

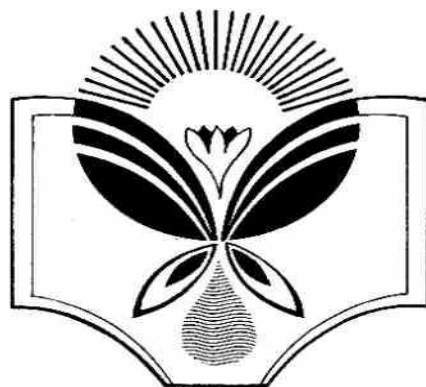


Наукові записки

**Тернопільського національного
педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
Серія: Біологія**

**Scientific Issues
Ternopil Volodymyr Hnatiuk
National Pedagogical University
Series: Biology**

**Спеціальний випуск
«ТЕРНОПІЛЬСЬКІ БІОЛОГІЧНІ ЧИТАННЯ —
TERNOPIL BIOSCIENCE – 2017»**



**2 (69)
2017**

*Друкується за рішенням вченої ради
Тернопільського національного педагогічного університету
імені Володимира Гнатюка
від 28.03.2017 р. (протокол № 9)*

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

М. М. Барна	доктор біологічних наук, професор (<i>головний редактор</i>) (Україна)
К. С. Волков	доктор біологічних наук, професор (Україна)
В. В. Грубінко	доктор біологічних наук, професор (<i>заступник головного редактора</i>) (Україна)
Н. М. Дробик	доктор біологічних наук, професор (<i>заступник головного редактора</i>) (Україна)
В. З. Курант	доктор біологічних наук, професор (Україна)
О. Б. Мацюк	кандидат біологічних наук (<i>відповідальний секретар</i>) (Україна)
В. І. Парпан	доктор біологічних наук, професор (Україна)
О. Б. Столяр	доктор біологічних наук, професор (Україна)
В. Р. Челак	доктор біологічних наук, професор (Молдова)
Макаї Шандор	доктор габілітований, професор (Угорщина)

Коректори:	Т.П. Мельник Т.І. Белей
Комп'ютерна верстка:	Г.М. Голіней

Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія:

- 1. Входять до переліку наукових фахових видань ВАК України
Свідоцтво про держреєстрацію: КВ № 15884-4356Р від 27.10.2009.*
- 2. У 2010 р. зареєстровані у Європейському інформаційному центрі
періодичних видань (Франція) з наданням ISSN 2078-2357.*
- 3. Включені до наукометричної бази даних:
Index Copernicus з ICV 2015: 45.81.
Directory of Research Journals Indexing.
Journal Factor.
Open Academic Journals Index.
Scientific Indexing Services.
Google Scholar.*
- 4. У березні 2016 р. пройшли переатестацію на новий п'ятирічний
період (наказ МОН України № 241 від 09.03.2016 р., позиція № 82).*

ББК 28
H 34

Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University.
Series: Biology. – 2017. - № 2 (69). – 176 p.

*Published by the decision of the Academic Council
of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University
from 28 March 2017 (protocol № 9)*

EDITORIAL BOARD:

M. M. Barna	Doctor of Biological Sciences, Professor (Editor-in-Chief) (Ukraine)
K. S. Volkov	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
V. V. Hrubinko	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy Editor) (Ukraine)
N. M. Drobyk	Doctor of Biological Sciences, Professor (Deputy editor) (Ukraine)
V. Z. Kurant	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
O. B. Matsiuk	Candidate of Biological Sciences (Responsible secretary) (Ukraine)
V. I. Parpan	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
O. B. Stoliar	Doctor of Biological Sciences, Professor (Ukraine)
V. R. Chelak	Doctor of Biological Sciences, Professor (Moldova)
Makaii Shandor	Dr. habil., Professor (Hungary)

Copy editors:	T.P. Melnyk T.I. Beley
Computer editing:	H.M. Holinei

Scientific Issues of Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University. Series: Biology:

*1. Registration with the professional body of the Supreme Attestation Commission of Ukraine:
Certificate KB № 15884-4356P, October 27, 2009.*

2. Registration with European Information Center (France, 2010), ISSN 2078-2357.

3. Abstracted and indexed in:

Index Copernicus with ICV 2015: 45.81.

Directory of Research Journals Indexing.

Journal Factor.

Open Academic Journals Index.

Scientific Indexing Services.

Google Scholar.

*4. 5-yearre-registration: order № 241 of the Ministry of Education
and Science of Ukraine of March 09, 2016, item 82.*

ББК 28
H 34

Ukrainian, Russian and Latin plant and animal terms are cited according to the author's version
Responsibility for the information and views set out in these publications lies entirely with the authors.

ЗМІСТ

БОТАНІКА

- В. Ю. БЕРЕЗОВСЬКА
СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ВОДРОСТЕЙ ВОДОЙМ
КИЇВСЬКОЇ ВИСОЧИННОЇ ОБЛАСТІ..... 8
- Т. В. ВАСИЛЬЄВА, С. Г. КОВАЛЕНКО, В. В. НЕМЕРЦАЛОВ
ФЛОРО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ФІТОБІОТИ ОСТРОВА ЗМІНИЙ
(ЧОРНЕ МОРЕ, УКРАЇНА) 16
- Н. М. ДАЙНЕКО, С. Ф. ТИМОФЕЕВ
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ
ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ИЗУЧАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ
Г. ГОМЕЛЯ И ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. МОЗЫРЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ,
РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ 21
- Ю. В. ЖУРЖА, Л. А. КОЛДАР, М. В. НЕБИКОВ
МОРФОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. *TA RHAMNUS*
TINCTORIA WALDST. ET KIT. В УМОВАХ *IN VITRO* 26
- О. Т. ЛАГУТЕНКО, Т. М. НАСТЕКА, М. О. КОНДРАТЕНКО
ВИВЧЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ АГРУСУ (*GROSSULARIA UVA-*
CRISPA (L.) MILL.) ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ
УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ..... 31
- С. О. ПОТОЦЬКА
ДЕНДРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ "КОНЦЕПЦІЇ ОЗЕЛЕНЕННЯ
МІСТА ЧЕРНІГОВА" 35
- Ю. С. ЮХИМЕНКО
СЕЗОННИЙ РИТМ РОЗВИТКУ ПІВНІЧНОАМЕРИКАНСЬКИХ ВИДІВ
РОДУ *CRATAEGUS* L. В УМОВАХ КРИВОРІЗЬКОГО БОТАНІЧНОГО
САДУ НАН УКРАЇНИ..... 40

БІОТЕХНОЛОГІЯ

- І. О. ГРЕЦЬКИЙ, О. М. ГРОМОЗОВА, С. К. ВОЦЕЛКО
ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙ ПОЛІСАХАРИДІВ МІКРОБНОГО
ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ
БАКТЕРІЙ *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* IMB B-7071 46
- М. А. КРИЖАНОВСЬКА, К. О. БІГУНЯК
ЗАМІНА РОДЗИНОК НА ВОДНУ ВИТЯЖКУ СУШЕНІ У ПОЖИВНОМУ
СЕРЕДОВИЩІ *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN 51
- І. О. ПЕРШКО
ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА РОДУ *MICROCOLPIA* (MOLLUSCA:
GASTROPODA: MELANOPSIDAE)..... 56

ГІДРОБІОЛОГІЯ

- С. Є. ДЯТЛОВ, О. В. КОШЕЛЕВ, С. О. ЗАПОРОЖЕЦЬ
ДОННІ ВІДКЛАДЕННЯ ПІВДЕННОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО
ЛИМАНУ В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ..... 60
- О. В. РАЧИНСЬКА
ВОДРОСТІ МІКРОФІТОБЕНТОСУ В БІОІНДИКАЦІЇ ЯКОСТІ
МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ 64
- М. О. САВЛУЧИНСЬКА, І. М. КОНОВЕЦЬ, О. М. АРСАН, М. Г. МАРДАРЕВИЧ
ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ АДАПТАЦІЇ РИБ
ДО РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ФІПРОНІЛУ ТА ДИМЕТОАТУ
У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ 70
- Б. В. ЯКОВЕНКО, О. П. ТРЕТЯК, О. Б. МЕХЕД, Г. Д. ХАЙТОВА, Н. А. СИМОНОВА
ВПЛИВ КСЕНОБІОТИКІВ НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ
АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ТКАНИНАХ КОРОПА 76

ЕКОЛОГІЯ

Т. В. АНДРУСИШИН, В. В. ГРУБІНКО КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ РІКИ ЗБРУЧ В УМОВАХ ЗАРЕГУЛЮВАННЯ ТА МАЛОВОДДЯ.....	81
Г. В. ГУМЕНЮК, Н. М. ГАРМАТІЙ КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ В ТЕРНОПІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ.....	94
С. В. ПИДА, І. М. КОБРИН, В. О. ВАКУЛЕНКО, Н. В. МОСКАЛЮК ПРОЦЕСИ ВОДООБМІНУ В ЛЮПИНУ БІЛОГО ТА ЛЮПИНУ ЖОВТОГО ЗА ВПЛИВУ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН.....	100
О. І. ПРОКОПЧУК СЕЗОННІ ЗМІНИ ВМІСТУ СПОЛУК ФОСФОРУ В АБІОТИЧНИХ СКЛАДОВИХ РІЧОК ТЕРНОПІЛЬЩИНИ З РІЗНИМ ХАРАКТЕРОМ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ.....	105
І. П. ЯКУБА, О. Б. ПАУЗЕР ПОКАЗНИКИ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОРОСТКАХ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ЗА ДІЇ ПРЕПАРАТУ ФІТОЦИД.....	113

МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

Г. М. ГОЛІНЕЙ ПОРОДНИЙ СКЛАД БДЖІЛ ПАСІЧНИХ УГІДЬ ТЕРНОПІЛЬЩИНИ.....	119
С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Л. Я. ФЕДОНЮК ДО ПИТАННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ, БІОЛОГІЇ ТА ЗНАЧЕННЯ ІКСОДОВИХ КЛЩІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ.....	123

ОГЛЯДИ

В. В. ГРУБІНКО АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ ТОКСИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ ДО МЕТАЛІВ У ГІДРОБІОНТІВ.....	129
І. Л. СУХОДОЛЬСЬКА ВТОРИННЕ ВИКОРИСТАННЯ АЗОТУ У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ.....	149

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

Г. А. ЧОРНА, Т. В. МАМЧУР, О. В. СВИСТУН, М. І. ПАРУБОК НАУКОВА СПАДЩИНА В. А. ГАВРИЛЮКА: ГЕРБАРІЙ ТА ПОЛЬОВІ ЩОДЕННИКИ.....	163
--	-----

АВТОРИ НОМЕРА.....	174
---------------------------	------------

CONTENTS

BOTANY

- V. YU. BEREZOVSKA
MODERN REVIEW OF THE STUDY OF KYIV UPLAND FRESHWATER ALGAE 8
- T. V. VASYLYEVA, S. G. KOVALENKO, V. V. NEMERTSALOV
FLORA-GENETIC ANALYSIS OF SNAKE ISLAND FITOBIOTA
(BLACK SEA, UKRAINE)..... 16
- N. M. DAJNEKA, S. F. TSIMAFEYEU
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE HEAVY METALS ACCUMULATION BY
RIVERSIDE AND WATER VEGETATION IN THE CITY OF GOMEL AND THE
SUBURBS OF MOZYR TOWN, GOMEL REGION, REPUBLIC OF BELARUS 21
- Y. V. ZHURZHA, L. A. KOLDAR, M. V. NEBYKOV
MORPHOGENESIS OF *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. AND *RHAMNUS*
TINCTORIA WALDST. ET KIT. EXPLANTS UNDER *IN VITRO* CONDITIONS 26
- O. T. LAGUTENKO, T. M. NASTEKA, M. O. KONDRATENKO
THE STUDY OF DROUGHT-TOLERANT GOOSEBERRY VARIETIES
(*GROSSULARIA UVA-CRISPA* (L.) MILL.) NATIVE TO UKRAINIAN POLISSIA..... 31
- S. A. POTOTSKA
LANDSCAPE DESIGN PROJECT OF THE CITY OF CHERNIHIV 35
- YU. S. YUKHIMENKO
SEASONAL RHYTHMS OF DEVELOPMENT OF NORTH AMERICAN SPECIES
OF GENUS *CRATAEGUS* L. UNDER CONDITIONS OF KRYVVI RIH
BOTANICAL GARDEN OF NAS OF UKRAINE..... 40

BIOTECHNOLOGY

- I. A. GRETSKY, E. N. GROMOZOVA, S. K. VOTSELKO
USE OF THE POLYSACCHARIDES COMPOSITION OF MICROBIAL ORIGIN
FOR CULTIVATION LUMINOUS BACTERIA *PHOTOBACTERIUM*
PHOSPHOREUM IMV B-7071 46
- M. A. KRYZHANOVSKA, K. O. BIHUNYAK
SUBSTITUTING RAISINS WITH DRIED FRUIT EXTRACT IN NUTRIENT
MEDIUM FOR *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN 51
- I. PERSHKO
THE GENETIC STRUCTURE OF MICROCOLPIA GENUS (MOLLUSCA:
GASTROPODA: MELANOPSIDAE) 56

HYDROBIOLOGY

- S. YE. DYATLOV, A. V. KOSHELEV, S. A. ZAPOROZHETS
BOTTOM SEDIMENTS OF SOUTHERN PART OF KHADZHYBEI ESTUARY
IN TERMS OF CHRONIC ANTHROPOGENIC POLLUTION..... 60
- O. V. RACHYNSKA
MICROPHYTOBENTOS ALGAE IN BIOINDICATION OF QUALITY
OF MARINE ENVIRONMENT OF ODESSA REGION..... 64
- M. O. SAVLUCHYNSKA, I. M. KONOVELTS, O. M. ARSAN, M. G. MARDAREVYCH
FEATURES OF ENERGY SUPPLY OF FISH ADAPTATION TO FIPRONIL
AND DIMETHOATE..... 70
- B. V. YAKOVENKO, O. P. TRETIAK, O. B. MEKHED, G. D. HAYTOVA,
N. A. SIMONOVA
INFLUENCE OF XENOBIOTICS ON ANTIOXIDANT ENZYMATIC
ACTIVITIES IN CARP TISSUES 76

CONTENTS

ECOLOGY

- T. V. ANDRUSISCHYN, V. V. GRUBINKO
A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL
SITUATION OF THE ZBRUCH RIVER IN TERMS OF WATER REGULATION
AND WATER SCARCITY 81
- H. HUMENYUK, N. GARMATYI
CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF WATER POLLUTION
OF TERNOPOL REGION 94
- S. V. PYDA, I. M. KOBRIN, V. A. VAKULENKO, N. V. MOSKALIUK
THE INFLUENCE OF BIOSTIMULANTS ON TRANSPIRATION OF WHITE
AND YELLOW BUSH LUPINE PLANTS 100
- O. I. PROKOPCHUK
SEASONAL CHANGES IN THE CONTENT OF PHOSPHATES IN ABIOTIC
COMPONENTS IN THE RIVERS OF TERNOPIL REGION WITH DIFFERENT
TYPES OF ANTHROPOGENIC PRESSURE..... 105
- I. P. YAKUBA, O. B. PAUZER
INDICES OF REDUCTION AND OXIDATION PROCESSES IN THE SPROUTS
OF VEGETABLE PLANTS EFFECTED BY PREPARATION PHYTOCID 113

PLANT MORPHOLOGY AND HUMAN PHYSIOLOGY

- H. M. HOLINEI
BEE SUBSPECIES NATIVE TO APIARIES OF TERNOPIL REGION 119
- S. S. PODOBIVSKIJ, L. YA. FEDONYUK
ON THE ISSUE OF SPECIES COMPOSITION, BIOLOGY AND SIGNIFICANCE
OF THE IXODES TICKS IN WESTERN UKRAINE 123

REPORTS AND SURVEYS

- V. V. GRUBINKO
ADAPTIVE STRATEGIES OF TOXICORESISTENCE TO METALS
IN HYDROBIONTS..... 129
- I. L. SUKHODOLSKA
THE NITROGEN RECOVERY IN THE WATER ECOSYSTEMS..... 149

HISTORY OF SCIENCES. PERSONALIA

- G.A. CHORNA, T.V. MAMCHUR, O.V. SVISTUN, M.I. PARUBOK
SCIENTIFIC HERITAGE OF V.A. HAVRYLIUK: HERBARIUM
AND FIELD JOURNALS 163

AUTHORS FEATURED 174

БОТАНІКА

УДК 582.26

В. Ю. БЕРЕЗОВСЬКА

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України
вул. Терещенківська, 2, Київ, МСП-1, 01601

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ ВОДОРОСТЕЙ ВОДОЙМ КИЇВСЬКОЇ ВИСОЧИННОЇ ОБЛАСТІ

Проаналізовано стан вивчення різноманіття водоростей водойм Київської височинної області за період понад 1,5 століття. Відзначено видове багатство водоростей цієї території та її водойм, встановлена таксономічна структура з урахуванням номенклатурних змін. Видовий склад регіону сформовано 641 видом (669 вн. такс.) водоростей, що належать до 9 відділів, 252 родів. Провідну роль на дослідженій території відіграють представники відділів *Vacillariophyta* (31,99 %), *Chlorophyta* (25,86 %), та *Cyanoprokaryota* (14,20 %). Підкреслена доцільність та необхідність проведення цілеспрямованого вивчення альгофлористичного різноманіття водойм регіону.

Ключові слова: водорості, історія досліджень, Київська височинна область

Альгофлора України є однією з найбільш досліджених в Європі та світі, за останнім зведенням вона нараховує близько 5200 видів водоростей (6300 вн. такс.) [32, 45]. Найбільш вивченими територіями вважаються – Полісся та Лісостеп, найменш - Українські Карпати та Крим. Однак, дослідження, що проводились впродовж останніх 2 століть мають переважно регіональний характер, та не охоплюють усю територію й на карті залишаються райони, що потребують уваги науковців і нині. Так, зокрема майже відсутні відомості щодо центральної частини Лісостепової зони – водоростей Київської височинної області.

Київська височинна область (КВО) – це одна з самостійних фізико-географічних областей Лісостепової зони Подільсько-Придніпровського краю за фізико-географічним районуванням України [31], і поділяється на 2 фізико-географічних райони – Васильківсько-Кагарлицький та Букринсько-Канівський. КВО розташовується на південь та південний схід від лінії Київ – Фастів до лінії Біла Церква – Рокитне – Корсунь – Шевченківський; на сході її межею є русло Дніпра. Західна межа простежується за виходами на поверхню докембрійських порід Українського щита [28]. Фізико-географічна область Київської височини охоплює центральні райони Київської адміністративної області та північну частину Черкаської. За альгофлористичним районуванням України КВО відноситься до Правобережно-Дніпровського альгофлористичного округу, а саме до Середньодніпровського району [32].

Матеріал і методи досліджень

Первинний етап альгофлористичних досліджень на території України можна пов'язати з діяльністю науковців Київського університету, членів Київського товариства дослідників природи. Завдяки діяльності професора І.Г. Борщова та його учнів – Л.А. Рішаві, Ц. Мошинського, В. Совинського, опубліковано низку статей присвячених вивченню водоростей Київської, Полтавської, Подільської та Чернігівської губерній [4, 30, 37, 38, 39].

У 1870 р. у праці професора І.Г. Борщова «Новые виды одноклеточных водорослей из окрестностей Киева» вказуються нові для науки таксони – *Stephanodiscus zonatus* I.G. Borshchov, *Scenedesmus longicornis* I.G. Borshchov, *Hydrocytuim longipes* I.G. Borshchov, *Staurastrum crux* I.G. Borshchov [4].

У своїй праці Л.Рішаві [37], зазначає місця відбору матеріалів – береги р. Рось (м. Корсунь, м. Біла-Церква, м. Богуслав), р. Гнилий Тікич (с. Вороне), р. Уманки та р. Кам'янки (м. Умань), ставки в с. Озірне, с. Гостра Могила, с. Розумець, с. Цимберівка та ін. Сумарна кількість виявлених видів сягає 110, систематичний список яких наводиться у роботі. Автор вказує переважання водоростей відділів *Bacillariophyta* (58) і *Chlorophyta* (34) над *Суанопрокариота* (11). Відмічена низька чисельність представників родин *Desmidiaceae* (3) та *Zygnemataceae* (4). Цікавою виявилась знахідка *Schizomeris leibleinii* Kütz.. У другій своїй статі [38], Л. Рішаві розглядає водорості виявлені в околицях міста Києва: залізничного шляху Київ – Брест поблизу м. Боярки та с. Совках. У роботі приводиться список відзначених водоростей – 55 видів діатомей. Привернули увагу дослідника й представники виявлені у м. Боярці - *Pleurotaenium trabecula* Nägeli, *Phycastrum* sp., *Chlamydomonas pulvisculus* (O. Müll.). Ehrenb., *Pediastrum pertusum* var. *microporum* A. Braun, *Gloeotrichia* sp.

Разом з цим, Мошинський Ц. [30] описує 105 видів, відзначених з околиць м. Липовця (сучасна Київська обл.) – р. Роськи, р. Ікави та м. Литинь (сучасна Вінницька обл.) – ставів та р. Супій. Провідна роль належала діатомовим водоростям – 61, менш різноманітніше представлені зелені – 36, та синьо-зелені водорості – 8.

Стаття В. Совинського [39] базувалась на матеріалах відібраних з Брацлавського та Гайсинського повітів, а також Липовецького й Таращанського (с. Ситківці, с. Тараща, с. Лісовичі) – вказано 131 вид. Зокрема серед виявлених водоростей зазначено *Batrachospermum moniliforme* Roth, (м. Немирів), що нині занесений до Червоної книги України [44].

Критичний аналіз робіт дозволяє констатувати, що проведені флористичні дослідження водоростей Київської губернії у кінці 19 ст. не були цілеспрямованими, носили фрагментальний характер й охоплювали невелику частину регіону дослідження, репрезентуючи флору сусудніх фізико-географічних областей: Північно-Східної Придніпровської височинної області і Центральнопридніпровської височинної області.

У 1915 році Я. Волошинською (Woloszynska, 1921) були проведені дослідження фітопланктону водойм м. Києва, проте вони стосувались заплавної озера Труханового острова. Дещо пізніше іншими авторами відзначені знахідки видів водоростей з водойм околиць міста Києва, де вказуються нові види роду *Spirogyra* Link та їх морфометричні показники [11], деякі види синьо-зелених водоростей [18].

Значний внесок до пізнання альгофлори регіону становлять роботи Д.О Радзимовського 20-30 років 20 ст., що були опубліковані в збірниках праць Дніпровської біологічної станції [33,34,35,36]. У них автор не лише подає флористичні списки, а й проводить аналіз систематичної структури й зосереджує увагу на провідні комплекси, сезонні зміни, біомасу та частоту трапляння певних представників. Так, у 1923-1924 рр. автором було вивчено фітопланктон ставу «Дідова Макітра» й відмічені – *Eudorina elegans* Ehrenb., *Peridinium cinctum* (O.Müll.) Ehrenb., *Anabaena scheremetievi* Elenkin, *Volvox aureus* Ehrenb. та ін. [33]. У 1930 р. досліджено альгофлору оз. Конча [34], а у 1937 – оз. Заспа [36]. Автор відзначає подібні риси двох заплавної озер р. Дніпра, однак вказує що кількісна роль «протикокових», евгленофітових, вольвокальних у флористичному комплексі оз. Конча другорядна, у той час як за якісним складом планктону вони досить подібні.

У 1956 Фролова І.О приділяє увагу водоростям дослідних рибозривних ставків колгоспу Куйбишева Васильківського району Київської області та впливу добрив на їх розвиток; водоростям проточних Голосіївський ставків [40, 42].

Серед робіт другої половини ХХ ст. простежується гідробіологічна спрямованість, зосередженість на вивченні чисельності фітопланктону та біомаси деяких приток Дніпра, Канівського та Кременчуцького водосховища [12, 15, 16]. За результатами досліджень авторів, підготовлені списки водоростей малих річок, зокрема й тих, що протікають на території регіону досліджень – р. Красна, р. Стугна та р. Росава. Так, для р. Красна вказується 74 види

(76 вн. такс.) водоростей, що представлені 8 відділами, переважають представники відділу *Chlorophyta* – 31 вид (33 вн. такс.), *Bacillariophyta* – 14 видів, *Cyanoprokaryota* – 13 видів, *Euglenophyta* – 11. Для р. Стугна відомо 73 види, де основу формують водорості відділів *Bacillariophyta* (32) та *Chlorophyta* (17), у той же час для р. Росава відзначено 56 видів, де також відмічено переважання діатомових (27) та зелених (20) водоростей. Однак, відомості є неповними й не віддзеркалюють реальний стан видового різноманіття водоростей, як ділянок річок так й усього русла. Дослідженнями були охоплені не всі екологічні угруповання водоростей, а лише фітопланктон.

Дослідження альгофлори Канівського заповідника (КЗ), що частково розміщується в межах Канівських дислокацій має давню історію, починаючи з моменту створення та підпорядкуванню Київському університету ім. Т. Г. Шевченка. Дослідженнями водоростевого різноманіття водойм займалися – Н.О. Мошкова (1952), О.П. Оксіюк (1954, 1962), З.Г. Лавітська (1962), Н.П. Масюк, Л.С. Гук (1982, 1983, 1984, 1985), З.І. Ветрова, Л.С. Гук, В.І. Миرونюк (1993, 1996, 1998) та ґрунтів цієї території. У 2000 році Михайлюк Т.І. була підготовлена дисертаційна робота та опублікований конспект альгофлори (водної, ґрунтової, аерофітної складової), що нараховує 1018 видів (1137 різновидностей). Вказується, що альгофлора стоячих водойм налічує близько 324 видів водоростей [29].

Ретельний аналіз конспекту альгофлори КЗ допоміг виявити місця відбору матеріалу, на правобережній частині заповідника (яка розміщується в межах КВО) – це яружні ставки (Другий Яр Біляшівського, Сухий Потік, Меланчин Потік, Княжий Яр, Гнила балка), ефемерні водойми поблизу адміністративного корпусу. У результаті аналізу виявлено, що у стоячих водоймах правобережної частини КЗ ідентифіковано 268 видів водоростей, що представлені 6 відділами: *Cyanoprokaryota* – 39, *Euglenophyta* – 52, *Cryptophyta* – 3, *Chrysophyta* – 4, *Bacillariophyta* – 104, *Xanthophyta* – 17.

Початок 21 ст. ознаменувався публікаціями низки робіт науковців відділу фікології Інституту ботаніки НАН України, що направлені на цілеспрямоване вивчення різноманіття водоростей, так і окремих систематичних груп та рідкісних таксонів: роботи П.М. Царенко [9, 10, 13, 17, 43], Л. М. Бухтіярової [5, 6, 7], Г.Г. Ліліцької [21, 22, 23, 24, 25, 26].

Так, протягом досліджень у травні-серпні 2002 року у водоймах Дідорівського урочища ідентифіковано 162 види водоростей (167 вн. такс.), що належали до 92 родів. Відзначено, що провідними родами є *Desmodesmus* (Chodat) S.S.An, T. Friedl et E. Hegew., *Anabaena* Bory ex Bornet et Flahault, *Euglena* Ehrenb., *Monoraphidium* Komárk.-Legn., *Peridinium* Ehrenb., *Dictyosphaerium* Nägeli, *Oocystis* Nägeli ex A. Braun, *Kirchneriella* Schmidle, *Pediastrum* Meyen та *Scenedesmus* Meyen [43]. Уперше в роботі наводяться 113 таксонів, а загальна чисельність альгофлори ставків з врахуванням літературних даних становила 280 видів (295 вн. такс.). Проведений порівняльний аналіз видового багатства водоростей та вмісту неорганічних сполук, певні сезони зміни видового складу. В усіх досліджуваних ставках були присутні – *Crucigeniella apiculata* (Lemmerm.) Komárk.-Legn., *Desmodesmus armatus* (Chodat) E. Hegew., *Desmodesmus opoliensis* var. *mononensis* (Chodat) E. Hegew., *Aulacoseira granulata* (Ehrenb.) Simonsen, *Euglena mutabilis* Schmitz, *Phacus orbicularis* Hübner, *Dinobryon divergens* O. E. Imhof та *Ceratium hirundinella* (O.Müll.) Dujard. [43].

Китаївські ставки – каскад штучно створених водойм внаслідок загачування річкової долини, у них зареєстровано виявлено 101 вид, з яких 96 наводяться вперше. Основу якісного складу фітопланктону склали представники зелених (39,6 %) та діатомових (25,7 %) водоростей. Чисельність фітопланктону у водоймах варіювала в межах 42–26850 тис. кл./л, а біомаса становила 0,057 – 54, 537 мг./л. Згідно екологічної класифікації, досліджувані водойми віднесені до категорії «помірно забруднені» [17].

У Горіховатських ставках було досліджено видовий склад та кількісні характеристики розвитку планктонних водоростей та відзначено 153 види, (146 вказується вперше), що відносяться до 86 родів, провідними з яких є *Desmodesmus*, *Euglena*, *Monoraphidium*, *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont, *Trachelomonas* Ehrenb., *Chlamydomonas* Ehrenb., *Coelastrum* Nägeli, *Pediastrum*, *Scenedesmus* і *Nitzschia* Hassal. Чисельність фітопланктону в досліджених ставках змінюється від 24 – 147855 тис. кл./л, а біомаса знаходиться в межах 0,019 – 79,203 мг./л.

Основу кількісного розвитку фітопланктону створюють евгленові, діатомові, динофітові, криптофітові та зелені водорості. Відзначено, що за рахунок масового розвитку представників роду *Chlamydomonas* відбувається «цвітіння» води у ставках № 2, 3 та 4 [13].

У фітопланктоні водойм урочища «Китаєво» було ідентифіковано 84 види з 6 відділів водоростей, а саме – *Cyanoprocarota*, *Euglenophyta*, *Xanthophyta*, *Dinophyta*, *Bacillariophyta* та *Chlorophyta*. Також відзначений кількісний розвиток евгленових та динофітових водоростей. Види цих груп формують основу домінуючих комплексів: *Phacus longicauda* (Ehrenb.) Dujard., *Phacus orbicularis* Hübner, *Euglena gracilis* G. A. Klebs, *Ceracium hirundinella*, *Peridinium cinctum* (O.Müll.) Ehrenb. та *Peridiniopsis elpatiewskyi* (Ostf.) Bourr. До провідних форм належали також представники синьозелених – *Anabaena flos-aquae* (Lyngb.) Bréb., що викликала «цвітіння» води та зелених (*Actinastrum hantzschii* Lagerh.) водоростей. Такий комплекс домінантів та їх кількісний розвиток указує на високий ступінь трофності водойм та органічну забрудненість [9].

Сучасні дослідження *Bacillariophyta* виявили 51 новий вид для Правобережного Лісостепу України, 33 – для Лісостепової зони України, 8 – для альгофлори України [5, 6]. Новими для України *Bacillariophyta* з водойм Київської височинної області є *Gomphomena laticollum* E. Reichardt in Jahn (р. Стугна у м. Васильків), *Gomphomena ehrenbergii* (р. Стугна у м. Васильків, р. Росава), *Gomphomena italicum* Kütz. (р. Стугна та її водосховища), *Gomphomena pseudoaugur* Lange-Bert. (р. Росава), *Navicula pseudotenelloides* Krasske (р. Рокитка).

Відзначені морфологічні особливості стулок видів діатомей - *Ellerbekia arenaria* (Moore ex Ralfs) R.M. Crawford та *Ellerbekia arenaria f. teres* (Brun) R.M. Crawford виявлених у водоймах м. Києва та Білої Церкви [25].

У результаті проведених досліджень протягом 1994 – 2002 років альгофлори малих водойм м. Києва та його околиць [21, 22, 23, 24] доповнено відомості про різноманіття зелених водоростей родин *Dunaliellales*, *Chlamydomonadales* (*Phacotaceae*) і *Volvocales*. Відзначені нові місцезнаходження видів та їх морфологічні особливості. Для правобережної Лісостепової зони в межах м. Києва вказуються нові знахідки широкопоширених видів так і нових для України – *Nephroselmis olivacea* F. Stein, *Pyramimonas tetrahynchus* Schmarada, *Pyramimonas inconstans* F. Stein, *Coccomonas orbicularis* F. Stein [21], *Chlamydomonas debaryana* Gorozh., *Chlamydomonas leiostraca* (Strehlow) H. Ettl, *Chlamydomonas multitaeniata* Korschikov, *Chloromonas pumilio* H. Ettl, *Chloromonas pseudoplatyrhyncha* (Pascher) P.S. Silva, *Chloromonas selicensis* (L. Peterfi) Gerloff et H. Ettl, *Vitreochlamys gloeosphaera* (Pascher et Jahoda) Massjuk, *Carteria inversa* (Korschikov) Bourr., *Pseudocarteria peterhofiensis* (I. Kissel.) H. Ettl [22]; *Coccomonas platyformis* Jane, *Dysmorphococcus coccifer* Korschikov, *Phacotus coccifer* Korschikov, *Pteromonas armata* Korschikov, *Pteromonas torta* Korschikov, *Eudorina cylindrica* Korschikov [23].

Ліліцька Г.Г. у роботі “*Bacillariophyta* малих водоемов г. Києва. 1. *Naviculales*” вказує 78 видів діатомей (56 для КВО) з 24 родів та 12 родин. Чотири види *Navicula antonii* Lange-Bert., *Navicula caterva* Hohn et Hellermann, *Navicula upsaliensis* (Grunow) M.Peragallo, *Stauroneis subgracilis* Lange-Bert. et Krammer in Lange-Bert. et Genkal є новими для флори України [26]. У наступній публікації, з серії присвячених вивченню діатомей, досліджувались родини *Fragilariaceae*, *Diatomaceae*, *Tabellariaceae* [27]. З водойм КВО вказуються нові знахідки для Лісостепу, а також три нові для України – *Punctistriata glubokoensis* D.M. Williams et al., *Pseudostaurosira polonica* (Witak et Lange-Bert.) Morales et Edlund, *Opephora guenter-grasii* (A. Witkowski et Lange-Bert.) Sabbe et Vyverman.

Результати досліджень та їх обговорення

Повний аналіз бібліографічних зведень та літературних відомостей з урахуванням таксономічних змін показав, що у водоймах КВО виявлено 622 види (650 вн. такс.), що належать до 9 відділів, та представлені 253 родами. Таксономічні статуси видового різноманіття водоростей уточнювали за системою прийнятою в серії монографічних видань «*Algae of Ukraine*» [45, 46, 47, 48].

Таксономічне різноманіття водоростей водойм Київської височинної області

Відділ	Кількість видів (вн. такс.)	% від загальної кількості	Кількість родів	% від загальної кількості
<i>Chlorophyta</i>	170(173)	25,86	88	34,24
<i>Bacillariophyta</i>	200(214)	31,99	64	24,90
<i>Euglenophyta</i>	73(79)	11,80	21	8,17
<i>Cyanoprokaryota</i>	92 (95)	14,20	39	15,17
<i>Xanthophyta</i>	28(28)	4,19	15	5,83
<i>Chrysophyta</i>	14(14)	2,09	7	2,72
<i>Dinophyta</i>	26(27)	4,03	12	4,67
<i>Cryptophyta</i>	7(7)	1,04	2	0,78
<i>Charophyta</i>	31(32)	4,80	9	3,50
<i>Всього:</i>	641 (669)	100	252	100

Провідну роль на території відіграють представники відділів *Bacillariophyta* (31,99 %), *Chlorophyta* (25,86 %), та *Cyanoprokaryota* (14, 20 %).

Найбільшою кількістю видів характеризується відділ *Bacillariophyta* (31,99 %), що представлений 200 видами (214 вн. такс.) та 64 родами. Серед провідних родів діатомових водоростей слід відзначити *Nitzschia*, *Navicula* Bory, *Pinnularia* Ehrenb., *Gomphonema* Ehrenb., *Ulnaria* (Kütz.) P. Compère, *Surirella* Turpin, *Stauroneis* Ehrenb., *Epithemia* Kütz., *Cymbella* C. Agardh, *Achnanthisidium* Kütz.

Відділ *Chlorophyta* (25,86%) – 170 види (173 вн. такс.), з 85 родів. Найповніше представлений рід *Desmodesmus*, на другій позиції – роди *Chlamydomonas* та *Chloromonas* Gobi, на третій – *Monoraphidium*, *Scenedesmus*. Така представленість відділу обумовлена цілеспрямованим вивченням різноманіття водоростей в околицях міста Києва: Китаївських ставків, Горіховатських, Дідорівських ставків [9, 10, 13, 14, 17, 43], а також зелених джгутикових водоростей з малих водойм Києва [21, 22, 23], та узагальненими й доповненими даними щодо різноманіття водоростей Канівського заповідника [28].

Дещо меншим різноманіттям характеризується відділ *Cyanoprokaryota*, посідаючи одне з провідних місць у флористичному спектрі з 14,20%. Флористичне багатство представлене 41 родом, серед яких за кількістю переважають роди *Phormidium* Kütz. ex Gomont та *Oscillatoria*. Значну частку у таксономічному спектрі відіграють також роди *Dolichospermum* (Ralfs ex Bornet et Flahault) P. Wacklin, L. Hoffmann et J. Komárek, *Merismopedia* Meyen, та *Microcystis* Lemmerm.

Евгленофітові водорості представлені – 73 (79 вн. такс.), 21 родом. Основу видового різноманіття евгленофітових водоростей складають роди *Trachelomonas*, *Euglena*, *Phacus* Dujard. та ін.

Відомості щодо видового складу динофітових водоростей регіону дослідження надзвичайно обмежені та нараховують лише 26 видів (27 вн. такс.) [19].

Літературні відомості про низьке різноманіття жовто-зелених, золотистих, криптофітових водоростей, пов'язане з відсутністю цілеспрямованих систематичних досліджень за цими групами водоростей та з особливостями екології поширення видів, недостатньою ступінню вивченості.

Відділ *Charophyta* репрезентований трьома порядками *Charales*, *Zygnematales*, *Klebsormidiales*. Дуже невисоке різноманіття порядку *Desmidiales* й низький ступінь вивченості самого регіону було відзначено Г.М. Паламар-Мордвінцевою та П.М. Царенком [32].

З 2015 року нами розпочаті цілеспрямовані альгофлористичні дослідження Київської височинної області та її суміжних територій [1,2,3]. Передбачається подальше вивчення видового складу водоростей та особливостей розподілу за різними типами водойм.

Висновки

На основі проведеного аналізу літературних відомостей у водоймах Київської височинної області виявлено 641 видів (669 вн. такс.) водоростей, які представлені 257 родами та належать до 9 відділів: *Chlorophyta* – 170 (173 вн. такс.), *Bacillariophyta* – 200 (214 вн. такс.), *Cyanoprocarota* – 92 (95 вн. такс.), *Euglenophyta* – 73 (79 вн. такс.), *Dinophyta* – 26 (27 вн. такс.), *Charophyta* – 31 (32 вн. такс.), *Xanthophyta* – 28 (28 вн. такс.), *Chrysophyta* – 14 (14 вн. такс.), *Cryptophyta* – 7 (7 вн. такс.). Основу видового складу формують діатомові, зелені та синьо-зелені водорості. Найбільшим видовим різноманіттям представлені роди *Nitzschia*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Trachelomonas*, *Gomphonema*, *Desmodesmus*, *Euglena*. Про те ступінь вивченості багатьох груп водоростей є достатньо низькою.

Флористичні дослідження водоростей регіону не були рівномірним, носили переважно описовий та гідробіологічний характер. Також, основна увага була зосереджена на вивченні водойм околиць м. Києва, а також поблизу м. Біла Церква та Канівського заповідника. У той же час інформація про флористичне різноманіття водоростей більш віддалених водойм від м. Києва взагалі відсутня. Увага дослідників приділялась не всім екологічним групам водоростей.

Київська височинна фізико-географічна область має добре розвинуту гідрологічну мережу з великою кількістю різнотипних водойм, а її територія в той же час зазнає значної трансформації та антропогенного тиску на біоту. Флористичні згадки про рідкісні та зникаючі види водоростей спонукають до ретельного цілеспрямованого хорологічного вивчення усього різноманіття водоростей водойм регіону та віднайдення старих локалітетів та пошуку нових, з метою охорони їх біотопів зростання.

1. Березовська В. Ю. «Різноманіття водоростей водойм Дендропарку «Олександрія» / В. Ю. Березовська // Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матер. Міжнар. конф. мол. учених, присвяченої 120-річчю від дня народження Д.К. Зерова (м. Полтава, 15–20 вересня 2015 року). — Полтава, 2015. — С. 18—19.
2. Березовська В. Ю. Перші відомості про водорості ландшафтного заказника місцевого значення «Урочище Калинове» / В. Ю. Березовська // Актуальні проблеми ботаніки та екології. Матер. Міжнар. конф. мол. Учених (м. Херсон, 29 червня – 3 липня 2016 року). — Херсон, 2016. — С. 10.
3. Березовська В. Ю. Рідкісні види водоростей водойм Київської височинної області та її суміжних територій / В. Ю. Березовська // Рідкісні рослини і гриби України та прилеглих територій: реалізація природоохоронних стратегій. Матеріали IV Міжнародної конференції (16-20 травня 2016 р., Київ, Україна). — Київ: ПАЛИВОДА А.В., 2016 — С. 169—170.
4. Борцов И. Г. Новые виды одноклетных водорослей из окрестностей Киева // Зап. Киев. о-ва естествоисп. — 1870. — Т. 1, Вып. 1. — С. 146—149.
5. Бухтіярова Л. М. *Bacillariophyta* Правобережного Лісостепу України. II. Північно-Західна Придніпровська та Північно-Східна Придніпровська височинні області // Укр. ботан. журн. — 2012а. — Т. 69, № 1. — С. 88—98.
6. Бухтіярова Л. М. Морфологічні особливості нових для України *Bacillariophyta* з гідротопів Правобережного Лісостепу. I. Види *Gomphonema* Ehrenb. // Modern Phytomorphology. — 2012. — № 1. — С. 85—88.
7. Бухтіярова Л. М. Морфологічні особливості нових для України *Bacillariophyta* з гідротопів Правобережного Лісостепу. II. Види *Gomphonema* Ehrenb. // Modern Phytomorphology. — 2013. — № 3. — С. 231—240.
8. Добровлянський В. В. Список пресноводних простейших окрестностей г. Києва // Тр. Днепр. Биол. ст. 1914. — № 1. — С. 37—47.
9. Дубина Д. В. Фіторізноманіття водойм урочища «Китаєво» (Голосіївський р-н, м. Києва) / Дубина Д.В., Царенко П.М., Якубенко Б.Є. // Науковий вісник нац. аграрн. ун-ту. — 2005. — Вип. 86. — С. 24—30.
10. Дубина Д. В. Фіторізноманіття Дідорівського урочища (Голосіївський район м. Києва) / Дубина Д.В., Царенко П.М., Якубенко Б.Є. // Наук. вісн. нац. аграр. ун-ту. — 2002.— № 53. — Вип. 41. — С. 257—265.
11. Казановский В., Смирнов С. Материалы к флоре водорослей окрестностей Киева. I. Spirogyra / Казановский В., Смирнов С. // Тр. Днепр. биол. ст. — 1914. — № 1. — С. 133—169.
12. Ключенко П. Д. Сравнительная характеристика фитопланктона притоков Днепра (Украина) / П. Д. Ключенко // Альгология. — 1996. — Т. 6, № 3. — С. 272—284.

13. Ключенко П. Д. Особливості екологічного стану Горіховатських ставків / [Ключенко П. Д., Горбунова З. Н., Марченко Г. В. та ін.] // Наук. вісн. НАУ. — 2006. — Вип. 95. — С. 24—30.
14. Ключенко П. Д. Дослідження екологічного стану китайських ставків (Голосіїво, м. Київ) / [Ключенко П. Д., Горбунова З. Н., Харченко Г. В., Царенко П. М.] // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. Наук. зб. / Відп. ред. В. К. Хільчевський. — К.: ВГЛ Обрії, 2007. — Т. 13. — С. 165—170.
15. Ключенко П. Д. Особености видового різнообразия фітопланктону притоков Дніпра / Ключенко П. Д., Іванова І. Ю. // Альгологія. — 2009. — 19, № 4 — С. 362—379.
16. Ключенко П. Д. Фітопланктон некоторых притоков Каневского и Кременчугского водохранилищ (Украина) / Ключенко П. Д., Митковская Т. И. // Альгологія. — 1993. — Т. 3, № 2. — С. 53—59.
17. Ключенко П. Д. Фітопланктон як показник екологічного стану Китайських ставків (м. Київ) / Ключенко П. Д., Царенко П. М. // Наук. вісн. НАУ. — 2007. — Вип. 107. — С. 66—72.
18. Косинська С. К. Список синьо-зелених водоростей м. Києва та його околиць, зібраних улітку 1928 року / С. К. Косинська // Журн. біо-ботанічного циклу ВУАН. — 1932. — № 3—4. — С. 109—118.
19. Крахмальний А. Ф. Динофитовые водоросли Украины / А. Ф. Крахмальний. — Киев: Альтерпрес, 2011. — 444 с.
20. Крашенинников С. Матерьяли до фауни *Protozoa* оз. Заспи та найближчих до цього озера стоячих водозборів (колиш. оз. Домаха) // Зап. Київ, вет.-зоотех. Ін-ту. — 1925. — 3, № 2. — С. 38—42.
21. Лилицкая Г. Г. *Bacillariophyta* малых водоемов г. Киева (Украина) 2. Бесшовные диатомеи (сем. *Fragilariaceae*, *Diatomaceae*, *Tabellariaceae*) // Альгологія. — 2016. — Т. 26, № 3. — С. 263—279.
22. Лилицкая Г. Г. *Bacillariophyta* малых водоемов г. Киева. 1. *Naviculales*. / Г. Г. Лилицкая // Альгологія. — 2016. — Т. 26, № 2. — С. 163—184.
23. Лилицкая Г. Г. Зигнематальные водоросли (*Zygnematales*, *Streptophyta*) водоемов г. Киева и его окрестностей / Г. Г. Лилицкая // Альгологія. — 2009. — Т. 19, № 2. — С. 172—185.
24. Лилицкая Г. Г. Морфология створок *Ellerbekia arenaria* и *E. arenaria f. teres* (*Bacillariophyta*) из водоемов Киевской области (Украина) // Альгологія. — 2014. — Т. 24, № 3. — С. 265—269.
25. Лилицкая, Г. Г. Зеленые жгутиковые водоросли малых водоемов г. Киева и его окрестностей. 1. *Prasinophyceae*, *Chlorophyta* (*Dunaliellales*) / Г. Г. Лилицкая // Альгологія. — 2004. — Т. 14, № 2. — С. 185—193.
26. Лилицкая, Г. Г. Зеленые жгутиковые водоросли малых водоемов г. Киева и его окрестностей. 2. *Chlamydomonadaceae* (*Chlorophyceae*) / Г. Г. Лилицкая // Альгологія. — 2004. — Т. 14, № 3. — С. 348—358.
27. Лилицкая, Г. Г. Зеленые жгутиковые водоросли малых водоемов г. Киева и его окрестностей. 3. *Chlorophyceae: Chlamydomonadales* (*Phacotaceae*) и *Volvocales* / Г. Г. Лилицкая // Альгологія. — 2004. — Т. 14, № 4. — С. 438—444.
28. Маринич О. М. Фізична географія України. Підручник / О. М. Маринич, Шищенко П. Г. — К.: Знання, 2006. — 512 с.
29. Михайлюк Т. І. Водорості Канівського природного заповідника (Україна) Автореф. дис... канд. біол. наук: 03.00.05 / Т. І. Михайлюк; Ін-т ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України. — К., 2000. — 19 с.
30. Мошинський Ц. Матеріали для флори водоростей Киевской и Подольской губерній / Ц. Мошинський // Зап. Киевск. об-ва естеств. — 1872. — Т. 3, Вып. 1. — С. 33—46.
31. Національний атлас України. — К.: ДНВП "Картографія", 2007 — 440 с.
32. Паламарь-Мордвинцева Г. М. Альгофлористическое районирование Украины) / Г. М. Паламарь-Мордвинцева, П. М. Царенко // Альгологія. — 2015. — Т. 25, № 4. — С. 355—395.
33. Радзимовський Д. О. До мікрофлори по околицях Києва. I. Планктон «Дідової макітри» / Д. О. Радзимовський // Зб. праць Дніпропетр. біол. ст. — 1928. — Ч. 3. — С. 99—112.
34. Радзимовський Д. О. До мікрофлори по околицях Києва. II. Оз. Конча // Зб. праць Дніпропетр. біол. ст. — 1929. — Ч. 5. — С. 56—68. (?Тр. фіз. мат. від. Укр. АН. - 1929. - Т. 11, в. 3. - С. 253-268)
35. Радзимовський Д. О. Замітка про фітопланктон декоративних ставків дендропарку «Олександрія» / Д. О. Радзимовський // Праці Ін-ту гідробіології АН УРСР. — 1962. — № 38. — С. 114.
36. Радзимовський Д. О. Замітка про фітопланктон оз. Заспа / Д. О. Радзимовський // Тр. гідроб. ст. АН УРСР. - 1937. — № 14. — С. 178—191.
37. Ришави Л. Матеріали для флори водоростей Киевской губернии / Л. Ришави // Зап. Киевск. об-ва естеств. — 1871. — Т. 2, Вып. 1. — С. 73—92.
38. Ришави Л. Матеріали для флори водоростей Киевской губернии / Л. Ришави // Зап. Киевск. об-ва естеств. — 1871. — Т. 2, Вып. 2. — С. 176—186.
39. Совинский В. Матеріали для флори водоростей и отчасти мховъ нькоторыхъ уездовъ Киевской и Подольской г. / В. Совинский // Зап. Київ. общ. естествоиспыт. — 1876. — Т. 4 — С. 1—20.
40. Фролова І. А. Водоросли рыбоарзводных прудов окрестностей Києва / І. А. Фролова // X науч. сессия (Киев. ун-т. Тез. докл.). Секция биологии. — К.: Из-во АН УССР, 1953. — С. 37—41.
41. Фролова І. О. Водорості ставків колгоспу ім. Куйбишева Васильківського району Київської області і залежність їх розвитку від добрив / І. О. Фролова // Зб. наук. праць Укр. досл. ст. рибництва. — 1953. — № 3.

42. Фролова І. О. Особливості альгофлори проточних Голосіївських ставків в околицях м. Києва / І. О. Фролова // Наук. зап. КДУ. — 1955. — Т. 13, Вип. 15. — С. 141—153. (Праці Бот. саду, 1955, Вип. 24).
43. Царенко П. М. Альгофлора водойм м. Києва та його околиць [Царенко П. М., Якубенко Б. С., Ключенко П. Д. та ін.] // Наук. вісн. НАУ. — 2004. — Вип. 72. — С. 56—66.
44. Червона книга України. Рослинний світ / За заг. ред. Я. П. Дідуха. — К.: Глобалконсалтинг, 2009. — 912 с.
45. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 1. Cyanoprokaryota, Euglenophyta, Chrysophyta, Xanthophyta, Raphidophyta, Dinophyta, Cryptophyta, Glaucocystophyta and Rhodophyta / Eds. P. M. Tsarenko, S. P. Wasser & E. Nevo. — Ruggell: Gantner Verlag, 2006. — 713 p.
46. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 2. Bacillariophyta / Eds. P. M. Tsarenko, S. P. Wasser & E. Nevo — Ruggell: Gantner Verlag, 2009. — 413 p.
47. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 3. Chlorophyta / Eds. P. M. Tsarenko, S. P. Wasser & E. Nevo. — Ruggell: Gantner Verlag, 2011. — 513 p.
48. *Algae of Ukraine: diversity, nomenclature, taxonomy, ecology and geography*. Vol. 4 4: *Charophyta*. (Tsarenko, P. M., Wasser, S. P. & Nevo, E. Eds), - Ruggell: Koeltz Scientific Books. 703 p.

В. Ю. Березовская

Институт ботаники имени М. Г. Холодного НАНУ

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ ИЗУЧЕННОСТИ ВОДОРΟΣЛЕЙ ВОДОЕМОВ КИЕВСКОЙ ВОЗВЫШЕННОСТИ

Проанализировано современное состояние изученности разнообразия водорослей водоемов Киевской возвышенности за период более чем 1,5 столетия. Отмечено видовое богатство водорослей данного региона и ее водоемов, установлена таксономическая структура с учётом номенклатурных изменений. Видовое разнообразие водорослей региона представлено 641 видом (669 вн. такс.), из 9 отделов и 257 родов. Ведущая роль принадлежит *Bacillariophyta* (31,99 %), *Chlorophyta* (25,86 %) и *Cyanoprokaryota* (14,20 %). Подчеркнута необходимость целенаправленных исследований видового разнообразия данного региона.

Ключевые слова: водоросли, видовое разнообразие водорослей, история изученности, Киевская возвышенность

V. Yu. Berezovska

M. G. Kholodny Institute of Botany NASU, Ukraine

MODERN REVIEW OF THE STUDY OF KYIV UPLAND FRESHWATER ALGAE

The algal flora of Ukraine has been extensively studied and is now represented by 5200 species or 6300 infraspecific taxa, i.e. subvarieties of species. The most studied areas include Polissia and Forest-Steppe zone, among the least there are the Ukrainian Carpathians and Crimea. However, the factual information about central part of Forest-Steppe zone, Kyiv upland area, is either unavailable or scarce. The lack of consolidated data makes it difficult to compare the floristic composition of adjacent territories. The scope of algal studies of Kyiv upland area for the period over 1.5 centuries was analyzed. The algae diversity of investigated area was observed and the taxonomic structure with current nomenclature changes was established. The species composition of investigated area is formed by 622 species (650 infraspecies) belonging to 9 divisions and 257 genera. The obtained results made it possible to argue that *Bacillariophyta* (31.99 %), *Chlorophyta* (25.86 %) and *Cyanoprokaryota* (14.20 %) divisions constitute the core of the taxonomic structure. The species diversity is represented by *Nitzschia*, *Navicula*, *Pinnularia*, *Trachelomonas*, *Gomphonema*, *Desmodesmus*, and *Euglena* genera. Rare and endangered algal species call for protection, thus, stressing the need for continuous study and further research in the area of algal biodiversity.

Key words: algae, algae diversity, historical research, Kyiv Upland area

Рекомендує до друку

Надійшла 10.01.2017

М. М. Барна

УДК 581.9 (262.5) (477.74)

Т. В. ВАСИЛЬЄВА, С. Г. КОВАЛЕНКО, В. В. НЕМЕРЦАЛОВ

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
Шампанський провулок, 2, Одеса, 65058

ФЛОРО-ГЕНЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ФІТОБІОТИ ОСТРОВА ЗМІЙНИЙ (ЧОРНЕ МОРЕ, УКРАЇНА)

На основі власних досліджень під час експедицій на острів Зміїний 2003-2010 років та аналізу літературних джерел виявлені та проаналізовані адвентивні насінневі рослини спонтанної флори. Систематичний аналіз показав, що адвентивна фракція флори острова представлена 62 видами з 46 родів та 19 родин двох класів. За хронотипом домінують археофіти. Флорогенетичний аналіз виявив, що адвентивні рослини острова в основному походять з чотирьох центрів: Середземноморського, Американського, Європейського та Азійського. Найбільше видів Середземноморського та Давньосередземноморського походження. За життєвою формою домінують трав'янисті монокарпічні рослини.

Ключові слова: аналіз флори, острів Зміїний, адвентивні рослини

Вступ. Флора островів є досить унікальним явищем у рослинному покриві суші. Її особливості витікають з багатьох складових, включаючи і розташування острова, і його розміри, і віддаленість від материка, і господарське використання, і напрямки вітрів, і шляхи міграції птахів, і багато інших складових.

Вивчення флори острова Зміїного протягом останніх двох сторіч пов'язано із іменами професора Рішельєвського лицю Одеси О.Д. Нордманна (1844), професора Новоросійського університету М.М. Зеленецького (1898), А. Прокоповича (1902), М. Палліс (М. Pallis)(1916), І. Продана (I. Prodan) (1923), Г. Бужорану (G. Bujoreanu) (1926), Ал. Борца (Al. Borza) (1924-1928), Р. Дроста (R. Drost)(1930), Р. Калієнеску (R.Calienescu) (1928-1930) [цит. за 6, 14, 15]. Останні роки біоту острова активно досліджують вчені України [11], зокрема Одеського національного університету імені І.І. Мечникова [6]. У зв'язку із збільшенням відвідувань острова туристами, фахівцями, будівельниками, відбуваються певні зміни у його рослинному покриві. Метою наших досліджень був аналіз насінних рослин спонтанної флори на острові Зміїному, які мають адвентивне походження. Для виконання мети були поставлені наступні завдання:

- визначити адвентивні рослини острову;
- виявити їх хронотип;
- з'ясувати основні центри походження цих рослин;
- проаналізувати їх життєві форми.

Матеріал і методи досліджень

Острів Зміїний, як вказує В.А. Сминтина та співавтори [6], є природно-географічним об'єктом, історія культурного освоєння якого сягає своїм корінням античності. Він єдиний, розташований на північно-західному шельфі Чорного моря, на відстані біля 40 км від гирла Дунаю. Його площа – 20,5 га, максимальна висота над рівнем моря – 41,3 м.

Сучасні моніторингові дослідження проводились у 2003-2010 рр. Матеріал для досліджень збирався авторами під час експедицій на острів протягом вегетаційного періоду. Були використані також списки рослин острова, надруковані різними дослідниками [2, 3, 14, 15].

Рослини визначали за визначником [5], флоро-генетичний аналіз проводили за О.І. Толмачевим [12] та А.Л. Тахтаджяном [10], аналіз хронотипів – за В.В. Протопоповою [7]. Інвазивні рослини вказані згідно В.В. Протопопової та співавторів [8]. Життєві форми рослин визначали за І.Г. Серебряковим [9]. Терміни надані згідно [4]. Назви рослин наведені за Mosyakin & Fedoronchuk [16]. При аналізі користувалися списками флори найближчих ділянок суші Буджакських степів [13] та Південної Бессарабії [1].

Результати досліджень та їх обговорення

Усього за сучасними даними на острові було виявлено 197 видів насінних рослин з 139 родів та 46 родин, що належать до 3 класів та двох відділів. Дикоросла фракція флори складає 147 видів з 94 родів та 31 родини, що належать до двох класів відділу Magnoliophyta. Вона складається з апофітної та адвентивної фракцій. Систематичний спектр рослин адвентивної фракції наведений у таблиці 1.

Таблиця 1

Систематичний спектр рослин адвентивної фракції

№	Родина	Кількість	
		родів	видів
1.	Amaranthaceae	1	3
2.	Asteraceae	14	19
3.	Boraginaceae	1	1
4.	Brassicaceae	7	8
5.	Caryophyllaceae	1	1
6.	Chenopodiaceae	2	2
7.	Cuscutaceae	1	1
8.	Fabaceae	1	2
9.	Geraniaceae	1	1
10.	Lamiaceae	2	2
11.	Malvaceae	1	2
12.	Papaveraceae	1	1
13.	Poaceae	6	10
14.	Portulacaceae	1	1
15.	Primulaceae	1	2
16.	Scrophulariaceae	1	1
17.	Solanaceae	2	3
18.	Urticaceae	1	1
19.	Zygophyllaceae	1	1
Разом		46	62

Адвентивна фракція флори острову представлена 62 видами з 46 родів та 19 родин двох класів. Серед цих рослин три тривидових роди: *Amaranthus* (*A. albus* L., *A. blitoides* S.Watson, *A. retroflexus* L.), *Sonchus* (*S. arvensis* L., *S. asper* (L.) Hill., *S. oleraceus* L.) та *Xanthium* (*X. albinum* (Willd.) H. Scholz., *X. spinosum* L., *X. strumarium* L.), 9 двовидових родів: *Anagalis*, *Anisantha*, *Digitaria*, *Hordeum*, *Lepidium*, *Malva*, *Setaria*, *Solanum*, *Vicia*, 34 роди є одновидовими.

За хронотипом найбільше представлено археофіти (38 видів). Серед них є і археофіт невизначеного походження – *Capsella bursa pastoris* (L.) Medik., кенофітів – 24 (рис. 1).

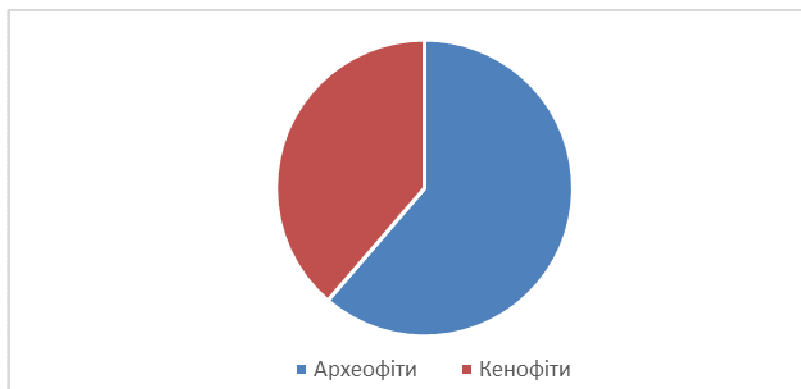


Рис. 1. Співвідношення археофітів та кенофітів адвентивної фракції флори о-ва Зміяного

Значна перевага археофітів може свідчити як про давність появи рослин на острові в античні часи, так і про кращу пристосованість цих рослин до умов росту і розвитку.

Аналіз походження адвентивних рослин дозволив виділити чотири основні центри – Середземномор'я, Америка, Європа, Азія. Але якщо порівняти кількісний склад кожного з цих центрів, то виявиться, що найбільше видів походить із Давньосередземноморського підцарства, з яким були давні найтісніші економічні зв'язки регіону (рис. 2).

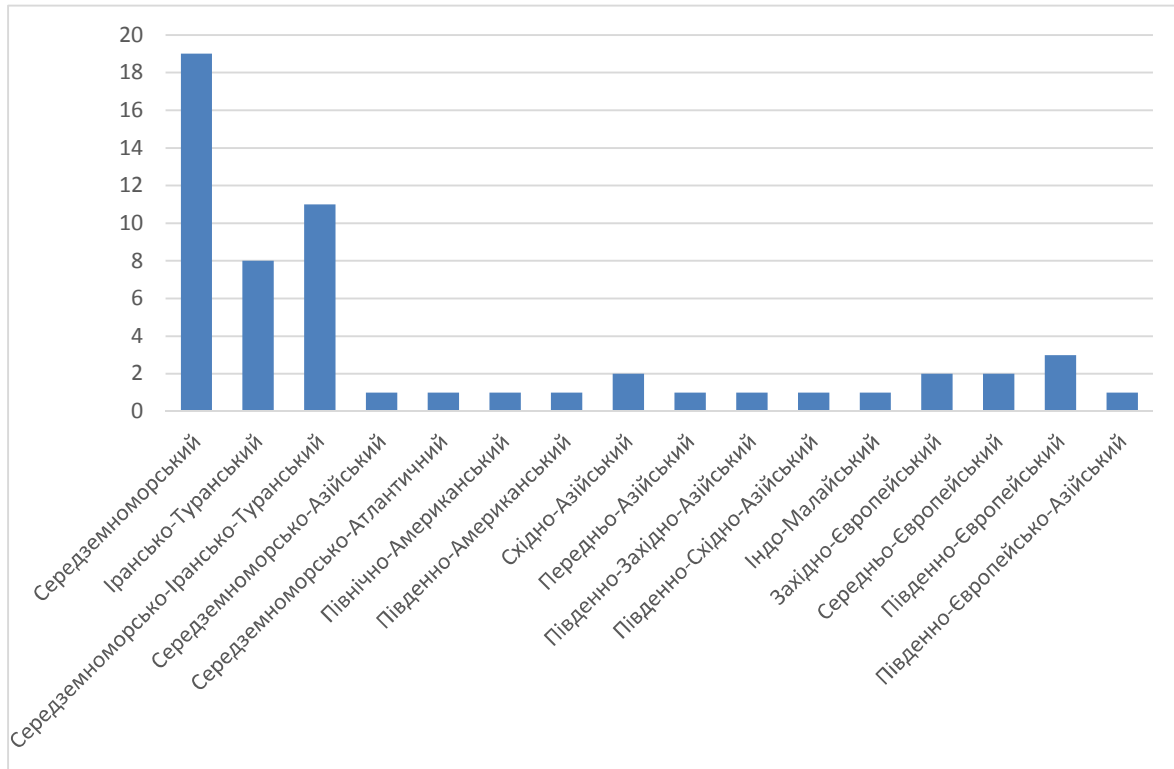


Рис. 2. Центри походження адвентивних рослин о-ву Зміїного

Як видно з рис. 2, найбільше видів досліджених рослин походять із Середземномор'я та Давнього Середземномор'я (40), видів європейського походження – 8, американського – 8, азійського – 6.

Характерно, що практично усі види американського походження є бур'янами, як, наприклад, *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. retroflexus*, *Grindelia squarrosa* (Pursh.) Dunal, *Cyclachaena (Iva) xanthifolia* (Nut.) Fresen., *Conyza canadensis* L. Такий вид як *Cuscuta campestris* Junk. за способом живлення є паразитом.

За життєвою формою серед адвентивних трав'янистих рослин переважають однорічники (43 види), одно-дворічників – 3, дворічник – 1 вид, дво-багаторічників – 6 видів, багаторічників – 8. Одна рослина має життєву форму – кущ. Це *Lythrum barbarum* L. За тривалістю життєвого циклу переважають монокарпіки (53 в.), полікарпіків – 9. Ці дані не співпадають із аналогічними даними флори Південної Бессарабії, біля узбережжя якої розташований острів.

Слід звернути увагу на те, що останнім часом у флорі з'явилися (ймовірно, завезені з будівельним піском на острів) такі інвазійно активні види як *Grindelia squarrosa* та *Cyclachaena (Iva) xanthifolia*, що широко розповсюджуються і в Південній Бессарабії на території України [8], і у Буджацькому степу на території Республіки Молдови [13].

Саме на острові Зміїному нами вперше для регіону знайдено *Anisantha diandra* (Roth.) Tutin (*Zerna gussonei* (Parl.) Grossg., *Bromus rigens* auct.non L.) – вид, який у Визначнику [5] описується як такий, що зрідка зустрічається у Криму, та *Eragrostis suaveolens* A. Beck. ex Claus. Їх поява тут може бути обумовлена як птахами, які під час перельотів зупиняються для

відпочинку, так і драйверами, які приїжджають на острів із різних регіонів та несвідомо заносять насіння цих рослин.

Висновки

1. За сучасними даними на острові 197 видів насінних рослин з 139 родів та 46 родин, що належать до 3 класів та двох відділів, з них дикорослих 147 видів з 94 родів 31 родини, двох класів відділу Magnoliophyta. Адвентивна фракція флори острова представлена 62 видами з 46 родів та 19 родин двох класів.
2. За хронотипом домінують археофіти.
3. Адвентивні рослини острова, в основному, походять з чотирьох центрів: Середземноморського, Американського, Європейського та Азійського. Найбільше видів Середземноморського та Давньосередземноморського походження.
4. За життєвою формою домінують трав'янисті монокарпічні рослини.

1. *Васильєва Т. В.* Конспект флори Південної Бессарабії / Т. В. Васильєва, С. Г. Коваленко. — Одеса: ВидавІнформ, 2003. — 250 с.
2. *Васильєва Т. В.* Рослинний світ / Т. В. Васильєва // Острів Зміїний. Рослинний і тваринний світ: монографія / відп. ред. В. О. Іваниця; Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова. — Одеса: Астропринт, 2008. — С. 23—68.
3. *Васильєва Т. В.* Флора острова Змеиний / Т. В. Васильєва, С. Г. Коваленко, Е. Б. Паузер // Вісн. Одес. нац. ун-ту. Сер. Екологія. — 2005. — Вип. 4. — С. 66—72.
4. *Екофлора України. Т.1.* / [Я.П. Дідух, П.Г. Плюта, В.В. Протопопова та ін.] / відпов. ред. І.Я. Дідух. — К.: Фітосоціоцентр, 2000. — 284 с.
5. *Определитель высших растений Украины* / [Д.Н. Доброчаева, М.А. Кохно, Ю.Н. Прокудин и др.]. — К.: Фитосоциоцентр, 1999. — 548 с.
6. *Острів Зміїний. Рослинний і тваринний світ: монографія* / [В.А. Сминтина, В.О. Іваниця, Т.В. Гудзенко та ін]; відп. ред В.О. Іваниця; Одеський нац. ун-т ім. І.І. Мечникова. — Одеса: Астропринт, 2008. — X, 182 с.
7. *Протопопова В. В.* Синантропная флора Украины и пути ее развития / В.В. Протопопова. — К.: Наук. думка, 1991. — 191 с.
8. *Протопопова В. В.* Инвазийні види у флорі Північного Причорномор'я / [В.В. Протопопова, М.В. Шевера, С.Л. Мосякін та ін.]. — К.: Фітосоціоцентр, 2009. — 56 с.
9. *Серебряков И. Г.* Экологическая морфология растений / И.Г. Серебряков. — М.: Высшая школа, 1962. — 377 с.
10. *Тахтаджян А. Л.* Флористические области земного шара / А.Л. Тахтаджян. — Л.: Наука, 1987. — 240 с.
11. *Ткаченко В. С.* Рослинність острова Зміїний / В. С. Ткаченко, Я. П. Дідух, І. А. Коротченко // Укр. ботан. журн. — 2010. — Т. 67, № 2. — С. 172—186.
12. *Толмачев А. И.* Введение в географию растений / А.И. Толмачев. — Л.: Изд. ЛГУ, 1977. — 240 с.
13. *Флора и растительность Буджакских степей Республики Молдова* / Г.А. Шабанова, Т.Д. Изверская, В.С. Гендов; Междунар. асоц. хранителей реки "Есо-Tiras". — Кишинев : Есо-TIRAS, 2014 (Tipogr. "Elan Poligraf"). — 324 p.
14. *Borza Al.* Observatiuni Fitosociologice pe Insula Serpilor / Al. Borza // Lucrarile intaiului congres al naturalistilor din Romania (18-21 apr., Cluj). — Cluj, 1928. — P 78—93.
15. *Calienescu R. I.* Insula Serpilor / R. I. Calienescu // Analele Dobrogei. — 1931. — № 12. — P. 1—62.
16. *Mosyakin S. L.* Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist / S.L. Mosyakin, M.M. Fedoronchuk / Ed. S.L. Mosyakin. — Kiev, 1999. — 345 p.

Т. В. Васильєва, С. Г. Коваленко, В. В. Немерцалов

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

ФЛОРО-ГЕНЕТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ФИТОБИОТЫ ОСТРОВА ЗМЕИНЫЙ (ЧЁРНОЕ МОРЕ, УКРАИНА)

На основе собственных исследований во время экспедиций на остров Змеиний в 2003-2010 гг. определены и проанализированы адвентивные семенные растения спонтанной флоры. Систематический анализ показал, что адвентивная фракция флоры острова представлена 62 видами из 46 родов 19 семейств двух классов. По хронотипу больше всего археофитов.

Флорогенетический анализ показал, что адвентивные растения острова в основном происходят из четырёх центров: Средиземноморского, Американского, Европейского и Азиатского. Больше всего видов Средиземноморского и Древнесредиземноморского происхождения. Среди жизненных форм больше всего представлены травянистые монокарпические растения.

Ключевые слова: анализ флоры, остров Змеиный, адвентивные растения

T. V. Vasylyeva, S. G. Kovalenko, V. V. Nemertsalov

Odessa I. I. Mechnikov National University, Ukraine

FLORA-GENETIC ANALYSIS OF SNAKE ISLAND FITOBIOTA (BLACK SEA, UKRAINE)

The biota of Snake Island (also known as Serpent Island or Ostriv Zmiinyi) has received a lot of scientific attention lately. Because of influx of tourists, experts, builders, et al. the plant cover has undergone many changes.

On the modern data on the island were displayed 197 species of seed plants from 138 genus and 46 families, which are belonged to 3 classes and 2 districts.

Wild fraction of flora consists from 147 species from 94 genus and 31 families, which belonged to 2 classes of Magnoliophyta. It consists from apophyte and alien fractions. Alien fraction of island flora has 62 species from 46 genus and 19 families of 2 classes. Between those plants there 3 genus with three species: *Amaranthus* (*A. albus* L., *A. blitoides* S.Watson, *A. retroflexus* L.), *Sonchus* (*S. arvensis* L., *S. asper* (L.) Hill., *S. oleraceus* L.) and *Xanthium* (*X. albinum* (Willd.) H. Scholz., *X. spinosum* L., *X. strumarium* L.), 9 genus with two species: *Anagalis*, *Anisantha*, *Digitaria*, *Hordeum*, *Lepidium*, *Malva*, *Setaria*, *Solanum*, *Vicia*, 34 genus with one species.

For Chronotype there are the most of archaeophytes (38 species). Between them, there is one species of unknown origin – *Capsella bursa pastoris* (L.) Medik. There are 24 kenophytes.

Analysis of alien plants origin permitted to indicate four main centers: Mediterranean, American, European, and Asian. However, the most quantity of species (40) are from Ancient Mediterranean subkingdom, which had ancient economical connections with our region. European are 8 species, American – 8 and Asian – 6.

Practically all species of American origin are weeds, as for example, *Amaranthus albus*, *A. blitoides*, *A. retroflexus*, *Grindelia squarrosa* (Pursh.) Dunal, *Cyclachaena (Iva) xanthifolia* (Nutt.) Fresen., *Conyza canadensis* L. Such species as *Cuscuta campestris* Junk. for method of nutrition is parasite.

For life' forms between alien herbal plants there are the most of annual (43 species), one-two years are 3, two years – 1 species, two years-perennial – 6 species, perennial – 8 species. One plant has life' form – shrub: *Lycium barbarum* L. For the length of life cycle there are the most monocarpic plants (53 sp.), polycarpic have 9 species.

Those results are not same to analogic data of South Bessarabia' flora near seashore, which is, situated this island.

Last time in flora appeared such invasively active species as *Grindelia squarrosa* (Pursh.) Dunal. and *Cyclachaena (Iva) xanthifolia* Nutt.. In the island Zmeiniy we firstly in region displayed *Anisantha diandra* (Roth.) Tutin (*Zerna gussonei* (Parl.) Grossg., *Bromus rigens* auct.non L.) – species, which in Determinant is indicated to meet in Crimea now and then, and *Eragrostis suaveolens* A. Beck. ex Claus. Their appearance here may be stipulate as birds, as dryvers.

Key words: analysis of flora, island Zmeiniy

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 25.01.2017

УДК 549.25/.28:581.526.3(476.2-21Гомель)(476.2-37Мозырь)

Н. М. ДАЙНЕКО, С. Ф. ТИМОФЕЕВ

УО «Гомельский государственный университет имени Ф. Скорины»
ул. Советская, 104, Гомель, 246019, Республика Беларусь

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ НАКОПЛЕНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ПРИБРЕЖНО-ВОДНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТЬЮ ИЗУЧАЕМЫХ ОБЪЕКТОВ Г. ГОМЕЛЯ И ОКРЕСТНОСТЕЙ Г. МОЗЫРЯ ГОМЕЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ, РЕСПУБЛИКА БЕЛАРУСЬ

В современных условиях антропогенного воздействия оценка содержания тяжелых металлов в прибрежно-водной растительности выявление тенденций изменчивости их концентраций в водоемах важны не только для определения уровня их загрязненности, но и для поддержания экологической безопасности в регионе.

Материалом для исследований послужили образцы прибрежно-водной растительности, отобранные в летний период 2014 – 2015 гг. в водоеме на северной окраине г. Гомеля (объект № 1) и в водоеме вблизи крупного промышленного центра г. Мозыря (объект № 2).

Прибрежно-водная экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmition* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Наибольшим накоплением железа, марганца и меди характеризовался водокрас лягушачий, хрома – манник большой, марганца и цинка – омежник водный, кадмия и никеля – череда трехраздельная, никеля – ситняг болотный, хрома – рогоз узколистный. Установлено, что все растительные образцы в обоих объектах накапливали свинец ниже фонового содержания. Также во всех растительных образцах в обоих объектах выше фонового содержания накапливался кадмий. По накоплению никеля наблюдалась разница между изучаемыми объектами. Во втором объекте 90 % растительных образцов превышали фоновое содержание никеля, а в первом – только 20 %. В растительных образцах первого объекта нет превышения фонового содержания хрома, тогда как во втором объекте 50 % образцов накапливали хром выше фонового содержания. По накоплению никеля и хрома растительные образцы второго объекта вблизи г. Мозыря оказались более загрязненными, чем в Гомеле.

Анализ суммарного количества тяжелых металлов (рисунок) в растительных образцах изучаемых объектов показал, что у семи видов (второй объект) из десяти общее содержание тяжелых металлов оказалось выше, чем в изучаемых образцах первого объекта.

Наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего в обоих объектах, омежника водного, ситняга болотного (второй объект). Менее всего накапливали манник большой, полевица побегообразующая, осока ложносытевая, осока острая (первый объект). Во втором объекте – это тростник обыкновенный, манник большой, рогоз узколистный, осока ложносытевая.

Выявляются виды, накапливающие в обоих объектах минимальное количество тяжелых металлов – это манник большой и осока ложносытевая.

Таким образом, сравнительный анализ накопления тяжелых металлов растительными образцами показал, что в обоих объектах они накапливали свинец ниже фонового содержания, а кадмия и кобальта, наоборот, выше. По накоплению никеля, хрома, железа, марганца растительные образцы второго объекта оказались более загрязненными, чем в первом. Накопление цинка в первом объекте было выше, чем во втором, а по накоплению меди объекты между собой практически не отличались.

Ключевые слова: прибрежно-водная растительность, тяжелые металлы, растительные образцы

Введение. В современных условиях антропогенного воздействия оценка содержания тяжелых металлов в воде и выявление тенденций изменчивости их концентраций в речных экосистемах

важны не только для определения уровня загрязненности рек, но и для поддержания экологической безопасности в регионе и принятия мер по восстановлению водных экосистем [10].

Влияние концентрации тяжелых металлов на водные растения и на необходимость постоянного контроля за их накоплением отмечалось в работах [1, 3, 11, 12, 13]. Результаты наших исследований [4, 5, 6, 7] согласуются с результатами вышеперечисленных авторов.

Материал и методы исследований

Материалом для исследований послужили образцы прибрежно-водной растительности, отобранные в летний период 2014 – 2015 гг. в водоеме на северной окраине г. Гомеля (объект № 1) и в водоеме вблизи крупного промышленного центра г. Мозыря (объект № 2). Флористический состав изучали по методу А.А. Корчагина [8].

Отбор растительного материала производили на водоемах вручную. Видовой состав определяли по определителю высших растений Беларуси [2]. Анализы растительных образцов на содержание тяжелых металлов выполняли на атомно-абсорбционном спектрометре Solaar M-6 в РНИУП «Институт радиологии» МЧС РБ, в лаборатории массовых анализов.

При оценке фонового содержания тяжелых металлов в прибрежно-водных растениях использовалась работа белорусских исследователей, в которой приводятся значения фонового содержания [9].

Ниже приводится характеристика изучаемой прибрежно-водной растительности. Точки отбора были зафиксированы с помощью навигатора GPS Garmin 72. Координаты объекта: северная широта (N) и восточная долгота (E).

Объект №1. Озеро на северной окраине г. Гомеля. Координаты: N 52° 28' 829", E 30° 58' 491". Водная экосистема отнесена к ассоциации *Lemno minoris-Salvinietum natantis* (Slavnić 1956) Korneck 1959 союза Korneck 1959 союза *Lemno minoris-Salvinietum natantis* Slavnić 1956 *em. R. Tx.* 1955, порядка *Lemnetalia* R. Tx. 1955, класса *Lemnetea minoris* R. Tx. 1955.

Прибрежно-водная экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmition* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* союза *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926, порядка *Magnocaricetalia* Pign. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Объект №2. Озеро в левобережной части поймы р. Припять ниже г. Мозыря. Координаты. Координаты: N 52° 01' 663", E 29° 19' 770". По эколого-флористической классификации луговая экосистема отнесена к ассоциации *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 союза *Phragmition* Koch 1926, порядка *Phragmitetalia* Koch 1926, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Прибрежное сообщество асс. *Cicuto-Caricetum pseudocyperus* союза *Magnocaricion elatae* W. Koch 1926, порядка *Magnocaricetalia* Pign. 1953, класса *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Из каждого изучаемого объекта были проанализированы растительные образцы 10 видов растений на накопление тяжелых металлов. Полученные данные приводятся в результатах исследований.

Результаты исследований и их обсуждение

Сравнительный анализ накопления железа показал, что из десяти изучаемых видов (таблица) наибольшее накопление этого элемента отмечено в растительных образцах водокраса лягушачьего в первом объекте, тогда как минимальное количество железа обнаружено у манника большого в первом объекте и у полевицы побегообразующей во втором, что ниже в 87,2 раза по сравнению с максимальным накоплением.

Анализируя содержание марганца в растительных образцах, видно, что более всего его накапливали водокрас лягушачий, омежник водный, полевица побегообразующая, череда трехраздельная (второй объект), что выше фона в 1,1 – 1,2 раза, а более всего марганца было у тростника обыкновенного (первый объект), превышение фона в 1,7 раза.

БОТАНІКА

Превышение фонового содержания меди отмечалось у водокраса в 1,2 раза, осоки ложносытевой (первый объект) в 1,6 раза, осоки острой (второй объект) в 1,3 раза, а наибольшее содержание меди оказалось у череды трехраздельной в 2,6 раза (первый объект) и в 2,1 раза (второй объект). Во всех растительных образцах накопление цинка превышало фоновое содержание. Более всего его накапливали омежник водный в 35,6 раза и череда трехраздельная – 23,3 раза (первый объект) и в 27,4 раза (второй объект). Во всех растительных образцах накопление кобальта, как и цинка, превышало фоновое содержание в 2,7 – 2,8 раза. Все десять растительных образцов не превышали фонового содержания свинца. В первом объекте все образцы имели одинаковую величину, тогда как в растительных образцах второго объекта наблюдались неодинаковые значения – от 0,35 до 1,07 мг/кг.

Все растительные образцы (первый объект) превышали в 6 – 7 раз фоновое содержание кадмия, за исключением тростника обыкновенного, у которого эта величина оказалась равной фоновому содержанию. В растительных образцах второго опыта отмечалось гораздо большее накопление кадмия, которое варьировало от 7 у водокраса лягушачьего до 23 раз у череды трехраздельной, превышающего фоновое содержание.

Из десяти растительных образцов во втором объекте у девяти накопление никеля превышало фоновое содержание в 1,6 раза у череды трехраздельной и в 7,5 раза у ситняка болотного, тогда как только два растительных образца из десяти в первом объекте превышали фоновое содержание никеля, у водокраса в 2,7 раза и у полевицы – в 1,2 раза.

В растительных образцах первого объекта не обнаружено накопления хрома выше фонового содержания, тогда как в пяти образцах второго объекта отмечалось превышение фонового содержания от 1,7 у рогоза узколистного до 23,5 раза у манника большого.

Таблица

Анализ прибрежно-водной растительности исследуемых озер (в миллиграммах на килограмм)

Вид растения	Определяемые показатели, абс.-сух. сост.								
	Fe	Mn	Cu	Zn	Co	Pb	Cd	Ni	Cr
Водокрас лягушачий	<u>3133,19</u>	<u>289,27</u>	<u>4,19</u>	<u>20,48</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,8</u>	<u>0,01</u>
	830,9	343,8	2,59	15,1	<0,28	<0,36	0,07	00,9	<0,15
Манник большой	<u>35,75</u>	<u>54,75</u>	<u>1,16</u>	<u>11,21</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,1</u>	<u>0,02</u>
	216,6	79,2	1,78	8,6	<0,27	<0,35	0,14	1,79	7,99
Омежник водный	<u>412,5</u>	<u>184,53</u>	<u>1,46</u>	<u>50,21</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,07</u>	<u>0,05</u>
	709,19	357,91	2,99	16,08	<0,27	<0,35	0,17	1,41	<0,15
Осока ложносытевая	<u>185,32</u>	<u>109,21</u>	<u>2,67</u>	<u>18,82</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,01</u>
	168,39	161,40	2,93	10,86	<0,27	0,52	0,18	0,72	0,63
Осока острая	<u>128,75</u>	<u>174,58</u>	<u>2,61</u>	<u>11,3</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,07</u>	<u>0,01</u>
	526,31	147,8	4,43	8,90	<0,27	<0,35	0,16	1,74	0,80
Полевица побегообразующая	<u>176,5</u>	<u>87,14</u>	<u>3,2</u>	<u>12,09</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,35</u>	<u>0,01</u>
	35,7	351,9	1,90	9,1	<0,27	0,57	0,18	0,89	0,28
Рогоз узколистный	<u>81,11</u>	<u>283,33</u>	<u>2,43</u>	<u>8,1</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,05</u>	<u>0,01</u>
	217,3	106,7	2,58	7,1	<0,27	1,07	0,18	2,058	0,58
Ситняг болотный	<u>292,61</u>	<u>213,7</u>	<u>2,06</u>	<u>5,43</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,06</u>	<u>0,06</u>	<u>0,01</u>
	653,4	346,7	3,48	15,9	<0,27	<0,35	0,20	2,24	0,61
Тростник обыкновенный	<u>184,75</u>	<u>505,71</u>	<u>0,87</u>	<u>17,21</u>	<u>0,027</u>	<u>0,04</u>	<u>0,01</u>	<u>0,03</u>	<u>0,02</u>
	56,1	112,5	0,62	12,7	<0,27	0,48	0,18	0,12	0,24
Череда трехраздельная	<u>186,3</u>	<u>281,7</u>	<u>9,14</u>	<u>32,89</u>	<u>0,028</u>	<u>0,04</u>	<u>0,07</u>	<u>0,06</u>	<u>0,02</u>
	222,7	345,7	7,46	38,6	<0,27	<0,35	0,23	0,48	0,27
Фоновое содержание	-	30,1,0	3,5	1,41	0,01	2,3	0,01	0,3	0,34

Примечание: В числителе указано содержание тяжелых металлов в первом объекте, в знаменателе – во втором объекте.

