul, P. J. Marie // *Maladies métaboliques osseuses de l'adulte*. – Paris: Flammarion, 1996. – P. 3-16.
3. Effects of α/β -androstenediol immune regulating hormones on bone remodeling and apoptosis in osteoblasts / N. H. Urban, B. Chamberlin, S. Ramage [et al.] // J. Steroid Biochem. Mol. Biol. – 2008. – P. 1-7. – Режим доступу до журн.: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jsbmb.2008.04.005>.
4. Minguell J. J. Mesenchymal stem cells / J. J. Minguell, A. Erices, P. Conget // Exp. Biol. Med. (Maywood). – 2001. – Vol. 226. – P. 507-520.
5. Rauner M. Osteoimmunology / M. Rauner, W. Sipos, P. Pietschmann // Int. Arch. Allergy Immunol. – 2007. – Vol. 143. – P. 31-48.
6. Rho J. Osteoimmunology : interactions of the immune and skeletal systems / J. Rho, M. Takami, Y. Choi // Mol. Cells. – 2004. – Vol. 17. – P. 1-9.
7. Takayanagi H. Cross-talk between immune and skeletal systems / H. Takayanagi // Nippon. Rinsho. – 2002. – Vol. 60. – P. 2287-2295.
8. Возможности применения культивированных мезенхимальных стволовых клеток в травматологии и ортопедии / В. К. Гринь, Д. А. Зубов, А. Г. Попандоуло, В. М. Оксимец // Трансплантологія. – 2007. – Т. 9, № 1. – С. 55-59.
9. Зубов Д. А. Функционально-фенотипическая характеристика культивированных некоммутированных и коммутированных по остеогенному пути мезенхимальных стволовых клеток / Д. А. Зубов // Травма. – 2008. – Т. 9, № 3. – С. 297-303.
10. Зубов Д. А. Функционально-фенотипическая характеристика мезенхимальных стволовых клеток человека / Д. А. Зубов // Імунологія та алергологія. – 2008. – № 2. – С. 67-72.
11. Зубов Д. А. Цитокиновая иммунорегуляция репаративной регенерации костной ткани культивированными мезенхимальными стволовыми клетками / Д. А. Зубов, В. М. Оксимец // Травма. – 2008. – Т. 9, № 2. – С. 145-153.
12. Зубов Д. О. Імунорегуляторна роль мезенхімальних стовбурових клітин в остеорепаративному процесі / Д. О. Зубов // Фізіол. журн. – 2008. – Т. 54, № 4. – С. 30-36.
13. Иммунологические подходы в исследованиях дифференцировки клеток кроветворной и соединительной тканей / Н. Г. Хрущов, Т. В. Мичурина, Т. В. Васильева [и др.] // Иммунологические аспекты биологии развития. – М., 1984. – С. 166-189.
14. Индуктивные свойства носителей мезенхимальных стволовых клеток / В. Г. Климовицкий, В. К. Гринь, И. В. Василенко, В. М. Оксимец, Д. А. Зубов, В. М. Пастернак, А. Г. Попандоуло, А. А. Антонов // Травма. – 2007. – Т. 8, № 3. – С. 243-247.
15. К вопросу об обосновании применения культивированных фетальных фибробластов человека в комплексном лечении хронических мезенхимальных дефектов /

А. Г. Попандопуло, О. М. Корчак, О. А. Трунова, Д. А. Зубов, И. А. Разенкова // Архив клинической и экспериментальной медицины. – 2004. – Т. 13, № 1-2. – С. 55-61.

16. *Корж А. А. Репаративная регенерация кости / А. А. Корж, А. М. Белоус, Е. Я. Панков. – М. : Медицина, 1972. – 232 с.*

17. *Оптимизация репаративного остеогенеза трансплантацией стромальных клеток костного мозга / В. Г. Гололобов, А. К. Дулаев, Р. В. Деев [и др.] // Клеточная трансплантология. – 2004. – № 1. – С. 15-16.*

18. *Трансплантация аутологичных стромальных стволовых клеток как метод восстановления клеточных источников репарации (пилотные исследования) / В. Н. Казаков, В. Г. Климовицкий, В. К. Гринь, В. Н. Пастернак, В. М. Оксимец, А. Г. Попандопуло, С. И. Верецагин, Д. А. Зубов // Травма. – 2006. – Т. 7, № 3. – С. 368-377.*

19. *Трансплантация остеогенных клеток в ортопедии и травматологии / В. Н. Казаков, В. Г. Климовицкий, В. К. Гринь, В. Н. Пастернак, В. М. Оксимец, А. Г. Попандопуло, Д. А. Зубов // Журнал академії медичних наук України. – 2006. – Т. 12, № 2. – С. 229-241.*

Зубов Д. А., Оксимец В. М. Остеоиммунитет и культивированные мезенхимальные стволовые клетки. – Приведены результаты функционально-фенотипических исследований культивированных линий мезенхимальных стволовых клеток костного мозга человека – некоммутированных и коммутированных по остеогенному пути. Полученные данные обобщены в рамках концепции об остеоиммунитете. Рассмотрены возможные пути активации остеорепаляции и представлена остеоиммунная концепция восстановления нарушенных остеорепаративных процессов трансплантированными аутологичными мезенхимальными стволовыми клетками у травматологических пациентов.

Ключевые слова: остеоиммунитет, мезенхимальные стволовые клетки, остеорепаративный процесс, остеогенная индукция, щелочная фосфатаза, клеточный фенотип, CD-маркеры, цитокины.

Zubov D. O., Oksymets' V. M. Osteoimmunity and cultured mesenchymal stem cells. – The results of functional and phenotypic studies on cultured human bone marrow derived mesenchymal stem cell lineages – uncommitted and osteogenic committed are considered. The experimental data have been summarized according to the osteoimmunity concept. The probable activating pathways of osteoreparation are discussed and the osteoimmune concept linked with a renewal of altered osteoreparative processes by transplanted autologous mesenchymal stem cells in trauma patients has been proposed.

Key words: osteoimmunity, mesenchymal stem cells, osteoreparation, osteogenic induction, alkaline phosphatase, cell phenotype, CD-cluster of designation (differentiation), cytokines.

Д. Ю. Кустов

ПРИМЕНЕНИЕ ГРУМИНГ-ТЕСТА ДЛЯ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ НЕЙРОЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ

*Донецкий национальный медицинский университет им. М. Горького
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16 e-mail: physiolog@mail.ru*

Кустов Д. Ю. Применение груминг-теста для оценки состояния нейроэндокринной системы. – Колебания уровня половых гормонов в крови способны вызывать глубокие изменения в деятельности головного мозга и отдельных его структур, приводящие к нарушению высших психических функций. Груминг, как важный элемент психической деятельности млекопитающих, может быть чувствительным к различным формам нейроэндокринной патологии, в частности – к овариальной недостаточности. Были выявлены изменения показателей груминга как после овариэктомии, так и после гормональных и трансплантационных вариантов коррекции гонаддефицитного состояния. Показано, что груминг-тест можно с успехом использовать для выявления овариальной недостаточности на ранних её стадиях, и для оценки влияния различных методов коррекции данной патологии на нейроэндокринную систему.

Ключевые слова: груминг, овариальная недостаточность, трансплантация овариальной ткани.

Введение

Одной из наиболее важных задач современной физиологии является изучение изменений, возникающих в организме при гормональной дисрегуляции. Комплекс вегетососудистых, обменно-эндокринных и психо-эмоциональных нарушений, вызванных эндокринопатией, приводит к значительному ухудшению качества жизни. В связи с этим особое значение приобретает поиск наиболее чувствительных физиологических тестов, способных выявлять отклонения нейроэндокринной системы от нормы на ранних этапах формирования патологии.

Груминг у грызунов представляет собой чрезвычайно распространенную форму поведения, выполняющую в организме ряд важных прямых биологических функций – уход за кожей и шерстью, терморегуляцию, распределение химических веществ и др. [1, 2]. Помимо этого, груминг часто встречается у грызунов как важный элемент поведения в естественных условиях, представляя собой своеобразный ритуал с определенной последовательностью поведенческих паттернов. У взрослых крыс грумингу принадлежит 40-42% всего времени бодрствования [3]. В последнее время интерес исследователей к грумингу значительно возрос. Было установлено, что груминг является стресс-зависимой, эмоционально лабильной реакцией, свидетельствующей о нейрогуморальных изменениях в организме [22].

В настоящее время не вызывает сомнения тот факт, что половые гормоны оказывают существенное влияние на формирование психического статуса, эмоций, памяти и поведения [4-6]. Причём колебания уровня данных гормонов в организме, обусловленные эндо- или экзогенными причинами, способны вызывать глубокие изменения в деятельности головного мозга и отдельных его структур, приводящие к нарушению высших психических функций. Показано, что предменструальный, климактерический и посткастрационный синдромы у женщин сопровождаются ухудшением памяти, снижением способности концентрировать внимание, повышенной эмоциональностью и сильной депрессией [7-10]. Однако при начальных формах изменений гормонального баланса расстройства высшей нервной деятельности (ВНД) менее выражены. Они плохо диагностируются и их распространённость значительно выше [8, 11]. Поэтому актуальным является поиск поведенческих тестов, наиболее чувствительных к колебаниям уровня половых гормонов в крови. Примером таких тестов у животных может служить груминг.

Цель работы – изучить изменения показателей груминга у крыс со сформированной овариальной недостаточностью, а также после гормональной или трансплантационной её коррекции, и дать оценку адекватности использования груминг-тестов при определении гонаддефицитного состояния.

Материалы и методы

Опыты проводили на 160 самках беспородных белых крыс, массой от 220 до 300 г, с устойчивым 4-5-дневным эстральным циклом. Животных разделили на 7 групп: интактные (И); ложнооперированные (ЛО); крысы, которым осуществляли двустороннюю овариэктомию (ОЭ); самки, которым проводили заместительную гормональную терапию (ЗГТ) гонадефицитного состояния эстрадиол-дипропионатом (ЭД) или препаратом "Дивигель" (Д); животные, которым осуществляли алло- (АТ) или ксенотрансплантацию (КТ) культуры овариальной ткани.

Наблюдение за реакциями самоочистения проводили в разное время в течение всего светового дня на 15-е и 30-е сутки эксперимента. Для регистрации показателей груминга животных помещали в специальную стеклянную камеру размерами 60 x 25 x 40 см. Первые 15 минут отводились для адаптации к условиям камеры, после чего в течение последующих 15 минут проводили визуальное наблюдение и подсчёт 4-х различных видов спонтанных движений очищения кожи (лизания, чесания, умывания и отряхивания) [3]. Кроме того, в качестве дополнительных показателей подсчитывали общее количество движений самоочистения и определяли общее время, затраченное животным на груминг за период наблюдения, высчитывали интенсивность груминга и процент времени груминга [12]. Одно движение самоочистения принималось за элементарный груминговый акт (э.г.а.).

Статистическая обработка данных проводилась в программе Excel с использованием критерия Краскела-Уоллиса.

Результаты и их обсуждение

Как видно из табл. 1, овариэктомия вызывала резкое снижение груминговой активности, проявлявшееся в уменьшении количества актов умывания, лизания, чесания и отряхивания, а также времени, затраченного крысами на процессы самоочистения поверхности тела. Причём в динамике эксперимента это снижение прогрессировало. Также было установлено, что в группе ложнооперированных особей подобного снижения не наблюдалось.

Коррекция гонадефицитного состояния эстрадиол-дипропионатом приводила к активизации груминга. В частности, восстанавливалось время, затраченное на груминг, несколько повышалось количество актов умывания, а количество актов чесания достоверно превышало норму. Однако эти явления были непродолжительными, и уже на 30-е сутки эксперимента груминговая активность снижалась по всем регистрируемым параметрам до уровня крыс с прогрессирующей овариальной недостаточностью. Схожая тенденция наблюдалась при коррекции гонадефицитного состояния препаратом "Дивигель": на 15-е сутки все показатели груминговой активности претерпевали резкое повышение, в некоторых случаях существенно превышая установленную физиологическую норму, а на 30-е сутки груминговая активность падала, хотя и не так резко, как в случае с группой, которой вводили эстрадиол-дипропионат. Такая динамика может быть связана со временем эффективного действия гормона, а различия между двумя вариантами ЗГТ говорят о том, что трансдермальное нанесение препарата "Дивигель" способно продлевать это действие.

Трансплантационные варианты коррекции овариальной недостаточности в целом оказались более эффективны в восстановлении груминговой активности, увеличивая количество различных элементарных актов груминга и его время до уровня интактных крыс или даже выше. Они также показали большую устойчивость к временному фактору, незначительно снижая груминговую активность к 30-му дню эксперимента. Сравнивая между собой эффективность алло- и ксенотрансплантации культуры овариальной ткани, можно отметить, что аллотрансплантация оказывала более интенсивное влияние на поведение груминга в оба срока тестирования.

Таблица 1

Изменение показателей груминга у крыс после овариэктомии, при гормональных и трансплантационных вариантах её коррекции

Группы животных		Умывание, э.г.а	Лизание, э.г.а	Чесание, э.г.а	Отряхивание, э.г.а	Общее количество, э.г.а	Время груминга, с
И		11,82±0,65	7,49±0,41	6,13±0,36	6,01±0,39	31,42±1,13	123,79±5,57
ЛО	15-е сут	9,93±1,15	7,20±0,88	5,40±0,64	6,57±0,86	29,10±1,42	98,47±8,34
	30-е сут	9,30±1,05	8,37±1,14	6,70±0,99	7,53±1,06	31,93±2,21	104,23±9,51
ОЭ	15-е сут	4,73±0,61	4,70±0,56	5,27±0,54	5,47±0,71	20,17±1,30	63,20±6,63
	30-е сут	3,83±0,55	4,50±0,61	4,10±0,58	5,20±0,59	17,63±0,88	54,23±4,30
ЗГТ-Э	15-е сут	7,71±1,23	8,64±1,53	11,57±1,51	6,32±0,76	34,25±2,82	122,54±11,01
	30-е сут	5,20±0,56	4,10±0,49	4,03±0,48	6,40±0,69	19,73±1,43	58,50±4,21
ЗГТ-Д	15-е сут	14,29±1,95	15,36±1,94	12,00±1,50	9,61±1,26	51,25±4,30	127,43±10,03
	30-е сут	5,90±0,55	5,43±0,65	5,87±0,80	6,23±0,80	23,43±1,50	85,47±6,23
АТ	15-е сут	10,27±1,38	11,37±1,39	10,47±1,48	8,77±1,07	40,57±2,65	167,00±13,95
	30-е сут	9,87±1,09	11,07±1,21	9,60±1,18	7,33±0,89	37,87±2,39	166,33±12,78
КТ	15-е сут	9,83±1,23	7,13±0,85	7,30±1,31	8,90±1,27	33,17±3,19	110,60±11,68
	30-е сут	7,30±0,89	6,43±0,72	6,03±0,73	6,83±0,83	26,60±1,58	92,60±5,96

Примечание. И – интактные; ЛО – ложнооперированные; ОЭ – крысы, которым осуществляли двустороннюю овариэктомию; ЗГТ-Э – самки, которым проводили заместительную гормональную терапию гонадефицитного состояния эстрадиол-дипропионатом или препаратом "Дивигель" (ЗГТ-Д); АТ – животные, которым осуществляли аллотрансплантацию культуры овариальной ткани; КТ – животные, которым осуществляли ксенотрансплантацию культуры овариальной ткани.

Интенсивность груминга может характеризовать степень возбуждения животного, а, следовательно, быть косвенным показателем "комфортности" поведения.