Таким образом, наибольшим накоплением железа, марганца и меди характеризовался водокрас лягушачий, хрома – манник большой, марганца и цинка – омежник водный, кадмия и никеля – череда трехраздельная, никеля – ситняг болотный, хрома – рогоз узколистный. Установлено, что все растительные образцы в обоих объектах накапливали свинец ниже фонового содержания. Также во всех растительных образцах в обоих объектах выше фонового содержания накапливался кадмий. По накоплению никеля наблюдалась разница между изучаемыми объектами. Во втором объекте 90 % растительных образцов превышали фоновое содержание никеля, а в первом – только 20 %. В растительных образцах первого объекта нет превышения фонового содержания хрома, тогда как во втором объекте 50 % образцов накапливали хром выше фонового содержания. По накоплению никеля и хрома растительные образцы второго объекта вблизи г. Мозыря оказались более загрязненными, чем в Гомеле.

Анализ суммарного количества тяжелых металлов (рисунок) в растительных образцах изучаемых объектов показал, что у семи видов (второй объект) из десяти общее содержание тяжелых металлов оказалось выше, чем в изучаемых образцах первого объекта.

Наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего в обоих объектах, омежника водного, ситняга болотного (второй объект). Менее всего накапливали манник большой, полевица побегообразующая, осока ложносытевая, осока острая (первый объект). Во втором объекте – это тростник обыкновенный, манник большой, рогоз узколистный, осока ложносытевая.

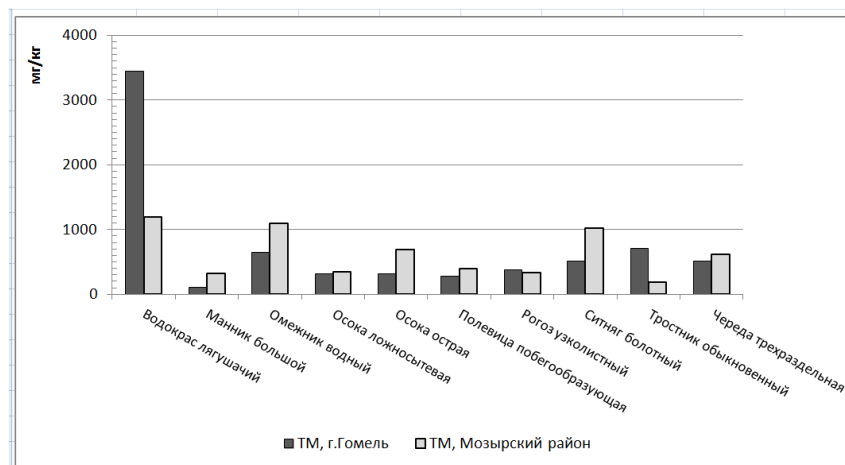


Рисунок. Сравнительный анализ суммарного содержания тяжелых металлов в растительных образцах изучаемых объектов г. Гомеля и Мозырского района

Таким образом, выявляются виды, накапливающие в обоих объектах минимальное количество тяжелых металлов – это манник большой и осока ложносытевая.

Выводы

Сравнительный анализ накопления тяжелых металлов растительными образцами изучаемых объектов показал, что выявляются виды растений, накапливающие как максимальное количество тяжелых металлов, превышающее фоновое содержание этих элементов, так и минимальное количество тяжелых металлов, которое может быть ниже этого содержания. Выявлено, что в обоих объектах наибольшее накопление тяжелых металлов отмечено у водокраса лягушачьего, а минимальное количество установлено у манника большого и осоки ложносытевой.

1. Базарова Б. Б. Содержание химических элементов в *Elodea canadensis* Michx. в водоемах Забайкалья / Б.Б. Базарова // Вода: химия и экология. — 2015. — № 7. — С. 43—51.
2. Власов Б. П. Использование высших водных растений для оценки и контроля за состоянием водной среды: методические рекомендации / Власов Б.П., Гигевич Г.С. — Мн.: БГУ, 2002. — 84 с.

3. Дайнеко Н. М. Аккумуляция радиоцезия и тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью в некоторых районах Гомельской области (Республика Беларусь), приграничных с Брянской областью России / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. // Известия Томского политехнического университета. — 2013. — Т. 323. — № 1. — С. 220—225.
4. Дайнеко Н. М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью водоемов вблизи г. Жлобина Гомельской области Республики Беларусь / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф., Жадько С.В. // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. — 2016. — Т. 327. — № 5. — С. 124—132.
5. Дайнеко Н. М. Накопление тяжелых металлов прибрежно-водной растительностью Гомельского региона / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. — Чернигов: Издатель Лозовой В.М., 2014. — 208 с.
6. Дайнеко Н. М. Оценка состояния прибрежно-водной растительности Гомельского района / Дайнеко Н.М., Тимофеев С.Ф. // Известия Гомельского государственного университета. — 2013. — № 5 (80). — С. 63—70.
7. Корчагин А. А. Видовой (флористический) состав растительных сообществ и методы его изучения // Полевая геоботаника : сб. науч. ст. — Л.: Наука, 1964. — Т. 3. — С. 39.
8. *Определитель* высших растений Беларуси / под ред. В. И. Парфенова. — Мн.: Дизайн ПРО, 1999. — 472 с.
9. Решетняк О. С. Современные тенденции изменчивости содержания тяжелых металлов в воде рек Печенга и Нива / О.С. Решетняк, М.Ю. Рвачева // Международный научно-исследовательский журнал. — 2014. — Вып. 2 — 3 (21). — С. 128—130.
10. *Aquatic acute species sensitivity distributions of ZnO and CuO nanoparticles* / [N. Adama, C. Schmitt, L. De Bruyn et al.] // *Science of the Total Environment*. — 2015. — № 526. — P. 233—242.
11. Engina M. S. Accumulation of Heavy Metals in Water, Sediments and Wetland Plants of Kizilirmak Delta (Samsun, Turkey) / Engina M.S., Uyanikb A., Kutbayc H.G. // *International Journal of Phytoremediation*. — 2015. — V. 17. — Iss. 1. — P. 66—75.
12. Jing Li. Meta-Analysis of the Copper, Zinc, and Cadmium Absorption Capacities of Aquatic Plants in Heavy Metal-Polluted Water / Jing Li, Haixin Yu, Yaning Luan. // *Int. J. Environ. Res. Public Health*. — 2015. — V. № 12 (12). — P. 14958—14973.
13. Phillips D. P. Wetland plants as indicators of heavy metal contamination / Phillips D.P., Human L.R.D., Adams J.B. // *Marine Pollution Bulletin*. — March 2015. — V. 92. — Iss. 1—2, 15, — P. 227—232.

М. М. Дайнеко, С. Ф. Тимофеев

УО «Гомельський державний університет імені Ф. Скорини»

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ НАКОПИЧЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ПРИБЕРЕЖНО-ВОДНОЮ РОСЛИННІСТЮ ОБ'ЄКТІВ М. ГОМЕЛЯ ТА ОКОЛИЦЬ М. МОЗИРЯ ГОМЕЛЬСЬКОЇ ОБЛАСТІ, РЕСПУБЛІКА БІЛОРУСЬ

Порівняльний аналіз накопичення важких металів рослинними зразками показав, що в обох об'єктах вони накопичували свинець нижче фонового вмісту, а вміст кадмію і кобальту, навпаки, був вище. За накопиченням нікелю, хрому, заліза, марганцю рослинні зразки другого об'єкту виявилися більш забрудненими, ніж в першому. Накопичення цинку в першому об'єкті було вище, ніж в другому, а за накопиченням міді об'єкти між собою практично не відрізнялися.

Ключові слова: прибережно-водна рослинність, важкі метали, вода, ґрунт, рослинні зразки

N. M. Dajneka, S. F. Tsimaŭeyeu

Francisk Skorina Gomel State University, Belarus

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE HEAVY METALS ACCUMULATION BY RIVERSIDE AND WATER VEGETATION IN THE CITY OF GOMEL AND THE SUBURBS OF MOZYR TOWN, GOMEL REGION, REPUBLIC OF BELARUS

With current anthropogenic impact, the assessment of heavy metals content in vegetation and their concentration in water bodies are important not only to determine the level of pollution, but also to maintain environmental safety in the region.

Samples of riverside and aquatic vegetation collected over summertime of 2014 and 2015 in ponds on the northern borderline of the city of Gomel (site № 1) and around a large industrial center of the town of Mozyr (site № 2) served as material for this study.

The coastal-aquatic ecosystem is referred to the association *Phragmitetum australis* (Gams 1927) Schmale 1939 union *Phragmitum* Koch 1926, order *Phragmitetalia* Koch 1926, class *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novak 1941.

Plants of frogbit accumulated the highest levels of iron, manganese and copper, great manna grass – chromium, water dropwort – manganese and zinc, three-lobe beggarticks – cadmium and nickel, spikerushes – nickel, lesser bulrush – chromium. The research showed that all plant samples accumulated lead below the background level in both sites. Content of cadmium exceeded the background level in both sites. The content of nickel differed in the sites studied, exceeding the background level in 90% of plant samples in the second site comprising 20 % in the first one. The content of chromium in plant samples does not exceed the background level in the first site, whereas 50 % of the samples contained chromium above the background level in the second plot. The content of nickel and chromium in plant samples from the site around the town of Mozyr was higher than in Gomel city.

The total number of heavy metals in seven out of ten plant species was higher in the second site as compared to the first plot.

Frogbit had the highest content of heavy metals in both sites, while water dropwort and spikerushes values were higher in the second plot. Great manna grass, creeping bentgrass, cyperus sedge and the acute sedge had the lowest content of heavy metals in the first site while common reed, great manna grass, lesser bulrush and cyperus sedge in the second site.

Great manna grass and cyperus sedge were identified as the plant species with the lowest content of heavy metals in both sites under analysis.

Thus, comparative analysis of heavy metals accumulation by plant samples revealed that lead content was below background concentration, while cadmium and cobalt were above background concentration in both sites. Plant samples in the second site contained nickel, chromium, iron and manganese in higher concentration as compared to the first site. On the contrary, plant samples in the first site had higher zinc content. Both sites were similar as far as copper content was concerned.

Key words: riverside and water vegetation, heavy metals, water, soil, plant samples

Рекомендує до друку

Надійшла 09.02.2017

М. М. Барна

УДК 582.782:581.143.6

Ю. В. ЖУРЖА, Л. А. КОЛДАР, М. В. НЕБИКОВ

Національний дендрологічний парк «Софіївка» НАН України
вул. Київська, 12а, Умань, Черкаська область, 20300

МОРФОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТІВ *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. *TA RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. В УМОВАХ *IN VITRO*

У статті наведено результати досліджень морфогенезу експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria* за використанням різних концентрацій фітогормонів: 6-БАП, β -ІОК, β -ІМК, α -НОК при розмноженні *in vitro*. Досліджено основні етапи морфогенезу експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria*. З'ясовано, що процеси морфогенезу у експлантів залежать від концентрацій фітогормонів у живильних середовищах. Згідно проведеного експерименту нами з'ясовано, що найвищий коефіцієнт розмноження був у варіанті IV при концентрації у живильному

середовищі 6-БАП — 2,0 мг/л, β -ІМК — 1,0 мг/л, і становив у *R. diamantica* — 5,3, а у *R. tinctoria* — 4,4.

Ключові слова: *Rhamnus diamantica* Nakai., *Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit., морфогенез, фітогормони, *in vitro*

Вступ. Серед великого різноманіття квіткових рослин чільне місце посідають деревні рослини, які ростуть у різних ґрунтово-кліматичних умовах і в процесі еволюції набули низку цінних біологічних особливостей. До таких рослин належать види роду *Rhamnus* L. (родина *Rhamnaceae* Juss.), що нараховує близько 150 видів [5, 7, 12].

Ареал поширення представників роду *Rhamnus* охоплює переважно помірну зону Північної півкулі, окремі види — Бразилію [1, 2], Північну Америку [3, 7], Південну Африку і тропічну Азію [11, 13].

Види роду *Rhamnus* є цінними декоративними, лікарськими, вітамінними, медоносними та технічними рослинами, потенційні можливості яких майже не використані.

Значний інтерес, у цьому плані, представляють такі види як *R. diamantica* та *R. tinctoria*, які завдяки своїм декоративним властивостям можуть широко використовуватись у зеленому будівництві, зокрема вони придатні для створення живоплотів, топіарних споруд, солітерних посадок та прикрашання газонів [4]. Широкому використанню даних видів в зеленому будівництві України перешкоджає відсутність садивного матеріалу та загроза в зміні чисельності *R. tinctoria*, який вважається рідкісним у природоохоронному статусі та занесений до Червоної книги України [4].

Перспективність розширення культури цих рослин значною мірою залежить від розробки ефективних методів розмноження.

Основними методами розмноження рослин *R. diamantica* та *R. tinctoria* є насінневий та вегетативний, які не завжди можуть забезпечити необхідну кількість рослинного матеріалу для потреб зеленого будівництва.

Тому актуальним є використання альтернативного методу — розмноження в культурі *in vitro*, що дає змогу вирішувати важливі проблеми рослинництва, а саме: в десятки і сотні разів збільшити коефіцієнт розмноження рослин, отримати здоровий, позбавлений вірусної інфекції садивний матеріал, а також за його допомогою зберегти генофонд рідкісних і зникаючих видів природної флори [10].

Цей метод базується на процесах адвентивної регенерації під час якої адвентивні (придаткові) бруньки утворюються не з первинних апікальних, а з вторинних бічних та раневих меристем в результаті дедиференціації клітин, що дає можливість підвищити морфогенний потенціал рослин, збільшити коефіцієнт розмноження [8]. Варто зазначити, що морфогенний потенціал рослинних клітин проявляється в культурі *in vitro* в більш широкому діапазоні в порівнянні з природними умовами, завдяки еволюційно зумовленій здатності судинних рослин до регенерації [6].

Мета роботи полягала у підборі фітогормонального складу живильних середовищ в умовах культури *in vitro* для досягнення морфогенезу експлантами *R. diamantica* та *R. tinctoria*.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для досліджень слугували мікроживці, заготовлені з пагонів, із апікальними та пазушними бруньками, взяті з 3–5 річних рослин *R. diamantica* та *R. tinctoria* у період їх активного росту (друга декада травня–третя декада червня). Експериментальні дослідження *R. diamantica* та *R. tinctoria* проводили у лабораторії мікроклонального розмноження рослин Національного дендрологічного парку «Софіївка» НАН України.

При культивуванні видів *R. diamantica* та *R. tinctoria in vitro* використовували метод індукції морфогенезу рослин під дією регуляторів росту.

Модифікацію живильних середовищ Мурасіге і Скуга (МС) для індукції морфогенезу, проводили за використання п'яти концентрацій 6-бензиламінопурину (6-БАП), з додаванням вітамінів та амінокислот [14] (табл.).

Вміст фітогормонів у модифікованих живильних середовищах

Варіант середовища	Фітогормони, мг/л		
	БАП	НОК	ІМК
I	0,5	0,5	—
II	1,0	1,0	—
III	1,5	—	0,5
IV	2,0	—	1,0
V	2,5	0,1	0,1

З метою одержання стерильного, життєздатного рослинного матеріалу стерилізацію проводили в два етапи. Попередня обробка здійснювалась дезінфікуючими розчинами: "Биомой", (НПО ФАРМАКОС Україна) та "Септодор-Форте", (ВІК-А Україна); основна — 0,1% водним розчином дихлориду ртуті (HgCl_2). Для більш ефективної дії до реагенту додавали емульгатор „Твін 80”. Повторність досліду — триразова. Посуд, матеріали, інструменти та живильні середовища готували згідно методик Калинина Ф.Л. і Кунаха В.А. [8, 9]. Пасажування експлантів проводили через 26–30 діб.

Результати досліджень та їх обговорення

Одержаний стерильний, життєздатний матеріал висаджували на живильні середовища Мурасіге і Скуга з різним вмістом регуляторів росту: цитокініни — 6-бензиламінопурин (6-БАП), ауксини — β -індолилцтова кислота (β -ІОК), β -індолилмасляна кислота (β -ІМК), α -нафтилоцтова кислота (α -НОК).

Протягом 25–30 діб від моменту перенесення експлантів на живильні середовища, спостерігали розростання з різною інтенсивністю базальної частини експлантів та формування зачатків адвентивних бруньок. Це слугувало початком прямого морфогенезу при якому шляхом активації меристемних тканин та дедиференціації клітин починали формуватися адвентивні бруньки, з яких упродовж 15–23 діб починався ріст пагонів. Через 10–15 діб від початку росту, залежно від вмісту фітогормонів у живильних середовищах, пагони досягли 0,5–1,8 см. За результатами дослідження виявлено істотну різницю між варіантами як за ростом експлантів, так і за коефіцієнтом розмноження, що є основним показником морфогенного потенціалу експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria* (рис.).

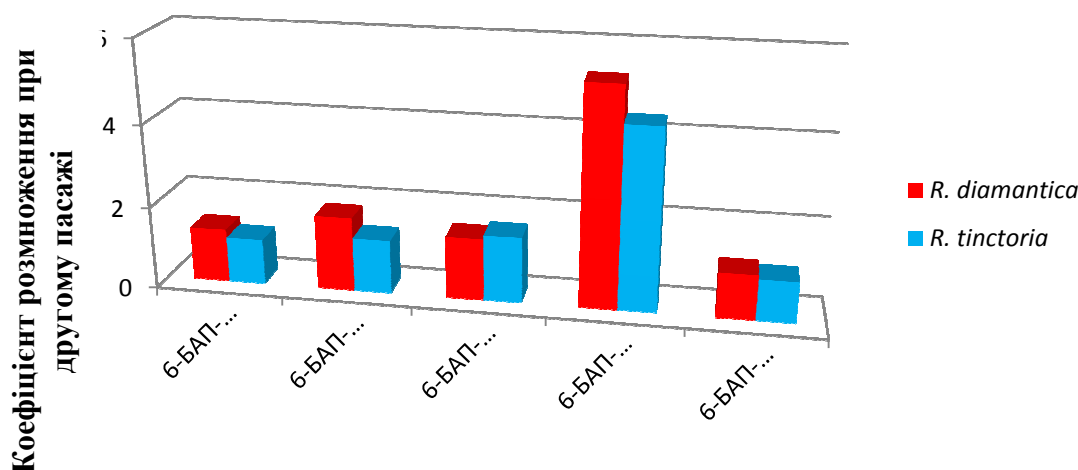


Рис. Коефіцієнт розмноження залежно від фітогормонального складу живильних середовищ

У результаті використання чисельних модифікацій середовищ було відібрано найбільш ефективні.

Під впливом різних концентрацій фітогормонів найбільш активно процеси морфогенезу у *R. diamantica* та *R. tinctoria* відбувалися на середовищі IV при концентрації у живильному середовищі 6-БАП — 2,0 мг/л, β -ІМК — 1,0 мг/л, де коефіцієнт розмноження при другому пасажі становив у *R. diamantica* — 5,3, а у *R. tinctoria* — 4,4. Живильні середовища з меншим вмістом 6-БАП (0,5–1,5 мг/л) забезпечували хороший ріст пагонів, проте коефіцієнт розмноження був значно меншим і становив відповідно у *R. diamantica* — 1,3; 1,8 та 1,5, а у *R. tinctoria* — 1,1; 1,3 та 1,6. Підвищений вміст 6-БАП (2,5 мг/л) з додаванням 0,1 мг/л α -НОК та 0,1 мг/л β -ІМК значно зменшував коефіцієнт розмноження, який становив у *R. diamantica* — 1,1, а у *R. tinctoria* — 1.

Висновки

У результаті проведених досліджень з'ясовано, що морфогенез експлантів *R. diamantica* та *R. tinctoria* залежить від кількісного вмісту фітогормонів у живильних середовищах. Найбільш ефективним було живильне середовище 6-БАП з вмістом — 2,0 мг/л, що сприяло активному проходженню процесів морфогенезу, а коефіцієнт розмноження при другому пасажі становив у *R. diamantica* — 5,3, а у *R. tinctoria* — 4,4.

1. Глухов М. М. Медоносные растения / М. М. Глухов. — М.: Гос. изд-во с/х лит., 1955. — 512 с.
2. Дендрофлора України. Дикорослі й культивовані дерева і кущі. Покритонасінні. / [Кохно М. А., Трофименко Н. М., Пархоменко Л. І. та інші; За ред. М. А. Кохно та Н. М. Трофименко]. — К.: Фітосоціоцентр, 2005. — Ч. II. — 716 с.
3. Деревья и кустарники СССР / [С. Я. Соколов, З. Т. Артюшенко, Ю. Д. Гусев и др.]. — М.: Изд-во АН СССР, 1962. — Т. 4. — 974 с.
4. Дідух Я. П. Червона книга України. Рослинний світ / Я. П. Дідух. — К.: Глобалконсалтинг, 2009. — 910 с.
5. Древесные растения Главного ботанического сада АН СССР. — М.: Наука, 1975. — 547 с.
6. Журавлев Ю. Н. Морфогенез у растений *in vitro* / Ю. Н. Журавлев, А. М. Омелько // Физиология растений. — Том 55. — 2008. — № 5. — С. 643—664.
7. Коропачинський І. Ю. Древесные растения Азиатской России / И. Ю. Коропачинский, Т. Н. Востовская. — Новосибирск: Издательство СО РАН, филиал "Гео", 2002. — 707 с.
8. Калинин Ф. Л. Методы культуры тканей в физиологии и биохимии растений / Ф. Л. Калинин, В. В. Сарнацкая, В. Е. Полищук — К.: Наук. думка, 1980. — 488 с.
9. Кунах В. А. Біотехнологія лікарських рослин. Генетичні та фізіолого-біохімічні основи / В. А. Кунах — К.: Логос, 2005. — 730 с.
10. Кушнір Г. П. Мікроклональне розмноження рослин, теорія і практика / Г. П. Кушнір, В. В. Сарнацка. — К.: Наукова думка, 2005. — 242 с.
11. Мисник Г. Е. Сроки и характер цветения деревьев и кустарников / Г. Е. Мисник. — К.: Наукова думка, 1976. — 389 с.
12. Нечитайло В. А. Ботаніка. Вищі рослини / В. А. Нечитайло, Л. Ф. Кучерява. — К.: Фітосоціоцентр, 2001. — 432 с.
13. Собко В. Г. Визначник рослин Київської області / В. Г. Собко. — К.: Фітоцентр, 2009. — 374 с.
14. Murashige T. A revised medium for rapid growth and bioassay with tobacco tissue culture / T. Murashige, F. K. Skoog // *Physiol. Plant.* — 1962. — Vol. 15. — P. 473—497.

Ю. В. Журжа, Л. А. Колдар, М. В. Небыков

Национальный дендрологический парк «Софиевка» НАН Украины

МОРФОГЕНЕЗ ЕКСПЛАНТОВ *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. И *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. ПРИ РОЗМНОЖЕННІИ *IN VITRO*

Виды рода *Rhamnus* являются ценными декоративными, лекарственными, витаминными, медоносными и техническими растениями, потенциальные возможности которых почти не использованы. Перспективность расширения культуры этих растений в значительной степени зависит от разработки эффективных методов размножения.

Основными методами размножения растений *R. diamantica* и *R. tinctoria* является семенной и вегетативный, которые не всегда могут обеспечить необходимое количество растительного материала для обеспечения потребностей зеленого строительства.

Поэтому актуальным является использование альтернативного метода — размножение в культуре *in vitro*, что позволяет решать важные проблемы растениеводства, а именно: в десятки и сотни раз увеличить коэффициент размножения растений, получить здоровый, лишенный вирусной инфекции посадочный материал, а также с его помощью сохранить генофонд редких и исчезающих видов природной флоры.

Цель работы заключалась в подборе фитогормонального состава питательных сред в условиях культуры *in vitro* для достижения морфогенеза эксплантов *R. diamantica* и *R. tinctoria*.

Материалом для исследований послужили микрочеренки, заготовленные из побегов, с апикальными и пазушными почками, взятые из 3–5 летних растений *R. diamantica* и *R. tinctoria* в период их активного роста (вторая декада мая – третья декада июня). Экспериментальные исследования *R. diamantica* и *R. tinctoria* проводили в лаборатории микрклонального размножения растений Национального дендрологического парка «Софиевка» НАН Украины.

При культивировании видов *R. diamantica* и *R. tinctoria in vitro* использовали метод индукции морфогенеза растений под действием регуляторов роста.

Модификацию питательных сред Мурасиге и Скуга (МС) для индукции морфогенеза, проводили с использованием пяти концентраций 6–бензиламинопурина (6–БАП), с добавлением витаминов и аминокислот.

В результате использования многочисленных модификаций сред были отобраны наиболее эффективные.

Под влиянием различных концентраций фитогормонов наиболее активно процессы морфогенеза в *R. diamantica* и *R. tinctoria* происходили на среде IV при концентрации в питательной среде 6–БАП — 2,0 мг / л, β–ИМК — 1,0 мг / л, где коэффициент размножения при втором пассаже составил у *R. diamantica* — 5,3, а у *R. tinctoria* — 4,4. Питательные среды с меньшим содержанием 6–БАП (0,5–1,5 мг / л) обеспечивали хороший рост побегов, однако коэффициент размножения был значительно меньше и составлял соответственно у *R. diamantica* — 1,3; 1,8 и 1,5, а у *R. tinctoria* — 1,1; 1,3 и 1,6. Повышенное содержание 6–БАП (2,5 мг / л) с добавлением 0,1 мг / л α–НОК и 0,1 мг / л β–ИМК значительно уменьшал коэффициент размножения, который составил у *R. diamantica* — 1,1, а в *R. tinctoria* — 1.

Ключевые слова: *Rhamnus diamantica* Nakai., *Rhamnus tinctoria* Waldst. Et Kit., морфогенез, фитогормоны, *in vitro*

Y. V. Zhurzha, L. A. Koldar, M. V. Nebykov

Dendrological Park of Sofiivka of National Academy of Sciences of Ukraine, Uman, Ukraine

MORPHOGENESIS OF *RHAMNUS DIAMANTICA* NAKAI. AND *RHAMNUS TINCTORIA* WALDST. ET KIT. EXPLANTS UNDER *IN VITRO* CONDITIONS

Despite their high value in medicine, horticulture, and agriculture the species of genus *Rhamnus* are still underused. The prospects of cultivation of these plants depend largely on the conditions of their reproduction.

The main methods of reproduction of *R. diamantica* and *R. tinctoria* plants are spermatic and vegetative which cannot always provide the planting material sufficient for the vegetation and greenery.

It is, therefore, essential to use the alternative method, i.e. the reproduction *in vitro* providing the following solutions to major plant cultivation problems: an increase in the rate of plant reproduction by a decade or a factor of hundreds; obtaining a healthy, virus-free material for planting; conservation and protection of rare and endangered plant species.

The research aimed to achieve the morphogenesis of *R. diamantica* and *R. tinctoria* explants by choosing phytohormonal content of the nutritive environment under the *in vitro* conditions.

The material for the research comprised micro sprigs, prepared from burgeons with apic and accessory buds of three- and five-year-old *R. diamantica* and *R. tinctoria* plants taken during the period of their growth (May 10 - June 20). The experimental research of *R. diamantica* and *R. tinctoria* has been carried out in the laboratory of the microclonal propagation of plants of the National dendrological park “Sofiivka” of the National Academy of Sciences of Ukraine.

The method of induction of the plants' morphogenesis under the influence of growth regulation has been applied during the cultivation of the *R. diamantica* and *R. tinctoria* species in vitro.

Paravariation of the nutrient solution Murasige and Skuga (MS) for the induction of the morphogenesis has been carried out under the use of five tonicities of 6-benzylaminopurine (6-BAP) with addition of vitamins and amino acids.

After application of numerous environment modifications the most effective have been selected.

Under the influence of different tonicities of plant hormones the processes of morphogenesis took place in the most active way for *R. diamantica* and *R. tinctoria* in the environment IV under the tonicity of the nutrient solution of 6-BAP-2.0 mg/l, β -isobutyric acid — 1.0 mg/l, where the reproduction rates measured during the second transfer were 5.3 and 4.4 for *R. diamantica* and *R. tinctoria* respectively.

The nutrient solution with a lower content of 6-BAP (0.5–1.5 mg/l) maintained a steady growth of burgeons, however, the reproduction rate has been much lower, 1.3; 1.8 and 1.5 for *R. diamantica*, and 1.1; 1.3 and 1.6 for *R. tinctoria*.

A high concentration of 6-BAP (2.5 mg/l) with the addition of 0.1 mg/l α -NOK and 0.1 mg/l β -isobutyric acid reduced the reproduction rate considerably. This rate was 1.1 for *R. diamantica* and 1 for *R. tinctoria*.

Key words: Rhamnus diamantica Nakai., Rhamnus tinctoria Waldst. Et Kit., morphogenesis, in vitro

Рекомендує до друку

Надійшла 06.02.2017

М. М. Барна

УДК 582.711.31(477.41/.42)

О. Т. ЛАГУТЕНКО, Т. М. НАСТЕКА, М. О. КОНДРАТЕНКО

Національний педагогічний університет імені М. П. Драгоманова
вул. Пирогова, 9, Київ, 01601

ВИВЧЕННЯ ПОСУХОСТІЙКОСТІ СОРТІВ АГРУСУ (*GROSSULARIA UVA-CRISPA* (L.) MILL.) ЗА ВИРОЩУВАННЯ В УМОВАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Наведено результати дослідження рівня посухостійкості сортів агрусу за різних способів утримання ґрунту в прикущових смугах. За допомогою польових спостережень та лабораторно-польових методів, які включали вивчення водного режиму рослин, встановили ефективність одночасного застосування мульчування та зрошення.

Ключові слова: агрус, сорт, мульчування, зрошення, посухостійкість

Вступ. Більшість плодкових і ягідних рослин вологолюбні, але навіть у порівняно посухостійких культур (у тому числі й агрусу) окремі сорти дуже сильно різняться за рівнем посухостійкості [2, 5]. У зв'язку з глобальним потеплінням стає актуальним вивчення адаптації рослин до зміни клімату, стійкості до нестачі вологи та високих температур [7].

Нестача вологи в ґрунті негативно впливає на функціональний стан рослин та рівень продуктивності ягідних культур. Серед агротехнічних прийомів, направлених на збереження вологи в ґрунті, найбільш ефективним є мульчування прикущових смуг та зрошення [3, 4, 8].

Матеріал і методи досліджень

Дослідження проводилось протягом 2016 року на базі Інституту садівництва НААН України. Метеорологічні умови вегетаційного періоду характеризувалися підвищеною напруженістю гідротермічних факторів. Середньомісячні температури перевищували багаторічні дані у

березні – на 3,9, квітні – на 4,1 °С. Сума опадів протягом усієї вегетації (за винятком жовтня) була нижчою за норму і становила у травні, червні, липні та серпні – 37, 28, 50 і 42% від норми. У вересні опади були практично відсутніми (7,2 мм). Таким чином, вегетаційний період виявився досить посушливим і спекотним, що негативно впливало на ріст і розвиток рослин агрусу.

Дослідна ділянка розташована в смт Гостомель Києво-Святошинського району Київської області. Ґрунти дослідної ділянки – дерново-підзолисті супіщані, характеризуються низькою вологоємкістю, підвищеною водопроникністю і дуже низькою гігроскопічністю.

Дослід закладено у триразовому повторенні на площі 0,02га. Схема садіння кущів 3x1м. Розмір облікової ділянки одного повторення 12м². Кількість кущів одного сорту на ділянці одного повторення – 4–5шт. Об'єтками дослідження були 7-8-річні кущі агрусу сортів Ізумруд та Красень.

Для дослідження впливу мульчування на посухостійкість агрусу нами було обрано доступні мульчувальні матеріали – триса (шаром 1-2 см) і сіно (шаром 7-10 см). Мульчування здійснювали в два етапи: весняне та осіннє мульчування. Зрошення здійснювали у три строки: кінець квітня — початок травня; кінець травня — початок червня; кінець липня — початок серпня. Витрата води за один полив становила 30-50 л на 1 м² площі.

Польові спостереження (візуальна оцінка пошкоджень листків) та лабораторно-польові дослідження (визначення водоутримувальної здатності та оводненості листків) здійснювали відповідно до загально-прийнятих методик [1, 6].

Результати досліджень та їх обговорення

Використання мульчувальних матеріалів (і тирси, і сіна) сприятливо впливало на процеси росту і розвитку рослин агрусу. В рослин сорту Ізумруд пошкодження листків в середньому за період спостережень на варіантах без зрошення становить 1,3-1,4 бала, а в сорту Красень – 1,4-1,6 бала, а в умовах зрошення – 0,6-0,9 та 1,1 бала відповідно. При цьому в рослин сорту Ізумруд спостерігаємо істотну перевагу варіанту з використанням сіна в якості мульчувального матеріалу над варіантом з використанням тирси.

При використанні мульчувальних матеріалів як без зрошення, так і в умовах зрошення рослинам агрусу сорту Ізумруд властива висока здатність утримувати воду (табл. 1).

Таблиця 1

Водоутримувальна спроможність листків агрусу залежно від типу мульчувальних матеріалів (відбір зразків 11.08.2016 р.)

Варіанти дослідів	Втрата води через визначений час після відбору проб, %			
	2 години	4 години	6 годин	24 години
Сорт Ізумруд				
1. Контроль – чорний пар (без зрошення)	16,7	22,1	43,7	57,3
2. Тирса – (без зрошення)	10,6	17,3	32,1	49,3
3. Сіно – (без зрошення)	12,7	18,0	32,7	45,7
4. Контроль – чорний пар (при зрошенні)	10,4	14,2	30,1	46,8
5. Тирса – (при зрошенні)	9,1	12,5	22,1	37,3
6. Сіно – (при зрошенні)	7,4	11,2	20,0	32,3
Середнє по сорту Ізумруд	11,2	15,9	30,1	44,8
Сорт Красень				
1. Контроль – чорний пар (без зрошення)	20,0	28,9	46,0	58,8
2. Тирса – (без зрошення)	11,0	21,1	37,6	47,3
3. Сіно – (без зрошення)	11,3	21,0	35,6	44,0
4. Контроль – чорний пар (при зрошенні)	8,2	14,7	30,8	52,8
5. Тирса – (при зрошенні)	6,2	14,0	30,1	43,5
6. Сіно – (при зрошенні)	4,4	13,3	29,1	43,2
Середнє по сорту Красень	10,2	18,8	34,9	48,3

БОТАНІКА

Використання сіна в якості мульчувального матеріалу знижувало втрати води рослинами агрусу і давало кращі результати порівняно з тирсою. У варіантах, де здійснювали мульчування прикущових смуг сіном, через 24 години втрати води рослинами сорту Ізмурд становили 45,7%, а сорту Красень – 44,0%, в той час як на контрольному варіанті цей показник становив 57,3% і 58,8% відповідно. На варіантах, де в якості мульчувального матеріалу використовували тирсу, через 24 години після початку досліду втрата води рослинами сорту Ізмурд становила 49,3%, а сорту Красень – 47,3%.

Спостерігали підвищені показники вмісту води в листках рослин сорту Ізмурд порівняно з сортом Красень. При цьому на початок липня, в період інтенсивного росту пагонів, спостерігали дещо більший вміст загальної води в тканинах листків агрусу, і відмічали тенденцію до зниження рівня оводненості до кінця літа (табл. 2).

Таблиця 2

Вміст води у листках агрусу залежно від типу мульчувальних матеріалів (2016 р.)

Варіанти досліду	Вміст води на певну дату відбору проб, %			Середній вміст води, %
	01.07.	11.08.	17.09.	
Сорт Ізмурд				
1. <i>Контроль</i> – чорний пар (без зрошення)	60,6	59,9	56,6	59,0
2. <i>Тирса</i> – (без зрошення)	64,0	63,4	61,6	63,0
3. <i>Сіно</i> – (без зрошення)	64,4	63,2	61,8	63,1
4. <i>Контроль</i> – чорний пар (при зрошенні)	65,1	64,5	54,8	61,5
5. <i>Тирса</i> – (при зрошенні)	68,6	66,3	60,6	65,2
6. <i>Сіно</i> – (при зрошенні)	69,8	67,5	62,2	66,5
Середнє по сорту Ізмурд	65,4	64,1	59,6	-
Сорт Красень				
1. <i>Контроль</i> – чорний пар (без зрошення)	60,3	59,4	53,1	57,6
2. <i>Тирса</i> – (без зрошення)	63,4	61,7	60,8	62,0
3. <i>Сіно</i> – (без зрошення)	63,1	61,3	60,3	61,6
4. <i>Контроль</i> – чорний пар (при зрошенні)	59,9	57,9	47,8	55,2
5. <i>Тирса</i> – (при зрошенні)	63,7	63,3	61,6	62,9
6. <i>Сіно</i> – (при зрошенні)	65,3	65,3	62,3	61,3
Середнє по сорту Красень	62,6	61,5	57,7	-

При мульчуванні прикущових смуг (як тирсою, так і сіном) покращувалися показники вмісту води в тканинах листків досліджуваних рослин. На варіантах без зрошення середній вміст води в листках рослин сорту Ізмурд становив 63,0-63,1%, а в сорту Красень – 61,6-62,0%, а в умовах зрошення – 65,2-66,5% та 61,3-62,9% відповідно. При цьому рослини сорту Ізмурд краще реагували на мульчування сіном, а рослини сорту Красень – тирсою.

Використання мульчування як технологічного прийому забезпечило підвищення показників продуктивності досліджуваних сортів. Використання тирси в якості мульчувального матеріалу найбільше вплинуло збільшення врожайності агрусу сорту Ізмурд (на 6,2 т/га порівняно з контролем), а використання сіна – на збільшення показника середньої маси ягід в сорту Красень (на 0,7 г). В умовах зрошення використання сіна в якості мульчувального матеріалу найбільше вплинуло на збільшення врожайності агрусу сорту Красень (на 9,5 т/га), а також на збільшення показника середньої маси ягід того ж сорту (на 0,8 г).

Висновки

Отже, одночасне проведення мульчування прикущових смуг та зрошення в промислових та аматорських насадженнях агрусу позитивно впливає на водний режим рослин, покращує функціональний стан рослин в період посухи і суттєво підвищує урожай ягід.

1. *Кондратенко П. В.* Методика проведення польових досліджень з плодовими культурами / П.В. Кондратенко, М.О. Бублик. — К.: Аграрна наука, 1996. — 95 с.
2. *Лагутенко О. Т.* Вплив погодно-кліматичних факторів на формування продуктивності агрусу (*Grossularia reclinata* L.) у північній частині Лісостепу України / О.Т. Лагутенко, Т.О. Загородня // Садівництво. — К., 2012. — Вип. № 65. — С. 223—228.

3. Мазур П. Мульчування плодкових дерев / П. Мазур // Дім, сад, город. — 2003. — № 5. — С.16.
4. Марков Ю. А. Орошение коллективных и приусадебных садов. — Ленинград: Агропромиздат, 1998. — 64 с.
5. Марковський В. С. Агрис / В.С.Марковський. — К.: Бібліотека “Дім, сад, город”, 2004. — 46 с.
6. Програма и методика сортоизучения плодовых, ягодных и орехоплодных культур / [под общ. ред. Е.Н. Седова, Т.П. Огольцовой]. — Орел: ВНИИСПК, 1999. — 608 с.
7. Просунко В. М. Як впливатиме зміна клімату на рослинництво? (Прогнози вчених) / В.М. Просунко // Селекція і насінництво. — 2006. — Вип. 93. — С. 3—9.
8. Тимошок І. В. Альтернативний спосіб утримання ґрунту у пристовбурних смугах саду в різних зонах садівництва / І.В.Тимошок, В.М.Жук // Садівництво. — 2011. — Вип. 64. — С. 143—147.

О. Т. Лагутенко, Т. М. Настека, М. О. Кондратенко

Национальный педагогический университет имени М. П. Драгоманова

ИЗУЧЕНИЕ ЗАСУХОУСТОЙЧИВОСТИ СОРТОВ КРЫЖОВНИКА (GROSSULARIA UVA-CRISPA (L.) MILL.) ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ В УСЛОВИЯХ УКРАИНСКОГО ПОЛЕСЬЯ

Подано результати дослідження рівня засухостійкості сортів крыжовника при різних способах содержания почвы в прикустовых полосах. При помощи полевых наблюдений и лабораторно-полевых методов, которые включали изучение водного режима растений, обосновано ефективність одночасного застосування мульчування і зрошення.

Ключевые слова: крыжовник, сорт, мульчирование, орошение, засухостойчивость

О. Т. Lagutenko, Т. М. Nasteka, М. О. Kondratenko

Dragomanov National Pedagogical University, Ukraine

THE STUDY OF DROUGHT-TOLERANT GOOSEBERRY VARIETIES (GROSSULARIA UVA-CRISPA (L.) MILL.) NATIVE TO UKRAINIAN POLISSIA

Due to climate change it is urgent nowadays to study how crops adapt to lack of moisture. One way of improving plants drought-tolerance is the introduction of farming techniques aimed at preserving moisture in the soil.

The study was conducted throughout 2016 at the Institute of Horticulture of NAAS of Ukraine.

In general, over the period of observation the damage of leaves of Izumrud gooseberry variety was slightly lower (0.6-1.4) in comparison to the the Krasen variety (1.1-1.6 points).

After the use of mulch material (sawdust, hay) both without and under irrigation, the Izumrud gooseberry varieties showed higher water-holding capacity and higher water content in leaves compared with the Krasen varieties. The use of hay as a mulch material reduces water loss, as a result, plants in general and gooseberries in particular produced better results compared with sawdust. In cases with snow mulching, in 24-hour time the water loss by the Izumrud was 45.7% and the Krasen – 44.0%, while for the control, the index was 57.3% and 58.8% respectively.

In cases with sawdust, in 24-hour time after the beginning of the experiment, the water loss for the Izumrud was 49.3% and the Krasen – 47.3%. In cases without irrigation the average water content in the leaves of the Izumrud variety was 63.0-63.1% and the Krasen – 61.6-62.0%, and under irrigation – 65.2-66.5% and 61.3-62.9% respectively. Moreover, the Izumrud variety had a more favourable response to hay mulch and the Krasen – to sawdust. In cases without irrigation the increase in yield after the use of sawdust in gooseberry variety Izumrud totalled to 6.2 t/ha as to control and the increase in the average weight of berries with hay mulch for the Krasen variety was 0.7 g.

Under irrigation with hay as mulch material, the Krasen was more productive. Hence, the increase in yields totalled to 9.5 t/ha and the increase in the average weight of berries was 0,8 g.

The field observations and both laboratory and field methods including the study of water conditions of plants showed the effectiveness of simultaneous mulching and irrigation. It depends on the biological features of varieties: the Izumrud variety is characterized by a higher level of drought-tolerance as compared to the Krasen.

Key words: gooseberry, cultivar, mulching, irrigation, drought-tolerance

УДК 582. 09:712. 4 (477. 51–25)

С. О. ПОТОЦЬКА

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14013

ДЕНДРОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ "КОНЦЕПЦІЇ ОЗЕЛЕНЕННЯ МІСТА ЧЕРНІГОВА"

Розроблена "Концепція озеленення м. Чернігова" базується на проведенні інвентаризації дендрофлори, яка включає 265 видів та 75 культиварів із 125 родів, 54 родин, відділів *Pinophyta* і *Magnoliophyta*. З'ясовано, що природна дендрофлора міста Чернігова налічує 63 види, 39 родів, 24 родини. Здійснено систематичний, біоморфологічний, екологічний, географічний аналіз культивованої дендрофлори.

Ключові слова: дендрофлора, місто Чернігів, зелені насадження, сучасний стан, інтродукція

Вступ. На сучасному етапі все більшої актуальності набувають питання екологічної реконструкції компонентів міського середовища, що мають важливий статус і призначені для соціального, політичного, економічного життя городян. Озеленення виступає однією з тих природно-соціальних умов розвитку міста, які забезпечують формування невід'ємних елементів природної екосистеми та її похідних. Зелені зони як невід'ємні компоненти урбосистем виконують важливу соціально-екологічну роль у підтриманні балансу середовища. До їх складу входять різні типи із різноманітною фітобіотою, які поєднуються із природними масивами. Саме такою є зелена зона міста Чернігова, яка включає природні лісові ділянки заплави річки Десни та її приток, лісопарки, парки, сквери, квартальні та вуличні насадження. Розробка Концепції озеленення обумовлена важливістю перебудови та оптимізації існуючої системи озеленення Чернігова для підтримки екологічного каркаса; залучення сучасних здобутків ландшафтного дизайну та декоративної фітології; створення естетичної та туристичної привабливості історичної і центральної частини міста; розбудови системи озеленення різних типів міського простору [4].

Матеріал і методи досліджень

Програма досліджень включала аналіз дендрологічного складу, вікової і кількісної структури, еколого-географічних, біоморфологічних особливостей видів дендрофлори. Як об'єкт дослідження виступала дендрофлора різних територій міста Чернігова (парки, лісопарки, сквери, бульвари, урочища, вуличні насадження та інші). Таксономічний склад дендрофлори визначався в польових умовах. Інвентаризація культивованої дендрофлори здійснювалася маршрутним методом, у ході якого визначалися: вид, культивар; кількість особин, їх місцезростання; вік, діаметр стовбура, висота. Для цього використані методологічні положення О.Л. Липи (1977), М.А. Кохна, О.М. Курдюка (1984, 1991, 1994), Ф.Л. Щепотьєва (1980) [3,5]. Для виявлення частоти трапляння взято за основу методичні підходи М.А. Кохна [5]. Біоморфологічний аналіз виконано на основі системи життєвих форм (І.Г. Серебряков, 1962) [6], біоморфів (Раункієр, 1905, 1907) [8], за класами висоти (С.Я. Соколов, 1965, 1977) [4]. Географічний аналіз здійснено з використанням ботаніко-географічного поділу світу (А.Л. Тахтаджян, 1978) [7]. Зимостійкість оцінювали за шкалою С.Я. Соколова (1951) [2], газостійкість визначали за шкалою Г.М. Ілька (1971) [1], посухостійкість – за шкалою С.С. П'ятницького (1961) [2].

Результати досліджень та їх обговорення

Місто Чернігів з давніх часів відрізнялося значними площами природних територій, за що його досить часто вважають "зеленим містом". Географічне положення Чернігова – (координати 48°37'N22°18'E), площа міста становить 78 квадратних кілометрів. Загальна площа земель, що знаходяться в адміністративних межах міста складає 7132 гектари. Площа зелених насаджень міста Чернігова (станом на 01.01.2017 р.) становить 3100 га, а площа насаджень загального користування – близько 900 га. Озеленення Чернігова складалося як результат його

багатовікової історії, торгівельних зв'язків та залучення в культуру деревних видів різного походження. Оцінюючи систему зелених насаджень як основу природного каркасу міста Чернігова, можна відзначити її просторову нерівномірність, ізольованість найбільш значних зелених ареалів і загальну їх відірваність від замських просторів. Міська система Чернігова виступає як своєрідне поєднання різних ландшафтів, складових середовища та екологічних умов (рисунок) [4].

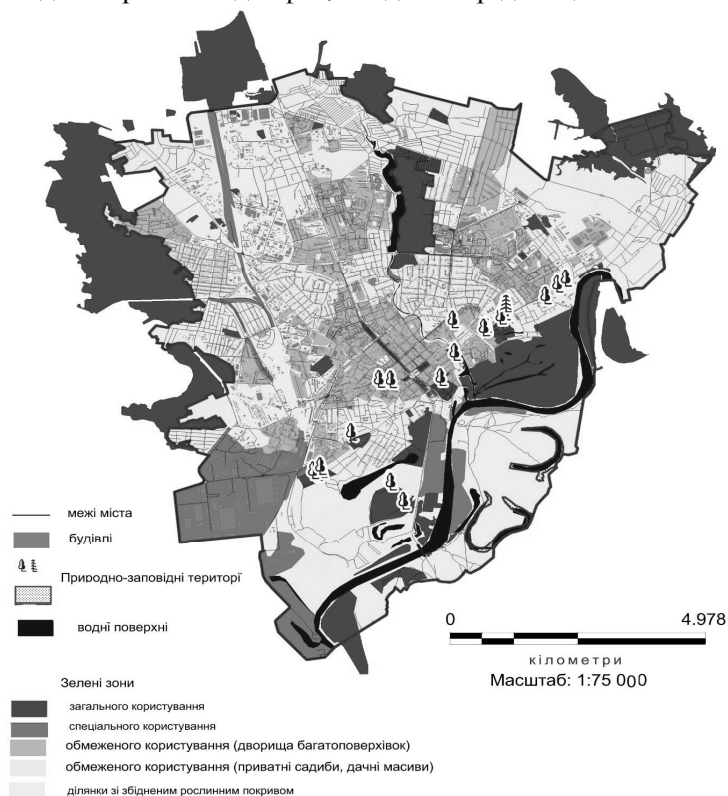


Рисунок. Карто-схема зеленої зони м.Чернігова

За результатами оригінальних досліджень дендрофлори встановлено, що у місті Чернігові налічується 265 видів та 75 культурварів деревних рослин, які належать до 125 родів, що об'єднуються у 54 родини. За кількісними показниками переважає відділ *Magnoliophyta* (229 видів, 108 родів, 48 родин). Відділ *Pinophyta* представлений 36 видами із 17 родів, 6 родин.

За результатами проведених досліджень природна дендрофлора міста Чернігова налічує 63 види, 39 родів, з 24 родин та 2 відділів. Відділ *Pinophyta* представлений 2 родинами, 3 родами та 3 видами - *Pinus sylvestris* L., *Picea abies* (L.) Karst., *Juniperus communis* L. Відділ *Magnoliophyta*, що переважає за кількісними показниками, включає 60 видів, 36 родів та 22 родини

Найчисельнішими серед родин за кількістю видів із покритонасінних є *Rosaceae* – 75 видів, *Salicaceae* – 22; із голонасінних – *Pinaceae* – 17, *Cupressaceae* – 13. Нижчі градації в цьому спектрі займають родини *Fabaceae* – 12, *Caprifoliaceae* – 10, *Oleaceae* та *Aceraceae* по 9 видів, значна частина родин (16) має у своєму складі 3 – 5 видів. Переважна ж більшість родин налічує 1 – 2 види (29). За кількістю родів у родинях найчисельнішою із покритонасінних є *Rosaceae* (26 родів), другу позицію займає *Fabaceae* (9). Із голонасінних – *Pinaceae* та *Cupressaceae* (мають по 6 родів). Родин, до складу яких входять 2 – 4 роди, налічується 21. Більша кількість родин (29) має по одному роду. Найбільшу кількість видів мають такі роди, як: *Salix* (17 видів) та *Spiraea* (13).

Кількісні показники видового складу дендрофлори різних типів насаджень наведено у таблиці 1. Найбагатшими за систематичним, видовим та внутрішньовидовим складом є дендрофлора територій обмеженого користування, серед яких виділяється колекція агробіостанції ЧНПУ та ЧОПЛ (227 видів, 113 родів, 49 родин, із покритонасінних 191 вид,

БОТАНІКА

96 родів, 43 родини, голонасінні – 36 видів, 17 родів, 6 родин). Інтродуковані види складають основу всіх типів насаджень з різними кількісними показниками. Найвищі (територія агробіостанції) є результатом цілеспрямованого колекціонування деревних рослин, а також наслідком оптимізації територій парків, скверів, закладів, підприємств. У деяких парках, які створювалися на основі природних лісів, виявлена значна участь аборигенних деревних рослин (за кількістю видів та особин).

Таблиця 1

Показники дендрофлори різних типів насаджень міста Чернігова

Тип насаджень	Назва території	Кількість видів, (культиварів)	% від загальної кількості
I. Загального користування	1. Парки, сквери	82 (11)	30,9
	2. Бульвари	58 (9)	21,8
	3. Алеї	43 (8)	13,6
	4. Лісопаркові масиви	101 (2)	38,1
	5. Території житлових кварталів	107 (9)	40,4
II. Обмеженого користування	6. Медичні заклади	98 (11)	36,9
	7. Навчальні заклади	94 (3)	35,5
	8. Обласна станція юних натуралістів	88 (7)	33,2
	9. Території підприємств	125 (9)	47,2
	10. Агробіостанція	227 (64)	85,6
III. Насадження спеціального призначення	11. Вуличні насадження	51 (4)	19,2
	12. Кладовища	76 (11)	28,7
	13. Захисні насадження	45 (0)	16,9
	14. Грунтозакріплюючі насадження	36 (0)	13,6
IV. Інші типи	15. Звалища і смітники	18 (0)	6,8

У 47 видів виявлено 75 культиварів. Найбільшу різноманітність культиварів мають *Thuja occidentalis* ('Columna', 'Aurescens', 'Spiralis', 'Variegata', 'Globosa', 'Filiformis', 'Salaspils'), *Juniperus sabina* ('Tamariscifolia', 'Glauca', 'Cupressifolia'), *Buddleja davidii* ('Black Knight', 'Empire Blue', 'White Profusion'), *Acer palmatum* ('Bloodgood', 'Atropurpureum', 'Sangokaku'), *Berberis thunbergii* ('Atropurpurea', 'Red Chief', 'Erecta').

Проведена оцінка трапляння видів дендрофлори показала, що спектр ландшафтоутворюючих рослин в складі зелених насаджень міста є досить вузьким (68 видів). Більше ніж половина видів (171) мають поодинокі зростання.

Серед життєвих форм, згідно з системою І.Г.Серебрякова (1952, 1964), у складі дендрофлори міста переважають кущі – 127 видів (48%), дерева представлені 120 видами (45%).

Серед біологічних типів найбільше фанерофітів – 253 види (95,5 %). Хамефітами є представники 11 видів (4,1 %), гемікриптофіти представлені 1 видом (0,4 %).

Серед зелених насаджень міста, згідно з системою С.Я.Соколова (1965), представлені дерева I величини – 34 види, II величини складають – 18, III величини – 17 (6,4 %), IV величини – 51. Серед кущів до класу високих належать – 33 види, середніх – 49, третьої величини – 17, низьких – 28 та інші.

З'ясовано, що в озелененні міста Чернігова переважають насадження віком від 50 – до 70 років (40 %). Деревя віком від 20 – до 50 років становлять 30%, молоді рослини – 20 %, а решта особин віком 70 – 100 і більше років.

Серед культивованої дендрофлори зелених насаджень міста Чернігова налічується 190 видів (71,7 %), ареали яких знаходяться в межах однієї флористичної області. Переважання видів деревних рослин з Циркумбореальної (54 види), Східноазійської області (51) та Атлантично-Північно-Американської (41) флористичних областей вказує на їх високий адаптивний потенціал у таких природно-кліматичних умовах. Незначна кількість інтродуцентів походить із південних та гірських областей: Ірано-Туранської (6 видів), Середземноморської (5), Сахаро-Аравійської (3), Мадреанської (1), Скелястих гір (4).

За результатами екологічного аналізу у складі дендрофлори переважають світлолюбні (118 видів), світлотіньовитривалими є 55 видів. Значна участь тіньюлюбних (65) та тіньювтривалих (27) обумовлена просторовою структурою лісопаркових масивів, основу яких створюють широколистяні породи.

За вибагливістю до ґрунтових умов встановлено, що у складі дендрофлори найбільше оліготрофів (124 види; 46,8 %); менше мегатрофів (85; 32,1 %), мезотрофів (56; 21,1 %), що обумовлено значним поширенням на території міста різних типів ґрунтів, з переважанням дерново-підзолистих. Аналіз посухостійкості показав, що більшість видів належать до групи посухостійких – 224 види (84,5 %). Вони є стійкими до нетривалих посух. Невелика група рослин відносно посухостійкі (40 видів; 15,1 %), вони зростають під покривом дерев, витримують повітряну посуху. Задовільно посухостійких видів не виявлено, зовсім не посухостійким є 1 вид (0,4 %) – *Cryptomeria japonica* Don. За вибагливістю до вологості ґрунту серед видів переважають мезофіти – 149 видів (56,2%), що обумовлено кліматично–едафічними умовами міста Чернігова.

Домінуючою групою культивованої дендрофлори є морозостійкі деревні рослини (201 вид; 75,8 %). Друге місце посідає група видів, які є відносно морозостійкими – 63 види (23,8 %), 1 вид (0,4 %) є неморозостійким. За ступенем зимостійкості переважають види з повною зимостійкістю, вони представлені (232 види, 87,5 %). II група – достатньо зимостійкі (26 видів; 9,8 %), у них спостерігається обмерзання кінців пагонів або часткове їх пошкодження. III група – задовільно зимостійкі (IV – V), до неї входять 6 видів (2,3 %), недостатню зимостійкість має 1 вид (0,4 %).

Щодо впливу шкідливих речовин у межах стійкості до міських умов серед насаджень міста виділяють газостійкі (161 вид; 60,7 %); середньогазостійкі представлені 14 видами (5,3 %). Обмежену газостійкість мають 79 (29,8 %) та негазостійкими є 11 видів (4,2 %). Це свідчить про те, що дана властивість деревних рослин враховувалася при створенні зелених насаджень міста.

Висновки

Встановлено, що культивована дендрофлора міста Чернігова налічує 265 видів та 75 культиварів, що належать до 125 родів, 54 родин. Показано, що природна дендрофлора міста Чернігова, яка налічує 63 види із 39 родів та 24 родин, є типовою для Лівобережного Полісся. Найчисельнішими за кількістю видів є родини: *Rosaceae* (75 видів), *Salicaceae* (22), *Pinaceae* (17), серед родів – *Salix* (17 видів), *Spiraea* (13), *Pinus* (8) та *Acer* (7). У 47 видів деревних рослин виявлено 75 культиварів, з них 64 – зустрічаються на території агробіостанції Чернігівського національного педагогічного університету, інші – поодинокі у різних типах насаджень. Аналіз частоти трапляння показав, що масово поширені в зелених насадженнях Чернігова 68 видів; зрідка – представники 171 виду. З'ясовано, що серед життєвих форм у насадженнях міста Чернігова переважають листопадні кущі (із 127 видів – 114) та дерева (із 120 – 95). За висотою відмічено переважання дерев четвертої величини (51) та першої (34), що пов'язано з створенням більшості територій зелених насаджень у другій половині XIX ст. на основі природних лісових територій або за участю аборигенних видів. Встановлено, що більшість видів культивованої дендрофлори міста Чернігова є цілком зимостійкими (232 види); морозостійкими (201); посухостійкими (224) та газостійкими (161) видами, оскільки мають високу адаптивну здатність до природно-екологічних умов міських екотопів. У складі дендрофлори міста Чернігова за вибагливістю до едафічних умов значною є участь групи оліготрофів (124); за вологістю ґрунту – мезофітів (149); за світловибагливістю – світлолюбних (118). Серед представників культивованої дендрофлори міста Чернігова переважають види, ареали яких знаходяться в межах однієї флористичної області: Циркумбореальної (54), Східноазійської (51) та Атлантично-Північно-Американської (41).

Концепція озеленення м. Чернігова в цілому, може бути використана при проведенні оптимізації міської території, зелених і екологічних зон Чернігова зі створення сприятливих умов соціально–економічного розвитку та напрямків розвитку в майбутньому.

1. *Илькун Г. М.* Газоустойчивость растений. / Г.М. Илькун. — К.: Наукова думка, — 1971. — 146 с.
2. *Колесников А. И.* Декоративная дендрология / А.И. Колесников. — М.: Госуд. изд-во литер. по строит., архитек. и строит. матер., — 1960. — 676 с.
3. *Кохно Н.А.* Деревья и кустарники декоративных городских насаждений Полесья и Лесостепи УССР. / [Кохно Н.А. и др.]; Под общ. ред. Н.А. Кохно. — К.: Наук. думка, — 1980 — 236 с.
4. *НДР «Концепція по озелененню міста Чернігова»*, — 2016. — 460 с.
5. *Потоцька С. О.* Сучасний стан зелених насаджень міських територій Чернігівського Полісся та шляхи їх оптимізації (на прикладі м. Чернігова) / С.О. Потоцька // Науковий вісник Волинського державного університету імені Лесі Українки. [Вип. № 18]. — Луцьк: — 2010. — С. 24—27.
6. *Серебряков И. Г.* Жизненные формы высших растений и их изучение // Полевая геоботаника. — М., Л.: Наука, — 1964. — 3. — С. 146—205.
7. *Тахтаджян А. Л.* Флористические области Земли / А.Л. Тахтаджян — Л.: Наука, — 1978. — 247 с.
8. *Raunkiaer C.* The life forms of plants and statistical plant geography / C. Raunkiaer/ — Oxford, 1934. — 632 p.

С. А. Потоцкая

Черниговский национальный педагогический университет имени Т. Г. Шевченко

ДЕНДРОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ "КОНЦЕПЦИИ ОЗЕЛЕНЕНИЯ ГОРОДА ЧЕРНИГОВА"

Разработана "Концепция озеленения г. Чернигова" базируется на проведении инвентаризации дендрофлоры, которая насчитывает 265 видов и 75 культурваров из 125 родов, 54 семейств, отделов *Pinophyta* и *Magnoliophyta*). Установлено, что природная дендрофлора насчитывает 63 вида, 39 родов, 24 семейства. Охарактеризован таксономический состав, биоморфологическая, экологическая, географическая структура, встречаемость, возрастные особенности, декоративность культивируемой дендрофлоры.

Ключевые слова: дендрофлора, город Чернигов, зеленые насаждения, современное состояние, интродукция

S. A. Pototska

Chernihiv National Pedagogical University Named After T.G. Shevchenko, Ukraine

LANDSCAPE DESIGN PROJECT OF THE CITY OF CHERNIHIV

The landscape architecture, as an integral component of urban system, performs an important social and ecological function in maintaining the balance of the environment. The concept of landscape architecture may well be applied to the city of Chernihiv with forest areas of Desna River and its tributaries, city forests, parks, garden squares, street plantings. Chernihiv landscaping has a centuries-long history. Evaluating the landscape architecture as the natural framework of Chernihiv, one may note its spatial inconsistency and asymmetry, isolated character of the most significant green areas.

The given "Landscape design project of the city of Chernihiv" is based on inventorying of dendroflora comprising 265 species and 75 cultivars of 125 genera, 54 families, *Pinophyta* and *Magnoliophyta* divisions, the *Magnoliophyta* division being the most numerous (229 species, 108 genera, 48 families).

The list of species and cultivars of woody plants was made. The analysis revealed that natural dendroflora of Chernihiv is made of 63 species, 39 genera, 24 families, and is typical of Left-bank Polissia.

A comparative analysis of the current state and features of dendroflora of different types of the green plantings of Chernihiv was performed.

The richest in systematic, specific and intra-specific composition is dendroflora of territories restricted in use, among which there is a collection of agro-biological research centre of Chernihiv National Pedagogical University and Regional Pedagogical Lyceum (227 species, 113 genera, 49 families).

Introduced species form the basis of plantings with different quantitative indicators. The highest (the area of the research centre) is the result of woody plants collection, as well as a sequence to optimization of the territories of parks, squares, and other city facilities. In some parks created on the basis of natural forests, a great number of native woody plants was found (by the number of species and individuals).

A systematic, biomorphological, ecological, and geographical analysis of cultivated dendroflora was carried out. Out of 47 species of woody plants, 75 cultivars were identified, 64 of them were found on the territory of the agro-biological research centre, others - sporadically in various types of plantations. An analysis of frequency of occurrence has shown that 68 species are widely distributed in the green plantations of Chernihiv; occasionally - representatives of 171 species.

The study demonstrated that most of the cultivated dendroflora species of the city of Chernihiv were completely winter-hardy (232 species); frost-hardy (201); drought-tolerant (224) and gas-resistant (161) species, since they had high adaptive abilities to the natural-ecological conditions of urban ecotopes. In the composition of Chernihiv dendroflora according to demand for edaphic conditions, ample is the presence of oligotrophic group (124); according to soil moisture – mesophytes (149); less numerous – heliophilous (118). Among the cultivated species the most numerous are those whose habitats are within the single floristic region: Circumboreal (54), East Asian (51) and Atlantic-North-American (41).

In general, the project on Chernihiv landscaping can be used for the optimization of urban area. It also aims at creating favorable conditions for social and economic development as well as suggesting trends for future development.

Key words: dendroflora, city of Chernihiv, green plantings

Рекомендує до друку
М. М. Барна

Надійшла 01.02.2017

УДК 582.734.3:581.543

Ю. С. ЮХИМЕНКО

Криворізький ботанічний сад НАН України
вул. Маршака, 50, Кривий Ріг, 50089

СЕЗОННИЙ РИТМ РОЗВИТКУ ПІВНІЧНОАМЕРИКАНСЬКИХ ВИДІВ РОДУ *CRATAEGUS* L. В УМОВАХ КРИВОРІЗЬКОГО БОТАНІЧНОГО САДУ НАН УКРАЇНИ

Представлені результати порівняльного вивчення сезонного ритму розвитку 27 північноамериканських видів та різновидів роду *Crataegus* L. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України. За відповідності до кліматичних умов інтродукції на підставі інтегральної оцінки комплексу основних фенофаз досліджені види розподілені на 4 групи. Визначені найбільш перспективні види для широкого використання в степовій зоні України.

Ключові слова: фенологія, північноамериканські інтродуценти, глоди, перспективність

В основі фенологічного розвитку рослин лежать спадково закріплені ритмічність і періодичність фізіологічних процесів, що сформувались в процесі філогенезу в різних кліматичних та екологічних умовах. Вони є ознакою відповідності певним природнокліматичним умовам і відіграють вирішальну роль під час їх пристосування до нових місцезростань [10]. Адаптивне зміщення фенологічних фаз є одним з прикладів приведення сезонного ритму інтродуцентів у відповідності до ритмів сезонних метеорологічних процесів [4]. В інтродукції рослин показники росту і розвитку використовуються як оцінка адаптаційної можливості і стійкості організмів в нових умовах [4, 5, 6]. Сезонний ритм розвитку деревних рослин і його важливість при інтродукції рослин досліджувались П. І. Лапіним, Л. С. Плотніковою, С. В. Сідневою [10, 11, 12]. Фенологічні ритми у північноамериканських видів *Crataegus* L. в Україні комплексно вивчали В. Л. Рубіс (Правобережний Лісостеп), Л. О. Меженська, В. М. Меженський (Лівобережний Степ) та ін. [13, 16]. В кліматичних

умовах Правобережного Степу, а тим більше великому Криворізькому промислового регіоні, подібні дослідження не проводилися.

Метою нашої роботи є встановлення відповідності фенофаз клімату вторинного ареалу у північноамериканських видів роду *Crataegus* в умовах Криворіжжя для визначення перспективності їх використання в степових умовах промислового міста. Необхідність подібних досліджень пов'язана з особливістю природно-кліматичних умов цього регіону. За фізико-географічним районуванням України територія Криворізького залізничного басейну знаходиться в Степовій зоні та Північностеповій підзоні [2]. За схемою кліматичного районування Л. Н. Булави цей регіон відноситься до атлантично-континентальної європейської недостатньо вологої, теплої області помірної кліматичної зони [3]. Середньорічна температура повітря +8,5 °С. Абсолютний максимум температури складає +38,8°С, а зафіксований абсолютний мінімум сягає -35,0°С. Амплітуда абсолютних температур більше 70°С, кількість опадів за рік 408 мм [1]. Сума активних температур вище 10°С за вегетаційний період складає від 3000°С на півночі регіону до 3200°С – на півдні, тривалість цього періоду – 165-175 днів. Несприятливий вплив на інтродуценти чинять спекотне сухе літо, досить холодна, а в більшості випадків малосніжна зима, ранні приморозки восени, швидке наростання високих температур повітря навесні, часті посухи та суховії. До позитивних показників клімату відноситься великий тепловий ресурс вегетаційного періоду, що триває більше 200 днів.

Матеріал і методи досліджень

Упродовж 2002-2016 років за методикою фенологічних спостережень досліджували сезонний ритм розвитку 27 північноамериканських видів та різновидів роду *Crataegus*, що зростають в колекційних насадженнях КБС НАН України [19]. Визначення таксонів та розподіл за систематичними секціями проводили за Р. Е. Циновским, застосовуючи також праці Ф. Н. Русанова, Н. Н. Цвельова, О. М. Полетика, А. Rehder та ін. [15, 17, 20, 21, 22]. Сезонний ритм розвитку досліджували за методикою фенологічних спостережень у ботанічних садах [14]. За початок вегетації прийнято дату розпускання бруньок, за кінець – дату настання масового листопаду (опало більше 50 % листя), за початок цвітіння – розкриття першої квітки, за кінець цвітіння – повне обсіпання пелюсток, за початок дозрівання плодів – появу перших стиглих плодів. За даними метеостанції Кривий Ріг строки початку та закінчення вегетаційного періоду припадають в середньому на першу декаду квітня (2.04) і першу декаду листопада (3.11) з його тривалістю 215 днів [1]. За початок та кінець вегетаційного періоду приймається дата стійкого переходу середньодобової температури через 5°С [1]. Розподіл за показником фенологічної атипичності проводили за Г. Н. Зайцевим [8]. Феноспектри складено з урахуванням рекомендацій Н.С. Булигіна [7]. Статистичну обробку даних проведено на основі рекомендацій Г. Н. Зайцева [9]. Більша частина вивчених глодів (види та різновиди секцій *Brainerdianae* Eggl., *Coccineae* Loud., *Crus-gallinae* Rehd., *Dilatatae* Sarg., *Intricatae* Sarg., *Macracanthae* Loud., *Molles* Sarg., *Rotundifoliae* Eggl., *Silvicolae* Beadle, *Tenuifoliae* Sarg.) за районуванням флористичних одиниць А. Л. Тахтаджяна походить з Атлантично-Північноамериканської області, 2 види - області Скелястих гір (види секції *Douglasianae* Eggl.) [18].

Результати досліджень та їх обговорення

Початок вегетації у глодів триває впродовж третьої декади березня – першої декади квітня, після того, як середньодобова температура повітря починає перевищувати 5°С. У видів секцій *Coccineae*, *Douglasinae*, *Tenuifoliae*, *Molles*, *Brainerdianae*, *Dilatatae*, трьох видів секції *Rotundifoliae* настання цієї фази відбувається наприкінці третьої декади березня, у видів секцій *Silvicolae*, *Macracanthae* – в першій декаді квітня (рисунок). Найпізніше – в другій декаді квітня – розпускають бруньки глоди секції *Crus-gallinae*.

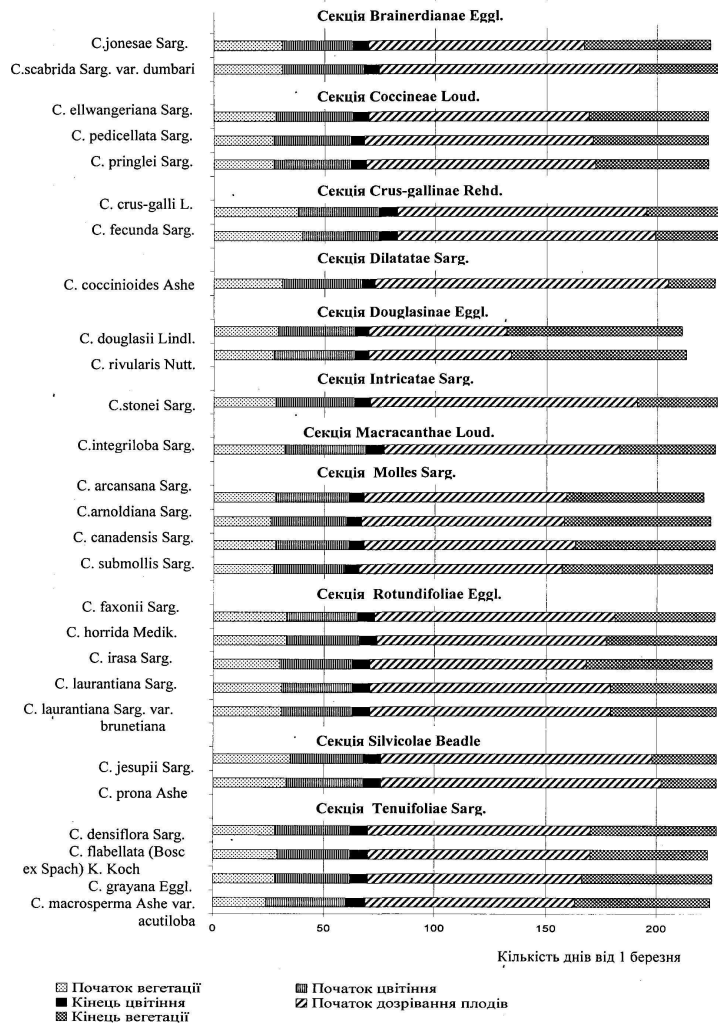


Рисунок. Фенологічні спектри видів роду *Crataegus* L. в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України

Початок зацвітання у глодів Північної Америки відбувається впродовж третьої декади квітня – другої декади травня. Першими наприкінці квітня зацвітають 5 видів (глоди секцій *Molles* та *C. macrosperma* Ashe var. *acutiloba* секції *Tenuifoliae*). В першій декаді травня до цієї фази вступають 21 вид (глоди секцій *Brainerdianae*, *Coccineae*, *Dilatatae*, *Douglasianae*, *Intricatae*, *Macracanthae*, *Rotundifoliae*, *Silvicolae* та три види секції *Tenuifoliae*). Найпізніше – в другій декаді травня – починають квітнути 2 види секції *Crus-gallinae*.

Тривалість цвітіння залежить від погодних умов та філогенетичної спадковості і становить 6-9 днів. У 5 видів (глоди секцій *Brainerdianae*, *Coccineae*, *Molles*) цвітіння триває 7 днів, в 13 видів (глоди секцій *Crus-gallinae*, *Macracanthae*, *Silvicolae*, *Tenuifoliae*) – 8 днів, у 3 видів (глоди секцій *Dilatatae*, *Douglasianae*) – 6 днів.

Період появи перших стиглих плодів настає в першій декаді липня і продовжується до третьої декади вересня. Рано досягають плоди у видів секції *Douglasinae* – в першій декаді – напочатку другої декади липня. Більше половини глодів (19 видів та різновидів) вступають до цієї фази в серпні і шість видів – впродовж перших двох декад вересня. Найпізніше (в третій декаді вересня) зрілі плоди з'являються в єдиного представника секції *Dilatatae* – *C. coccinioides* Ashe. Слід зазначити, що глоди секції *Molles* вступають до фази досягання плодів в першій декаді серпня, глоди секції *Coccineae* та більшість глодів секції *Tenuifoliae* – в другій декаді серпня, більшість глодів секції *Rotundifoliae* – в третій декаді серпня, глоди секцій *Crus-gallinae*, *Silvicolae* – в другій декаді вересня.

Завершення вегетації у різних видів та різновидів глоду триває впродовж вересня-жовтня. Вимушений ранній листопад без сезонного забарвлення листя в третій декаді вересня відбувається у видів секції *Douglasinae*. Ці види в дикорослому стані зростають по берегах

гірських річок і потерпають від посушливих умов району інтродукції, про що свідчить надранне опадання листя та всихання пагонів [15]. У 8 видів та різновидів (глоди секції *Coccineae* та глоди різних секції – *C.jonesae* Sarg., *C.arcansana* Sarg., *C.arnoldiana* Sarg., *C.flabellata* (Bosc ex Spach) K. Koch, *C.macrosperma* var. *acutiloba*) листопад відбувається в першій декаді жовтня, у більшості глодів (17 видів та різновидів) – в другій декаді цього місяця.

Для визначення відповідності фенофаз досліджених глодів клімату вторинного ареалу за інтегральною оцінкою комплексу основних фенофаз були розраховані показники фенологічної атипичності (Φ , Φ_{\square}) для кожного таксону [8]. Показник Φ_1 відображує ступінь відхилення від деякої її норми і коливається в межах від -3 до $+3$; його абсолютна величина збільшується по мірі збільшення ступеню відхилень. Діапазони від -1 до $+1$ є нормою, відхилення які знаходяться поза цим інтервалом є більш атипичними, чим більше вони відхиляються по модулю від числа 1. За 8-бальною шкалою Г. Н. Зайцева [8], яка складається за величиною показника Φ_1 , об'єкти наших досліджень можна розподілити на 4 групи (таблиця).

Найменша величина показника атипичності з оцінкою їх відповідності у 4-5 балів виявилися у глодів секцій *Crus-gallinae*, *Dilatatae*, *Intricatae*, *Macracanthae*, *Rotundifoliae*, *Silvicolae*, а також у *C.scabrida* Sarg. var. *dumbari* секції *Brainerdianae*. Цикл розвитку цих видів найбільше відповідає кліматичним умовам району інтродукції (супернорма та субнорма). До групи з 3 балом відповідності віднесені глоди секцій *Coccineae*, *Molles*, а також *C.irrasa* Sarg. секції *Tenuifoliae* та *C.jonesae* секції *Brainerdianae*. Види цієї групи вкладаються у вегетаційний період з деяким надлишком і можуть зростати в дещо більш холодних кліматичних умовах. Максимальні показники фенологічної атипичності (2 бал відповідності) встановлені у двох видів секції *Douglasinae*, які походять з найбільш контрастних умов зростання, порівняно з районом інтродукції. Ці види здатні зростати ще в більш холодних умовах, в них набагато раніше за місцеві глоди відбувається настання таких фенологічних фаз, як дозрівання плодів та листопад. Проте в степовій зоні вони потерпають від посушливості клімату і можуть бути використані лише в посадках біля водойм.

Таблиця

Групи північноамериканських видів глоду в залежності від показника фенологічної атипичності Φ_{\square} та оцінка їх в балах

Значення показника Φ_{\square}	Бал	Назва таксону
від -2 до -3	2	<i>C. douglasii</i> , <i>C. rivularis</i>
від -1 до -2	3	<i>C. jonesae</i> , <i>C. ellwangeriana</i> , <i>C. pedicellata</i> , <i>C. pringlei</i> , <i>C. arcansana</i> , <i>C. arnoldiana</i> , <i>C. canadensis</i> , <i>C. submollis</i> , <i>C. irrasa</i> , <i>C. densiflora</i> , <i>C. flabellata</i> , <i>C. grayana</i> , <i>C. macrosperma</i> var. <i>acutiloba</i>
від -1 до 0	4	<i>C. scabrida</i> var. <i>dumbari</i> , <i>C. integriloba</i> , <i>C. stonei</i> , <i>C. faxonii</i> , <i>C. horrida</i> , <i>C. laurentiana</i> , <i>C. laurentiana</i> var. <i>brunetiana</i>
від 0 до $+1$	5	<i>C. crus-galli</i> , <i>C. fecunda</i> , <i>C. coccinioides</i> , <i>C. jesupii</i> , <i>C. prona</i>

Висновки

Проведені 15-річні спостереження за сезонним ритмом розвитку дозволили встановити періоди проходження фенофаз у 27 північноамериканських видів та різновидів роду *Crataegus* L. Цикл розвитку всіх досліджених рослин вкладається в строки вегетаційного періоду, встановленого для Криворіжжя. Для них характерне щорічне цвітіння та плодоношення, швидке закінчення росту пагонів та повне їх здерев'яніння, настання листопаду до появи осінніх заморозків. За відповідністю фенофаз клімату вторинного ареалу досліджені глоди розподілені на 4 групи. За винятком двох видів секції *Douglasinae*, північноамериканські види колекції Криворізького ботанічного саду НАН України успішно акліматизувались і є перспективними для широкого впровадження в умови промислового міста степової зони України.

1. *Агроклиматический справочник по Днепропетровской области*. Л.: Гидрометеиздат, 1958. — 88 с.
2. *Бельгард А. Л.* Степное лесоразведение / А. Л. Бельгард. — М.: Изд-во: Лесная пром-сть, 1971. — 336 с.
3. *Булава Л. Н.* Физико-географический очерк Криворожского горнопромышленного района / Л. Н. Булава. — КГПИ, 1990. — 125 с.
4. *Булах П. Е.* Фенологические критерии устойчивости в интродукции растений // *Интродукція рослин* / П. Е. Булах. — 2005. — № 4. — С. 9—19.
5. *Булах П. Е.* Развитие идей климатической аналогии в интродукционном прогнозировании / П.Е. Булах, Р.В. Козлов // *Бюл. Никит. ботан. сада*. — 2003. — № 88. — С. 92—96.
6. *Булах П. С.* Теоретичні основи оптимізації інтродукційного процесу: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня док. біол. наук: спец. 03.00.05 “Ботаніка” / П. С.Булах — Київ, 2007. — 32 с.
7. *Булыгин Н. Е.* Биологические основы дендрофенологии. — Л.: Агропромиздат, 1982. — 80 с.
8. *Зайцев Г. Н.* Фенология древесных растений / Г.Н. Зайцев. — М.: Наука, 1981. — 120 с.
9. *Зайцев Г. Н.* Математическая статистика в экспериментальной ботанике / Г. Н. Зайцев. — М.: Наука, 1982. — 423 с.
10. *Лапин П. И.* Сезонный ритм развития древесных растений и его значение для интродукции / П. И. Лапин // *Бюл. ГБС* — 1967. — № 65. — С. 13—18.
11. *Лапин П. И.* Определение перспективности растений для интродукции по данным фенологии / П.И. Лапин, С. В. Сиднева // *Бюл. ГБС* — 1968. — № 69. — С. 14—21.
12. *Лапин П. И.* Оценка перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений / П.И. Лапин, С. В. Сиднева // *Опыт интродукции древесных растений*. — М.: Изд-во ГБС АН СССР, 1973. — 264 с.
13. *Меженська Л.О.* Рід Глід (*Crataegus* L.) в Україні: інтродукція, селекція, еколого-біологічні особливості / Л.О. Меженська, В.М. Меженський. — К.: Компринт, 2013. — 233 с.
14. *Методика фенологических наблюдений в ботанических садах СССР*. — М., 1975. — 27 с.
15. *Полетико О. М.* Род боярышник — *Crataegus* L. / О. М. Полетимо // *Деревья и кустарники СССР*. — М.-Л.: Изд-во АН СССР, 1954. — Т. 3. — С. 514—576.
16. *Рубіс В. Л.* Особливості сезонного ритму розвитку північноамериканських видів глоду в умовах дендропарку „Олександрія” / В. Л. Рубіс // *Інтродукція та збереження рослинного різноманіття*. Вісник КДУ. — К., 2001. — № 4. — С. 41—44.
17. *Русанов Ф. Н.* Интродуцированные боярышники ботанического сада АН УзССР / Ф. Н. Русанов // *Дендрология Узбекистана*. — Ташкент: Фан, 1965. — Том. 1. — С. 8—254.
18. *Тахтаджян А. Л.* Флористические области Земли / А. Л. Тахтаджян. — Л.: Наука, 1978. — 248 с.
19. *Федоровский В. Д.* Древесные растения Криворожского ботанического сада. / В. Д. Федоровский, А. Е. Мазур — Днепропетровск, изд-во “Перспект”, 2007. — 256 с.
20. *Цвелев Н. Н.* Род 38. Боярышник — *Crataegus* L. // *Флора Восточной Европы. Покрытосеменные. Двудольные* / Под ред. Н.Н. Цвелева. — СПб: Изд-во С.-Петербургской гос. химико-фармацев. академии, 2001. — Т. 10 — С. 557—586.
21. *Циновскис Р. Е.* Боярышники Прибалтики / Р. Е. Циновскис. — Рига: Зинатне, 1971. — 380 с.
22. *Rehder A.* Manual of cultivated trees and shrubs Hardy in North America / A. Rehder. — New York: The Macmillan Company. — 1949. — 996 s.

Ю. С. Юхименко

Криворожский ботанический сад НАН Украины

СЕЗОННЫЙ РИТМ РАЗВИТИЯ СЕВЕРОАМЕРИКАНСКИХ ВИДОВ РОДА *CRATAEGUS* L. В УСЛОВИЯХ КРИВОРОЖСКОГО БОТАНИЧЕСКОГО САДА НАН УКРАИНЫ

Представлены результаты сравнительного изучения сезонного ритма развития 27 североамериканских видов и разновидностей рода *Crataegus* L. в условиях Криворожского ботанического сада НАН Украины. За соответствием климатическим условиям интродукции по результатам интегральной оценки комплекса основных фенофаз исследованные виды разделены на 4 группы. Определены наиболее перспективные виды для широкого использования в степной зоне Украины.