Ложная операция приводила к незначительному росту интенсивности груминга, в то время как овариэктомия вызывала более существенное увеличение значений данного показателя (рис. 1).

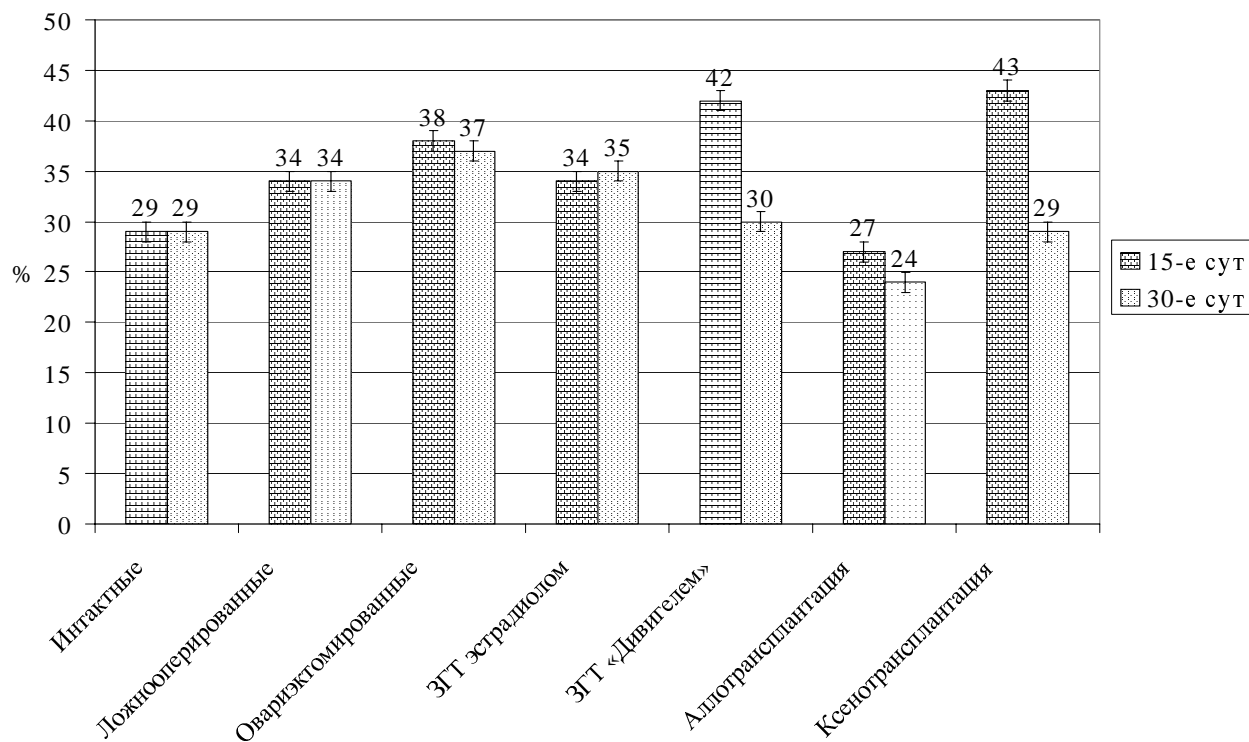


Рис. 1. Изменения интенсивности груминга у крыс разных групп в эксперименте

Введение эстрадиол-дипропионата несколько снижало интенсивность груминга на 15-е сутки эксперимента, но уже на 30-е сутки различие между этой группой и овариэктомированными самками нивелировалось. ЗГТ препаратом "Дивигель" резко повышала интенсивность груминга на 15-е сутки, но к 30-м суткам значение данного показателя восстанавливалось до нормального уровня.

Аллотрансплантация культуры овариальной ткани в динамике вызывала незначительное снижение интенсивности груминга, в то время как после ксенотрансплантации на 15-е сутки наблюдался резкий скачок интенсивности, после чего к 30-м суткам происходило её снижение до уровня интактных животных.

Таким образом, можно говорить, что такой показатель, как интенсивность груминга, является довольно чувствительным к изменению уровня половых гормонов, в частности – эстрадиола, в крови.

Процент времени груминга по сути отражает степень торможения психической деятельности, зоосоциальной активности животного.

Из рис. 2 видно, что если ложная операция приводила к незначительному снижению процента времени груминга, то овариэктомия вызывала падение значений этого показателя более чем в два раза. Большую часть времени наблюдения крысы данной группы были неподвижны.

ЗГТ на некоторое время восстанавливала процент времени груминга, однако её эффект был непродолжителен, после чего животные возвращались к состоянию, характерному для особей с удалёнными яичниками, хотя препарат "Дивигель" удерживал процент времени груминга на более высоком уровне.

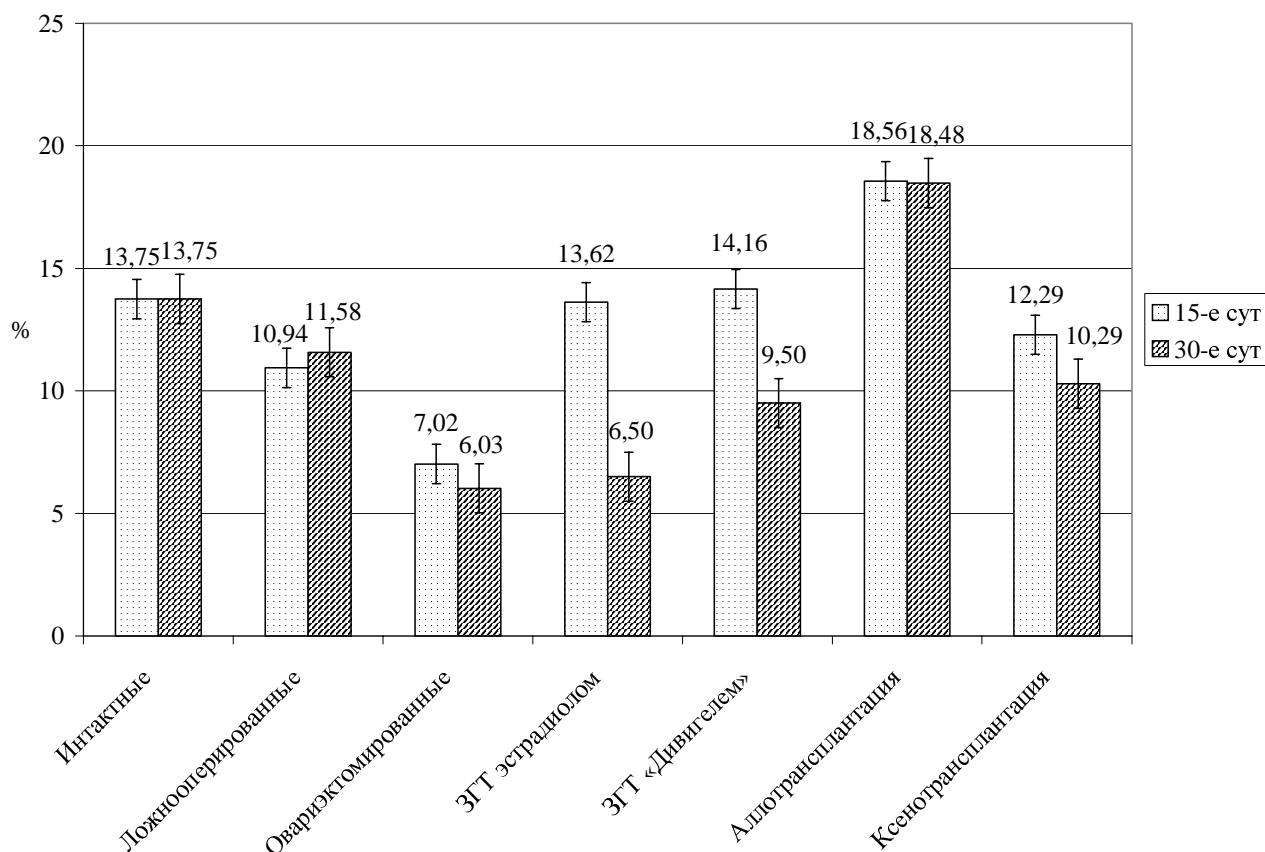


Рис. 2. Изменение процента времени, затрачиваемого на груминг крысами разных групп в эксперименте

Аллотрансплантация культуры овариальной ткани не только восстанавливала процент времени груминга, но и существенно его повышала, причём её эффект практически не изменился в течение эксперимента. Ксенторансплантация оказывала менее выраженное воздействие на процент времени груминга, тем не менее, восстанавливая его практически до уровня интактных самок. В то же время, на более поздних сроках эксперимента, в этой группе животных наблюдалась тенденция к снижению значений данного показателя.