Ключевые слова: фенология, североамериканские интродуценты, боярышники, перспективность

Yu. S. Yukhimenko

Kryvyi Rih Botanical Garden of National academy of Sciences of Ukraine

SEASONAL RHYTHMS OF DEVELOPMENT OF NORTH AMERICAN SPECIES OF GENUS *CRATAEGUS* L. UNDER CONDITIONS OF KRYVYI RIH BOTANICAL GARDEN OF NAS OF UKRAINE

Plant introducers use indices of growth and progress to estimate adaptation capabilities and stability of organisms under new conditions. The aim of our scientific paper is to ascertain whether phenological phases fit non-native area climate for North American species of genus *Crataegus* L. in the conditions of Kryvyi Rih urban agglomeration to outline prospects of their use in industrial centre located in steppe zone. The study focused on the analysis of seasonal rhythm of the progress of 27 North American species and varieties of genus *Crataegus* growing in the planting of Kryvyi Rih Botanical Garden of NAS of Ukraine over the period of 2002–2016.

The hawthorns under analysis start their vegetation season in the third decade of March – the first decade of April when the daily temperatures are over 5°C. The beginning of blooming continues from the third decade of April till the second decade of May. The length of blooming depends on weather conditions and phylogenetic heredity, on average, it lasts for 6–9 days. The first ripe fruits appear in the first decade of July and the last at the end of September. The vegetation season finalizes depending on properties of a species or a variety, it lasts throughout September–October.

We measured indices of phenological atypicality for each taxon to define whether phenophases of given hawthorns fit non-native area climate; these calculations were made by integral estimation of basic phenophases. The 8-pointed scale of G.N. Zaytsev which is formed by the Φ_1 -index magnitude allows us to divide the objects of analysis into 4 groups. The hawthorns of sections *Crus-gallinae*, *Dilatatae*, *Intricatae*, *Macracanthae*, *Rotundifoliae*, *Silvicolae* as well *C. scabrida* Sarg. var. *dumbari* of section *Brainerdianae* show the least magnitudes of atypicality, the value is 4–5 points. Progress cycle of these species is the most suitable to climatic conditions of the introduction area. The group with the value of 3 points is made up of hawthorns of sections *Coccineae* and *Molles* as well *C. irrasa* Sarg. of section *Tenuifoliae* and *C. jonesae* of sections *Brainerdianae*. The species of this group are able to grow in even colder climate conditions. The maximal indices of phenological atypicality (2 points) were measured for two species of section *Douglasinae*; these species originate from the area with the most contrasting condition as compared with the introduction area. These species are able to grow in even colder climate conditions but they suffer from arid climate of the steppe zone, so they may be used in plantings near water bodies only.

15-year-long observations of the season progress rhythm allowed us to divide 27 species and varieties into 4 groups according to the correlation of their phenophases with non-native area climate. The North American species collected in Kryvyi Rih Botanical Garden of NAS of Ukraine have acclimatized successfully and they show good long-term prospects for wide introduction under the conditions of the industrial city in the steppe zone of Ukraine, excluding two species of the section *Douglasinae*.

Key words: phenology, North American introducents, hawthorns, prospect

Рекомендує до друку

М. М. Барна

Надійшла 03.02.2017

БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 579.22+579.66

І. О. ГРЕЦЬКИЙ, О. М. ГРОМОЗОВА, С. К. ВОЦЕЛКО

Інститут мікробіології та вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України
вул. Заболотного, 154, Київ, 03143

ВИКОРИСТАННЯ КОМПОЗИЦІЙ ПОЛІСАХАРИДІВ МІКРОБНОГО ПОХОДЖЕННЯ ДЛЯ КУЛЬТИВУВАННЯ ЛЮМІНЕСЦЕНТНИХ БАКТЕРІЙ *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* IMB B-7071

Розроблена гелева композиція на основі природного екзополісахариду ксантану (ЕПС) і екзополісахаридполіакріламід (ЕПАА) для здешевлення поживного середовища для культивування люмінесцентних бактерій. За показниками інтенсивності люмінесценції і збереженням життєздатності оптимальною для культивування *Photobacterium phosphoreum* є композиція ЕПАА і ЕПС у пропорції (70%+30%) з концентрацією NaCl 3%.

Ключові слова: біоломінесценція, *Photobacterium phosphoreum*, ксантан, екзополісахаридполіакріламід

У наш час, у зв'язку з бурхливим розвитком технологій, забруднення навколишнього середовища входить до числа актуальних проблем людства. Більшість аналітичних методів, що широко використовуються для моніторингу поллютантів, потребують коштовного обладнання і громіздкої попередньої обробки зразків, взятих з навколишнього середовища. Тому на противагу класичним аналітичним методам значний інтерес представляють клітинні біосенсиори на основі мікроорганізмів. Серед всіх видів біосенсорних пристроїв увагу привертають біотести на основі люмінесцентних бактерій, засновані на винятковій чутливості цих мікроорганізмів до різноманітних речовин [3]. Інтенсивність випромінювання світла люмінесцентними бактеріями є інтегральним показником їх метаболізму, що обумовлює високу чутливість та швидкість відповіді на різноманітні впливи, простоту і економічність цих біотестів [2].

Ключовим вузлом таких пристроїв є сенсорний біоелемент, до складу якого входять люмінесцентні бактерії, від фізіологічного стану яких залежать всі ключові характеристики біосенсора. Однією з необхідних вимог до якості люмінесцентних бактеріальних сенсорів є їх здатність зберігати високу інтенсивність світіння протягом тривалого часу. Успіх отримання такого рецептора визначається вибором прийняттого носія та методу іммобілізації бактерій.

Для отримання біомаси люмінесцентні бактерії використовують складні поживні середовища, до вмісту яких входять такі компоненти як пептон, дріжджовий екстракт, рибні та м'ясні витяжки та ін. [9]. Недоліком таких поживних середовищ є складність їх приготування та відносно висока вартість компонентів. У зв'язку з цим, актуальним є розробка та здешевлення середовища для підвищення тривалості і стабільності високої активності люмінесцентних мікроорганізмів.

На сьогодні відомий спосіб використання екзополісахаридів (ЕПС) мікробного походження при приготуванні поживних середовищ [7], в якому показана його доцільність і ефективність. Дані ЕПС є високомолекулярними екзогенними продуктами біосинтезу

мікроорганізмів, що мають ряд переваг порівняно з хімічними аналогами: стійкість до механічної деструкції, температури і низьких значень рН, нетоксичність і біодеградабельність.

Метою цієї роботи була розробка та здешевлення рідкого середовища з використанням ЕПС, яке б забезпечувало тривалу і високу люмінесценцію бактерій *Photobacterium phosphoreum*.

Матеріал і методи досліджень

Об'єкт дослідження – штам морських люмінесцентних бактерій *Ph. phosphoreum*, зареєстрований в Депозитарії мікроорганізмів Інституту мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України під номером ІМВ В-7071. Штам був виділений з чорноморського катрана *Squalus acanthias* і ідентифікований за культурально-морфологічними ознаками [6]. Ідентифікація виду бактерій була підтверджена секвенуванням гена 16S рРНК. Отримана послідовність нуклеотидів представлена в базі даних GenBank під реєстраційним номером KF656787 [1].

Для отримання біомаси люмінесцентних бактерій використовували поживне середовище наступного складу (г/л): пептон - 5,0; дріжджовий екстракт – 1,0; NaCl – 30,0; Na₂HPO₄ – 5,3; KH₂PO₄ x 2H₂O – 2,1; (NH₄)₂HPO₄ – 0,5; MgSO₄ x H₂O – 0,1; гліцерин – 3,0 мл/л, вода дистильована – до 1 л, рН 7,6 [4].

Після культивування в 750 мл колбах з об'ємом поживного середовища 100 мл у режимі постійного перемішування (145 об/хв) протягом 18 годин при температурі 22°C, відбирали зразок. Кількість клітин встановлювали в рахунковій камері Горяєва. Суспензію люмінесцентних бактерій розводили до оптичної густини OD = 0,1, що відповідає концентрації 2×10^7 кл/мл.

Кількісну оцінку інтенсивності світіння бактерій проводили за допомогою експериментальної установки, в основі якої лежить фотоелектронний помножувач (ФЕП). При вимірюванні інтегрального світлового потоку у видимій області спектру світіння від зразка з бактеріями ($\lambda = 490$ нм) за допомогою світлочутливого високоапертурного об'єктива ($A = 0,7$) фокусувалося на фотокатод ФЕП-115 ($U = 1,3$ кВ при $I = 1,5$ мА.) з максимумом чутливості при 440-490 нм. Інтенсивність світіння виражали в значеннях біолюмінесцентного індексу – БЛІ, як відношення інтенсивності люмінесценції дослідного зразка до інтенсивності світіння контрольного зразка: $БЛІ = I_o/I_k$ [8]

Для створення композиції для культивування люмінесцентних бактерій використовувались полісахаридні сполуки на основі наступних компонентів: ЕПС ксантан, продуцентом якого являється *Xantomonas campestris pv. campestris* ІМВ В - 8158; ЕПАА – екзополісахаридполіакриламід, сополімер, синтезований полімеризацією акриламиду (АА) і ксантану [2]. ЕПАА отримували полімеризацією акриламиду у водному розчині бактеріальних полісахаридів (ксантану) при співвідношенні вказаних компонентів 7:3 у присутності окисно-відновних ініціаторів.

У роботі використовували препаративні композиції на основі гелевих наповнювачів: природного екзополісахариду (ЕПС) ксантану та ЕПАА, отриманих при різних співвідношеннях акриламиду (АА) і полісахариду:

1. А- ЕПС;
2. В- ЕПАА (співвідношення АА і ЕПС складає 7:3);
3. С- ЕПАА 30% В + 70% ЕПС;
4. D- ЕПАА 70% В + 30% ЕПС.

При дослідженні динаміки виживання *P. phosphoreum* гелеві композиції і культуральну рідину люмінесцентних бактерій (у співвідношенні 1:1) додавали у стерильні флакони, перемішували і залишали на довготривалій термін при кімнатній температурі. Динаміку виживання бактерій в інокуляті вивчали визначенням кількості життєздатних клітин методом серійних розведень з наступним висівом на агаризоване середовище.

Всі дослідження проводили не менше ніж у 3-х повторностях. Отримані дані обробляли статистично загальноприйнятими методами варіаційної статистики [5]. Розрахунки, графіки, гістограми та статична обробка виконані за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel 2007*.

Результати досліджень та їх обговорення

Однією з необхідних вимог до якості мікробних препаратів є їх здатність зберігати високу активність біоагента протягом тривалого часу. Тому першим етапом роботи було створення композиції, яка складається з ЕПАА та ЕПС ксантану, що забезпечує високу життєздатність та світіння люмінесцентних бактерій при їх зберіганні протягом місяця.

Серед одержаних даних, найкращий результат серед варіантів із застосуванням ЕПАА отримано при використанні композиції 30%+70%.

При подальшому внесенні різних композицій в інокулюм вивчалась кількість життєздатних клітин бактерій *P. phosphoreum* ІМВ В-7071 за різних температур зберігання. Після 30 діб зберігання при культивуванні при температурі +4°C перевищував контроль і становив більше ніж 10^{10} клітин/мл. При культивуванні при температурі +21°C титр життєздатних клітин значно зменшувався за період зберігання (табл.1).

Виходячи з отриманих даних, переважний варіант спостерігався при використанні композиції ЕПАА та ЕПС ксантану 30%+70%.

При зберіганні при температурі +4°C найкращий термін тривалості люмінесценції становив 30 діб для суміш ЕПАА і ксантану (70%+30%). У інших композиціях цей показник складав меншу величину. При культивуванні при температурі +21°C тривалість світіння клітин зменшувалася до 21 доби зберігання (табл. 1).

Таблиця 1

Показники світіння бактерій при культивуванні на різних за складом гелях

Показник	ЕПАА		суміш ЕПАА і ксантану (70%+30%)		суміш ЕПАА і ксантану (30%+70%)		1% ксантан	
	+4°C	+21°C	+4°C	+21°C	+4°C	+21°C	+4°C	+21°C
Середня тривалість світіння, доба	17	7	30	10	21	10	14	7
Середня кількість на 30 добу, КУО/мл	$6,6 \times 10^{10}$	4×10^4	$1,1 \times 10^{10}$	2×10^4	$1,7 \times 10^{12}$	4×10^6	$3,6 \times 10^{11}$	6×10^5

Дані результати дозволили обрати варіант суміші ЕПАА і ксантану в пропорції (70%+30%) як пріоритетний для подальших досліджень внаслідок більш тривалої люмінесценції.

Наступним етапом роботи був пошук найкращої концентрації для композиції, яка б забезпечувала високу життєздатність та світіння люмінесцентних бактерій при зберіганні протягом місяця.

Після внесення у стерильні флакони (у співвідношенні 1:1) суспензії бактерій 1×10^{10} кл/мл та суміші ЕПАА і ксантану в пропорції (70%+30%) при різних концентраціях. Зразки перемішували і залишали на довготривалі зберігання (1 місяць) при температурі +4°C. Контрольний варіант замість гелевої композиції містив синтетичне поживне середовище. Через певні проміжки часу (1 тиждень) визначали рівень люмінесценції та її тривалість для кожного зразка.

При зберіганні при температурі +4 °С найкращий термін тривалості люмінесценції становив 30 діб для суміш ЕПАА і ксантану (70%+30%) у концентрації 2-4%. При інших концентраціях цей показник знижувався.

Встановлена динаміка змін інтенсивності люмінесценції бактерій *P. phosphoreum* ІМВ В-7071 на різному за концентрацією гелевому середовищі (табл. 2). Після 1 тижня зберігання при температурі +4°C інтенсивність світіння зразків 1%, 2%, 3% ,4% мало відрізнялась одна від одної. Однак при культивуванні на гелевому середовищі з концентрацією 8% інтенсивність світіння зменшувалась в 1,5 рази за тих самих умов.

Показники люмінесценції бактерій при культивуванні на гелях різних концентрацій

Термін культивування	Концентрація гелю				
	1%	2%	3%	4%	8%
7 доба культивування	12,3	12,7	13,1	12,9	8,7
14 доба культивування	7,5	8,9	10,6	10,3	5,3
21 доба культивування	3,9	6,5	7,5	6,8	-
28 доба культивування	-	0,3	1,2	0,7	-

Дані результати дозволили обрати варіант суміші ЕПАА і ксантану в пропорції (70%+30%) з концентрацією 3% як зразок з найбільш тривалою та потужною люмінесценцією.

Висновки

Встановлено, що липкогенна композиція в якості субстрату сприяє підвищенню тривалості люмінесценції бактерій та забезпечує інтенсивніший розвиток мікроорганізмів відносно інших середовищ.

Трофічна роль ЕПС для бактерій, дозволяє вважати ці речовини як важливий фактор, який впливає на функціонування мікробних угруповань.

Мікроорганізми можуть використовувати екзополісахариди як енергетичні субстрати і донори електронів у реакціях дегідрування, які є обов'язковим етапом окисно-відновних процесів у клітині мікроорганізму, а також як джерел карбонового метаболізму, включаючи компоненти їх деструкції в загальний обмін.

За показниками інтенсивності люмінесценції і збереженням життєздатності оптимальним середовищем для культивування *P. phosphoreum* є композиція ЕПАА і ЕПС в пропорції (70%+30%) з концентрацією NaCl 3%.

Таким чином, гелеві композиції на основі природного ЕПС ксантану та ЕПАА є перспективними компонентами для підвищення властивостей мікробних препаратів з пролонгованим терміном зберігання та стабільними властивостями, а також підвищенням інтенсивності світіння бактерій.

1. Бази даних нуклеотидів NCBI <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>
2. Пат. 24856 Україна, МПК (2002) 6 C08F220/56. Спосіб одержання співполімеру поліакриламід (ЕПАА) / Є.М. Видюченко, С.К. Воцелко, Р.І. Гвоздяк, В.П. Гнідець, О.О. Литвинчук, Г.С. Сарібеков, В.А. Болоховська. — заявл.12.09.2007; опубл. 15.02.2002, Бюл. № 10.
3. Кратасюк В. А. Использование светящихся бактерий в биолюминесцентном анализе / В.А. Кратасюк // Успехи микробиологии. — 1987. — № 21. — С.3—30.
4. Куц В. В. Физиологические и эмиссионные характеристики *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* из Белого моря / В.В. Куц, А.Д. Исмаилов. // Микробиология. — 2009. — 78, № 5. — С. 612—617.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г. Ф. Лакин. — М.: Высш. школа, 1990. — 351 с.
6. Малыгина И. Ю. Светящиеся бактерии Черного и Азовского морей / И.Ю. Малыгина, А.М. Кацев // Экология моря. — 2003. — 64. — С.18—23.
7. Пат. 60348 Україна, МПК (2003)7 C12N1/20 Композиція для інокуляції насіння бобових рослин на основі бульбочкових бактерій та липкогена ЕПАА /Р.І. Гвоздяк, О.О. Литвинчук, Л.М. Ващенко, С.К. Воцелко, Л.А. Пасічник, Г.С. Сарібеков, В.П. Гнідець. — заявл.31.05.2000; опубл. 15.10.2003, Бюл. №1 0.
8. Родичева Э. К. Биолюминесцентные биотесты на основе светящихся бактерий для экологического мониторинга / Э.К. Родичева, А.М. Кузнецов, С.Е. Медведева // Вестник ОГУ-РАН. — 2004. — № 5 — С. 96—100.
9. Светящиеся бактерии / [И.И. Гительзон, Е.К. Родичева, С.Е. Медведева и др.]. — Новосибирск: Наука, 1984. — 279 с.

И. А. Грецкий, Е. Н. Громозова, С. К. Воцелко

Институт микробиологии и вирусологии имени Д. К. Заболотного НАН Украины

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОЗИЦИЙ ПОЛИСАХАРИДОВ МИКРОБНОГО
ПРОИСХОЖДЕНИЯ ДЛЯ КУЛЬТИВИРОВАНИЯ ЛЮМИНЕСЦЕНТНЫХ БАКТЕРИЙ
PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM IMV B-7071

Разработана гелевая композиция на основе природного экзополисахарида ксантана и экзополисахаридполиакриламида для удешевления питательной среды для культивирования люминесцентных бактерий. По показателям интенсивности люминесценции и сохранения жизнеспособности оптимальной для культивирования *P. phosphoreum* является композиция ЭПАА и ЭПС в пропорции (70%+30%) с концентрацией NaCl 3%.

Ключевые слова: биолюминесценция, *Photobacterium phosphoreum*, ксантан, экзополисахаридполиакриламид

I. A. Gretskey, E. N. Gromozova, S. K. Votselko

D. K. Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the NASU, Ukraine

USE OF THE POLYSACCHARIDES COMPOSITION OF MICROBIAL ORIGIN FOR
CULTIVATION LUMINOUS BACTERIA *PHOTOBACTERIUM PHOSPHOREUM* IMV B-7071

Nowadays pollution is biggest problems of people that caused by development of technology. Many analytical methods for monitoring of pollutants are costly because need an expensive equipment and cumbersome pretreatment of samples of environment. The most interested that classical methods show biosensor based on cell of microorganisms.

From all types of biosensor devices are more interest Biotest of luminescent bacteria, based on the exceptional sensitivity of these microorganisms to various substances. The intensity of light emission fluorescent bacteria is an integral factor of their metabolism, which causes high sensitivity and speed of response to various influences, simplicity and efficiency of bioassays.

Bioelement is the key of devices and consists of luminescent bacteria. The physiological state of one is the top characteristics of the biosensor. The main of necessary is quality requirements luminescent bacterial sensors and their ability to maintain a high intensity luminescence for a long time. The success of the receipt of receptor depends on choice acceptable carrier and method of immobilization of bacteria.

Biomass of luminescent bacteria gets from complex nutrient medium, which contents components like as peptones, yeast extract, fish and meat hoods and others. The defect of medium is difficulty their production and relatively a high cost components. In this case, development and price redaction is the importance for increase of duration and stability of highest activity of luminescent microorganisms.

It is known the method uses of exopolysaccharides (EPS) of microbial origin in the preparation of medium. There is expedience and effectiveness of this method. The EPS is exogenous macromolecular by biosynthesis of microorganisms that have several advantages to chemical analogues: resistance to mechanical degradation, temperature and low pH, non-toxic and biodegradability.

The aim of this work was development and price reduction of liquid medium, based on EPS. EPS may be provide duration and high luminescence of *Photobacterium phosphoreum*.

The IMV B-7071 strain of the luminous marine bacterium *P. phosphoreum* from the culture collection of the Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine was used as the object of the study. The species identification of the bacteria was confirmed by the sequencing of 16S rRNA gene region. The nucleotide sequence was submitted to the GenBank nucleotide sequence database (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank>) under accession number KF656787.

To create a composition for culturing fluorescent bacteria used polysaccharide compounds based on the following components: EPS xanthan by *Xantomonas campestris* pv. *campestris* IMV B - 8158; EPAА – exopolysaccharide acrylamide, copolymer synthesized by polymerization of acrylamide (AA) and xanthan. EPAА obtained by polymerization of acrylamide in an aqueous

solution of bacterial polysaccharides (xanthan) in the ratio of these components 7: 3 in the presence of redox initiators.

The first step was creation of composition that consist of EPAA and EPS xanthan that provides high vitality and glow luminescent bacteria during storage for a month. The best result among the options using the EPAA obtained using a composition of 30% + 70%.

We studied the viable cells of bacteria *P. phosphoreum* IMV B-7071 at different variants compositions of inoculum that storage at different temperatures.

After 30 days of storage when cultured at + 4°C higher than the control and amounted to more than 10^{10} cells / ml. When cultured at + 21°C titer of viable cells decreased significantly over the period of storage.

Found that sticky composition as the substrate improves the duration of luminescence bacteria and provides intensive development of microorganisms in relation to other media.

Microorganisms can be used exopolysaccharides as energy substrates and electron donors in dehydrogenation reactions, which is a mandatory step phase redox processes in the cell of microorganism, as well as sources of carbon metabolism, including the destruction of components in the overall exchange.

Data of luminescence intensity and persistence viability has shown optimal environment for culturing *P. phosphoreum*. It is composition of EPAA and EPS at proportion (70% + 30%) with concentration of 3% NaCl.

Summarize, a gel composition based on natural gum and xanthan EPS EPAA are promising components for improving the properties of microbial preparations with prolonged shelf life and stable properties, and increase the intensity of luminescence bacteria.

Key words: bioluminescence, Photobacterium phosphoreum, xanthan, exopolyacrylamide

Рекомендує до друку

Надійшла 16.02.2017

Н. М. Дробик

УДК 575.11

¹М. А. КРИЖАНОВСЬКА, ²К. О. БІГУНЯК

¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка

вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 460027

²ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України»

вул. Майдан волі, 1, Тернопіль, 46001

ЗАМІНА РОДЗИНОК НА ВОДНУ ВИТЯЖКУ СУШЕНІ У ПОЖИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN

У статті представлені результати експериментального вивчення можливості заміни родзинок на водну витяжку сушені у поживних середовищах для розведення *Drosophila melanogaster* Meigen у лабораторних умовах. Встановлено, що новорозроблений рецепт поживного середовища проявляє позитивний вплив на розвиток дрозофіли, а саме: сприяє підвищенню її чисельності у лінії *Normal* на 16,7% ($P < 0,999$), лінії *vestigial* на 26,3% ($P < 0,95$). Підтверджена можливість застосування його у генетичному аналізі під час вивчення аутосомного успадкування прямого ($\chi^2 = 0,88$) та оберненого ($\chi^2 = 3,42$) реципрокних схрещувань, з достовірною вірогідністю, відповідно: $P > 0,2$ і $P > 0,05$.

Ключові слова: Drosophila melanogaster, розведення дрозофіли, поживне середовище

Drosophila melanogaster займає центральне місце в генетичних дослідженнях, вона була і залишається головним модельним об'єктом в експериментальній біології. Для розробки деяких біологічних питань дрозофіла вперше була використана в лабораторних дослідах Карпентером на початку минулого століття. Протягом наступних років ряд авторів (Т. Морган, А. Стертевант, К. Бріджеса, Г. Меллер, Ф. Добжанський, М. Кольцовим, С. Четвериков, М. Дубінін, Ю. Керкіс, З. Нікора, Р. Берг) інтенсивно вивчали на ній вплив родинних схрещувань та заклали основи уявлень генетики про природу гена, генетичного зчеплення, сегрегації хромосом при мітозі і мейозі, механізмів мутагенезу і рекомбінації, генетичної нестабільності та мікроеволюційних процесів в популяціях [1, 5, 6, 8].

Для розведення *Dr. melanogaster* в лабораторних умовах необхідною умовою є приготування поживного середовища, головними компонентами якого виступають цукор і дріжджі. Цукор вносять у середовище у вигляді сахарози, родзинок, патоки або сусла. Він є тим субстратом, на якому розвиваються дріжджі, які, у свою чергу, служать основною їжею дрозофіли [4].

Враховуючи те, що на сьогоднішній час закупівля родзинок є дорогою, а *Dr. melanogaster* активно використовується не лише у дослідницьких лабораторіях, а й на лабораторно-практичних заняттях з курсу вивчення генетики, як у вищих навчальних закладах, так і у школах з біологічним напрямом, то актуальним постає питання заміни їх більш доступним та економічно вигідним продуктом. Одним із таких фруктів є яблука, дерева яких зустрічаються по всій території України. У зв'язку з тим, що на зимовий період яблука заготовлюються у вигляді сушені, ще більше підкреслює пріоритетність використання їх для поживного середовища на протязі року.

Матеріал і методи досліджень

Для розведення мух обрано рецепт базового (дріжджового) поживного середовища, який готувався за загальною методикою [3]. Утримання дослідних мух передбачало заміну родзинок водною витяжкою сушені. Введення сушені передбачало її варіння у 200 мл води протягом 30 хв. Зварений узвар настоювався, перетирався і віджимався за допомогою марлі. Об'єм отриманої водної витяжки сушені вносився у 300 мл поживного середовища після закипання дріжджів. Готові середовища охолоджували і розливали у простерилізовані дрозофільні пробірки. Перед розміщенням мух поверхню поживного середовища покривали шаром сухих дріжджів.

Для узгодження позитивного впливу водної витяжки сушені на розвиток дрозофіли, на кафедрі ботаніки та зоології Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка у 2016 році було поставлене наукове дослідження з вивчення чисельності нащадків *Drosophila melanogaster* із залученням ліній *Normal (N)* та *vestigial (vg)*.

У кожному пробірці поміщалося по 3 самки і 4 самці відповідних ліній. З появою перших лялечок на стінках пробірки батьки вилучалися. Підрахунок нащадків проводили на 14-й день після початку експерименту. Статистичну обробку здійснювали загальноприйнятою методикою [7].

Для перевірки можливості використання під час генетичного аналізу у поживному середовищі водної витяжки сушені було проведено генетичне схрещування, з метою з'ясування узгодження отриманих результатів з теоретично очікуваними відповідно до закону розщеплення за монгібридного схрещування. Експериментальна робота включала схрещування самців і самок *Dr. melanogaster*, які відрізнялися за однією парою альтернативних аутосомних ознак, а саме ліній: *N* і *vg*. Дослідження проводилося реципрокними схрещуваннями. Вірогідність відхилення визначали за допомогою методу χ^2 Пірсона-Фішера [2].

Результати досліджень та їх обговорення

Підрахунок чисельності нащадків ліній *Normal* та *vestigial* поданий у таблиці 1.

Дослідженнями встановлено, що середня кількість мух, отриманих на середовищі з додаванням водної витяжки сушені, перевищувала середню кількість мух, вирощених на контрольному середовищі, а саме: лінія дикого типу *Normal (N)* на 16,7% ($P < 0,999$), лінія *vestigial (vg)* на 26,3% ($P < 0,95$).

Таблиця 1

Середня чисельність нащадків різних ліній *Drosophila melanogaster*, отриманих на піддослідних середовищах, n=5

Середовище	Лінія	Показники				% до контр
		M ± m	σ ± mσ	td	P	
Контроль	N	101,6 ± 13,7	27,4 ± 8,8	7,4	> 0,99	–
	vg	55,0 ± 7,6	15,3 ± 4,9	7,2	> 0,99	–
Сушеня	N	118,6 ± 10,3	20,7 ± 6,6	11,5	< 0,999	+16,7
	vg	69,5 ± 17,4	29,7 ± 10,6	3,9	< 0,95	+26,3

Для проведення генетичного дослідження з використанням піддослідного середовища з водною витяжкою сушені залучалися батьківські особини, які відрізнялися за формою крил. Методика проведення експериментальної роботи від посадки мух до отримання гібридів другого покоління відповідає загальноприйнятим методикам [3].

У попередньо заготовлені пробірки, з піддослідним поживним середовищем, відповідно до прямого реципрокного схрещування (♀ N × ♂ vg) поміщали 3 самки і 4 самці. По закінченню 2-го тижня експерименту проводився аналіз та підрахунок гібридів першого покоління, а також відбір самок і самців на посадку у свіже поживне середовище для одержання гібридів другого покоління, які підраховувались на 14-ту добу Отримані результати гібридних нащадків представлені в таблиці 2.

Таблиця 2

Результати кількісного аналізу прямого (♀ N × ♂ vg) успадкування форми крила у *Dr. melanogaster*

Схема схрещування	Аналіз нащадків						
	всього	♀	♂	Нормальні крила		Редуковані крила	
				♀	♂	♀	♂
Аналіз нащадків F ₁ :	187	103	84	103	84	–	–
Аналіз нащадків F ₂	216	109	107	87	81	24	24

Аналізуючи гібриди першого покоління (F₁) прямого схрещення, нами було встановлено, що всі 187 нащадків одноманітні з крилами нормальної довжини. Необхідно зазначити, що кількість самок і самців приблизно однакова (103 і 84). Підрахунок гібридних мух другого покоління (F₂) показав, що серед 216 нащадків було виявлено, як з нормальними (168 мух), так і редукованими (48 мух) крилами, а співвідношення самок до самців склало 109 до 107.

Використовуючи метод варіаційної статистики, розраховано, що $\chi^2 = 0,88$, $\nu = 1$. Отриману величину χ^2 з урахуванням ступеня вільності порівнювали зі стандартним значенням таблиці Фішера [7]. Встановлено, що відхилення одержаних даних від теоретично розрахованих випадкове і незначне (P > 0,2), тому результати дослідження достовірні і відповідають II закону Менделя.

Аналіз гібридних нащадків оберненого схрещування (♀ vg × ♂ N) проводили аналогічним чином. Результати дослідження подані у таблиці 3.

Таблиця 3

Результати кількісного аналізу оберненого (♀ vg × ♂ N) успадкування форми крила у *Dr. melanogaster*

Схема схрещування	Аналіз нащадків						
	всього	♀	♂	Нормальні крила		Редуковані крила	
				♀	♂	♀	♂
Аналіз нащадків F ₁	122	63	59	63	59	–	–
Аналіз нащадків F ₂	206	110	96	86	80	24	16

Проаналізувавши гібриди першого покоління (F_1) оберненого схрещування, встановлено, що всі 122 нащадки мають крила нормальної довжини. Кількісне співвідношення підрахованих самок (63) і самців (59) приблизно відповідає співвідношенню 1:1. Аналіз гібридів другого покоління (F_2) підтвердив очікуваний результат, тобто серед отриманих 206 нащадків зустрічалися мухи, як з нормальними (166), так і з редукованими (40) крилами.

За розрахованою величиною $\chi^2 = 3,42$ ($v = 1$) встановили, що відхилення одержаних даних від теоретично розрахованих незначні та результати дослідів достовірні ($P > 0,05$).

Висновки

В результаті проведеного наукового дослідження встановлено, що використання водної витяжки сушені у складі поживного середовища для розведення *Drosophila melanogaster* сприяє підвищенню її чисельності порівняно з контрольним середовищем відповідно: лінія *Normal* на 17 мух ($P < 0,999$) і лінія *vestigial* на 14,5 мух ($P < 0,95$). Генетичним аналізом моногібридного схрещування з'ясована і статистично підтверджена можливість застосування новоствореного середовища під час вивчення аутосомного успадкування, прямого ($\chi^2 = 0,88$) та оберненого ($\chi^2 = 3,42$) схрещувань, з достовірною вірогідністю, відповідно: $P > 0,2$ і $P > 0,05$.

1. Бабков В. В. Московская школа эволюционной генетики / В. В. Бабков. — М.: Наука, 1985. — 216 с.
2. Дегтярова Н. І. Лабораторний і польовий практикум з генетики / Н. І. Дегтярова. — К.: Вища школа. 1973. — С. 72—84.
3. Крижановська М. А. Генетичний аналіз на *Drosophila melanogaster*. Зошит для лабораторних робіт: методичні рекомендації / М. А. Крижановська. — Тернопіль: ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2016. — 41 с.
4. Медведев Н. Н. Практическая генетика / Н. Н. Медведев. — М.: Наука, 1966. — 238 с.
5. Музрукова Е. Б. Т. Х. Морган и генетика. Научная программа школы Т. Х. Моргана в контексте развития биологии XX столетия / Е. Б. Музруков. — М.: Грааль, 2002. — С. 67—69.
6. Ратнер В. А. Количественный признак у дрозофилы: генетические, онтогенетические, цитогенетические и популяционные аспекты / В. А. Ратнер, Л. А. Васильев // Генетика. — 1987. — Т. 23, № 6. — С. 107—108.
7. Рокицкий П. Ф. Введение в статистическую генетику / П. Ф. Рокицкий. — Минск: Изд-во "Высшая школа", 1973. — 447 с.
8. Юрченко Н. Н. История открытий на дрозофиле — этапы развития генетики / Н. Н. Юрченко, А. В. Иванников, И. К. Захаров // Вавиловский журнал генетики и селекции. — 2015. — Т. 19, № 1. — С. 39—49.

М. А. Крыжановская, Е. О. Бигуняк

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка
ДВНЗ «Тернопольский государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского
МОЗ Украины»

ЗАМЕНА ИЗЮМА ВОДНОЙ ВЫТЯЖКОЙ СУШЕНЫХ ЯБЛОК В ПИТАТЕЛЬНОЙ СРЕДЕ *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN

В статье представлены результаты изучения возможности замены изюма водной вытяжкой сушеных яблок в питательной среде для разведения *Drosophila melanogaster* в лабораторных условиях. Установлено, что новоразработанный рецепт питательной среды проявляет положительное влияние на развитие дрозофилы, а именно: способствует повышению ее численности у линии *Normal* на 16,7% ($P < 0,999$), линии *vestigial* на 26,3% ($P < 0,95$). Подтверждена возможность применения его в генетическом анализе при изучении аутосомного наследования прямого ($\chi^2 = 0,88$) и обратного ($\chi^2 = 3,42$) реципрочных скрещиваний с достоверной вероятностью, соответственно: $P > 0,2$ и $P > 0,05$.

Ключевые слова: *Drosophila melanogaster*, разведение дрозофилы, питательная среда

M. A. Kryzhanovska, K. O. Bihunyak

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

I. Horbachevsky Ternopil State Medical University, Ukraine

SUBSTITUTING RAISINS WITH DRIED FRUIT EXTRACT IN NUTRIENT MEDIUM FOR *DROSOPHILA MELANOGASTER* MEIGEN

Drosophila melanogaster is central in genetic research, it has been and remains the model object in experimental biology.

Prerequisite for breeding *Dr. melanogaster* in laboratory conditions is a nutrient medium, the main components of which are sugar and yeast. Sugar is added into the medium in the form of sucrose, raisins, molasses or wort.

Given that today the purchase of raisins is expensive, and *Dr. melanogaster* are widely used not only in research laboratories but also during laboratory and practical classes in genetics at universities and biology-oriented schools, it is necessary to identify more affordable and cost-effective substitutes for raisins. One of these are dried apples, as apple-trees are widely spread in Ukraine. Due to the fact that dried apples are easy to obtain and preserve, they can be used for the nutrient medium preparation all year round.

In order to confirm the positive impact of dried fruit water extraction upon *Drosophila* development a research was conducted in 2016 at the Department of Botany and Zoology of Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University with the aim to establish the number of *Drosophila melanogaster* offspring involving lines *Normal* (*N*) and *vestigial* (*vg*).

Each tube housed 3 females and 4 males from respective lines. The parents were removed with the appearance of the first pupae on the tube walls. Descendants were counted on the 14th day of the experiment. Analysis of the number of *Normal* and the number of *vestigial* lines has demonstrated that the average number of flies obtained in the medium with the addition of dried aqueous extract exceeded the average number of flies reared on control medium, namely line wild type *Normal* (*N*) 16.7% ($P < 0.999$), the line *vestigial* (*vg*) to 26.3% ($P < 0.95$) and more.

To conduct genetic studies using experimental environment parental individuals were involved, which different form of wings. 3 females and 4 males were placed into the prepared tubes with experimental nutrient medium, according to direct reciprocal mating ($\text{♀ } N \times \text{♂ } vg$). Having analysed the first generation hybrids (F_1) direct crossing, we found that all 187 offsprings were uniform with normal-length wings. It should be noted that the number of females and males was approximately equal (103 and 84). Calculation of hybrid second generation flies (F_2) showed that among 216 offsprings there were detected flies with normal wings (168) and reduced ones (48), and the female to male ratio was 109 to 107. It was established that the deviation of the obtained data ($\chi^2 = 0.88$) from the theoretically calculated ones was random and insignificant ($P > 0.2$), therefore the research results are credible and meet the second law of Mendel.

Analysis of the hybrid offspring from inverse mating ($\text{♀ } vg \times \text{♂ } N$) was performed in the same way. Having analysed the first generation hybrids (F_1) reverse crossing, we found out that all 122 offsprings had normal length wings. The proportion of females counted (63) and male (59) roughly corresponds to the ratio of 1:1. The analysis of second generation hybrids (F_2) confirmed the expected result, among 206 offsprings received there were flies with normal wings (166) and with reduced wings (40). Based upon the calculated value of $\chi^2 = 3.42$ it was found out that deviation of the data obtained experimentally from the theoretically calculated ones are insignificant and the test results are reliable ($P > 0.05$).

Key words: Drosophila melanogaster, breeding of Drosophila, the nutrient medium

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 07.02.2017

УДК 575.17:595.14

І. О. ПЕРШКО

Житомирський державний університет імені Івана Франка
вул. В. Бердичівська, 40, Житомир, 10008

ГЕНЕТИЧНА СТРУКТУРА РОДУ *MICROCOLPIA* (MOLLUSCA: GASTROPODA: MELANOPSIDAE)

Здійснено дослідження генетичної структури популяцій трьох видів роду *Microcolpia*, що сумісно проживають в одному біотопі. Встановлено відсутність фіксованих генних відмінностей та достовірних відмінностей у частотах між цими вибірками. Виявлено повну відповідність очікуваного та наявного розподілу генотипів поліморфного локусу у сумісній виборці трьох видів роду *Microcolpia*.

Ключові слова: рід *Microcolpia*, генетична структура роду *Microcolpia*

У наш час важливого значення набувають генетичні методи систематичного аналізу. Це пов'язано з об'єктивністю результатів генетичних досліджень, які дозволяють, спираючись на фіксації альтернативних алельних станів, робити однозначні висновки про еволюційно-генетичну дискретність групи особин.

Саме тому все більшого значення у практиці систематичних досліджень набуває біологічна концепція виду, що трактує вид як генетичну перервність, яка виникає тільки у процесі історичного розвитку і протягом історично значущого періоду часу.

Застосування генетичних методів є особливо актуальним у групах із традиційно суперечливою систематикою, коли дослідники схильні по-різному трактувати статус одних і тих же форм. У таких випадках фіксація альтернативних алелей у різних груп особин дає однозначно позитивну відповідь на наявність репродуктивної ізоляції. Остання виглядає особливо переконливо у випадку симпатричного (симбіотопічного) існування видів.

Однак, на практиці значимість морфологічних ознак як критеріїв виділення виду в еволюційній концепції не втратила свого значення, а доповнилась аналізом ознак на молекулярно-генетичному рівні організації, прояви яких не залежать від середовища існування та онтогенетичної стадії, а індивідуальна мінливість на цьому рівні строго регламентується законами спадковості. Варто наголосити на тому, що на практиці систематика більшості груп тварин була, є і буде типологічною, оскільки впровадження генетичних методів, з огляду на їх трудомісткість, доцільно здійснювати тільки у дослідженнях модельних груп, систематика яких викликає особливий інтерес. В останньому випадку саме результати генетичного аналізу виступають критерієм істини. В останні десятиліття саме генетичні дослідження дозволили встановити систематичну структуру багатьох груп моллюсків [1-5].

Саме з метою уточнення систематичної структури роду *Microcolpia*, підтвердження або заперечення результатів конхіологічних та каріологічних досліджень [6-7], нами здійснено біохімічне генне маркування представників даної групи моллюсків.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом для цієї роботи слугували вибірки популяцій *M. ucrainica*, *M. canaliculata*, *M. potamoctebia*, що сумісно проживають, зібраних у смт Вилкове (Одеська обл.). Електрофоретичному аналізу було піддано по 20 екз. кожного виду. Досліджено наступні ферменти: малатдегідрогеназу, аспартатамінотрансферазу, неспецифічні естерази, а також структурні білки м'язів. Електрофоретичний аналіз здійснювався у 7,5% поліакриламідному гелі і неперервній системі буферів.

Всього ідентифіковано 4 локуси неспецифічних естераз, по одному локусу малатдегідрогенази (*sMdh*) і аспартатамінотрансферази (*sAat*) та 4-5 локусів структурних білків м'язів. Електрофоретичне розділення проведено в поліакриламідному гелі в трис-ЕДТА-боратному буфері. Умови електрофоретичного розділення і забарвлення ферментів стандартні.

Результати досліджень та їх обговорення

Рід *Microcolpia* у фауні України згідно запропонованої Я. І. Старобогатовим класифікації, що ґрунтується на компараторному методі, представлений трьома видами – *M. ucrainica*, *M. canaliculata*, *M. potamoctebia* [8]. Натомість, здійснені комплексний каріологічний та конхіологічний аналіз не виявив суттєвих відмінностей у будові черепашки та особливостях каріотипу між представниками цих видів, які б однозначно дозволили стверджувати про їх валідність [6-7].

У результаті електрофоретичного аналізу досліджуваних ферментів було встановлено, що всі локуси, за винятком *sMdh*, є інваріантними. У тому числі надзвичайно мінливими і, як правило, такими, що мають високу видоспецифічність, були локуси, що кодують неспецифічні естерази (рис. 1).

Поліморфним виявився тільки той локус (*sMdh*), який кодує розчинну форму малатдегідрогенази. Він представлений у вибірці двома алелями, частота яких не відрізнялась у досліджуваних видів (табл. 1).

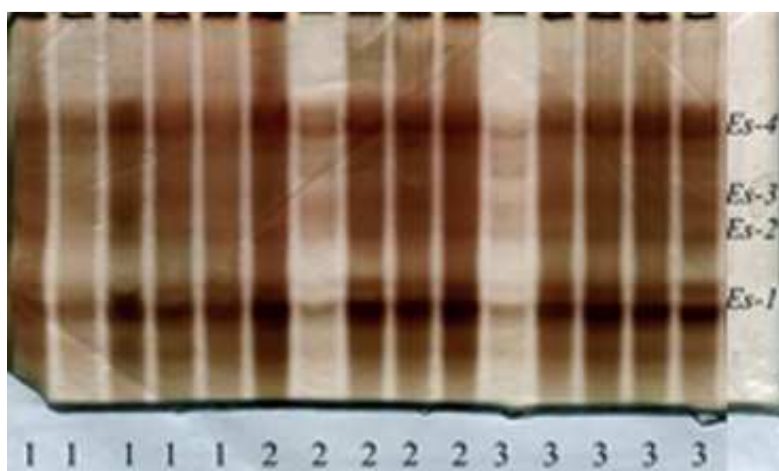


Рис. 1. Інваріантність електрофоретичних спектрів неспецифічних естераз м'язів трьох видів молюсків роду *Microcolpia*: 1 – *M. ucrainica*, 2 – *M. canaliculata*, 3 – *M. potamoctebia*, *Es-1*, *Es-2*, *Es-3*, *Es-4* - відповідні локуси.

Таблиця 1

Частоти алеля з низькою електрофоретичною рухливістю *sMdh^S* у видів роду *Microcolpia*

<i>M. ucrainica</i>	<i>M. canaliculata</i>	<i>M. potamoctebia</i>
0,825 ± 0,08	0,825 ± 0,08	0,925 ± 0,08

Проведений тест на відповідність розподілу генотипів локусу *sMdh* моделі панміксної популяції показує, що розподіл генотипів у змішаній вибірці відповідає очікуваному розподілу (табл. 2). Про це свідчить дуже низьке значення критерію χ^2 . Такий результат можна отримати у двох випадках: у ситуації вільних схрещувань між трьома передбачуваними видами, що у практиці популяційно-генетичних досліджень дотепер не було відомо, або у випадку єдиної панміксної популяції, особини якої схрещуються один із одним без обмежень.

Таблиця 2

Розподіл генотипів локусів *sMdh* у змішаній вибірці видів роду *Microcolpia*

<i>sMdh^{S/S}</i>	<i>sMdh^{S/F}</i>	<i>sMdh^{F/F}</i>	χ^2
58 (57)	19 (21)	3 (1,95)	0,79

Примітка: напівжирним шрифтом позначено розподіл, що спостерігається, у дужках – розподіл, що очікується.

Висновки

Отже, дослідження генетичної структури популяцій видів роду *Microcolpia*, що проживають сумісно, показало відсутність фіксованих генних відмінностей, а також достовірних відмінностей у частотах між цими вибірками. Встановлено повну відповідність очікуваного та наявного розподілу генотипів поліморфного локусу у сумісній вибірці трьох видів, зібраних із одного і того ж біотопу. Це дає підстави вважати, що три передбачувані види є морфологічними формами одного і того ж виду. У перспективі, для підтвердження цієї гіпотези необхідними вбачаємо здійснення генетичних досліджень різних популяцій *Microcolpia*.

1. *Гарбар О. В.* Генетическая структура популяций и морфологическая изменчивость *Limax maximus* (Linnaeus, 1758) (Pulmonata, Limacidae) Правобережной Украины / О. В. Гарбар, Т. М. Чернишова, Д. А. Гарбар // *Ruthenica*. — 2011. — Том 21, № 1. — С. 1—8.
2. *Гарбар О. В.* Алозимна та морфологічна мінливість видів роду *Fagotia Bourguignat, 1884* (Gastropoda, Pectinibranchia, Melanopsidae) / О. В. Гарбар, Н. М. Стельмащук, Д. А. Гарбар // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка*. — 2012. — Том 51, № 2. — С. 66—70.
3. *Межжерин С. В.* Механизмы стабилизации гибридных зон у пресноводных моллюсков: тестирование гипотез путем моделирования экологической ниши (Gastropoda, Pulmonata) / [С. В. Межжерин, В. М. Титар, Д. А. Гарбар та ін.] // *Доповіді національної академії наук України*. — 2010. — № 12. — С. 144—149.
4. *Межжерин С. В.* Генетическая изменчивость и филогеография двух видов пресноводных легочных моллюсков (Gastropoda, Pulmonata) фауны Украины / [С. В. Межжерин, А. В. Гарбар, Д. А. Гарбар та ін.] // *Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів*. — 2008. — Т. 6, № 1. — С. 82—87.
5. *Кадлубовська, Н. С., Гарбар, О. В.* (2016) *Видовий склад комплексу Arion Subfuscus (Gastropoda, Arionidae) в Україні*. Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія (40). pp. 55—59.
6. *Першко І. О.* Особливості каріології представників родів *Fagotia* і *Microcolpia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Melanopsidae) фауни України / Першко І.О. // *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*. — 2011. — Вип. 54. — С. 33—44.
7. *Першко І. О.* Систематична структура родини *Melanopsidae* (Mollusca: Gastropoda: Pectinibranchia) з урахуванням конхіологічних, анатомічних та каріологічних ознак / Першко І.О. // *Вісник Тернопільського пед. університету. Серія Біологія*. — 2011. — Вип. 3 (48). — С. 31—38.
8. *Старобогатов Я. И.* *Fagotia* и *Microcolpia* (Gastropoda, Pectinibranchia, Melanopsidae) и их представители в современной фауне / Старобогатов Я. И., Алексенко Т. Л., Левина О. В. // *Бюл. МОИП. Отд. биол.* 1992. Т. 97, № 3. С. 57—72.

И. А. Першко

Житомирский государственный университет имени Ивана Франко

ГЕНЕТИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА РОДА *MICROCOLPIA* (MOLLUSCA: GASTROPODA: MELANOPSIDAE)

Осуществлено исследование генетической структуры популяций совместно проживающих в одном биотопе трех видов рода *Microcolpia*. Установлено отсутствие фиксированных генных отличий и достоверных отличий в частотах между данными выборками. Выявлено полное соответствие ожидаемого и имеющегося распределения генотипов полиморфного локусу в совместимой выборке трех видов рода *Microcolpia*.

Ключевые слова: род *Microcolpia*, генетическая структура рода *Microcolpia*

I. Pershko

Zhytomyr Ivan Franko State University, Ukraine

THE GENETIC STRUCTURE OF *MICROCOLPIA* GENUS (MOLLUSCA: GASTROPODA: MELANOPSIDAE)

Nowadays the genetic methods of the systematic analysis get a great importance. It is connected with the objectivity of the results of genetic researches, which allow, relying on fixation of alternative allelic conditions, to draw definite conclusions about an evolutionary-genetic discretion of the group of individuals.

It is therefore increasingly important in the practice of the systematic researches acquires the biological species concept, which treats the species as a genetic discontinuity, which appear only in the process of historical development and for a historically significant period of time.

The application of the genetic methods is particularly important in groups, with traditionally contradictory systematics, when the researchers are inclined to interpret the status of the same forms in different ways. In such cases, the fixation of the alternative alleles in the different groups of individuals definitely gives a positive response to the availability of reproductive isolation. The last looks especially convincing in the case of simpatrical (simbiotopical) of the existence of the species.

However in practice the importance of morphological characteristics as the criteria for identifying species in evolutionary concept did not lost its importance, but supplemented with an analysis of the signs at the molecular genetics level of the organizations, the manifestations of which does not depend on habitat and ontogenetic stages and individual variability at this level is strictly governed by the laws of heredity. It should be emphasized that in practice the taxonomy of the most groups of animals was, is and will be typological, inasmuch as the introduction of genetic methods, because of their complexity, it is advisable to realize only in researches of model groups, taxonomy of which is particular interesting. Exactly the results of genetic analysis are the criterion of truth in the last case. In the recent decades, namely genetic researchers allowed to establish the systematic structure of many groups of the mollusks.

We realized biochemical genetic marking of the representatives of the available group of molluscs exactly for making more precise the systematic structure of the *Microcolpia* genus, confirmation or denial of the results of the conchological and kariological researches.

The selections of the mollusks *M. ucrainica*, *M. canaliculata*, *M. potamoctebia*., which live together and was gathered in the village Vylkove (Odessa region) were as the material for this work. The 20 copies of each species were studied by electrophoretic analysis. Was researched the next ferments: malate dehydrogenase, aspartate aminotransferase, nonspecific esterases and structural proteins of muscles. Electrophoretic analysis was carried out in 7.5% poliakrylamidnome gels and continuous system of the buffers.

The 4 loci of the nonspecific esterase, one locus of the malate dehydrogenase (*sMdh*) and the aspartate aminotransferase (*sAat*) and 4-5 loci of the structural muscle proteins were totally identified. Electrophoretic separation was carried out in poliakrylamidnome gels in tris-EDTA buffer. Conditions of the electrophoretic separation and coloring of the ferments are typical.

As a result of electrophoretic analysis of the researched ferments was found that all loci, except for *sMdh*, are invariant. Including extremely changing and as usually those that are highly species-specific, were the loci that are encoding of the nonspecific esterases.

Only one locus (*sMdh*), which encodes a soluble form malate dehydrogenase was polymorphic. It is represented in the selections with two alleles, the frequency of which did not differ in the researched species.

The conducted test for conformity of the distribution of the genotypes of the locus *sMdh* population panmixia model, indicates that the distribution of genotypes in mixed selection corresponds to the expected distribution. This is evidenced by the very low value of the χ^2 criterion. This result can be obtained in two cases: in a situation of free interbreeding between the three predictable species, which in the practice of population-genetic researches are still not known, or in the case of a single population panmixia, individuals of which interbreed with each other without restrictions.

Consequently researching of the genetic structure of species of the *Microcolpia* genus, which live together, was revealed the absence of the fixed genetic differences and reliable differences in the frequencies between the given selections. The full conformity with existing and anticipated distribution of genotypes of polymorphic loci in a joint selection of three species which was gathered in a biotope was established. This gives the reason to believe that the three predictable species are the morphological forms of the same species. To confirm this hypothesis in the future are necessary to see the actualization of the genetic studies of different populations *Microcolpia*.

Key words: the Microcolpia genus, the genetic structure of Microcolpia genus

ГІДРОБІОЛОГІЯ

УДК 574.58:574.57

С. Є. ДЯТЛОВ, О. В. КОШЕЛЕВ, С. О. ЗАПОРОЖЕЦЬ

Інститут морської біології НАН України
вул. Пушкінська, 37, Одеса, 65011

ДОННІ ВІДКЛАДЕННЯ ПІВДЕННОЇ ЧАСТИНИ ХАДЖИБЕЙСЬКОГО ЛИМАНУ В УМОВАХ ХРОНІЧНОГО ЗАБРУДНЕННЯ

У статті наводяться дані щодо забруднення донних відкладень південної частини Хаджибейського лиману важкими металами, що ранжовані на класи якості відповідно до Водної рамкової директиви ЄС. За даними хімічного аналізу і біотестування водних екстрактів донних відкладень, з використанням як тест-об'єкту молоді *Tamnocephalus platyurus* Packard, було встановлено, що донні відкладення у зоні впливу стічних вод СБО «Північна» відповідає класу 3 «задовільно». Класу 5 «дуже погано» були віднесені донні відкладення, що були відібрані у районі с. Холодна Балка, куди надходять зливові і талі води з великої водозбірної площі.

Ключові слова: Хаджибейський лиман, донні відкладення, важкі метали, біотестування

Хаджибейський лиман утворився шляхом затоплення долини річки Малий Куяльник під час трансгресії моря у голоцені [3]. В останні роки, незважаючи на кліматичні зміни, рівень води у лимані не понизився через регулярний скид стічних вод зі станції біологічної очистки м. Одеси (СБО «Північна») обсягом 150 тис. м³ на добу. Крім того, стічні води СБО «Північна» є основним береговими антропогенним джерелом забруднення вод Одеського морського регіону та Хаджибейського лиману [4]. Між тим Хаджибейський лиман використовується в цілях рибного господарства та рекреації.

Донні відкладення традиційно використовуються як індикатори інтенсивності та масштабів техногенного забруднення водних екосистем, бо є найбільш забрудненим компонентом водних екосистем, саме вони акумулюють всі види забруднюючих речовин, що надходять з річним стоком чи атмосферними опадами.

У список А (перелік забруднюючих речовин, що нормуються при скиданні стічних вод) Постанови Кабінету Міністрів України № 1100, з метою забезпечення екологічної безпеки водних екосистем, входить показник «рівень токсичності води», який визначається біотестуванням [2]. Біотестування є обов'язковим інструментом при проведенні оцінки токсичності донних відкладень, які інтегрально характеризують інтенсивність та масштаби техногенного забруднення водних екосистем.

Матеріал і методи досліджень

Донні відкладення у південній частині Хаджибейського лиману відбирали 2016 р. за допомогою дночерпака об'ємом 0,025 м³ ручним способом з борта човна. Вимірювання валового вмісту важких металів у пробах донних відкладень визначали атомно-абсорбційним методом.

Індекс забруднення донних відкладень визначали як суму часток Target value (TV_i) [7] кожного металу на кожній станції:

$$IP_{bs} = \frac{C_i}{TV_i}, \text{ де}$$

IP_{bs} – індекс забруднення донних відкладень; C_i – концентрація кожного з 9 важких металів, відповідно до європейських критеріїв якості донних відкладень TV_i : As (29), Cd (0,8), Hg (0,3), Pb (85), Zn (140), Cu (36), Ni (35), Co (9), Cr (100) $\text{мкг}\cdot\text{г}^{-1}$ [7]. IP_{bs} ранжували на п'ять класів згідно з Водною рамковою директивою ЄС, та відповідним кольоровим позначенням [1].

Біотестування водних розчинів донних відкладень Хаджибейського лиману проводили з використанням молоді зяброногого рачка *Tamnocephalus platyurus* Packard (Crustacea, Anostraca); ця методика затверджена як міжнародний стандарт [6]. Водні екстракти донних відкладень готували згідно з методикою [5].

Карти просторового розподілу класів забруднень донних відкладень та результатів біотестування побудовані за допомогою програми Map-Info.

Результати досліджень та їх обговорення

Дані про вміст важких металів та значення IP_{bs} для кожної станції наведено у таблиці.

Таблиця

Вміст важких металів ($\text{мкг}\cdot\text{г}^{-1}$ сухої речовини) у донних відкладеннях Хаджибейського лиману та IP_{bs} для кожної станції.

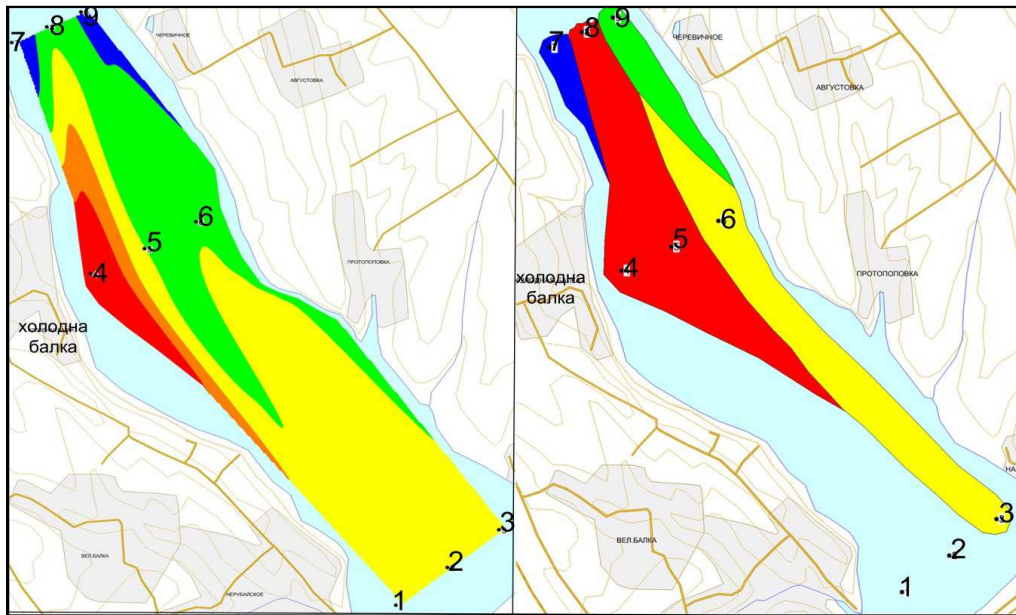
№ станції	Важкі метали									IPbs
	As	Cd	Hg	Pb	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	
1	1,62	0,07	0,02	0,09	32,08	8,54	0,90	1,36	2,86	0,89
2	1,42	0,06	0,02	0,08	29,41	7,97	0,82	1,40	2,68	0,83
3	1,51	0,06	0,02	0,09	30,78	8,13	0,86	1,43	2,77	0,84
4	1,08	0,06	0,06	0,41	32,92	15,9	0,94	3,05	6,01	1,43
5	1,29	0,06	0,04	2,01	7,68	8,46	0,90	1,47	2,61	0,77
6	1,35	0,01	0,05	1,43	11,40	9,96	1,02	1,01	1,63	0,78
7	1,63	0,01	0,02	0,17	3,74	3,22	0,93	0,75	0,91	0,39
8	1,61	0,01	0,01	2,26	17,66	10,69	1,08	1,29	2,55	0,75
9	1,33	0,03	0,02	0,56	17,00	5,99	0,96	0,97	1,41	0,54
Target value	29	0,8	0,3	85	140	36	35	9	100	–

З дев'яти металів, найбільш суттєвим було забруднення міддю, препаратами якої обробляють численні виноградні плантації на водозбірній площі лиману. Так, у районі с. Холодна Балка вміст цього металу у донних відкладеннях дорівнювало $15,9 \text{ мкг}\cdot\text{г}^{-1}$ с.р. (44,17 % від TV). Вміст найбільш небезпечного металу, а саме ртуті коливався $0,01$ до $0,05 \text{ мкг}\cdot\text{г}^{-1}$ с.р., причому максимальні значення зареєстровані також на станціях відбору проб на траверзі с. Холодна Балка.

Сукупна формалізована якість донних відкладень південної частини Хаджибейського лиману згідно до вимог Водної рамкової директиви ЄС представлена на рисунку.

Механізм формування якості водного середовища за токсикометричними показниками є результатом сукупності природних процесів, обміну речовин на рівні біологічної складової водних об'єктів з одного боку, та потоками забруднюючих речовин з водозбору, з другого боку, що визначає ксенобіотичний профіль середовища. Результати токсикометричного дослідження по визначенню якості донних відкладень південної частини Хаджибейського лиману з використанням наупліальних стадій *T. platyurus* показали наявність гострої летальної токсичності, що свідчить про значне хімічне забруднення цієї акваторії лиману (рисунок), причому накопичення забруднюючих речовин у донних відкладеннях, що здатні чинити гостру токсичну дію зосереджено в районі с. Холодна Балка на станціях з найбільшою глибиною (13–

14 м), що пов'язано, перед усім, з алохтонним надходженням хімічних речовин з площі водозбору та з південної частини лиману внаслідок скиду стічних вод СБО “Північна”.



Розподіл забруднення донних відкладень важкими металами за показником TV

Токсикологічна якість донних відкладень за результатами біотестування

Рисунок. Узагальнення токсикометричних характеристик якості донних відкладень південної частини Хаджибейського лиману відповідно до вимог Водної рамкової директиви

Для поліпшення екологічного стану Хаджибейського лиману необхідно негайно прийняти комплекс заходів (інженерно-технічних, технологічних, економічних, нормативно-правових), направлених як на скорочення негативного впливу стічних вод, так і на екологічну реабілітацію лиману, здатних в перспективі нейтралізувати наслідки антропогенної трансформації водозабірної площі лиману та її техногенної токсифікації.

Висновки

1. Внаслідок скидання стічних вод СБО “Північна” у м. Одеса до екосистеми Хаджибейського лиману надійшла достатня кількість забруднюючих речовин, що акумулювалась у донних відкладеннях саме в південній частині лиману яка здатна чинити гостру токсичну дію.
2. Згідно з даними хімічного аналізу і біотестування водних екстрактів донних відкладень південної частини Хаджибейського лиману, що були ранжовані згідно з вимогами ЄС, встановлено, що зона впливу стічних вод СБО “Північна” відповідає класу 3 («задовільно»).
3. До класу 5 («дуже погано») були віднесені донні відкладення, які відбиралися в районі с. Холодна Балка, куди надходять зливові і талі води з великої водозбірної площі.

1. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС: основні терміни та їх визначення. — Київ, 2006. — 244 с.
2. Постанова КМУ № 1100 від 11.09.1996 р. “Про порядок розроблення і затвердження нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин та перелік забруднюючих речовин, скидання яких нормується”.
3. Розенгурт М. Ш. Гидрология и перспективы реконструкции Одесских лиманов / М. Ш. Розенгурт. — Киев: Наук. думка, 1974. — 224 с.

4. Сапко О. Ю. Тенденции в изменении антропогенной нагрузки на прибрежные воды Одесского района северо-западной части Черного моря / О. Ю. Сапко, Ю. С. Тучковенко // Вісн. Одеського держ. екологічного ун-ту. — 2010. — № 9. — С. 173—177.
5. Щербань Э. П. Методика получения водных вытяжек из донных отложений для их биотестирования [Э. П. Щербань, О. М. Арсан, Т. Н. Шаповал и др.] // Гидробиол. журн. — 1994. — Т. 30, № 4. — С. 100—111.
6. ISO 14380-2011. Water quality — Determination of the acute toxicity to *Thamnocephalus platyurus* (Crustacea, Anostraca). — First Edition. — 2011. — P. 28.
7. Warner H. Water pollution control in Netherland: Policy and Practice / H. Warner, R. van Dokkum. — Lelystad, 2002. — 76 p.

С. Е. Дятлов, А. В. Кошелев, С. А. Запорожец

Інститут морської біології НАН України

ДОННЫЕ ОТЛОЖЕНИЯ ЮЖНОЙ ЧАСТИ ХАДЖИБЕЙСКОГО ЛИМАНА В УСЛОВИЯХ ХРОНИЧЕСКОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

В статье приводятся сведения о химическом загрязнении южной части Хаджибейского лимана тяжелыми металлами (As, Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr), ранжированных на классы качества согласно Водной рамочной директиве ЕС. По данным химического анализа и биотестирования водных экстрактов донных отложений, с использованием в качестве тест-объекта молодежи *Thamnocephalus platyurus* Packard, было установлено, донные отложения в зоне влияния сточных вод СБО «Северная» соответствует классу 3 «удовлетворительно». Классу 5 «очень плохо» были отнесены донные отложения, отобранные в районе с. Холодная Балка, куда поступают ливневые и талые воды с большой водосборной площади, о чем свидетельствует наличие острой токсичности. Токсикологический статус донных отложений южной части Хаджибейского лимана формируется за счет недостаточно очищенных сточных вод г. Одессы и аллохтонными потоками загрязняющих веществ со всей водозаборной площади.

Ключевые слова: Хаджибейский лиман, донные отложения, тяжелые металлы, биотестирование

S. Ye. Dyatlov, A. V. Koshelev, S. A. Zaporozhets

Institute of Marine of Biology of NAS of Ukraine

BOTTOM SEDIMENTS OF SOUTHERN PART OF KHADZHYBEI ESTUARY IN TERMS OF CHRONIC ANTHROPOGENIC POLLUTION

The article focuses on the study of Khadzhybei Estuary as subject to pollution with heavy metals (As, Cd, Hg, Pb, Zn, Cu, Ni, Co, Cr) ranked according to quality classes of the EU Water Framework Directive.

Khadzhybei Estuary is used for fisheries and recreation. The major source of coastal pollution is the wastewater from the treatment plant “North” (TP “North”) which is insufficiently purified. As a result of wastewater discharge, the ecosystem of Khadzhybei Estuary received a great number of pollutants, especially heavy metals accumulated in the sediments in the southern part of the estuary and having toxic effects.

The most significant is the contamination by copper salts due to the fact that copper-based products were used on the vineyards in the territory of the estuary. In the area of Kholodna Balka village the content of copper in sediments constituted $15.9 \text{ mg} \cdot \text{g}^{-1}$ of dry mass (44.17 % from Target value). The content of mercury, the most toxic metal, ranged from 0.01 to 0.05 g^{-1} of dry mass with maximum values registered on the sampling stations of Kholodna Balka village. The toxicity test method in the south of Khadzhybei Estuary using cysts of *T. platyurus* showed the presence of lethal toxicity, which points to the significant chemical pollution of the waters of the estuary. The accumulation of pollutants in sediments concentrated in the area of Kholodna Balka village at the stations with the greatest depth (13–14 m) is primarily due to allochthonous intake of chemicals from the catchment area and the southern part of the estuary as a result of wastewater discharge from the treatment plant “North”.

The chemical analysis and bioassay of water extracts of bottom sediments using juvenile branchiopod crustacean *Tamnocephalus platyurus* Packard as a test object revealed that the effect of wastewater from water treatment plant “North” corresponds to the quality class 3, “moderate”. Bottom sediments in the area of Kholodna Balka village that receive rain and melt water from a large catchment area correspond to the quality class 5, “very bad”. Bottom sediments of the southern part of Khadzhybei Estuary are assigned with the toxicological status due to insufficiently treated sewage of Odessa and allochthonous flow of pollutants from the whole catchment area.

Key words: Khadzhybei estuary, bottom sediments, heavy metals, bioassay

Рекомендує до друку
В. В. Грубінко

Надійшла 17.01.2017

УДК 581.526.323:574.64(262.5)

О. В. РАЧИНСЬКА

Український науковий центр екології моря
Французький бульвар, 89, Одеса 65009

ВОДОРОСТІ МІКРОФІТОБЕНТОСУ В БІОІНДИКАЦІЇ ЯКОСТІ МОРСЬКОГО ДОВКІЛЛЯ ОДЕСЬКОГО РЕГІОНУ

Представлені результати біоіндикації якості морського довкілля Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році за показниками розвитку мікрофітобентосу. Його формували здебільшого полі- та мезогалобні β -мезосапробні діатомові водорості. Впродовж року умовно-чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – пляж «Аркадія».

Ключові слова: біоіндикація, якість, морське довкілля, Одеське прибережжя, Григоріївський лиман, мікрофітобентос

Природні та антропогенні субстрати є контурними біотопами, на яких мешкають організми обростань. Ці екосистеми відрізняються багатим та різноманітним видовим складом, високою чисельністю та біомасою гідробіонтів. Такі спільноти зазнають інтенсивного зовнішнього, в тому числі й антропогенного, впливу і є важливим об'єктом моніторингу морського середовища [3].

Контурні біотопи та їх біоценози відіграють ключову роль в екології морського довкілля [4]. При його забрудненні стічними водами різного походження на субстратах розвиваються певні види або комплекси видів мікроводоростей [6]. Провідне місце серед них займають діатомеї, які широко представлені в Чорному морі впродовж року, і ціанопрокаріоти, що розвиваються влітку при високій температурі води [9]. В імпактних частинах моря, які зазнають інтенсивного органічного забруднення, чисельність мікроводоростей в 2,0-2,5 рази вища, ніж у відкритих умовно чистих ділянках [10].

Вивчення стану біологічної різноманітності обростань мікроводоростей на твердих донних субстратах у контактній зоні берег-море важливе при комплексній оцінці наслідків антропогенного впливу на екосистеми субліторалі. Біоіндикація якості морського середовища за видовим складом та показниками кількісного розвитку мікроводоростей, зокрема індикаторів чистих і забруднених вод, ефективна для застосування у біомоніторингу [5]. Так, вона дає інтегральну оцінку результатів всіх природних та антропогенних процесів, які відбуваються у водному середовищі. Для розвитку мікрофітів у хронічно та значно антропогенно забруднених акваторіях характерні: домінування видів-індикаторів органічного забруднення вод (α -мезосапробіонтів); кількісна перевага планктонних форм мікроводоростей і

зниження кількісних показників мікрофітобентосних видів; наявність морфологічних аномалій у деяких з них. У менш антропогенізованих акваторіях спостерігається домінування видів-індикаторів слабого рівня забруднення вод (β -мезосапробіонтів) і перевага бентосних видів діатомей, що свідчить про помірний рівень трофності вод та сприятливіші екологічні умови для розвитку цих водоростей [1].

Метою дослідження була біоіндикація якості прибережного морського середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу в 2015 році.

Матеріал і методи досліджень

Біоіндикацію якості прибережного морського довкілля за систематичними, кількісними, морфологічними показниками розвитку та за гало- і сапробіонтним складом мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману виконано влітку та восени 2015 року.

Проби водоростей були відібрані на бетонних та гранітних субстратах в умовно-чистому районі Одеської затоки – біля мису Малий Фонтан [7], а також у місцях значного рекреаційного навантаження (пляж «Аркадія»), впливу господарсько-побутових (Дача Ковалевського) та санаторних стоків (район санаторію ім. Чкалова), дренажних вод (пляж «Дельфін»), портових операцій (Нафтогавань) та у Григоріївському лимані в зоні портових робіт поблизу с. Біляри. Було відібрано та оброблено 18 проб за загальноприйнятими методиками [2].

Влітку температура води в досліджуваних районах становила 18-24°C, а її солоність знаходилась у діапазоні 11,55-17,31 ‰. Осінні дані температури та солоності води були 22-24°C та 15,42-15,97 ‰, відповідно. Ці гідрологічні умови сприяли розвитку мікрофітобентосу.

Результати досліджень та їх обговорення

Як і в 2014 році [8], видовий склад мікрофітобентосу формували здебільшого полі- та мезогалобні β -мезосапробні діатомові водорості. Всього влітку було знайдено 89 видів водоростей, восени – 80. Переважали діатомеї – 56 та 42 види. Впродовж року кількість видів ціанопрокаріот зросла в 1,7, а дінофітових та діатомових – скоротилася в 1,3 рази (рис. 1). В літній період з'явилися криптофітові та джгутикові водорості, що були відсутні торік. Порівняно з попереднім роком, влітку вдвічі зросла кількість видів дінофітових водоростей, що може бути пов'язане з гідрологічними умовами та збільшенням в 1,5 рази кількості видів та відсотку представників планктону в мікрофітобентосі.

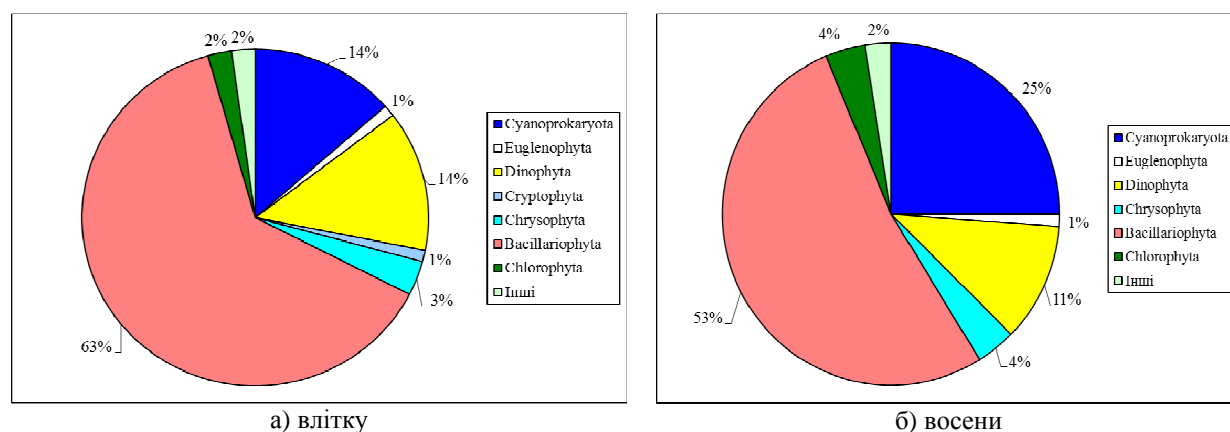


Рис. 1. Таксономічний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

Щодо солоності води знайдені водорості здебільшого були полі- та мезогалолами, що свідчить про солонуватоводно-морський характер досліджених вод. Серед полігалобів (42,3 % влітку та 29,1 % восени) найчисленнішими були *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Achnanthes brevipes* C.Agardh і *A. longipes* C.Agardh. Мезогаломи (26,8 % влітку та 38,2 % восени) були представлені переважно діатомеями *Cylindrotheca closterium* (Ehrenberg) Reimann

& J.C.Lewin і видами роду *Nitzschia*. У видовому складі літнього мікрофітобентосу були широко представлені олігогалоби – галофіли та індіференти, які становили відповідно 18,3 та 12,6 %. Це, здебільшого представники роду *Diatoma*, а також деякі ціанопркаріоти та зелені водорості. На відміну від минулого року, восени кількість полігалобів зменшилась майже вдвічі, а їх відсоток – в 1,5 рази. Галофілів стало менше в 1,6 рази (рис. 2).

Загальна кількість сапробіонтів у складі мікрофітобентосу Одеського регіону істотно не змінилась впродовж року, а порівняно з минулорічною осінню вона дещо зменшилась, в основному, за рахунок β -мезосапробів – показників помірного органічного забруднення води (66,0 % влітку та 62,0 % восени). Це були *A. brevipes* і *A. longipes*. Серед α -мезосапробів (показників значного органічного забруднення, 22,0 % літом і 23,8 % осінню) домінувала *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round.

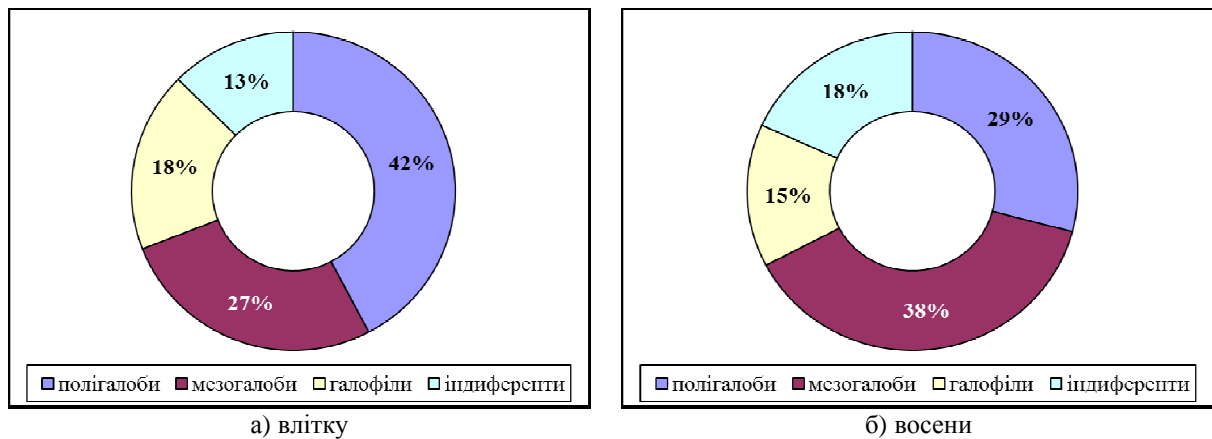


Рис. 2. Галобіонтний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

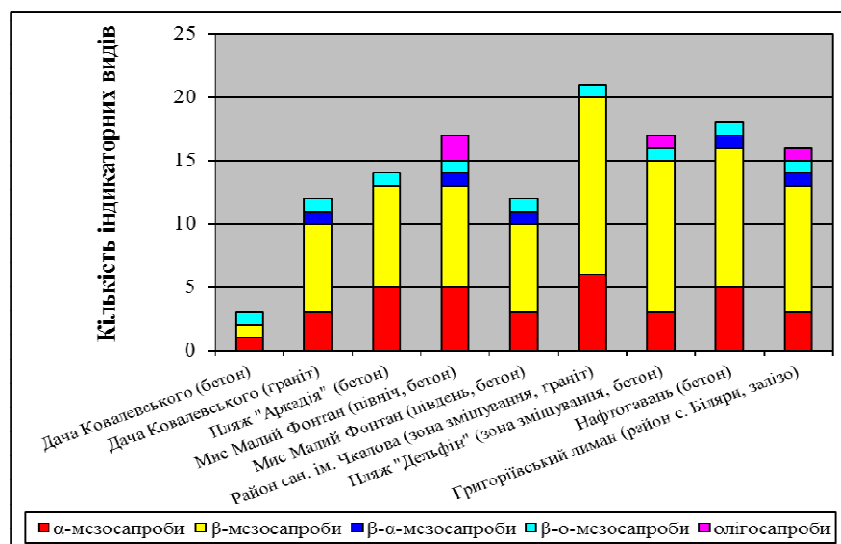
Восени збільшилися частки α - β -мезосапробів та олігосапробів (показників чистих вод) відносно минулорічних показників.

Кількість видів-сапробіонтів на окремих станціях впродовж року зросла в 1,6-3,0 рази, в основному за рахунок β - та α -мезосапробів. Найвища загальна кількість сапробів улітку спостерігалася в районі санаторію ім. Чкалова, восени – в Григоріївському лимані (рис. 3).

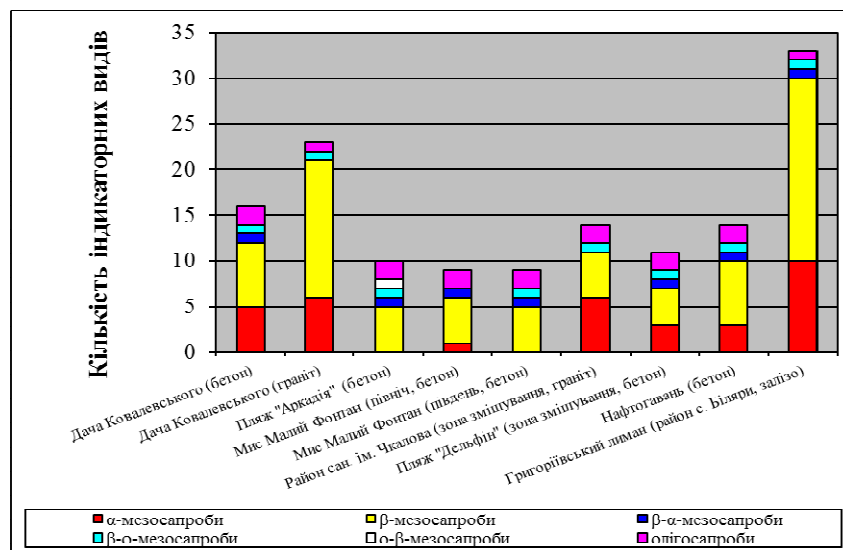
Найменш евтрофікованими осінню були прибережжя двох районів: мису Малий Фонтан та пляжу «Аркадія». Саме тут були відсутні α -мезосапробні види мікрофітів на поверхнях вертикальних берегозахисних бетонних споруд. Також слід підкреслити, що, на відміну від осені 2015 року, у попередньому році α -мезосапроби були притаманні всім мікрофітобентосним спільнотам прибережних акваторій Одеського регіону.

Впродовж року в антропогенно навантаженій акваторії Нафтогавані були знайдені деформовані та виїмчасті клітини діатомей *Nitzschia lanceolata* var. *minor* Van Heurck і *N. lanceolata* var. *lanceolata* W. Smith.

Влітку в районі санаторію ім. Чкалова траплялися зігнуті стулки *T. fasciculata*. Літом 2014 року зігнуті стулки *N. lanceolata* var. *minor* були знайдені тільки в районі Нафтогавані. Восени цього року в районах пляжу «Аркадія» та Дачі Ковалевського відмічені виїмчасті та деформовані клітини *N. lanceolata* var. *minor* і *N. lanceolata* var. *lanceolata*, тоді як восени 2015 року вони тут були відсутні. Порівняно з попереднім роком [8], кількість видів діатомей з морфологічно аномальними клітинами зросла в 1,5 рази, а їх географічне розповсюдження – зменшилось.



а) влітку



б) восени

Рис. 3. Сапробіонтийний склад мікрофітобентосу твердих субстратів Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році

Загальна чисельність бентосних мікроводоростей влітку 2015 року варіювала від 1832,84 до 11915,61 млн. кл./м². Її повсюдно створювали переважно ціанопрокаріоти *Leptolyngbya fragilis* (Gomont) Anagnostidis & Komárek, *Lyngbya confervoides* C.Agardh ex Gomont, *Calothrix scopulorum* C.Agardh ex Bornet & Flahault. Восени з'явилися *Lyngbya aestuarii* Liebman ex Gomont, *Pseudophormidium battersii* (Gomont) Anagnostidis, *Leibleinia gracilis* (Rabenhorst ex Gomont) Anagnostidis & Komárek, тощо. Впродовж року загальна чисельність мікрофітів зростала майже вдвічі і коливалася від 4394,96 до 23338,75 млн. кл./м², здебільшого за рахунок ціанопрокаріот і діатомей. Біомаса мікрофітобентосу влітку становила 49,14-23271,52 мг/м², а восени – 304,33-2928,49 мг/м². (табл. 1).

Чисельність та біомаса мікроводоростей влітку були найменшими в північній частині району мису Малій Фонтан. Чисельність в цей період була найбільшою в районі Нафтогавані, біомаса – в районі санаторію ім. Чкалова. Восени мінімальні чисельність та біомаса зареєстровані в районі Дачі Ковалевського на граніті, максимальна біомаса – в цій же акваторії на бетоні, максимальна чисельність – в районі пляжу «Дельфін».

На більшості досліджених станцій восени зросли кількісні показники розвитку мікрофітобентосу: чисельність – в 1,8-5,8, а біомаса – в 1,5-36,0 рази. Чисельність незначно зменшилася тільки в акваторіях Дачі Ковалевського (на граніті) та пляжу «Дельфін», а біомаса – лише в районах санаторію ім. Чкалова та Нафтогавані.

Таблиця 1

Чисельність (млн. кл/м²) та біомаса (мг/м²) мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману у 2015 році

Відділи водоростей	Чисельність		Біомаса	
	літо	осінь	літо	осінь
Суанoprokaryota	1802,04-11772,35	4268,04-23283,03	18,86-408,57	134,36-2668,97
Dinophyta	0,34-5,75	0,34-3,85	0,84-52,09	0,57-10,54
Cryptophyta	0,93-1,44	-	0,10-0,14	-
Euglenophyta	0,20-3,34	0-0,17	0,17-2,27	0-0,26
Chrysophyta	0,17-6,00	0,17-1,51	0,01-1,24	0,01-8,23
Bacillariophyta	10,03-3921,40	9,20-125,41	9,55-23181,79	6,25-256,12
Chlorophyta	0,17-2,50	0,50-4,20	0,02-0,22	0,02-0,67
Інші	0,17-1,86	0,17-3,34	0,01-7,03	0,10-38,22
Сумарне значення	1832,84-11915,61	4394,96-23338,75	49,14-23271,52	304,33-2928,49

Порівняно з показниками 2014 року загальна чисельність мікрофітів в Одеському прибережжі влітку була в 1,5-1,6, а восени – в 1,2-1,3 рази нижчою. Восени спостерігалось також зменшення максимальних значень біомаси у 1,5 рази.

Отже, біоіндикація якості прибережного морського середовища за показниками розвитку мікрофітобентосу в 2015 році показала, що впродовж року умовно чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – також акваторія пляжу «Аркадія» (найвірогідніше, за рахунок відсутності у цей сезон спостережень значного рекреаційного навантаження). Деяке покращення екологічної ситуації спостерігалось в осінній період поточного року і в Нафтогавані. В районі Дачі Ковалевського екологічний стан морського довкілля протягом року істотно не змінився. Найбільш евтрофікованим влітку було морське середовище акваторії, прилеглої до санаторію ім. Чкалова, а восени – довкола Григоріївського лиману.

Висновки

Видовий склад мікрофітобентосу Одеського прибережжя та Григоріївського лиману в 2015 році формували здебільшого полі- та мезогалобні β-мезосапробні діатомові водорості.

Впродовж року умовно чистою акваторією Одеського прибережжя був район мису Малий Фонтан, а восени – і пляж «Аркадія». Найбільш евтрофікованими були акваторія, прилегла до санаторію ім. Чкалова (розташований у м. Одеса), та Григоріївський лиман.

1. Бегун А. А. Биоиндикация качества морской среды по диатомовым водорослям в обрастании антропогенных субстратов / А. А. Бегун, А. Ю. Звягинцев // Известия ТИНРО. — 2010. — Т. 161. — С. 177—198.
2. Водоросли. : справочник / С.П. Вассер, Н.В. Кондратьева, Н.П. Масюк и др. ; под ред. С.П. Вассера – К. : Наук. думка, 1989. — 606 с.
3. Дедю И. И. Экологический энциклопедический словарь / И. И. Дедю. — Кишинев: Гл. ред. молд. сов. энцикл., 1990. — 406 с.
4. Зайцев Ю. П. Ключевая роль контурных биотопов и их биоценозов в экологии морской среды / Ю. П. Зайцев // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроекологія. — 2015. — № 3-4 (64). — С. 235—238.
5. Ковальчук Ю. Л. Диатомовые обрастания твердых субстратов / Ю. Л. Ковальчук, Е. Л. Неврова, Е. А. Шалаева. — М.: Товарищество научных изданий КМК, 2008. — С. 38.
6. Кузьминова Н. С. Влияние сточных вод на морские водоросли / Н. С. Кузьминова, И. И. Руднева // Альгология. — 2005. — Т. 15, № 1. — С. 128—141.

7. *Рачинская А. В.* Особенности структуры сообщества прибрежного микрофитобентоса в зоне влияния дренажных вод / А. В. Рачинская // *Екологічні проблеми Чорного моря : міжнар. наук.-практ. конф. (31 травня - 1 червня, 2007, Одеса) : зб. наук. ст. / за ред. В.М. Небрата* — Одеса : Інноваційно-Інформаційний центр «ІНВАЦ», 2007. — С. 276—280.
8. *Рачинська О. В.* Біоіндикація якості морського довкілля Одеського регіону за показниками розвитку мікрофитобентосу / О. В. Рачинська // *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія : Біологія. Спеціальний випуск: Гідроєкологія.* — 2015. — № 3-4 (64). — С. 565—568.
9. *Рябушко Л. И.* Продукционные характеристики фитоперифитона экспериментальных стеклянных пластин и фитопланктона в Карантинной бухте (Крымское побережье Черного моря) / [Л. И. Рябушко, Д. С. Балычева, В. Н. Поповичев и др.] // *Альгология.* — 2014. — Т. 24, № 4. — С. 504—517.
10. *Рябушко Л. И.* Сравнение видового состава и количественных характеристик диатомовых водоростей микрофитобентоса Крымского побережья Черного и Азовского морей / Л. И. Рябушко, Р. И. Ли, А. В. Бондаренко, Д. С. Лохова // *Диатомовые водоросли: морфология, систематика, флористика, экология, палеогеография, биостратиграфия : материалы XII междунар. науч. конф. диатомологов, Москва, 19-24 сентября 2011 г.: сборник / [ред. кол. В. М. Гаврилов и др.]*. — М.: Университетская книга, 2011. — С. 202—205.

A. V. Rachynskaya

Український научний центр екології моря, Одеса

ВОДОРΟΣЛИ МИКРОФИТОБЕНТОСА В БІОІНДИКАЦІЇ КАЧЕСТВА МОРСЬКОЇ СРЕДИ ОДЕССЬКОГО РЕГІОНА

Представлены результаты биоиндикации качества морской среды Одесского побережья и Григорьевского лимана в 2015 году по показателям развития микрофитобентоса. Его формировали, в основном, поли- и мезогалобные β -мезосапробные диатомовые водоросли. В течение года условно-чистой акваторией Одесского побережья был район мыса Малый Фонтан, а осенью – также пляж «Аркадия».

Ключевые слова: биоиндикация, качество, морская среда, Одесское побережье, Григорьевский лиман, микрофитобентос

O. V. Rachynska

Ukrainian Scientific Centre of Ecology of Sea, Odessa, Ukraine

MICROPHYTOBENTOS ALGAE IN BIOINDICATION OF QUALITY OF MARINE ENVIRONMENT OF ODESSA REGION

Important objects of biomonitoring are contour habitats community located in the contact zone coast-sea. Such aquatic ecosystems, including groups of microalgae developing on natural and synthetic substrates undergo significant external influence. The leading places among these algae in the Black Sea are occupied Bacillariophyta and Cyanoprokaryota.

The article presents the results of bioindication quality of the marine environment of the Odessa coastal zone and of the Grigorievsky estuary in 2015 on systematic, quantitative morphological, halobiont and saprobiont indicators of microphytobenthos. The samples of microalgae were collected on the concrete and granite substrates in the six regions of Odessa bay which different on degrees of human impact, and in water area of Grigorievsky estuary.

It is shown that the species composition of microphytobenthos in researched waters was formed, mainly, by poly- and mesohalobic β -mesosaprobic diatoms. This indicates the brackish-marine character and moderate organic pollution of the researched waters. Among β -mesosaprobic diatoms were dominated *Navicula ramosissima* (C.Agardh) Cleve, *Achnanthes brevipes* C.Agardh and *A. longipes* C.Agardh. The numerous were the species of *Nitzschia*. Among α -mezosaprobic (indicators of significant organic pollution) was dominated *Tabularia fasciculata* (C.Agardh) D.M.Williams & Round. Registered decrease of saprobiont species of microphytes and abundance and biomass of microphytobenthos compared to 2014 year. According to indexes of development microalgae on hard substrates were allocated conditionally clean and eutrophic coastal waters of

Odessa bay. During the year, the conditionally clean water area of the Odessa coastal zone was the area of the cape Maly Fontan, and in the autumn - the beach "Arcadia" (most probably due to the absence of influence of significant recreation in this season of observations). Some improvement of ecological situation was observed in autumn in the waters of Oil Terminal. In the area of Dutcha Kovalevskogo environmental condition of the marine environment during the year has not changed significantly. The most eutrophic were water area which adjacent to the sanatorium named after Chkalov (located in Odessa) and Grigorievsky estuary.

Key words: bioindication, quality, marine environment, Odessa coastal zone, Grigorievsky estuary, microphytobentos

Рекомендує до друку

Надійшла 17.02.2017

В. В. Грубінко

УДК 597.2/.5:632.951

М. О. САВЛУЧИНСЬКА, І. М. КОНОВЕЦЬ, О. М. АРСАН, М. Г. МАРДАРЕВИЧ

Інститут гідробіології НАН України,
пр-т Героїв Сталінграда, 12, Київ, 04210

ОСОБЛИВОСТІ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСІВ АДАПТАЦІЇ РИБ ДО РІЗНИХ КОНЦЕНТРАЦІЙ ФІПРОНІЛУ ТА ДИМЕТОАТУ У ВОДНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Викладено результати досліджень щодо впливу диметоату в концентраціях 0,15; 0,3 і 0,45 мг/дм³ та фіпронілу 0,05; 0,075 і 0,1 мг/дм³ у водному середовищі на коропа *Cyprinus carpio* L. при експозиції 14 діб. Встановлено, що фіпроніл має більшу здатність до накопичення тканинами риб, ніж диметоат. Зі збільшенням концентрації фіпронілу у воді від 0,05 до 0,1 мг/дм³ його вміст у печінці становив 0,9 і 2,0 мкг/г сирової маси відповідно. У значно меншій кількості він накопичувався в зябрах (0,6 і 1,0 сирової маси). Найменше фіпронілу депонувалося у м'язах від (0,3 і 0,45 мкг/г). Зі зростанням концентрації диметоату у воді від 0,15 до 0,45 мг/дм³ він накопичувався в тканинах риб у порівняно меншій кількості, зокрема від <0,1 (границя кількісного визначення) до 1,0 мкг/г у печінці та від <0,1 до 0,20 мкг/г – у зябрах, і не знайдений у м'язах. Зі зміною концентрації диметоату та фіпронілу у водному середовищі змінюються шляхи генерування енергії у тканинах риб. При цьому у печінці знижувався рівень пірувату з 8,6 (контроль) до 6,2 та 8,6 до 3,3 мкмоль/100 г відповідно, та зростав вміст лактату з 2,4 (контроль) до 5,9 і 3,3 мкмоль/г відповідно. Разом з цим знижувалося співвідношення вільних НАД-пар з 400 (контроль) до 120 та 51 відповідно. Отримані результати свідчать, що енергозабезпечення адаптації риб до таких умов здійснюються за рахунок гліколізу. На відміну від печінки, у зябрах активуються як аеробні, так і анаеробні процеси. При адаптації риб до диметоату і фіпронілу в зябрах збільшується вміст пірувату на 22 і 83%, та лактату на 126 і 153% відповідно.

Ключові слова: диметоат, фіпроніл, накопичення, піруват, лактат, співвідношення вільних НАД-пар, печінка, зябра, м'язи, короп

Диметоат і фіпроніл належать до високоефективних інсектицидів з широким спектром дії, які використовуються для боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур. Механізм їх дії має дещо спільні риси і полягає в порушенні функціонування центральної нервової системи організмів-мішеней. Однак, диметоат належить до групи фосфорорганічних речовин, для яких характерна висока початкова токсичність та мала стійкість. Тоді як фіпроніл – хлорорганічна речовина з високою токсичністю та стійкістю у оточуючому середовищі. Широке

використання цих речовин у сільському господарстві обумовлене, з одного боку, їх високою ефективністю, а з іншого – низькою токсичністю для ссавців та птахів. До значних недоліків цих речовин слід віднести високу токсичність для водяних організмів, включно риб [2]. Величина LC_{50} фіпронілу для риб (радужна форель) становить $0,25 \text{ мг/дм}^3$, а диметоату – $30,2 \text{ мг/дм}^3$ [12]. Потрапляючи у воду, вони швидко перерозподіляються між водою та донними відкладами. На відміну від наземних тварин, для яких основним шляхом надходження хлор- та фосфорорганічних речовин є трофічний, для гідробіонтів важливе значення має постійний контакт з забрудненою водою.

Метою нашої роботи було дослідження особливостей накопичення диметоату і фіпронілу та їх впливу на процеси енергозабезпечення в тканинах коропа (зябра, печінка, м'язи).

Матеріал і методи досліджень

Для вирішення поставлених завдань проводили модельні дослідження. Об'єктом досліджень слугували дволітки коропа (*Cyprinus carpio* L.) масою 250–300 г, вирощені на Білоцерківській експериментальній гідробіологічній станції Інституту гідробіології НАН України.

Риб протягом місяця утримували у басейні об'ємом 1 м^3 і годували гранульованим комбікормом К-III-10. При постановці експерименту 5 екземплярів риб поміщали у 100-літрові акваріуми з відстояною водопровідною водою, концентрацію розчиненого кисню підтримували на рівні $5,8\text{--}6,4 \text{ мг/дм}^3$, температура води складала $21 \pm 1^\circ\text{C}$, рН – $7,4\text{--}7,7$ од.

Вплив на риб фіпронілу досліджували в концентраціях $0,050$; $0,075$ та $0,100 \text{ мг/дм}^3$, диметоату – $0,15$; $0,30$ та $0,45 \text{ мг/дм}^3$. Період експозиції становив 14 діб. З метою запобігання впливу на риб власних екзометаболітів і для підтримки постійної концентрації фіпронілу та диметоату воду в акваріумах змінювали що два дні з додаванням відповідної кількості цих речовин.

Визначення вмісту пірувату та лактату в тканинах риб проводили згідно методу [10]. Величину $[\text{НАД}^+] / [\text{НАДН}]$ в цитоплазмі клітин тканин розраховували за формулою

$$[\text{НАД}^+] / [\text{НАДН}] = 1 / K_{\text{лдг}} * [\text{піруват}] / [\text{лактат}],$$

де $K_{\text{лдг}}$ – константа лактатдегідрогеназної системи, яка становить $0,9 \times 10^{-4}$ [1].

Вміст фіпронілу та диметоату в тканинах риб визначали методом високоефективної рідинної хроматографії–мас-спектрометрії (Agilent 1200 MSD 6130). Екстракцію фіпронілу та диметоату з тканин риб проводили етилацетатом, після його випаровування під током азоту твердий залишок перерозчиняли в $0,1 \text{ см}^3$ метанолу. Хроматографічне розділення проводили на колонці Zorb Eclipse C18 у градієнті вода-ацетонітрил з додаванням $0,1\%$ мурашиної кислоти. Мас-спектрометричну детекцію проводили у режимі SIM, іонізація ESI. Реєстрували йони $-434,7$ та $+230,1$ а.о.м. для фіпронілу та диметоату відповідно.

Отримані результати досліджень оброблено статистично з використанням t-критерію Стьюдента [5].

Результати досліджень та їх обговорення

Встановлено, що залежно від типу тканин накопичення досліджуваних речовин та енергозабезпечення процесів адаптації риб здійснюються по-різному. Однак, зміни величин показників, які характеризують той чи інший шлях генерування енергії в тканинах риб, залежить, в першу чергу, від накопичення в них даних речовин.

Відомо, що фосфорорганічні речовини в організмі повністю, або в значній мірі зазнають метаболічних перетворень [13], що відзначається на складній динаміці їх вмісту у тканинах. При дослідженні накопичення диметоату в тканинах кларієвого сому *Clarias batrachus* у модельних дослідженнях встановлено, що найбільш інтенсивне його накопичення характерне для печінки [8].

У наших дослідженнях кількість диметоату в тканинах зростала пропорційно його кількості у воді у ряді м'язи < зябра < печінка (табл. 1).

Накопичення диметоату (мкг/г сирової ваги) в тканинах коропа ($\bar{X} \pm \sigma$, n=3)

Концентрація у воді, мг/дм ³	Печінка	Зябра	М'язи
Контроль	<0,10	<0,10	<0,10
0,15	<0,10	<0,10	<0,10
0,30	0,39±0,06	<0,10	<0,10
0,45	0,99±0,26	0,20±0,04	<0,10

Аналіз вмісту фіпронілу в тканинах показав, що він володіє високою кумулятивною здатністю і у значних кількостях накопичується в досліджуваних тканинах риб (табл. 2). При цьому зі збільшенням концентрації фіпронілу у воді від 0,050 до 0,100 мг/дм³ зростає його накопичення в організмі коропа, а найбільшою кумулятивною здатністю володіє печінка. Крім того, про значне і швидке накопичення фіпронілу молоддю райдужної форелі вказано в роботі [11].

Таблиця 2

Накопичення фіпронілу (мкг/г сирової ваги) в тканинах коропа ($\bar{X} \pm \sigma$, n=3)

Концентрація у воді, мг/дм ³	Печінка	Зябра	М'язи
Контроль	<0,05	<0,05	<0,05
0,050	0,90±0,19	0,56±0,06	0,26±0,02
0,075	1,01±0,07	0,71±0,09	0,32±0,02
0,100	1,99±0,27	1,03±0,09	0,45±0,01

Результати наших досліджень підтверджують дані фахової літератури про те, що здатність до матеріальної кумуляції фосфоорганічних речовин виражена менше, ніж у хлорорганічних. Однак, перші володіють функціональною кумуляцією і тому можуть викликати хронічні отруєння риб.

Вплив диметоату та фіпронілу на тканини різних органів риб має певні особливості. Спостерігаються зміни у проникності біомембран, що полягають у зниженні їх стійкості до дії цих речовин. Це відбувається внаслідок зменшення кількості субстратів енергетичного обміну, таких як АТФ, АДФ і АМФ, особливо в печінці риб [4].

Встановлено, що з підвищенням концентрації диметоату та фіпронілу у воді змінюється вміст пірувату та лактату в тканинах риб. Так, з підвищенням концентрації диметоату у воді в печінці риб значно знижувався рівень пірувату, а вміст лактату зростав (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив диметоату на вміст пірувату (мкмоль/100 г), лактату (мкмоль/г) та співвідношення вільних НАД-пар в тканинах коропа ($\bar{X} \pm \sigma$, n=3)

Концентрація у воді, мг/дм ³	Піруват	Лактат	[НАД ⁺]/[НАДН]
печінка			
Контроль	8,63±0,23	2,43±0,23	400±0,31
0,15	7,37±0,22*	3,23±0,23	257±0,16*
0,30	6,82±0,19*	4,64±0,11*	163±0,09*
0,45	6,17±0,19*	5,87±0,12*	120±0,06*
зябра			
Контроль	3,68±0,22	2,29±0,14	178±0,002
0,15	4,85±0,17*	3,02±0,11*	188±0,08
0,30	5,20±0,30*	4,21±0,19*	141±0,05*
0,45	4,50±0,35	5,18±0,18*	99±0,12*

тут і далі: * – різниця середніх величин дослідів і контролю статистично вірогідна, $p \leq 0,05$.

При цьому за дії 0,15, 0,30 та 0,45 мг/дм³ диметоату вміст пірувату знижувався відповідно на 15, 21 та 29% відносно контролю, тоді як вміст лактату в печінці риб за дії 0,30 мг/дм³ диметоату підвищувався на 92% порівняно з контролем, а за дії 0,45 мг/дм³ – на 143%. Співвідношення вільних НАД-пар в цій тканині з підвищенням концентрації вірогідно зменшувався на 36, 59 та 70%. Цей факт дає підставу стверджувати, що в печінці риб з підвищенням концентрації диметоату у воді головним шляхом генерування енергії в його організмі стає гліколіз.

Про перехід організму риб на анаеробний шлях енергозабезпечення свідчать дані [9]. В роботах [3, 6, 7] також відмічено зростання вмісту лактату та активності лактатдегідрогенази в умовах дії фосфорорганічних сполук.

Виникнення лактатного ацидозу та активація процесів гліколізу спостерігалась і в зябрах риб (табл. 3). Концентрація лактату в зябрах коропа зростала на 32% вже при найнижчій з досліджуваних концентрацій диметоату у воді (0,15 мг/дм³). Дія решти концентрацій призводила до ще більших змін, зумовлюючи збільшення лактату на 84 та 126%. Незважаючи на те, що вміст пірувату у цій тканині зростав на 32, 41 та 22%, співвідношення вільних НАД-пар знизилось на 21 та 57% при дії 0,30 та 0,45 мг/дм³ диметоату. Це свідчить про активування як аеробних, так і анаеробних процесів в зябрах коропа, та зниження окиснювальної здатності цитоплазми клітин в цій тканині риб.

Вплив хлорорганічної речовини фіпронілу на організм риб та шляхи генерування енергії в тканинах за цих умов мають свої особливості. Енергозабезпечення роботи печінки за дії вказаних концентрацій фіпронілу, в основному, відбувається за рахунок гліколітичних процесів. Відбувалося зростання вмісту лактату (на 86, 153, 34%) та зниження вмісту пірувату (на 24, 46, 62%) в печінці коропа за дії досліджуваних концентрацій (табл. 4).

Таблиця 4

Вплив фіпронілу на вміст пірувату (мкмоль/100 г), лактату (мкмоль/г) та співвідношення вільних НАД-пар в тканинах коропа ($\bar{X} \pm \sigma$, n=3)

Концентрація у воді, мг/дм ³	Піруват	Лактат	[НАД ⁺]/[НАДН]
печінка			
Контроль	8,63±0,23	2,43±0,23	401±0,31
0,050	6,59±0,17*	4,53±0,19*	162±0,08*
0,075	4,68±0,30*	6,15±0,19*	84±0,03*
0,100	3,29±0,17*	3,29±0,17*	51±0,02*
зябра			
Контроль	3,68±0,22	2,29±0,14	178±0,002
0,050	5,42±0,22*	3,91±0,14*	155±0,12
0,075	6,72±0,22*	5,80±0,13*	128±0,01*

Ці зміни зумовлюють зниження співвідношення вільних НАД-пар, що вказує на зменшення енергозабезпечення процесу адаптації риб за дії фіпронілу у воді. Відмічений факт дає підставу стверджувати, що головним шляхом генерування енергії в організмі коропа стає гліколіз. Можливість генерування енергії гліколітичним шляхом забезпечує умови для підтримання життєдіяльності водяних тварин до змін екологічних умов середовища, коли окремі ферментативні ланки тканинного дихання пригнічені.

Натомість в зябрах риб за дії фіпронілу в концентрації 0,050 мг/дм³ вміст як лактату, так і пірувату зростав відповідно на 7 та 47% відносно контролю (табл. 4). При цьому співвідношення вільних НАД-пар не змінювалось. Подібна картина в зябрах риб виявлена і за дії 0,075 мг/дм³ фіпронілу у воді. Вміст пірувату та лактату зростав на 83% та 153% від контролю. В той же час, співвідношення вільних НАД-пар вірогідно знижувалось на 28%. Це вказує, на одночасне активування як аеробних процесів, так і процесів гліколізу в зябрах риб. При цьому процеси гліколізу протікають інтенсивніше.

Висновки

Фіпроніл володіє значною органоспецифічною кумулятивною здатністю. Він накопичується в усіх органах риб і цей процес знаходиться в прямій залежності від його концентрації у воді. Натомість диметоат в тканинах риб накопичується у меншій мірі.

За дії досліджуваних концентрацій у воді диметоату та фіпронілу змінюється кількість субстратів енергетичного обміну, таких як піруват і лактат. Зменшення їх вмісту в печінці риб, вказує на переважання гліколітичних процесів, тоді як в зябрах відбувається активація як аеробних процесів, так і гліколізу.

Найдужче негативна дія фіпронілу і диметоату проявилась саме у печінці риб, органі який забезпечує процес детоксикації. Зміни субстратів енергетичного обміну спостерігаються як за дії диметоату, так і фіпронілу у воді. Однак саме за дії фіпронілу ці зміни носять глибший характер, що можна пояснити здатністю до накопичення в тканинах риб.

1. Великий Н. Н. Роль окислительно-восстановительного состояния никотинамидных коферментов в регуляции клеточного метаболизма / Н.Н. Великий, П.К. Пархомец // Витамины. — 1976. — № 9. — С. 3—15.
2. Гдовский П. А. Физиолого-биохимические механизмы действия хлорорганических соединений у водных животных (обзор) / П.А. Гдовский, Б.А. Флеров // Гидробиол. журн. — 1979. — Т. 15, № 6. — С. 76—85.
3. Горбатюк Л. О. Енергозабезпечення організму риб за дії пестицидів (огляд) / Л.О. Горбатюк // Гидробиол. журн. — 2012. — Т. 48, № 5. — С. 82—96.
4. Миронюк М. О. Особливості енергозабезпечення організму коропа в умовах забруднення водного середовища хлор- та фосфорорганічними речовинами / М.О. Миронюк, О.М. Арсан. Водні біоресурси та аквакультура [За ред. І. І. Грициняка, М. В. Гринжевського, О. М. Третьяка.] — К.: ДІА, 2010. — С. 303—305.
5. Лакин Г. Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. — М.: Высшая школа, 1990. — 351 с.
6. Begum G. Carbohydrate metabolism in hepatic tissue of freshwater catfish *Clarias batrachus* L. during dimethoate exposure / G. Begum, S. Vijayaraghavan // Food and Chem. Toxicol. — 1995. — Vol. 33, No 5. — P. 423—426.
7. Begum G. Effect of acute exposure of the organophosphate in insecticide Rogor on some biochemical aspects of *Clarias batrachus* (Linnaeus) / G. Begum, S. Vijayaraghavan // Environ. Res. — 1999. Vol. 80, No 1. — P. 80—83.
8. Begum G. Study of dimethoate bioaccumulation in liver and muscle tissues of *Clarias batrachus* and its elimination following cessation of exposure / [G. Begum, S. Vijayaraghavan, N. Sarma, S. Husain.] // Pesticide Science. — 1994. — Vol. 40, No 3. — P. 201—205.
9. Borah S. Effect of rogor (30% w/w dimethoate) on the activity of lactate dehydrogenase, acid and alkaline phosphatase in muscle and gill of a fresh water fish, *Heteropneustes fossilis* / S. Borah, R. N. S. Yadav // J. of Environ. Biol. — 1996. Vol. 17, No 4. — P. 279—283.
10. Hohorst H. J. Determination with lactic dehydrogenase and DPN / H.J. Hohorst // Methods of enzymatic analysis. — Weinheim: Chemie, 1963. — P. 266—270.
11. Konwick B. J. Acute enantioselective toxicity of *fipronil* and its desulfinyl photoproduct to *Ceriodaphnia dubia* / [B.J. Konwick, A.T. Fisk, A.W. Garrison et al.] // Environ. Toxicol. Chem. — 2005. — Vol. 24, No 9. — P. 2350—2355.
12. Pesticide Properties Data Base [Електронний ресурс] — Режим доступу до бази: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb>
13. *The pesticides* Manuel. 10-th Edition. — Crop Protection publ., 1994. — 1341 p.

О. М. Савлущинская, И. Н. Коновец, О. М. Арсан, М. Г. Мардаревич

Институт гидробиологии НАН Украины

ОСОБЕННОСТИ ЭНЕРГООБЕСПЕЧЕНИЯ ПРОЦЕССОВ АДАПТАЦИИ РЫБ К РАЗНЫМ КОНЦЕНТРАЦИЯМ ФИПРОНИЛА И ДИМЕТОАТА В ВОДНОЙ СРЕДЕ

Представлены результаты исследований влияния диметоата в концентрациях 0,15; 0,3 и 0,45 мг/дм³ и фипронила 0,05; 0,075 и 0,1 мг/дм³ в водной среде на карпа *Cyprinus carpio* L. при экспозиции 14 суток. Установлено, что фипронил имеет большую способность к накоплению тканями рыб, чем диметоат. С увеличением концентрации фипронила в воде от 0,05 до 0,1 мг/дм³ его содержание в печени составило 0,9 и 2,0 мкг/г сырой массы соответственно. В

значительно меньшем количестве он накапливался в жабрах (0,6 и 1,0 сырой массы). Меньше всего фипронила депонировалось в мышцах от (0,3 и 0,45 мкг/г). С ростом концентрации диметоата в воде от 0,15 до 0,45 мг/дм³ он накапливался в тканях рыб в сравнительно меньшем количестве, в частности от <0,1 (предел количественного определения) до 1,0 мкг/г в печени и от <0,1 до 0,20 мкг/г – в жабрах, и не найден в мышцах. С изменением концентрации диметоата и фипронила в водной среде меняются пути генерирования энергии в тканях рыб. При этом в печени уменьшался уровень пирувата с 8,6 (контроль) до 6,2 и 8,6 до 3,3 мкмоль/100 г соответственно, и возрастало количество лактата с 2,4 (контроль) до 5,9 и 3,3 мкмоль/г соответственно. Вместе с этим уменьшалось соотношение свободных НАД-пар с 400 (контроль) до 120 та 51 соответственно. Полученные результаты свидетельствуют, что энергообеспечение адаптации рыб в таких условиях осуществляются за счет гликолиза. В отличие от печени, в жабрах активируются как аэробные, так и анаэробные процессы. При адаптации рыб к диметоату и фипронилу в жабрах увеличивается содержание пирувата на 22 и 83%, и лактата на 126 и 153% соответственно.

Ключевые слова: диметоат, фипронил, накопление, пируват, лактат, соотношение свободных НАД-пар, печень, жабры, мышцы, карп

M. O. Savluchynska, I. M. Konovets, O. M. Arsan, M. G. Mardarevych
Institute of Hydrobiology of NAS Ukraine

FEATURES OF ENERGY SUPPLY OF FISH ADAPTATION TO FIPRONIL AND DIMETHOATE

Results of the study of carp *Cyprinus carpio* L. 14-d exposure to dimethoate (0.15; 0.3 and 0.45 mg/L in water) and fipronil (0.05; 0.075 and 0.1 mg/L) are presented. Fipronil showed greater ability for accumulation in fish tissues in comparison with dimethoate. Increasing of fipronil concentration in water from 0.05 to 0.1 mg/L caused growing of its contents in a liver tissue from 0.9 to 2.0 mg/g (wet weight) respectively. Accumulation of fipronil in gill and muscle tissues was lower: 0.6–1.0 and 0.3–0.45 mg/g of wet weight respectively. At dimethoate concentration 0.15 and 0.45 mg/L in water its contents in liver tissue was <0.1 (LOQ) and 1.0 mg/g, in gill tissue – <0.1 and 0.2 mg/g, in muscle tissue – <0.1 mg/g.

Increasing of fipronil and dimethoate concentration in water altered energy metabolism pathways in the fish tissues. Under fipronil and dimethoate impact contents of pyruvate in the liver decreased from 8.6 (control) to 6.2 and 3.3 mM/100 g respectively, and lactate contents increased from 2.4 (control) to 5.9 and 2.4 to 3.3 mM/g respectively. Ratio of free NAD-pairs contents ([NAD]/[NADH]) decreased from 400 (control) to 120 (fipronil) and 51 units (dimethoate) at highest investigated concentrations in water. The results show that the glycolysis provides an energy required for fish adaptation to fipronil and dimethoate impact. In contrast to liver tissue, both aerobic and anaerobic processes were activated in the gill tissue. Pyruvate content in gill tissue during exposure of fish to dimethoate and fipronil increased on 22% and 83%, and lactate – on 126% and 153% respectively.

Keywords: dimethoate, fipronil, accumulation, pyruvate, lactate, free NAD-pairs ratio, liver, gills, muscle, carp

Рекомендує до друку
В. В. Грубінко

Надійшла 09.02.2017

УДК 639.3:576.7:577.15:577.115:577.16

Б. В. ЯКОВЕНКО, О. П. ТРЕТЯК, О. Б. МЕХЕД, Г. Д. ХАЙТОВА, Н. А. СИМОНОВА

Чернігівський національний педагогічний університет імені Т. Г. Шевченка

вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів 14037

ВПЛИВ КСЕНОБІОТИКІВ НА АКТИВНІСТЬ ФЕРМЕНТІВ АНТИОКСИДАНТНОЇ СИСТЕМИ В ТКАНИНАХ КОРОПА

Наведені дані про активність антиоксидантних ферментів - супероксиддисмутази (СОД), глутатіонпероксидази (ГП) і каталази у печінці та білих м'язах коропа за дії зенкору та натрій лаурилсульфату.

Ключові слова: пероксидне окиснення ліпідів, антиоксидантні ферменти, короп, печінка, білі м'язи, зенкор, натрій лаурилсульфат

Поверхнево активні речовини (ПАР) широко застосовуються у господарській діяльності та побуті як мийні засоби, антикорозійні речовини, емульгатори і суспензатори пестицидів, у виробництві мінеральних добрив і кормових добавок, компонентів лікарських препаратів і косметики [2]. Одним із представників ПАР є натрій лаурилсульфат, що є сумішшю алкілсульфатів, та містить від 55 до 85% додецилсульфату натрію [6]. Механізм сенсibiliзуючої дії препаратів на основі ПАР полягає в тому, що детергенти взаємодіють з мембранами клітин органів і тканин, що супроводжується зміною ферментної активності та різким збільшенням проникності клітинних мембран [8]. Гербіцид зенкор (метрибузин, 4-аміно-3-метилмеркапто-6-трет-бутил-1,2,4-триазинон-5) широко використовується для боротьби з рослинами-шкідниками картоплі. Отруєння зенкором призводить до поведінкових, гістологічних та енергетичних змін в організмі риб. Потрапляння пестициду до водойми призводить до накопичення додаткової кількості токсиканта на фоні вже наявного та до прояву токсичної дії в результаті синергізму [1].

Відповідь організму на дію токсиканту є результатом взаємодії двох процесів: пошкодження (деструктивний) та захисту (компенсаторно-адаптивний). Їх співвідношення визначає рівень токсичності водного середовища для риб [7].

В сучасній біології активація перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ) розглядається як універсальна відповідь живої системи на дію екстремальних факторів. Вплив екстремальних чинників, включно токсикантів, призводить до зміщення рівноваги бік у прооксидантних процесів і розвитку так званого "окиснювального стресу". Інтенсивність утворення продуктів ПОЛ у тканинах риб залежить від вмісту в них природних антиоксидантів та активності антиоксидантних ферментів (супероксиддисмутази, глутатіонпероксидази, каталази).

Мета роботи: дослідження впливу токсичних умов утримання на активність антиоксидантних ферментів білих м'язів, печінки коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.).

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження слугував короп (*Cyprinus carpio* L.). Риб відбирали з природної водойми (зимувальний ставок ВАТ «Чернігіврибгосп»). Маса риб коливалась в межах 160-210 г.

Впродовж усього періоду досліджень контролювався гідрохімічний режим води. Вміст кисню коливався у межах 9,6-12,5 мг/дм³; рН – 7,4-8,4; вміст аміаку – 0,014 мг/дм³. Вказані умови не викликали розвитку в організмі коропа гіпоксії, гіперкапнії, гіпотермії. За даними іхтіопатологічних спостережень риб нашкірних збудників паразитичних хвороб не виявлено. Стрічкових паразитів також не зафіксовано.

Досліди з вивчення впливу ксенобіотиків проводили в 200-літрових акваріумах з відстояною водопровідною водою, в які рибу розміщували з розрахунку 1 екземпляр на 40 л води. Температуру витримували близькою до природної. Дослідження проводили впродовж листопада-грудня 2013 року. Концентрацію досліджуваних ксенобіотиків, що відповідає 2 ГДК_{риб.-госп.} створювали шляхом внесення розрахункових кількостей 70%-ного порошку зенкору та лаурилвмісного синтетичного мийного засобу. Дослідження проводили з додержанням вимог Міжнародних принципів Гельсінської декларації про гуманне ставлення до тварин [10].

Визначення активності глутатіонредуктази засноване на вимірюванні швидкості окислення NADPH, реєстрували спектрофотометрично по зменшенню оптичної густини при довжині хвилі 340 нм [5]. Активність каталази визначали згідно методичних рекомендацій [9]. Визначення активності СОД здійснювали згідно [4] у модифікації [3]. Вміст білків визначали за методом Лоурі і співавт. Статистична обробка результатів здійснена з використанням програми “Excel” з пакету “Microsoft Office–2003”.

Результати досліджень та їх обговорення

За результатами проведенного дослідження печінки та білих м'язів коропа (рис. 1), встановлено, що під дією зенкору активність супероксиддисмутази (СОД) в печінці збільшилась на 46,15% порівняно з контролем, а в білих м'язах зросла всього на 4,81 %.

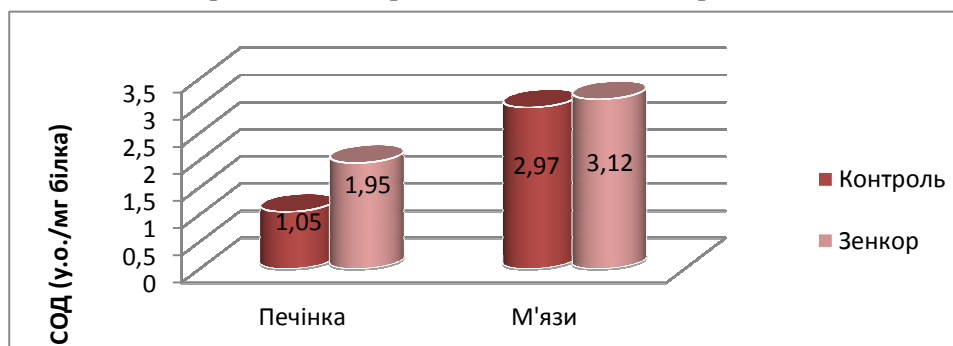


Рис. 1. Активність супероксиддисмутази коропа за дії зенкору, у.о./мг білка ($M \pm m$, $n=5$)

Активність каталази за дії зенкору (рис. 2) в печінці збільшилась на 19,75%, а в білих м'язах на 26% порівняно з контролем. При аналізі змін активності глутатіонпероксидази (рис. 3) спостерігаємо тенденцію до підвищення активності ензиму в печінці на 22,05 % та 34,65% у білих м'язах порівняно з показником у риб контрольної групи.

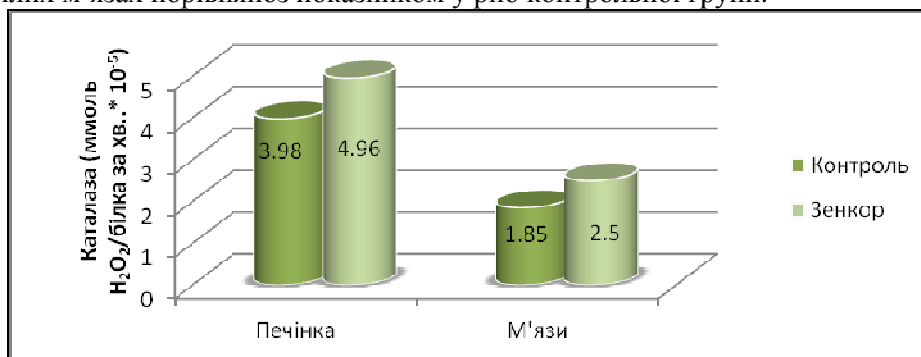


Рис. 2. Активність каталази коропа за дії зенкору, ммоль H_2O_2 /мг білка за хв.* 10^{-5} ($M \pm m$, $n=5$)

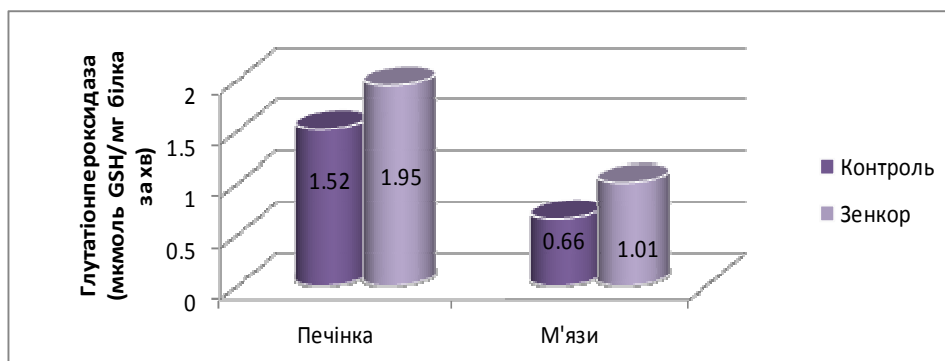


Рис. 3. Активність глутатіонпероксидази коропа за дії зенкору, мкмоль GSH/мг білка за хв ($M \pm m$, $n=5$)

Отримані дані свідчать про чутливість до гербіциду всіх трьох досліджених ензимів.

За впливу лаурилсульфатвмісної речовини активність СОД порівняно з контролем в печінці збільшилась на 51,38%, а в білих м'язах на 4,81% (рис.4). Активність каталази в печінці зросла на 28,92% порівняно з контролем, а в білих м'язах – на 21,27%. (рис. 5)

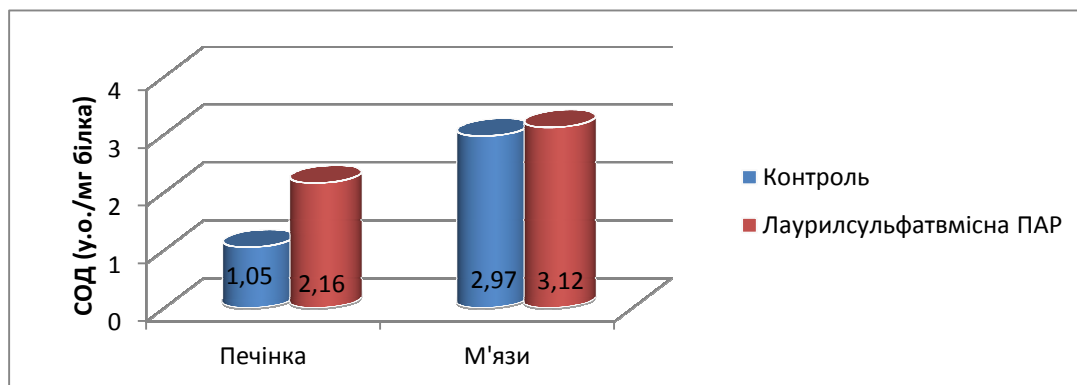


Рис. 4. Активність СОД у коропа в умовах дії лаурилсульфатвмісної ПАР, у.о. /мг білка ($M \pm m$, $n=5$)

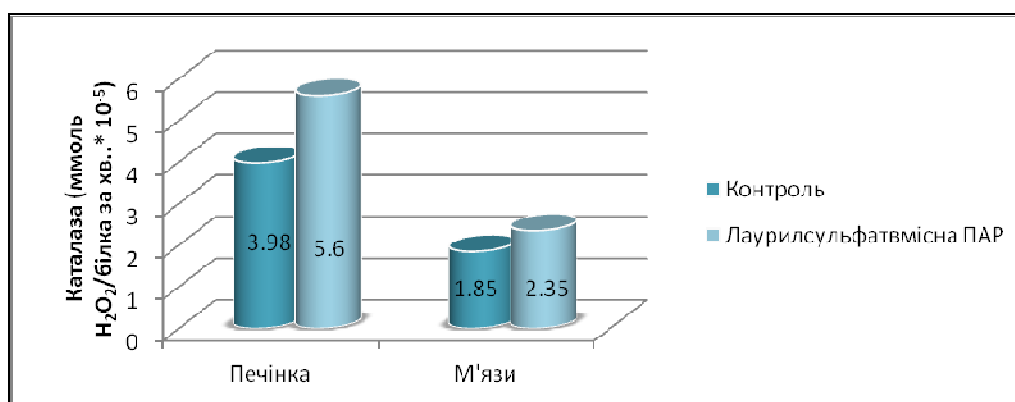


Рис. 5. Активність каталази у коропа за дії лаурилсульфатвмісної ПАР, ммоль H_2O_2 /білка за хв. $\cdot 10^{-5}$ ($M \pm m$, $n=5$)

Активність глутатіонпероксидази в тканинах печінки (рис. 6), зросла на 26,92% порівняно з контролем, у білих м'язах – на 25,84 % щодо показника у риб контрольної групи.

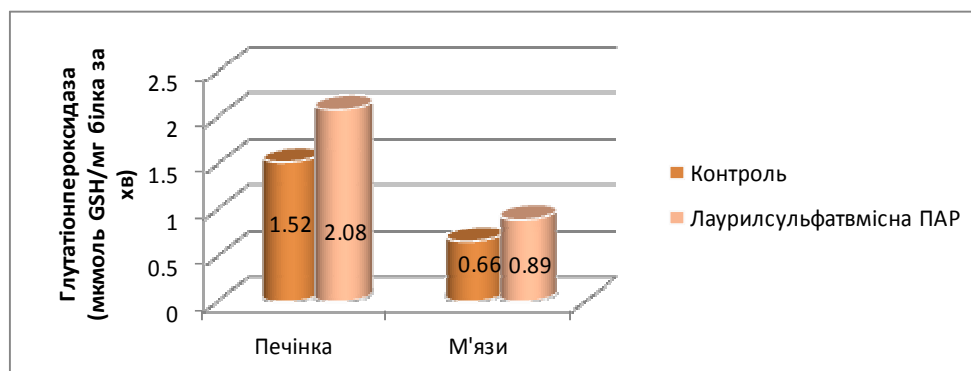


Рис. 6. Активність глутатіонпероксидази печінки та білих м'язів коропа за дії лаурилсульфатвмісної ПАР, мкмоль GSH/мг білка за хв ($M \pm m$, $n=5$)

Найзначнішу активність ензимів спостерігається в тканинах печінки за дії лаурилсульфатвмісної ПАР у СОД, яка зростає на 51,38% порівняно з іншими ензимами. Білі м'язи також реагують підвищенням активності антиоксидантних ензимів, що виявляється, зокрема у збільшенні активності глутатіонпероксидази на 25,84 % порівняно з показником у риб контрольної групи.

Висновки

За експериментального внесення зенкору та лаурилсульфатвмісної поверхнево-активної речовини у воду акваріумів у тканинах коропа відбуваються зміни активності всіх трьох досліджених ензимів – СОД, каталази та глутатіонпероксидази. Максимальна активація ферментів за токсичного впливу зенкору спостерігається для СОД печінки (на 46,15% порівняно з контролем). Ензими білих м'язів менше реагують на гербіцид. Лаурилсульфатвмісна синтетична миюча речовина викликає найбільші зміни активності печінкової СОД. Ферменти білих м'язів коропа виявилися більш чутливими до дії зенкору.

Отже, ензимна частина антиоксидантної системи риб активно реагує на отруєння дослідженими токсикантами як захист на їх дію.

1. *Врочинский К. К.* Применение пестицидов и охрана окружающей среды / К. К. Врочинский, В. Н.Маковский. — Киев: Вища школа. — 1979. — 208 с.
2. Грабовська О. С. Біологічний вплив поверхнево активних речовин на живий організм / [О.С. Грабовська, С. С. Грабовський, В. В. Каплінський та ін.] // Біологія тварин. — 2006. — 8, № 1/2. — С. 63—71.
3. *Доценко О. И.* Активность супероксиддисмутазы и каталазы в эритроцитах и некоторых тканях мышей в условиях низкочастотной вибрации / О.И. Доценко, В.А. Доценко, А.М. Мищенко // Физика живого, — Т. 18, № 1, 2010. — С. 107—113.
4. *Костюк В. А.* Простой и чувствительный метод определения активности супероксиддисмутазы, основанный на реакции окисления кверцетина / В. А. Костюк, А. И. Потапович, Ж. В. Ковалева // Вопр. мед.химии. — 1990. — № 2. — С. 88—91.
5. *Левадная О. В.* Соотношение между величинами активности ферментов антиоксидантной системы в различных тканях интактных крыс / [О. В. Левадная, Г. В. Донченко, В. М. Валучина та ін.] // Укр. биохим. журн. — 1998. — Т. 70, № 6. — С. 53—58.
6. *Мурадян Х. К.* Коррелятивные связи между активностью супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы печени мышей / [Х. К. Мурадян, Н. А. Утко и др.] // Укр. біохім. журн. — 2003. — Т. 75, №1. — С. 33—37.
7. *Филенко О. Ф.* Основы водной токсикологии / О. Ф. Филенко, И. В. Михеева. — Учебное пособие — М.: Колос, 2007. — 144 с.
8. *Юсфина Э.* Физиологическая роль ПАВ / Э. Юсфина, З. Леонтьева // Тезисы докладов Всесоюзного симпозиума. — Черновцы. — 1975. — С. 120—122
9. *Ou P.* Erythrocyte catalase inactivation (H₂O₂ production) by ascorbic acid and glucose in presence of aminotriazole: role of transition metals and relevance to diabetes / Ou P., Wolf S.P. // Biochem. J. — 1994. — Vol. 303. — P. 935—940.
10. *World Medical Association Declaration of Helsinki: Ethical Principles for Medical Research Involving Human Subjects.* — UMS. — 2002. — P. 42—46.

Б. В. Яковенко, А. П. Третяк, О. Б. Мехед, А. Д. Хайтова, Н. А. Симонова
Черниговский национальный педуниверситет имени Т. Г.Шевченко

ВЛИЯНИЕ КСЕНОБИОТИКОВ НА АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ В ТКАНЯХ КАРПА

Приведены данные об активности антиоксидантных ферментов - супероксиддисмутазы, глутатионпероксидазы и каталазы в печени и белых мышцах карпа при разных условиях содержания.

Ключевые слова: перекисное окисление липидов, антиоксидантные ферменты, карп, печень, белые мышцы, зенкор, натрий лаурилсульфат

B. V. Yakovenko, O. P. Tretiak, O. B. Mekhed, G. D. Haytova, N. A. Simonova
Chernihiv National Taras Shevchenko Pedagogical University, Ukraine

INFLUENCE OF XENOBIOTICS ON ANTIOXIDANT ENZYMATIC ACTIVITIES
IN CARP TISSUES

The article provides the data obtained in the study of antioxidant enzymatic activities - superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase in the liver and white muscle of carp under different conditions.

The aim of the research is to analyze the influence of toxic conditions of maintenance the activity of antioxidant enzymes of white muscles and a liver of a carp (*Cyprinus carpio* L.). Xenobiotics is commonly used in agriculture and everyday life. The subject of the research is the carp (*Cyprinus carpio* L.). One of the representatives of surfactants is sodium lauryl sulfate. It is a mixture of alkyl sodium sulfate and contains 55-85% of sodium dodecyl sulfate. The main feature of the mechanism of sensibilizing action of preparation on the basis of surfactants is that the detergents interact with a cell membrane of the organs and the muscles and this process is accompanied by the replacement of enzymatic activity and sudden increase in permeability of cell membrane.

Herbicide zenkor (metribuzin, 4-amino-3-methylmercapto-6 tert-butyl-1,2,4-triazine-5) is known as an efficient potato pest control agent. Intoxication of zenkor affects the behavior, causes histological and energetical changes of the fish organism. Adding zenkor and surfactants containing sodium lauryl sulfate into the water of the aquarium triggers changes of activity of all three enzymes under research - superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase in the muscles of the capr. The peak of enzymatic activities under toxic influence of zenkor is observed on the example of superoxide dismutase of the liver (up to 46.15% in comparison with the control). The enzymes of white muscles show less favourable effect of the herbicide (increase of the activity of the glutathione peroxidase to 34.65% in comparison with the control). As a result of the research study, sodium lauryl sulfate synthetical detergent causes the greatest changes of enzymatic activities of the liver superoxide dismutase (the activity increasing up to 51.38% in comparison with the control group of fish). The enzymes of the white muscles of the carp proved to be more sensitive to the influence of zenkor (34.65%). The multistage antioxidant system securing the cell protection relies on complex biochemical processes and thus enables the optimal metabolic balance of the cell.

Keywords: lipid peroxidation, antioxidant enzymes, carp, liver, white muscle, zenkor, sodium lauryl sulfate

Рекомендує до друку
В. В. Грубінко

Надійшла 15.02.2017

ЕКОЛОГІЯ

УДК 504.453+504.064.3:574

Т. В. АНДРУСИШИН, В. В. ГРУБІНКО

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОЇ СИТУАЦІЇ РІКИ ЗБРУЧ В УМОВАХ ЗАРЕГУЛЮВАННЯ ТА МАЛОВОДДЯ

Системно охарактеризовано екологічну ситуацію р. Збруч в останні роки унаслідок антропогенного навантаження на її екосистему. Зазначено погіршення водного режиму, гідрохімічної та екотоксикологічної ситуації, наростання забруднення важкими металами, значне погіршення якості води та водного середовища для організмів, приурочених до річкової екосистеми. Стан річки оцінено як “задовільний”, однак з яскраво вираженим розвитком деградаційних процесів. Запропоновано первинні заходи з покращення екологічного стану р. Збруч.

Ключові слова: р. Збруч, забруднення, екологічний стан, охорона гідроекосистем

В останні роки у всьому світі вода стає однією з головних цінностей і буде найбільш дефіцитним ресурсом ХХІ століття. Якщо темпи зростання населення планети і ставлення людини до води не зміняться, то у 2025 році понад третини населення земної кулі буде жити в умовах жорстокого дефіциту води [12, 13]. Згідно з оцінками міжнародних організацій, 40% всіх світових ресурсів стійкого стоку Землі вже торкнулася людська діяльність, а щорічне збільшення безповоротного водовикористання складає близько 5% . Внаслідок цього виріс дефіцит води та погіршилась її якість [12, 13].

Аналогічна ситуація з водними ресурсами склалася і в Україні [3, 5]. Зменшення водності в першу чергу позначається на малих річках. У зв'язку з глобальними змінами клімату, урбанізацією та господарською діяльністю з року в рік в Україні збільшується кількість річок з докорінно зміненим режимом. Разом із зміною гідрографії річкової мережі змінюється і рельєф прилеглих територій. Все це призводить до значних екологічних збитків, негативно відбивається на умовах життя населення.

Малі річки на відміну від великих відчують дію природних та господарських факторів швидше і більш виразно [1-3, 5, 11]. Більшість малих річок відчують вплив забруднення стічними водами промислових підприємств, сільськогосподарського виробництва, комунального господарства. Це пов'язано з існуванням на території України близько 3 тис. фільтруючих накопичувачів стічних вод. Багато річок замулюються, оскільки транспортує здатність водного потоку знижується під дією відбору значних об'ємів води. Дуже чутливий водний режим малих річок до одностороннього зниження рівня ґрунтових вод, що відбувається під час меліорації земель, при відборі підземних вод і маловодді, викликаному кліматичним потеплінням. Невисокою є технологічна культура застосування добрив у сільськогосподарському виробництві. Вона впливає на водно-фізичні властивості ґрунтів, а отже, на умови формування стоку води і наносів, підвищує винос біогенних елементів, які

призводять до евтрофікації водотоків. Значну небезпеку становить наявність нітратів, нітритів фенолів, а також підвищення мінералізації та зростання вмісту важких металів.

Не оминули ці проблеми і таку перлину Поділля як р. Збруч.

Загальна характеристика р. Збруч. Дослідники вважають, що назва гідроніма виникла від діалектного слова „збруч”, яке означає болото [3, 4]. Місцеве населення називає болота, з яких витікає річка Збруч, „збручами”. Інша версія твердить, що назва річки Збруч бере початок з слов'янських часів. Але тоді наша річка називалася „Боруч”. Коли в людей запитували, куди вони йдуть, чулося у відповідь: „За Боруч”. Пізніше дві літери зникли і утворилася назва річки – Збруч.

Сама річка у минулому була широкою, повноводною і судноплавною майже на всі її довжині. Так, у 1933-1934 рр. під час будівництва на Збручі першої Сатанівської гідроелектростанції було знайдено монети часів римського імператора Гордіана III, карбовані у Фракії. Одночасно з дна річки було витягнуто важкі дубові колоди-сваї, залишки пристані для суден, які протягом віків пробули у воді, що не раз підтверджували легенди, які розповідають старі сатанівчани, що поблизу гори Лазарецької колись була велика річкова пристань, а річка Збруч була судноплавною.

В IX-XI століттях територія теперішнього Поділля була заселена східнослов'янськими племенами – тиверцями та угличами, що входили до складу Київської Русі і мали з її центром всебічні господарські, політичні та культурні зв'язки. І знову Дністер, разом з своєю лівою притокою Збруч стає великою водною артерією Київської Русі, другою після Дніпра, по якому проходив знаменитий шлях „із варяг у греки”. В ті далекі часи в своїм верхів'ї річка Збруч зближалася з річками Дніпровського басейну – річками Горинь і Случ.

Декілька разів по річці Збруч проходив кордон між різними державами та територіями, як от згідно Кревської унії (1385 р.) по річці Збруч проходила лінія, яка розділяла зони володінь Польщі і Литви на Поділлі. Західним Поділлям заволоділа польська шляхта, а східним – литовські князі. Пізніше польські магнати здобули перемогу і повністю оволоділи Поділлям. В 1434 році створено Подільське воєводство з центром у Кам'янці-Подільському.

В ті далекі роки вздовж річки Збруч проходила одна з ліній оборони від турецько-татарських набігів. По лівому березі зводили оборонні споруди у Збрижі, Гусятині, Сатанові. Після першого поділу Польщі у 1772 році, Австрія захопила частину території Галичини та західне Поділля. По Збручу пролягає східна межа її нових, щойно загарбаних володінь. Цісарські урядовці не поспішали вирушати з далекого Відня до України та й назвали, невідому їм річку по своєму – Підгірці. Назва була внесена на карту імперії. Але в народі залишилася жита справжня назва – Збруч. Тому влада вирішила офіційно заборонити стару назву, а за її подальше вживання встановила немалий штраф – 25 золотих ринських. Безглузда заборона проіснувала не один десяток років.

У роки першої світової війни 1914-1917 рр. по Збручу проходила лінія фронту між австро-угорськими та німецькими військами з однієї сторони та російськими військами з іншої сторони. В листопаді 1920 року на лівому березі Збруча остаточно встановлюється радянська влада. В 1921 році був укладений мирний договір країни Рад і Польщею про те, що по річці Збруч проходить кордон. Він проіснував до 1939 року. У вересні 1939 року і відбувається возз'єднання Західної і Радянської України.

У 1941 році під час другої світової війни німці по Збручу провели кордон, так звана „лінія дистрикту”.

Сьогодні по річці Збруч проходить адміністративно-територіальна межа між Хмельницькою і Тернопільською областями, ліва притока Дністра.

Фізико-географічна характеристика р. Збруч [4, 7, 8]. Загальна довжина 244 км, а в межах Гусятинського району – 69 км. Площа басейну – 3395 км². Бере початок з джерел поблизу села Щаснівка, Підволочиського району на Авратинській височині. У верхів'ї долина маловиразна, схили її пологі, розорані. У середній течії долина V- подібна (каньйоноподібна), шириною 0,5-1,6 км, схили круті, розчленовані ярами і балками. Заплава до 80-100 м, іноді відсутня. Середня глибина 1,5-2 м. Ширина річки 8-11 м, глибина на плесах 2,5-4 м. Русло має численні меандри, трапляються порожнисті ділянки, багато островів і стариць. Похил річки 0,8

м/км, площа поперечного перерізу 22 м², швидкість течії 0,57 м/с, витрата води 15,54 м³/с. Живлення мішане, з переважанням снігового. Виникають льодові утворення (забереги, шульга) у грудні. Льодостав (крім порожнистих ділянок) встановлюється на початку січня, скресає у середині березня.

Збруч – річка, надміру зарегульована гідротехнічними спорудами: діє 4 ГЕС, споруджені у 1960-1970 роки, які повністю перегороджують річкове русло і утворюють водосховище. З роками воно замулюється. В період маловоддя власники електростанцій намагаються використовувати воду по максимуму для вироблення електроенергії – вони її стримують і в «години пік» скидають на турбіни. Через це надмірне стримування води у водосховищі оголюється русло нижче греблі, течія припиняється, влітку в період нересту – це масова загибель фауни, висихання русла, гниття і розкладання загиблих організмів, які несуть загрозу санітарного характеру». Зокрема, на території Скала-Подільської міської ради перегородили річку Збруч без жодних документів і дозволів. Таких незаконних гребель десятки, і саме вони вбивають річку. Режим маловоддя за останні роки досягає рекордної позначки за останні 20 років.

Одним із факторів, який загрожує Збручу, є відсутність очисних споруд у містечках, через які протікає річка, зокрема у Гусятині і Скалі-Подільській.

Зникнення річок – біда для довкілля та екосистеми. Коли річка висихає – її русло швидко заростає. Їй потім дуже важко повернутися до свого природного стану навіть за умови аномально високих опадів. Як тільки стає мало води, а вода тепла, і у ній є надлишок органічних речовин, адже у водойми дуже часто потрапляють і стічні води з комунальних підприємств, а також стоки з полів з мінеральними добривами насичують воду сполуками азоту. Це стимулює ріст водної і болотяної рослинності. І тоді воді дуже важко пробити зарослі рослинності. І якщо вода з'явиться, то вона буде шукати інші шляхи і розмивати береги. Крім того гинуть десятки тисяч риб. Так, в смт. Гусятин Тернопільської обл. мав місце масовий мор риби – загинуло більше 63 тисяч риб [10].

У зв'язку з зазначеним нами проаналізовано екологічний стан р. Збруч з метою віднайдення ефективних способів управління екологотолерантної діяльності в межах територій, в яких річка протікає.

Матеріал і методи досліджень

Екологічну експертизу стану поверхневих вод в межах річки Збруч проводили впродовж річного циклу за комплексом гідрологічних, гідрохімічних та гідроекологічних показників, описаних в [6-8, 11]. Проведений відбір 200 проб води відповідно до загальноприйнятих методик [6, 11].

Результати досліджень та їх обговорення

Порушення природного стоку на площі водозбору. Погіршення природного регулювання стоку і швидкий розвиток ерозійних процесів призвели до зниження водності. Постійний водоток перетворився на низку непротічних невеличких водоймищ і боліт, а деякі – обмілили [9]. Знищення лісів і степів, що залишилися, їх заміна ріллею, розорювання крутосхилів, верхів'їв річкових долин, балок, ярів, піщаних пустищ істотно порушили природний стік. Певне місце у цьому процесі займало непродумане осушення заплавної боліт, неощадливе зрошення полів, видобування торфу в долинах і балках.

Рослинний покрив є головним фактором стримування процесів ерозії. У минулому водозбірні території малих лісостепових річок майже наполовину були вкриті лісами, а значну частину площі, що залишилася, займала багаторічна лучна рослинність.

При відсутності багаторічної рослинності і потужного дернового покриву зливові потоки легко розмивають береги, а русло річки заповнюється великою кількістю наносів. Після повіддя в руслі утворюються мілини та острівці, які швидко заселяються повітряно-водними рослинами з розвинутими кореневищами. Через деякий час русло річки виявляється замуленим і заболоченим. Під час рясних опадів таке звужене русло не в змозі забезпечити відповідний протік води (дренаж).

Замулення русла. Потужні відкладення рідкого мулу і незначна прозорість води створюють несприятливі умови для розвитку занурених водних рослин і рослин з листками, що плавають на поверхні. Тому заростання русла йде переважно за рахунок земноводної рослинності. Замулення на одній з ділянок річки викликає також замулення на іншій. Замулення русла викликає істотне підвищення місцевого базису ерозії, підйом рівня ґрунтових вод і, як наслідок, вторинне заболочування заплави, що іноді супроводжується вселенням.

Зміна прибережної смуги. Заростання берегів ерозійно-стійкими породами дерев, чагарників (особливо – дубом і вільхою чорною) у вигляді суцільної смуги перешкоджає розмиванню берегів і замуленню русла. Прибережні лісові насадження зменшують витрати води на випаровування в середньому на 24%. У межах прибережних смуг незважаючи на заборону, має місце оранка, випас худоби, створення літніх загонів для тварин, спорудження баз відпочинку, стоянка і миття автомашин, капітальне будівництво.

Вторинне заболочування заплави. Надлишки води, що не входять в межі зарослого звуженого русла, накопичуються у зниженнях заплави. Оскільки русло не очищується, то внаслідок надмірного зволоження ґрунту впродовж 12-15 років заплавні луки перетворюються на низинні болота зі своєрідною рослинністю. Такі порушення природного покриву заплави, як знищення деревної і чагарникової рослинності та оранка прибережних ділянок, сприяють посиленню процесу.

Наявність занедбаних меліоративних каналів, копанок і ям, які заповнюються ґрунтовими, дощовими і талими водами, веде до погіршення санітарно-гігієнічної ситуації. Розмножується молюск-бітінія, що є проміжним хазяїном сисуна котячого, збільшується популяція водяного щура, який є переносником і розповсюджувачем лептоспірозу. В усіх подібних водоймах, особливо, тимчасово-періодичних, масово розвиваються личинки кровосисних двокрилих.

Витрати води. Безповоротне водоспоживання дуже значне і виявляє тенденцію до подальшого зростання. Воно складає від 12 до 60% річкового стоку. Можливе зменшення середнього стоку малих річок у перспективі може скласти 30-60%, а в сухі роки – 40-80%.

На багатьох річках у зв'язку із значним водозабором перестали існувати нерестові угіддя деяких промислово-цінних видів риби. До погіршення умов існування риби призводить не тільки обміління і замулення русел, а також і порушення природного водорегулювання, коли спостерігаються катастрофічне швидкі підйоми і спади води, які призводять до знищення ікри та молоді риби. Водозабори, особливо не обладнані рибозахисними спорудами, можуть знищувати велику кількість молоді риби і таким чином завдавати шкоди рибним запасам.

Гідрохімічна характеристика та санітарний стан річкових вод. Хімічний склад вод у річках району гідрокарбонатнокальцієвого типу середньої мінералізації (табл. 1), тому що долини річки прорізають карбонатні породи — мергелі, вапняки, леси тощо.

Таблиця 1

Результатів досліджень хімічного складу води

Показники	Місце та час взяття проби м. Волочиськ		
	травень	червень	листопад
рН	6,8	6,6	6,9
Загальна жорсткість, мг-екв/дм ³ .	8,1	6,2	7,0
Сухий залишок, мг/дм ³	690	870	820
Сульфати, мг/дм ³	117,6	106,1	121,7
Хлориди, мг/дм ³	25,5	23,1	30,4
Азот аміаку, мг/дм ³	0,66	0,91	3,1
Азот нітритів, мг/дм ³	0,08	0,003	0,001
Азот нітратів, мг/дм ³	10,5	16,4	9,8
Розчинний кисень, мг/дм ³	7,6	7,5	8,1
БСК-5, мгО ₂ /дм ³	3,2	7,8	3,9

Хімізм води змінюється впродовж року залежно від переважання у річковому стоці вод різних генетичних типів: атмосферних, ґрунтових чи підземних. Під час весняного водопілля стік формується сніговими (атмосферними) водами, внаслідок чого мінералізація вод знижується до 170 – 280 мг/дм³, а в період літньої і зимової межени, коли в живленні річок велику роль відіграють підземні води, мінералізація підвищується до 500 -800 мг/дм³.

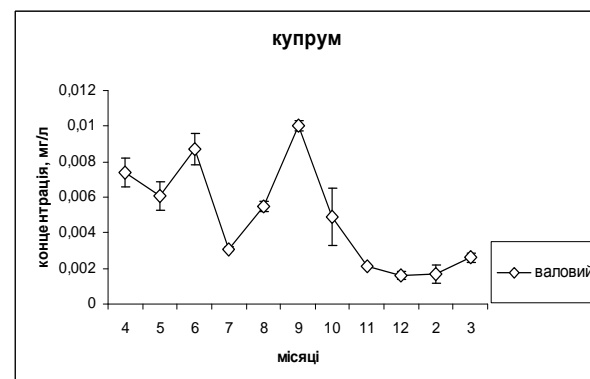
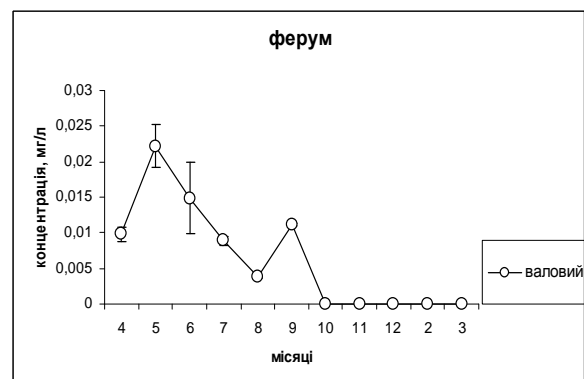
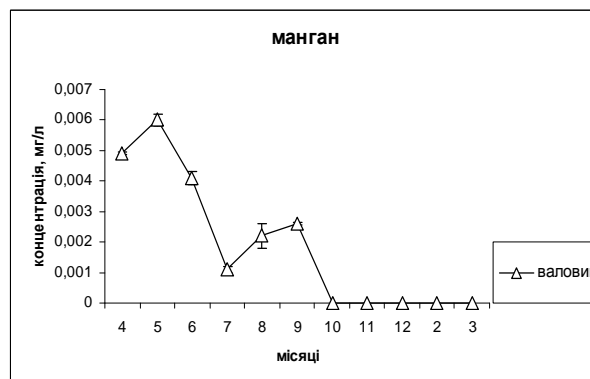
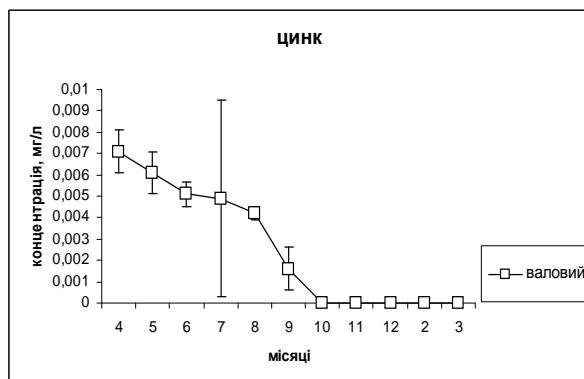
Якість води визначається в основному наявністю у ній різних мінеральних солей і органічних речовин, які можуть перебувати в розчиненому чи завислому стані. Річкова вода в області змінюється від м'якої під час весняного водопілля та дощових паводків до твердої під час межени.

Виявлено перевищення вмісту нітратів влітку та аміаку восени, що пов'язано з їх метаболізмом водоростями та рослинами. Збільшення вмісту мінеральних форм азоту свідчить, зокрема, також про забруднення господарсько-побутовими стоками. Річка забруднюється внаслідок господарської діяльності на прилеглий території в результаті порушення розмірів санітарно-захисної смуги. Значною мірою р. Збруч забруднюється внаслідок посилення ерозійних процесів та розораності прилеглої території.

Вміст важких металів, в зв'язку з скороченням промислового виробництва в місті, зменшився до нормативних значень.

Динаміка вмісту важких металів у складових гідроекосистеми. Для важких металів у гідроекосистемах характерний їх сезонний розподіл, що пов'язано зі зміною кліматичних та залежних від них фізико-хімічних і біологічних параметрів середовища (рис. 1) [7, 8].

На початку дослідження вміст цинку (квітень) був найвищим, потім поступово знижувався, а восени зменшився настільки, що було виявлено лише його сліди. Вміст цинку у воді не перевищував ні фонових показників, ні значень ГДК. Оскільки цинк є біогенним металом, то можна передбачити його активне засвоєння фітогідробіонтами з настанням вегетаційного періоду, оскільки іони цинку беруть участь у ключових реакціях фотосинтезу, з чим пов'язуємо зменшення вмісту цього металу у воді.



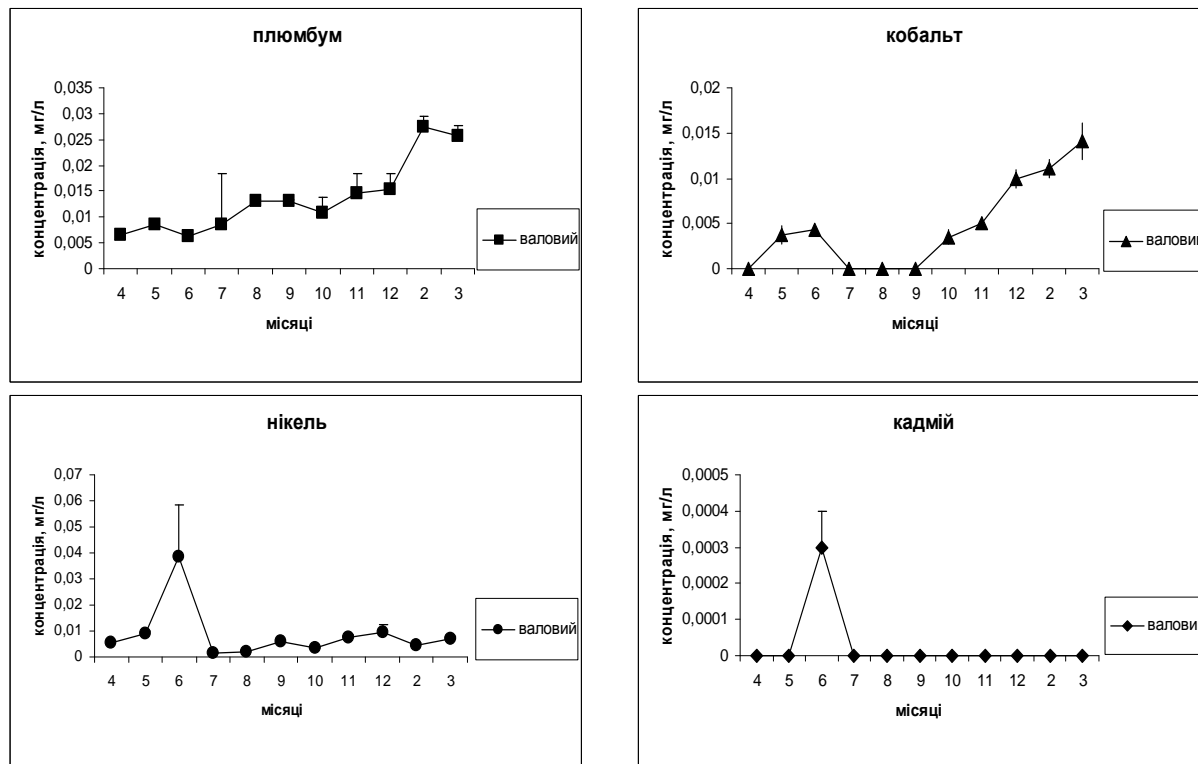


Рис.1. Уміст важких металів у воді р. Збруч у квітні – березні, n=9

Вміст мангану у воді в травні дещо збільшився відносно квітня, у червні-липні знизився до мінімального значення, та знову підвищився у серпні-вересні. Протягом наступних місяців, як і у випадку з Zn, у воді було виявлено лише сліди Mn. Вміст мангану у воді не перевищував фонових значень та показників ГДК. Манган має невисокий показник комплексоутворення [7], а його зв'язування залежить від таких факторів як рН середовища, наявності органічних та інших комплексоутворюючих речовин, концентрації завислих компонентів та окисно-відновної здатності вод. Зниження рН сприяє вивільненню Mn з донних відкладів, наслідком чого могло бути зростання вмісту металу у серпні-вересні, коли виявлено зменшення рН дослідженої води приблизно на одиницю (до 6,5-6,7) порівняно з попередніми місяцями.

Вміст феруму у травні збільшився відносно квітня до максимального показника за весь період досліджень, а протягом наступних місяців поступово зменшувався, аж до серпня, коли було зафіксовано мінімальний показник, однак вже у вересні він знову зріс, і, як у випадку з Zn та Mn, у наступні місяці у воді виявлено лише сліди Fe. Вміст феруму у воді не перевищував фонових значень і ГДК. Ферум відіграє надзвичайно важливу роль у життєдіяльності водних організмів та значною мірою засвоюється ними, чим пояснюється зниження його концентрації у воді протягом періоду вегетації та зростання восени.

Вміст купруму від початку спостереження суттєво не змінювався до вересня, коли концентрація металу у воді різко збільшилася, а протягом наступних місяців зменшувалась до мінімального показника у грудні, однак у лютому-березні спостерігаємо збільшення концентрації Cu. Вміст купруму у воді був досить високим, оскільки всі місяці (за винятком зимових) характеризуються перевищенням фонових значень, а у вересні він відповідав ГДК. Відсутність чітко визначеної динаміки вмісту купруму у першій половині дослідження свідчить про велику кількість чинників, вплив яких не завжди можливо оцінити, але основними серед них є рН, наявність розчинених органічних речовин та завислих частинок органічної та мінеральної природи. Крім того, варто брати до уваги і вплив таких факторів, наприклад, як надходження металу із стічними водами (токсикогенний стік) та атмосферними опадами. Внаслідок відмирання фітомаси восени концентрація купруму у воді збільшується шляхом її надходження з водних організмів. В наступні місяці відбувається утворення комплексних

сполук міді з розчиненими органічними речовинами, вміст яких зростає також у зв'язку з відмиранням гідробіонтів, наслідком чого є зменшення концентрації Cu. Підвищення вмісту купруму у лютому пов'язуємо з надходженням металу з талою сніговою водою, оскільки сніг має здатність до накопичення важких металів.

Динаміка вмісту п्लомбуму мала флюктуаційний характер від початку дослідження до серпня-вересня, коли вміст металу збільшився, у жовтні мало місце деяке його зменшення, а вже протягом наступних місяців спостерігалось збільшення до максимального значення у лютому і знову незначне зменшення у березні. Зафіксовано перевищення фонових показників свинцю протягом усього досліджуваного періоду, максимально – у лютому (у 9,13 рази). Перевищень ГДК не виявлено. Як і для більшості металів, концентрація п्लомбуму у воді залежить від абіотичних, біотичних та антропогенних факторів. Тому за сукупної їх дії вкрай важко встановити істинну причину коливальної динаміки вмісту металу протягом весняно-літнього періоду. За зменшення у воді вмісту кисню відбувається надходження свинцю з донних відкладів, що спостерігається з настанням холодного періоду, та пов'язано зі зниженням рН води, що спричиняє міграцію металів з донних відкладів у воду. Зміна рН має місце унаслідок зниження вмісту кисню, що використовується в процесі окисної деструкції органічних речовин відмираючих решток рослин і водоростей. Тому саме взимку і виявляється найвищий вміст Pb у воді.

Щодо вмісту кобальту у річковій воді, то у квітні було виявлено лише його сліди, у травні-червні вміст дещо підвищився. У наступні три місяці концентрація металу знову знизилася до слідових кількостей, а вже з жовтня поступово збільшувалася до максимального значення у березні. Кобальт перевищує фонові значення у грудні-лютому-березні у 1,23, 1,38 та 1,76 рази відповідно. У лютому та березні зафіксовано також перевищення рибогосподарських ГДК у 1,11 та 1,41 рази. Зростання вмісту кобальту у воді в травні-червні могло бути зумовлене великою кількістю опадів в цей час, унаслідок чого метал у річку потрапляє з дощовими водами. Зменшення концентрації Co у вегетаційний період пояснюється його утилізацією гідробіонтами. Причиною зростання вмісту кобальту у воді в осінньо-зимовий період може бути невисока стійкість комплексів кобальту з органічними речовинами природних вод.

Вміст нікелю у воді від початку дослідження збільшився до максимального значення у червні і різко знизився до мінімального у липні, у серпні-вересні знову збільшився, у жовтні – знизився, у листопаді-грудні – збільшився, у лютому – зменшився, у березні – знову збільшився. Концентрація нікелю перевищувала фонові значення за винятком липня-серпня, максимальне перевищення у 12,8 рази зафіксовано у червні. Також перевищено рибогосподарські ГДК протягом усього періоду дослідження, а в червні у 192,5 рази. Флюктуаційна динаміка вмісту нікелю у воді може бути пов'язана з невисоким ступенем його закомплексованості, оскільки в умовах досліджених природних вод існує конкурентне зв'язування фульвокислот іншими металами, серед яких найбільший вклад в утворення комплексних сполук вносять залізо та мідь.

Впродовж усього періоду дослідження концентрація кадмію була на рівні слідових кількостей за винятком червня, коли зафіксовано перевищення фонових значень у 3 рази. Перевищень значення ГДК не спостерігали. Збільшення вмісту кадмію у даний період можна пояснити лише його надходженням зі змивними водами, що було зумовлено інтенсивними атмосферними опадами.

Евтрофування. Підвищенні біологічної продуктивності природних вод внаслідок їхнього збагачення живильними речовинами у першу чергу забруднює воду біогенними елементами. Збільшення концентрації біогенних іонів у воді підвищує її потенційну біопродуктивність, але різко звужує можливості господарського і гігієнічного використання. Тому евтрофування можна розглядати, як забруднення вод біогенами. Антропогенна складова річкового стоку досягає 2-10 т на 1 км² [3, 8].

Органічне забруднення. При підвищенні концентрації органічних речовин у воді вміст кисню знижується, активна реакція стає слабкокислою (рН = 6,6-6,9), збіднюється видовий склад гідробіонтів, особливо альгофлори. Нижче колекторів стічних вод домінують синьо-зелені водорості, причому чисельність їх буває дуже значною. Звичайні природні ценози

ЕКОЛОГІЯ

замінюються новими однорідними співтовариствами з низьким видовим розмаїттям, але із значною чисельністю деяких домінуючих видів. Зі складу планктону і бентосу випадають оксифільні, реофільні і реліктові види, що зустрічалися вище за течією. Загальне органічне забруднення води також може бути токсичним. Споживання великої кількості кисню на окислення органічних речовин призводить до падіння його вмісту у воді і, в кінцевому підсумку, до заморів [10].