Влияние овариальной недостаточности на поведенческие показатели груминга можно связать с воздействием, которое оказывают половые гормоны на различные мозговые структуры [13, 14]. Рецепторы к половым стероидам выявлены во многих образованиях мозга, в том числе таких, как гипоталамус, гиппокамп, миндалина [15-19]. Гиппокамп, участвуя в формировании моторного компонента сложных двигательных актов, к которым относится и груминг, имеет множественные двусторонние связи как с различными ядрами гипоталамической области, так и с миндалевидным комплексом, отвечающим за эмоциональную окраску поведенческих реакций [3, 20]. Было показано, что количество нейронов в гиппокампе, плотность синаптических контактов и пространственная память у крыс прямо коррелируют с груминговой активностью [21].

Поскольку большинство авторов относят груминг к "поведению комфорта", его показатели могут быть чувствительны к нарушению биологических ритмов, связанному, в данном случае, с изменением гомеостаза половых гормонов [22].

Наши исследования не противоречат литературным данным, показывая выраженное влияние ЗГТ на ВНД, в частности, на груминг [23, 24]. Так, G. Diaz-Veliz с соавторами [25, 26] наблюдали снижение груминговой активности у овариэктомированных крыс и последующее восстановление уровня груминга после введения эстрадиола.

Выводы

Груминг, как комплексный показатель состояния нейроэндокринной системы, оказался довольно чувствителен к колебаниям уровня половых гормонов в крови, и может с успехом применяться в качестве адекватного критерия для выявления и оценки выраженности гонадефицитного состояния на ранних этапах его формирования, а также степени влияния на нервную систему различных методов коррекции овариальной недостаточности.

Поскольку груминг является важной частью поведения млекопитающих, ожидается, что его показатели будут достаточно чувствительны и к другим нарушениям компонентов нервной, эндокринной и иммунной систем.

Список литературы

1. *Celis M. E., Torre E.* Measurement of Grooming Behaviour // *Methods in Neurosciences*, Ed Conn A., San Diego, New York: Academic Press. – 1993. – P. 359-378.
2. *Van Erp A. M. M., Kruk M. P., Meelis W., Willeken-Bramer D.* Effects of environmental stressors on time course, variability and form of self-grooming in the rat // *Behav. Brain Res.* – 1994. – V. 65. – P. 47-55.
3. *Свидерская Г. Е., Дмитриева Л. Е.* Развитие груминга в онтогенезе крыс и мышей // *Журн. эволюционной биохимии и физиологии.* – 1993. – Т. 29, № 4. – С. 36-39.
4. *Stahl Stephen M.* Augmentation of antidepressants by estrogen // *Psychopharmacology bulletin.* – № 34(3). – 1998. – P. 319-321.
5. *Kerr J. E., Beck S. G., Handa R. J.* Androgens selectively modulate c-fos messenger RNA induction in the rat hippocampus following novelty // *Neuroscience.* – 1996. – Vol. 74, Iss. 3. – P. 757-766.
6. *Luine V. N., Richards S. T., Wu V. Y., Beck K. D.* Estradiol enhances learning and memory in a spatial memory task and effects levels of monoaminergic neurotransmitters // *Horm. Behav.* – 1998. – Vol. 34 (2). – P. 149-162.

7. *Lofgren M., Holst J., Backstrom T.* Effects in vitro of progesterone and two 5 alpha-reduced progestins, 5 alpha-pregnane-3,20-dione and 5 alpha-pregnane-3 alpha-ol-20-one, on contracting human myometrium at term // *Clin. Obstet. Gynecol.* – 1992. – Vol. 35. – P. 612-628.
8. *Henderson V. W., Paganini-Hill A., Emanuel C. K. et al.* Estrogen replacement therapy in older women: comparisons between Alzheimer's disease cases and nondemented control subjects // *Arch. Neurol.* – 1994. – Vol. 51. – P. 896-900.
9. *Manly J. J., Merchant C. A., Jacobs D. M., Small S. A., Bell K., Ferin M. et al.* Endogenous estrogen levels and Alzheimer's disease among postmenopausal women // *Neurology.* – 2000. – Vol. 54, N 7. – P. 833-837.
10. *Gandy S., Duff K.* Post-menopausal estrogen deprivation and Alzheimer's disease // *Exp. Gerontol.* – 2000. – Vol. 35, N 4. – P. 503-511.
11. *Kouri E., Halbreich U.* Hormonal treatments of premenstrual syndromes // *Drugs of Today.* – 1998. – N 34. – P. 603-610.
12. *Патент № 16150, UA. МКВ: А61В5/00.* Спосіб оцінки стану організму тварини. Кустов Д. Ю., Ракша-Слюсарєва О. А., Слюсарєв О. А., Друпп Ю. Г. Заява №u200602422 від 06.03.2006. Друк. 17.07.2006. Бюл. № 7.
13. *Бабичев В. Н.* Нейроэндокринология репродуктивной системы // *Проблемы эндокринологии.* – 1998. – Т. 44, № 1. – С. 3-12.
14. *Seale J. V., Wood S. A., Atkinson H. C., Bate E., Lightman S. L., Ingram C. D., Jessop D. S., Harbuz M. S.* Gonadectomy reverses the sexually diergic patterns of circadian and stress-induced hypothalamic-pituitary-adrenal axis activity in male and female rats // *J. Neuroendocrinol.* – 2004. – Vol. 16, N 6. – P. 516-524.
15. *Шишкіна І. В., Бабичев В. Н.* Рецепторы к половым гормонам в гипоталамусе и их роль в половой дифференцировке мозга у крыс-самцов // *Бюллетень экспериментальной биологии и медицины.* – 1986. – № 4. – С. 55-61.
16. *Kato J., Atsumi Y., Inaba M.* Estradiol receptors in female rat hypothalamus in the developmental stages and during pubescence // *Endocrinology.* – 1974. – 94 (2). – P. 309-317.
17. *Lee T. M., Hummer D. L., Jechura T. J., Mahoney M. M.* Pubertal development of sex differences in circadian function: an animal model // *Ann. N. Y. Acad. Sci.* – 2004. – Vol. 1021. – P. 262-275.
18. *Von Arnim C. A., Verstege E., Riepe M. W.* Strain dependence of receptor regulation on chemical preconditioning in mice hippocampus // *Neurosci. Lett.* – 2004. – Vol. 365, N 3. – P. 171-175.
19. *Osterlund M. K., Hurd Y. L.* Estrogen receptors in the human forebrain and the relation to neuropsychiatric disorders // *Prog. Neurobiol.* – 2001. – Vol. 64, N 3. – P. 251-267.
20. *Гарібян А. А.* Роль глубинных структур мозга в механизмах целенаправленного поведения. – М.: Медицина, 1984. – 120 с.
21. *Bredy T. W., Grant R. J., Champagne D. L., Meaney M. J.* Maternal care influences neuronal survival in the hippocampus of the rat // *Eur. J. Neurosci.* – 2003. – 18 (10). – P. 2903-2909.
22. *Калуєв А. В.* Стресс, тривожність і поведіння. – К: Енігма, 1998. – 92 с.
23. *Galeeva A. Y., Tuohimaa P., Shalyapina V. G.* The role of sex steroids in forming anxiety states in female mice // *Neurosci. Behav. Physiol.* – 2003. – Vol. 33, N 4. – P. 415-420.
24. *Scimonelli T., Maruccio M., Celis M. E.* Age-related changes in grooming behavior and motor activity in female rats // *Physiol. Behav.* – 1999. – Vol. 66, N 3. – P. 481-484.
25. *Diaz-Veliz G., Soto V., Dussaubat N., Mora S.* Influence of the estrous cycle, ovariectomy and estradiol replacement upon the acquisition of conditioned avoidance responses in rats // *Physiol. Behav.* – 1989. – Vol. 46, N 3. – P. 397-401.
26. *Diaz-Veliz G., Urresta F., Dussaubat N., Mora S.* Effects of estradiol replacement in ovariectomized rats on conditioned avoidance responses and other behaviors // *Physiol. Behav.* – 1991. – Vol. 50 (1). – P. 61-75.