Визначення стану р. Збруч за візуальною оцінкою системи характерних параметрів річки та її заплави [11]:

1. Швидкість течії, см/с:

Для річки з: природним або мало зміненим руслом	Більше 30	20-30	10-20	5-10	0-5
з каналізованим руслом	—	20-30	10-20	5-10	0-5 та більше 30
Оцінка	10				

2. У якому стані русло:

Природне — має всі властиві йому елементи: мілини і глибокі ділянки, багато меандрує, має ділянки з швидкою і повільною течією, є перекати і плеса, затони, коси, острівці та інші природні руслові утвори	окремі природні утвори русла змінені (до 20%) внаслідок діяльності людини	значна частина (до 40%) природних утворів русла трансформованів т.ч. каналізованих	більшість (60-80%) природних утворів русла зруйновані, русло частково каналізоване або до 500 метрів річки проходить в трубі	русло — прямий канал , що на всю довжину річки має лише кілька поворотів. Або понад 500 метрів річки проходить в трубі під землею
	10-9			

3. Зарегульованість річки греблями (ставками):

Річка в природному стані	є 1 ставок площею менше 10 га на 20 км річки, або у розрахунку менше 1 га ставків на 1 км річки	на 15-20 км річки є 1 ставок площею до 50 га, або у розрахунку на 1 км річки менше 3 га ставків	на 10-15 км річки 1-2 ставки площею до 50 га, або у розрахунку на 1 км річки 3-6 га ставків	на 5-10 км річки 1-2 ставки площею понад 50 га, або у розрахунку на 1 км річки 6-10 га ставків	на 2-5 км річки 1 ставок площею понад 50 га, або у розрахунку на 1 км річки понад 10 га ставків
		9			

4. Характер дна — замуленість:

Дно природне із незначним природним, м'яким осадом, який після повеней виноситься з русла практично повністю	шар мулу до 15 см, переважно м'який, але повенями не виноситься	шар мулу 15-40 см, переважно щільний	шар мулу більше 40 см, щільний	шар мулу значний, щільний, товщину важко визначити
	7			

5. Характеристика річкової води:

Чиста, прозора, без запаху, практично без смаку, при відстоюванні виділяються бульбашки повітря	чиста, прозорість — близько 1 м, у мілких річках — до дна, слабо мутна, практично без запаху і присмаку	слабо прозора, мутна, із запахом	мутна, брудна, непрозора, із сильним болотним запахом	брудна, непрозора, із плямами бруду на поверхні, з гнилісним чи іншим неприємним запахом
		5		

6. Температура води (влітку):

Близька до температури повітря, її добові зміни наближаються до змін температури повітря	температура води помітно вища від температури повітря
4	

7. Засміченість річища:

В річищі чисто, ніякого сміття немає	зустрічаються окремі предмети неприродного походження — пластик, метал, скло, інші побутові відходи (на 500м – 1-5 сторонніх предметів)	зустрічаються окремі скупчення предметів неприродного походження і решток органічних речовин – до 3 куп сміття на 500 м річки	досить часто зустрічаються скупчення сміття включно решток органічних речовин – на 500 м річки є 3-7 куп сміття	річка дуже сильно засмічена, не рідше як на 50-100м є скупчення сміття
9				

Характер водної рослинності:

8. Видова структура

Багато різних видів водної рослинності без чіткого переважаючого одного з них над всіма іншими	багато різних видів, але 1-2 чітко переважають за кількістю над іншими є нитчасті водорості	можна нарахувати 5-7 видів, але є значне переважанням 1-2 видів над іншими, є нитчасті водорості	всього 3-5 видів, переважають один-два види, зокрема значна кількість Очерету звичайного
7			

9. Заростання річища (у % до площі водного дзеркала):

До 15	15-30	30-50	рослинність відсутня	більше 50
11				

10. Рибне населення річки:

Багато різних видів риби, різних вікових груп у т.ч. є сом, судак, чехонь	риби менше, але є різні види і різних вікових груп, типові види – щука, лящ, лин	риба трапляється тільки кількох видів і переважно молоді особини, типовими є карась та окунь	риби мало, переважає молодь і верховодки, може траплятись карась
8			

11. Стан берегів і прибережної захисної смуги (ПЗС) – до 25 метрів від урізу води:

Природні, незруйновані, майже пологі, але чітко окреслені, вкриті травою або дрібними чагарниками іноді деревами верби, вільхи чи інших порід, що ростуть у вологих місцях	природні, незруйновані, піддаються розмиванню, вкриті трав'яною рослинністю, кущами, іноді деревами, рослинність на початкових стадіях деградації	переважно природні, незруйновані, на деяких ділянках береги розорані, природної рослинності менше, вона деградує	є окремі дерева, кущі, піддаються інтенсивному розмиванню, трав'яна рослинність значною мірою деградована у зв'язку з випасом чи іншими причинами	облицьовані бетонними плитами. Береги каналу, розорані, постійна рослинність майже відсутня
--	---	--	---	---

II. Оцінка заплави:

12. Співвідношення елементів заплави (в % від площі):

ліс, чагарники	луки (сіножаті, пасовища)	болота	рілля	урбанізовані території	оцінка
У % від площі заплави на описуваній ділянці річки					
ділянки з природним лісом складають до 50% площі заплави	ділянки з луками, природними степами і природними болотами складають понад 50% території заплави,		немає	немає	
ділянки з природним лісом складають 30-50% площі заплави	ділянки з луками, природними степами і природними болотами складають близько 50% території заплави		до 5%	можливі окремі будівлі чи дорога, до 5% території	
природного лісу до 30%	ділянки з луками, природними степами і природними болотами складають понад 30-50% території заплави		до 20%	5-10%	12
15-20% ліс або лісопосадки	ділянки луків або степів – близько 30%	природних боліт немає	20-40%	10-15%	

ЕКОЛОГІЯ

є окремі незначні ділянки лісу, до 10%	природних луків або степів менше 20%	заплава осушена або боліт не було	40-60%	15-30%	
ділянок з природними лісами, луками, степами в заплаві немає, заплава осушена, “окультурена”			більше 70%	більше 30%	
Якщо ландшафт заплави рівний, то заплавою вважати межі водоохоронної зони (ВЗ) – до 250 м по обох берегах річки. Вказати чи виділена ВЗ на місцевості і, якщо так, – додати 5 балів					

13. Ширина непорушеної частини заплави з природним чи близьким до нього біоценотичним покривом:

Значно більше 100 метрів по обох сторонах річки	близько 100 м по обох сторонах	25-100 м по обох сторонах	хоча б по одній із сторін непорушена частина заплави складає близько 50 метрів	вся заплава з порушеними, зруйнованими біоценозами
6				

14. Ступінь порушеності природних ландшафтів річкової долини

Непорушені або мало змінені – заплава практично повністю збережена, є всі її елементи – прирічковий вал, притерасні пониззя, залишки старого річища, піщані дюни	мало порушені – до 20% змінених. Збережені окремі елементи заплави	значно порушені, 20-50% змінених	дуже сильно порушені, 50-70% змінених, значна частина розорюється і зайнята агробіоценозами	майже знищені або знищені, більше 70%, повністю осушена, розорюється або перетворена у пустир, смітник
6				

15. Ступінь деградації природних біоценозів заплави

менше 5% території мають порушений, змінений рослинний покрив	до 20% території з порушенням, зміненим рослинним покривом	до 40% території з порушенням, зміненим рослинним покривом	до 60% території з порушенням, зміненим рослинним покривом	понад 60% території з порушенням, зміненим рослинним покривом, переважають агробіоценози
10				

16. Характер деградації природних біоценозів заплави

Природні біоценози у доброму стані, луки викошуються, ліс чистий	переважно збережена природна рослинність, бур'янів – до 5%	мало збережені, деградують, до 20% рослинності - бур'яни	майже не збережені, луки деградовані або більшість рослинності – бур'яни, є плями оголеного ґрунту	відсутні, замінені агробіоценозами, бур'янами або деградовані до рівня оголеного ґрунту
10				

17. Сліди водної ерозії ґрунтів заплави і надзаплавних терас

Практично не спостерігається змивів ґрунту	спостерігаються окремі змиви ґрунту (на 500 м берега – 1-3)	є чітко виражені сліди змивів ґрунту (на 500 м берега >3)	багато слідів ерозії
7			

18. Рівень рекреаційного навантаження

немає стоянок і відпочивальників	окремі випадки появи відпочивальників, або наметових стоянок – 1 на 1 км	багато, на кожні 100 м річки може зустрітись наметова стоянка або сліди груп відпочивальників	дуже багато, стоянок і відпочивальників
2			

19. Засміченість прибережної захисної смуги (ПЗС)

ПЗС чиста, сміття відсутнє	Зустрічаються окремі предмети неприродного походження — пластик, метал, скло, інші побутові відходи	Зустрічаються окремі скупчення предметів неприродного походження – до 3 куп сміття на 500 м берега річки	Досить часто у ПЗС зустрічаються скупчення сміття (на 500 м річки є 3-7 куп сміття)	ПЗС дуже сильно засмічені (на 500 м річки є понад 10 куп сміття)
5				

20. Характер господарського використання заплави

Ландшафти заплави не використовуються для господарських цілей	іноді випасається худоба, луки викошу-ються неповністю, ліс захарашчений, є відпочивальники	окремі ділянки розорюються, систематично випасається худоба, прокладені дороги, є окремі будівлі, ведеться інша господарська діяльність, є багато відпочивальників	значно розорана, інтенсивно випасається худоба, багато будівель, зокрема господарських, є ферми, літні табори худоби прокладені дороги	повністю розорана, або зайнята під господарські будівлі які розміщені і у ПЗС
6				

21. Використання води річки та обсяг води, який забирається з річки

Вода з річки не відбирається	використовується для поливу городів, іноді закачуються цистерни тощо, відбирається менше 10 % всього стоку	крім попереднього, є постійні водозабори, якими викачується до 20 % всього стоку	те ж, але відбирається до 30% всього стоку	забирається понад 30% стоку річки
5				

22. Наявність прямих стоків (із труб, ривчаків) в річку від заводів, ферм, дворів, вулиць тощо на ділянці, що оцінюється

Не виявлено	знайдено 1-2 на 500 м річки з незначним сумарним стоком, або 5-7 % стоку річки на цей час (сезон)	виявлено 1-5 на 500 м з сумарним стоком до 15% стоку річки	є більше джерел стоків із сумарним стоком, що складає понад 15% стоку річки	
10				

23. На відомій Вам ділянці вище по течії

Без сумніву, що немає стоків	можливо є 1-2 на 500 м річки з сумарним стоком до 7% стоку річки на цей час	відомо точно, що є до 5 джерел стоків на 500 м річки із сумарним стоком 7-15% стоку річки	відомо точно, що є населені пункти чи виробничі підприємства, які дають по кілька витоків стоків на 500 м зі стоком, що складає понад 15% стоку річки	
7				

24. Наявність у долині житлових будівель, інших споруд – урбанізованість території

Будівель немає	є окремі господарські або житлові будівлі, 10-20% площі заплави зайнято будівлями	є багато будівель, ними зайнята половина площі заплави	майже вся заплава зайнята господарськими будівлями, іншими урбооб'єктами	
8				

III. Інформація з опитування жителів про глибину і характер змін, що відбулись з річкою (у порівнянні із тим станом, який пригадують старожили).

Для оцінки жителями змін, що стались з річкою, доцільно користуватись такою інформацією:

Було: чиста прозора вода, швидка течія, глибока і широка річка, тихі затоки, заводи, багато різної риби, мальовничі зарості водяних рослин, по берегах річки зелені луки і сіножаті, дерева і кущі верби, ліс, люди із задоволенням купались і відпочивали біля річки, у заплаві зустрічалось багато диких тварин і птахів тощо.	Стало: течії у річці не видно, брудна, стояча вода, на дні багато мулу, річка мілка, пересихає, немає риби, на берегах випасається багато худоби, яка витоптує траву, на берегах ростуть бур'яни і будяки, худоба заходить у річку на водопій і сильно забруднює її, на берегах відсутні дерева і кущі, береги розорані майже до самої води тощо.
---	--

25. Зміни, що сталися за останні 25-40 і більше років

Змін немає або вони незначні, несуттєві, готовий іноді попиту води з річки	За минулі роки річка змінилась, але вона все ще приваблива	Зміни дуже великі, річка стала непривабливою , в ній не завжди хочеться купатись	Річка стала невпізнаною, в річці не можна купатись
8			

26. Зміни, що сталися за останні 10-15 років

Змін немає або вони незначні, несуттєві, готовий іноді попиту води з річки	За минулі роки річка змінилась, але вона все ще приваблива	Зміни дуже великі, річка стала непривабливою , в ній не завжди хочеться купатись	Річка стала невпізнаною, в річці не можна купатись
7			

Сума балів оцінки складає – 195 балів. Отже стан річки можна оцінити як “задовільний”, але в ній активно розвиваються деградаційні процеси. Стан річки повинен викликати стурбованість і необхідно виконати комплекс заходів із її збереження та охорони.

Висновки

1. Вода в окремі періоди перевищує допустимі норми за хімічними показниками сполук Нітрогену та важких металів, особливо небіогенних – Кадмій, Плюмбум та частково купрум.
2. Забруднення призводять до прогресуючої інтоксикації біоти водойм. Зростання рівня акумуляції токсикантів у часі є фактором, що поглиблює екологічну деградацію водойми і спричиняє: непридатність риби і рибопродуктів для харчових і кормових цілей внаслідок перевищення санітарно-гігієнічних норм максимально припустимого їх вмісту, масову загибель риб від кумулятивної інтоксикації.
3. Ресурси річки використовуються різнобічно і дуже інтенсивно. Інтенсивне водокористування на фоні маловоддя актуалізує проблему економії водних ресурсів.
4. Комплексне використання річки повинно також орієнтуватися на поєднання інтересів господарської діяльності із завданнями охорони природи. З господарської точки зору важливо підтримувати продукуючу біомасу. З природоохоронної точки зору необхідно прагнути зберегти увесь генофонд гідробіоценозів. Обидва підходи можуть спиратися на концепцію оптимізації умов існування організмів і біотопів їх проживання. Водогосподарчий баланс річки повинен складатися, виходячи з збереженням живої природи в усьому її різноманітті в умовах інтенсивного антропогенного тиску.
5. У зв'язку з маловоддям річка потребує захисту: обмеження спорудження нових гідроспоруд та перегляд діяльності існуючих.
6. Обмежити рубки лісів в місцях витоків та здійснити висадження нових лісових масивів.
7. Для зменшення антропогенного впливу на якість води необхідно: провести очистку окремих територій від побутових відходів; відновити санітарно-прибережну залісену смугу для зменшення ерозії; створити охоронну зону, в якій рекомендується вирощувати сільськогосподарські культури лише з обмеженим використанням засобів захисту рослин.

1. *Восстановление й охрана малых рек. Теория й практика* / Под ред. К. К. Здельштейна. М. Й. Сахаровой. — М.: Агропромиздат, 1989. — 317 с.
2. *Нежиховский Р. А.* Гидролого-экологические основы водного хозяйства / Р. А. Нежиховский. — Л. : Гидрометеиздат, 1990. — 230 с.
3. *Проблеми малих річок України.* — К. : Наукова думка, 1974. — 180 с.
4. *Природа Хмельницької області* / Ред. К.І. Геренчука. — Львів : Вища школа, 1979. — С. 68—92.
5. *Романенко В. Д.* Основи гідроекології: Підручник / В. Д. Романенко. — К. : Обереги, 2001. — 728 с.
6. *Руководство по химическому анализу поверхностных вод суши* / Под ред. А.Д. Семенова. — Л. : Гидрометеиздат, 1977. — 541 с.
7. *Сорока Т. В.* Динаміка вмісту важких металів у складових екосистемі р. Збруч у весняно-літній період / Т. В. Сорока // Біологічні системи. — 2011. — Т. 3. Вип. 2. — С. 29—33.
8. *Сорока Т. В.* Порівняльна характеристика навантаження важкими металами малих річок Західного і Центрального Поділля / Т. В. Сорока, Г. Б. Гуменюк, О. П. Осадча, В. В. Грубінко // Наукові записки

- Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2009. — № 1-2 (39). — С. 131—136.
9. *Томчишин Ю.* Річки міліють і зникають. [Електронний ресурс]: <http://zbruc.eu/node/55192>. Перевірено 20.01.2017 року.
 10. *У річці Збруч масово гине риба.* [Електронний ресурс]: <http://ukr.segodnya.ua/regions/lvov/v-reke-zbruch-massovo-gibnet-ryba-lyudi-byut-trevogu-i-zhaluyutsya-na-zapah-602387.html>. Перевірено 20.01.2017 року.
 11. *Хімко Р.* Досліджуємо малі річки (методичні вказівки) / Р. Хімко. — К., 1997. — 70 с.
 12. *Water for people, water for life.* The United Nations World Water Development Report. [Електронний ресурс]: <http://unesdo.org/water/wwar>. Перевірено 20.01.2017 року.
 13. *World Water Development Report 2016.* [Електронний ресурс]: <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/396246/>. Перевірено 20.01.2017 року.

Т. В. Андрусин, В. В. Грубинко

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ СИТУАЦИИ РЕКИ ЗБРУЧ В УСЛОВИЯХ ЗАРЕГУЛИРОВАНИЯ И ДЕФИЦИТА ВОДЫ

Системно охарактеризована экологическая ситуация р. Збруч в последние годы вследствие дефицита воды (дефицит осадков, пересыхание ключей, зарегулирование стока из-за строительства дамб и ГЭС, заиливание), антропогенного воздействия (использование минеральных и биологических ресурсов, загрязнение неочищенными сточными водами промышленного, сельскохозяйственного и коммунального происхождения, замусоривание, отсутствие очистки) на ее экосистему. Отмечено ухудшение водного режима, гидрохимической и экотоксикологической ситуации, нарастание загрязнения тяжелыми металлами, значительное ухудшение качества воды и водной среды для организмов, приуроченных к речной экосистеме. Состояние реки оценено как “удовлетворительное”, однако с ярко выраженным развитием деградационных процессов. Предложено первичные мероприятия по улучшению экологического состояния р. Збруч.

Ключевые слова: Збруч, загрязнение, экологическое состояние, охрана гидроэкосистем

T. V. Andrusichyn, V. V. Grubinko

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

A COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE ENVIRONMENTAL SITUATION OF THE ZBRUCH RIVER IN TERMS OF WATER REGULATION AND WATER SCARCITY

Systematically described the environmental situation of the Zbruch river in recent years due to a lack of water (lack of rainfall, the drying up of the keys, runoff control activities due to the construction of dams and hydroelectric power, siltation) and anthropogenic impacts (use of mineral and biological resources, pollution of waste water from industrial, agricultural and municipal origin, littering, failure to clean) on the ecosystem. Marked deterioration of the water regime, hydrochemical and ecotoxicological situation of the growing pollution of heavy metals, significant degradation of water quality and the aquatic environment for organisms confined to the river ecosystem. The river condition was assessed as “satisfactory”, but with a pronounced development of degradation processes. The proposed primary measures to improve the ecological status of the river Zbruch.

Key words: Zbruch, pollution, ecological status, protection of hydroecosystem

Рекомендує до друку

В. І. Парпан

Надійшла 21.02.2017

УДК 338. 432

¹Г. В. ГУМЕНЮК, ²Н. М. ГАРМАТІЙ¹Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027²Тернопільський технічний університет імені Івана Пулюя
вул. Руська 56, Тернопіль, 46001

КОРЕЛЯЦІЙНО-РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ВОДИ В ТЕРНОПІЛЬСЬКОМУ РЕГІОНІ

В статті висвітлено важливість дослідження впливу екзогенних та ендегенних чинників, які впливають на рівень забруднення водних ресурсів регіону, зокрема, прозорості води та діяльність підприємств водокористування Тернопільського регіону, стан фінансування, масштаби проведення водоочисних засобів та інші чинники. Застосування сучасного інструментарію економіко-математичного моделювання на основі кореляційно-регресійного аналізу дозволяє дослідити міру залежності чинників на рівень забруднення водних ресурсів регіону, можливість моніторингу та управління ситуацією. Реалізація моделювання в сучасних програмних продуктах дозволяє пришвидшити та віалізувати здійснені розрахунки.

Ключові слова: забруднення водних ресурсів, водний баланс, підприємства водокористування, регресійний аналіз, кореляція, помилка апроксимації

Роль водного фактору у підтриманні балансу природно-екологічних процесів є однією з центральних. Прозорість води є одним з основних критеріїв, що дозволяють судити про стан водоймища. Вона залежить від кількості зважених частинок, змісту розчинених речовин і концентрації фіто- і зоопланктону. Впливає на прозорість і колір води. Чим ближчий колір води до голубого, тим вона прозоріша, а чим жовтіше, тим прозорість її менше [4].

Важливим чинником, що визначає прозорість води в непроточних водоймищах є біологічні процеси. Прозорість води тісно пов'язана з біомасою і продукцією планктону. Чим краще розвинений планктон, тим менше прозорість води. Таким чином, прозорість води може характеризувати рівень розвитку життя у водоймищі. Прозорість має велике значення як показник розподілу світла (променистої енергії) в товщі води, від якого залежить в першу чергу фотосинтез і кисневий режим водного середовища [4].

Будь-які зміни водного режиму і водозабезпеченості зумовлюють значний прямий і непрямий вплив як на функціонування природних екосистем, так і економіку країни. Особливої уваги заслуговує проблема формування та функціонування економічного механізму водокористування, а також прогнозування соціально - економічного розвитку країни на його основі [1].

Існує декілька концепцій економічної оцінки водних ресурсів, найвідомішими серед яких є: витратна, результативна, змішана та рентна [1].

Найбільш обґрунтованою є рентна концепція, згідно з якою внесок водних ресурсів в суспільне багатство характеризується рентними доходами, отриманими в результаті використання даних ресурсів. Рентний підхід розглядає як економічну оцінку максимально можливий економічний ефект від експлуатації джерела при даному рівні витрат і існуючих обмеженнях, зумовлених рівнем розвитку технологій тощо, тобто диференційну ренту. В цьому випадку ціна водних ресурсів буде включати не тільки ренту за якістю і розташуванням, а й ренту, що відображає ефективність додаткових капіталовкладень в їх експлуатацію. Досягти повної компенсації загальноекономічних витрат, необхідних для відшкодування ресурсів, що вибули, можливо лише розвиваючи рентну концепцію економічної оцінки водних ресурсів. Нині в Україні рентний підхід є основою для визначення нормативів збору за спеціальне водокористування та штрафів за забруднення водних джерел. З кожним роком проблема вартісної оцінки водних ресурсів стає все більш актуальною, адже від неї залежать фінансово-економічні результати діяльності підприємств (рис. 1).



Рис. 1. Чистий прибуток підприємств водокористування [3].

Подальше вдосконалення теорії ренти пов'язане з необхідністю врахування в усіх розрахунках, що стосуються економічної оцінки водних ресурсів, абсолютної ренти, оскільки перехід до ринку спричинив розвиток різноманітних форм власності, і, насамперед, приватної, яка в свою чергу є джерелом виникнення абсолютної ренти.

Матеріал і методи досліджень

Для отримання лінійної двофакторної економетричної моделі ми використали статистичні дані у Державному підприємстві “Тернопільське міжрайонне управління водного господарства”(ДП “Тернопільське МУВГ”) , зокрема такий важливий фізичний показник, як прозорість води (табл. 1). Кількісно оцінити прозорість можна по шрифту Снеллена №1 (прочитати спеціальний шрифт через товщу води). Воду вважають достатньо прозорою, якщо через шар води товщиною 30 см можна чітко прочитати слова шрифту. Прозорість води залежить і від кількості завислих речовин. Каламутність питної води не повинна перевищувати 1,5 мг/ дм³ [2].

Результати досліджень та їх обговорення

Вміст завислих речовин в воді (а отже, її каламутність і прозорість) змінюється протягом року, зростаючи в період дощів і доходячи до максимуму в період паводків. Найменша каламутність (найбільша прозорість) річкової води спостерігається зазвичай у зимовий час, коли річка вкрита льодом. В озерах та штучних водоймищах каламутність, як правило, незначна і обумовлюється надходженням каламутної води з річок, живлять дані водойми, а також поверхневих стоків з їх берегів [4].

Таблиця 1

Статистичні дані Державного підприємства “Тернопільське міжрайонне управління водного господарства”(ДП “Тернопільське МУВГ)

Роки	Прозорість води, см. ($M \pm m$), n=12	Надходження коштів, тис. грн.	Проведені роботи, га.
2012	26,32±0,3	2158,25	15,1
2013	25,08±0,4	2017,29	13,5
2014	27,36±0,6	1758,1	11,6
2015	28,12±0,5	1442,14	9,1
2016	30,31±0,4	1258,26	8,4

Каламутність води залежить від наявності у воді зважених частинок мінерального або органічного походження. Підвищена каламутність обмежує водоспоживання, свідчить про забруднення природних вод стічними водами. Якість, протилежна прозорості, називається каламутністю. Каламутність є показником ефективності процесу освітлення води на очисних

спорудах. Каламутні води гірше знезаражуються і в них створюються кращі умови для виживання мікроорганізмів. Згідно з ДСанПіН рівень каламутності не повинен перевищувати 0,5, а максимально припустимий рівень - 1,5 НОК (нефелометричних одиниць каламутності). Вміст завислих часток у воді при цьому буде не більше 1,5 мг/дм³ [2].

При дослідження впливу екзогенних та ендогенних чинників функціонування підприємств водокористування на рівень забруднення водних ресурсів Тернопільського регіону, застосували сучасний інструментарій економіко-математичного моделювання з реалізацією в сучасному програмному середовищі Statistica 10. Загальний вигляд моделі лінійної регресії за якою проводили дослідження наведений у формулі 1.1.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_mx_m + \varepsilon \quad (1.1)$$

де $\alpha_0, \alpha_1, \dots, \alpha_m$ – невідомі параметри;

ε – випадкова величина;

y – залежна змінна;

x_1, x_2, \dots, x_m – незалежні змінні.

Після проведення досліджень модель набуває наступного вигляду як у формулі 1.2.

$$y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 + \varepsilon \quad (1.2)$$

де y – рівень забруднення води (загальний показник прозорості води);

x_1 – надходження коштів;

x_2 – проведені роботи для покращення стану водойм.

Для знаходження оцінок параметрів моделі a_i застосовано метод найменших квадратів.

Суть даного методу полягає в тому, що оцінки параметрів знаходяться таким чином, щоб сума квадратів відхилень спостережувальних на практиці значень показника y від теоретичних \hat{y} була мінімальною [3].

Для обробки статистичної бази застосовано пакети прикладних програм STATISTICA 10.0 та Microsoft Excel 2007, які дозволяють опрацьовувати великі масиви інформації в зручному інтерфейсі для користувача. Здійснені розрахунки регресійного впливу обсягу фінансування підприємств водокористування, та масштаби проведення робіт для покращення стану водойм на визначальний показник- рівень забруднення водойм у Тернопільському регіоні представлено на рисунку 2.

	b*	Std. Err. of b*	b	Std. Err. of b	t(2)	p-value
Intercept			38.71893	1.609779	24.05233	0.001724
Надходження коштів (x ₁)	-4.18377	1.147832	-0.02180	0.005980	-3.64493	0.067714
Проведені роботи (x ₂)	3.29598	1.147832	2.28428	0.795506	2.87148	0.102899

Рис. 2. Підсумкова таблиця регресії

На рисунку 3 представлено моделювання на основі регресійного аналізу в програмному середовищі STATISTICA 10.0, що дозволяє значно підвищити точність та швидкість проведених математичних розрахунків.

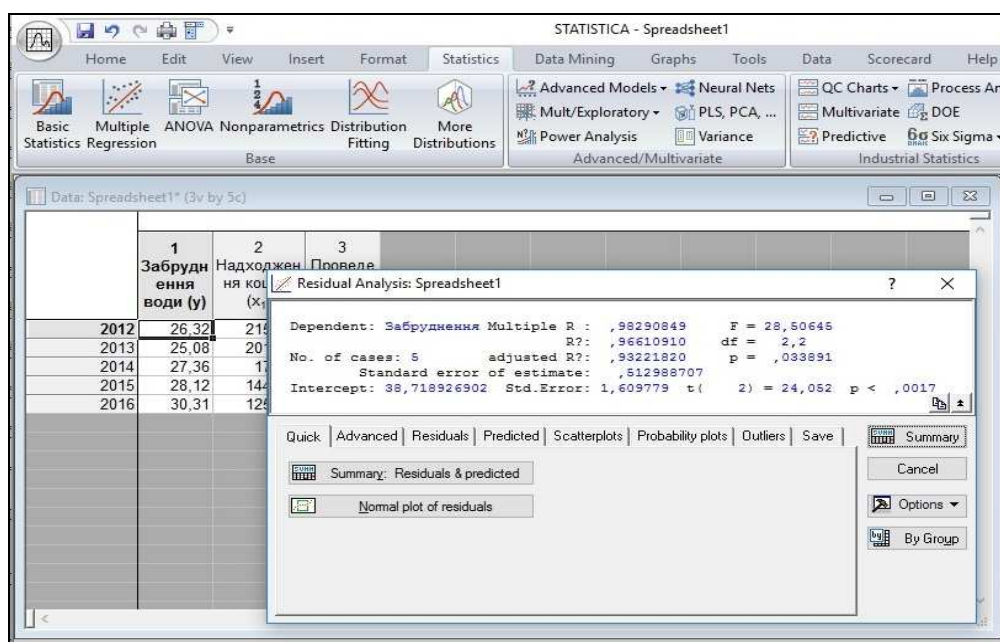


Рис. 3. Вікно регресійного аналізу

Застосовуючи рівняння 1.3 та статистичні дані таблиці 1, отримано лінійну двохфакторну економетричну модель виду 1.3.

$$y = 38,71 + 0,022x_1 + 2,284x_2 \quad (1.3)$$

Для перевірки моделі на адекватність визначено значення оціненого коефіцієнта детермінації \bar{R}^2 за формулою 1.4 [1].

$$\bar{R}^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2 / (n - k)}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n - 1)} \quad (1.4)$$

де n – кількість спостережень;

y_i – значення у, які спостерігаються на практиці;

\hat{y}_i – теоретичні значення у, знайдені за рівнянням регресії;

\bar{y} – середнє значення у;

k – кількість параметрів регресійної моделі.

Значення оціненого коефіцієнта детермінації побудованої економетричної моделі (1.3) становить $R^2=0,96$, що є високим показником (модель пояснює 96 % дисперсії змінної у) і свідчить про адекватність моделі досліджуванім процесам.

Ще одним критерієм якості моделі є критерій Фішера. Для побудованої економетричної моделі (1.3) значення F-статистика Фішера становить $F(2,2)= 28,506$. Вказаний показник F-статистика є вищий за його табличне значення. Отже, побудована економетрична модель є адекватною за критерієм Фішера та може застосовуватись для подальших досліджень (рис. 4).

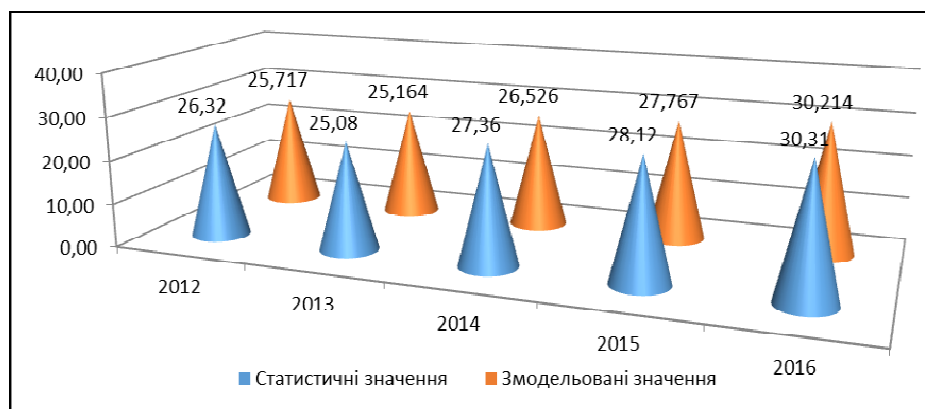


Рис. 4. Статистичні та змодельовані значення прозорості води

За допомогою отриманої економетричної моделі (1.3) проведемо дослідження коефіцієнтів еластичності.

Коефіцієнт еластичності визначимо за наведеною формулою (3.5)

$$E_i = \frac{x_i}{y} \frac{\partial y}{\partial x_i} \quad (3.5)$$

За допомогою коефіцієнта еластичності визначимо на скільки відсотків зміниться величина y , якщо кожен з факторів x_i зміниться на 1 %. Для визначення коефіцієнта еластичності замість x_i та y у формулі (3.5) береться \bar{x}_i та \bar{y} .

Розрахуємо коефіцієнти еластичності для кожного з розглянутих вище факторів:

$$E_1 = 1,09 - \text{для фактора } x_1,$$

$$E_2 = 2,44 - \text{для фактора } x_2.$$

Значення коефіцієнтів еластичності для кожного з двох факторів є додатними, на основі чого можна зробити висновок про прямий вплив досліджуваних чинників, що відповідає економічному змісту досліджуваних явищ.

Аналіз коефіцієнта еластичності показує, що при збільшенні надходження коштів на 10% прозорість води збільшиться на 10,9%; при збільшенні обсягу робіт на 10% можна очікувати збільшення прозорості води на 24,4%.

Висновки

Пошук ефективних зв'язків між економікою і природними водноресурсними системами, між водопотребами соціально-економічного розвитку і поліпшенням екологічних умов існування людини має важливе значення для стабілізації й оздоровлення екологічної ситуації в країні, оскільки суспільство сягнуло такого ступеня залучення водних ресурсів в господарський обіг, що вони перетворились в головний лімітуючий чинник соціально-економічного розвитку країни. Використання водних ресурсів - невід'ємна складова природокористування, яка є найбільш економічно та соціально зорієнтованою формою зв'язку людини з довкіллям, бо на відміну від інших галузевих виробничих комплексів, які сформувались на базі територіального зосередження сировинних і трудових ресурсів, водно-господарський комплекс охоплює всю територію країни.

Водноресурсна складова сталого розвитку розглядається як одна з найважливіших природно-господарських ланок в структурі водно-господарського комплексу країни, розвиток якого повинен задовольняти соціально-економічні та екологічні вимоги.

Особливої актуальності в сучасних умовах набуває використання економіко-математичного інструментарію економіко-математичного моделювання при управлінні екологічною ситуацією в Тернопільському регіоні, підвищенню якості водних ресурсів та ефективним управлінням діяльністю підприємств водокористування.

1. *Гарматій Н. М.* Економіко-математичні методи в управлінні процесами реалізації інвестиційних проектів в умовах невизначеності у галузі зв'язку. Монографія / Гарматій Н.М. — Тернопіль: ТзОВ «Видавництво Астон», 2013. — 200 с.
2. ДСанПіН 2.2.4-171-10 (ДСанПіН 2.2.4-400-10). Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною.
3. *Статистична інформація* / Державний комітет статистики України: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
4. *Web-сторінка: «Нова екологія»*: [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.novaecologia.org/voecos-1403-3.html> Перевірено : 10.04.2017.

Г. Б. Гуменюк, Н. М. Гарматій

Тернопольский национальный университет имени Владимира Гнатюка
Тернопольский национальный технический университет имени Ивана Пулюя

КОРРЕЛЯЦИОННО-РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДЫ В ТЕРНОПОЛЬСКОМ РЕГИОНЕ

В статье освещены важность исследования влияния экзогенных и эндогенных факторов на уровень загрязнения водных ресурсов региона и деятельность предприятий водопользования Тернопольского региона, финансировании, масштабы проведения водоочистных мер и другие факторы. Применение современного инструментария экономико-математического моделирования на основе корреляционно-регрессионного анализа позволяет исследовать степень зависимости факторов на уровень загрязнения водных ресурсов региона, возможность мониторинга и управления ситуацией. Реализация моделирования в современных программных продуктах позволяет ускорить и визуализировать наши расчёты.

Ключевые слова: загрязнение водных ресурсов, водный баланс, предприятия водопользования, регрессионный анализ, корреляция, ошибка аппроксимации

Н. Humenyuk, N. Garmatiy

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine
Ternopil Ivan Pului National Technical University, Ukraine

CORRELATION-REGRESSION ANALYSIS OF WATER POLLUTION OF TERNOPOL REGION

In the article the importance of the study of the effect of exogenous and endogenous factors that result in the level of water pollution in the region, the state of drinking water and water businesses operating in Ternopol region, state funding, the extent of water treatment facilities and other factors. The use of modern tools of economic and mathematical modeling based on correlation and regression analysis allows to investigate the extent depending on factors on the level of water pollution in the region, and the ability to monitor and control the situation. Implementation of modern simulation software allows clearly show and accelerate the settlement.

Key words: water pollution, water balas, water company, regression analysis, correlation, error of approximation

Рекомендує до друку

Н. М. Дробик

Надійшла 14.02.2017

УДК 581.1.631.811.98:633.367

С. В. ПИДА, І. М. КОБРИН, В. О. ВАКУЛЕНКО, Н. В. МОСКАЛЮК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

ПРОЦЕСИ ВОДООБМІНУ В ЛЮПИНУ БІЛОГО ТА ЛЮПИНУ ЖОВТОГО ЗА ВПЛИВУ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН

Досліджено вплив передпосівної обробки насіння регуляторами росту рослин Емістим С та Агростимулін на інтенсивність транспірації, водний дефіцит, водоутримуючу здатність, вміст вільної і зв'язаної води в листках люпину білого та люпину жовтого. Показано, що за дії Емістиму С зростає інтенсивність транспірації листків люпину жовтого, Агростимуліну – водоутримуюча здатність рослинних тканин люпинів у фазі цвітіння.

Ключові слова: *Lupinus luteus*, *Lupinus albus*, регулятори росту, інтенсивність транспірації, водоутримуюча здатність, водний дефіцит, вільна і зв'язана вода

Водний режим рослин складається з процесів поглинання води кореневою системою та надземними органами, транспорту і перерозподілу її між органами та клітинними структурами, виділення в газоподібному або крапельно-рідкому стані, засвоєння та утворення метаболічної води у процесі дихання. Для покращення фізіологічного стану рослини необхідний баланс між зазначеними процесами [7]. Для підвищення продуктивності сільськогосподарських культур та поліпшення їх стійкості до несприятливих чинників навколишнього середовища необхідна інформація щодо функціонування фізіолого-біохімічних систем, в яких здійснюються процеси водообміну, повітряного та кореневого живлення, транспорт елементів, дихання тощо. Водний обмін має істотне значення для всіх фізіологічних процесів рослини. На інтенсивність водообміну впливає ступінь адаптації рослини до умов навколишнього середовища [7]. У зв'язку з цим, все більшого значення набувають методи підвищення врожайності, в основу яких взято природні механізми впливу біологічно активних речовин на рослини. До таких препаратів відносять регулятори росту рослин (PPP) Агростимулін та Емістим С.

Ефективним у сільськогосподарській практиці виявився препарат Емістим С, який є продуктом життєдіяльності грибів-ендофітів коренів лікарських рослин, в тому числі обліпихи та женьшеню [10]. Містить збалансований комплекс фітогормонів ауксинової, цитокінінової природи, амінокислот, вуглеводів, жирних кислот, мікроелементів. Комплексним регулятором росту природного походження і синтетичних аналогів фітогормонів, що підвищує врожай, збільшує стійкість рослин до хвороб та стресових чинників є інший рекомендований для застосування на зернобобових культурах препарат Агростимулін [13].

Серед палітри зернобобових культур, що заслуговують особливої уваги найбільш перспективними є люпин білий та люпин жовтий. Це унікальні кормові, сидеральні та технічні культури, які значною мірою забезпечують свої потреби в азоті, покращують родючість, азотний, фосфорний та калійний режими ґрунту, вирішують проблеми рослинного білка [12, 15].

Відомо, що незначне порушення водного балансу змінює нормальний перебіг метаболічних процесів, що негативно позначається на продуктивності рослин [4]. У літературі відсутня інформація щодо впливу PPP природного походження на складові водного режиму видів роду Люпин. З огляду на зазначене, метою наших досліджень було вивчення впливу PPP Агростимулін та Емістим С на показники водного статусу люпину білого та люпину жовтого.

Матеріал і методи досліджень

Матеріалом дослідження слугували рослини люпину жовтого (*Lupinus luteus* L.) скоростиглого зернового сорту Обрій та люпину білого (*Lupinus albus* L.) середньостиглого сорту Макарівський, занесених до Державного реєстру сортів рослин придатних до поширення в Україні з 2002р. та 2008р. відповідно. Обрані PPP виробляються Державним підприємством

«Міжвідомчий науково-технологічний центр «Агробіотех» НАН України і Міністерства освіти України» за ТУ У 88.264.037-97 (Агростимулін) та ТУ У 88.264.021-95 (Емістим С) [1].

Польові досліді закладали на малогумусних чорноземах типових з важкосуглинистим механічним складом агробіолабораторії Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка.

Технології вирощування жовтого та білого люпину типові для Лісостепу України: норма висіву становить 0,8 млн. шт./га, ширина міжрядь 45 см, глибина сівби – 3-4 см, строк сівби – перша половина квітня. Висівали культури у 8-пільній польовій сівозміні без використання добрив та хімічних засобів захисту. Система догляду за рослинами передбачала лише агротехнічні прийоми. Насіння контрольного варіанту зволожували водою, а дослідні – РРР Емістимом С та Агростимуліном у дозах 25 мл/т із розрахунку 2% від його маси. Повторністьдосліді 4-кратна.

Вимірювання показників водного режиму культур проводили у фазах бутонізації та цвітіння. Інтенсивність транспірації встановлювали за Л. А. Івановим [2], водоутримуючу здатність – ваговим методом через 2, 4, 6, 24 год. від початку закладання досліді, водний дефіцит – за методикою [9].

Для отримання показників масової частки вільної і зв'язаної води використовували рефрактометричний метод [5]. Виготовляли 30% розчин сахарози та відповідні проби з листків досліджуваних тканин, витриманих у цьому розчині 2 год. За допомогою рефрактометра вимірювали осмотично відняту воду гіпертонічним розчином сахарози (вільна вода), а за різницею між загальною кількістю води та отриманим показником вільної, встановили вміст зв'язаної води.

Обробка статистичних даних здійснювалась за допомогою комп'ютерної програми *Microsoft Excel*, в якій обраховували значення середнього арифметичного, помилки середнього арифметичного, а також вірогідної різниці між двома варіантами.

Результати досліджень та їх обговорення

Застосування регуляторів росту Агростимулін та Емістим С впливало на показники водного режиму у рослин дослідних варіантів люпину жовтого сорту Обрій та люпину білого сорту Макарівський.

Відомо, що із збільшенням інтенсивності транспірації зростає надходження води та поживних речовин до рослини. Цей показник залежить від температури повітря, оскільки з її підвищенням зростає інтенсивність випаровування води з поверхні листків [2]. Інтенсивність транспірації вважають інтегральним показником посухостійкості та вологозабезпеченості деревних рослин [11, 14]. Встановлено, що екзогенна обробка насіння досліджуваних видів люпину препаратами Агростимулін та Емістим С РРР сприяла значному зростанню інтенсивності транспірації (табл. 1).

Таблиця 1

Інтенсивність транспірації (г• м²/год) рослин люпину за дії РРР Агростимуліну та Емістиму С

Варіант	Фаза стеблуння		Фаза цвітіння	
<i>Люпин жовтий</i>				
<i>Контроль</i>	Час: 12.00 год t=20°C	87,8±6,7	Час: 12.00 год t=21°C	225,8±7,2
<i>Агростимулін</i>		103,2±4,6		235,4±8,6
<i>Емістим С</i>		128,9±7,5*		277,2±6,6*
<i>Люпин білий</i>				
<i>Контроль</i>	Час: 12.00 год t=20°C	54,8±2,8	Час: 12.00 год t=24°C	239,7±17,8
<i>Агростимулін</i>		57,2±5,9		250,1±18,2
<i>Емістим С</i>		63,6±4,3		260,5±23,7

Так, у дослідних варіантах інтенсивність транспірації люпину жовтого порівняно до контрольного варіанту була вищою, зокрема, у фазі стеблуння при застосуванні Агростимуліну на 17,6%, Емістиму С – 46,9%, а у фазі цвітіння – 3,2 та 22,9% відповідно. Аналогічну закономірність щодо величини вище зазначеного показника виявлено і в у люпину

білого. За дії Емістиму С інтенсивність транспірації листків у фазу стеблуння зростала на 16,1%, а у фазу цвітіння – 8,6% відповідно до контролю. При цьому, під впливом Агростимуліну інтенсивність випаровування води з поверхні листків збільшувалася на 4,3% в обох фазах. Такі зміни зазначеного показника обумовлені тим, що в рослинах постійно відбувається надходження, перерозподіл і оновлення пулів води, яка забезпечує необхідний рівень обводнення тканин, а залишкові кількості випаровуються.

Водоутримуюча здатність рослинних тканин слугує показником стійкості рослин до посухи. Вищим цей показник буде у посухостійких рослин, при цьому, менша водоутримуюча здатність відповідає більшій водовіддачі і навпаки [9]. У результаті наших досліджень встановлено, що водоутримуюча здатність люпину залежить від передпосівної обробки насіння рістрегуляторами Агростимулін та Емістим С. Найнижче значення втрати води через 24 год. у фазу стеблуння становило 29,3% для люпину жовтого та 43,2% для люпину білого при обробці насіння РРР Емістимом С. У фазу цвітіння спостерігали найнижче значення водовіддачі за дії Агростимуліну: 50,7% у люпину жовтого та 56,6% у білого (табл. 2).

Таблиця 2

Водоутримуюча здатність рослин люпину жовтого за дії регуляторів росту Агростимулін та Емістим С

Час: через	Кількість втраченої води, %					
	Фаза стеблуння			Фаза цвітіння		
	Контроль	Агростимулін	Емістим С	Контроль	Агростимулін	Емістим С
<i>Люпин жовтий, сорт Обрій</i>						
2 год	6,12±0,85	5,25±0,42	4,48±0,31	31,10±2,97	27,26±2,45	29,00±1,72
4 год	11,05±1,60	8,90±0,66	7,60±0,33*	36,04±3,85	31,19±2,88	36,03±2,96
6 год	14,50±1,86	11,78±0,69	10,48±0,38*	44,30±4,65	40,81±3,52	40,62±3,20
24 год	35,28±3,88	33,87±3,25	29,29±1,78	60,08±3,73	50,68±3,09*	55,49±4,52
<i>Люпин білий, сорт Макарівський</i>						
2 год	10,34±0,49	9,64±0,55	8,86±0,81	29,00±3,27	25,80±1,59	22,60±2,87*
4 год	15,18±1,16	13,42±0,83	12,86±1,16*	37,20±2,29	30,20±1,16*	28,80±4,45*
6 год	18,40±1,33	16,36±0,99	16,14±0,87	43,00±3,36	36,80±1,69	33,40±1,62*
24 год	45,52±1,43	43,40±0,68	43,18±2,52	67,60±3,64	56,60±1,50*	58,80±3,26

Протягом вегетації співвідношення між надходженням та витратами води часто не збігаються, в результаті в тканинах рослин виникає водний дефіцит. Зазначений показник слугує ознакою напруженості водного режиму. Для виявлення водного дефіциту порівнюють вміст води в рослинній тканині з кількістю її у тій же тканині, що знаходиться в стані повного тургору [6]. Він має істотний вплив на ряд фізіологічних процесів (фотосинтез, дихання, ферментативний каталіз тощо), що знижує в цілому продуктивність рослин [8]. У результаті досліджень встановлено, що водний дефіцит у фазу цвітіння за дії препарату Агростимулін менший на 8,2% у люпину білого та 7,2% у люпину жовтого (табл 3). У фазу цвітіння люпину білого показники водного дефіциту зростають порівнянно з фазою стеблуння на 1,1-2,8%, люпину жовтого – істотної різниці не виявлено.

Таблиця 3

Водний дефіцит (%) листків люпину за дії РРР Агростимуліну та Емістиму С

№	Варіант	Фаза росту і розвитку			
		стеблуння		цвітіння	
		<i>Люпин білий</i>		<i>Люпин жовтий</i>	
1	<i>Контроль</i>	25,30±2,20	27,93±2,59	20,56±0,24	20,63±2,67
2	<i>Емістим С</i>	24,88±1,06	27,55±2,51	20,20±0,71	19,63±0,95
3	<i>Агростимулін</i>	24,50±1,86	25,65±1,78	19,84±1,01	19,15±1,95

Вчені показали, що для інтродуцентів роду *Rosa*, що зростають в умовах Дніпропетровського ботанічного саду характерні високі (35%) та середні значення водного

дефіциту(в інтервалі від 8-10% до 25%). Більш низькі величини показника водного дефіциту (4,3-4,7%) свідчать про максимальну пристосованість видів до кліматичних умов степу. Протягом вегетаційного періоду спостерігалось загальне зростання водного дефіциту, що пояснюється зменшенням вологості ґрунту [6].

Для в'ясування параметрів функціонування біологічних структур у живому організмі необхідні дослідження стану води в його органах [3]. Показники масової частки вільної і зв'язаної води в рослинах характеризують її внутрішньо-клітинний метаболізм. Співвідношення вільної і зв'язаної форми залежить від умов життя і фізіологічного стану рослин. Вільна вода зберігає рухливість та має здатність бути розчинником [5]. У листках люпину білого порівняно із люпином жовтим вищий вміст вільної води, але нижчий – зв'язаної. Масова частка вільної води у листках люпину білого більша за дії Агростимуліну, а у люпину жовтого – Емістиму С (табл 4).

Таблиця 4

Вміст вільної та зв'язаної води у листках рослин білого та жовтого люпину за дії PPP Агростимуліну та Емістиму С у фазі цвітіння

№	Варіант	Кількість води, %			
		вільна	зв'язана	вільна	зв'язана
		<i>Люпин білий</i>		<i>Люпин жовтий</i>	
1	<i>Контроль</i>	24,23±1,32	54,86±1,43	15,85±1,20	67,68±0,95
2	<i>Емістим С</i>	25,55±1,94	54,95±1,60	17,53±0,63	67,81±0,88
3	<i>Агростимулін</i>	29,50±1,09*	56,10±2,78	16,61±0,48	68,00±0,78

Висновки

Застосування регуляторів росту рослин природного походження Агростимулін та Емістим С є перспективним напрямком біологічних досліджень, оскільки сприяє підвищенню показників водообміну рослин, що мають вагомий вплив на продуктивність рослин білого та жовтого люпину в ґрунтово-кліматичних умовах Західного Лісостепу України. Показано, що за дії Емістиму С зростає інтенсивність транспірації листків люпину жовтого, Агростимуліну – знижується водний дефіцит та зростає водоутримуюча здатність рослинних тканин люпині у фазі цвітіння.

1. *Анішин Л. А.* Регулятори росту рослин. Рекомендації по застосуванню / Л. А. Анішин, С. П. Пономаренко, З. М. Грицаєнко. — К. : МНТЦ «Агробіотех», 2011. — 40 с.
2. *Векірчик К. М.* Фізіологія рослин. Практикум / К. М. Векірчик. — К.: Вища школа. Головне видавництво, 1984. — 240 с.
3. *Водный режим растений в связи с действием факторов среды* — Под общ. ред. И. Г. Шматько. — Киев: Наук.думка, 1983. — 200 с.
4. *Вплив регуляторів росту на водний статус і продуктивність сортів картоплі за умов посухи* / [В. В. Моргун, І. П. Григорюк, В. Ф. Кравець та ін.] // Физиология и биохимия культурных растений, 2001. — Т. 3, № 5. — С. 371—376.
5. *Грицаєнко З. М.* Методи біологічних та агрохімічних досліджень рослин і ґрунтів / Грицаєнко З. М., Грицаєнко А. О., Карпенко В. П. — К.: ЗАТ «НІЧЛАВА», 2003. — 320 с.
6. *Долгова Л. Г.* Особливості водного обміну рослин-інтродуцентів роду *Rosa L.* / Л. Г. Долгова, Т. А. Демура, І. В. Коваль // Вісн. Дніпропетр. ун-ту, 2003. — Вип. 11. — С. 8—9.
7. *Застосування полімерних регуляторів росту і добрив для підвищення життєздатності саджанців деревних порід : Наукові основи і рекомендації* / В. В. Моргун, І. П. Григорюк, В. І. Ткачов, П. П. Яворовський. — К.: Наук. світ, 2001. — 42 с.
8. *Козаков Є. О.* Онтогенетична чутливість до водних стресів процесів формування зернової продуктивності у гібридів кукурудзи / Є. О. Козаков // Физиология и биохимия культурных растений, 2001. — Т. 33. — № 1. — С. 19—14.
9. *Кушниренко М. Д.* Методы оценки засухоустойчивости плодовых растений / М. Д. Кушниренко, Г. П. Курчатова, Е. В. Крюков. — Кишинев: Штиинца, 1975. — 22 с.

10. Мусіяка В. К. Вивчення фізіологічної активності різних партій регулятора росту Емістиму / В. К. Мусіяка, Т. І. Григорюк // Физиология и биохимия культурных растений, 2001. — Т. 33, № 1. — С. 3—6.
11. Насрудинова Р. И. Влияние водного режима на фотосинтез хвои сосны обыкновенной / Р. И. Насрудинова, А. С. Щербатюк, Б. М. Буряков // Эколого-физиологические исследования фотосинтеза и водного режима растений в полевых условиях. — Иркутск : СИФИБР СО АН СССР, 1983. — С. 125—132.
12. Рослинництво: Підручник / В. Г. Влох, С. В. Дубковецький, Г. С. Кияк, Д. М. Онищук; ред.: В. Г. Влох. — К. : Вища шк., 2005. — 383 с.
13. Сайт «Агробіотех»: [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.agrobiotech.com.ua/uk/preparats-2/biozashchitnye-biostimulyatory-2/regoplant-2>. Перевірено: 17.11.2016.
14. Хлебникова А. Н. Физическая характеристика хвойных растений Сибири в зимний период / А.Н. Хлебникова, Г. И. Гирс, Р. А. Коловский // Тр. ин-та / ИЛиД СО АН СССР. — Красноярск, 1963. — Т. 60. — С. 5—16.
15. Feldheim W. The use of lupins in human nutrition // Lupin, an ancient crop for the new Millennium (editors: E. Van Santen, M. Wink, S. Weissmann, P. Romer) Proceedings of the 9-th International Lupin Conference. Auburn University: Auburn, 2000. — P. 434—437.

С. В. Пыда, И. М. Кобрин, В. А. Вакуленко, Н. В. Москалюк

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

ПРОЦЕССЫ ВОДООБМЕНА В ЛЮПИНА БЕЛОГО И ЛЮПИНА ЖЕЛТОГО ПОД ВЛИЯНИЕМ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА РАСТЕНИЙ

Исследовано влияние предпосевной обработки семян регуляторами роста растений Эмистим С и Агростимулин на интенсивность транспирации, водный дефицит, водоудерживающую способность, содержание свободной и связанной воды в листьях люпина белого и люпина желтого. Показано, что за действия Агростимулина увеличивается водоудерживающая способность растительных тканей в фазе цветения.

Ключевые слова: *Lupinus luteus, Lupinus albus, регуляторы роста, интенсивность транспирации, водоудерживающая способность, водный дефицит, свободная и связанная вода*

S. V. Pyda, I. M. Kobrin, V. A. Vakulenko, N. V. Moskaliuk

Ternopil Volodymyr Hnatiuk National Pedagogical University, Ukraine

THE INFLUENCE OF BIOSTIMULANTS ON TRANSPIRATION OF WHITE AND YELLOW BUSH LUPINE PLANTS

The paper reports on research into the effects of plant growth stimulants Emistym S and Agrostymulin on the rate of transpiration, water deficit, water holding capacity, free and bound water content in the leaves of white and yellow lupine plants.

The study showed that exogenous seed treatment with the above mentioned bioproducts caused a significant increase in the intensity of transpiration. In particular, after the application of Agrostymulin at the tillering stage of yellow lupine the rate of transpiration increased by 17.6%, Emistym - 46.9% and at the flowering stage - 3.2% and 22.9% respectively. as compared to control. White lupine values showed the same correlation.

The application of Emistym at the tillering stage resulted in leaf transpiration increase by 16.1% and the flowering stage - by 8.6% in comparison to control. Furthermore, under the influence of Agrostymulin the rate of evapotranspiration of water from the leaf surface increased by 4.3% at both stages.

The research demonstrated that the water holding capacity of lupine leaves could be regulated with Agrostymulin and Emistym S. The lowest value of water loss was observed in 24 hours and at the tillering stage it was 29.3% for yellow lupine and 43.2% for white lupine after the seed treatment with PPP Emistym S. At the flowering stage the water loss value was the lowest after the application of Agrostymulin: 50.7% for yellow lupine and 56.6% for white lupine plants.

The study revealed that the application of Agrostymulin at the flowering stage reduced the water deficit of white lupine by 8.2% and yellow lupine by 7.2%. At the flowering stage, water deficit values increased as compared to the tillering stage, however, for white lupine only (by 1.1%-2.8%), for yellow lupine no significant difference shown.

The free water content was higher in white lupine leaves, while the bound water content was lower as compared to yellow lupine values. Mass fraction of free water in the leaves of lupine white was higher after the application of Agrostymulin, and the yellow lupine - after the use of Emistym S.

Key words: Lupinus luteus, Lupinus albus, biostimulants, transpiration rate, water holding capacity, water deficit, free and bound water

Рекомендує до друку

Надійшла 08.02.2017

В. В. Грубінкя

УДК 504.4.054 : 661.718.1(477.84)

О. І. ПРОКОПЧУК

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

СЕЗОННІ ЗМІНИ ВМІСТУ СПОЛУК ФОСФОРУ В АБІОТИЧНИХ СКЛАДОВИХ РІЧОК ТЕРНОПІЛЬЩИНИ З РІЗНИМ ХАРАКТЕРОМ АНТРОПОГЕННОГО ВПЛИВУ

У зв'язку із залежністю якості води у водоймах від складу донних відкладів та прибережних ґрунтів проводиться аналіз фактичного вмісту сполук фосфору в усіх абіотичних компонентах річок. Метою роботи було визначення вмісту у воді фосфатів, рухомої форми та валового вмісту фосфору у мулі та прибережному ґрунті, а також їх співвідношення у системі ґрунт : вода : мул в екосистемах чотирьох річок Тернопільської області (Збруч, Золота Липа, Серет, Стрипа) з різним ступенем антропогенного навантаження. Досліджено, що рівень фосфатів у воді водойм визначається їх міграцією в системі ґрунт : вода : мул, який має сезонну залежність. Навесні фосфати, насамперед за рахунок розвитку фітопланктону та вищої водної рослинності, надходять у воду із мулу та зі змивними водами узбережжя із ґрунтів, в яких вони утворюються унаслідок гниття органічних речовин прибережних територій. Восени фосфати, які надходять з ґрунтів та рослин (фітопланктон та вищі водні рослини) осідають і накопичуються у мулі, тим самим забезпечуючи очищення води. Зазначені процеси наявні в усіх досліджених річках, однак найбільш вираженими вони є в агро- та урбо- навантажених екосистемах.

Ключові слова: фосфати, вода, мул, прибережний ґрунт

Вступ. Якість води у річках є інтегральною характеристикою екологічного стану всього водозбірного басейну, що впливає як на абіотичні, так і біотичні складові гідроекосистеми. Склад поверхневих вод визначається геоморфологічними, кліматичними факторами, ґрунтово-геологічними умовами, агротехнічними і гідротехнічними заходами [7], а також рівнем антропогенного навантаження [8]. Вода, мул, прибережні ґрунти, водорості – найважливіші складові водного середовища, які становлять єдину систему малого колообігу в екосистемі водоймища, які, з одного боку, акумулюють речовини, що надходять у воду, а з іншого – є джерелом хронічної токсичності у водоймі, віддаючи з часом акумульовані токсиканти [4, 8, 12, 13]. Донні відклади, як середовище накопичення токсичних речовин і джерело вторинного забруднення води, відіграють особливу роль у формуванні якості води, а ґрунт безпосередньо впливає на забруднення трофічного ланцюга екосистем [4]. Між прибережними ґрунтами та

товщею води здійснюється постійний обмін біогенними елементами, зокрема фосфором, що забезпечує функціонування водних екосистем у нерозривній єдності усіх їх компонентів.

У зв'язку із залежністю якості води від складу донних відкладів та прибережних ґрунтів варто проводити порівняльний аналіз фактичного вмісту сполук фосфору одночасно в усіх абіотичних компонентах водойм [1]. З огляду на зазначене, метою дослідження є визначення особливостей розподілу сполук фосфору у воді, донних відкладах і прибережному ґрунті.

Матеріал і методи досліджень

Об'єктом дослідження слугували вода, мул, прибережний ґрунт малих річок Тернопільської області, а предметом – фосфати у воді, рухомі форми фосфору у мулі та прибережному ґрунті, а також їх валовий вміст. Для проведення дослідження на території Тернопільської області виділено чотири типи територій, що відрізняються за рівнем антропогенного навантаження: природно-заповідна – ПЗТ (49°13'46" пн. ш., 26°11'55" сх. д.) з протікаючою річкою Збруч, аграрна – АТ (49°01'55" пн. ш., 25°22'56" сх. д.) – річка Стрипа, урбанізована – УТ (49°29'15" пн. ш., 25°34'51" сх. д.) – річка Серет та техногенно-трансформована – ТТ (49°24'35" пн. ш., 24°57'09" сх. д.) – річка Золота Липа. Виокремлення вищеназаних територій здійснено згідно еколого-географічного районування Тернопільської області, розробленого на основі впливу господарської діяльності людини на навколишнє середовище [9].

Для визначення вмісту у воді фосфору фосфатів використовували фотометричний метод з молібдатом амонію $(\text{NH}_4)_2\text{MoO}_4$ [5]. Визначення рухомої форми фосфатів у донних відкладах та прибережних ґрунтах здійснювали згідно методики визначення масової частки фосфору, розчиненого у 2%-му розчині цитратної кислоти в трикальційфосфаті [6]. Визначення валового вмісту фосфатів у донних відкладах та прибережних ґрунтах здійснювали згідно методики визначення валового фосфору у феросиліці при масовій його частці від 0,01% до 0,25% [3].

Результати досліджень та їх обговорення

Вода. Найнижчі значення фосфатів у водоймах досліджуваних територій зафіксовано у червні та вересні – 0,004 г/дм³ (ПЗТ і ТТ), а найвищі – у серпні – 0,046 мг/дм³ на УТ (рис. 1). Показники фосфатів у гідроекосистемах Тернопільської області упродовж періоду дослідження не перевищували ГДК (ГДК_{риб-госп.} = 0,2 мг Р/дм³), що дозволяє віднести дані річки до водойм оліготрофного типу із концентрацією фосфатів до 0,05 мг/дм³.

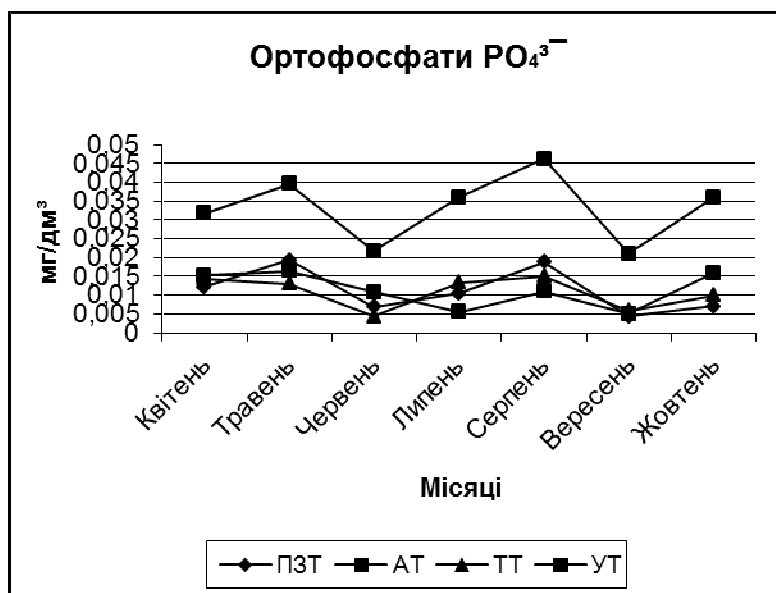


Рис. 1. Динаміка вмісту фосфатів у воді річок на територіях з різним характером антропогенного навантаження з квітня до жовтня 2014 р. ($M \pm m$; $n=5$)

Травневий пік фосфатів для досліджуваних територій обумовлений їхнім вивільненням із донних відкладів, накопичених упродовж року у водоймі, а також відносно невисоким рівнем

розвитку споживаючих його водних організмів. Літній мінімум на АТ і ТТ пов'язаний з високим рівнем продуктивності гідробіонтів із поглинанням фосфору для своєї життєдіяльності, а також з активною седиментацією зваженого фосфору при низькому рівні води і малій швидкості річкового стоку. Максимальний вміст фосфору у серпні у річках на ПЗТ, ТТ і УТ пов'язуємо з регенерацією фосфатів при відмиранні значної кількості фітопланктону через низький вміст кисню і значну евтрофікацію водойми, яка відбувається швидше, ніж на АТ. Мінімальні показники фосфатів у вересні на ПЗТ, АТ і УТ пояснюємо рясними опадами та значним поверхневим стоком унаслідок цього. Окрім того, велика кількість рухомої форми фосфору переходить у валову (нерухому) та осідає на дно водойм. Осіннє підвищення вмісту фосфатів у жовтні на всіх територіях пов'язано з вивільненням фосфору із компонентів фітопланктону та вищих водних рослин, що розклалися.

Прибережний ґрунт.

Рухомі форми сполук фосфору. Найнижчі значення вмісту рухомої форми фосфору у ґрунті у водоймах досліджуваних територій зафіксовано у квітні на ТТ – 0,152 г/дм³, а найвищі у серпні – 2,221 г/дм³ у річці на УТ (рис. 2).

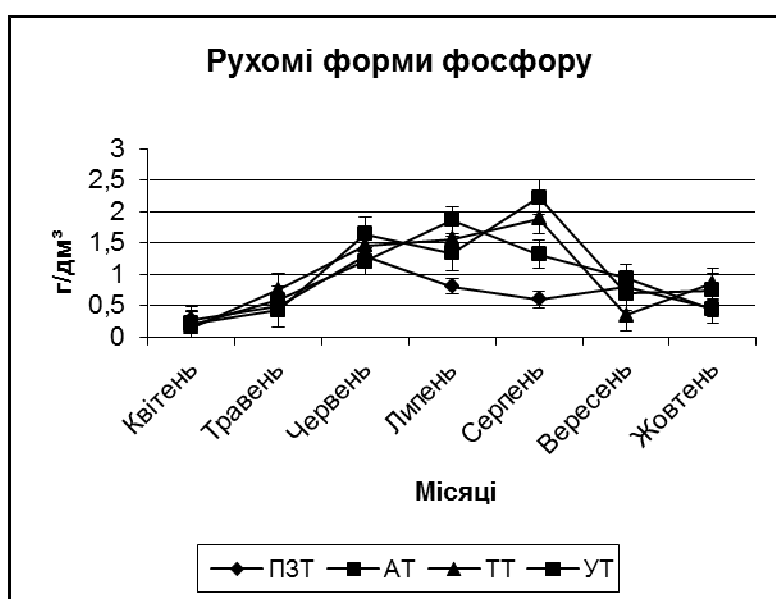


Рис. 2. Динаміка вмісту рухомої форми фосфору у ґрунтах узбережжя досліджуваних річок на територіях з різним характером антропогенного навантаження з квітня до жовтня 2014 р. (M±m; n=5)

У прибережних ґрунтах досліджуваних територій спостерігається загальна тенденція до зростання вмісту рухомих фосфатів з ранньої весни до середини липня та зворотній механізм поступового зниження до початку зими. Це пов'язано з сезонністю вегетації рослин й активністю ґрунтових організмів та закисленням при цьому ґрунту за рахунок виділення біотою екзометаболітів, які мають кислу реакцію. Ця закономірність з окремими варіаціями прослідковується у ґрунтах усіх територій, особливо антропогенно-навантажених (ТТ, УТ), коли на динаміку рухомих фосфатів в окремі місяці накладаються такі фактори як агро- та техногенне забруднення, змивні води, засмічення тощо.

Валовий фосфор. Щодо валового вмісту фосфору у ґрунті, то найнижчі значення зафіксовані у жовтні на АТ – 1,328 г/дм³, а найвищі у серпні – 3,177 г/дм³ на ТТ (рис. 3).

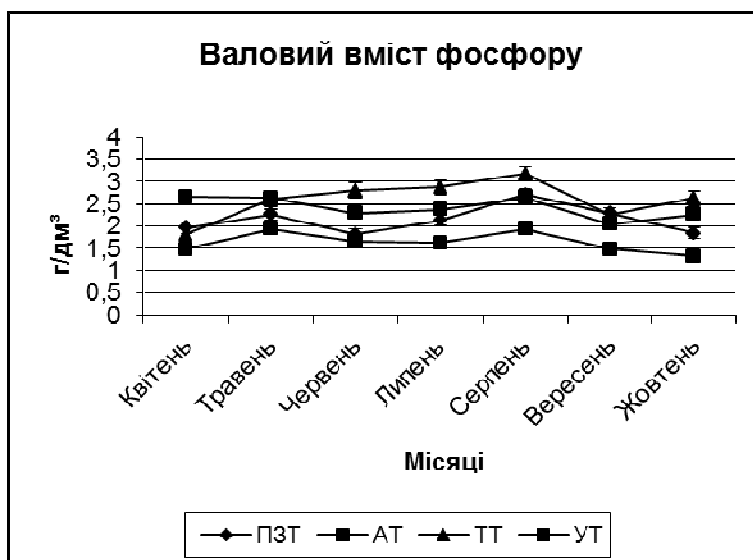


Рис. 3. Динаміка вмісту валового фосфору у ґрунтах узбережжя річок на досліджуваних територіях з різним характером антропогенного навантаження з квітня до жовтня 2014 р. ($M \pm m$; $n=5$)

Динаміка вмісту валового фосфору характеризується незначним зростанням з квітня по серпень та поступовим зниженням до жовтня.

Отже, встановлено пряму залежність рухомої форми фосфору у ґрунті з фосфатами у воді, зокрема їх зростанням з квітня по серпень та зниженням до жовтня. Валовий вміст фосфору у ґрунті показує загальний вміст фосфорних сполук, наявних на досліджуваних територіях, що можуть змінюватись упродовж тривалого часу унаслідок змін в інших компонентах гідроекосистеми. У загальному динаміка вмісту рухомих форм фосфору та його валового вмісту співпадають.

Мул.

Рухомі форми сполук фосфору. Найнижчі значення вмісту рухомих форм фосфору у мулі досліджуваних територій зафіксовано у травні – 0,214 г/дм³ (УТ), а найвищі у серпні – 1,533 г/дм³ на УТ (рис. 4).

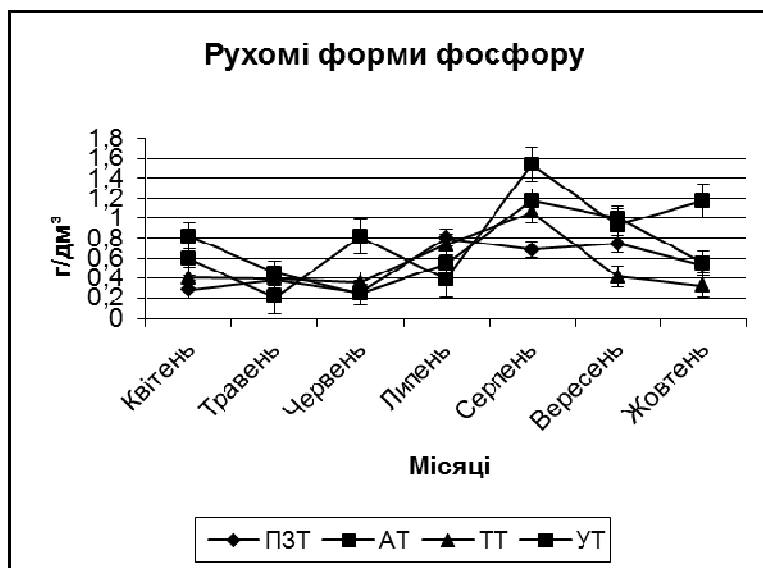


Рис. 4. Динаміка вмісту рухомої форми фосфору у мулі річок досліджуваних територій з різним характером антропогенного навантаження з квітня до жовтня 2014 р. ($M \pm m$; $n=5$)

Динаміка вмісту рухомих фосфатів у воді відбивається на їх накопиченні у мулі. Спостерігаємо зменшення їх вмісту у травні та червні, крім мулу з річки на УТ, що пов'язуємо з переходом фосфат-іонів у воду та залученням їх у біогеохімічний колообіг за рахунок активної вегетації водоростей та рослин [14]. Останній порушується антропогенними факторами у річці з УТ, де суттєвий вплив на фізико-хімічні показники води спричиняють забруднення, що надходять у річку з поверхневим стоком. Жовтневий мінімум розчинних фосфатів у мулі співвідноситься з загальною закономірністю седиментації і утворенням малорозчинних сполук більшості неорганічних сполук.

Валовий вміст фосфору. Для валового вмісту фосфору у мулі найнижчі значення зафіксовані у квітні на ТТ - 1,297 г/дм³, а найвищі - у жовтні (5,725 г/дм³) у річці на УТ (рис. 5).

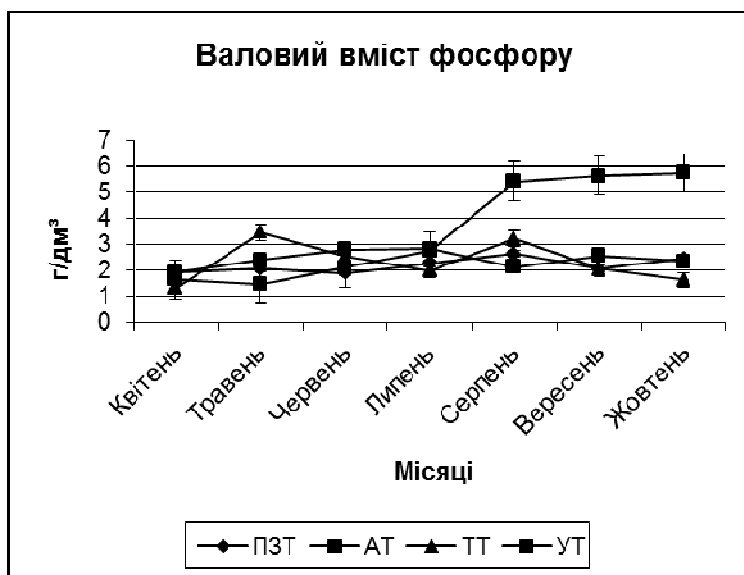


Рис. 5. Динаміка валового вмісту фосфору у мулі річок досліджуваних територій з різним характером антропогенного навантаження з квітня до жовтня 2014 р. (M±m; n=5)

Динаміка вмісту валового фосфору характеризується незначним підвищенням у травні та поступовим зростанням з серпня по жовтень.

Отже, встановлено залежність вмісту рухомих форм фосфору у мулі від рівня фосфатів у воді, зокрема їх накопичення у серпні, що пояснюємо вивільненням сполук фосфору з органічних речовин та перехід у воду з поступовим осіданням у мулі. Виявлена залежність вмісту рухомих форм фосфору з валовим вмістом, зокрема збільшення вмісту рухомих форм з серпня по жовтень зумовлює збільшення його валового вмісту.

Співвідношення вмісту розчинних фосфатів у системі ґрунт : вода : мул. Щодо співвідношення вмісту розчинних фосфатів у системі ґрунт : вода : мул, то навесні більшість валового фосфору знаходиться у ґрунті, а влітку і до осені зростає його частка у мулі (табл. 1).

Таблиця 1

Співвідношення вмісту сполук фосфору у ґрунті, воді та мулі (валовий вміст)

Місяці	Річки досліджуваних територій			
	ПЗТ	АТ	ТТ	УТ
Квітень	1:0,006:0,961	1:0,010:1,277	1:0,008:0,715	1:0,012:0,612
Травень	1:0,008:0,894	1:0,008:1,224	1:0,005:1,318	1:0,015:0,543
Червень	1:0,004:1,030	1:0,006:1,678	1:0,002:0,894	1:0,009:0,908
Липень	1:0,005:1,050	1:0,003:1,721	1:0,004:0,684	1:0,015:1,145
Серпень	1:0,007:0,963	1:0,005:1,081	1:0,005:1,004	1:0,017:2,043
Вересень	1:0,002:0,894	1:0,003:1,702	1:0,003:0,903	1:0,010:2,743
Жовтень	1:0,004:1,308	1:0,012:1,750	1:0,004:0,609	1:0,016:3,103

При цьому, вміст фосфору у воді залишається постійним, що дає право стверджувати про високу буферну ємність прибережних ґрунтів і бентосного мулу щодо фосфатів та їх провідну роль у підтриманні стаціонарного рівня фосфатів у воді річок. Краще ця закономірність виражена в екосистемах річок з ПЗТ, ТТ та УТ. Натомість, у екосистемі річки, що протікає на АТ, спостерігаємо переважання вмісту фосфатів у мулі над його рівнем у ґрунті та воді. При цьому, вміст фосфору у воді річки з АТ більший у 2-6 разів, ніж у воді з ПЗТ та ТТ, що може бути пов'язано зі зливом з агроугідь значних кількостей органічних речовин, які акумулюють фосфати, і поступово седиментують їх у мулі. Також вміст фосфатів у воді річки з УТ в середньому у 1,5 рази вищий, ніж у воді ПЗТ та у 3-4 рази вищий, ніж у воді річки ТТ, що, як вже зазначалося, пов'язано з їх надходженням з поверхневими зливними водами.

Щодо рухомого фосфору, то динаміка його співвідношення у системі ґрунт : вода : мул визначається сезонними чинниками зі зменшення частки цієї форми фосфору влітку у мулі (відповідно, її зростання восени та ранньої весни) і витримуванням в межах екологічної норми частки рухомого фосфору у воді (табл. 2).

Таблиця 2

Співвідношення вмісту сполук фосфору у ґрунті, воді та мулі (рухома форма)

Місяці	Річки досліджуваних територій			
	ПЗТ	АТ	ТТ	УТ
Квітень	1:0,046:1,071	1:0,080:4,293	1:0,094:2,638	1:0,151:0,488
Травень	1:0,039:0,766	1:0,023:0,758	1:0,017:0,521	1:0,094:0,511
Червень	1:0,005:0,199	1:0,009:0,206	1:0,003:0,243	1:0,013:0,494
Липень	1:0,013:1,000	1:0,003:0,292	1:0,008:0,470	1:0,027:0,293
Серпень	1:0,032:1,153	1:0,008:0,891	1:0,008:0,560	1:0,021:0,690
Вересень	1:0,005:0,927	1:0,005:1,077	1:0,017:1,201	1:0,030:1,348
Жовтень	1:0,013:0,977	1:0,037:1,262	1:0,012:0,375	1:0,049:1,588

Виявлена закономірність найменше проглядається в екосистемі річки з ПЗТ, а найбільші відхилення показників виявлено за дії антропогенних чинників (річки на АТ, ТТ). Вода річки з УТ характеризується постійно високим вмістом розчинного фосфору, що переважає аналогічний показник води річок інших досліджених територій у 2-4 рази. З одного боку, це може бути наслідком постійного надходження рухомих фосфатів зі зливними водами, а з іншого – кислотою реакцією цих вод, що сприяє розчинності фосфатів у воді.

Для виявлення залежності рухомих форм сполук фосфору з їх валовим вмістом проаналізовано їх співвідношення (табл. 3).

Таблиця 3

Частка рухомої форми фосфору від його валового вмісту, %

Місяці	Річки досліджуваних територій			
	ПЗТ	АТ	ТТ	УТ
Ґрунт				
Квітень	13,6	12,8	8,3	7,8
Травень	21,8	30,4	28,9	15,9
Червень	70,7	72,8	52,0	71,6
Липень	37,5	54,0	54,0	55,9
Серпень	21,9	67,6	59,4	83,9
Вересень	34,9	62,5	15,2	33,5
Жовтень	24,4	32,7	32,4	32,6
Мул				
Квітень	15,1	43,1	30,9	36,4
Травень	18,7	18,8	11,4	14,9
Червень	13,7	8,9	14,1	38,9
Липень	35,7	19,4	37,2	14,3
Серпень	26,2	55,7	33,2	28,3
Вересень	36,3	39,5	20,2	16,5
Жовтень	21,9	23,6	19,9	20,5

Встановлено, що в ґрунті, на відміну від мулу, більш виражена залежність рухомих форм фосфору від його валового вмісту, що свідчить про більшу мобільність фосфорних сполук. Ця закономірність пояснює подібну динаміку як для рухомих форм фосфорних сполук, так і його валового вмісту. Найбільша частка рухомої форми фосфору від його валового вмісту у ґрунті прослідковується у літні місяці, особливо на УТ (83,9% рухомої форми фосфору від валової). Щодо частки рухомої форми фосфору від його валового вмісту у мулі, то ту немає чітко виявленої залежності: найвищі значення зафіксовано у квітні (АТ, ТТ, УТ) та серпні (АТ, ТТ).

Висновки

Розподіл фосфатів у складових гідроекосистем визначається швидкістю міграції в системі ґрунт : вода : мул, що має сезонну залежність. Навесні фосфати, насамперед за рахунок розвитку фітопланктону та вищої водної рослинності, надходять у воду із мулу та зі змивними водами узбережжя із ґрунтів, в яких вони утворюються унаслідок гниття органічних речовин прибережних територій. Восени фосфати, які надходять з ґрунтів та рослин (фітопланктон та вищі водні рослини) осідають і накопичуються у мулі, тим самим забезпечуючи очищення води.

Вміст валового фосфору у ґрунті та мулі значно відрізняється в різних місяцях дослідження, а рухомого – співпадає. Встановлено, що в ґрунті, на відміну від мулу, більш виражена залежність рухомих форм фосфору від його валового вмісту. Останнє свідчить про значну мобільність рухомих сполук фосфору у системі ґрунт : вода : мул.

1. Андрусишин Т. Сезонна динаміка вмісту важких металів у воді та донних відкладах річки Збруч / Андрусишин Т., Грубінко В. // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. — 2012. — Вип. 58. — С. 165—174.
2. Городній М. М. Агрохімічний аналіз [Текст] : навчальний посібник / М.М. Городній, М.В. Козлов, М.І. Бідзіля. — К. : Вища шк., 1972. — 267 с.
3. Межгосударственный стандарт. Ферросилиций. Метод определения фосфора (ГОСТ 13230.4-93) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <http://vsehost.com/Catalog/65/6587.shtml>
4. Гуменюк Г. Б. Розподіл важких металів у гідроекосистемі прісної водойми (на прикладі Тернопільського ставу): дис. ... кандидата біол. наук: 03.00.16 / Гуменюк Галина Богданівна. — Тернопіль., 2003. — 131 с.
5. Методика виконання вимірювань «Поверхневі та очищені стічні води. Методика виконання вимірювань масової концентрації розчинених ортофосфатів фотометричним методом» // МВВ081/12-0005-01 від 16.11.2001р. — 17 с.
6. Методика определения массовой доли фосфора, растворимого в 2%-ом растворе лимонной кислоты, в трикальцийфосфате [Електронний ресурс]. — Режим доступу: http://agrofp.narod.ru/metod_mass_dol_phos.htm
7. Прокопчук О. І. Взаємозв'язок між вмістом сполук фосфору у прибережному ґрунті та воді річки на аграрній території // Матеріали II Міжнародної конференції «Відновлення біотичного потенціалу агрооекосистем» (9 жовтня 2015 р.) — Дніпропетровськ, 2015. — С. 84—87.
8. Прокопчук О. І. Фосфати у водних екосистемах / Прокопчук О.І., Грубінко В.В. // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету ім. В. Гнатюка. Серія: Біологія. — 2013. — Вип. 3(56). — С. 78—85.
9. Янковська Л. Еколого-географічне районування Тернопільської області / Янковська Л. // Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія Географія. — 2003. — № 2. — С. 31—36.
10. Abdu, N., 2006. Soil-phosphorus extraction methodologies: A review. African Journal of Agricultural Research 1 (5), 159—161.
11. Diaz, I., Torrent J., 2016. Changes in Olsen P in Relation to P Balance in Contrasting Agricultural Soils. Pedosphere 26, (5), 636—642.
12. Fuentes, B., Bolan, N., Naidu, R., Mora, M., 2006. Phosphorus in organic waste-soil systems. Journal of Soil Science and Plant Nutrition 6 (2), 64—83.
13. Laakso, J., Uusitalo, R., Yli-Halla M., 2016. Phosphorus speciation in agricultural catchment soils and in fresh and dried sediments of five constructed wetlands. Geoderma 271 (1), 18—26.
14. Ruttens, K., 2003. The Global Phosphorus Cycle. Treatise on Geochemistry 8, 585—633.
15. Thom, W., Dollarhide, J., 2002. Phosphorus Soil Test Change Following the Addition of Phosphorus Fertilizer to 16 Kentucky Soils. Agronomy notes 34(2), 1—4.

16. Yang, X., Post, W., Thornton P., Jain, A., 2013. The distribution of soil phosphorus for global biogeochemical modeling. *Biogeosciences*, 10, 2525—2537.

Е. И. Прокопчук

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

СЕЗОННЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ СОЕДИНЕНИЙ ФОСФОРА
В АБИОТИЧЕСКИХ СОСТАВЛЯЮЩИХ РЕК ТЕРНОПОЛЬСКОЙ ОБЛАСТИ
С РАЗНЫМ ТИПОМ АНТРОПОГЕННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ

В связи с зависимостью качества воды водоемов от состава донных отложений и прибрежных почв следует проводить сравнительный анализ фактического содержания соединений фосфора во всех абиотических компонентах рек. Целью работы было определение концентрации в воде фосфатов, подвижной и валовой форм фосфора в иле и прибрежной почве, а также их соотношение в системе почва: вода: ил в экосистемах четырех рек Тернопольской области с разным уровнем антропогенной нагрузки (Збруч, Золотая Липа, Серет, Стрипа). Доказано, что уровень фосфатов в воде водоемов определяется их миграцией в системе почва: вода: ил, который имеет сезонную зависимость. Весной фосфаты, прежде всего за счет развития фитопланктона и высшей водной растительности, поступают в воду из ила и со смывными водами побережья из почв, в которых они образуются вследствие гниения органических веществ прибрежных территорий. Осенью фосфаты, которые поступают с почв и растений (фитопланктон и высшие водные растения) оседают и накапливаются в иле, тем самым обеспечивая очистку воды. Указанные процессы характерны для всех исследуемых территорий, однако, наиболее они выражены в аграрных и урбанизированных условиях.

Ключевые слова: фосфаты, вода, ил, прибрежные почвы

О. І. Прокопчук

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

SEASONAL CHANGES IN THE CONTENT OF PHOSPHATES IN ABIOTIC
COMPONENTS IN THE RIVERS OF TERNOPIL REGION WITH DIFFERENT TYPES
OF ANTHROPOGENIC PRESSURE

Due to the dependence of water quality of water from coastal sediments and soils, a comparative analysis of the actual content of phosphorus in all abiotic components of rivers should be conducted. The aim was to determine the concentration of phosphates in the water, moving and gross forms of phosphorus in coastal mud and soil, as well as their ratio in the soil, water, silt in river ecosystems of four rivers of Ternopil region with varying degrees of anthropogenic impact. It was investigated that the level of phosphates in the water reservoirs is determined by their migration in the soil, water, silt, which has a seasonal dependence. Spring phosphates, primarily through the development of phytoplankton and higher aquatic vegetation in the water coming from sludge and water from the tank coast of soil, where they are formed as a result of decay of organic matter coastal areas. In autumn phosphates that come from the soil and plants (phytoplankton and higher aquatic plants) settle and accumulate in silt, thereby providing clean water. These processes are present in surveyed areas of all rivers, but the most severe they are in the agricultural and urban environments.

Keywords: phosphates, rivers, sediments, soils

Рекомендує до друку

Надійшла 02.02.2017

В. В. Грубінко

УДК 581.133.8:631.81.095.337

І. П. ЯКУБА, О. Б. ПАУЗЕР

Одеський національний університет імені І. І. Мечникова

Шампанський провулок 2, Одеса, 65058

ПОКАЗНИКИ ОКИСНО-ВІДНОВНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРОРОСТКАХ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР ЗА ДІЇ ПРЕПАРАТУ ФІТОЦИД

Фітоцид покращує фізіологічний стан та ріст проростків огірків і томатів у лабораторних умовах, також викликає підвищення вмісту аскорбінової кислоти в проростках. При цьому за вирощування проростків на чашках Петрі спостерігається підвищення активності аскорбатоксидази, пероксидази, поліфенолоксидази та каталази, проте, за вирощування в ґрунті активність даних ферментів за дії Фітоциду знижується. Отримані дані свідчать про активацію антиоксидантної системи рослин діючим компонентом препарату.

Ключові слова: Фітоцид, проросток, аскорбатоксидаза, пероксидаза, поліфенолоксидаза, каталаза

Препарати для захисту рослин на основі *Bacillus subtilis* - це екологічно безпечний, економічно вигідний сучасний засіб підвищення продуктивності сільськогосподарських культур [3, 4, 9]. Фітоцид є одним з таких препаратів, вирощання його як засобу підвищення стійкості культурних рослин до хвороб та несприятливих умов середовища актуальне в органічному землеробстві та у приватних господарствах. Поширення Фітоциду на ринку біопрепаратів вимагає не тільки досконалого аналізу його ефективності у конкретних агрокліматичних умовах, але й вивчення механізмів впливу препарату на різні сільськогосподарські рослини. Недостатньо досліджені біохімічні наслідки обробки рослин препаратом, зокрема реакція окисно-відновних процесів у рослинах на присутність компонентів Фітоциду. Вивчення цього питання допоможе глибше розкрити механізм його позитивної дії. Тому метою даного дослідження було визначити дію препарату Фітоцид на показники окисно-відновних процесів в проростках огірка та томатів.

Матеріал і методи досліджень

Вплив Фітоциду на окисно-відновні процеси в проростках огірків та томатів вивчали в лабораторних умовах. Матеріалом дослідження були насіння та 7-ми добові проростки огірка сорту Конкурент та томатів сорту Факел. Біопрепарат Фітоцид застосовували шляхом передпосівної обробки насіння розчином, що містить 10^6 - 10^7 клітин бактерій на мл. Обробку здійснювали шляхом намочування у розчині препарату протягом 2 годин із подальшим висушуванням та висаджуванням, згідно рекомендацій виробника. У дослідженні використовували Фітоцид – Р, діючий чинник – живі клітини і спори природної ендоефітної бактерії *Bacillus subtilis* в кількості від 1×10^9 до 1×10^{10} КОУ/см³ та їх активні метаболіти: ферменти, вітаміни, фунгіцидні речовини, макро- і мікроелементи. Виробник: ПП «БТУ-Центр» Україна, Вінницька обл., м. Ладижин [9]. Дослід включав 2 варіанти: Контроль – насіння обробляли водою, та Фітоцид – насіння обробляли розчином препарату. Проростки отримували у лабораторних умовах на чашках Петрі на воді та у пластикових ємкостях 100 мл на ґрунті. Повторність досліду трикратна, по 300 проростків в повторності. Результати оброблені за допомогою статистичних функцій Excel MS Office. Достовірність різниці із контролем оцінювали за критерієм Стьюдента [5].

У 7-мидобових проростках визначали наступні показники їх фізіологічного стану: схожість насіння (обліковим методом), масу проростків (зважуванням на електронних лабораторних вагах «Техно-ваги» ТУ У 29.2-32126739-003:2005.), вміст хлорофілу (спектрофотометрично, у спиртовій витяжці, розраховували вміст пігментів за формулами Вінтерманс де Мотс), сухої речовини (ваговим методом після висушування у сушильній шафі Wamed 4m), білків за Лоурі, аскорбінової кислоти за Прокошевим. Визначали наступні показники окисно-відновних процесів у проростках: активність аскорбатоксидази спектрофотометрично за ступенем окиснення аскорбінової кислоти, активність пероксидази по

Бояркіну спектрофотометрично за швидкістю окиснення бензидину, активність каталази по Баху і Опаріну титриметрично за швидкістю ферментативно розкладеного перекису, поліфенолоксидази спектрофотометрично за швидкістю утворення продуктів окиснення пірокатехіну [8]. Спектрофотометричні дослідження проводили на спектрофотометрі ПЭ5400УФ.

Результати досліджень та їх обговорення

Передпосівна обробка насіння огірків та томатів препаратом Фітоцид призводить до проникнення в насіння з культуральної рідини продуктів метаболізму бактерій, що містяться в препараті, а також інокуляції насіння бактеріями *Bacillus subtilis* [1]. За дотримання методики використання препарату та догляду за рослинами, бактерії починають розмножуватись на поверхні рослин та зберігаються в ризосфері, ризоплані та фітоплані протягом онтогенезу рослин [7]. Створюються умови для безпосереднього контакту клітин рослини та бактерій; продуктів життєдіяльності бактерій та клітин рослини. Таким чином, препарат Фітоцид починає впливати на процеси життєдіяльності рослин з моменту обробки. Дане явище можна спостерігати під час визначення схожості насіння огірків та томатів, оброблених препаратом. У нашому дослідженні при вирощуванні проростків, інокульованих препаратом, на чашках Петрі спостерігали зниження схожості огірків та томатів на 8 та 12 %. Це може бути пов'язано із занадто інтенсивним розмноженням бацил в умовах чашки Петрі, завдяки чому концентрація їх продуктів життєдіяльності була високою та спричиняла інгібуючий вплив на процеси проростання насіння. В вегетаційних посудинах з ґрунтом у якості субстрату для вирощування проростків спостерігали достовірно підвищення схожості томатів на 9 %, в огірків – 6 %. Це дозволяє припустити, що в умовах ґрунтового проростання насіння концентрація бактерій на поверхні проростів та концентрація їх метаболітів є оптимальною для стимулюючої дії на процеси проростання насіння та збереження життєздатності проростків.

Припущення про активацію метаболічних процесів рослин продуктами життєдіяльності бактерій препарату Фітоцид підтверджується даними, отриманими за накопиченням ваги проростками огірків та томатів. Фітоцид призводить до зростання сирієї ваги проростків як на чашках Петрі, так і на ґрунті, в огірка на 12 і 13 % та в томатів на 71 і 25 %. Такий приріст ваги проростків можна пояснити виділенням бацилами ріст активуючих фізіологічно-активних речовин, зокрема вітамінів та ауксинів.

Фітоцид стимулює накопичення хлорофілу в проростках огірка та томатів (табл. 1). На чашках Петрі спостерігали підвищення вмісту в проростках огірка хлорофілу *a* – на 78 %, хлорофілу *b* –25 %, суми хлорофілів – 34 %; в проростках томатів хлорофілу *a* – 16 %. На ґрунті спостерігали підвищення вмісту в проростках огірка суми хлорофілів на 6 %; у проростках томатів хлорофілу *a* – 20 та суми хлорофілів на 13 %.

Про кращий фізіологічний стан проростків за дії Фітоциду свідчать і показники вмісту сухої речовини та білків (табл. 1). Фітоцид знижує вміст сухої речовини у проростках, отриманих на ґрунті: огірків – на 30 %, томатів – на 20 %. Це свідчить про їх краще обводнення та узгоджується із даними про сирю вагу проростків. У проростках на чашках Петрі спостерігали підвищення вмісту білків: в огірка – на 42 % та в томатів – на 44 %. Це свідчить про те, що присутність бацил провокує інтенсивний біосинтез білкових молекул в клітинах рослин, зокрема, ними можуть бути молекули ферментів залучених до фотосинтезу, інших біосинтетичних процесів (про що свідчать викладені вище дані за накопиченням хлорофілу та сирієї ваги) а також окисно – відновних ферментів [6]. Зважаючи на те, що Фітоцид є індуктором стійкості рослин [9], доцільним є докладне вивчення ферментів антиоксидантної системи рослин.

Антиоксидантна система рослин включає ферментативні та не ферментативні компоненти. Одним з основних не ферментативних компонентів є аскорбінова кислота [10]. Передпосівна обробка Фітоцидом підвищує вміст аскорбату в проростках огірка як на чашках Петрі так і в ґрунті на 40 %, у проростках томатів відповідно – на 15 та 22 % (табл. 1).

Вміст хлорофілу, білків (мг/г), сухої речовини (%) та аскорбату (мг%) в проростках огірків та томатів за дії Фітоциду в лабораторних умовах

Показник	Чашки Петрі		Вегетаційні посудини	
	Контроль	Фітоцид	Контроль	Фітоцид
Огірки				
Хлорофіл <i>a</i>	0,435 ± 0,015	0,775 ± 0,025*	0,892 ± 0,012	0,930 ± 0,017
Хлорофіл <i>b</i>	0,433 ± 0,010	0,540 ± 0,033*	0,460 ± 0,025	0,502 ± 0,015
Сума хлорофілів	0,970 ± 0,023	1,305 ± 0,053*	1,355 ± 0,023	1,437 ± 0,022*
Суша речовина	10 ± 0,8	12 ± 0,5	14 ± 1,2	10 ± 0,3*
Білки	19,0 ± 1,0	27 ± 1,0*	9,4 ± 0,5	8,9 ± 0,5
Аскорбат	141,1±5,2	194,3±4,8*	175,7±8,2	246,3±6,7*
Томати				
Хлорофіл <i>a</i>	0,405 ± 0,010	0,470 ± 0,015*	0,517 ± 0,012	0,620 ± 0,012*
Хлорофіл <i>b</i>	0,450 ± 0,015	0,406 ± 0,010	0,495 ± 0,010	0,520 ± 0,010
Сума хлорофілів	0,856 ± 0,031	0,870 ± 0,025	1,003 ± 0,015	1,135 ± 0,013*
Суша речовина	15 ± 0,5	16 ± 0,7	13 ± 0,5	10 ± 0,3*
Білки	16 ± 0,7	23 ± 0,8*	7,4 ± 0,5	7,4 ± 0,5
Аскорбат	123,4±4,2	141,5±1,6*	158,3±7,9	194,2±6,4*

Примітка: тут і далі:* - достовірність різниці з контролем з вірогідністю 95% та вище.

Аскорбінова кислота може інактивувати вільні радикали як прямо (без апофермента), так і в якості кофактора аскорбатоксидази [10]. На чашках Петрі в проростках огірка та томатів спостерігали підвищення активності аскорбатоксидази на 61 та 20 %, відповідно. Тобто в умовах чашок Петрі проростки потерпають від суттєвого окисного стресу.

У ґрунті активність ферменту в проростках огірка та томатів знижується на 65 та 52 %, відповідно (рис. 1). Зважаючи на покращення фізіологічних показників та підвищення вмісту аскорбату, можна говорити що Фітоцид в проростках на ґрунті призводить до зниження інтенсивності окисних вільно радикальних процесів у рослинах. Таким чином, оброблені Фітоцидом проростки, які вирощують у ґрунті знаходяться у кращому фізіологічному стані та більш витривалі до комплексу умов вирощування, ніж контрольні.

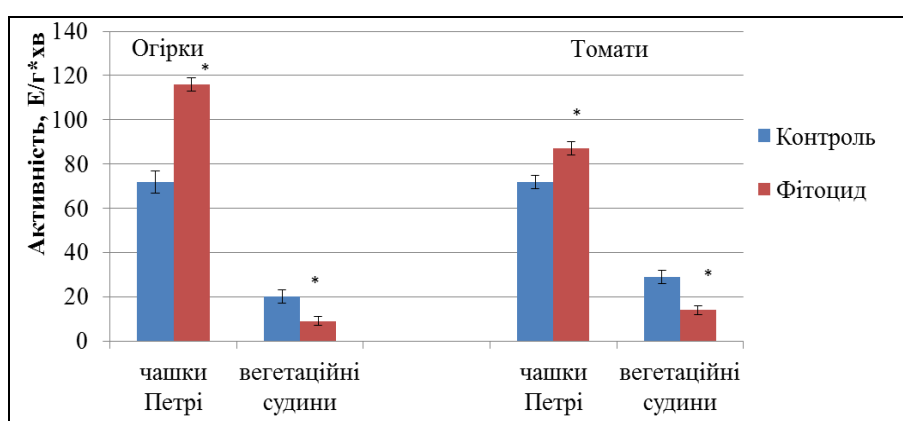


Рис. 1. Активність аскорбатоксидази в проростках огірків та томатів за передпосівної обробки насіння препаратом Фітоцид.

Збільшення активності пероксидази зв'язане з утилізацією перекису водню, який утворюється в процесі посиленого дихання уражених тканин, та токсично впливає на рослинні тканини. Комплекс пероксидаза-фенол-хінони-поліфенолоксидаза утворює один із активних фізіологічних механізмів, що беруть участь у захисті рослин від уражень хворобами [2].

Активність пероксидази на чашках Петрі збільшувалась в огірка на 50 % та в томатів на 25 %. На ґрунті активність пероксидази зменшувалась на 50 % в огірка та томатів (рис. 2). Активність поліфенолоскидази мала тенденцію до зростання в проростках огірка на чашках та підвищувалась у проростках томатів на 25 %. У ґрунті активність поліфенолоскидази в огірка мала тенденцію до зниження за дії Фітциду та достовірно знижувалась у томатів на 32 % (рис. 3). Отримані нами дані активності пероксидази та поліфенолоскидази показують закономірність, аналогічну до тої, що спостерігали при вивченні активності аскорбатоксидази.

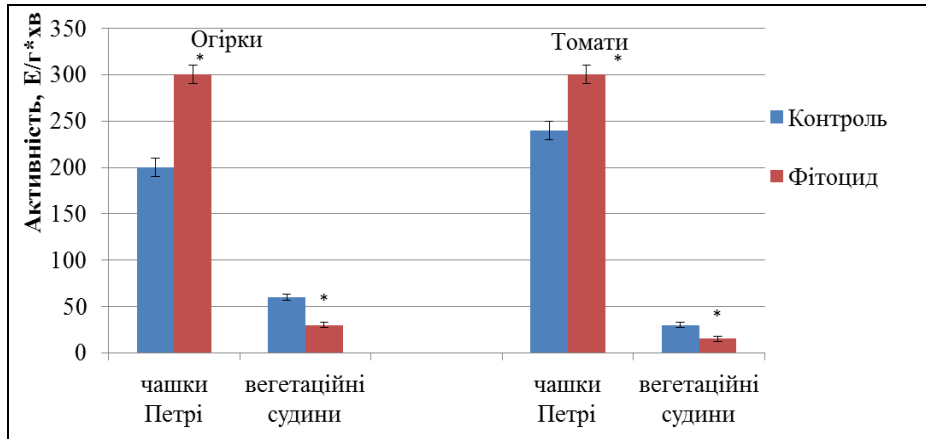


Рис. 2. Активність пероксидази в проростках огірків та томатів за передпосівної обробки насіння препаратом Фітоцид.

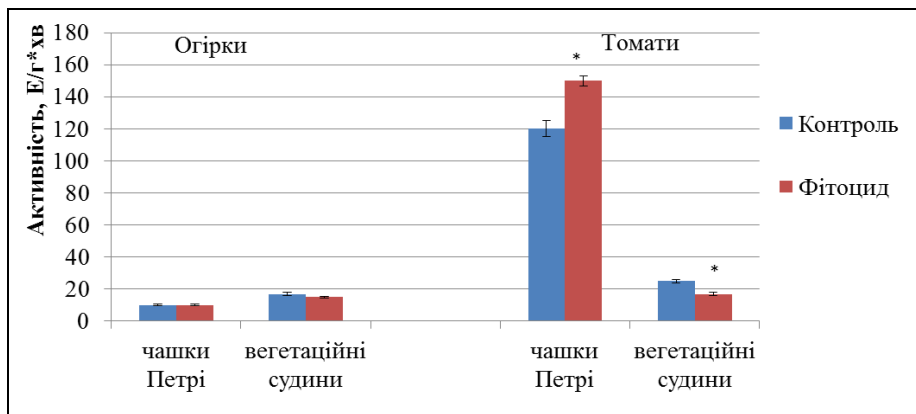


Рис. 3. Активність поліфенолоскидази в проростках огірків та томатів за передпосівної обробки насіння препаратом Фітоцид.

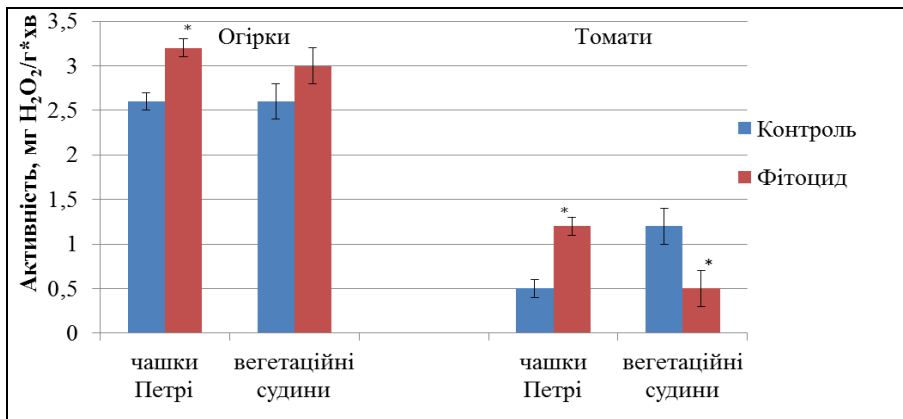


Рис. 4. Активність каталази в проростках огірків та томатів за передпосівної обробки насіння препаратом Фітоцид.

Каталаза розкладає перекис водню, який виникає під час стресових реакцій, зокрема її активність зростає під час активації окиснення ліпідів та фотодихання [10]. Активність ферменту підвищувалась у проростках огірка на чашках Петрі на 23 % та томатів на 140%. Каталазна активність знижувалась в проростках томатів на ґрунті на 58 % (рис. 4).

Зміни активності аскорбатоксидази, пероксидази, поліфенолоксидази та каталази свідчать про суттєву активацію антиоксидантної системи та перебіг стресу в проростках за впливу Фітоциду на чашках Петрі та зниження стресового тиску завдяки Фітоциду у ґрунті.

Таким чином, біопрепарат Фітоцид на основі *Bacillus subtilis* імунізує рослину шляхом формування неспецифічної системної стійкості щодо збудників хвороб, та ряду несприятливих факторів навколишнього середовища, таких як посуха, низькі й високі температури та інше. Це відбувається завдяки тому що мікробні біопрепарати викликають невеликий стрес у рослин, який загартовує рослину на майбутнє і стимулює в ній утворення окисно – відновних ферментів, які лежать в основі неспецифічної стійкості рослин [3,9,10].

Ми припускаємо, що даний механізм працює при використанні Фітоциду для передпосівної обробки насіння овочевих культур. В лабораторних умовах Фітоцид покращує фізіологічний стан і ріст проростків огірків та томатів, підвищуючи схожість, вагу проростків, вміст хлорофілу і білків та знижуючи вміст сухої речовини. Обробка Фітоцидом викликає підвищення вмісту аскорбінової кислоти в проростках. При цьому за вирощування проростків на чашках Петрі спостерігається підвищення активності аскорбатоксидази, пероксидази, поліфенолоксидази та каталази, проте, за вирощування в ґрунті активність даних ферментів за дії Фітоциду знижується. Отримані дані свідчать про активацію антиоксидантної системи рослин діючим компонентом препарату. На чашках Петрі проростки знаходяться під більшим тиском стресу, спричиненого метаболітами бактерій препарату, та знаходяться на початкових етапах адаптації. На ґрунті інтенсивність впливу діючого компоненту препарату дещо нижча, стан проростків можна охарактеризувати як перебіг кінцевих етапів адаптації до стресу та перехід до стабільного рівню метаболізму з перевагою анаболічних процесів.

Відмічені закономірності викликають інтерес до вивчення впливу препарату на активність окисно-відновних ферментів у відкритому ґрунті протягом онтогенезу.

Висновки

1. Передпосівна обробка насіння огірків та томатів біопрепаратом Фітоцид покращує фізіологічний стан проростків, підвищуючи схожість, сиру масу, вміст сухої речовини, хлорофілів, білків та аскорбінової кислоти.
2. Фітоцид змінює активність окисно-відновних ферментів у проростках: підвищує активність пероксидази, каталази, поліфенолоксидази, аскорбатоксидази у 1,5-2 рази на чашках Петрі та знижує на аналогічні величини зазначені показники у ґрунті.
3. Припускається, що підвищення стійкості рослин за впливу препарату пов'язано із зміною активності окисно-відновних ферментів.

1. *Абизгильдина Р. Р.* Влияние *Bacillus subtilis* 26D и салициловой кислоты на устойчивость растений пшеницы к септориозу / Абизгильдина Р. Р., Бурханова Г.Ф., Максимов И.В. // Всероссийский симпозиум «Растения и стресс». Тезисы докладов. — Москва, 2010. — С. 23—24.
2. *Андреева В. А.* Фермент пероксидаза: Участие в защитном механизме растений / Андреева В. А. — М.: Наука, 1988. — 128 с.
3. *Волкогон В. В.* Мікробні препарати у землеробстві. Теорія і практика / Волкогон В. В., Надкернична О. В., Ковалевська Т. М. — К.: Аграрна наука, 2006. — 312 с.
4. *Гусева Г. В.* Биологический метод защиты растений / Г.В. Гусева, В.А. Щепитильникова. — Л.: ВИЗР, 1975. — 232 с.
5. *Доспехов Б. А.* Методика полевого опыта / Доспехов Б. А. — М.: Колос, 1985. — 389 с.
6. *Косаківська І. В.* Адаптація рослин: біосинтез та функції стресових білків / Косаківська І.В., Голов'яно І.В. // Укр. фітоценологічний збірник. — Київ, 2006. — Сер. С, Вип. 24. — С. 3—17.
7. *Малиновська І. М.* Стан мікробіоценозу ризосфери ріпаку і соняшнику за бактеризації насіння альобактерином і поліміксобактерином / Малиновська І. М., Усманова Г. О. // Зб. наук. праць Інституту землеробства УААН.— 2004. — Вип. 2-3. — С. 74—77.

8. *Методы биохимического исследования растений* / [А. И. Ермакова, В. В. Арасимович, Н. П. Ярош и др.]; Под ред. А. И. Ермакова. - 3-е изд., перераб. и доп. — Л.: Агропромиздат. Ленингр. отд-ние, 1987. — 439 с.
9. *Фитоцид-Р* биофунгицид широкого спектра действия [Электронный ресурс] — Назва з титул. екрану. — Режим доступу: <http://btu-center.com/ru/products>
10. *Чиркова Т. В.* Физиологические основы устойчивости растений / Чиркова Т. В. — СПб.: Изд-во С-Пб. Ун-та, 2002. — 244 с.

И. П. Якуба, Е. Б. Паузер

Одесский национальный университет имени И. И. Мечникова

ПОКАЗАТЕЛИ ОКИСЛИТЕЛЬНО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ ПРОЦЕССОВ В ПРОРОСТКАХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР ПОД ДЕЙСТВИЕМ ПРЕПАРАТА ФИТОЦИД

В лабораторных условиях Фитоцид улучшает физиологическое состояние и рост проростков огурцов и томатов, а также вызывает повышение содержания аскорбиновой кислоты. При выращивании проростков на чашках Петри наблюдается повышение активности аскорбатоксидазы, пероксидазы, полифенолоксидазы и каталазы, однако, при выращивании в почве активность данных ферментов под действием Фитоцида снижается. Полученные данные свидетельствуют об активации антиоксидантной системы растений действующим компонентом препарата.

Ключевые слова: Фитоцид; проростки; аскорбатоксидаза; пероксидаза; полифенолоксидаза; каталаза

I. P. Yakuba, O. B. Pauzer

Odesa Mechnikov National University, Ukraine

INDICES OF REDUCTION AND OXIDATION PROCESSES IN THE SPROUTS OF VEGETABLE PLANTS EFFECTED BY PREPARATION PHYTOCID

Phytocid is a microbiological preparation containing *Bacillus subtilis*. It's effective for various agricultural plants and known to be safe for environment and profitable. One of the mechanisms of its action is induction of non-specific stress-resistance of plants. At the same time the details of this influence need deeper investigation. That's why the goal of the research was to study influence of Phytocid on the parameters of the oxidation-reduction processes in the sprouts of cucumber and tomato plants. Phytocid was applied through the pre-saw damping of seeds by the solution 10^6 - 10^7 bacterial cells per ml as well as their metabolites and spores. Sprouts were obtained in the laboratory conditions on Petri dishes and in the containers with soil. Seven days sprouts were analyzed and following results are received: in the laboratory conditions Phytocid improves physiological condition and growth of the sprouts of cucumbers and tomatoes and causes increasing of ascorbic acid content in the sprouts; application of Phytocid results in growing activity of ascorbatoxidase, peroxidase, poliphenoloxidase and catalase in sprouts grown on Petry cups, and decreasing activity in the soil-grown sprouts. The obtained data is an evidence of activation of the anti-oxidant system of the plants by the active component of Phytocid. Bacterial preparation cause moderate stress in plants that induce adaptation processes. We hypothesize that on the Petri dishes the sprouts are subjected to bigger stress pressure, caused by the bacteria and live through the primal stages of the adaptation process. While on the soil the intensiveness of the Phytocid influence is less and the condition of the sprouts can be characterized as latter stages of adaptation on the way to the stable level of metabolism.

Keywords: Phytocyd; sprouts; ascorbatoxidase; peroxidase; poliphenoloxidase; catalase

Рекомендує до друку

Надійшла 27.01.2017

В. В. Грубінко

МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

УДК 595.799

Г. М. ГОЛІНЕЙ

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

ПОРОДНИЙ СКЛАД БДЖІЛ ПАСІЧНИХ УГІДЬ ТЕРНОПІЛЬЩИНИ

Досліджено породну приналежність медоносних бджіл окремих пасік регіону. Встановлено, що при визначенні породного складу, на досліджених пасіках не всі ознаки відповідають нормам стандарту.

На основі проведеного дослідження виявлено, що місцеві породи є мітизованими, більш характерні ознаки карпатської і української степової порід виявлені за характеристикою морфологічних ознак і ненадійне збереження в генеалогічних групах ознак чистопородності бджіл в результаті чого медова продуктивність падає.

Ключові слова: медоносна бджола, породи, морфологічні показники, кубітальний індекс, дискоїдальне зміщення

Бджоли є спеціалізованими комахами, які мають свої пристосувальні ознаки до холодної зими, нарощують сильні сім'ї, є ефективними запилювачами рослин, вміло використовують ресурси нектару, проявляють високу медову продуктивність.

Українські породи характеризуються специфічними морфологічними ознаками, фізіологічними особливостями та високими продуктивними ознаками. Однак через безсистемні схрещування з бджолами іншого походження в Україні поширилось розведення помісей різних поколінь замість чистопородного [1, 2].

Медоносні бджоли мають відмінні особливості будови екзоскелету, що дає можливість відрізнити один тип бджоли від іншого і визначити ступінь чистоти породи. Українські породи бджіл мають характерні породні морфометричні і господарські корисні ознаки, які стійко передаються з покоління в покоління. Ряд екстер'єрних ознак широко використовують як породовизначальні, оскільки вони мають контрастні показники [6].

Головною перевагою визначення ознак екстер'єру є те, що вони менше залежать від умов утримання бджіл, менше піддаються сезонним змінам, легше і точніше визначаються. Тому відмінності екстер'єру за розмірами є придатними у визначенні чистопородності сімей, які використовуються у селекційній роботі [4].

Матеріал і методи досліджень

Бджолей для досліджень брали з пасічних угідь Тернопільщини. Для досліджень бджіл за ознаками екстер'єру у лабораторії проводили препарування відповідних частин екзоскелету.

Вимірювання довжини хоботка, форми краю воскового зеркальця 5-го стерніта, визначення кубітального індексу та дискоїдального зміщення визначали за допомогою мікроскопу та окуляр-мікрометра, що є окуляром, у який вкладається кругла скляна пластинка. На

цю пластинку нанесена шкала в 100 ділень. Препарат установлюють на предметний столик мікроскопа під окуляр-мікрометр. Визначають, яка кількість ділень окуляр-мікрометра покриває відстань між точками проміру.

Довжину хоботка вимірювали за відстанню між кінчиком хоботка та основою підборіддя. Кубітальний індекс обчислювали у відсотках. Визначали дискоїдальне зміщення. Одержані результати наукових досліджень оброблялись статистично.

Результати досліджень та їх обговорення

До чистопородних відносять сім'ї, які походять від батьків однієї й тієї самої породи, чистопородність яких підтверджується документами з обліку та ознаками бджолиних сімей конкретної породи [2].

Згідно з Планом породного районування в Україні розводять три породи бджіл: українську степову, карпатську та поліську. Постійна взаємодія природно-географічних, соціально-економічних і господарських факторів у часі і просторі призвела до значних змін породної ситуації. Низка порід і місцевих типів безповоротно втрачена, деякі зазнали значних змін у генетичному, продуктивному і просторовому плані (українські степові, поліські), окремі виділились у самостійні (карпатські бджоли).

В Україні з вітчизняних порід бджіл найбільш вивченою і розповсюдженою є карпатська порода – *Apis mellifera carpatica* (Foti, 1965).

Карпатська порода сформувалась у регіоні Карпат. Бджоли економно витрачають зимові запаси, дуже миролюбні. Сім'ї карпатських бджіл малорійливі (як правило, роїться не більше 4% бджолиних сімей). Медова продуктивність змінюється від 30 до 80 кг. Порода рекомендована до розведення у 9 областях [3, 5].

Українська степова порода - *Apis mellifera acervorum* (Skorikov, 1929) сформувалась у зонах Лісостепу та Степу України. Бджоли миролюбні, зимостійкі, інтенсивно будують стільники і добре використовують сильний взяток, особливо з білої акації, гречки, липи, соняшнику. Медова продуктивність бджолиних сімей - 30-80 кг. Рекомендовані для розведення у 18 областях.

Поліські бджоли – *Apis mellifera mellifera* (Linnaeus, 1758) є популяцією середньоросійської породи бджіл. Зоною природного поширення їх є деякі регіони полісся України. Бджоли зимостійкі. Під час огляду гнізда поведуться агресивно. Досить рійливі. Медова продуктивність їх варіює від 20 до 70 кг. Порода потребує відновлення чистопородних масивів. Ця популяція бджіл районована у 6 областях України (Волинська, Житомирська, Київська, Рівненська, Сумська, Чернігівська).

Отримані показники порівнювали з показниками вимог стандарту породи і за сукупністю оцінювали належність сім'ї до породи (табл. 1) [7].

Таблиця 1

Морфологічні стандарти порідбджіл

Порода	Печатка меду	Довжина хоботка, мм	Форма краю воскового зеркальця 5-го стерніта	Кубітальний індекс крила	Дискоїдальне зміщення
Карпатська	біла	6,3-6,7	випукла 100 %	2,3-2,6	не менше 80 %, позитивне
Українська степова	біла	6,3-6,7	випукла у 75–90 %	2,2-2,6	не менше 60-80 %, позитивне
Поліська	біла	5,9-6,3	пряма 100 %	1,4-1,9	тільки негативне

Аналіз матеріалу показав, що на досліджених пасіках не всі ознаки відповідають нормам стандарту карпатської породи. Довжина хоботка бджіл пасіки № 1 коливалась від 5,9 до 6,6 мм,

МОРФОЛОГІЯ ТА ФІЗІОЛОГІЯ ЛЮДИНИ І ТВАРИН

а бджіл пасіки № 2 – 6,0-6,6 мм. Встановлено, що на двох пасіках 70% бджіл, відповідають нормам стандарту карпатської породи (табл. 2).

Таблиця 2

Міжсімейні мінливості морфологічних ознак робочих бджіл пасічних угідь

Сім'ї бджіл	Кубітальний індекс			Довжина хоботка, мм		
	межі коливання	середнє значення	стандарт	межі коливання	середнє значення	стандарт
№ 1	2,0-2,6	2,3	Карпатська 2,3-2,6	5,9-6,6	6,3	Карпатська 6,3-6,7
№ 2	2,1-3,0	2,6	Українська степова 2,2-2,6	6,0-6,6	6,3	Українська степова 6,3-6,7
			Поліська 1,4-1,9			Поліська 5,9-6,3

Одним з породовизначаючих ознак можна вважати кубітальний індекс. Міжпородні відмінності зберігаються при визначенні індексу будь-яким із зазначених способів, однак визначення кубітального індексу першим способом більш зручно, легко читається і є більш наочним. Кубітальний індекс, як породовизначаюча ознака набуває особливої надійності у поєднанні з характером дискоїдального зміщення, особливо при порівнянні карпатських, середньо і кавказьких бджіл.

Значення кубітального індексу медоносної бджоли пасічних угідь № 1 коливалось в межах 2,0-2,6, а пасіки № 2 - 2,1-3,0. За даними на пасіках № 1 і № 2 встановлено, що 70 і 80% бджіл відповідають нормам стандарту.

Більш контрастні міжпородні відмінності спостерігаються в особливостях дискоїдального зміщення.

Чистопородні карпатські бджоли мають не менше 80% випадків позитивного зміщення, у середньоросійських бджіл позитивного зміщення практично немає, але у них більше 90% випадків негативного відхилення. Високий відсоток негативного дискоїдального зміщення у сірих гірських кавказьких бджіл. Українські бджоли мають до 65% випадків позитивного дискоїдального зміщення, тобто вони найбільш близькі до карпатських бджіл за цією ознакою. Користуючись ознакою дискоїдального зміщення, можна легко відрізнити чистопородних карпатських і крайнських бджіл від середньоросійських і гірських кавказьких. Дискоїдальне зміщення можна назвати породовизначаючою ознакою, що дозволяє контролювати чистоту породи бджіл і виявляти можливий вплив іншої породи.

Отримані дані показали, що ці ознаки на 70% відповідають нормам для даної породи у бджіл пасіки № 1 і на 90% у бджіл пасіки № 2.

Висновки

Характеризуючи в цілому отримані дані, можна дійти висновку, що місцеві породи є мітизованими, виявлено змішані породи бджіл за характеристикою морфологічних ознак і ненадійне збереження в генеалогічних групах ознак чистопородності бджіл в результаті чого медова продуктивність падає.

1. *Бабич І. А.* Бджільництво / І. А. Бабич, О. Г. Мегедь. — К.: Урожай, 1979. — 247 с.
2. *Білик Е. В.* Великий сучасний довідник бджоляра: 15 000 корисних порад досвідчених пасічників для початківців та професіоналів / Елліна Валентинівна Білик. — Донецьк: ТОВ ВКФ „БАО”, — 2005. — 528 с.
3. *Затолокін О. А.* Бджільництво-Практичне керівництво / О. А. Затолокін. — М.: «АСТ-СТАЛКЕР», 2003. — 351 с.
4. *Лаврехін Ф. А.* Біологія бджолої сім'ї / Ф. А. Лаврехін, С. В. Панкова; Вид. 2-е, перероб. і доп. — М.: Колос, 1975. — 296 с.

5. *Пилипенко В. П.* Зберегти породи бджіл України / В. П. Пилипенко, В. А. Гайдар. // Український пасічник. — 2008. — № 5. — С. 17—21.
6. *Поліщук В. П.* Бджільництво / Віктор Петрович Поліщук. — Львів: Редакція журналу „Український пасічник”, — 2001. — 296 с.
7. *Технологічні* вимоги до проведення селекційно-племінної роботи в галузі бджільництва Мінагрополітики України; Наказ, Вимоги, Форма типового документа від 19.06.2015 № 234.

Г. М. Голиней

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

ПОРОДНИЙ СОСТАВ ПЧЕЛ ПАСЕЧНЫХ УГОДИЙ ТЕРНОПОЛЬЩИНЫ

Исследовано породную принадлежность медоносных пчел отдельных пасек региона. Установлено, что при определении породного состава, на исследованных пасеках не все признаки соответствуют нормам стандарта.

Длина хоботка пчел пасеки № 1 была от 5,9 до 6,6 мм, а пчел пасеки № 2 - 6,0-6,6 мм. Установлено, что на двух пасеках 70% пчел, соответствуют нормам стандарта карпатской породы.

Значение кубитального индекса медоносной пчелы пасечных угодий № 1 было в пределах 2,0-2,6, а пасеки № 2 - 2,1-3,0. По данным на пасеках № 1 и № 2 установлено, что 70 и 80% пчел соответствуют нормам стандарта, а признаки дискоидального смещения на 70% соответствуют нормам для данной породы у пчел пасеки № 1 и на 90% у пчел пасеки № 2.

На основе проведенного исследования выявлено, что местные породы является митизованными, более характерные признаки карпатской и украинской степной пород обнаружены по характеристике морфологических признаков и ненадежное сохранения в генеалогических группах признаков чистопородности пчел в результате чего медовая производительность падает.

Ключевые слова: медоносная пчела, породы, морфологические показатели, кубитальный индекс, дискоидальное смещение

Н. М. Holinei

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

BEE SUBSPECIES NATIVE TO APIARIES OF TERNOPIIL REGION

Bees are unique insects that have their own features: they can adapt to winter colds, build up strong families, serve as plant pollinators, utilize nectar, and make honey.

Bee species native to Ukraine are characterized by specific morphological characteristics, physiological features and high performance levels.

According to the zoning plan of Ukraine three species dominate the beekeeping: Ukrainian steppe, Carpathian and Polissia species respectively. The constant interaction of natural and geographical, socio-economic and economic factors led to significant changes in beekeeping activity.

The typology of honeybee species native for some regional apiaries has been determined. The study of the given apiary sites showed that not all the features comply with the standard.

The proboscis length of the bees native for apiary site № 1 ranged from 5.9 to 6.6 mm, while for apiary site №2 that figure was 6.0-6.6 mm. The research demonstrated that at both apiary sites 70% bees have standard features characteristic of the Carpathian species.

Cubital index as a way to differentiate species and subspecies (a differentiating feature) is of high reliability in combination with discoidal shift angle, especially to distinguish between Carpathian, Middle- and Caucasian bee species.

The cubital index value of honeybees from apiary site № 1 ranged 2.0-2.6 and apiary № 2 - 2.1-3.0. The data obtained at apiaries number 1 and number 2 show that 70 and 80% of bees have the features characteristic of the given species and results of discoidal shift angle prove that 70% of bees in apiary №1 and 90% of bees in apiary № 2 share the same distinguishing features.

The results of the study indicate that distinct features characteristic of Carpathian and Ukrainian steppe subspecies were identified on the basis of morphological parameters demonstrate

rather. Failure to hold a pure line of bees as a result of cross-breeding leads to fall in honey production.

Key words: honeybee, species, subspecies, the morphological parameters, cubital index, discoidal shift angle

Рекомендує до друку

Надійшла 24.01.2017

К. С. Волков

УДК 616.98:579.834.114(477.81/.83)

С. С. ПОДОБІВСЬКИЙ, Л. Я. ФЕДОНЮК

ДВНЗ “Тернопільський медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України”
вул. Словацького, 2, Тернопіль, 46001

ДО ПИТАННЯ ВИДОВОГО СКЛАДУ, БІОЛОГІЇ ТА ЗНАЧЕННЯ ІКСОДОВИХ КЛІЩІВ ЗАХІДНОЇ УКРАЇНИ

Іксодові кліщі є одними із найчисельніших ектопаразитів серед представників Типу членистоногі. У своєму життєвому розвитку вони проходять живлення на двох – трьох господарях. У личинковій стадії і у стані німфи вони нападають на дрібних гризунів і птахів, а у дорослому віці – на хижих звірів, копитних, великих гризунів і на людину.

У статті розглядаються питання поширення іксодових кліщів у Євразії і в Україні. Приводяться прізвища вчених, які займалися вивченням цих питань. Важливий вклад у дослідженні кліщів в Україні зробив С. М. Ємчук, який провів огляд усіх видів кліщів, поширених в Україні та встановив, що на її території зустрічається 26 видів іксодових кліщів. Це представники 6 родів: *Ixodes* L., *Dermacentor* Koch., *Haemaphysalis* Koch., *Boophilus* Cur., *Rhipicephalus* Koch., *Hyalomma* Koch.

Серед близько 30 видів кліщів світової фауни (Колонін, 1984) в Західній і Східній Європі зустрічаються такі види кліщів роду *Dermacentor*: *D. marginatus* (син. *Dermacentor reniculatus*, *Acarus marginana*, *Dermacentor niveus*, *Dermacentor silvarum* тощо), *Dermacentor reniculatus* (син. *Acarus reniculatus*, *Dermacentor marginatus*, *Dermacentorites marginatus* та ін.). Ці види виявлено в багатьох країнах Європи, в тому числі в Чехії, Словаччині, Угорщині, Болгарії, Румунії, Польщі, що дозволяє робити припущення про можливість їх поширення в Закарпатській і Львівській областях.

За результатами літературних джерел вказано найвідоміші види іксодових кліщів у різних географічних районах Західної України: Карпат, Прикарпаття, Полісся і Подільської височини. Встановлено, що на території Полісся найчисельнішими є види: *Ixodes ricinus*, *Dermacentor pictus* і *D. marginatus*. Значно рідше у лісовій зоні зустрічаються види: *Ixodes trianguliceps*, *I. crenulatus* і *I. vespertilionis*. У гірських районах Карпат виявлено майже всі види, поширені на Поліссі, проте знайдено новий вид *Ixodes rospelovae*. У природних біотопах північної частини лісостепу зустрічаються такі види, як *Ixodes ricinus*, *I. crenulatus*, *I. lividus*, *I. trianguliceps*, *Dermacentor marginatus*. Значно рідше зустрічаються види: *I. laguri laguri*, *Haemaphysalis punctata*, *H. sulcata*, *H. otophila*, *Rhipicephalus rossicus*, *Hyalomma scupense* і *H. plumbeum plumbeum*.

Проаналізовано стан ураження населення кліщем у окремих областях України: Київській, Рівненській, Львівській, Тернопільській областях. Для порівняння взято дані з республіки Польща. Тенденція щодо ураження кліщами у досліджуваних регіонах дуже подібна. Повсюди спостерігається стає зростання кількості людей, на яких нападали кліщі. Так, наприклад лише у Тернополі у 2009 році до травмпункту звернулося 148 мешканців з проханням видалити з тіла кліща, у 2012 році таких мешканців уже було 439. Відповідно зросла і кількість хворих на Лайм-бореліоз. У період з 2005 по 2012 роки зареєстровано 78 випадків хвороби Лайма.

Здійснено анкетування студентів 1 курсу ДВНЗ “Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України”. Всього було опитано 775 студентів, з них уражених кліщем було 319 осіб, що становило 40,4 % від усіх опитаних осіб. У 29 осіб проявлялася еритема, а у 9 студентів проявлялися незвичні симптоми, проте діагноз бореліоз було поставлено лише 1 людині. У 18 чоловік були ускладнення у здоров’ї.

Ключові слова: іксодові кліщі, *Ixodes*, *Dermacentor*, Лайм-бореліоз, Західна Україна, Тернопільська область

Вступ. Іксодові кліщі – група членистоногих, що ведуть паразитичний спосіб життя на рослинах, тваринах і людині. Протягом життя вони проходять живлення на двох – трьох хазяїнах. У личинковому стані і у стані німфи вони нападають на дрібних гризунів і птахів, а у дорослому стані – на хижих звірів, копитних, великих гризунів і на людину. Живлячись на різних організмах вони здатні переносити ряд зоонозних, антропозоонозних і антропонозних захворювань.

Матеріал і методи досліджень

Викладені в статті матеріали були зібрані в результаті особистих польових досліджень і аналізу статистичних даних Тернопільської обласної СЕС та літературних джерел.

Результати досліджень та їх обговорення

Поширення іксодових кліщів на території Євразії розглядали ряд вчених. Це зокрема Н.О. Оленев (1931), який вивчав євразійських кліщів і описав декілька нових видів, Б.І Померанцев (1950), який досліджував біологію кліщів роду *Dermacentor* фауни СРСР, Г.В. Колонін (1978, 1981, 1983, 1984) – узагальнив дані про кліщів декількох родів, в тому числі і роду *Dermacentor* світової фауни. На території України кліщів найбільш детально дослідив Є. М. Ємчук (1960). Важливий внесок в дослідження біології і медичного значення кліщів зробив Ю.С.Балашов (1998). У своїй монографії він акцентував увагу на поширенні, життєвих циклах, трофічних зв’язках та значенні іксодових кліщів, як переносників багатьох інфекційних хвороб людини.

Згідно даних Є.М.Ємчука (1960) на території України виявлено 26 видів іксодових кліщів. Це зокрема представники 6 родів: *Ixodes* L., *Dermacentor* Koch., *Haemaphysalis* Koch., *Voophilus* Cur., *Rhipicephalus* Koch., *Hyalomma* Koch.

Серед близько 30 видів кліщів світової фауни (Колонін, 1984) в Західній і Східній Європі зустрічаються такі види кліщів роду *Dermacentor*: *D. marginatus* (син. *Dermacentor reticulatus*, *Acarus marginana*, *Dermacentor niveus*, *Dermacentor silvarum* тощо), *Dermacentor reticulatus* (син. *Acarus reticulatus*, *Dermacentor marginatus*, *Dermacentorites marginatus* та ін.), Ці види виявлено в багатьох країнах Європи, в тому числі в Чехії, Словаччині, Угорщині, Болгарії, Румунії, Польщі, що дозволяє робити припущення про можливість їх поширення в Закарпатській і Львівській областях.

Аналізуючи видовий склад кліщів західного регіону України, необхідно відмітити, що цей показник залежить від ландшафтно-географічного районування території. З трьох еколого-фауністичних комплексів кліщів – лісового, степового і кримського гірсько-лісового, існуючих в Україні в цілому, в її західних областях найповніше представлений лише один – лісовий. Проте і він є неоднорідним. Між собою дещо відрізняється видовий склад Полісся, Передкарпаття і Східних Карпат. Так, на території Полісся наймасовішими є види: *Ixodes ricinus*, *Dermacentor pictus* і *D. marginatus*. Значно рідше у лісовій зоні зустрічаються види: *Ixodes trianguliceps*, *I. crenulatus* і *I. vespertilionis*. У гірських районах Карпат виявлено майже всі види, поширені на Поліссі, проте знайдено новий вид *Ixodes rospelovae*. Кліщі роду *Dermacentor* в горах зустрічаються рідко, їх туди заносять сільськогосподарські тварини. Найбільш різноманітними за видовим складом кліщів біотопами є передгірські райони на південно-східних схилах Карпат, Закарпатська низовина та східна частина Передкарпаття, що межує з Подільською височиною. Окрім багатого видового складу на цих територіях часто відмічалися випадки масового розмноження багатьох видів кліщів.

Частина території заходу України перебуває у зоні лісостепу. Це, зокрема частина Тернопільської і Хмельницької областей. Згідно даних Є.М.Ємчука (1960) сюди можуть заходити деякі степові види, хоча масового розмноження в них не спостерігається. Так, у природних біотопах північної частини лісостепу зустрічаються такі види, як *Ixodes ricinus*, *I. crenulatus*, *I. lividus*, *I. trianguliceps*, *Dermacentor marginatus*. Значно рідше зустрічаються види: *I. laguri laguri*, *Haemaphysalis punctata*, *H. sulcata*, *H. otophila*, *Rhipicephalus rossicus*, *Hyalomma scupense* *H. plumbeum plumbeum*.

Серед кліщів роду *Ixodes* найпоширенішим видом є *I. ricinus* Latr., який присутній практично у всіх природних зонах України, хоча його прийнято вважати типовим лісовим видом. Він зустрічається переважно там де є листяні дерева і кущі, у хвойному лісі виявляється дуже рідко. Його личинки і німфи живляться переважно на гризунах і дрібних горобиних птахів. Дорослі стадії кліща, залежно від погодних умов, активні від кінця березня до листопада. Об'єктами їх нападу є великі дикі і домашні копитні тварини, хижі звірі з родини собачих, ведмежих, котячих, куницевих. З усіх іксодових кліщів в Україні людина найчастіше піддається нападу цього виду.

Встановлено, що цей вид є переносником багатьох захворювань тварин і людини: babesіозу і франсаельозу великої рогатої худоби, шотландського енцефаліту овець, весняно-літнього енцефаліозу, туляремії та лайм-бореліозу людей.

Кліщі виду *Ixodes laguri laguri* живляться переважно на мишовидних гризунах, комахоїдних і невеликих хижих: лисицях і тхорах. Відмічалися випадки передачі кліщем туляремії людям. Подібну кормову базу мають кліщі *I. crenulatus*. Окрім лисиць, дрібних куницевих і мишовидних гризунів цей вид в якості живителів часто використовує бурсуків, від чого походить його видова назва. Даних про напад цих кліщів на людину немає. Решта відомих в Західній Україні видів кліщів живляться на гризунах і птахів і на людину не нападають.

Майже у всіх областях України поширені два види кліщів роду *Dermacentor*: *D. pictus* і *D. marginatus*. Дорослі стадії кліщів паразитують на великих копитних і хижих диких і домашніх тваринах. Є дані про напад кліщів на людину. Періоди активності дорослих фаз залежать від умов середовища і приурочені весняно – літньому і осінньому сезонам. Перший припадає на кінець березня – червень, другий – серпень – жовтень. Дослідження Романенка В.Н. (2007) показали, що кліщі роду *Dermacentor* та *Ixodes* здатні відчувати свого живителя, в тому числі і людину завдяки своїм органам чуття (органів зору у відкритих біоценозах і органів нюху – у закритих). Вони також здатні до активного пошуку місць, де ці живителі найчастіше зустрічаються. При цьому вони дуже тонко реагують на вібрації, які створюють ці живителі. В пошуках живителя кліщі здатні здійснювати тривалі горизонтальні міграції. Важливим фактором життя кліщів є вологість середовища. У зв'язку з цим вони здійснюють також і горизонтальні міграції. Коли повітря робиться сухішим кліщі опускаються із поверхні рослин на підстилку, де вологість більша. За даними багатьох дослідників, кліщі є переносниками важких захворювань тварин і можливо людини. Це зокрема піроплазмоз, нуталіоз, babesієльоз, туляремія і чума (Балашов, 1998).

В західних областях України набуває загрозливого значення поширення захворювання на Лайм-бореліоз, зумовлене передачею борелій (*Borelia burgdorferi*) іксодовими кліщами при їх ураженні людини.

За останні роки у різних областях України здійснюються дослідження кліщів і хвороби спричинених ними. Так, наприклад у Києві, у 2012 році було зафіксовано 300 випадків прояву хвороби Лайма, це означає що кожен п'ята людина, укушена кліщем захворіла на цю хворобу (<http://kotsubynske.....>). У 2016 році у Києві за чотири місяці було зафіксовано 28 випадків хвороби Лайма (<http://nv.ua/ukr/ukraine>). Статистичні підрахунки показали що ця кількість хворих, зафіксованих у Києві за цей період, становлять близько 23% від загальної кількості хворих у всій Україні. У період 2000-2010 роки в Україні було зареєстровано 4597 хворих на хворобу Лайма. За вказаний період захворюваність зросла у 23,1 рази (з 0,12 до 2,77 на 100 тис. населення (Гуцук І. В., Мостюк О. І., 2013). За даними цих же авторів у Рівненській області за 2008-2012 рр. було зафіксовано 129 випадків захворювання. При цьому спостерігається чітка тенденція до зростання кількості хворих. Не менш тривожною є ситуація у Львівській області.

Так, у 2002 році було зареєстровано 396 хворих на Лайм-бореліоз, а у 2012 році ця кількість зросла до 1278 осіб. Таким чином за 10 років кількість хворих зросла приблизно у 3 рази. У м. Тернопіль також спостерігається тривожна картина. Щороку кількість укушених кліщами зростає. Так, у 2009 році до травмпункту звернулося 148 мешканців з проханням видалити з тіла кліща, у 2012 році таких мешканців уже було 439. Відповідно зростає і кількість хворих на Лайм-бореліоз. У період з 2005 по 2012 роки зареєстровано 78 випадків хвороби Лайма (Безрукий Є.С. та ін., 2013; Дністрян С. С. та ін, 2013).

Нам стали відомі дані щодо поширення випадків нападу іксодових кліщів на людей у Польщі. Аналіз динаміки ураження кліщем у цій країні показав, що зберігається чітка тенденція до зростання. Так, у 2005 році було уражено 4047 мешканців, у 2012 – 9159 чоловік, а у 2016 – близько 18000. Порівнюючи ці дані з даним про ураження кліщем населення України, бачимо, що у Польщі цей показник вищий у багато разів. Очевидно, це можна пояснити тим, що населення України з такими “дрібницями” як укуси кліща у лікувальні заклади не звертається.

З метою вивчення стану ураження кліщем населення різних вікових категорій, нами було проведено анкетування студентів 1 курсу ДВНЗ “Тернопільський державний медичний університет імені І.Я. Горбачевського МОЗ України”. Всього було опитано 775 студентів, з них уражених кліщем було 319 осіб, що становило 40,4 % від усіх опитаних осіб. У 29 осіб проявлялася еритема, а у 9 студентів були незвичні симптоми, проте діагноз бореліоз було поставлено лише 1 людині. У 18 чоловік були ускладнення у здоров’ї і вони зверталися до лікарів за спеціальностями: дерматолог, невропатолог, кардіолог і отримали відповідне лікування.

Зінчук О.М. (2010) у своїй дисертації стверджує що багато хворих, укушених кліщем, зверталися до різних відділень, особливо ревматологічних зі скаргами на різні неврологічні, ревматологічні і дерматологічні синдроми. Більшості з них не було поставлено лайм-бореліоз, а здійснювали симптоматичне лікування. Це стосувалося найбільше осіб, у яких не проявлялася еритема.

Серед опитаних нами студентів ураженими кліщем були мешканці сільської місцевості (154 чол.), селища міського типу (59 чол.), міста (174 чол.). Одним із тривожних фактів є те, із усієї кількості опитаних студентів лише кілька чоловік зверталися у спеціалізовані лабораторії на предмет виявлення у крові борелій.

Висновки

1. В цілому, в Україні і в Європі спостерігається тенденція зростання популяцій кліщів, зокрема іксодових, що обумовлено зміною кліматичних умов і, можливо, відмовою від масового використання інсектицидів;
2. Спільно з ростом популяцій кліщів зростає кількість випадків нападу цих паразитів на людей і відповідно зростає кількість людей уражених інфекційними збудниками, перенесеними кліщами.
3. Анкетування студентів ТДМУ ім. І.Я. Горбачевського показало значну кількість уражених кліщами, але захворювань при цьому не спостерігалися.

1. *Балашов Ю. С.* Иксодовые клещи — паразиты и переносчики инфекции / Ю. С. Балашов. — Санкт – Петербург : Наука, 1998. — 326 с.
2. *Безрукий Є. С.* Про епідситуацію з захворюваності на лайм-бореліоз в м. Тернополі / [Є. С. Безрукий Б. Є. Козяр., І. С. Ішук та ін.] // Матеріали науково-практичної конференції “Довкілля і здоров’я” (25—26 квітня 2013 року). — Тернопіль ТДМУ : Укрмедкнига, 2013. — С. 10—11.
3. *Гуцул І. В.* Хвороба Лайма як екологічна проблема західних областей України (на прикладі Рівненської та Львівської областей / І. В. Гуцул.
4. *Мостюк О. І.* // Матеріали науково-практичної конференції “Довкілля і здоров’я” (25—26 квітня 2013 року). — Тернопіль ТДМУ : Укрмедкнига, 2013. — С. 57—58.
5. *Дністрян С. С.* Хвороба Лайма на Тернопіллі. / С. С. Дністрян, О. Є. Авсюкевич, С. В. Величко, І. С. Ішук // Матеріали науково-практичної конференції “Довкілля і здоров’я” (25—26 квітня 2013 року). — Тернопіль ТДМУ : Укрмедкнига, 2013. — С. 63.

6. Зінчук О. М. Лайм-бореліоз: клініко-імунпатогенетичні особливості та екстрене превентивне лікування / О. М. Зінчук— Рукопис дис. на здобуття наук. ступеня док. мед. наук. — Київ. — 2010. — 229 с.
7. Ємчук Є. М. Фауна України. Іксодові кліщі./ Є.М. Ємчук — Київ : в-тво Академії наук УРСР, 1960. — Т. 25, Вип. 1. — 168 с.
8. Колонин Г. В. Мировое распространение иксодовых клещей. Род *Haemaphysalis*./ Г.В. Колонин. — М.: Наука, 1978. — 70 с.
9. Колонин Г. В. Мировое распространение иксодовых клещей. Род *Ixodes* / Колонин Г. В. — М.: Наука, 1981. — 114 с.
10. Колонин Г. В. Мировое распространение иксодовых клещей. Роды *Hyalomma*, *Aponomma*, *Amblyomma*. / Г.В. Колонин. — М.: Наука, 1983. — 121 с.
11. Колонин Г. В. Распространение иксодовых клещей. Роды *Dermacentor* и др. / Г.В. Колонин. — М.: Наука, 1984. — 94 с.
12. Померанцев Е. В. Фауна СССР. Паукообразные. Иксодовые клещи (*Ixodidae*). / Е.В. Померанцев — М. : Изд-во Академии наук СССР, 1950. — Т. IV, Вып. 2. — 114 с.
13. Романенко В. Н. Эколого-этологические аспекты изучения иксодовых клещей (*Parasitiformes*, *Ixodidae*) различных ландшафтов. Автореф. дисер. на здоб. ступ. док. біол. наук. / В. Н.Романенко. — Томськ. — 2007. — 229 с.
14. <http://kotsubynske.com.ua/2013/05/08/jak-vberehtys-vid-klischiv-ponad-350-kyjan-zahvorily-na-hvorobu-lajma/>
15. <http://nv.ua/ukr/ukraine/events/kijivski-mediki-nazvali-kilkist-zafiksovanih-vipadkiv-hvorobi-lajma-vid-ukusiv-klischiv-116899.html>

С. С. Подобивский, Л. Я. Федонюк

ГВУЗ “Тернопольский государственный медицинский университет имени И. Я. Горбачевского МОЗ Украины”

К ВОПРОСУ О ВИДОВОМ СОСТАВЕ, БИОЛОГИИ И ЗНАЧЕНИИ ИКСОДОВЫХ КЛЕЩЕЙ ЗАПАДНОЙ УКРАИНЫ

В статье рассматриваются вопросы распространения иксодовых клещей в Евразии и в Украине.

Среди более 30 видов клещей мировой фауны в Западной и Восточной Европе встречаются такие виды клещей рода *Dermacentor*: *D. marginatus* (син. *Dermacentor reniculatus*, *Acarus marginana*, *Dermacentor niveus*, *Dermacentor silvarum* тощо), *Dermacentor reniculatus* (син. *Acarus reniculatus*, *Dermacentor marginatus*, *Dermacentorites marginatus* и др.) Эти виды клещей обнаружены в многих странах Европы, в числе в Чехии, Словакии, Венгрии, Болгарии, Румынии, Польши, что дает основание предполагать их наличие в Закарпатской, Черновицкой и Львовской областях.

Сделан анализ уровня заражения населения клещом в отдельных областях Украины: Киевской, Ровенской, Львовской и Тернопольской. Для сравнения взяты некоторые данные из Польши.

Совершено анкетирование студентов 1 курса Тернопольского медицинского университета, которое показало, что около 40, 4 % их было поражены клещами, хотя заболевания на лайм-бореллиоз у них не обнаружено.

Ключевые слова: иксодовые клещи, *Ixodes*, *Dermacentor*, Лайм-бореллиоз, Западной Украина, Тернопольская область

S. S. Podobivskij, L. Ya. Fedonyuk

I. Gorbachevsky Ternopil State Medical University Medical Biology Department, Ukraine

ON THE ISSUE OF SPECIES COMPOSITION, BIOLOGY AND SIGNIFICANCE OF THE IXODES TICKS IN WESTERN UKRAINE

Ixodid mites are one of the most numerous among the arthropods' ectoparasites. In their life they held nutrition in two - three hosts. In the larval stage and in the state of nymph they attack small rodents and birds, and in adulthood - the wild animals, hoofed, large rodents and humans.

The article deals with the spread of *Ixodes* ticks in Eurasia and Ukraine. Are given the names of scientists involved in these issues. An important contribution to the study of ticks in Ukraine did Ye.

M. Yemchuk, who committed an overview of all types of mites in Ukraine and established that in our country are present 26 species of Ixodes ticks. These are representatives of 6 families: Ixodes L., Dermacentor Koch., Haemaphysalis Koch., Boophilus Cur., Rhipicephalus Koch., Hyalomma Koch.

Among the approximately of 30 species of ticks in world fauna (Koloin, 1984) in Western and Eastern Europe are the following families types of mite Dermacentor: *D. marginatus* (synonym *Dermacentor reniculatus*, *Acarus marginana*, *Dermacentor niveus*, *Dermacentor silvarum* etc.), *Dermacentor reniculatus* (synonym *Acarus reniculatus*, *Dermacentor marginatus*, *Dermacentorites marginatus* and others.) These types are found in many European countries, including the Czech Republic, Slovakia, Hungary, Bulgaria, Romania, Poland, that give possibility to make a assumption of their spread in the Transcarpathian and Lviv regions.

The results of the literature indicated that the most famous species of Ixodes ticks in different geographic regions of Western Ukraine are located in: Carpathians, Polesie and Podolsk Upland. It was established that in the Polissia most widespread types are: *Ixodes ricinus*, *Dermacentor pictus* і *D. marginatus*. Much less common in the forest zone a living types of: *Ixodes trianguliceps*, *I. crenulatus* і *I. vespertilionis*. In the mountain areas of the Carpathians are founded almost all kinds, which are widespread in Polesie, but also are founded a new species of *Ixodes pospelovae*. In the natural habitats of the northern forest are species such as *Ixodes ricinus*, *I. crenulatus*, *I. lividus*, *I. trianguliceps*, *Dermacentor marginatus*. Much rarer are founded species of: *I. laguri laguri*, *Haemaphysalis punctata*, *H. sulcata*, *H. otophila*, *Rhipicephalus rossicus*, *Hyalomma scupense* і *H. plumbeum plumbeum*.

It was analyzed the state of mite population's destruction in some regions of Ukraine: Kyiv, Rivne, Lviv and Ternopil. For comparison, it was taken information from the Republic of Poland. The trend towards the destruction of ticks in regions, which were studied, are very similar. Everywhere there is a steady increasing in the number of people who was attacked by mites. For example, only in Ternopil in 2009 to the emergency room were contacted request the 148 residents for asking to remove of the tick from the body, in 2012, these residents have been 439. Accordingly, is increasing the number of patients with Lyme borreliosis. In the period from 2005 to 2012 were recorded 78 cases of Lyme disease.

It was conducted a survey of 1st year students of SHEE "Ternopil State Medical University named after I. Gorbachevskij Ministry of Health of Ukraine." Totally of 775 students were interviewed, including infected by mites 319 people, that is accounting for 40,4% of all surveyed individuals. The 29 persons were manifested by erythema and 9 students were shown unusual symptoms, but the diagnosis of borreliosis was putting only to one person. The 18 people had complications with health.

Key words: Ixodes ticks, Ixodes, Dermacentor, Lyme borreliosis, Western Ukraine, Ternopil region

Рекомендує до друку
К. С. Волков

Надійшла 22.02.2017

ОГЛЯДИ

УДК 57.017.3+574.64

В. В. ГРУБІНКО

Тернопільський національний педагогічний університет імені Володимира Гнатюка
вул. М. Кривоноса, 2, Тернопіль, 46027

АДАПТИВНІ СТРАТЕГІЇ ТОКСИКОРЕЗИСТЕНТНОСТІ ДО МЕТАЛІВ У ГІДРОБІОНТІВ

Обговорюється проблема еволюційного формування стратегій фізіолого-біохімічної адаптації водних організмів до іонів металів водного середовища. Встановлено, що біохімічний механізм стрес-реакції на токсичний вплив іонів металів полягає в індукції генералізованої коливальної динаміки фізіолого-біохімічних процесів як чинника термінової адаптації, і, як наслідок, генерації сталої адаптивної відповіді. внутрішньою реакцією системи за типом зворотного зв'язку. Критеріями адаптованості (формування адаптивних функцій системи) можуть бути тільки такі кількісні і якісні зміни, що надають біосистемі нових властивостей, сформованість яких є результатом еквіфінальності цієї ж системи.

Ключові слова: іони металів, адаптація, гідробіонти, водне середовище

Забруднення водного середовища сполуками металів – одна з глобальних екологічних проблем, один з головних значущих факторів регуляції функціонування, продуктивності та еволюції гідроекосистем [85, 86]. Ступінь впливу сполук металів, здебільшого токсикантів, на гідробіонти визначається ймовірністю попадання в гідросферу абіотичних важких металів, формою знаходження та концентрацією у воді, тривалістю впливу і токсикорезистентністю організмів [11, 12, 56, 64, 68, 73, 76]. Якщо по силі впливу будь-який фактор середовища виходить за звичні рамки, властиві організмам в результаті природного добору (популяційно-генетична адаптація) або онтогенезу (індивідуальна адаптація), організм переходить у стан органічних або фізіологічних розладів, що супроводжуються порушенням функцій – стресу, який Г. Сельє розглядав як механізм збереження гомеостазу, універсальний для живих істот (Сельє, 1961, 1972, 1979). Згодом з'ясувалося, що існуюче різноманіття життєвих форм і рівнів організації живої природи не дозволяє однаково інтерпретувати стрес, насамперед у багатьох ектотермів. Відмінності в будові і функціях нервових систем, енергоутворення і теплорегуляції, ступеня їх залучення у регуляцію гомеостазу, а також у рівнях розвитку і переважання значення клітинної і організмової регуляції метаболізму в представників різних таксонів настільки істотні, що пояснити стан стресу неможливо одними й тими самими механізмами [49, 50]. Незважаючи на різну природу стрес-індукуючого впливу, в нашому випадку це хімічна структура токсичних речовин та ступінь їх впливу для певних видів гідробіонтів, організми відповідають стереотипним набором біохімічних і фізіологічних реакцій, спрямованих на подолання порушень його життєдіяльності (неспецифічний адаптаційний синдром), що забезпечує так звану неспецифічну або термінову адаптацію, яка не є остаточною для організму, а є першою фазою індивідуальної адаптації, з якої розвивається друга фаза – довготривала або специфічна адаптація. Її особливість полягає в здатності, по-перше, підвищувати стійкість організму до будь-якого визначеного або ряду близьких за своєю

природою подразників; по-друге, формувати так званий структурний слід, який дозволяє повністю усунути порушення гомеостазу і зберігати цю здатність у постадаптаційний період [7, 10-12, 64].

Разом з тим, механізми координації термінових і довготривалих стійких стрес-редуючих факторів, власне процес індукції специфічної адаптації як результат стрес-реакції на токсичний вплив залишаються системно не інтерпретованими. Для вирішення проблеми комплексної адаптації необхідний систематичний підхід до дослідження, а саме, аналіз динаміки змін широкого кола метаболічних параметрів у гідробіонтів у відповідь на токсичний вплив.

Особливості гідробіонтів. Це багатокомпонентна поліфункціональна, біологічно активна система організмів, які мають спільні властивості, обумовлені біологічною природою їх походження та водним середовищем життєдіяльності. Різноманіття гідробіонтів, насамперед, виявляється у їх функціональних властивостях: фізичні, морфологічні, структурно-механічні, біохімічні, що формує лабільність до різних впливів (фізико-хімічного, біологічного тощо).

Лабільність (лат. *labilis* – нестійкий, мінливий) – це функціональна варіабельність, що характеризується швидкістю протікання елементарних циклів реактивних тканин біологічного тіла. Зміна властивостей, насамперед, відбувається за теплової та хімічної дії, що модифікує залежні від них процеси в межах амплітуди критичних значень. Біохімічна лабільність – це здатність гідробіонтів необоротно змінювати свої метаболічні властивості в результаті впливу чинників на біологічне тіло впродовж певного проміжку часу, за який відбуваються незворотні перетворення його частин, компонентів і зміни властивостей. Найбільш значимою є ензимна лабільність – це здатність гідробіонтів незворотно змінювати свої властивості в результаті зміни набору, видів, активності, специфічності і вибірковості дії ензимів.

Молекулярний склад тканин гідробіонтів непостійний і залежить від біохімічних особливостей видів і біологічної специфіки окремих тканин. Лабільність гідробіонтів відображає варіабельність їх складу, масова частка (%): вода – 52-94 (сер. 42), ліпіди – 0,1-32,0 (сер. 31), протеїнові сполуки – 5,8-27,2 (сер. 21), мінеральні речовини – 1,5-3,5 (сер. 2) [20]. Істотний вплив на хімічний склад окремих видів чинять умови проживання морських і прісноводних мешканців та такі біологічні фактори, як вік, стать, стадія розвитку статевих залоз, характер і інтенсивність живлення та ін.

Отже, комплекс постійно змінюваних взаємопов'язаних функцій гідробіонтів дозволяє визначити їх як неординарну, багатокомпонентну, поліфункціональну і біологічно активну систему.

Екотоксичність. Оскільки в основі процесів життєдіяльності, як і в основі змін хімічного складу природного середовища загалом, лежить хімічний акт, суттю якого є перетворення вихідних речовин в продукти їх трансформації, токсичність, насамперед, визначається наявністю в середовищі неспецифічних для організмів речовин у будь-яких кількостях або перевищеннях певних біологічно безпечних меж речовин літогенного, біогенного (біологічне забруднення, пов'язане з природними процесами відмирання і розкладання біомаси, унаслідок цього вторинною інтоксикацією у результаті хімічної модифікації біогенних речовин іншими токсикантами) чи антропогенного походження. Серед чинників, що визначають токсичність є: форми (фізичний і хімічний стан) речовини, швидкість її надходження в навколишнє середовище із джерела утворення (акумуляції), шляхи і характер міграції і трансформації (фізичної, хімічної, біологічної) в організмах та різних компонентах екосистем, характер взаємодії речовин (синергізм, антагонізм тощо), чутливість (реакція) біологічних систем (молекул, клітин, організмів, популяцій, біоценозів і екосистем в цілому) до речовин і продуктів їх розпаду тощо (рис. 1).

ОГЛЯДИ

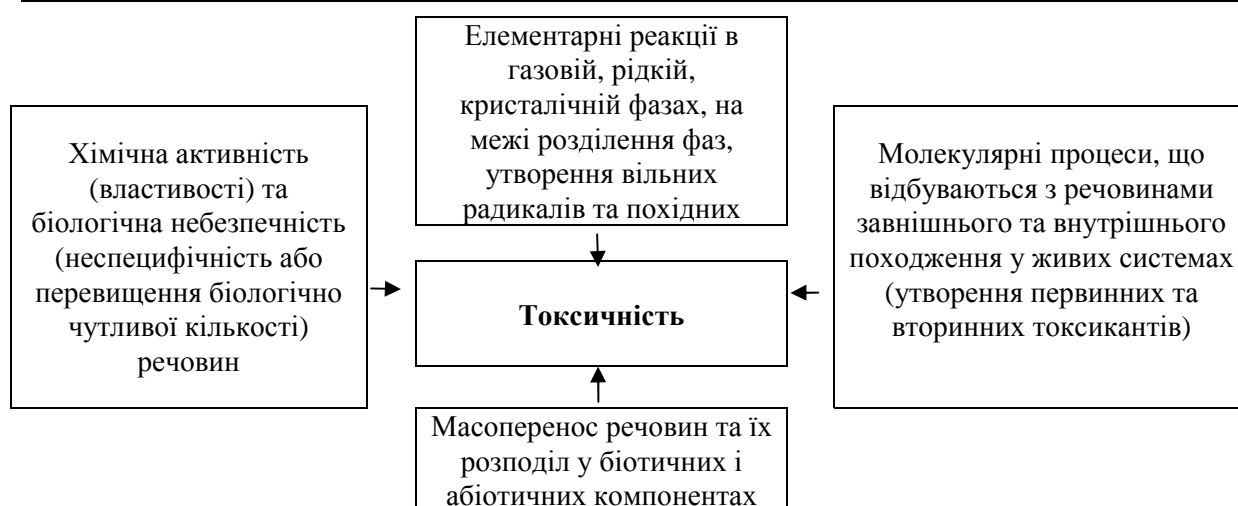


Рис. 1. Система чинників, явищ і процесів, що формують токсичність середовища [7]

Тому, визначаючи принципи формування токсикологічної ситуації, О.М. Арсан [3] виділяє такі пріоритети: а) токсикологічна характеристика джерел забруднення; б) хімічний склад токсикантів, їх міграція і трансформація в організмах та компонентах екосистем; в) закономірності впливу токсикантів на структуру, функціонування і продуктивність живих систем.

Загальні принципи реакції гідробіонтів на дію токсикантів. Дію речовин, що приводить до порушення функцій біологічних систем, називають *токсичною дією*. В основі токсичної дії лежить взаємодія речовини з біологічним об'єктом на молекулярному рівні. Хімізм взаємодії токсиканта і біологічного об'єкта на молекулярному рівні є *механізмом токсичної дії*. Формування і розвиток реакцій біосистеми на дію токсиканту, що приводить до її пошкодження (порушення її функцій, життєздатності) або загибелі, називають *токсичним процесом* (рис. 2).

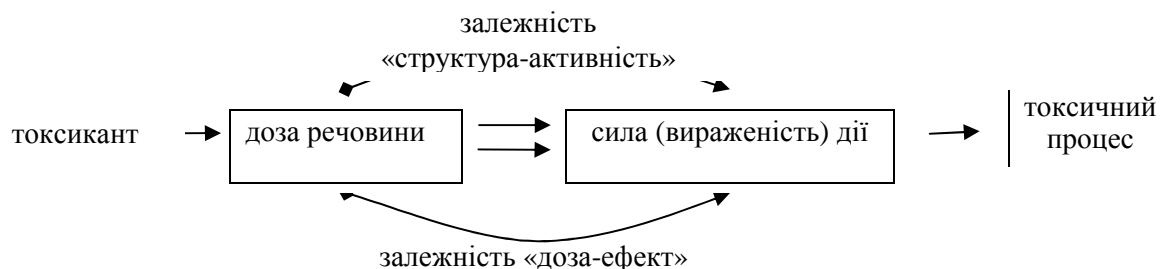


Рис. 2. Схема розвитку токсичного процесу [7]

Пошкодження токсикантами біологічних систем в залежності від механізму їх дії різноваріантні. Насамперед, різними є принципи дії токсикантів. В процесах, що розвиваються за *пороговим принципом*, причинно-наслідковий зв'язок між фактом дії речовини і розвитком процесу носить безумовний характер: при дії речовин в дозах, нижчих певних рівнів, токсичний процес не розвивається, а досягши певної дози, процес розвивається неодмінно. Залежність «доза – ефект» простежується на рівні кожного окремого організму. При цьому, як правило, чим більша доза, тим значніший прояв токсичного процесу. У процесах, що розвиваються за *безпороговим принципом*, причинно-наслідкові зв'язки між фактом дії речовини і розвитком процесу носять імовірнісний характер: вірогідність формування ефекту зберігається при дії на організм навіть однієї молекули токсиканта, разом з тим у окремих організмів процес може і не розвинути, не зважаючи на значне збільшення дози речовини

(близькі до смертельних). Тому пошкодження токсикантами залежно від механізму їх дії і є багатоваріантне (флуктуаційне). Розвиток інтоксикації та наступної за нею патології носить ланцюговий, взаємозалежний, підпорядкований, пролонгований, у результаті – цілісний (системний) характер, загальним принципом інтоксикацій є *різноспрямованість і рівневість пошкоджень та каскадність розвитку патологічного процесу* [7, 10, 12, 41, 64]. Зовнішні, реестровані ознаки токсичного процесу називаються його проявами, а наочною формою прояву токсичного процесу є інтоксикація (отруєння). Інтоксикація дійсно є основним і найбільш вивченим станом організму при отруєннях, однак далеко не єдиним ефектом (рис. 3).

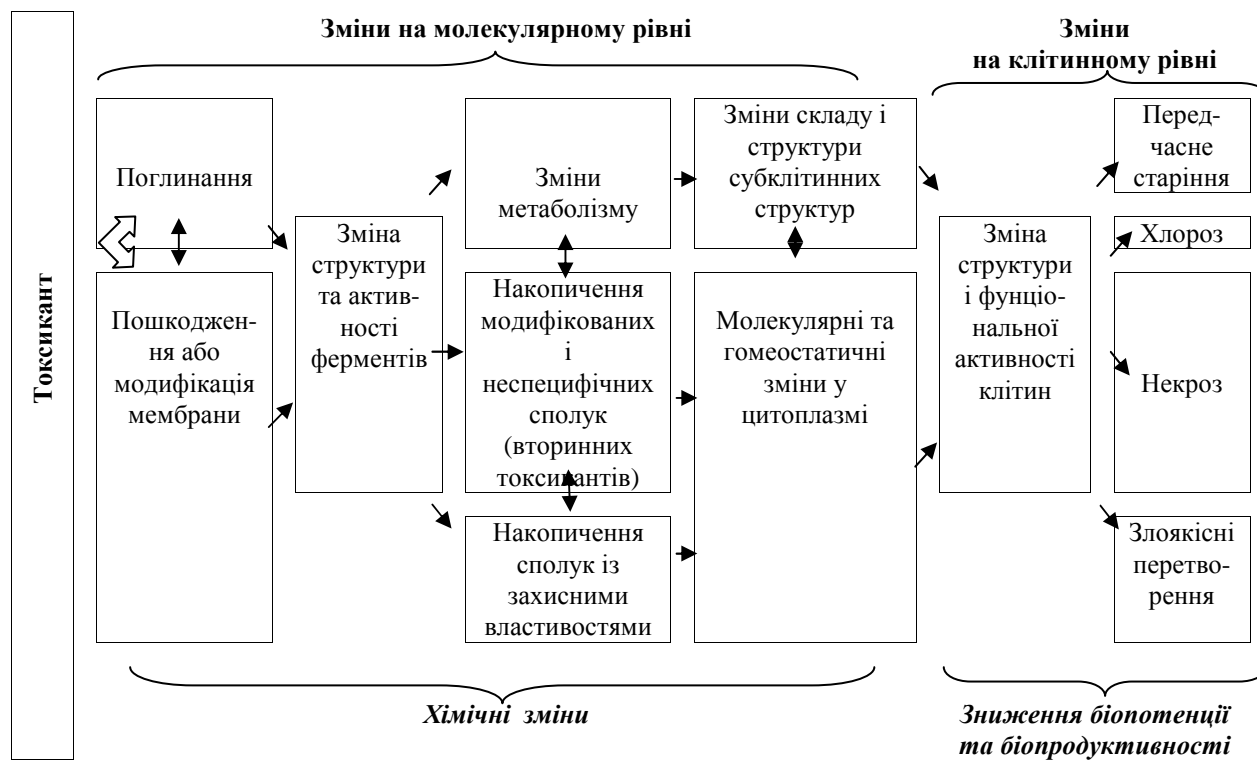


Рис. 3. Схема розвитку інтоксикаційної патології в організмі [7]

Зміни, які викликаються дією токсиканту, можуть виявлятися у: порушеннях метаболізму у клітинах (генетична чи модифікаційна детермінація); структурних ушкодженнях молекул і надмолекулярних структур певного рівня і сили, які призводять до незворотніх функціональних змін та збільшення кількості неповноцінних молекулярних і надмолекулярних новоутворень; недостатньому утворенні і постачанні клітини енергетичними еквівалентами, насамперед АТФ, відновними еквівалентами та попередниками біосинтезу; порушенні систем, які регулюють швидкість і спрямованість метаболічних процесів у відповідності до потреб біо-, еко- системи; порушенні взаємодії макромолекул, клітин, тканин і органів, збільшенні кількості випадкових і нерегульованих взаємодій; порушенні фізіологічних функцій органів і систем, головно гомеостазу (сталість складу) і енантіостазу (сталість стану, підтримання рівня функцій – є твердження, що для організму важливішим є не стільки збереження сталості складу, скільки – сталість функцій (стану) [7, 39].

Комплексною реакцією біологічної системи в умовах ушкодження є втрата достатнього рівня енергетичного (термодинамічного) і трофічного статусу, біологічного різноманіття і цілісності та збалансованості її функціонування (втрата «організованої упорядкованості»), а також здатності до самовідтворення [7, 12].

Бар'єрні механізми. Надходження токсикантів до організму тварин

Накопичення речовин здійснюється через сайти зв'язування на поверхневих клітинах з наступним послідовним перетворенням токсикантів та речовин, з якими ті вступають в біологічних системах у взаємодію, викликаючи як ланцюг пошкоджень, так і адаптивних

структурно-функціональних реакцій в клітинах та організмах. При цьому критичною стадією є саме проникнення токсикантів у організм через поверхневі мембрани клітин та структурна і функціональна (метаболічна) опірність (первинна детоксикація) на мембранному, клітинному та тканинному рівнях (рис. 4).

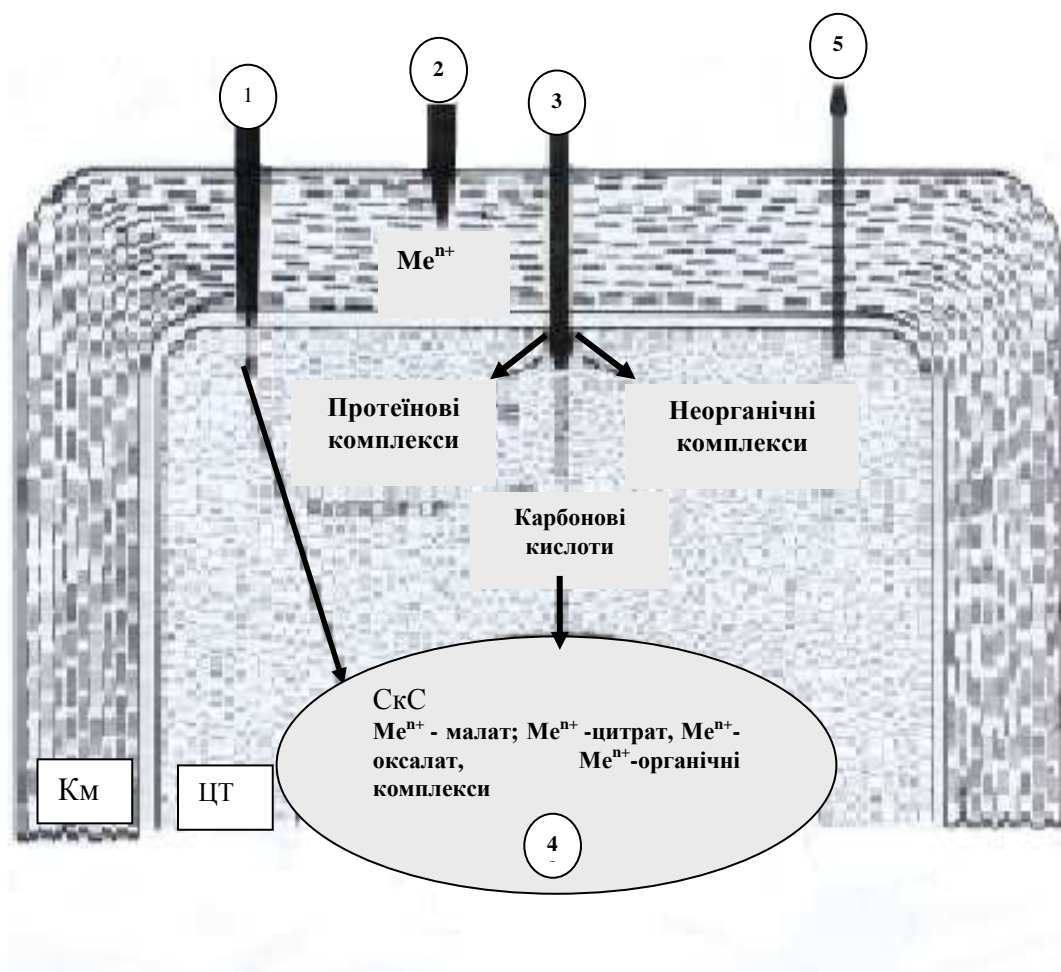


Рис. 4. Схема проникнення важких металів у клітину: 1) іммобілізація металу мембранним металотіонеїном; 2) дифузне проникнення в плазму через ліпідний бішар; 3) зв'язування металу в комплекси в цитоплазмі; 4) компартментация метал-органічних комплексів в субклітинних структурах; 5) активний зворотній транспорт (за [35]).

Км – клітинна мембрана; ЦТ – цитоплазма; СкС – субклітинні структури.

Адаптація до дії іонів металів значною мірою модулює їх проникнення через апікальну мембрану клітин поверхневих органів. Встановлено, що проникнення іонів металів через мембрану клітин зябер риб здійснюється за допомогою щонайменше двох типів транспорту: високоспорідненого з максимумом поглинання при $0,05-0,1 \text{ мг/дм}^3$ та низькоспорідненого, який реалізується при концентраціях $>2 \text{ мг/дм}^3$ [24, 35]. Щодо фізико-хімічної природи металів, то найбільшою мірою тварини накопичують цинк і купрум, менше – плюмбум та манган, що пов'язано як з біологічною потребою у цих металах, так і з особливостями фізико-хімічної взаємодії їх іонів з молекулярними структурами клітин, що можуть виступати їх лігандами. Конкуренція металів за структурно-функціональні утворення в клітинах тварин залежить від черговості попадання іонів цих металів в клітини, бо заміна (вибивання) іонів один одного в центрах їх зв'язування, ймовірно, утруднена.

У водорості *Chlorella vulgaris* Beij. виявлено, що поглинання Mn^{2+} , Zn^{2+} , Cu^{2+} та Pb^{2+} є концентраційно- і часо- залежним процесом, який носить флуктуаційний характер, має 4 етапи за дії досліджених чинників: самоізоляція (стрес-реакція) клітин, активне поглинання металів, пригнічення поглинання, нерегульоване клітиною поглинання. Поглинання іонів цих металів клітинами відбувається за змішаним типом інгібування та визначається спорідненістю металів зв'язуючих компонентів клітин, після насичення іонами металів речовин, що їх зв'язують, поглинання стає нерегульованим клітиною (за дії Mn^{2+} – 48-168 год, Zn^{2+} – 3-72 год, Cu^{2+} – 24-72 год, Pb^{2+} – 24-168 год). Процес поглинання металів є енергозалежним лише за вказаних проміжків часу: Mn^{2+} – 0,25-0,5; 24-72 год, Zn^{2+} – 0,5-3; 12-24 год, Cu^{2+} – 0,5-0,75; 1-3; 6-24 год, Pb^{2+} – 1-3 год. [26].