Кустов Д. Ю. Можливість використання поведінкових тестів грумінга для оцінки стану нейроендокринної системи. – Коливання рівня статевих гормонів у крові здатні викликати глибокі зміни в діяльності головного мозку й окремих його структур, що призводять до порушення вищих психічних функцій. Грумінг, як важливий елемент психічної діяльності ссавців, може бути чутливим до різних форм нейроендокринної патології, зокрема – до оваріальної недостатності. Було виявлено зміни показників грумінга як після овариєктомії, так і після гормональних і трансплантаційних варіантів корекції гонаддефіцитного стану. Показано, що грумінг-тест можна з успіхом використовувати для виявлення оваріальної недостатності на ранніх її стадіях, та для оцінки впливу різних методів корекції даної патології на нейроендокринну систему.

Ключові слова: грумінг, оваріальна недостатність, трансплантація оваріальної тканини.

Kustov D. Yu. Possibility of behavioural grooming tests use for neuro-endocrine system status assessment.

– Fluctuations of the sexual hormones blood levels can cause deep changes in the activity of the brain and its particular structures, which lead to the higher mental functions impairment. As the grooming is an important part of mammals' psychic activity, it can be sensitive to various forms of neuro-endocrine pathology, and ovarian insufficiency in particular. Changes of the grooming parameters were revealed both after ovariectomy and after hormonal and transplantation correction of the gonadal deficiency. It is demonstrated that grooming test can be successfully applied in early ovarian insufficiency diagnostics and for assessment of influence at the neuro-endocrine system of various correction methods of this pathology.

Key words: grooming, ovarian insufficiency, ovarian tissue transplantation.

И. В. Мельникова, Г. А. Фролова, С. А. Богданова
ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ БЛОКИРОВАНИЯ D₂/D₃ РЕЦЕПТОРОВ ЭГЛОНИЛОМ НА
ПРОЯВЛЕНИЕ ТРЕВОЖНОСТИ САМОК БЕЛЫХ КРЫС

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: gal_alex_frolova@mail.ru

Мельникова И. В., Фролова Г. А., Богданова С. А. Оценка блокирования D₂/D₃ рецепторов эглонилом на проявление тревожности самок белых крыс. – Используя методику "приподнятый крестообразный лабиринт", животных разделили на три группы с различным уровнем тревожности. В течение трех дней они получили инъекции сульпирида (1мг/кг). По истечении трех дней крыс тестировали повторно. Установлено анксиолитическое влияние антидепрессанта на проявление тревожности у животных с различным психоэмоциональным статусом.

Ключевые слова: депрессия, тревожность, рецепторы дофамина, сульпирид, антидепрессант.

Введение

Явление депрессии на сегодняшний день является актуальной биологической проблемой [3, 7, 13, 14]. Депрессию можно определить как психическое расстройство: тоскливое, подавленное настроение с сознанием собственной никчемности, пессимизмом, однообразием представлений, снижением побуждений, заторможенностью движений, различными соматическими нарушениями. Выйти из депрессии в ряде случаев можно с помощью различных психотерапевтических методик. Помогают справиться с депрессией и различные фармакологические препараты – прежде всего различные антидепрессанты [8].

Антидепрессанты – группа психотропных препаратов, воздействующих на депрессивный аффект. Впервые использование антидепрессантов (ипрониазида, класс ингибиторов МАО и имипрамина, класс трициклических антидепрессантов, ингибитора обратного захвата моноаминов смешанного типа) зафиксировано в 1957 году.

Фармакологические эффекты антидепрессантов осуществляются на уровне синапсов [3]. Два основных способа их работы – блокада распада медиаторов и их обратного захвата пресинаптической мембраной; и в том и в другом случаях отмечается повышение концентрации медиаторов (норадреналина, серотонина, дофамина) в синаптической щели и как следствие – их более продолжительная и высокая функциональная активность. В последние годы у ряда препаратов выявлена способность воздействовать непосредственно на рецепторы постсинаптической мембраны, в частности – изменение чувствительности рецепторов и их блокада. Реальное фармакологическое действие антидепрессантов значительно шире, однако с ним связаны, как правило, их побочные эффекты [13].

Одним из таких лекарственных средств является эглонил (сульпирид). Клинически сульпирид характеризуется как препарат с "регулирующим" влиянием на ЦНС, у которого умеренная нейролептическая активность сочетается с некоторыми антидепрессивными и стимулирующими свойствами [7]. Нейролептический эффект, возможно, объясняется тем, что препарат является антагонистом дофаминовых рецепторов. В психиатрической практике сульпирид используют главным образом в сочетании с другими нейролептиками и антидепрессантами при состояниях, сопровождающихся вялостью, заторможенностью, апатией, в том числе при галлюцинаторно-бредовых и аффективных (в основном репрессивных) расстройствах. Как активирующее средство используется при вялотекущей шизофрении.

Невзирая на тот факт, что сульпирид выявляет некоторое сходство с нейролептическими средствами, его отличает от них отсутствие высокого уровня побочных действий, а также то, что он обладает активирующим и энергизирующим действием (психомоторная стимуляция, повышение бодрости, настроения и более мотивированное поведение). Поэтому сульпирид является одним из первых представителей атипичных нейролептиков [6].

Эглонил специфически блокирует дофаминовые и серотониновые рецепторы. Проявляет преимущественное сродство к дофаминовым рецепторам D_1 и D_3 , но не тяготеет к рецепторам D_2 и D_4 .

Дофаминовые рецепторы относятся к метаботропному типу. В настоящее время известно по крайней мере пять основных подтипов этих рецепторов: D_1 , D_2 , D_3 , D_4 и D_5 . На основе различий в молекулярном строении выделяют два основных рецепторных семейства. К первому (D_1 -подобные рецепторы) относятся D_1 и D_5 , ко второму (D_2 -подобные рецепторы) – D_2 , D_3 и D_4 , соответственно. Исследования последних десятилетий [4, 9-11] позволили накопить большое количество сведений о характеристике дофаминовых рецепторов на молекулярно-биологическом уровне, однако изучение функциональной роли различных подтипов пока затруднено в связи с отсутствием веществ, специфически взаимодействующих с каждым из них (особенно это относится к D_5 и D_1 рецепторам).

D_2 и D_3 рецепторы принимают участие в регуляции процессов синтеза и высвобождения дофамина в экстраклеточное пространство.

Для постсинаптических (D_1 , D_5 , D_4) рецепторов характерно существование объемной дофаминергической передачи.

Участие рецепторов D_1 и D_2 подтипа в контроле когнитивных, моторных, эмоциональных, нейроэндокринных функций, а также в патогенезе таких заболеваний как шизофрения, болезнь Паркинсона, поздняя дискинезия, гиперпролактинемия и ряда других постулирована достаточно давно и продолжает широко изучаться [2, 5, 12]. Предпочтительное лимбическое распределение D_3 рецепторов, а также их функционирование наряду с D_2 в качестве ауторецепторов, позволяет предполагать возможность вовлечения данного подтипа во многие физиологические и патологические процессы, которые ранее рассматривались как опосредуемые D_2 рецептором. В частности, была показана роль D_3 подтипа в контроле двигательной активности, состояния тревожности, а также участие в патогенезе шизофрении, болезни Альцгеймера.

Исходя из анализа областей распространения D_3 и D_4 подтипов рецепторов (лимбика и корковые регионы), возможно предположить их участие в контроле механизмов сознания и реализации эмоциональных реакций [1].

Функциональная роль D_5 подтипа рецепторов в литературе не описана.

Работа является фрагментом комплексного психогенетического исследования механизмов индукции психической (поведенческой) депрессии на фоне эмоционального стресса различной этиологии и выраженности.

Целью данного фрагмента является оценка влияния блокирования D_1/D_3 рецепторов на проявление тревожности у животных с различным психоэмоциональным статусом.

Методика исследования

Исследование проводилось на 20 половозрелых беспородных самках белых крыс. Животные содержались в виварии группами по 6-7 особей. Пища и вода подавались без ограничений. Тестирование проводилось в дневное время в промежутке между 14 и 16 часами.

Все животные предварительно были протестированы в условиях "приподнятого крестообразного лабиринта" (ПКЛ) и разделены на три группы с высоким, средним и низким уровнями тревожности (УТ) согласно времени пребывания в открытом пространстве ПКЛ. После чего в течение трех дней они получили инъекции эглонила (1 мг/кг). По истечении трех дней крыс тестировали повторно.

В эксперименте фиксировались следующие поведенческие параметры: время пребывания крысы в открытом пространстве лабиринта, количество выходов в открытое пространство, количество выглядываний из закрытых рукавов ПКЛ, количество переходов между рукавами, количество актов стоек и количество фекальных болюсов [4].

Результаты обрабатывались общепринятыми методами математической статистики. Разделение популяции на группы с разным уровнем тревожности проводилось согласно

правилу 0,678. Достоверность различий между группами контроля, а так же между опытными и контрольными значениями определялась с помощью непараметрического U-критерия Манна-Уитни.

Результаты и их обсуждение

Учитывая время пребывания на открытом пространстве ПКЛ исследуемая популяция была разделена на группы с разным уровнем тревожности следующим образом (рис. 1). Группа с низким УТ была представлена 6-ю самками, группы со средним и высоким уровнями тревожности были представлены 9-ю и 5-ю животными соответственно.

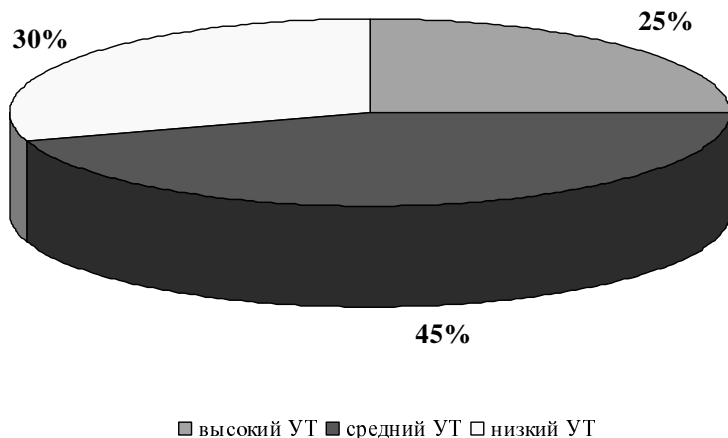


Рис. 1. Распределение исследуемой популяции (n=20) на группы с различными уровнями тревожности

Полная характеристика поведенческого профиля исследуемых животных представлена в табл. 1. Из нее видно, что животные с низким и средним УТ показывают максимальное количество повторных выходов в открытое пространство лабиринта ($p_u < 0,05$ относительно высокотревожных крыс). Количество выглядываний из закрытых рукавов ПКЛ у низкотревожных животных наименьшее в сравнении с высоко- ($p_u < 0,01$) и среднестревожными ($p_u < 0,05$) крысами. Ориентировочно-исследовательская активность, определяемая по количеству вертикальных стоек на открытом пространстве наблюдалась только у самок со средним УТ, что достоверно ($p_u < 0,05$) отличалось от аналогичного показателя низкотревожных животных.

Кроме того, установлен ряд корреляционных зависимостей между фиксируемыми поведенческими показателями. Так, между выходами в открытое пространство ПКЛ и временем пребывания в нем установлен коэффициент корреляции $R_k = 0,54$ ($p < 0,01$). Между количественными значениями показателей выходов в открытое пространство и переходами между закрытыми рукавами установлено наличие прямой зависимости с коэффициентом $R_k = 0,38$ ($p < 0,05$). Обнаружено наличие прямой зависимости между частотой повторных выходов на открытое пространство ПКЛ и количеством переходов между закрытыми рукавами ($R_k = 0,52$ ($p < 0,01$)), частотой вертикальных стоек на открытом пространстве ($R_k = 0,59$ ($p < 0,01$)).

Поведенческий профиль исследуемой популяции (n=20) в условиях "приподнятого крестообразного лабиринта" в контроле, ($\bar{X} \pm m$)

Уровень тревожности	Время пребывания в открытом пространстве, сек	Количество повторных выходов в открытые рукава	Количество выглядываний из закрытых рукавов	Количество переходов между закрытыми рукавами	Количество стоек на открытых рукавах
Высокая тревожность (n=5)	39,0±5,85***	1,0±0,00*	8,0±0,71**	0,0±0,00**	0,0±0,00
Средняя тревожность (n=9)	103,8±6,11	2,6±0,38	9,6±0,61	1,2±0,17	0,5±0,19
Низкая тревожность (n=6)	160,2±8,28**	2,3±0,48	6,3±0,95*	0,0±0,00**	0,0±0,00*

Примечания:

1. * и ** – разница статистически значима ($p_u < 0,05$) и ($p_u < 0,01$) соответственно в сравнении показателей условного контроля (средний уровень тревожности) с группами низкого и высокого уровня тревожности;

2. ●, ●● – отличия достоверны ($p_u < 0,05$) и ($p_u < 0,01$) соответственно при сравнении показателей группы с низким и высоким уровнями тревожности.

На рис. 2-4 представлены результаты введения сульпирида на некоторые показатели поведения в приподнятом крестообразном лабиринте.

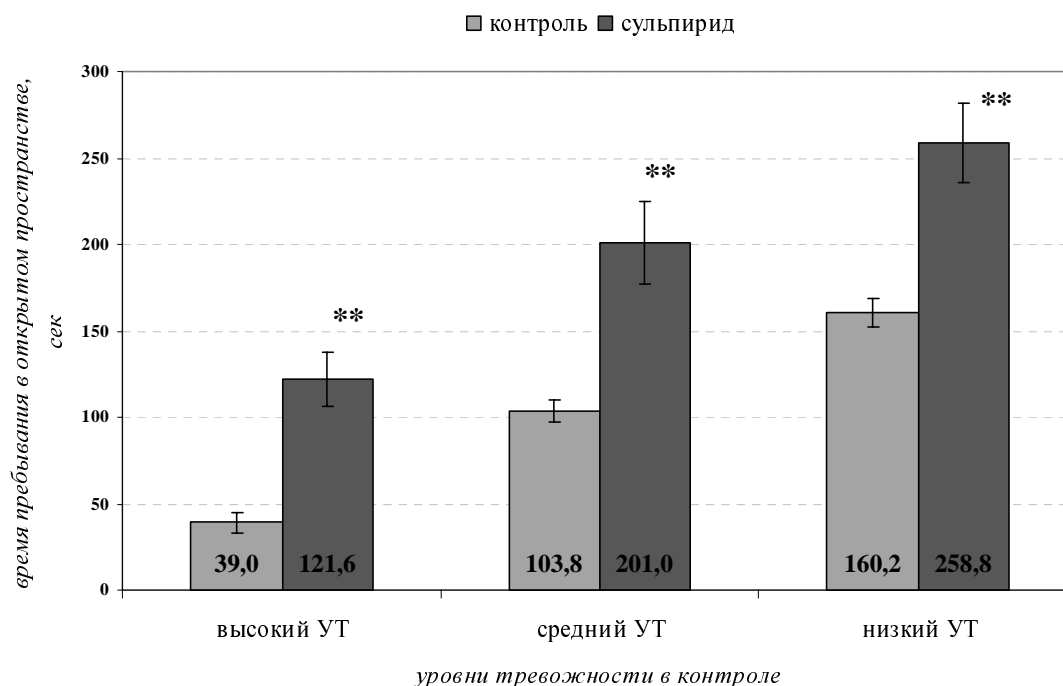


Рис. 2. Влияние сульпирида на время пребывания крыс (n=20) в открытом пространстве