Мембрани володіють різними морфологічними і біохімічними властивостями в межах не тільки окремих класів, але й окремих видів [79]. Специфічність мембран, можливо, визначає топографію ксенобіотиків їх специфічних властивостей, однак всі виявлені ефекти намагаються уніфікувати механізм їх реакції на метали. Їх дія спричиняє каскад змін структури і складу клітинної мембрани та органел і обміну речовин у клітині, що, насамперед, пов'язане з біосинтезом їх основних компонентів. Так, результатом захисно-компенсаторної адаптації клітин до несприятливих чинників також є унікальне явище утворення «вторинних концентричних мембран». Це явище спочатку у водних рослин, а згодом і в риб, було виявлено за дії іонів цинку та плюмбуму, а також дизельного палива у прісноводних водоростей *Chlorella vulgaris* та вищих водних рослин *Elodea canadensis* і *Lemna minor* [69].

Встановлено важливу роль мембранних ліпідів у детоксикації надлишку іонів важких металів. При дослідженні дії нітрату кадмію на *Potamogeton perfoliatus* L. [78] виявили стійкі до його дії структурні ліпіди: нейтральні, вміст яких збільшувався під впливом Cd^{2+} , а також лабільні і нестійкі. Суттєвий вплив іонів плюмбуму спостерігали на фосфоліпідний склад у *Cladophora glomerata*, особливо на рівні фосфатидилхолінів і фосфатидилгліцеролів, також відмічено здатність Pb^{2+} впливати на дегідрогенізацію жирних кислот фосфоліпідів [57]. Цілий ряд змін вмісту та адаптивної ролі ліпідів окремих класів у клітинах різного функціонального призначення виявлено як у водоростей та водних рослин, так і в тварин різних таксономічних груп – від молюсків до риб і земноводних [6, 7, 23, 26, 27, 35, 42, 57, 69]. Автори робіт зазначають, що незалежно від часу дії і концентрації іонів металів у середовищі, спостерігається загальна тенденція до накопичення у мембранах триацилгліцеролів та фосфоліпідів, які, очевидно, мають адаптивне значення у захисті клітин від дії токсикантів, бо стабілізують структурно-функціональний стан мембран клітин у відповідь на дію несприятливих чинників. Виявлені ефекти також можуть бути спрямовані на оптимізацію проникності мембран, іонного транспорту і функціонування ензимів.

Отже, поглинання важких металів в організмі гідробіонтів визначається:

1. Морфологічними, фізіологічними і біохімічними властивостями організмів, специфікою мембранної взаємодії іонів металів з клітинами.
2. Специфікою хімічного стану речовин та їх концентрацією. Це може впливати як на взаємодію з молекулярними рецепторами.
3. Шляхи надходження токсиканту в організм та контактні поверхні, через які здійснюється транспорт.
4. Екологічні умови існування організмів, що, насамперед, передбачають вплив на процес інших хімічних компонентів середовища, що діють комбіновано.

Біонакопичення. Деякі метали, як наприклад срібло, ртуть, кадмій, купрум, нікел, плюмбум, цинк і ін. відносно стійкі і отруйні. Їх накопичення характеризується такими особливостями:

1. Вони здатні поширюватися на великих територіях чи в об'ємах, формуючи концентрації від слідової кількості до сотень концентраційних одиниць, і надходять в кров тварин та до клітин постійним потоком [58].
2. Вони мають велику зовнішню поверхню поглинання з відстанню, що відокремлює середовище і кров. У водних організмів – це зябра, поверхня тіла, шлунково-кишковий тракт.

3. В межах клітин системи дихання і травлення надходження металів в кров дуже активне у зв'язку з функціонуванням системи протитоку, що сприяє дифузії та активному проникненню металів за градієнтом концентрації навіть за його незначних концентрацій у контактному середовищі.

4. Мембрани контактних клітин містять значну кількість сайтів зв'язування іонів, забезпечуючи їх проникнення з участю транспортних протеїнів та іонних каналів.

5. Завдяки інтенсивному іонному та газообміну (клітини кишкового епітелію та органів дихання) контактні тканини є відкритими для навколишнього середовища.

Загалом біонакопичення визначають концентраційна різниця в середовищі та організмі (тканинах), специфічність відгуків в організмі на первинну дію, спрямованість до тканин змінюють хімічні градієнти в їх клітинах, а затримування в них визначається спорідненістю з певними біохімічними компонентами клітин, що зв'язують метали, насамперед протеїни [77]. Великі відмінності часто існують між рівнем отруйних концентрацій в середовищі існування організмів і концентрацією токсикантів в органах тварин в силу впливу (наприклад, повітря, вода, осадження), і їх вплив на перетворення речовин – первинні детермінанти накопичення і розподіл металів є тканинспецифічним, залежним від часу та природи металу процесом. Купрум найефективніше акумулюється в шкірі та печінці, де рівень металу зростає пропорційно часу інкубації, цинк найбільше накопичується у м'язах [35, 42]. Очевидно ці органи відіграють депонуючу роль щодо досліджуваних металів. Тканинний перерозподіл іонів металів за дії їх підвищених концентрацій може бути ефективним засобом щодо підтримання оптимального рівня металів в організмі, а отже структурного і функціонального гомеостазу тварин.

У випадку комплексів металів з органічними молекулами певну роль у їх розповсюдженні в організмі відіграє біотрансформація, проте для важких металів вона незначна, і може виявлятися певною мірою для металів з змінною валентністю (хром, манган) [28]. Від міцності зв'язування металів в клітинах залежить швидкість їх виведення з організму.

Таким чином, біоакмулювання визначає швидкість надходження металу до організму та його виведення назовні, однак останнє залежить від зв'язувальної здатності тканин і клітинних структур.

Дослідники [52, 80] показали, що із збільшенням комплексоутворюючої здатності металів, наприклад, купруму з різними неорганічними і органічними лігандами загалом пов'язано зменшення токсичності металів, ці комплекси менше піддаються біонакопиченню, ніж слабокомплекуючі метали [82]. Різні катіони можуть також зв'язувати сайти, створюючи конкурентні взаємодії, що також стабілізує отруйність металу. Звичайно, це спрощення всіх можливих ефектів, що хімічних взаємодій цих хімічних об'єктів в сайті зв'язування, проте, таке представлення дає можливість прогнозувати процеси, що відбуваються при проникненні металів (рис. 5) [35].

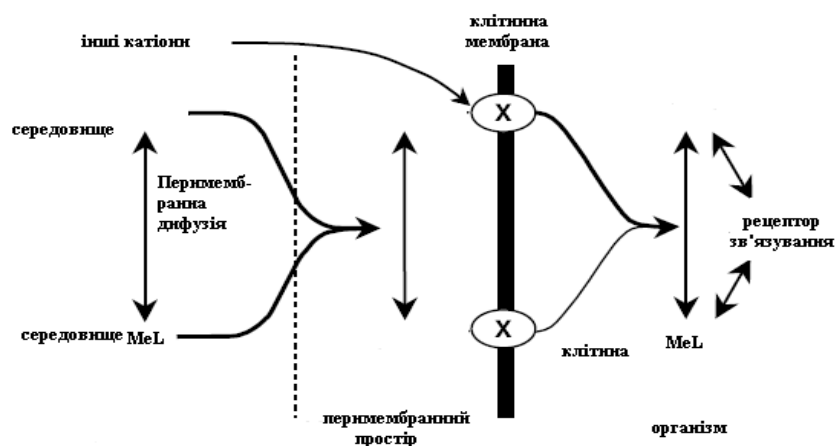


Рис. 5. Концептуальна модель для хімічних взаємодій при накопичуванні важких металів. X – переносник, Me^{n+} – іон металу; MeL – комплекс «метал-ліганд»

Кінетика ж процесів залежить від складу, якості та характеру перимембранних, мембранних та внутрішньоклітинних (специфічне та неспецифічне зв'язування металів внутрішньоклітинними рецепторами і лігандами) процесів.

Використання кінетичної моделі цього процесу дало можливість оцінити поглинальну ефективність. Поглинальна продуктивна константа розглядається як баланс між поглинанням і процесом виведення. Однак, пізніше було показано, що швидко виводяться з організму надто великі надлишкові кількості металів, а значна частина, що залучається до метаболізму або фіксується консервативними клітинними структурами, залишаються в тканинах надовго (рис. 6) [35].

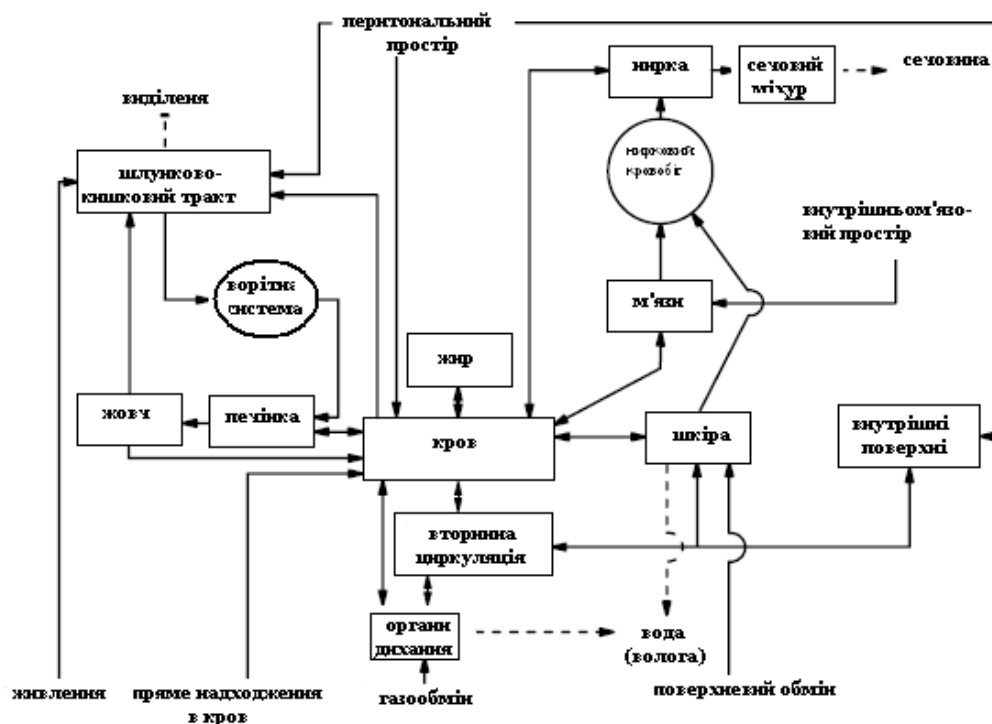


Рис. 6. Проективна модель міжорганного розповсюдження і виведення важких металів у тварин

Разом з тим, встановлено [67, 84], що при такому розгляді важливим є швидкість перенесення, акумулювання і віддавання металів іншим тканинам кров'ю та метаболічна акумуляція металів в печінці. Саме тому, насамперед, досліджують накопичення металів саме в цих органах тварин.

Щодо індивідуальних органів, то в процесі біонакопичення і молекулярної сприйнятливості відіграють роль специфічність тканин і органів, що визначає специфіку токсичності. Відмінності морфологічних, фізіологічних, біохімічних та поведінкових функцій також впливають на ксенобіотика, розповсюдження і виведення з організму.

Насамкінець, важливим фактором біонакопичення металів є рівень організації (еволюційно-таксономічне становище) організму. Насамперед відмітимо основні структурні і функціональні відмінності між екто- і ендотермними організмами (табл. 1) [35].

Інтенсивніша акумуляція металів виявлена у ектотермних тварин (риби, земноводні), очевидно завдяки відомій їх більшій термодинамічній відкритості та особливостям життєдіяльності у водному середовищі існування [64]. Більшу опірність до накопичення важких металів у експерименті, а також, ймовірно, інтенсивніше їх виведення з організму, виявлено у ссавців (миші, щурі) [35].

Узагальнені структурні, функціональні і екологічні відмінності між екто- і ендотермними організмами

Характерні особливості	Ектерми	Ендотерми
Середовище існування	Вода, частково суша	Переважно суша
Теплокровність	Низький рівень	Максимум
Регулювання температури тіла	Динамічна	Внутрішня регуляція
Здатність до поглинання розчинених речовин	Універсальна	Помірна
Розчинність газів	Максимальна	Низька
В'язкість	Низький рівень	Максимум
Метаболічна активність	Повільні	Швидкі
Первинні енергетичні субстрати	амінокислоти і вуглеводи	ліпіди
Ефективність метаболізму	Низька	Висока
Мембранна адаптація	Гомеосмотична	Немає необхідності
Дихальна поверхня	Зябра	Легеня
Рівень дихання	Низький	Високий
Обмін газів	Так	Так
Кров	с приливом і відливом	Потік
Серце	Дво(три)	Чотирикамерне
Серці і легеня	Послідовні	Паралельні
Суди і вени	Менш чіткі	Чіткі (
Кислотно-основний баланс	Так	Так
Первинний орган кислотно-основної регуляції	Зябра, частково нирки	Легені, нирки
Первинний механізм кислотно-основної регуляції	Іонний обмін	Газообмін (легені), іонний обмін (м'язи)
Зовнішня осморегуляція	Так	Ні
Первинний орган виділення азоту	Зябра, частково нирки	Нирки
Первинний механізм виділення азоту	Амоній (рідко сечовина)	Сечовина

Очевидною відмінністю між холодно- і теплокровними організмами є дихання: зябрами чи легенями. Водне середовище впливає на стан знаходження хімічних речовин (розчинність) та їх проникнення в клітини. Легені з повітря поглинають тільки. Взагалі, зябра відіграють набагато більшу роль в і виділенні ксенобіотиків, ніж легені. Крім того, шкіра ссавців суха і не володіє щодо металів циркулюючими властивостями. Тому надходження хімічних речовин до їх організму обмежується парентеральним шляхом або безпосередньо в гемодинамічний потік. Шлунково-кишковий тракт відіграє важливу роль в поглинанні ксенобіотиків як в водних, так і наземних тварин. Структура і функції тракту в представників обох груп подібні у багатьох відношеннях. Однак, у риб і жаб відсутня лімфатична система і класичні ворсинки, властивим птахам і ссавцям, що може істотно впливати на процес поглинання та формувати більшу опірність до накопичення важких металів, а також, ймовірно, інтенсивніше їх виведення з організму у ссавців. Видові відмінності опірності організмів до важких металів можуть бути пов'язані також з генетично детермінованою чутливістю до діючого фактору (-ів) [32], яка у ссавців є більшою у зв'язку з їх еволюційною структурно-функціональною досконалістю [53].

Щодо виділення, то кишковий шлях активний в усіх видів. Проте в більшості випадків виведення з сечею менш важливе в риб, ніж у наземних тварин. Це компенсується в риб порівняно з ссавцями завдяки участі у виведення токсикантів зябер.

Особливості залежності накопичення від концентрації різнопланові. Показано [66], що біонакопичування було вищим при нижчих дозах токсикантів. В інших дослідженнях не встановлено ніякої різниці ніякої різниці в біонакопичуванні при різних дозах токсикантів [51]. У кожному випадку біонакопичування визначалося розчинністю токсиканту. В наших дослідженнях [4, 35, 42] насичення тканин металами мало місце вже за порогових концентрації

(2 ГДК_{риб-госп.}), а при значного перевищення (5 ГДК_{риб-госп.}) значного зростання вмісту металів проти рівня дії 2 ГДК_{риб-госп.} не виявлено, що свідчить про насичення металом сайтів зв'язування вже при рівні 2 ГДК_{риб-госп.}. Тому значно вище надходження металу до організму, ймовірно прискорює і його виведення, а акумулюється та кількість металу, що може бути зв'язана лігандами-рецепторами.

Кров'яний потік – головний детермінант розповсюдження хімічних речовин до тканин, які найбільше омиваються кров'ю: нирки, червоні м'язи, кишечник, печінка. Тканини, що одержують проміжний рівень крові: гонади, шкіра, білі м'язи, жирова тканина і кістки. Вплив потоку крові на розповсюдження металів в організмі є лінійним [70]. Концентрації токсикантів у внутрішніх органах (насамперед печінці) становили 80% від їх вихідного значення через 8 годин 78 годин. Показано залежність розподілу купруму і цинку в метаболічно активних тканинах тварин від часу експозиції і природи металу [35]. В печінці риб та жаб тварин виявлено зростання кількості акумульованої купруму в досліджуваному часовому діапазоні, що вказує на її домінуючу роль у депонуванні та метаболізмі даного металу.

Нирки відіграють значну роль у депонуванні і виведенні металів. Разом з тим, для іонів купруму, їх роль у детоксикації більша на початковій стадії інтоксикації, тоді як для цинку максимум акумулювання досягається за 24 години [35].

Температура впливає як на швидкість кровотоку, так і на активність метаболічних процесів [47]. Тому у теплокровних порівняно з холоднокровними кількість токсикантів є меншою завдяки швидкості кровотоку та, очевидно, більшій швидкості мембранних і транспортних процесів. Разом з тим, інша особливість відрізняє кровотік у холодно- і теплокровних – це наявність у перших вторинного кровотоку. Це мережа сполучних судин є результатом стинання первинної артерії і капілярів та вен [59]. У ссавців розмежування судин обмежує вторинний кровообіг токсикантів [81]. Тому різні структурно-функціональні особливості тварин, впливаючи по-різному, в принципі дають один і той самий результуючий щодо розповсюдження токсикантів ефект. Хоча на початку розподіл часто визначає потік крові, багато токсикантів перерозподіляються через якийсь час відповідно до їх відносної спорідненості до тканини. Визначальною тут є ліпофільність. Проте, це характерно для ліпідспоріднених (ліпідрозчинних) сполук. Щодо важких металів, то їх спорідненість, скоріше за все, пов'язана з мембранним транспортом та металотіонеїновими комплексами. Токсиканти в крові як у вільній формі, інші, можливо, в асоціації протеїнами, ліпопротеїнами або іншими клітинними компонентами. Ковалентне зв'язування зазвичай обмежує їх подальше розповсюдження. У результаті нековалентної ліганд-протеїнової взаємодії розповсюдження залежить як від спорідненості кожного кожного металу, так і їх відносних концентрацій. Спорідненість може змінюватися з змінами іонної сили, рН, температури і структури протеїнів [28]. Взагалі, існує динамічна рівновага метал-протеїнових комплексів, що змінюються у різних клітинах та органах, поки метали не будуть остаточно закріплені у високостабільні металтїонеїнові комплекси, насамперед у печінці [22, 54]. Холоднокровні і ссавці також відрізняються щодо складу плазмових білків як кількісно, так і якісно. Концентрація білків у риб є загалом нижчою, ніж в ссавців [35]. Можливо, це сприяє зменшенню сайтів зв'язування металів у риб. У ссавців важливу роль в біонакопиченні відіграють плазмовий альбумін та β -глобуліни. Проте, і в холоднокровних альбуміни також володіють сильною металакумулюючою здатністю, хоча їх концентрація в крові цих тварин є набагато нижчою, ніж у теплокровних [75]. В плазмі коричневої форелі і людини з альбуміном або "подібним" до альбуміну зв'язаний кадмій. В коропа кадмій в плазмі зв'язаний з протеїном 70 кДа, ідентифікований як трансферин [55]. Подібно білки сироватки були споріднені до цинку [48].

Поряд з кров'ю, як відмічалось, важливу роль у розповсюдження металів в організмі виконує печінка. Накопичення металів в печінці поряд з її метаболічною активністю визначається тим, що вона є головним депо плазмових білків і фібриногену [63]. Печінка також відіграє важливу роль у виділенні ксенобіотиків, оскільки містить сімейство АТФ-залежних білків-транспортерів.

Отже, накопичення і локалізація металів в організмі тварин залежить від анатомічних, фізіологічних і біохімічних властивостей організму і фізико-хімічних характеристик

токсикантів. У цій фізіологічній моделі проникнення речовин визначається мембранним транспортом, а транспортування і накопичення речовин – кров'яним потоком та обміном токсиканту з крові до тканин. Для декількох металів показано [73], що накопичення є результатом процесу токсикокінетики і токсикодинаміки, які регулюють затримку(накопичення) металів в організмі, бо баланс між швидкістю накопичення та виведення залежить саме від цього.

Металтіонеїни як детокискаційні агенти. Відомі і деякі стійкі фактори специфічної адаптації. Встановлено, наприклад, що більшість токсичних речовин піддається детоксикації шляхом їх поступового специфічного зв'язування у неактивні комплекси з металтіонеїнами [38, 40, 74]. Відомі також білки теплового шоку або в загальному сенсі – стрес-білки з нез'ясованими до кінця функціями [61, 62]. Припускають, що більшість з них відіграють роль специфічних протекторів, деякі є сигнальними в генерації стрес-молекулярних факторів (пептиди, вуглеводи і їх похідні), які беруть участь у формуванні рідин організму та інших фізико-хімічних параметрів клітин і тканин.

Метаболічні адаптації. У водних тварин, різних за рівнем біологічної організації, існують універсальні фактори метаболічної адаптації до токсичних речовин, які не залежать від природи токсиканта. Ці фактори обумовлені активністю ензимних систем, безпосередньо не пов'язаних з детоксикацією, але беруть участь у стрес-редуючій регуляції обміну речовин і індукції специфічних факторів токсикорезистентності. Ці процеси реалізуються за допомогою активності, спрямованості каталітичної дії та множинних форм ензимів, метаболічні функції яких можуть принципово відрізнитися в часі або згідно з метаболічною потребою, що дозволяє забезпечувати стійкі зміни обміну речовин.

В даний час отримано широкий спектр даних щодо фізіолого-біохімічної реакції гідробіонтів на дію сполук металів. Серед найхарактерніших є:

а) зміна вміст окремих метаболітів (нааявних в клітинах за нормального перебігу метаболізму), концентрація яких за дії токсичного чинника вірогідно зростає порівняно з контрольними значеннями: зростання концентрації окремих амінокислот (гліцину) [46]) або їх пулу [18]; зміна складу різних ліпідних фракцій, особливо фосфоліпідів та ненасичених жирних кислот, у складі мембран клітин [6, 26, 27, 42]; зміна білкового (співвідношення альбуміни/глобуліни) та ліпопротеїдного складу крові за дії іонів важких металів [23, 34]; зміна вмісту колагену у риб [36] тощо;

б) синтез (поява в клітинах) неспецифічних для метаболізму в нормі т.з. адаптивних метаболітів і форм біомолекул – біосинтез металтіонеїнів [38, 40, 74]; накопичення продуктів пероксидного окиснення ліпідів і білків за інтоксикацій або зміна співвідношення швидкостей їх утворення та детоксикації у організмі [15, 25, 72] тощо;

в) конформаційна та функціональна модифікація макромолекул: утворення метгемоглобіну унаслідок незворотного окиснення токсикантами гемового заліза гемоглобіну та порушення функційної здатності гемоглобінів до зв'язування і транспортування кисню [13, 14]; структурні модифікації білків крові шляхом амідування та глікування за токсичної дії низки токсикантів [13]; пероксидне окиснення ліпідів та білків мембран клітин [15] тощо;

г) зміна активності наявних або синтез нових ізо- або множинних форм ензимів: зміна активності цитохромоксидази та сукцинатдегідрогенази за токсичної дії іонів важких металів на водорості і риб [2, 5]; активація лужної фосфатази, чутливої до низки токсикантів [29]; поява індукованої токсикантами нової (адаптивної) форми глутамінсинтетази [9, 37]; зміна активності фотосинтезного комплексу у водоростей в токсичному середовищі [8, 30]; зміна активності ацетилхолінестерази мозку риб [83] тощо;

д) зміни процесу дихання гідробіонтів різних систематичних груп [21].

Широкий спектр біохімічних досліджень дозволяє спостерігати зміни клітинного метаболізму раніше від фізіологічних і морфологічних відхилень [33, 43, 44]. Разом з тим, зважаючи на велику кількість метаболічних відхилень в організмі за дії токсикантів, дійшли висновку про необхідність пошуку або високонадійних токсикоспецифічних одиничних показників інтоксикацій, або використання інтегрального підходу – одночасне врахування комплексу взаємопов'язаних показників забезпечення біохімічної відповіді. Наприклад,

дослідження, проведені на декількох десятках видів риб водойм з різним ступенем антропогенного навантаження (неорганічні і органічні забруднюючі речовини, в тому числі важкі метали) з використанням біохімічних методів, дозволяли оцінити варіабельність близько 200 індивідуальних показників білкового, ліпідного, вуглеводного, нуклеопротеїдного метаболізму кількох органів риб та показали велике розмаїття змін індивідуальних біохімічних показників в залежності від характеру і тривалості дії різних концентрацій токсиканта, що утруднює однозначну оцінку ступеня, інтенсивності і небезпеки для організму даного забруднення. Грунтуючись на оцінці ступеня відхилення від природних меж варіабельності досліджених біохімічних показників, в усіх експериментах визначали кількість показників, близьких до крайніх меж варіабельності, чи навіть тих, що виходять за їх межі, і виражали їхню кількість у відсотках до загальної кількості досліджених показників. Цю інтегральну величину умовно назвали *інтегральним біохімічним індексом* (ІБІ) [33]. Індекс залежить від видової належності і віку риби, а також від токсичності забруднювача. Величина ІБІ в токсикологічних експериментах відповідає принципу «доза–ефект», тобто з зростанням дози токсиканта зростає і ефект, що ним спричинюється. На думку авторів цієї роботи, особливо цінним є використання ІБІ для оцінки загального рівня забруднення водойми. Проте такі ефекти відображають або індивідуальну дію речовин, іноді тільки в певних концентраціях, найчастіше в гострих дослідах, або індивідуальну метаболічну реакцію. Вони можуть бути необ'єктивними при дії токсикантів у природних умовах і в сумішах. Тому розвивається підхід, що ґрунтується на оцінці специфічних, але системних, функцій організмів за інтоксикації [19, 56].

Механізм стрес–редукуючої реакції на токсичний вплив і взаємозв'язок біохімічних механізмів термінової і стійкої адаптації.

Згідно сучасних уявлень *адаптація* – це сукупність фізіолого-біохімічних, анатомо-морфологічних і макробіологічних змін в угрупованнях, які призводять до видозмін організму і надорганізованих біологічних систем в напрямку поліпшення їх шансів на виживання і відтворення в даних умовах середовища [11, 12, 16, 64]. Адаптацію з одного боку можна розглядати як пристосування до умов існування, що постійно змінюється. Такий вид адаптації називають «компенсаторною». Її суть полягає у відновленні фізіолого-біохімічного і екологічного статусу організму, порушеного дією якого-небудь чинника середовища. Радикальні біохімічні, фізіологічні і морфо-структурні зміни, які надають організмові (популяціям) нових сприятливих для нього (-их) властивостей, носять назву «наступальної» або «експлуатативної» адаптації. Такий тип адаптації приводить до випереджаючих змін в біосистемі задовго до змін умов середовища в конкретному життєвому просторі і є засобом для освоєння організмами нових територій, наділяючи їх здатністю отримувати вигоду із освоєного («завойованого») ними простору (нового або зміненого дією екологічного фактора, включно токсиканта). Цей тип адаптації при зміні екологічних умов характерний для організмів з меншими життєвими потребами, які часто мають примітивну організацію, але одночасно характеризуються високою толерантністю до екстремальних чинників.

Оскільки основною метою біологічної системи є забезпечення достатнього рівня енергетичного (термодинамічного) і трофічного статусу, біологічної різноманітності, цілісності і збалансованості функціонування – загалом еквіфінальності [12], а також здатності до самовідтворення, то головним завданням адаптації є підтримання цих основних показників в біологічних системах на достатньому для самозабезпечення і розвитку рівні функціонування в змінених умовах середовища. Отже, адаптація вирішує питання підтримання структури і фізіологічних функцій органів і систем в умовах, що змінюються, насамперед загального гомеостазу (постійність складу) і енантіостазу (постійність функцій). Останнім часом схилиються до думки [64], що в адаптації важливіше не стільки збереження постійності складу, скільки – постійність функцій (-й). Тому, наприклад, накопичення деяких токсичних речовин в інкапсульованому стані (плюмбум карбонат), що не викликає змін функцій органів, можна вважати безпечним, а інкапсуляцію – морфо-структурною адаптацією.

Самозбереження організмів і їх угруповань здійснюється за допомогою механізмів адаптації, які у загальному еволюційному процесі в нових екологічних умовах забезпечують набуття біосистемами нових якостей (дискретних станів) [11, 12]. Різноманітні реакції особини

в таких станах на екстремальний вплив мають еквіфінальне (визначальне, вирішальне) значення. Ці процеси знаходять свій прояв у змінах біохімічних, біофізичних, фізіологічних, поведінкових та інших показників. Можливості індивідуальної (фізіологічної) пристосованості обмежені, спадково закріпленими межами експресії геному. Кожна особина має свої можливості до пристосування. У системі взаємодій з токсикантами пристосованість організму досягається на основі норми реакцій. Організм в умовах незначних змін середовища переходить від одного стану пристосування до іншого через ланцюги процесів пристосованості (континуальні переходи) [7, 12]. Механізми, що забезпечують пристосованість особини й угруповань до змін середовища (зокрема його токсичності), різні. Різноманітність особин у популяції забезпечує їй ширші можливості пристосовуватись, ніж можливості кожної окремої особини. Розширення ефективності пристосовуваності популяції здійснюється за рахунок елімінації найбільш чутливих до даного токсиканта особин [76]. Головний шлях пристосування до токсикантів – це відбір або здійснення генетичної адаптації [65, 68]. Певне пристосування до підвищеного вмісту металів у воді показано на прикладі угруповань мікробентосу трьох річок з різним рівнем забруднення металами [71]. Проте механізми пристосування організму до умов токсичного середовища наразі маловідомі.

Адаптація є кількісним і часовим процесом (рис. 7). Тому доречно виділяти рівні і швидкість адаптації. Формування певного рівня адаптації, як правило, залежить від тривалості дії чинника.

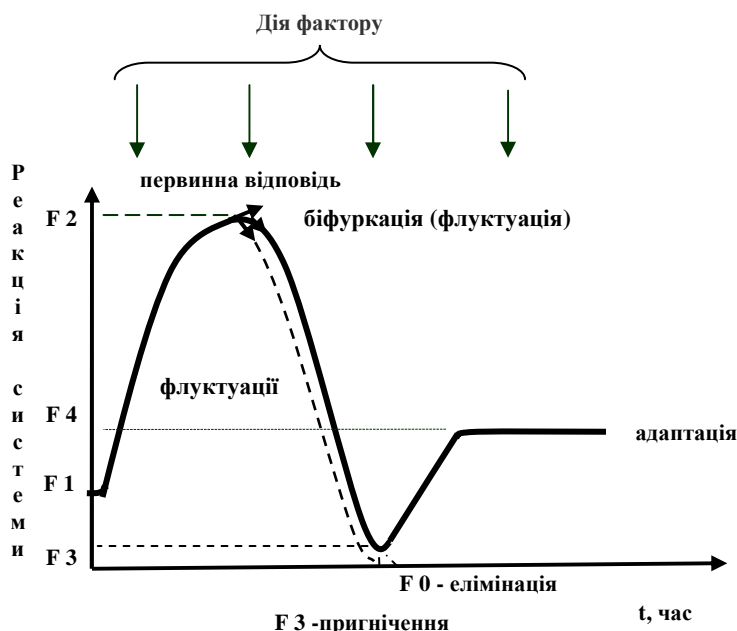


Рис 7. Динаміка адаптаційного процесу [12].

В процесі розвитку адаптивної відповіді спочатку має місце період звикання – F1 (рецепція та аферентний аналіз сигналу факторіальної дії – див. рис. 7), за якою швидко формується первинна реакція системи за рахунок наявних в неї пластичних і енергетичних ресурсів (F2), що відбувається, як правило, на фенотипічному рівні в межах норми реакції. При цьому рівень активності системи щодо початкового стану значно зростає (у десятки або й сотні разів). Оскільки в стані надвисокої активності в системах, включно біологічних, значно активізуються флуктуаційні процеси, розвиток процесу у цьому стані може здійснюватися багатоваріантно (біфуркаційно).

Всі системи містять підсистеми, які невинно флуктують [31]. Коли говорять про флуктуації, то мають на увазі розподіл якоїсь величини, а задане її значення (флуктуація) є відхиленням від попереднього. При цьому числова багатоваріантність параметрів може бути наслідком гармонійних складових коливальних процесів – колювання, а за екстремальних станів може також носити асиметричний і спочатку хаотичний характер – флуктуації. Якщо система знаходиться поблизу точки біфуркації, то її нестійкість викликає підвищену чутливість

до флуктуацій, а в результаті цього система переходить з одного стаціонарного стану в інший – зміна динамічних станів у результаті континуального процесу [12]. Оскільки в екологічних системах існує нелінійність внутрішніх зв'язків, то на відміну від лінійних систем, для яких існує один стаціонарний стан, для нелінійних – їх декілька. Дисперсія величин, разом зміними середніх показників змінних процесів визначають механізм пристосування організму (екосистеми) до змінних умов середовища. Вважається, що чим більше параметрична амплітуда інваріант, тим легше (якісніше) відбувається адаптація. На думку П.К. Анохіна (1962), чим менше діапазон відхилень життєво важливих констант організму (біосистеми – *авт.*), тим більше вони служать для строгої підтримки адекватної для них функції; і навпаки: чим пластичніша константа організму (біосистеми – *авт.*), тим більшої кількості інших функцій служить їх відхилення як пристосувальний чинник [1]. Ступінь дисперсії може відобразити фізіологічний (біологічний – *авт.*) резерв регуляторів.

Goldberger A.L. [60] висловив припущення про те, що нормальна динаміка здорових особин має «хаотичну» природу, а хвороба (патологія) пов'язана з періодичною поведінкою. Наприклад, відомо, що функціонування біомолекул супроводжують конформаційні зміни. Не викликає сумнівів, що рухливість в конформаційних межах свободи біополімерів носить стохастичний (імовірнісний) характер [45].

Отже, можливість багатоваріантного розвитку будь-якого біологічного процесу, насамперед адаптивного, реально реалізується у таких варіантах: посилення (інтенсифікація – зростання кількісних параметричних характеристик, як от: розміри, маса, кількість структурних елементів тощо), що обмежується або структурною надскладністю (неадекватна природнім функціям і завданням біологічної системи – еквіфінальність системи визначає доцільність структури і функцій системи) та термодинамічною недоцільністю надвеликих систем, або нестачею пластичних та енергетичних ресурсів для підтримання їх життєдіяльності, або недоцільністю посилення функціональної ролі у складі систем вищого рівня організації, до яких вони входять. В цьому випадку система в кращому випадку буде еволюціонувати шляхом самокопіювання, але не буде розвиватися, розвиток може бути навіть з від'ємним знаком, коли в кінцевому результаті система буде самодовільно руйнуватися, проходячи такий самий шлях в інший бік; елімінація – зникнення недосконалих, неадекватних і недоцільних для конкретних умов існування структур без будь-якого розвитку; екстенсифікація – поява та виокремлення у адаптивному процесі варіант, що здатні до структурно-функціональної перебудови та формування нового рівня функцій і, як наслідок, забезпечення нових якісних властивостей у трансформованому середовищі, тобто формування і реалізація програми самовдосконалення (рис. 7) як еквіфінальності [12].

Тому після стану F2 вичерпання швидко мобілізованих ресурсів значно знижує функціональну активність системи до рівня, нижче навіть від початкового. Надалі система за продовження дії несприятливого фактору або елімінується (стан F0), або за рахунок мобілізації «глибинних» ресурсів (структурно-функціональна перебудова пластичного та енергетичного забезпечення) виходить на новий стабільний рівень функціональної активності, тобто формує адаптацію, як правило, за рахунок наявних та новосформованих генетичних відповідей (стан F4). Еволюційний момент, коли система приймає нову функцію і внаслідок цього отримує нову адаптивну роль вважають преадаптивним порогом [17]. Колишні функція і адаптивна роль органу можуть зберегтися і після прийняття нових. Тоді подальші еволюційні зміни визначаються компромісом між двома напрямками відбору, контролюючими стару і нову адаптації. Тому динаміка адаптаційного процесу має синусоїдний характер, а зміна функціональної активності складає ряд: $F1 < F2 > F3 < F4$.

Виходячи з зазначеного виділяють рівні адаптації:

1. *Миттєва відповідь*. Здійснюється шляхом модуляції структур та енергетичних і трофічних ресурсів, що є наявними в біосистемі. Перша лінія захисту біосистем від дії несприятливих чинників. Інколи миттєву відповідь вважають адаптацією і називають її «*миттєвою адаптацією*». На наш погляд, оскільки вона здійснюється як результат реалізації наявних структурно-функціональних можливостей (діючих адаптацій), набутих біосистемою

раніше, якісно новою адаптацією повною мірою її вважати не можна, хіба-що новими є, як результат ініціації флуктуаційного процесу, структурно-функціональні зміни в організації системи і формування стану таких функціонування варіант взаємодій адаптивних структур, що не функціонували в такий спосіб(в такій структурі) раніше, тобто має процес континуальної активації. Проте таку зміну на початковому етапі реакції не можна вважати завершеною (наступний дискретний стан не досягається), у зв'язку з чим сумарна відповідь не є "повною", не є новим адаптивним станом, а лише континуальним процесом реалізації можливостей попереднього дискретного стану. Адаптивні властивості системи у разі, якщо дія фактору не буде критичною для того, щоб викликати внутрішній аналіз і зворотну реакцію в ній, у результаті первинної відповіді як правило суттєво не змінюються, а лише повертаються до вихідного стану.

Багато дослідників, отримуючи якісь відхилення досліджуваних показників за дії критичних, включно токсичних, факторів на рівні первинної відповіді біологічних систем, бездоказово інтерпретують їх як завершені адаптації, чим нівелюють зміст адаптаційного процесу та спрощують уявлення про адаптацію в полі сучасної теорії адаптаційного процесу.

2. *Аклімація і акліматизація.* Довготривалі зміни в організмі, пов'язані з індукцією синтезу нових білків, структурною перебудовою фосфоліпідів мембран тощо. Акліматизація і аклімація протікають на фенотиповому рівні з використанням генетичної інформації, присутньої в організмі або популяції на даний момент.

3. *Генетична адаптація.* Адаптивний процес здійснюється впродовж декількох поколінь. При цьому проходять мутації регуляторних генів, змінюється кількісний і якісний склад макромолекул, з'являються ізоензими, ферменти нових типів, виникають нові специфічні макромолекули.

Адаптивні можливості біологічних систем побудовані і функціонують за певними принципами. Чим більше таких принципів реалізовано в біосистемі, тим більший запас її міцності за несприятливої зміни умов навколишнього середовища, тим ширше діапазон її екологічної толерантності і здатність до формування адаптації «експлуатативного типу».

1. Принцип м у л ь т и п о т е н т н о с т і (мультифункціональності) біологічних систем полягає в еволюційному відборі і закріпленні тих біологічних утворень, які володіють багатофункціональними властивостями (багатство флуктуацій), що створює можливості для значних структурних і функціональних перебудов в біологічних системах, використовуючи одні і ті ж блоки для виконання різних, часто протилежних, функцій [39]. На мікрорівні даний принцип характеризується, наприклад, виконанням циклом трикарбонових кислот функцій синтезу АТФ, а при необхідності – кетокислот (посилене утворення інтермедіатів ЦТК з їх вилученням без спряження окислення і фосфорилування).

2. Принцип е ф е к т и в н о с т і постулює, що в адаптації зберігаються і функціонують ті ознаки і властивості, які забезпечують виживання організму чи екосистем при зміні умов за рахунок максимально ефективного використання ресурсів (макромолекул, енергії, біомаси тощо), що є наявними, для підтримання гомеостазу біосистеми і її толерантності до несприятливих умов. У разі несприятливої дії в організмах і екосистемах стан і функціонування певних структурних елементів може ігноруватися через їх другорядність для забезпечення головної функції – виживання організму і виду.

3. К а с к а д н и й принцип організації адаптації [10-12, 41, 43]. Адаптивна відповідь на дію чинника характеризується фазністю, яка виявляється завдяки флуктуаційним процесам та біфуркаціям в існуванні мінімумів і максимумів пошкоджуючої дії чинника і розвитку компенсаторно-адаптивних реакцій до нього (рис. 7). У основі цього ефекту лежить те, що при тимчасово несприятливій дії в біосистемах викликається короточасна стимуляція функцій, що чергується із станом пригнічення. Фазність ефекту простежується в часі і залежно від інтенсивності дії чинника. Тому кінцевий ефект дії чинника, аналогічно як і відповідь біологічної системи на нього, є підсумком взаємодії процесів пошкодження (деструкції) і компенсаторно-адаптивних реакцій системи, які протікають одночасно. За появи ознак пошкодження, які виходять за певні межі, в біологічних системах активуються процеси, спрямовані на компенсацію цих порушень. Відповідь відносно до процесу пошкодження,

запізнюється в часі, але зростає інтенсивніше. Тому в процесі відповіді біологічної системи на дію чинника формується два піки активності. Чергування станів пригнічення, тимчасового відновлення і стимулювання функцій має фазну характеристику за градієнтом часу, інтенсивністю і специфічністю дії чинника, і становить собою каскад адаптивних реакцій, що по черзі активуються. У зв'язку з цим розвиток адаптацій носить сигмоїдний характер з максимумами і мінімумами адаптивних можливостей. Перемикання адаптивних систем відповідає точкам мінімуму. У такі моменти у зв'язку з низькою ефективністю попередніх адаптивних систем і недостатнім рівнем функціонування подальших біосистема найбільш чутлива до зовнішньої дії. Тому як критерій екологічної толерантності слід розглядати не тільки наявність або відсутність певних адаптивних систем, але і швидкість формування нових адаптацій, а також динаміку їх перемикання. Даний принцип найяскравіше виявляється при формуванні адаптацій до токсичних речовин. Метаболічні системи їх знешкодження побудовані, як зазначалося вище, за ланцюгово-етапним принципом, коли кожна подальша метаболічна система продовжує знешкодження залишків токсиканта, трансформованого на попередньому етапі іншою метаболічною ланкою (рис. 3).

Висновки

Отже, розглянуті закономірності дозволяють акцентувати увагу принаймні на двох аспектах:

1. критеріями адаптованості (формування адаптивних функцій системи) можуть бути тільки такі кількісні і якісні зміни, що надають біосистемі нових властивостей, сформованість яких є результатом еквіфінальності цієї ж системи;
2. у моніторингових і індикаційних дослідженнях насамперед потребує чіткої констатації (встановлення) наявності (розвитку) стану адаптації, оскільки багато дослідників вважають адаптацією будь-яку зміну (відхилення) показників від умовної норми (контролю), хоча таке відхилення може бути первинною відповіддю (миттєва реакція) на дію факторів (-ів), однією з флуктуаційних змін (тому часто в екотоксикологічних дослідженнях неможливо отримати стабільності і повторюваності досліджуваного показника), внутрішньою реакцією системи за типом зворотного зв'язку або показником стану пригнічення системи.

Враховуючи ці аспекти, важливим при оцінці токсичності є використання не будь-яких очевидних змін фізіолого-біохімічного чи морфо-функціонального статусу організмів чи їх угруповань, що виникають у результаті токсичної дії, а встановлення того, в якій точці континуальності (розвитку) адаптації зареєстрований досліджуваний показник, оскільки – це могла бути первинна відповідь системи, флуктуаційні варіанти реакції (мінімуми, максимуми чи проміжні стани амплітуди реакції), точка пригнічення чи, навіть, стан елімінації організмів (їх угруповань), або їх дійсний новий адаптивний стан, що може бути не значимий для забезпечення виживання організму і виду.

Тому інтерпретувати експериментальні дані токсикологічних і екотоксикологічних досліджень з позицій адаптації, на наш погляд, коректне лише у випадку отримання комплексної (інтегральної) картини довготривалих (токсикокінетика) структурно-функціональних змін як результат дії токсиканту (-ів), які не призвели до системних порушень біологічної успішності (біопотенції) організмів і їх угруповань (токсикодинаміка), та довівши експериментально їх закріплення в біосистемі як певного нового дискретного стану порівняно з попереднім стаціонарним станом. В іншому випадку дослідник користується параметричними характеристиками континуального процесу.

Біохімічний механізм стрес-реакції на токсичний вплив полягає в індукції генералізованої коливальної динаміки фізіолого-біохімічних процесів як чинника термінової адаптації, і, як наслідок, генерації сталої адаптивної відповіді.

1. *Анохин П. К.* Общие принципы формирования защитных приспособлений организма / П.К. Анохин // Вестник АМН СССР. — 1962. — Т. 17, № 4. — С. 16—26.
2. *Арсан В. О.* Енергозабезпечення організму коропа при адаптації до змін іонів важких металів у водному середовищі / В.О. Арсан / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.17 – гідробіологія. Ін-т гідробіології НАН України. — К., 2004. — 20 с.

3. Арсан О. М. Состояние и перспективы развития водной экотоксикологии / О.М. Арсан // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 6. — С. 50—64.
4. Бияк В. Я. Білково-нуклеїновий обмін у риб малих річок Західного Поділля / В.Я. Бияк / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.10 — іхтіологія. Ін-т гідробіології НАН України. — К., 2013. — 23 с.
5. Боднар О. И. Дыхательная активность зеленой водоросли *Desmodesmus communis* (Hegew.) при действии ионов цинка / О.И. Боднар, П.Д. Клоченко, В.В. Грубинко // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 46, № 6. — С. 42—49.
6. Вінярська Г. Б. Накопичення селену та його вплив на метаболізм у *Chlorella vulgaris* Beij. в культурі за дії селеніту натрію та йонів металів / Г.Б. Вінярська / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України. — Тернопіль, 2016. — 21 с.
7. Гандзюра В. П. Концепція шкодочинності в екології / В.П. Гандзюра, В.В. Грубинко. — Київ-Тернопіль : Вид-во ТНПУ ім. В. Гнатюка, 2008. — 144 с.
8. Горбатюк Л. О. Функционирование водных растений в условиях токсичного влияния пестицидов на водные экосистемы (обзор) / Л.О. Горбатюк, О.М. Арсан // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 5. — С. 78—92.
9. Грубинко В. В. Роль глутаміна в забезпеченні азотистого гомеостазу у риб (обзор) / В.В. Грубинко // Гидробиол. журн. — 1991. — Т. 27, № 4. — С. 46—56.
10. Грубинко В. В. Адаптивні реакції риб до дії аміаку водного середовища / В.В. Грубинко / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спеціальність 03.00.17 – гідробіологія, 03.00.04 – біохімія. Ін-т гідробіології НАН України. — К., 1995. — 44 с.
11. Грубинко В. В. Системна оцінка метаболічних адаптацій у гідробіонтів / В.В. Грубинко // Наукові записки Тернопільського державного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія, Спец. випуск: Гідроекологія. — 2001. — № 4 (15). — С. 36—39.
12. Грубинко В. В. Принципи описання стану біо-, еко- систем / В.В. Грубинко // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія. Спец. випуск: Гідроекологія. — 2010. — № 2 (43). — С. 123—136.
13. Грубинко В. В. Гемоглобін риб при дії аміаку та солей важких металів / В.В. Грубинко, А.С. Смольський, О.М. Арсан // Гидробиол. журн. — 1995. — Т. 31, № 3. — С. 82—88.
14. Грубинко В. В. Зміни морфо-функціональних характеристик крові корокових риб за інтоксикації аміаком / В.В. Грубинко, О.С. Смольський, О.Ф. Явоненко // Фізіол. журн. — 1996. — Т. 42, № 1–2. — С. 40—46.
15. Грубинко В. В. Перекисне окислення ліпідів та антиоксидантна захист у риб (обзор) / В.В. Грубинко, Ю.В. Леус // Гидробиол. журн. — 2001. — Т. 37, № 1. — С. 64—78.
16. Дедю И. И. Экологический словарь / И.И. Дедю. — Кишинев : ШТИИИИЦА, 1992. — 380 с.
17. Эволюция жизни. Уч. пос. — М. : Академия, 2001. — 426 с.
18. Жиденко А. А. Особенности метаболизма энергетических компонентов у зимующей молоди карпа и роль адаптивных механизмов в ее выживаемости / Автореф. дис. на соиск. ученой степени канд. биол. наук: специальность 03.00.04 – биохимия. Институт биохимии НАН Украины им. А.В. Палладина. — К., 1990. — 18 с.
19. Захаров И. С. Методы и средства микробиотестирования токсичности водных сред / И.С. Захаров, И.В. Алешин // Фундаментальная и прикладная гидрофизика. — 2015. — Т. 8, № 2. — С. 75—95.
20. Кизеветтер И. В. Биохимия сырья водного происхождения / И.В. Кизеветтер. — М. : Пищевая промышленность, 1973. — 424 с.
21. Кляшторин Л. Б. Водное дыхание и кислородные потребности рыб / Л.Б. Кляшторин. — М. : Легкая и пищевая пром-сть, 1982. — 168 с.
22. Коновалов Ю. Д. Связывание кадмия и ртути белками и низкомолекулярными тиоловыми соединениями рыб (обзор) / Ю.Д. Коновалов // Гидробиол. журн. — 1993. — Т. 29, № 1. — С. 42—51.
23. Курант В. З. Динаміка вмісту ліпопротеїдів сироватки крові коропа при дії йонів важких металів / В.З. Курант, Ю.В. Синюк, В.О. Арсан, В.В. Грубинко // Доповіді НАН України. — 2005. — № 2. — С. 150—152.
24. Курант В. З. Шляхи проникнення та вміст важких металів в організмі риб (огляд) / В.З. Курант, В.О. Хоменчук, В.Я. Бияк // Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія Біологія. — 2011. — № 2. — С. 262—269.

25. *Леус Ю. В.* Прооксидантно–антиоксидантний статус організма карпа при дії іонів міді, марганцю, свинцю та цинку / Ю.В. Леус, В.В. Грубінко, В.О. Арсан // Доповіді НАН України. – 1998. — № 7. — С. 155—159.
26. *Луців А. І.* Регуляція біосинтезу ліпідів у *Chlorella vulgaris* Beij. іонами металів та нафтопродуктами / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України. — Тернопіль, 2015. — 21 с.
27. *Маньора Г. Б.* Адаптивні перебудови жирнокислотного складу мозку риб за умов дії свинцю / Г.Б. Маньора, В.В. Грубінко // Доп. НАН України. — 2003. — № 11. — С. 167—170.
28. *Мецлер Д.* Биохимия / Д. Мецлер. — М. : Мир, 1980. — Т. 1. — 407 с.
29. *Немова Н. Н.* Влияние некоторых токсических факторов на лизосомальные протеиназы пресноводных рыб / Н.Н. Немова, В.С. Сидоров // Гидробиол. журн. — 1990. — Т. 26, № 4. — С. 69—73.
30. *Пасічна О. О.* Газообмін та пігментна система макрофітів за дії іонів міді (II) і марганцю (II) водного середовища / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.17 – гідробіологія. Ін-т гідробіології НАН України. — К., 2004. — 22 с.
31. *Пригожин И.* Порядок из хаоса: новый диалог с природой / И. Пригожин, И. Стенгерс. – М. : Прогресс, 1986. — 432 с.
32. *Сидорин Г. И.* Адаптация как основа защиты организма от вредного действия химических веществ / Г.И. Сидорин, Л.В. Луковникова, А.Д. Фролова // Росс. хим. журн.(Журн. Рос. об-ва им. Д.И. Менделеева). — 2004. — Т. 48, № 2. — С. 44—50.
33. *Сидоров В. С.* Использование интегрального биохимического индекса для оценки ПДК и биохимических изменений у рыб при токсических воздействиях / В.С. Сидоров, Н.Н. Немова, Р.У. Высоцкая // Совр. пробл. водн. токсикол. Всеросс. конф. с участием специал. из стран ближнего и дальнего зарубежья. 19–21 ноября 2002 г, Борок: Тез. докл. — Борок, 2002. — С. 121—122.
34. *Синюк Ю. В.* Обмін амінокислот і фракційний склад білків у організмі коропа за дії іонів марганцю, цинку, міді та свинцю / Ю.В. Синюк / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Інститут біології тварин УААН. — Львів, 2004. — 19 с.
35. *Сімчук С. Р.* Особливості накопичення і розподілу важких металів у організмів тварин різних еволюційних груп / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.16 – екологія. Інститут агроекології НААН України, м. Київ.). — К., 2012. — 21 с.
36. *Содержание* коллагена позвоночника и активность ацетилхолинэстеразы мозга у плотвы Рыбинского водохранилища / [Козловская В.И., Павлов Д.Ф., Селютин А.П. и др.] // Физиол. аспекты токсикол. гидробионтов. — Ярославль : Ярославский гос. ун-т, 1989. — С. 14—30.
37. *Спосіб оцінки токсичного забруднення водного середовища аміаком* / [Грубінко В.В., Коновець І.М., Арсан О.М. і ін.]. — Патент України. № 94043414. Ріш. від. 17.03.1998.
38. *Столяр О. Б.* Роль металотіонеїнів в детоксикації йонів міді, цинку, марганцю та свинцю в організмі прісноводних тварин / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Інститут біології тварин УААН. — Львів, 2004. — 39 с.
39. *Уголев А. М.* Принципы организации и эволюции биологических систем / А.М. Уголев // Журн. эвол. биох. и физиол. — 1989. — Т. 25, № 2. — С. 215—233.
40. *Фальфушинська Г. І.* Детоксикаційна функція металотіонеїнів: порівняльний аналіз двостулкових моллюсків і корошових риб у природних та експериментальних умовах / Г.І. Фальфушинська / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спеціальність 03.00.04 — біохімія. Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича. — Чернівці, 2013. — 32 с.
41. *Филенко О. Ф.* Некоторые универсальные закономерности действия химических агентов на водные организмы / О.Ф. Филенко / Автореф. дисс. на соиск. ученой степени докт. биол. наук: специальность 03.00.16 – экология. МГУ. — М., 1990. — 36 с.
42. *Хоменчук В. О.* Біохімічні особливості проникнення і розподілу деяких важких металів в організмі коропа лускатого / В.О. Хоменчук / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Інститут біології тварин УААН. — Львів, 2003. — 19 с.
43. *Цветков И. Л.* Биохимические параметры стресс-редуцирующей реакции гидробионтов при интоксикации / И.Л. Цветков / Автореф. дисс. на соиск. ученой степени докт. биол. наук: специальность 03.00.16 – экология. МГУ. — М., 2009. — 34 с.
44. *Цветков И. Л.* Экологическая биохимия гидробионтов / И.Л. Цветков, А.С. Коничев. — М. : Изд-во МГОУ, 2006. — 104 с.

45. Шайтан К. В. Физические механизмы конформационной подвижности биополимеров / К.В Шайтан / Равновесная динамика структуры биополимеров. — Пушино, 1990. — С. 9—20.
46. Яковенко Б. В. Особливості метаболізму гліцину в організмі коропа лускатого / Б.В. Яковенко / Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня докт. біол. наук: спеціальність 03.00.04 – біохімія. Інститутт біології тварин УААН. — Львів, 1993. — 38 с.
47. Barron M. G. Temperature dependence of cardiac output and regional blood / M.G. Barron, B.D. Tarr, W.L. Hayton // J. Fish Biol. — 1987a. — Vol. 31. — P. 735—744.
48. Bentley P. J. A high-affinity zinc-binding plasma protein in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) / P.J. Bentley // Comp. Biochem. and Physiol. — 1991. — Vol. 100C. — P. 491—494.
49. Berrigan D. Testing evolutionary hypotheses of acclimation / D. Berrigan, R.B. Huey / Animals and Temperature: Phenotypic and Evolutionary Adaptation / ed. Johnston I.A. and Bennet A.F. — Cambridge : Cambridge University Press, 1996. — P. 205—237.
50. Bijlsma R. Environmental stress, adaptation and evolution: an overview / R. Bijlsma, V. Loeschcke // J. Evol. Biol. — 2005. — Vol. 18. — P. 744—749.
51. Bioavailability in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) from medicated feed / [S.O. Hustvedt, R. Salte, O. Kvendset, V. Vassvik] // Aquaculture. — 1991. — Vol. 97. — P. 305—310.
52. Bryan S. E. Comparison of measured and modelled copper binding by natural organic matter in freshwaters / S.E. Bryan, E. Tipping, J. Hamilton-Taylor // Compar. Biochem. Physiol. — 2002. — Vol. 133C. — P. 37—49.
53. Carrol S. B. From DNA to Diversity: Molecular Genetics and the Evolution of Animal. Design. 2nd ed / S.B. Carrol, J.K. Grenier, S.D. Weatherbee. — Malden : Blackwell Scientific, 2005. — 258 p.
54. Cu–Cd interactions in earthworms maintained in laboratory microcosms: the examination of a putative copper paradox / [F. Maricoa, S.R. Starzenbauma, P. Kille, A.J. Morgana] // Comp. Biochem. Physiol. — 1998. — Vol. 120C, № 2. — P. 217—225.
55. De Smet H. Cadmium binding to transferrin in the plasma of the common carp *Cyprinus carpio* / H. De Smet, R. Blust, L. Moens // Comp. Biochem. Physiol. — 2001. — Vol. 128C. — P. 45—53.
56. Ecological Biomarkers: Indicators of Ecotoxicological Effects / Eds. C. Amiard-Triquet, J-C. Amiard. — Boca Raton, London, New-York : Rainbow Ph. S. CRC Press (Taylor&Francis Group), 2013. — 464 p.
57. Effect of leads ions on the phospholipids composition of the freshwater alga *Cladophora glomerata* / A. Ivanova, J. Nechew, S. Khotimchenko [et. al.] // Докл. Българ. АН. — 2003. — Vol. 56, № 5. — P. 65—68.
58. Estimation of conditional stability constant for copper binding to fish gill surface with consideration of chemistry of the fish gill microenvironment / [S. Tao, G. Liu, F. Xu, B. Pan] // Comp. Biochem. Physiol. — 2002. — Vol. 133C. — P. 219—226.
59. Gill microcirculation of the air-breathing climbing perch, *Anabas testudineus* (Bloch): relationships with the accessory respiratory organs and systemic circulation / [K.R. Olson, J.S.D. Munshi, T.K. Ghosh, J. Ojha] // Am. J. Anat. — 1986. — Vol. 176. — P. 305—320.
60. Goldberger A. L. Some observations on the question: Is ventricular fibrillation "chaos"? / A.L. Goldberger // Physica. — 1986. — Vol. 190. — P. 282—289.
61. Heat shock proteins (chaperones) in fish and shellfish and their potential role in relation to fish health: a review / [R.J. Roberts, Agius C., Saliba C. et. al.] // Journal of Fish Diseases. — 2010. — Vol. 33, Is. 10. — P. 789—801.
62. Heat shock protein expression in fish. Reviews / [G.K. Iwama, Ph.T. Thomas, R.B. Forsyth, M.M. Vijayan] // Fish Biology and Fisheries. — 1998. — 8. — P. 35—56.
63. Hinton D. E. Toxic response of the liver / D.E. Hinton, H. Segner, T. Braunbeck / Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. — New York : Taylor & Francis, 2001. — Vol. 1. — P. 224—268.
64. Hochachka P. W. Biochemical Adaptation: Mechanism and Process in Physiological Evolution / P. W. Hochachka, G. N. Somero. — New York – London : Oxford University Press US, 2002. — 466 p.
65. Jha Awadhesh N. Genotoxicological studies in aquatic organisms: an overview / N. Awadhesh Jha // Mutation Research. — 2004. — Vol. 552. — P. 1—17.
66. Kleinow K. M. Comparative pharmacokinetics and bioavailability of oxolinic acid in channel catfish (*Ictalurus punctatus*) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) / K.M. Kleinow, H.H. Jarboe, K.E. Shoemaker // Can. J. Fish. Aquat. Sci. — 1994. — Vol. 51. — P. 1205—1211.
67. Kleinow K. M. Response of the teleost gastrointestinal system to xenobiotics / K.M. Kleinow, M.O. James // Target Organ Toxicity in Marine and Freshwater Teleosts. — Vol. — 2001. — Vol. 1. — P. 269—362.

68. *Klerks P. L.* Genetic adaptation to heavy metals in aquatic organisms: A review / P.L. Klerks // *Environmental Pollution*. — 1987. — Vol. 45, Is. 3. — P. 173—205.
69. *Kostyuk K. V.* Change of Composition of the Cellular Membranes of the Aquatic Plants under the Impact of Toxic Substances / K.V. Kostyuk, V.V. Grubinko // *Hydrobiol. I J.* — 2012. — Vol. 48, № 4. — P. 75—92.
70. *LAS bioconcentration: tissue distribution and effect of hardness-implications for processes* / J. Tolls, M. Haller, W. Seinen, D.T.H.M. Sijm // *Environ. Sci. Technol.* — 2000. — Vol. 34. — P. 304—310.
71. *Law A. T.* Relationships between heavy metals content and body weight of fish from the Kelarn Estuary, Malaysia / A.T. Law, A. Singh // *Mar. Pollut. Bull.* — 1991. — Vol. 22, № 2. — P. 86—89.
72. *Lushchak V. I.* Environmentally induced oxidative stress in aquatic animals. Review / V.I. Lushchak // *Aquatic Toxicology*. — 2011. — Vol. 101. — P. 13—30.
73. *Medinsky M. A.* Toxicokinetics / M.A. Medinsky, C.D. Klaassen / *Casarett and Doull's Toxicology: The Basic Science of Poisons*, 5th ed. / Ed. Klaassen C.D. — New York : McGraw-Hill, 1996. — P. 187—198.
74. *Metallothioneins and related chelators / Metal ions in life sciences* / Sigel A., Sigel H., Sigel R. K. O., eds. — Cambridge : RSC Publishing, 2009. — Vol. 5. — 514 s.
75. *Metcalf V. J.* The Antarctic toothfish (*Dissostichus mawsoni*) lacks plasma albumin and utilizes high density lipoprotein as its major palmitate binding protein // V.J. Metcal, S.O. Brennan, P.M. George // *Comp. Biochem. Physiol.* — 1999. — Vol. 124B. — P. 147—155.
76. *Ostroumov S. A.* Concepts of Biochemical Ecology and Hydrobiology: Ecological Chemomediators / S.A. Ostroumov // *Contemporary Problems of Ecology*. — 2008. — Vol. 1, № 2. — P. 238—244.
77. *Penry D. L.* Applications of efficiency measurements in bioaccumulation studies: definitions, clarifications, and a critique of methods / D.L. Penry // *Environ. Toxicol. Chem.* 1998. — Vol. 17. — P. 1633—1639.
78. *Rozentsvet O. A.* Effect of heavy metals upon lipid metabolism in *P. perfoliatus* / O. A. Rozentsvet, E. S. Bosenko, I. A. Guschina / 16th Intern. Plant Lipid symposium. Budapest, Hungary, 1–4 June 2004: Oral and poster presentations. — Budapest, 2004. — P. 202—204.
79. *Schulthess G.* A unique feature of lipid dynamics in small intestinal brush border membrane / G. Schulthess, H. Hauser // *Mol. Membr. Biol.* — 1995. — Vol. 12. — P. 105—112.
80. *Smith D. S.* Metall speciation in natural waters with emphasis on reduced sulfur groups as strong metal binding sites / D.S. Smith, R.A. Bell, J.R. Kramer // *Comp. Biochem. Physiol.* — 2002. — Vol. 133C. — P. 65—74.
81. *Steffensen J. F.* The secondary vascular system / J.F. Steffensen, J.P. Lornholt // *Fish Physiology*. — San Diego : Academic Press, 1992. — Vol. 12. — P. 185—213.
82. *The biotic ligand model: a historical. Overview* / P.R. Paquin, J.W. Gorsuch [et al.] // *Comp. Biochem. Physiol.* — 2002a. — Vol. 133C. — P. 3—35.
83. *Toxic Responses of the Fish Nervous System* / [Bradbury S., Carlson R., Henry T., Cowden J.] // *The Toxicology of Fishes*. — 2008. — Ch. 8. — P. 417—455.
84. *Van Veld P. A.* Absorption and metabolism of dietary xenobiotics by the intestine / P.A. Van Veld // *Rev. Aquat. Sci.* — 1990. — Vol. 2. — P. 185—203.
85. *Water for people, water for life. The United Nations World Water Development Report.* [Электронный ресурс]: <http://unesdo.org/water/wwap>. Перевірено 20.01.2017 року.
86. *World Water Development Report 2016.* [Электронный ресурс]: <http://www.unwater.org/publications/publications-detail/en/c/396246/>. Перевірено 20.01.2017 року.

В. В. Грубинко

Тернопольский национальный педагогический университет имени Владимира Гнатюка

АДАПТИВНЫЕ СТРАТЕГИИ ТОКСИКОРЕЗИСТЕНТНОСТИ К МЕТАЛЛАМ У ГИДРОБИОНТОВ

Обсуждается проблема эволюционного формирования стратегий физиолого-биохимической адаптации водных организмов к ионам металлов водной среды. Установлено, что биохимический механизм стресс-реакции на токсическое воздействие ионов металлов заключается в индукции генерализованной колебательной динамики физиолого-биохимических процессов как фактора срочной адаптации, и, как следствие, генерации устойчивого адаптивного ответа – внутренней реакцией системы по типу обратной связи. Критериями адаптированности (формирование адаптивных функций системы) могут быть

только такие количественные и качественные изменения, которые придают биосистеме новые свойства, сформированность которых является результатом эквифинальности этой же системы.

Ключевые слова: ионы металлов, адаптация, гидробионты, водная среда

V. V. Grubinko

Volodymyr Hnatiuk Ternopil National Pedagogical University, Ukraine

ADAPTIVE STRATEGIES OF TOXICORESISTENCE TO METALS IN HYDROBIONTS

Discusses the problem of evolutionary formation of strategies of physiological and biochemical adaptation of aquatic organisms to metal ions of the water environment. It is established that the biochemical mechanism of the stress response to the toxic effects of metal ions is the induction of generalized fluctuation dynamics of physiological and biochemical processes as the factor of urgent adaptation, and as a result, generate sustainable adaptive response - an internal reaction of the system on the type of feedback. Criteria of adaptation (formation of the adaptive system functions) can be only such quantitative and qualitative changes, which give the biosystem of new properties, the formation of which is the result of equifinality the same system.

Key words: metal ions, adaptation, hydrobionts, aquatic environment

Рекомендують до друку

Надійшла 17.02.2017

М. М. Барна, Н. М. Дробик

УДК 502.51:546.17

І. Л. СУХОДОЛЬСЬКА

Рівненський державний гуманітарний університет
вул. Ст. Бандери, 12, Рівне, 33028

ВТОРИННЕ ВИКОРИСТАННЯ АЗОТУ У ГІДРОЕКОСИСТЕМАХ

Обговорюються можливості та ефективність вторинного використання азоту у гідроекосистемах. Зроблено висновок, що концентрування біологічно доступного азоту відбувається у придонних шарах води, біомасі водоростей, сапропелі, активному мулі, осадах стічних вод тощо. Розглянуто механізми азотфіксації у водоймах, шляхи трансформації та співвідношення сполук азоту і гідрохімічні та біотичні фактори його регуляції. Наведено приклади практичного використання екологічно доцільного способу зменшення шкідливих наслідків антропогенного навантаження на водні об'єкти шляхом внесення в ґрунт органічних добрив з високим вмістом азотовмісних сполук. Після застосування безпечної технології вилучення та використання азоту гідроекосистем для агроугідь зменшується сапробність водойм, що має позитивний реабілітаційний ефект на природні акваторії.

Ключові слова: азот, міграція, трансформація, джерела надходження, гідроекосистема, евтрофікація, водорості, сапропель, мул

Забруднення поверхневих вод сполуками азоту відбувається шляхом надходження побутових стічних вод, стоків тваринницьких ферм і промислових підприємств. За умов надмірного надходження азоту у водойми він викликає їх евтрофікацію, і, як наслідок, накопичення токсинів, погіршення якості води, загибель гідробіонтів тощо [1, 9, 18, 31]. Вагома частка азоту надходить у водойми з ґрунтів у результаті змиву азотних добрив із сільськогосподарських угідь, що підвищує біологічне навантаження на водні екосистеми. Оцінивши глобальну небезпеку надходження азоту у водойми із ґрунту, в світі вживаються заходи щодо зменшення забруднення водних екосистем, з метою оздоровлення їх екологічного стану та покращення

якості води, а разом з тим, вилучення біологічно доступних форм азотовмісних речовин з метою їх вторинного використання як добрив або сировини для виробництва добрив чи інших корисних азотовмісних сполук [59, 64, 73, 79].

Впродовж останніх років відчутним є дефіцит традиційних органічних добрив (гною, пташиного посліду, сидератів тощо), які є основними чинниками збереження родючості та поповнення гумусового фонду земельних угідь сільськогосподарського та комунального призначення [7]. Як наслідок, підвищилась увага науковців до проблеми вивчення хімізму, технології і застосування органічних добрив, які можна вилучити безпосередньо з водойми. Наприклад, використання в якості органічних добрив водоростей, сапропелю, активного мулу тощо [22, 29, 36, 41].

В цій статті ми спробували проаналізувати та узагальнити наявні у фаховій літературі відомості щодо способів та обґрунтованості вторинного використання сполук азоту гідроекосистем, як одного з шляхів регулювання та підтримання гомеостазу азоту.

Джерела надходження сполук азоту в екосистемі.

Азот (N) є одним із ключових елементів живлення для всіх форм життя [12, 18, 30]. Невичерпним його джерелом є атмосфера, 78% складу якої становить саме цей елемент. Різні ступені окиснення (від -3 до $+5$) азоту визначають його виняткову хімічну реакційну здатність, різноманітність форм його знаходження у природному середовищі та міграції. Азот виділяється високою рухливістю і великою швидкістю метаболізації.

Біологічна продуктивність екосистем істотно залежить від джерел зв'язаного азоту. З усієї біорізноманітності живих систем лише незначна кількість організмів здатна більшою чи меншою мірою забезпечувати себе азотом, тоді як мікроорганізми-азотфіксатори забезпечують не тільки себе, але і всю біосферу біологічним азотом, а також його резервування у вигляді різних азотовмісних сполук [30]. Від 20 до 90% (за різними оцінками) азоту у врожаї рослин припадає саме на біологічний азот, який постачають мікроорганізми-азотфіксатори [13, 20, 78]. При цьому важливим способом створення запасів азоту є його перетворення в специфічну органічну речовину ґрунту – гумус. Тільки ґрунти мають здатність до накопичення зв'язаного в ході біологічної фіксації азоту і відіграють роль єдиного в біосфері довготривалого депо цього елемента [30].

У водоймах процес фіксації азоту забезпечують синьо-зелені водорості. Найбільш активні азотфіксатори трапляються серед представників родів *Anabaena* та *Nostoc*. Причому синьо-зелені водорості можуть фіксувати азот як самостійно, так і в симбіозі з іншими організмами – грибами, саговниками, водяними папоротями та ін. [23, 24]. Наприклад, азотфіксуюча *Anabaena* у симбіозі з водяною папороттю *Azolla* широко використовується на рисових полях. Кількість фіксованого в таких умовах азоту може перевищувати 300 кг/га в рік [59, 79].

Разом з тим, не весь азот, що перебуває в доступній для рослин формі, використовується ними повністю. Під впливом ряду біотичних і абіотичних чинників у екосистемах втрачаються рухомі форми азотних сполук. Завдяки існуванню джерел поповнення запасів зв'язаного азоту, якими є мікроорганізми, що здійснюють асиміляцію молекулярного азоту, органічні добрива (залишки живої матерії) та мінеральні добрива, і підтримується життя на Землі. Перші два джерела – екологічно безпечні, не порушують рівноваги та функціонування природних екосистем, тоді як третє – високоенерговитратне і екологічно небезпечне, хоча досить ефективне в досягненні швидких результатів отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур [30].

Втрати азоту в сільському господарстві внаслідок внесення мінеральних добрив.

Традиційні системи удобрення сільськогосподарських культур, як правило, передбачають застосування значної кількості азотовмісних мінеральних та органічних добрив для забезпечення повноцінного продукційного процесу рослин. Загальний обсяг надходження азоту в екосистему природно збалансовувався адекватною кількістю його виведення з неї головним чином завдяки денітрифікації та геологічним відкладам у літосферу [21]. В свою чергу, мінеральні добрива активно впливають на процеси міграції сполук азоту. Тому їхній

вплив викликає дедалі більшу стурбованість через негативну дію на стан ґрунтів агроценозів, ґрунтові та поверхневі води та якість продукції.

Так, щорічно для вирощування продукції рослинництва вноситься у ґрунт 120 тераграм (Тг)/рік N у вигляді синтетичного добрива. Близько 50–70 Тг/рік N фіксується сільськогосподарськими культурами, 20–30% від внесеного у ґрунт азоту потрапляє у продукти рослинного походження для харчування людей (22 Тг/рік N). Інша частина рослин (100 Тг/рік N) використовується у тваринництві для кормовиробництва. Невелика частина (6 Тг/рік) азоту споживається людьми з продуктами харчування тваринного походження, але більша частина втрачається шляхом емісії аміаку (37 Тг/рік), денітрифікації (25 Тг/рік), міграції з сільськогосподарських ґрунтів у поверхневі води (95 Тг/рік), з харчовими відходами та стічною водою (32 Тг/рік) тощо [28].

За тривалого використання високих доз мінеральних добрив винос сполук азот з поверхневим стоком значно зростає внаслідок їхнього нагромадження в орному шарі ґрунту. У роботі [35] показано, що винос у водойми для азоту складає до 10–50% його кількості внесеної з добривами, винос кальцію до 10–15%, а фосфору лише 2% і залежить від ґрунтово-кліматичних умов. Оскільки, найбільші втрати азоту відбуваються у результаті його міграції з сільськогосподарських ґрунтів у поверхневі води, підтверджується необхідність регуляції цього процесу.

Азотфіксація у водоймах.

Азотфіксація у водних екосистемах здійснюється переважно за рахунок синьо-зелених водоростей родів *Nostoc*, *Anabaena*, *Calothrix* і *Aphanizomenon*, але важлива роль належить і гетеротрофним бактеріям. Азот, отриманий за рахунок азотфіксації може швидко включатися у біомасу водоростей чи бактерій [3, 46, 60, 74].

Синьо-зелені водорості поширені у різноманітних водоймах і більшість з них здатні здійснювати фіксацію молекулярного азоту [3, 14, 20, 69]. Причому, кількість видів азотфіксуючих синьо-зелених водоростей значно перевищує кількість відомих видів несимбіотичних гетеротрофних азотфіксаторів [44]. Це, насамперед, представники родів *Nostoc*, *Anabaena*, *Calothrix*, *Cylindrospermum*, *Trichormus* та *Aphanizomenon* [3, 14, 49].

Більшість дослідників відзначають тісний зв'язок між азотфіксуючою здатністю синьо-зелених водоростей і наявністю гетероцист [44, 72]. Оскільки ферментна система (нітрогеназа), яка каталізує перетворення молекулярного азоту в аміак, дезактивується під час контакту з киснем, синьо-зелені водорості фіксують азот у гетероцистах, товста клітинна оболонка яких захищає їх від доступу кисню. Сполуки, які утворилися в результаті азотфіксації передаються сусіднім вегетативним клітинам через плазмодесми, а від них надходить органічний субстрат, який необхідний для фіксації азоту [48]. Гетероцисти не здатні до росту та поділу і за певний період часу відмирають, тому їхня основна функція – фіксація азоту [20, 61].

Основним регуляторним фактором азотфіксації є вміст у середовищі амонію, який за принципом зворотного інгібування пригнічує цей процес. У роботі [47] показано, що за присутності у середовищі зв'язаного азоту, особливо амонію, відбувається пригнічення утворення гетероцист. Так, при вирощуванні *Anabaena cylindrica* в середовищі, що не містить азоту, максимальна кількість гетероцист спостерігалася на 6 добу (6,0%). З віком кількість гетероцист зменшилася до 1,83%. Швидке зменшення гетероцист у культурі спостерігали також за наявності високого вмісту амонію [81]. Деякі види можуть фіксувати азот у нічний час, при відсутності фотосинтезу, або шляхом чергування фотосинтезу і азотфіксації [14, 67].

Як відомо, для фіксації азоту необхідний відновник, наприклад відновлений феродоксин (іноді НАДН₂) і хімічна енергія з АТФ. Через відсутність у гетероцистах синьо-зелених водоростей нециклічного транспорту електронів вони не можуть забезпечити процес азотфіксації фотохімічноутвореним відновником і залежать від міжклітинного перенесення метаболітів [40]. Відновник може транспортуватися із сусідніх вегетативних клітин у готовому вигляді або генеруватися в гетероцистах у темнових ферментативних процесах з вихідного транспортованого субстрату [78]. Таким субстратом є дисахарид мальтоза – продукт пентозофосфатного циклу. Джерелом АТФ у гетероцистах на світлі є циклічне фосфорилування, у темноті – осиснювальне фосфорилування.

У гетероцистах *Anabaena variabilis* є спеціальний феродоксин, який стимулює активність нітрогенази [20, 50]. Нітрогеназна система каталізує відновлення азоту до амонію, що включається у молекулу глютамінової кислоти в реакції, яку каталізує глютамінсинтетаза [57]. У такому вигляді фіксований азот транспортується із гетероцист у вегетативні клітини, де за допомогою глютамінсинтетази здійснюється перенесення амідної групи на молекулу α -кетоглутарату. Одна з утворених молекул глютаму повертається у гетероцисту для наступного акцептування NH_4^+ , а інша використовується в процесах метаболізму вегетативної клітини [14, 80].

Таким чином, продукти фотосинтезу у вигляді дисахаридів надходять з вегетативної клітини в гетероцисти, де здійснюється процес відновлення N_2 до NH_4^+ , а далі до глютамінової кислоти [50].

Надходження азоту (N_2), за рахунок біологічної фіксації у загальний річний колообіг для річкових екосистем складає від 0,01% до 5,0% [66, 68], а при збільшенні площі, яку займають мікроорганізми та зменшенні течії, зростає до 68% [53]. У водоймах з низьким вмістом NO_3^- , в яких домінують синьо-зелені водорості показники азотфіксації досить високі [55]. Так, добовий внесок у загальний потік азоту змінюється від 0 до 85% та значно залежить від сезону та різноманітності синьо-зелених водоростей. Інтенсивність азотфіксації збільшується до закінчення літа та за течією річки [32]. Швидкість азотфіксації за дії світла збільшується у 10 разів. Лише для деяких видів, наприклад представників роду *Gloeothece*, показана здатність фіксувати 95% азоту вночі [55].

На процес азотфіксації впливає також відношення N/P. Зокрема, при нестачі азоту і низькому відношенні N/P часто домінують здатні до азотфіксації види *Cyanophyta*, що в цих умовах надає їм перевагу перед іншими представниками альгофлори. Проте оптимум фіксації азоту спостерігається у досить вузькому діапазоні величин рН води – 7,0–7,5 [20]. Тому високі значення рН можуть гальмувати інтенсивний розвиток азотфіксаторів.

Колообіг азоту в гідроєкосистемах. Колообіг азоту є єдністю процесів азотфіксації, біосинтезу та розкладання азотовмісних речовини в ході переміщення сполук цього елементу між живими та неживими, органічними та неорганічними фондами трьох фаз – атмосфери, літосфери і гідросфери (рис. 1). У поверхневих водах азот мігрує, в основному, у трьох формах: NO_3^- , NO_2^- та NH_4^+ . Підтримка його рівня забезпечується активною діяльністю мікроорганізмів автотрофної та гетеротрофної ланки в аеробних і анаеробних умовах [13]. Колообіг сполук азоту здійснюється за рахунок процесів амоніфікації, нітрифікації, денітрифікації та азотфіксації.

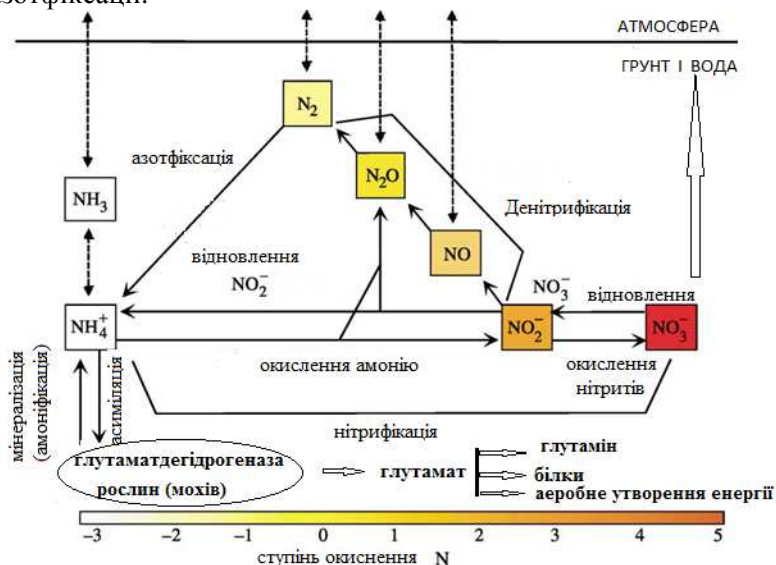


Рис. 1. Основні перетворення колообігу азоту

Амоніфікація – це процес розкладання організмами білків та інших азотовмісних органічних речовин до кінцевого продукту – NH_3 або NH_4^+ [5]. Після того, як органічні сполуки

переведені у неорганічну форму, відбувається подальше окислення амонійних сполук нітрифікуючими бактеріями, яке включає дві фази. Перша фаза нітрифікації – окиснення аміаку до азотистої кислоти (нітритів) здійснюється амонійноокислюючими бактеріями – автотрофами родів *Nitrosomonas*, *Nitrosococcus*, *Nitrosolobus*. Друга фаза нітрифікації – утворення нітратів – розпочинається тільки при успішному завершенні першої, оскільки надлишок аміаку гальмує розвиток збудників другої фази нітрифікації. Ця фаза полягає в окисненні азотистої кислоти (нітритів), яка утворилася в першій фазі, до азотної кислоти (нітратів), що здійснюють нітроокислюючі бактерії родів *Nitrobacter*, *Nitrococcus*, *Nitrospira*, *Nitrocystis* [4].

Третьою стадією біологічних перетворень азоту є денітрифікація – це сума процесів, які ведуть до втрат азоту нітратів та нітритів у результаті їхнього відновлення до оксидів чи молекулярного азоту біологічним шляхом [6].

Завдяки процесу азотфіксації відбувається компенсація втрати зв'язаного азоту. У водоймах синьо-зелені водорості є одними з основних азотфіксаторів [14, 20, 24]

Останнім часом зосереджена увага науковців на вивченні процесу денітрифікації та впливу факторів, які його регулюють. Норма денітрифікації у річках і струмках становить 0–100 мг N/м² за добу, причому більш високі значення відзначені в екосистемах, які мають високе антропогенне навантаження. У роботі [75] показано, що денітрифікація може зменшувати вміст азоту від 7 до 76%. Зазвичай, втрати азоту в річках більші, ніж його надходження завдяки азотфіксації. Це пов'язують зі швидкими темпами надходження азоту в річку з водозбірної площі [32] та інших джерел, які порушують його природний баланс.

Фактори регуляції балансу форм азоту у гідроекосистемах. Забруднення природного середовища спричинило порушення біогеохімічних циклів та стійкості водних екосистем. У зв'язку з цим актуальною є проблема саморегуляції вмісту і динаміки в річкових екосистемах речовин-забруднювачів, серед яких одними з найважливіших є неорганічні сполуки азоту (NO_3^- , NO_2^- та NH_4^+) при перевищенні їхніх природних концентрацій. Є малодосліджена швидкість і ємність потоку сполук азоту в зв'язку з рівнем антропогенного навантаження територій, роль окремих абіотичних та біотичних чинників у цих процесах, біохімічні механізми перетворення сполук азоту у водних екосистемах, виявлення порушень їхньої рівноваги у річках залежно від ступеня антропогенного навантаження. Нами досліджено стан, закономірності та основні фізико-хімічні і біотичні трансформації сполук азоту (NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+) у річкових екосистемах у залежності від рівня антропогенного навантаження [37].

Виявлено, що головною формою сполук азоту річкових екосистем територій є NH_4^+ , вміст якого (0,28–3,0 мг/дм³) перевищує концентрацію NO_2^- у 60 разів, NO_3^- – у 3 рази. Максимальний вміст NH_4^+ виявлено у річці на території з значним урбановантаженням (3,0 мг/дм³, що перевищує значення ГДК_{рибгосп.} у 6 разів), NO_2^- – урбанізованої території (0,033 мг/дм³), NO_3^- – аграрної території (0,753 мг/дм³) [9]. Зміщення рівноваги в системі нітрати ↔ нітрити ↔ амоній в бік амонію в усіх досліджених річках, що свідчить про переважання процесу амоніфікації. Максимальні відношення $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ виявлено у річках рекреаційної (РТ) (14,17), урбанізованої (УТ) (21,59), аграрної (АТ) (10,63) територій у червні, техногеннотрансформованої (ТТ) (10,98) – у травні, мінімальні – у річках урбанізованої (1,82), аграрної (1,14) та техногеннотрансформованої (0,59) територій у листопаді, рекреаційної території (1,50) у травні. Максимальні відношення $\text{NH}_4^+/\text{NO}_2^-$ виявлено у річках рекреаційної (181,40), урбанізованої (239,70), техногеннотрансформованої (63,31) територій у червні, аграрної (87,45) у грудні, мінімальні – у річках урбанізованої (39,81) та техногеннотрансформованої (15,76) територій у листопаді, аграрної (10,88) у серпні, рекреаційної території (37,88) у жовтні.