Примечание. * и ** – разница статистически значима ($p_u < 0,05$) и ($p_u < 0,01$) соответственно в сравнении с показателями контроля

Установлено, что антидепрессант сульпирид обладает выраженным анксиолитическим действием, увеличивая время пребывания на открытой части лабиринта у животных всех групп тревожности в контроле (см. рис. 2). Полученные данные противоречат имеющимся в литературе сведениям относительно анксиолитической активности данного препарата [4, 6, 8]. Так, С. Н. Мосолов [7] оценивает антитревожное действие сульпирида как "очень слабое" (1 по 5-ти балльной шкале).

Кроме того, обращает на себя внимание установленное сокращение в 4,6 раза в сравнении с контролем ($p_u < 0,05$) количества повторных выходов в открытое пространство ПКЛ у низкотревожных крыс (см. рис. 3).

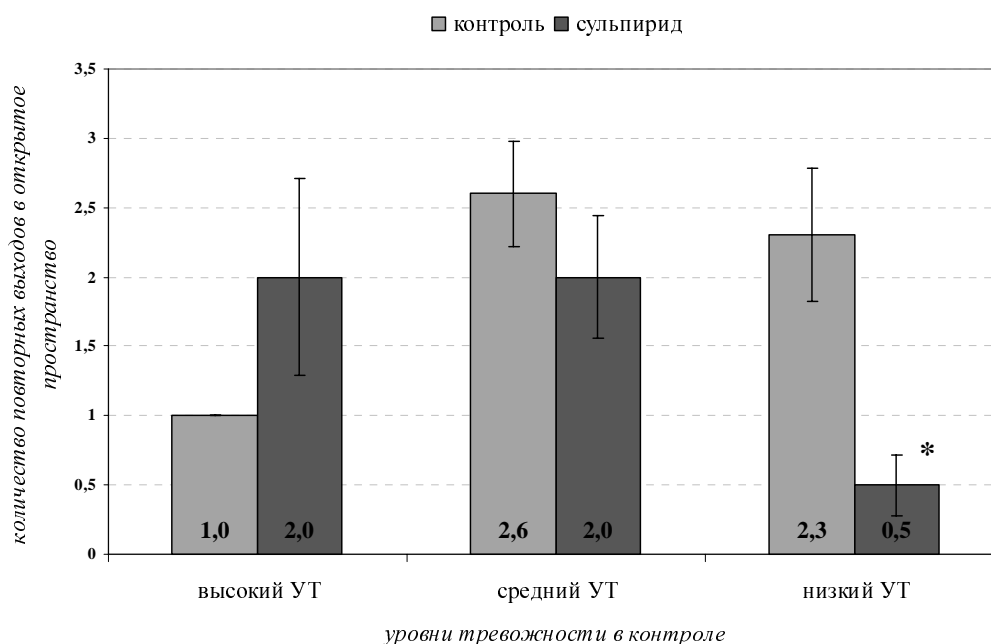


Рис. 3. Количество повторных выходов в открытое пространство лабиринта

Примечание. * – разница статистически значима ($p_u < 0,05$) в сравнении с показателями контроля

Один из показателей тревожности в приподнятом крестообразном лабиринте – частота выглядываний из закрытых рукавов – существенно сократился во всех группах контроля (см. рис. 4).

Так, у низкотревожных животных данный показатель поведения сократился в 4,9 раза ($p_u < 0,01$) в сравнении с результатами контрольного тестирования и составил $1,3 \pm 0,62$ выглядывания. У крыс со средним УТ в контроле частота выглядываний из закрытых рукавов сократилась в 2,7 раза ($p_u < 0,01$) с $9,6 \pm 0,61$ до $3,6 \pm 1,02$ выглядывания. Высокотревожные самки выявили снижение этого показателя поведения в ПКЛ почти в 2 раза ($p_u < 0,05$).

Ориентировочно-исследовательская активность животных не претерпела существенных изменений после блокирования D_2/D_3 -рецепторов дофамина сульпиридом: достоверных отличий по количеству вертикальных стоек на открытом пространстве ПКЛ не обнаружено.

Кроме того, в группе крыс со средним УТ установлено отсутствие переходов между закрытыми рукавами лабиринта ($p_u < 0,05$). Такой эффект сульпирида, а так же сокращение количества повторных выходов в открытое пространство ПКЛ свидетельствуют о седативном действии сульпирида.

По частоте дефекаций достоверных отличий не обнаружено, что свидетельствует об отсутствии выраженного влияния на эмоциональный статус животных используемого антидепрессанта.

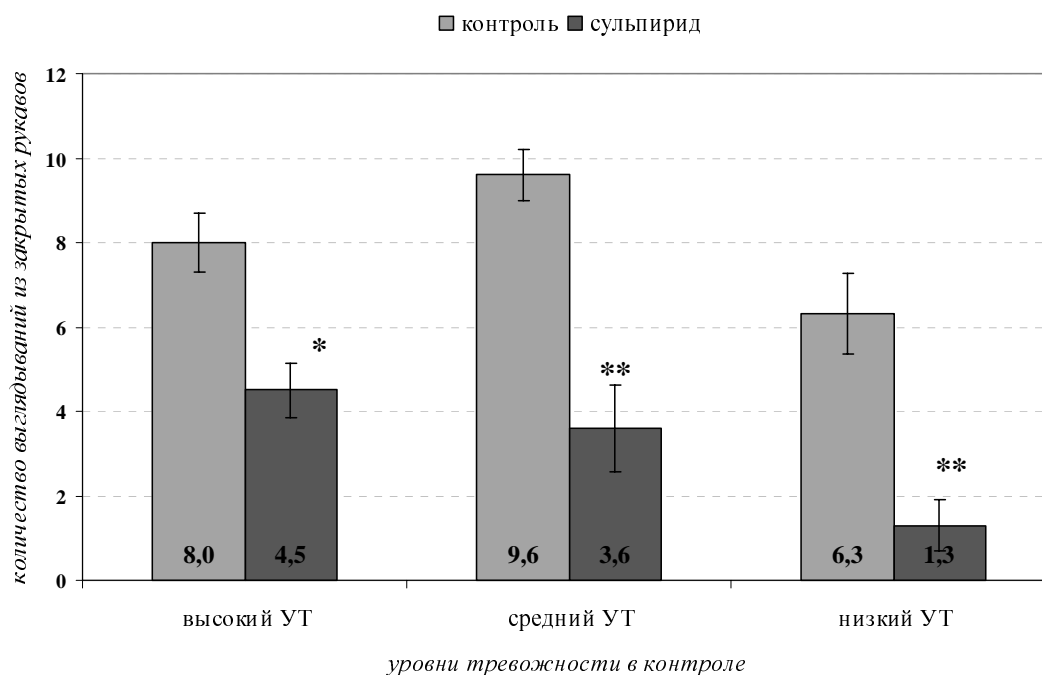


Рис. 4. Количество выглядываний из закрытых рукавов приподнятого крестообразного лабиринта

Примечание. * и ** – разница статистически значима ($p_u < 0,05$) и ($p_u < 0,01$) соответственно в сравнении с показателями контроля

Относительно изменения корреляционных связей следует отметить изменение направленности связи между временем пребывания на открытом пространстве ПКЛ и количеством повторных выходов в него. В опыте этот показатель составил $R_{оп} = -0,39$ ($p < 0,05$). Такое изменение направленности корреляционной связи может свидетельствовать о нарушении согласования между системами в результате блокирования D_2/D_3 -рецепторов дофамина сульпиридом, отвечающих за формирование этих видов поведенческих актов. Таким же эффектом используемого антидепрессанта можно объяснить отсутствие в опыте корреляционной связи между выглядываниями из закрытых рукавов и количеством вертикальных стоек на открытом пространстве. Кроме того, вследствие отсутствия после введения сульпирида таких поведенческих актов как переходы между закрытыми рукавами, невозможным становится установление корреляционных связей между этим показателем и частотой выходов на открытое пространство ПКЛ и выглядываний из закрытых рукавов.

Следует отметить так же появление корреляционных зависимостей между частотой выглядываний из закрытых рукавов, временем пребывания на открытом пространстве ПКЛ ($R_k = -0,32$; $R_{оп} = -0,7$ ($p < 0,01$)) и количеством повторных выходов в открытое пространство ($R_k = 0,01$; $R_{оп} = 0,37$ ($p < 0,05$)).

Выводы

Антидепрессант сульпирид (эглонил), избирательно блокирующий дофаминовые D_2/D_3 -рецепторы, обладает выраженным анксиолитическим эффектом независимо от исходного уровня тревожности животных.

Список литературы

1. Алексеевко О. В. Особенности дофаминергической регуляции развития экспериментальной тревожной депрессии у самцов мышей линии C57BL/67: Автореф. дис. ... канд. биол. наук / О. В. Алексеевко; Ин-т цитологии и генетики СО РАН. – Новосибирск, 2001. – 16 с.

2. Арушанян Э. Б. Дофаминергические механизмы мозга и депрессия / Э. Б. Арушанян // Журн. невропатол. и психиатр. – 1987. – Т. 87, вып. 6. – С. 925-931.
3. Вейн А. М. Депрессия в неврологической практике (клиника, диагностика, лечение) / А. М. Вейн. – М.: Мед. информ. агентство. – 208 с.
4. Динамические изменения серотонергической и дофаминергической активности мозга в процессе развития тревожной депрессии: экспериментальное исследование / Д. Ф. Августинович, О. В. Алексеенко, И. В. Бахитановская и др. // Успехи физиол. наук. – 2004. – Т. 35, № 4. – С. 19-40.
5. Динамические изменения серотонергической и дофаминергической активности мозга в процессе развития тревожной депрессии: экспериментальное исследование / Д. Ф. Августинович, О. В. Алексеенко, И. В. Бахитановская и др. // Успехи физиол. наук. – 2004. – Т. 35, № 4. – С. 19-40.
6. Либерман Дж. А. Частичные агонисты дофамина – новый класс антипсихотиков / Дж. А. Либерман // Соц. и клин. психиатрия. – 2007. – Т. 17, № 1. – С. 61-66.
7. Мосолов С. Н. Клиническое применение современных антидепрессантов / С. Н. Мосолов. – СПб.: Мед. информ. агенство, 1995. – 565 с.
8. Обоснованное применение антидепрессантов: технический обзор данных, подготовленный рабочей группой CINP: Пер. с англ. / Под ред. Т. Багай, Х. Грунце, Н. Сарториус. – СПб., 2006. – 174 с.
9. Раевский К. С. Дофаминергические системы мозга: рецепторная гетерогенность, функциональная роль, фармакологическая регуляция / К. С. Раевский, Т. Д. Сотникова, Р. Р. Гайнетдинов // Успехи физиол. наук. – 1996. – Т. 27, № 4. – С. 3-29.
10. Раевский К. С. Дофаминовые рецепторы мозга: структура, функциональная роль, модуляция психотропными веществами / К. С. Раевский // Вопросы мед. химии. – 1997. – Т. 43, № 6. – С. 553-565.
11. Раевский К. С. Функциональная роль и фармакологическая регуляция дофаминергических систем мозга / К. С. Раевский // Вестник Рос. АМН. – 1998. – № 8. – С. 19-24.
12. Роль дофаминергических механизмов в различных моделях тревожных состояний / А.Н. Талалаенко, И. И. Абрамец, Ю. В. Стаховский и др. // Физиол. журн. им. И. М. Сеченова. – 1992. – Т. 78, № 12. – С. 70-77.
13. Fibiger H. C. Neurobiology of depression: focus on dopamine // Depression and Mania: From Neurobiology to Treatment. – N.Y.: Raven Press, 1995. – 216 p.
14. Kapur S., Mann J. J. Role of the dopaminergic system in depression // Biol. Psychiatry. – 1992. – Vol. 32, № 1. – P. 1-17.

Мельникова І. В., Фролова Г. О., Богданова С. О. Оцінка блокування D2/D3 рецепторів еглонілом на прояв тривожності самок білих щурів. – Використовуючи методику "підведений хрестоподібний лабіринт", тварин розділили на три групи з різним рівнем тривожності. Протягом трьох днів вони отримували ін'єкції еглонілу (1мг/кг). Із закінченням триденного терміну щурів тестували повторно. Встановлено анксиолітичний вплив антидепресанту на прояв тривожності у тварин з різним психоемоційним статусом.

Ключові слова: депресія, тривожність, рецептори дофаміна, еглоніл, антидепресант.

Melnikova I. V., Frolova G. A., Bogdanova S. A. Estimation of blocking of D2/D3 of receptors of eglonyl on the display of anxiety of females of white rats. – Utilizing a method the "elevated plus-maze", animals were divided into three groups with the different level of anxiety. Whereupon during three days they got the injections of eglonyl (1mg/kg). After expiration of three days of rats tested repeatedly. Anxiolytic influence of antidepressant is set on the display of anxiety at animals with different psychoemotional status.

Key words: depression, anxiety, receptors of dopamine, eglonyl, antidepressant.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в межведомственном сборнике научных трудов биологического факультета Донецкого национального университета "**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**" принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.).

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 следующему примеру (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 исследований, 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 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. Объем иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30% объема статьи.

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

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

13. К статье 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. **К статье также следует приложить две рецензии от специалистов (докторов или кандидатов наук) – внутреннюю и внешнюю.**

15. Если статья подается на английском языке, то прилагается её украинский или русский вариант.

16. Редакция оставляет за собой право исправлять ошибки в тексте, вносить изменения редакционного характера, а также возвращать рукопись на доработку в случае несоответствия статьи вышеизложенным правилам. Автор должен учесть все замечания редактора и прислать исправленный вариант в редакцию не позднее, чем через 1 месяц.

17. Окончательное решение о публикации принимает редакционная коллегия.

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

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **ecology@dongu.donetsk.ua**

В редакцию также присылается один распечатанный экземпляр статьи, дискета (3,5") или CD-диск с материалами и рецензии. Поданные материалы не возвращаются.

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ

83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 310

Отв. секретарь сборника – канд. биол. наук **Штирц Артур Давыдович.**

Тел.: (062) 304-61-86; 8-050-240-78-02; 8-067-622-42-77.

Наукове видання

ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ

Міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 8

(українською, російською та англійською мовами)

Редактор: Р. В. Щадько

Оригінал-макет: А. Д. Штірц

Обкладинка: М. В. Максимович

Відповідальність за зміст статей та якість рисунків несуть автори.

Адреса в Інтернеті: www.donnu.edu.ua/bio

Адреса редакції: 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46, к. 310