Показано, що вміст NH_4^+ , NO_3^- , NO_2^- і їхнє співвідношення залежить від температури води, вмісту O_2 та рН. Вони чинять опосередкований вплив на концентрацію сполук азоту через регуляцію метаболічної активності біотичних компонентів гідроекосистем. Взаємозв'язок між NH_4^+ та рН у річках всіх територій зворотній, що визначається регуляцією кислотністю хімічної рівноваги $\text{NH}_4^+ \leftrightarrow \text{NH}_3$.

Значимим чинником регуляції співвідношення сполук азоту є вміст важких металів в річкових екосистемах [10]. Вміст амонію корелює з вмістом Zn ($r = 0,86$, вересень, РТ), Co ($r =$

0,74, вересень, РТ) та виявлено негативну кореляцію з Fe ($r = -0,81$, вересень, РТ). Визначені коефіцієнти кореляції між вмістом нітритів і концентрацією есенціальних ($r = -0,79$, жовтень, УТ) та неесенціальних ($r = -0,88$, жовтень, УТ) металів; між вмістом нітритів та Zn ($r = 0,89$, червень, АТ), Mn ($r = 0,67$, червень, УТ), Ni ($r = 0,86$, березень, УТ) та негативну кореляцію з Fe ($r = -0,77$, грудень, ТТ) та з Co ($r = -0,94$, грудень, ТТ); вмістом нітратів та есенціальних і неесенціальних металів ($r = -0,77$, $r = -0,86$ жовтень, УТ); між вмістом нітратів та Zn ($r = 0,72$, жовтень, АТ), Mn ($r = 0,65$, березень, УТ), Fe ($r = 0,89$, березень, ТТ), Ni ($r = 0,82$, червень, РТ) та негативну з Co ($r = -0,88$, вересень, ТТ). Іони металів регулюють вміст та перетворення сполук азоту внаслідок їхньої здатності, особливо амонію як ліганда, до комплексоутворення з іонами металів.

Серед найсуттєвіших біотичних чинників трансформації та регуляції співвідношення сполук азоту є фітопланктон. Співвідношення (за кількістю видів) *Chlorophyta* : *Cyanophyta* : *Bacillariophyta* було: у річці рекреаційної території 46 : 1 : 89; урбанізованої – 139 : 19 : 84; аграрної – 107 : 13 : 116; техногеннотрансформованої – 98 : 18 : 95. Виявлено зв'язок між вмістом NH_4^+ , NO_2^- і NO_3^- та складом і біомасою фітопланктону $r = 0,83$ (жовтень, РТ), $r = 0,74$ (червень, РТ), $r = 0,84$ (жовтень, УТ). Встановлено, що рослинність водойм найсуттєвіше впливає на трансформацію сполук азоту через їх ензимне перетворення. Насамперед виявлена суттєва роль глутаматсинтазного шляху зв'язування амонію [56, 77]. Активність НАДН-глутаматдегідрогенази вищих водяних рослин влітку знижується, а восени зростає практично у всіх досліджених видів. Активність НАДФН-глутаматдегідрогенази, навпаки, влітку зростає, а восени знижується. Натомість восени у рослин активується глутамінсинтетаза. Активність ензимів азотного обміну у вищих водяних рослин тісно пов'язана з вмістом NH_4^+ у воді: за природного рівня NH_4^+ його зв'язування здійснюється послідовним активуванням амонійзв'язуючих ензимів рослин, а за підвищеного вмісту – переважно за рахунок НАДФ-глутаматдегідрогенази. Найяскравіше це виявляється у рослин з техногеннотрансформованої території восени внаслідок збільшення вмісту NH_4^+ в результаті розкладання органічних сполук відмерлих рослин.

У результаті факторного та кластерного аналізу виявлена залежність вмісту сполук азоту від комплексу гідрохімічних чинників [37]. Аналіз двомірного графіка дозволив виявити латентні фактори та інтерпретувати фактори за навантаженнями (рис. 2).

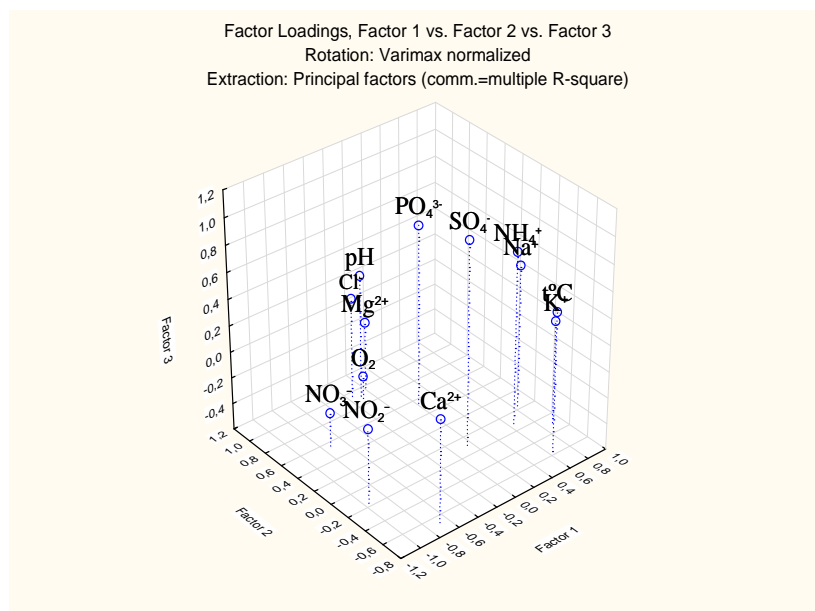


Рис. 2. Результати багатофакторного аналізу впливу гідрохімічних чинників на вміст сполук азоту у воді досліджених річок Рівненщини

Власні значення ідентифікованих нами факторів становлять відповідно 6,4 та 4,7. Слід зазначити, що виділяються дві групи чинників, що включають 85,6% загальної дисперсії (49,3

та 36,3%). Перша група – температура води та вміст Na^+ , K^+ , SO_4^{2-} , PO_4^{2-} – найтісніше пов'язані з концентрацією NH_4^+ ; друга – вміст, насамперед, O_2 , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Cl^- та значення pH – з концентраціями NO_2^- та NO_3^- .

Як слід було очікувати, у зв'язку з взаємоперетвореннями одну групу взаємодії становлять NH_4^+ , NO_2^- та NO_3^- (рис. 3), вміст яких найбільше співвідноситься з рівнем SO_4^{2-} , PO_4^{2-} . Близькими за взаємовпливом є температура, pH, вміст у воді розчиненого кисню та катіонів Na^+ , K^+ , що впливають переважно на вміст NH_4^+ . Віддаленими за регуляторним значенням щодо вмісту сполук азоту є вміст Ca^{2+} , Mg^{2+} та, особливо, Cl^- .

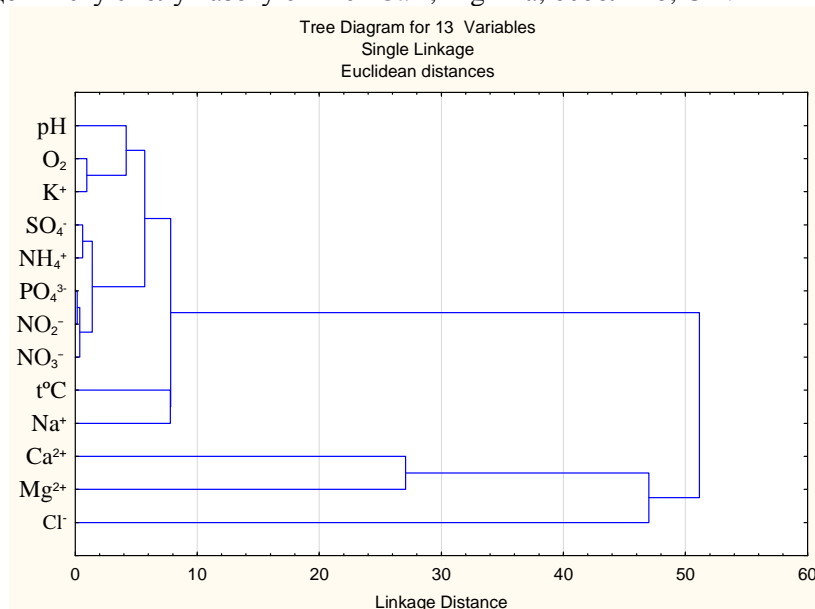


Рис. 3. Результати багатофакторного (А) та кластерного (Б) аналізу впливу гідрохімічних чинників на вміст сполук азоту у воді досліджених річок Рівненщини

Виявлені залежності свідчать як про прямий зв'язок проаналізованих чинників на вміст і співвідношення сполук азоту, так і їх опосередковану дію через регуляцію метаболічних процесів у гідроекосистемах річок.

Одним з суттєвим чинників регуляції умісту та швидкості перетворень сполук азоту є іони важких металів, особливо ті, що мають змінну валентність, які унаслідок окисно-відновної взаємодії, комплексоутворення впливають на біотичні компоненти трансформації сполук азоту, особливо амонію.

Отже, основними чинниками, що впливають на формування та трансформацію NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ у екосистемах річок, є рівень біотичної трансформації сполук азоту, насамперед амонію, фітопланктоном та вищими водяними рослинами. Опосередковано впливають на цей процес гідрохімічні складові, а pH і вміст важких металів, особливо металів-комплексоутворювачів, безпосередньо впливають на концентрацію NH_4^+ .

Використання водоростей як органічного добрива.

Водорості – головні постачальники органічних речовин у водному середовищі, адже 80% всіх органічних речовин припадає на частку саме цих водяних рослин. Вони можуть накопичувати асимільований азот у вигляді іонів нітрату, амонію або низькомолекулярних органічних сполук та засвоювати з води органічні сполуки азоту у вигляді амінокислот, сечовини, пуринів. Водорості у сільському господарстві застосовують як добрива, оскільки їхня біомаса збагачує ґрунт азотом, фосфором, калієм, йодом і значною кількістю мікроелементів, поповнює також її бактеріальну, в тому числі азотфіксуючу, мікрофлору. При цьому у ґрунті водорості розкладаються швидше, ніж інші органічні добрива, і не засмічують насінням бур'янів, личинками шкідливих комах, спорами фітопатогенних грибів [22, 23, 29].

Водорості, як добрива і природні стимулятори росту використовуються досить давно [43]. Так, азотфіксуючі синьо-зелені водорості широко використовують на рисових полях

замість азотних добрив. Впродовж вегетаційного періоду вони можуть фіксувати до 30 кг/га азоту, підвищуючи урожай на 14%. В кінці червня на початку серпня синьо-зелені водорості покривають від 15% до 100% водного дзеркала рисового поля, утворюючи 4,85 ц/га маси сухої речовини. Найбільш активними вважають *Gloetrichianatans bucharica*, *Anabaena variabilis*, *Nostoc spongiaeforme*, які можуть фіксувати близько 18,4 кг/га, 5,5 і 2,4 кг/га азоту відповідно [58, 65, 71]. Внесок синьо-зелених водоростей у накопиченні азоту в дерново-підзолистих ґрунтах складає 3–4 кг N/га [51].

У роботі [22] показано, що добрива з водоростей можуть підвищувати проростання насіння, врожайність, стійкість до хвороб. Однак, складним є питання збирання маси водоростей в обсягах, які, з одного боку можуть бути рентабельними для перетворення на добриво, а з іншого їхнє вилучення буде достатнім для оздоровлення басейну водойми.

Згідно результатів досліджень [34] без шкоди для гідроекосистем (порушення внутрішньоводоймних процесів, продуктивності тощо) можливий двохразовий збір сирової біомаси водоростей, що складає близько 4 млн. т. та містить 7–8% азоту [29].

Найчастіше синьо-зелені водорості збирають у штиль, коли вони спливають на поверхню і там локалізуються. Найпростішим, на думку авторів роботи [26] варіантом, що дозволяє зібрати великі об'єми синьо-зелених водоростей, є застосування маломірного флоту. Прийнятною схемою є використання малопотужного буксира, який рухаючись на невеликій швидкості, штовхає попереду приймач насичений синьо-зеленими водоростями поверхневого шару води. З приймача біомаса потрапляє до бункера, з якого помпа перекачує її в невеликі цистерни (1–5 м³), які тягне за собою той же буксир. Після завантаження буксир доставляє сировину на причал біостанції. На біостанції повинна пройти почергова обробка цистерн із сконцентрованими у них синьо-зеленими водоростями.

Авторами роботи [25] розроблено раціональну схему збирання приповерхневого шару води, насиченого синьо-зеленими водоростями, та його попереднього кавітаційного оброблення. А також показано, що елементний вміст відпрацьованої біомаси водоростей, що відповідає вимогам, можна успішно використовувати як біодобриво.

Використання сапропелю.

Сапропелі – це альтернативне джерело надходження органічної сировини для різних галузей господарства. Добування сапропелю має дуже важливе значення для покращення екологічного стану водойм, оскільки сприяє розв'язанню проблеми замулення та евтрофікації водних об'єктів [36]. Згідно з сучасними технологіями відкачування донної маси не завдає шкоди біоті та дає можливість зворотного надходження не забрудненої, фільтрованої води у гідроекосистему [19]. Хоча дослідження цих ресурсів розпочалися давно, але практичне використання в сільському господарстві ще не набрало тих обсягів, які можуть бути досягнуті за сучасного рівня розвитку суспільства. Причиною цього є недостатня вивченість запасів і якісних характеристик сапропелевих ресурсів, недосконалі технології з видобутку сировини й, відповідно, складність експлуатації родовищ сапропелю з огляду на збереження навколишнього середовища [36].

Сапропель – органічні мули, відклади прісних континентальних водойм, що містять понад 15% (мас.) органічних речовин. Сапропель складається з решток організмів, що населяли товщу води (фітопланктон і зоопланктон) і її поверхню, вищих водяних рослин (макрофітів) і продуктів їхнього розпаду в анаеробних умовах, а також розчинених речовин і мінеральних часток. До складу органічних речовин сапропелів входять залишки рослинних і тваринних організмів різного ступеня розкладання; мономерні сполуки – продукти гідролізу біополімерів; продукти життєдіяльності мікроорганізмів, вітаміни та біологічно активні речовини; полімерні сполуки, що утворилися в процесі біотичної і абіотичної деструкції та синтезу органічних речовин [42].

Органічна частина сапропелю містить природний комплекс гумусових речовин, що включає гумінові і фульвокислоти, а також амінокислоти, які беруть участь в утворенні ґрунтової структури і є ключовими елементами для формування родючості ґрунту [19, 36].

За елементами склад органічної маси сапропелю становить (%): С (53–60); О (30–36); Н (6–8); S (1,5–3); N до 6. Вміст азоту у сапропелі знаходиться в інтервалі від 0,4 до 4,5% на суху

речовину (до 6% – на органічну). Азот гумінових кислот сапропелів знаходиться в легкодоступній формі (60–80%), що важливо при використанні їх як органічного добрива. Відомо, що вміст азоту в рослинах під дією сапропелю збільшується на 20–30% [42].

Проте, існують певні обмеження у використанні сапропелю в якості добрив. Так, сапропелева сировина для виробництва добрив має відповідати таким вимогам: зольність – менше 50%; вміст азоту 1,5%; склад золи, % (максимальні показники): Fe_2O_3 – 10,0; CaO – 12,0; SO_3 – 3,0; рН – 5,0 [36].

Завдяки високим сорбційним властивостям сапропелі можуть слугувати природною основою для високоефективних комплексних повнокомпонентних добрив, а також складником різних видів компостів. Часто сапропелі використовують у вигляді компостів, оскільки при цьому знижуються показники вологості, зменшується вміст насіння бур'яну, патогенна мікрофлора, що сприяє зменшенню поширення хвороб сільськогосподарських культур [42]. Порівняно з іншими компостами, органічна маса сапропелевих добрив відрізняється вищим вмістом таких гідролізуючих речовин як амінокислоти, вуглеводи широкого спектру й азотовмісні сполуки.

Сапропелеві добрива покращують механічну структуру ґрунту, полегшують водообмін та аерацію. Сапропель як екологічно чисте й високоякісне орґано-мінеральне добриво, застосовується для всіх типів ґрунтів і всіх видів рослин для збільшення вмісту в ґрунті азоту та мікроелементів [36].

Використання сапропелю і добрив на його основі дозволяє ефективно і раціонально розв'язати дві екологічні проблеми – евтрофікацію водойм і деградацію земель.

Використання активного мулу.

Активний мул має високу удобрювальну та меліоративну цінність. Для знезаражування аеробно стабілізованого надлишкового мулу застосовується біотермічна обробка (компостування). Компостування здійснюють разом з наповнювачами (твердими побутовими відходами, торфом, тирсою, листям, соломною і т.п.) або готовим компостом [33, 41].

Встановлено, що ущільнений надлишковий активний мул є важливим комплексним орґано-мінеральним добривом з вмістом в сухій речовині, не менше ніж (%): N заг – 1,5; P заг – 0,7 [41]. За даними [33] активний мул містить до 9,8% азоту і 1,5% фосфору в сухій речовині і може стати цінним компонентом комплексного NPKCa-добрива.

Вітчизняний і закордонний досвід використання активного мулу свідчить про перспективність способу його утилізації у якості добрива. У Німеччині, наприклад, щорічно з 50 млн. т. активного мулу як добриво використовується приблизно 30%, депонується до 60% і спалюється не більше 10% [73]. Певний досвід такої утилізації є у Швейцарії, Індії [64] та інших країнах. Внесення висушеного осаду в орні землі практикують в Ставропольському краї. Як оптимальну дозу, наприклад, під ячмінь запропоновано використовувати 60 кг на 1 га, що відповідає 3 т на 1 га мулових осадів з вологістю 35% або 6,5 т на 1 га мулу при вологості 80% [33].

Перспективним методом біоутилізації активного мулу є вермикультивування (використання червоних каліфорнійських черв'яків для біоконверсії відходів), що дозволяє практично повністю переробити мул у високоефективне, екологічно безпечне добриво (біогумус) [27]. Технологія внесення до ґрунту біогумусу на основі відпрацьованого активного мулу повинна розроблятися у кожному конкретному випадку з урахуванням залишкового вмісту важких металів [7].

Використання осадів стічних вод.

Дослідники [2] підкреслюють, що щорічна потреба Білорусії, Казахстану, Вірменії і Молдови в орґано-мінеральних добривах визначається в 600–800 млн т. Тому, розвиток масштабного виробництва і застосування добрив цілком очевидні. При вирішенні цих питань у багатьох країнах накопичений досвід використання орґано-мінеральних добрив створених на основі осадів стічних вод і їхнє застосування у сільському господарстві, яке не завдає шкоди природному середовищу. Так, у США використовується 75% осадів стічних вод як добриво, в Англії – понад 40, Фінляндії – 31, Голландії – близько 40, Франції – більш ніж 25% [45]. Ряд очисних станцій Канади, Німеччини, Японії, Польщі, Болгарії та інших країн також утилізують

їх як органічне добриво [38]. За кордоном, в залежності від регіональних геоекологічних особливостей країн, в агровиробництві використовують від 10 до 90% накопичених осадів стічних вод [38, 63, 70, 76].

Удобрювальна цінність осадів стічних вод значною мірою визначається не тільки вмістом у них азоту, фосфору й калію, але й необхідних для рослин інших мікроелементів. Азот в осаді знаходиться у рухомій формі, яка активно засвоюється рослинами. Осади стічних вод використовуються лише за спеціальної підготовки з метою запобігання внесенню разом з ними значних кількостей патогенних мікроорганізмів [15]. Осад, який використовується для удобрення повинен містити: органічної речовини не менше 4,0%, азоту – 1,0%, фосфору – 0,6%, калію – 0,1%, зольність і вологість – не більше 6,0% на суху речовину. Осади стічних вод і компости застосовують лише на рівнинних ділянках, які не піддаються водній ерозії, із рівнем ґрунтових вод не вище 40 см [8, 39].

У дослідженнях [16] також було показано, що осад стічних вод і компост є цінними комплексними органічними азотними добривами. Внесення осаду стічних вод дозволило збільшити кількість гумусу в орному шарі зрошуваних ґрунтів у середньому за три роки на 5,4 т/га, а внесення компосту – на 3,4 т/га, порівняно з контролем. Стримуючим фактором застосування осаду стічних вод як добрива є небезпека можливого забруднення ґрунтів важкими металами [11, 29]. Застосування осаду стічних вод як самостійно, так і у вигляді компосту нормою 10 т/га сухої речовини на чорноземах не призводило до забруднення важкими металами ґрунтів і рослинної продукції, а сприяло кращому росту і розвитку рослин, збільшенню їх фотосинтетичної активності, підвищенню врожаю сільськогосподарських культур і покращенню якості отриманої продукції як при зрошенні, так і у незрошуваних умовах.

Численними дослідженнями закордонних та вітчизняних вчених доведено збільшення вмісту гумусу та підвищення врожайності сільськогосподарських культур при застосуванні органо-мінеральних добрив на основі осадів стічних вод. Так, в умовах України, при внесенні осадів стічних вод [17], під кукурудзу на зелений корм (з нормою внесення 10 т/га) в умовах зрошення врожайність підвищилася на 33,5%, під ріпак (10 т/га) в умовах не зрошування на 24,0%; під кукурудзу [11] на силос (0,3 т/га) на 90% і (2,2 т/га) на 74%.

Використання осадів стічних вод як цінного органо-мінерального добрива важливе для охорони навколишнього середовища від забруднення і є резервом підвищення врожайності сільськогосподарських культур.

Висновки

Отримані на даний час результати досліджень допомагають визначити оптимальні способи одержання додаткових резервів органічних добрив, а також покращення екологічного стану водойм та якості води. Вторинне використання азоту гідроекосистем є одним із основних напрямів як вдосконалення сільськогосподарського виробництва, так і реальним шляхом поліпшення екологічного стану навколишнього середовища, відтворення природної родючості ґрунтів та підтримання чистоти водойм, отримання екологічно чистої продукції та підтримання балансу азоту у біосфері загалом.

1. *Аристархова Е. О.* Дослідження впливу біогенів на особливості розвитку евтрофних процесів у водосховищі Дениші / Е. О. Аристархова, Т. О. Єльнікова, О. Л. Купрієць, Л. М. Трускавецька // Вісник ЖДТУ. — 2006. — № 3 (38). — С. 130—133.
2. *Атамась Г. М.* Використання раціональних схем переробки відходів для вирішення екологічних проблем / Г. М. Атамась, Г. С. Столяренко // Вісник ЧДТУ, 2008. — № 2. — С. 106—109.
3. *Беляева П. Г.* Роль фитоперифитона в продукции органического вещества и круговороте азота в речных экосистемах (обзор) / П. Г. Беляева / Гидробиол. журн. — 2013. — № 3, Т. 49. — С. 13—26.
4. *Бикова С. П.* Вдосконалення контролю біологічної очистки стічних вод від сполук азоту / [С. П. Бикова, О. Д. Рибак, Г. І. Макаренко та ін.] // Вісник Східноукраїнського нац. ун-ту імені Володимира Даля — 2011. — № 15 (169). — Ч. 2. — С. 83—88.
5. *Бочаров В. Л.* Экологическая гидрохимия. Русско-английский словарь справочник основных терминов и понятий / В. Л. Бочаров, Л. Н. Титова, Л. Н. Строгонова. — Воронеж : Воронеж. гос. ун-т, 2004. — 220 с.

6. *Волкогон В. В.* Особливості процесу денітрифікації в агроценозах за впливу мінеральних добрив та мікробних препаратів / В. В. Волкогон, С. Б. Дімова, К. І. Волкогон, М. С. Комок, Н. П. Штанько // *Сільськогосподарська мікробіологія*. — 2009. — № 10. — С. 7—17.
7. *Гармаш С. Н.* Экологический способ утилизации растительных отходов АПК методом вермикультивирования / С. Н. Гармаш // *Вісник Дніпропетровського аграрного університету*. — Дніпропетровськ, 2003. — № 2. — С. 65—68.
8. *Городний Н. М.* Проблеми використання осадів стічних вод для виробництва добрив / Н. М. Городний // *Вісник аграрної науки*. — К. : Аграрна наука, 2013. — № 9. — С. 45—50.
9. *Грюк І. Б.* Вміст сполук Нітрогену у воді малих річок як показник рівня антропогенного навантаження території / І. Б. Грюк, І. Л. Суходольська // *Вісник Львівського університету*. Серія біологічна. — 2012. — Вип. 60. — С. 227—238.
10. *Грюк І. Б.* Динаміка вмісту есенціальних важких металів у воді малих річок Рівненщини з різним рівнем антропогенного навантаження / І. Б. Грюк, І. Л. Суходольська // *Наукові записки Тернопільського нац. пед. ун-ту ім. В. Гнатюка*. Серія: Біологія. — 2013. — №1 (54). — С. 59—69.
11. *Дишлюк В. Є.* Вплив осадів стічних вод і продуктів їх переробки на мікробне угруповання та біологічну активність ризосферного ґрунту рослин кукурудзи / В. Є. Дишлюк // *Міжвідомчий тематичний науковий збірник*. Сільськогосподарська мікробіологія. — К.: Інститут мікробіології і вірусології ім. Д.К. Заболотного, 2010. — Вип. 12 — С. 68—86.
12. *Дідух Я. П.* Азот як індикатор стійкості та функціонування екосистем / Я. П. Дідух // *Наук. зап. НаУКМА*. — 1998. — Т. 5. — С. 75—78.
13. *Емцев В. Т.* *Мікробіологія*. 6-е изд. / В. Т. Емцев, Е. Н. Мишустин. — М. : Дрофа, 2006. — 444 с.
14. *Заядан Б. К.* Консорциумы микроорганизмов, перспективных при получении биоудобрения для рисовых культур / [Б. К. Заядан, Д. Н. Маторин, Г. Б. Баймаханова та ін.] // *Мікробіологія*. — 2014. — Т. 83, № 4. — С. 467.
15. *Канатиков В. А.* Утилизация осадков сточных вод и бытовых отходов / В. А. Канатиков // *Водоснабжение и санитарная техника*. — 1990. — № 10. — С. 23—25.
16. *Кириленко В. М.* Вплив осаду міських стічних вод на фізичні властивості чорноземів південних / В. М. Кириленко // *Вісник Львівського державного аграрного університету*. — Львів: ЛДАУ, 2002. — № 6. — С. 338—344.
17. *Кириленко В. М.* Екологічні аспекти застосування осадів стічних вод в умовах південного Степу / В. М. Кириленко // *Аграрний вісник Причорномор'я*. Сільськогосподарські, технічні, економічні науки. — Одеса: ОДАУ, 1999. — Вип. 51. — С. 21—27.
18. *Ключенко П. Д.* Содержание неорганических соединений азота и развитие фитопланктона в некоторых типах водоемов / П. Д. Ключенко // *Гидробиол. журн.* — 1993. — Т. 29, № 6. — С. 88—95.
19. *Коніщук В. В.* Аналіз видів сапротелю для рекультивації деградованих земель України / [В. В. Коніщук, М. О. Коніщук, В. П. Булгаков та ін.] // *Агроекологічний журнал*. — 2015. — № 1. — С. 83—92.
20. *Костяев В. Я.* Синезеленые водоросли и эволюция эукариотных организмов. / В. Я. Костяев. — Л.: Наука, 2001. — 130 с.
21. *Лархер В.* *Екологія рослин* / В. Лархер. — М. : Мир, 1978. — 384 с.
22. *Ліщук А. В.* Застосування мікроводоростей у біотехнології / [А. В. Ліщук, О. А. Васильченко, А. Б. Миненко та ін.] // *Проблеми екологічної біотехнології*. — 2014. — № 1. — С. 44—52.
23. *Макарова Е. И.* Прикладные аспекты применения микроводорослей — обитателей водных экосистем / Е. И. Макарова, И. П. Отурина, А. И. Сидякин // *Экосистемы, их оптимизация и охрана*. — 2009. — Вып. 20. — С. 120—133.
24. *Макрушин М. М.* *Фізіологія рослин* / М. М. Макрушин, Є. М. Макрушина, Н. В. Петерсон, М. М. Мельников; за редакцією проф. М. М. Макрушина. — Вінниця : Нова Книга, 2006. — 416 с.
25. *Мальований М. С.* Рациональна технологія утилізації синьо-зелених водоростей / М. С. Мальований, В. В. Никифоров, О. В. Харламова // *Науковий вісник НТЛУ України: Збірник науково-технічних праць*. — Львів : РВВ НЛТУ України. — 2015. — Вип. 25.10. — С.140—149.
26. *Мальований М. С.* Технологічні аспекти забезпечення рекреації в умовах неконтрольованого розвитку ціанобактерій / М. С. Мальований, В. В. Никифоров, О. Д. Синельніков, О. В. Харламова // *Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Сучасні особливості формування і управління інноваційним потенціалом регіонального розвитку туризму та рекреації із залученням молодіжного ресурсу»*. — Тернопіль. — 2015. — С. 183—184.
27. *Мельник И. А.* Вермиккультура: производство и использование. / И. А. Мельник, Н. М. Городний, М. Ф. Повхан; Под ред. акад. И.А. Мельника. — К. : УкрНИИНТИ, 1990. — 128 с.
28. *Моклячук Л. І.* Втрати азоту у сільському господарстві України / Л. І. Моклячук, В. О. Пінчук, М. М. Марткопцішвілі // *Агроекологічний журнал*. — 2013. — № 3. — С. 19—23.

29. *Паршикова Т. В.* Использование микроскопических водорослей эвтрофных вод для поддержания плодородия почв и повышения урожайности сельскохозяйственных растений / Т. В. Паршикова, Е. В. Пацко, Л. А. Сиренко // Альгология. — 2007. — Т. 17, № 2. — С. 262—272.
30. *Патика В. П.* Біологічний азот у системі землеробства / В. П. Патика, Т. Т. Гнатюк, Н. М. Булеца, Л. В. Кириленко // Землеробство. — 2015. — С. 12—20.
31. *Руденко Р. В.* Оцінка трансформації хімічного складу води річок басейну Дніпра / Р. В. Руденко // Гидробиол. журн. — 2007. — Т. 43, № 1. — С. 97—110.
32. *Саралов А. И.* Азотфиксация и денитрификация в планктоне и перифитоне водотоков Камского бассейна / А. И. Саралов, В. В. Галямина, П. Г. Беляева, Д. В. Мольков // Биология внутр. вод. — 2010. — № 2. — С. 13—19.
33. *Симиренко В. И.* Влияние илового осадка сточных вод на рост и развитие ячменя / В. И. Симиренко, Л. И. Асеева // Примен. удобр. микроэл. и регуляторов роста растен. в сельск. хоз. — Ставрополь, 1989. — С. 31—34.
34. *Сиренко Л. А.* Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ. / Л. А. Сиренко, И. Л. Корелякова, Л. Е. Михайленко. — Киев, 1989. — 230 с.
35. *Сиренко Л. А.* «Цветение» воды и эвтрофирование. / Л. А. Сиренко, М. Я. Гавриленко. — Киев, 1998. — 256 с.
36. *Соловко Д. І.* Перспективи раціонального використання сапропелевих ресурсів водойм Волинської області / Д. І. Соловко. // Науковий вісник Волинського національного університету імені Лесі Українки. — 2012. — 8(243). — С. 23—27.
37. *Суходольська І. Л.* Закономірності формування та трансформація сполук нітрогену у воді малих річок Рівненщини: автореф. дис. на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук; спеціальність 03.00.16 — екологія. / І. Л. Суходольська. — Чернівці, 2016. — 23 с.
38. *Туровский И. С.* Обработка осадков сточных вод. / И. С. Туровский. — М.: Стройиздат, 1988. — 256 с.
39. *Фесюк В. О.* Екологічні наслідки впливу осадів стічних вод очисних споруд міста Луцька на навколишнє середовище та шляхи їх мінімізації / В. О. Фесюк, С. Г. Паськевич // Наук. праці УкрНДГМІ. — 2007. — Вип. 256. — С. 286—292.
40. *Цыганков А. А.* Азотфиксирующие цианобактерии — продуценты водорода (обзор) / А. А. Цыганков // Прикладная биохимия и микробиология. — 2007. — Т. 43, № 3. — С. 279—288.
41. *Чертеc К. Л.* Новий напрямок використання надлишкового активного мулу / К. Л. Чертеc, А. К. Стрелков, Д. Е. Биків // Водопостачання й санітарна техніка. — 2001. — № 5. — С. 34—37.
42. *Шевчук М. Й.* Сапропелі України: запаси, якість та перспективи використання : монографія. / М. Й. Шевчук. — Луцьк : Надстир'я, 1996. — 384 с.
43. *Штина Э. А.* Роль водорослей в биогеоценозах суши / Э. А. Штина // Альгология. — 1991, № 1. — С. 23—25.
44. *Alagesan S.* Model based optimization of high cell density cultivation of nitrogen-fixing cyanobacteria / S. Alagesan, S. B. Gaudana, S. Krishnakumar, P. P. Wangikar // Bioresour Technol. — 2013. — Vol. 148. — P. 228—233.
45. *Baker J.* Land application of sludge / J. Baker // Soil. Conserv. — 1979. — Vol. 44, № 9. — P. 4—5.
46. *Baker M. A.* Differences in nitrate uptake among benthic algal assemblages in a mountain stream / M. A. Baker, G. Guzman, J. D. Ostermiller // J. of the North Amer. Benthol. Soc. — 2009. — Vol. 28, № 1. — P. 24—33.
47. *Banerjee M.* Mn-catalase (Alr0998) protects the photosynthetic, nitrogen-fixing cyanobacterium *Anabaena PCC7120* from oxidative stress / M. Banerjee, A. Ballal, S.K. Apte // Environ Microbiol. — 2012. — Vol. 14(11). — P. 2891—2900.
48. *Baulina O. L.* Ultrastructure of ginseng cells and the cyanobacterial *Chlorogloeopsis frischii* in the association cultivated in the dark / O. L. Baulina, E. S. Lobacova, T. G. Korhenevskaya, M. V. Gusev // Moscow University Biological Sciences Bulletin (Vestnik Moskovskogo Universiteta / Biologiya) — 1995. — Vol. 50, № 2. — P. 1—11.
49. *Berntzon L.* BMAA inhibits nitrogen fixation in the cyanobacterium *Nostoc sp. PCC 7120* / L. Berntzon, S. Erasmie, N. Celepli, J. Eriksson, U. Rasmussen, B. Bergman // Mar Drugs. — 2013 — Vol. 11, № 8. — P. 3091—4108.
50. *Bullerjahn G. S.* Cyanobacterial bioreporters as sensors of nutrient availability / G. S. Bullerjahn, M. J. Rozmarynowycz, R. M. L. McKay, R. Boyanapalli // Advances in Biochemical Engineering // Biotechnology. — 2010. — Vol. 118. — P. 165—188.
51. *Cavalier-Smith T.* Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa / T. Cavalier-Smith // Eur. J. Protistol. — 2003. — Vol. 39. — P. 338.
52. *Cavalier-Smith T.* Protist phylogeny and the high-level classification of Protozoa / T. Cavalier-Smith // Eur. J. Protistol. — 2003. — Vol. 39. — P. 338.
53. *Fisher S. G.* Energy flow in Bear Brook, New Hampshire: an integrative approach to stream ecosystem metabolism / S. G. Fisher, G. E. Likens // Ecol. Monographs. — 1973. — Vol. 43, № 4. — P. 421—439.

54. Flores E. Restricted cellular differentiation in cyanobacterial filaments / E. Flores // Proc Natl Acad Sci U S A. — 2012 — Vol. 109(38). — P. 15080—15081.
55. Grimm N. B. Nitrogen fixation in a desert stream ecosystem / N. B. Grimm, K. C. Petrone // Biogeochemistry. — 1997. — Vol. 37, № 1. — P. 33—61.
56. Gryuk I. The Role of Plants in Supporting The Level of Nitrogen in Freshwater Ecosystems / I. Gryuk, V. Grubinko, I. Brynzia, I. Sukhodolska // 2nd International Conference on Environmental Science and Technology, 14—17 May 2014 (ICOEST'2014 — Side). — Side, Antalya, Turkey. — 2014. — P. 303—304.
57. Hasan M. A. Investigation on the Nitrogen Fixing Cyanobacteria (BGA) in Rice Fields of North-West Region of Bangladesh. I: Nonfilamentous / M. A. Hasan // J. Environ. Sci. & Natural Resources. — 2012. — Vol. 5(2). — P. 185—192.
58. Hashem Md. A. Problems and prospects of cyanobacterial biofertilizer for rice cultivation / Md. A. Hashem // Australian Journal of Plant Physiology. — 2001. — Vol. 28(9). — P. 881—889.
59. Hense I. The representation of cyanobacteria life cycle processes in aquatic ecosystem models / I. Hense, A. Beckmann // Ecological Modelling. — 2010. — Vol. 221, № 19. — P. 2330—2338.
60. Inglett P. W. Periphyton chemistry and nitrogenase activity in a northern Everglades ecosystem / P. W. Inglett, K. R. Reddy, P. V. McCormick // Biogeochemistry. — 2004. — Vol. 67, № 2. — P. 213—233.
61. Jones K. M. Newly identified cytochrome c oxidase operon in the nitrogen-fixing cyanobacterium *Anabaena* sp. Strain PCC 7120 specifically induced in heterocysts / K. M. Jones, R. Haselkorn // Journal of Bacteriology. — 2002. — P. 2491—2499.
62. Ke S. Fluorescence spectroscopy study of heterocyst differentiation in *Anabaena* PCC 7120 filaments / S. Ke, R. Haselkorn // Microbiology. — 2013. — Vol. 159(Pt 2). — P. 253—258.
63. Kelly J. Effects of the land application of sewage sludge on soil heavy / J. Kelly, M. Haggblomb, R. Tate // Soil Biology and Biochemistry. — 1999. — № 31. — P. 1467—1470.
64. Krause R. Technologie Verwertung von Klarschlamm in der Landwirtschaft / R. Krause // Korrespond. Abwasser. — 1986 — № 8 (33). — P. 696—672.
65. Kumarasinghe K. S. Nitrogen balance studies in Azolla/rice cropping systems / K. S. Kumarasinghe, D. L. Eskew // Isotopic Studies of Azolla and Nitrogen Fertilization of Rice. — Vol. 51. — 1993. — P. 79—86.
66. Meyer J. L. Phosphorus, nitrogen, and organic carbon flux in a headwater stream / J. L. Meyer, G. E. Likens, J. Sloane // Arch. Hydrobiol. — 1981. — Vol. 91, № 1. — P. 28—44.
67. Muro-Pastor A. M. The heterocyst-specific NsiR1 small RNA is an early marker of cell differentiation in cyanobacterial filaments / A. M. Muro-Pastor // MBio. — 2014. — Vol. 5(3). — P. 1079—1084.
68. Naiman R. J. Nitrogen budget of a subarctic stream altered by beaver (*Castor canadensis*) / R. J. Naiman, J. M. Melillo // Oecologia. — 1984. — Vol. 62, № 2. — P. 150—155.
69. Oliveira P. Transcriptional regulation of the cyanobacterial bidirectional hox-hydrogenase / P. Oliveira, P. Lindblad // Dalton Transactions: An International Journal of Inorganic Chemistry. — 2009. — № 45. — P. 9990—9996.
70. Pescod M. B. Wastewater treatment and use in agriculture / M.B. Pescod. — Rome: Food and agriculture organization of the united nations, 1992.
71. Prasanna R. Rhizosphere dynamics of inoculated cyanobacteria and their growth — promoting role in rice crop / R. Prasanna, L. Nain, R. Ancha, J. Srikrishna, M. Joshi // Egyptian Journal of Biology. — 2009. — Vol. 11. — P. 26—36.
72. Raleiras P. Isolation and characterization of the small subunit of the uptake hydrogenase from the cyanobacterium *Nostoc punctiforme* / P. Raleiras, P. Kellers, P. Lindblad, S. Styring, A. Magnuson // J Biol Chem. — 2013 — Vol. 288(25). — P. 18345—18352.
73. Reimann Dieter O. Trends in der Behandlung von Schlammern / O. Reimann Dieter // Umwelt. — 1990. — Vol. 20, № 5. — P. 217—221.
74. Scott J. T. Nitrogen fixation and phosphatase activity in periphyton growing on nutrient diffusing substrata: evidence for differential nutrient limitation in stream periphyton / J. T. Scott, D. A. Lang, R. S. King, R. D. Doyle // J. of the North Amer. Benthol. Soc. — 2009. — Vol. 28, №1. — P. 57—68.
75. Sirivedhin T. Factors affecting denitrification rates in experimental wetlands: field and laboratory studies / T. Sirivedhin, K. A. Gray // Ecol. Eng. — 2006. — Vol. 26, № 2. — P. 167—181.
76. Sludge Treatment and Disposal: Management Approaches and Experiences. By ISWA's Working Group on Sewage & Waterworks Sludge. Environmental Issues Series. — № 7 — 54 p.
77. Sukhodol'skaya I. L. Phytoplankton of Small Rivers of the Rivne Region (Ukraine) and Relation of its Quantitative Parameters with Nutrients Content / I.L. Sukhodol'skaya, O. V. Manturova, I. B. Griuk // Hydrobiological Journal. — 2015. — Vol. 51, № 5. — P. 50—61.
78. Tabar Y. S. Evaluation of nitrogen fixation microorganisms in agriculture / S. Y. Tabar // Scientia Agriculturae. — 2013. — Vol. 2 (1). — P. 22—25.
79. Talley S. N. Nitrogen Fixation by Azolla in Rice Fields / S. N. Talley, B. J. Talley, D. W. Rains // Genetic Engineering for Nitrogen Fixation. — Vol. 9. — 1977. — P. 259—281.

80. Thiel T. Characterization of genes for an alternative nitrogenase in the cyanobacterium *Anabaena variabilis* / T. Thiel // *J Bacteriol.* — 1993. — Vol. 175(19). — P. 6276—6286.
81. Tsygankov A. A. Nitrogen-fixing cyanobacteria: A review / A. A. Tsygankov // *Applied Biochemistry and Microbiology.* — 2007. — Vol. 43, № 3. — P. 250—259.

И. Л. Суходольская

Ровенский государственный гуманитарный университет

ВТОРИЧНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЗОТА В ГИДРОЭКОСИСТЕМАХ

Обсуждаются возможности и эффективность вторичного использования азота в гидроэкосистемах. Сделан вывод, что концентрирование биологически доступного азота происходит в придонных слоях воды, биомассе водорослей, сапропеле, активном иле, осадках сточных вод. Рассмотрены механизмы азотфиксации в водоемах, пути трансформации и соотношение соединений азота, а также гидрохимические и биотические факторы регуляции их содержания. Приведены примеры практического использования экологически целесообразного способа уменьшения вредных последствий антропогенной нагрузки на водные объекты путем внесения в почву органических удобрений с высоким содержанием азотсодержащих соединений. После применения безопасной технологии извлечения и использования азота гидроэкосистем для агрогодий уменьшается сапробность водоемов, наблюдается положительный реабилитационный эффект на природные акватории.

Ключевые слова: азот, миграция, трансформация, источники поступления, гидроэкосистемы, эвтрофикация, водоросли, сапропель, ил

I. L. Sukhodolska

Rivne State University of Humanities, Ukraine

THE NITROGEN RECOVERY IN THE WATER ECOSYSTEMS

This article outlines the possibilities and the nitrogen recovery efficiency in the water ecosystems which is accumulated in it because of the nitrogen fixation by the blue-green algae and micro-organisms in the water reservoirs. It is caused by the surface denudation, foremost the farmlands and technogenic and urban ecosystems, the biogeochemical cycles running in the nitrogen compounds circulation and others. It is stated, that the concentration of biologically available nitrogen is occurred in the natural water layers, algal biomass, bottom ooze, sludge, waste water mud and so on. This research analyses the mechanisms of the nitrogen fixation in the water reservoirs, ways of transformation, nitrogen compounds proportion, hydro chemical and biotic factors of its regulation. This paper demonstrates the phytoplankton and aquatic vegetation priority in the nitrogen fixation and in the producing of the nitrogen containing species different forms and in the regulation of its proportions (nitrite, nitrate, and ammonium). The most significant hydro physical and hydro chemical factors of the nitrogen forms fixation and distributing are determined (acidity, oxygen content, ionic concentration of the alkali and alkaline-earth metals and of the heavy metals that are the complexing compounds).

This research gives the examples how to use ecologically appropriate way of anthropogenic emissions harmful effects reducing on the body of water. It can be possible by the mean of organics ground application with the high concentration of the nitrogen compounds. The saprobity water is reduced in the hydro ecosystems after the applying of the nitrogen removal and use secure technology for the farmlands. It has a positive rehabilitation effect on the natural basins.

Key words: the nitrogen, migration, transformation, sources, water ecosystem, eutrophication, weed, bottom ooze, silty mud

Рекомендує до друку

В. В. Грубінко

Надійшла 01.02.2017

ІСТОРІЯ НАУКИ. ПЕРСОНАЛІЇ

УДК 58 (477.46) (092)

¹Г. А. ЧОРНА, ²Т. В. МАМЧУР, ²О. В. СВИСТУН, ²М. І. ПАРУБОК

¹Уманський державний педагогічний університет імені Павла Тичини
вул. Садова, 2, Умань, 20300

²Уманський національний університет садівництва
вул. Інститутська, 1, Умань, 20305

НАУКОВА СПАДЩИНА В. А. ГАВРИЛЮКА: ГЕРБАРІЙ ТА ПОЛЬОВІ ЩОДЕННИКИ



У статті на основі вивчення гербарних фондів Наукового гербарію Уманського національного університету садівництва (УМ), архівних матеріалів і літератури охарактеризовано вклад уманського ботаніка В. А. Гаврилюка (1928-2005) Уманського сільськогосподарського інституту (УСГІ) (правонаступник Уманський національний університет садівництва (УНУС)) у вивченні флори Арктики (Берингове узбережжя Чукотки (1956-1958, 1962) і затока Корфа, Камчатка (1960)). Наведено біографічні дані вченого.

Проведена у 2013-2016 рр. інвентаризація гербарних фондів гербарію УНУС, який було зареєстровано в 2016 р. у Index Herbariorum із акронімом УМ, поклала початок подальшому опрацюванню колекцій наукового гербарію В.А. Гаврилюка, що входить до його складу. Його колекція віднесена до складової частини – наукова та оформлена як іменна і налічує близько

200 гербарних зразків (г.з.). Серед виявлених г.з. відмічено флору Арктики – Чукотка (31), Камчатка (14), які датовані 1956-1960 рр., а також флора Ленінградської області, Карпат, Криму, Умані, зокрема колекційного ботанічного розсадника УСГІ. Гербарні зразки несуть неабияку наукову цінність і доступні для студентів, аспірантів, викладачів та ін. наукових установ.

Встановлено, що фонди Наукового гербарію УНУС (УМ) зберігають невелику кількість арктичних зборів аспіранта лабораторії Крайньої Півночі Ботанічного інституту ім. В.Л. Комарова (БІН) В.А. Гаврилюка. Проведено дослідження, що під час навчання в аспірантурі, здійснюючи експедиції з співробітниками лабораторії його основні збори ввійшли до колекцій Чукотки (збори В.А. Гаврилюка та його наукового керівника професора Б.А. Тихомирова – 1956-1958 і 1962 рр. (3000 г.з.) і Камчатки (В.А. Гаврилюка і А.Є. Катеніна

– 1960 р.) (1000 г.з.), що зберігаються у БІНІ (LE). Вони слугували основою для написання десятитомного видання «Арктической флоры СССР» (1960-1987) започаткованого російським науковцем О.І. Толмачовим. Уманський дослідник зайняв достойне місце серед 133 ботаніків БІН, життя яких, хоча і різною мірою, було пов'язане з Арктикою.

Висвітлено Чукотські збори (1956 р.) та Камчатські збори (1960 р.), які представлені видами родин Magnoliopsida=Dicotyledones: Apiacea, Betulaceae, Brassicaceae, Diapensiaceae, Droseraceae, Ericaceae, Lentibulariaceae, Menyanthaceae, Onagraceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Salicaceae, Saxifragaceae, Scrophulariaceae.

Liliopsida=Monocotyledones: Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Liliaceae, Poaceae.

Опрацьовано архівні матеріали музею історії університету (фотографії) та відмічено, що він приймав участь також в експедиції на Полярний Урал (1959 р.), однак у гербарному фонді г.з. даного регіону відсутні. Архів вченого налічує велику кількість фотографій і акварельних рисунків рослинності Чукотки, Камчатки та природних ландшафтів, а також польові щоденники, листи.

Акварельні зображення арктичних рослин виконані молодим ботаніком під час експедиційних досліджень з природи. Вони є цінним надбанням і зберігаються у музейній кімнаті Наукової бібліотеки УНУС.

Зібраний та оформлений великий матеріал було висвітлено у наукових працях та дисертаційній роботі В.А. Гаврилюка, яка була захищена в 1962 р. в Тартуському державному університеті (м. Тарту, Естонія). Представлено хронологічний показник наукових праць В.А. Гаврилюка.

Обґрунтовано наукові інтереси В.А. Гаврилюка впродовж 1962-2000 рр., де він працював на кафедрі ботаніки УСГІ, а згодом на посаді завідувача (1979-1997 рр.). Впродовж життя культивував квітково-декоративні рослини, здійснював обмін насінням із ботанічними садами та іншими установами України й зарубіжжя. За його керівництва на ботанічному розсаднику кафедри ботаніки УСГІ була зібрана колекція цікавих рослин, яка стала підґрунтям для виконання науково-дослідної теми «Інтродукція нових декоративних багаторічників в умовах Умані». Науковцем було зібрано надзвичайно велику колекцію сукулентів, насамперед кактусів, а також рідкісних видів рослин.

За архівними матеріалами встановлено листування В.А. Гаврилюка із вченими Скандинавії, Франції, США, Канади та квітникарями-аматорами України.

Впродовж багатьох років Віктор Антонович був куратором історичного гербарію кафедри ботаніки, сприяв його поповненню та передав до його складу власні гербарні збори.

Ключові слова: флора Арктики, гербарій, історія науки, В. А. Гаврилюк

Українські ботаніки внесли суттєвий вклад у флористичне та фітоценотичне вивчення обширних просторів Євразії. У цьому сенсі широко відомі імена Є.М. Лавренка, Ю.Д. Клеопова, М.Г. Попова, В.І. Чопика та інших вчених, чий гербарні збори зберігаються у крупних центральних гербаріях (KW, LE) і доступні для ботанічної спільноти.

В той же час опрацювання регіональних гербаріїв продовжує приносити часом несподівані знахідки. Уманський національний університет садівництва (УНУС), біля витоків якого знаходилось Головне училище садівництва, у 1859 р. переведене з м. Одеси до м. Умані, має серед своїх надбань гербарій, фонди якого на сьогодні нараховують понад 28 тисяч гербарних зразків, далі г.з. Проведена у 2013-2016 рр. інвентаризація гербарних фондів гербарію УНУС, зареєстрованого в 2016 р. у Index Herbariorum із акронімом UM, поклала початок подальшому опрацюванню колекцій, що входять до його складу [7].

У даній публікації наведено результати опрацювання гербарних зборів та архівних матеріалів Віктора Антоновича Гаврилюка, який впродовж 1962-2000 рр. працював на кафедрі ботаніки Уманського сільськогосподарського інституту (нині УНУС), а у 1979-1997 рр. очолював її. Найвизначніший в УНУС гербарій В.А. Гаврилюка невеликий за обсягом (близько 200 г.з.), зібраних у різних регіонах, зокрема у 1956-1960 рр. на Чукотці та Камчатці. Нами встановлено, що в Умані зберігається лише мала частка арктичних зборів аспіранта лабораторії Крайньої Півночі Ботанічного інституту ім. В.Л. Комарова (БІН) В.А. Гаврилюка. Його основні

збори ввійшли до колекцій, що зберігаються у БІНІ (ЛЕ), і разом із іншими зборами слугували основою для написання «Арктической флоры СССР», започаткованої у 1960 р. О.І. Толмачовим [12]. В історичному огляді Центрального гербарію колишнього СРСР [6] зазначено, що до найважливіших колекцій, зібраних співробітниками цієї лабораторії, належать збори В.А. Гаврилюка та Б.А. Тихомирова – 1956-1958 і 1962 рр. з Берингівського узбережжя Чукотки, включаючи острови Ратманова і Аракамчечен (3000 г.з.), та із затоки Корфа в Коряцькому національному окрузі (збори В.А. Гаврилюка і А.Є. Катеніна – 1960 р.) (1000 г.з.).

В гербарії УНУС (УМ) збори В.А. Гаврилюка з Чукотки представлені 21 гербарним зразком (г.з.) видів родин Juncaceae, Liliaceae, Poaceae, зібраних у другій половині серпня 1956 р. в районі Чаплинських і Сенявинських гарячих джерел. Нижче наводимо перелік цих видів за родинами згідно абетки їх назв латиною. У випадку, коли зазначена колектором видова назва, за сучасною номенклатурою [15] віднесена до синонімів, ми спершу наводимо прийнятну нині назву, а синонімічну подаємо у дужках.

Juncaceae: *Juncus biglumis* L., *J. castaneus* Smith., *Luzula nivalis* (Laest.) Spreng., *L. kjellmaniana* Miyabe et Kudo (*L. tundricola* Gorodk. et V. Vassil.), *L. wahlenbergii* Rupr.

Liliaceae: *Gagea serotina* (L.) Ker Gawl. (*Lloydia serotina* (L.) Reichenb.), *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb. (*T. palustris* Huds.).

Poaceae: *Alopecurus magellanicus* Lam. (*A. borealis* Trin.), *Calamagrostis purpurea* (Trin.) Trin. (*C. langsdorffii* (Link) Trin.), *Deschampsia cespitosa* (L.) P. Beauv. s. l. (*D. borealis* (Trautv.) Roshev.), *Dupontia fisheri* R. Br., *Festuca altaica* Trin. ex Ledeb., *F. brachyphylla* Schult. et Schult. fil. (*F. brevifolia* R. Br.), *F. rubra* L. s. l. (*F. cryophylla* V. Krecz. et Bobr.), *F. sibirica* Hack. ex Boiss. (*Poa albida* Turcz. ex Trin.), *Hierochloë alpina* (Sw.) Roem. et Schult., *Poa arctica* R. Br. (в тому числі var. *vivipara* Hook.), *P. lanata* Scribn et Merr. (*P. komarovii* Roshev.), *P. shumushuensis* Ohwi (*P. nivicola* Kom.), *Puccinellia phryganodes* (Trin.) Scribn et Merr. (*Atropis phryganodes* (Trin.) Steffen), *Trisetum spicatum* (L.) K. Richt.

Камчатські збори В. М. Гаврилюка представлені одним г. з. папороті – Woodsiaceae: *Woodsia glabella* R. Br. ex Richardson та десятьма г.з. покритонасінних рослин із 5 родин: Betulaceae: *Alnus alnobetula* subsp. *sinuata* (Regel) Raus (*Alnaster kamtschaticus* (Callier) Czerep.), *Betula ermanii* Cham., *B. divaricata* Ledeb. (*B. middendorffii* Trautv. et Mey.); Diapensiaceae: *Diapensia lapponica* subsp. *obovata* (F. Schmidt) Hultèn (*D. obovata* (F. Schmidt) Nakai.); Ericaceae: *Arctous alpina* (L.) Niedenzu, *Rhododendron aureum* Georgi (*R. chrysanthum* Pall.), *R. kamtschaticum* Pall.; Ranunculaceae: *Aconitum delphinifolium* DC.; Rosaceae: *Potentilla villosa* Pall. et Pursh., *Sorbus sambucifolia* (Cham. et Schlecht.) M. Roem. Цей гербарій було зібрано у 1960 р., під час експедиції на Камчатку, у район затоки Корфа.

Нами з'ясовано, що Віктор Антонович приймав участь також в експедиції на Полярний Урал (1959 р.), однак гербарні збори з цього регіону в гербарії УНУС відсутні. У архіві вченого збереглося п'ять конвертів із фотографіями з написами «Полярний Урал. Красний камінь. 1961».

Знайомство з арктичною флорою В.А. Гаврилюк розпочав у літні місяці 1956 р. Саме тоді Комісія з проблем Півночі Академії наук СРСР і Ботанічний інститут АН СРСР відрядили професора Б.А. Тихомирова та його аспіранта в район гарячих джерел Чукотки (Чаплинських і Сенявинських на західному березі затоки Сенявина) спеціально для вивчення рослинності чукотських терм [11]. Ці термальні джерела, розташовані на північній межі поширення не лише на Тихоокеанському узбережжі, але і в цілому на материк Євразії, до того часу зовсім не досліджувались ботаніками. Планував, але не зміг їх відвідати у 1934 р. визначний тундрознавець Б.М. Городков [3].

Отже, роль першовідкривача місцезнаходжень окремих видів належала аспіранту В.А. Гаврилюку, який після детального камерального опрацювання зібраних у 1956-1962 рр. матеріалів вперше наводить для Чукотки 12 видів із 8 родин: Cyperaceae: *Carex eleusinoides* Turcz. ex Kunth, *C. norvegica* Retz. (*C. halleri* Gunn.), *Kobresia myosuroides* (Vill.) Fiori (*Cobresia bellardi* (All.) Degl.), *Trichophorum caespitosum* (L.) Hartm.; Juncaceae: *Juncus leucochlamys* Zing. ex V. Krecz., *Luzula beringensis* Tolm.; Poaceae: *Poa penicillata* Kom.; Campanulaceae: *Campanula*

lasiocarpa Cham.; Lentibulariaceae: *Utricularia vulgaris* L.; Portulacaceae: *Claytonia escholtzii* Cham.; Salicaceae: *Salix glauca* L.; Scrophulariaceae: *Pedicularis labradorica* Wirsing. Ці знахідки стали можливими завдяки детальному дослідженню флори в районах Чаплинських і Сенявинських гарячих джерел у різноманітних екотопах: від сухих кам'янистих і щербенистих схилів гір, зайнятих дрібно-бугристими мочажинними осоково-моховими угрупованнями до надмірно зволжених.

Уже в першій експедиції Віктор Антонович зарекомендував себе як наполегливий, вдумливий дослідник. Про це свідчать нотатки його наукового керівника. Висловлюючи подяку відомим ботанікам-систематикам, які надавали допомогу у визначенні окремих груп рослин арктичної тундри – А.І. Поярковій, А.К. Скворцову, А.І. Толмачову, М.М. Цвельову, Б.А. Тихомиров зазначає, що особливо велику допомогу як у польовій обстановці, так і при обробці матеріалу йому надав В.А. Гаврилюк [11].

Сам же аспірант у листі своїм курганським викладачам (Миколі Михайловичу та Вірі Олімпіївні Воскресенським) звітує про перший аспірантський рік, зокрема про стаціонарні дослідження флори та рослинності Чаплинських гарячих джерел. У листі художні описи природи, зокрема заворожуючого північного саява у ясні холодні та вітряні вересневі ночі, поєднуються із хвилюванням, щоб не розпилюватися, зосереджено та спокійно зібрати та оформити багатий дисертаційний матеріал [2].

Оскільки дисертаційна робота В.А. Гаврилюка, що була захищена в 1962 р. в Тартуському державному університеті, в архіві УНУС відсутня, за авторефератом, публікаціями, польовими щоденниками, фотографіями та малюнками ми намагалися відновити повний список флори, дослідженої ним на Чукотці. На сьогодні відновлений флористичний список нараховує понад 200 видів, пошукова робота продовжується.

Цікаво, що серед знайдених аспірантом на південному сході Чукотського півострова рослин є широкоареальні види, здебільшого перезволожений екотопів, притаманні також флорі України. Наводимо список цих видів за родинami: Equisetaceae: *Equisetum fluviatile* L.; Apiaceae: *Cicuta virosa* L.; Brassicaceae: *Cardamine pratensis* L.; Droseraceae: *Drosera rotundifolia* L.; Ericaceae: *Oxycoccus microcarpa* Turcz. ex Rupr.; Lentibulariaceae: *Pinguicula vulgaris* L., *Utricularia vulgaris* L.; Menyanthaceae: *Menyanthes trifoliata* L.; Onagraceae: *Epilobium palustre* L.; Ranunculaceae: *Batrachium* sp., *Caltha palustris* L.; Saxifragaceae: *Chrysosplenium alternifolium* L., *Saxifraga hirculus* L.; Cyperaceae: *Eriophorum polystachyon* L. (*E. angustifolium* Honck.), *E. vaginatum* L., *E. scheuchzeri* Норпе; Juncaceae: *Juncus castaneus* Smit; Juncaginaceae: *Triglochin maritimum* L., *T. palustre* L. Крім того із борео-температних аерогідатофітів родини Nymphaeaceae у щоденниках В.А. Гаврилюка знаходимо вказівку на зростання на Чукотці *Nymphaea tetragona* Georgi, *Nuphar pumila* (Timm) DC. Останній вид нещодавно було знайдено українськими ботаніками також на Поліссі [4].

Аналіз вивчення рослинного покриву Крайньої Півночі в Ботанічному інституті ім. В.Л. Комарова РАН за півтора століття, який виконала Н.В. Матвеева [8] засвідчує, що науковий керівник В.А. Гаврилюка професор Б.А. Тихомиров разом із фундатором десятитомного видання «Арктическая флора СССР» (1960-1987, Вып. 1-10) А.І. Толмачовим були тими вченими, які поряд із флористичними дослідженнями започаткували стаціонарне вивчення біології арктичних рослин. Першим аспірантом, який впродовж вегетаційних сезонів 1956-1958 рр. проводив стаціонарні польові дослідження на узбережжі Берингова моря, в районі миса Чапліна, зокрема фенологічні та антекологічні спостереження на постійних площадках в типових для досліджуваних видів місцезростаннях, був В.А. Гаврилюк. Він дослідив також онтогенез пагонів і квітки 25 видів, що було проілюстровано сотнею фотографій і 70 оригінальними малюнками. Частково ці матеріали були опубліковані В. А. Гаврилюком у 1966 р. В архівних матеріалах дослідника в УНУС зберігаються окремі оригінали та численні фотокопії цих ілюстрацій. Ім'я уманського дослідника знайшло достойне місце серед 133 ботаніків БІН, життя яких, хоча і різною мірою, було пов'язане з Арктикою [8].

Цінним надбанням є також акварельні зображення арктичних рослин, виконані молодим ботаніком під час експедиційних досліджень з природи. Акварелі В.А. Гаврилюка за своїм сюжетом і значенням перекликаються із ботанічними альбомами «Букет Восточной Сибири»,

«Очерк изящной флоры Забайкальского края» декабриста П.И. Борисова, виконаним у 1839-1854 рр. Щоправда доробок останнього значно багатший за кількістю виконаних робіт і містить, крім квітів, художні зображення комах, птахів і окремих ссавців [5]. У обох художників є малюнки первоцвіту, рододендрона, анемони, фіалки, але різних видів, відповідно арктичної чи сибірської флори.

Ботанік В.А. Гаврилюк підписує малюнки подвійними – видовими назвами, а художник П.И. Борисов використовує здебільшого місцеві народні назви рослин. Однак у обох випадках достовірність зображень дозволяє використовувати їх як своєрідні ботанічні атласи.

Коло наукових інтересів Віктора Антоновича було досить широким. Впродовж всього життя В.А. Гаврилюк культивував квітково-декоративні рослини, здійснював обмін насінням із ботанічними садами та іншими установами України та зарубіжжя. У ботанічному розсаднику кафедри ботаніки УНУС була зібрана багата колекція, що стала базою для виконання науково-дослідної теми «Інтродукція нових декоративних багаторічників в умовах Умані». Науковцем було зібрано велику колекцію сукулентів, насамперед кактусів, яка згодом була передана до теплично-оранжерейного комплексу вузу. Впродовж багатьох років Віктор Антонович був куратором історичного гербарію кафедри, передав до його складу власні гербарні збори.

В.А. Гаврилюком власноручно задокументовано обширне листування із вченими Скандинавії, Франції, США, Канади. Серед респондентів вітчизняного вченого доктор А.Е. Порсільд (Alg Erling Porsild) із Національного музею Канади в Оттаві, Б.А. Родней (B. Allen Rodney) з Вашингтону, ботанік-систематик Доріс Льове (Doris Löve) із Монреальського університету, доктор Л. Блісс (L.C. Bliss) із Ілліноського університету в США, А. Лаббе (A. Labbe) з французького м. Ізере, професор А. Ваарама (Antero Vaarama), співробітник Інституту ботаніки та ботанічного саду в фінському м. Турку. Епістолярна спадщина В.А. Гаврилюка зберігається в музеї історії УНУС. Всіх вчених, які листувалися з В.А. Гаврилюком, об'єднує інтерес до природи, насамперед рослинного світу Арктики, та загальнолюдських цінностей – мистецтва, архітектури, а також захоплення філателією, вирощуванням кактусів.

Вчителями В.А. Гаврилюка в різний час були вчені, захоплені своєю справою, які на власному прикладі зуміли виховати достойного учня. У спогадах про В.Ф. Ніколаєва, з яким він познайомився у 1944 р., коли навчався у Курганському сільгосптехнікумі в Заураллі, В.А. Гаврилюк писав: «Основи, фундамент науки ботаніки, яка стала для мене головною на все життя, були закладені в м. Кургані, до сільськогосподарського технікуму в якому я вступив у 1944 р.». Викладачем, який помітив зацікавленість юного студента рослинами та виділив йому грядку для вирощування лісових видів у культурі, був В.Ф. Ніколаєв. Згодом вчитель і учень знову зустрілися вже як колеги в Уманському с.-г. інституті.

У 1954-1964 рр. В.Ф. Ніколаєв працював завідувачем кафедри ботаніки Уманського сільськогосподарського інституту ім. О.М. Горького [9]. Саме під час його завідування та, ймовірно, за його ж рекомендацією В.А. Гаврилюк вступив до аспірантури. Із середини 60-тих років за активною участю В.Ф. Ніколаєва та його молодих колег, зокрема В.А. Гаврилюка, м. Умань стало центром квітникарства регіону. Не виключено, що одним із мотивів повернення В.А. Гаврилюка після успішного захисту дисертації до УСГІ, з яким відтоді він назавжди поєднав свою долю, було і бажання продовжити роботу в розсаднику декоративних квіткових рослин при кафедрі. Впродовж ще двох років талановитий учень працював поруч і під керівництвом свого першого вчителя.

Науковим керівником аспіранта Гаврилюка був провідний спеціаліст по флорі та рослинності Крайньої Півночі Б.А. Тихомиров, який високо оцінював здібності свого учня та спрямовував його на самостійний шлях у науці. Під час навчання в аспірантурі Віктору Гаврилюку поталанило на зустрічі з рядом визначних вчених. Із кінця 1950-х років лабораторію рослинності Крайньої Півночі очолив О.І. Толмачов, який розпочав підготовку багатотомного видання «Арктическая флора СССР». Отже, вибір теми наукових досліджень тогочасних аспірантів, і В.А. Гаврилюка зокрема, був обумовлений саме цією колективною працею!

Серед книг із особистої бібліотеки Віктора Антоновича, подарованих кафедрі ботаніки УСГІ, кілька праць О.І. Толмачова [13, 14]. В особистому архіві В.А. Гаврилюка збереглося

також запрошення на «XII Комаровское чтение» (12 грудня 1957 р.), де професор О.І. Толмачов прочитав доповідь «Флора о. Сахалина и некоторые общие вопросы фитогеографии». Доповідали на наукових зібраннях БІН того часу В.Д. Александрова, В.М. Сукачов, А.Л. Тахтаджян і багато інших провідних вчених.

28 листопада-3 грудня 1961 р. Ботанічний інститут ім. В.Л. Комарова (БІН) спільно із Всесоюзним ботанічним товариством (ВБТ) (членом якого В.А. Гаврилюк був із 1957 р.) [1] проводили Наряду з проблем вивчення, використання та охорони рослинного покриву Крайньої Півночі СРСР [10]. Із вступним словом від ВБТ виступив його президент академік В.М. Сукачов. Доповідали також такі визначні вчені як Б.А. Тихомиров, О.І. Толмачов, Б.О. Юрцев, П.Л. Горчаковський.

У аспіранта БІН В.А. Гаврилюка на нараді було представлено доповіді на теми: «Сезонный ритм развития растений юго-восточной Чукотки»; «Опыт определения биомассы в некоторых растительных сообществах тундры»; «Флора Берингова побережья Чукотского полуострова». Згодом за матеріалами, які доповідалися, були опубліковані окремі статті.

Основні наукові праці В. А. Гаврилюка

1960

Гаврилюк В. А. О характеристике корневой системы некоторых кустарничков Чукотки / В.А. Гаврилюк // Изв. Сиб. отд. АН СССР, 1960. — № 4.

1961

Гаврилюк В. А. Влияние снежного покрова и экспозиции склонов на ритм развития растений на востоке Чукотки / В.А. Гаврилюк // Роль снежного покрова в природных процессах. К 60-летию со дня рожд. Г.Д. Рихтера. — М.: Изд-во АН СССР, 1961. — С. 231—242.

Гаврилюк В. А. Продолжительность периода плодоношения и семенная продуктивность растений юго-восточной Чукотки / В.А. Гаврилюк // Ботан. журн. — 1961. — Т. 46, № 1. — С. 90—97.

Гаврилюк В. А. Формирование цветка у некоторых растений юго-востока Чукотки / В.А. Гаврилюк // Доклады АН СССР. — 1961. — Т. 137, № 2. — С. 448—450.

1962

Гаврилюк В. А. Биология растений юго-востока Чукотского полуострова: автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук / В.А. Гаврилюк. — Тарту, 1962. — 16 с.

1963

Гаврилюк В. А. К фенологии растений юго-востока Чукотки / В.А. Гаврилюк // Бюлл. Вост. — Сиб. фенолог. комисс. — 1963. — Вып. 2-3.

Гаврилюк В. А. Ритм развития растений на востоке Чукотки / В.А. Гаврилюк // Ботан. журн. — 1963. — Т. 48, № 1. — С. 123—126.

1964

Вихирева-Василькова В. В. Надземная и подземная растительная масса некоторых кустарничковых сообществ Корякской Земли / В.В. Вихирева-Василькова, В.А. Гаврилюк, В.Ф. Шамурин // Проблемы Севера. — М.; Л.: Наука, 1964. — Вып. 8. — С. 130—147.

1965

Гаврилюк В. А. К биологии паразита *Boschniakia rossica* (Cham. et Schlecht.) V. Fedtsch. / В.А. Гаврилюк // Ботан. журн. — 1965. — Т. 50, № 4. — С. 523—528.

1966

Гаврилюк В. А. К биологии растений юго-востока Чукотского полуострова / В.А. Гаврилюк // Приспособление растений Арктики к условиям среды. — М.; Л.: Наука, 1966. — С. 226—266.

Гаврилюк В. А. О взаимосвязи животного мира и растительности в тундрах Чукотки / В.А. Гаврилюк // «Организмы и природная среда». Вопр. географии. — М., 1966. — С. 118—126.

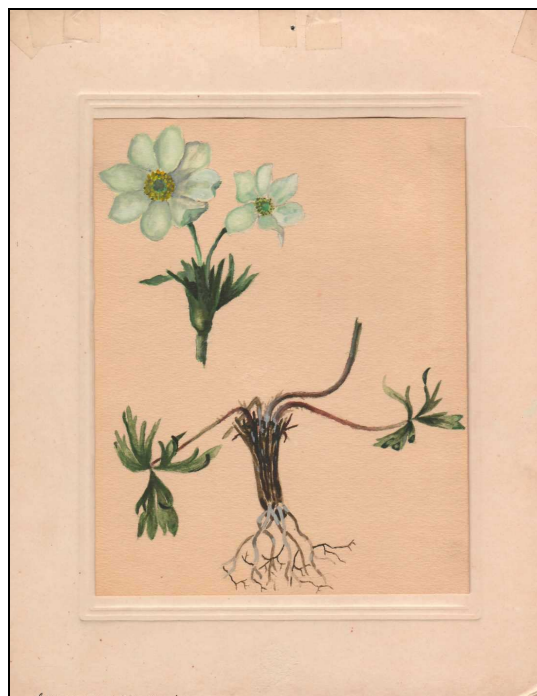
Тихомиров Б. А. К флоре беринговского побережья Чукотского полуострова / Б.А. Тихомиров, В.А. Гаврилюк // Растения севера Сибири и Дальнего Востока. — М.; Л.: Наука, 1966. — С. 58—79.



Рис. 1. Дослідження В. А. Гаврилюком тундрової рослинності Чукотки.



Dodecatheon frigidum Cham. et Schlecht.
1927



Anemone sibirica L.



Oxytropis maydeliana Trautv.



Pyrola incarnata Fisch.

Рис. 2. Рисунки рослин *Dodecatheon frigidum* Cham. et Schlecht., *Anemone sibirica* L., *Oxytropis maydeliana* Trautv., *Pyrola incarnata* Fisch., виконані В. А. Гаврилюком

Хоча В. А. Гаврилюком було опубліковано не так багато наукових праць, вони вже понад півстоліття продовжують цитуватися і не втрачають своєї актуальності. Його творчий доробок щодо вивчення флори Арктики та біологічних особливостей арктичних рослин навічно увійшов у світовий фонд відомостей про природу цього суворого краю. Уманський період діяльності В. А. Гаврилюка не менш цікавий і потребує подальшого дослідження.

1. *Всесоюзное ботаническое общество: справочник.* — Л.: Наука, 1978. — 256 с.
2. *Гаврилюк В.* Человек в тундре / Виктор Гаврилюк // Молодой ленинец: орган Курганского обкома и горкома ВЛКСМ. — 1958. — 28 февраля (№24 (162)). — С. 3.
3. *Городков Б. Н.* Растительность тундровой зоны СССР / Б.Н. Городков. — М., Л.: Изд-во АН СССР, 1935. — 142 с.
4. *Дідух М.* *Nuphar pumila* (Timm) DC. (Nymphaeaceae Salisb.) — новий вид флори України / М. Дідух, А. Куземко, Т. Мазур, Т. Вініченко // Вісн. Київськ. нац. ун-ту ім. Тараса Шевченка. — 2010. — 28. — С. 10—16.
5. *Куйбышева К. С.* Акварели декабриста Петра Ивановича Борисова / К.С. Куйбышева, Н.И. Сафонова. — М.: Искусство, 1986. — 552 с.
6. *Липшиц С. Ю.* Центральный Гербарий СССР: исторический очерк / С.Ю. Липшиц, И.Т. Васильченко. — Л.: Наука, 1968. — 142 с.
7. *Мамчур Т. В.* Ексикати Herbarium Flogae Rossicae Уманського училища рільництва і садівництва / Т.В. Мамчур, Т.О. Кравець, Г.А. Чорна // Вісн. Харківськ. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. Сер. Біолог. — Вип. 25. — Харків, 2015. — С. 72—76.
8. *Матвеева Н. В.* Ретроспектива изучения растительного покрова Крайнего Севера в Ботаническом институте им. В.Л. Комарова РАН за полтора века и перспективы в XXI веке / Н.В. Матвеева // Растительность России. — Спб., 2014. — № 25. — С. 142—153.
9. *Самородов В. М.* Постаті природознавства та музейництва Полтавщини (XIX — XX ст.) / В.М. Самородов, С.Л. Кигим / За наук. ред. В.М. Самородова. — Полтава: Дивосвіт, 2016. — 144 с.
10. *Совещание по проблемам изучения, использования и охраны растительного покрова Крайнего Севера СССР: программа работ.* — Л.: Ботан. ин-т им. В.Л. Комарова, 1961. — 10 с.
11. *Тихомиров Б. А.* К характеристике флоры и растительности термальных источников Чукотки / Б.А. Тихомиров // Ботан. журн. — 1957. — Т. 42, № 9. — С. 1427—1445.

12. Толмачев А. И. Арктическая флора СССР. Вып. 1. Семейства Polypodiaceae — Vutomaceae / А.И. Толмачев. — М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1960. — 102 с.
13. Толмачев А. И. Основы учения об ареалах: Введение в хорологию растений / А.И. Толмачев — Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1962. — 100 с.
14. Толмачев А. И. Проблемы происхождения арктической флоры и истории ее развития / А.И. Толмачев // Делегатский съезд Всесоюзного ботанического общества (9—15 мая 1957 г.): тезисы докладов. Вып. III. Секция флоры и растительности, 1. — Л., 1957. — С. 50—59.
15. *The Plant List*. A working list all plant species: [Электронный ресурс]. — Режим доступа. — <http://www.theplantlist.org>.

Г. А. Черная, Т. В. Мамчур, О. В. Свистун, М. І. Парубок

Уманский государственный педагогический университет имени Павла Тычины
Уманский национальный университет садоводства

НАУЧНОЕ НАСЛЕДИЕ В. А. ГАВРИЛЮКА: ГЕРБАРИЙ И ПОЛЕВЫЕ ДНЕВНИКИ

В статье на основании изучения гербарных фондов Научного гербария Уманского национального университета садоводства (УМ), архивных материалов и литературы охарактеризованы вложения ботаника В.А. Гаврилюка (1928-2005) Уманского сельскохозяйственного института (УСХИ) (правопреемник Уманский национальный университет садоводства (УНУС)) в изучении флоры Арктики (Берингово побережья Чукотки (1956-1958, 1962) и залив Корфа, Камчатка (1960)). Приведены биографические данные ученого.

Проведенная в 2013-2016 гг. инвентаризация гербарных фондов гербария УНУС, который был зарегистрирован в 2016 г. в Index Herbariorum с акронимом УМ, положила начало дальнейшей обработке коллекций научного гербария В.А. Гаврилюка, что входит в его состав. Его коллекция входит в часть – научная, которая оформлена как именная и насчитывает около 200 гербарных образцов (г.о.). Среди г.о. отмечено флору Арктики – Чукотка (31), Камчатка (14) 1956-1960 гг., а также флора Ленинградской области, Карпат, Крыма, Умани, в частности коллекционного ботанического питомника УСХИ. Гербарные образцы несут немалую научную ценность для студентов, аспирантов, преподавателей и др. научных учреждений.

Определено, что фонды Научного гербария УНУС (УМ) имеют небольшое количество арктических г.о. аспиранта лаборатории Крайнего Севера Ботанического института им. В.Л. Комарова (БИН) В.А. Гаврилюка. Проведено исследование, во время обучения в аспирантуре, совершая экспедиции с сотрудниками лаборатории его основные гербарии вошли в коллекции Чукотки (В.А. Гаврилюк и его научный руководитель профессор Б.А. Тихомиров – 1956-1958 и 1962 гг. (3000 г.о.) и Камчатки (В.А. Гаврилюк и А.Е. Катенин – 1960 г.) (1000 г.о.), хранящиеся в БИН (LE). Они послужили основой для написания десяти томного издания «Арктической флоры СССР» (1960-1987 гг.) начатого российским ученым А.И. Толмачевым. Уманский исследователь занял достойное место среди 133 ботаников БИН, жизнь которых, хотя и в разной степени, была связана с Арктикой.

Описаны г.о. Чукотские (1956 г.) и Камчатские (1960 г.), которые представлены видами семейств Magnoliopsida=Dicotyledones: Apiacea, Betulaceae, Brassicaceae, Diapensiaceae, Droseraceae, Ericaceae, Lentibulariaceae, Menyanthaceae, Onagraceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Salicaceae, Saxifragaceae, Scrophulariaceae.

Liliopsida=Monocotyledones: Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Liliaceae, Poaceae.

Обработано архивные материалы музея истории университета (фотографии) где отметили, что В.А. Гаврилюк принимал участие в экспедиции на Полярный Урал (1959 г.), однако в гербарному фонде г.о. данного региона отсутствуют. Архив ученого насчитывает большое количество фотографий, акварельных рисунков растительности Чукотки, Камчатки и природных ландшафтов, а также полевые дневники, письма.

Акварели арктических растений выполнены молодым ботаником во время экспедиционных исследований с натуры. Они являются ценным достоянием и хранятся в музейной комнате Научной библиотеки УНУС.

Собранный и оформленный материал был изложен в научных статьях и диссертационной работе В.А. Гаврилюка, которая была защищена в 1962 г. в Тартуском государственном

университете (г. Тарту, Эстония). Представлен хронологический указатель научных трудов В.А. Гаврилюка.

Также представлены научные интересы В.А. Гаврилюка на протяжении 1962-2000 гг., когда он работал на кафедре ботаники УСХИ. В этот период он культивировал цветочно-декоративные растения, проводил обмен семенами с ботаническими садами и другими учреждениями Украины и зарубежья. За его руководства, на должности заведующего в 1979-1997 гг., на ботаническом питомнике кафедры была собрана коллекция интересных растений, редких и исчезающих видов, а также чрезвычайно большую коллекцию суккулентов, кактусов. Данная коллекция стала основой для выполнения научно-исследовательской темы «Интродукция новых декоративных многолетников в условиях Умани».

По архивным материалам (письма) определено переписки В.А. Гаврилюка с учеными Скандинавии, Франции, США, Канады и цветоводами-любителями Украины.

На протяжении многих лет Виктор Антонович был куратором исторического гербария кафедры ботаники, способствовал его пополнению и передал в его состав собственные гербарные образцы.

Ключевые слова: флора Арктики, гербарий, история науки, В. А. Гаврилюк

G.A. Chorna, T.V. Mamchur, O.V. Svistun, M.I. Parubok

Pavlo Tychina Uman' state Pedagogical University, Ukraine

Uman National University of Horticulture, Ukraine

SCIENTIFIC HERITAGE OF V.A. HAVRYLIUK: HERBARIUM AND FIELD JOURNALS

The article highlights the life of V.A. Havryliuk (1928-2005), a botanist of Uman Agricultural Institute (later Uman National University of Horticulture) and his contribution to the study of flora of the Arctic (Bering coast of Chukotka, 1956-1958, 1962) and the Gulf of Korf, Kamchatka (1960). The study was conducted on the basis of resources of the Scientific Herbarium of Uman National University of Horticulture (UNUH).

Inventory of the herbarium of UNUH, registered in 2016 in Index Herbariorum under the acronym UM, initiated further development of scientific herbarium collections of V.A. Havryliuk. His collection is an integral part of the herbarium. It is also framed as nominal and enlists over 200 herbarium specimens (h.s.) including Arctic flora of Chukotka (31), Kamchatka (14), which date back to 1956-1960, and flora of the Leningrad region, the Carpathians, the Crimea, and Uman, as well as the collection of botanical nursery of Uman Agricultural Institute. Herbarium specimens are of remarkable scientific value and are available for students, teachers and research institutes.

The study demonstrated that the resources of the Scientific Herbarium of UNUH (UM) contain some material from Arctic herborization of V.A. Havryliuk, representing a period when he was a postgraduate student working at the Far North laboratory of Komarov Botanical Institute. The research revealed that the key specimens, found at the time of his doctoral studies and during his expedition trips accompanying laboratory scientists, are incorporated in the collections of Chukotka (specimens of V.A. Havryliuk and his supervisor Professor Boris Tykhomyrov – 1956-1958 and 1962) (3000 h.s.) and Kamchatka (V.A. Havryliuk and A.Ye. Katenin – 1960) (1000 h.s.), and are stored in Komarov Botanical Institute (LE).

These specimens served the background for a ten-edition series of "The Arctic Flora of USSR" (1960-1987), initiated by the Russian scientist O.I. Tolmachov. The Uman researcher achieved a rightful place among 133 botanists of Komarov Botanical Institute, who devoted their lives to the study of the Arctic.

Chukotka (1956) and Kamchatka (1960) specimens were presented by the following types of families: Magnoliopsida = Dicotyledones: Apiacea, Betulaceae, Brassicaceae, Diapensiaceae, Droseraceae, Ericaceae, Lentibulariaceae, Menyanthaceae, Onagraceae, Portulacaceae, Ranunculaceae, Rosaceae, Salicaceae, Saxifragaceae, Scrophulariaceae.

Liliopsida = Monocotyledones: Cyperaceae, Juncaceae, Juncaginaceae, Liliaceae, Poaceae.

The analysis of the archive materials of the Museum of the University of History (photos) revealed that V.A. Havryliuk took part in the expedition trips to the Polar Urals (1959). However,

herbarium specimens representing this area are not registered in the herbarium resources. The archive of the scientist comprises a large number of photos and watercolor drawings of Chukotka and Kamchatka vegetation, natural landscapes, field journals, and his personal correspondence.

Watercolors featuring Arctic plants have been painted from nature during field research. They are on display in the museum room of the Scientific Library of UNUH.

All the data collected over many years of research and scientific studies were used as source material for numerous academic papers and thesis work of V.A. Havryliuk, defended in 1962 in the University of Tartu (Tartu, Estonia).

The article presents a chronological index of academic papers of V.A. Havryliuk.

Scientific interests of V.A. Havryliuk during 1962-2000 as a lecturer of the Department of Botany of Uman Agricultural institute, and later as the Head of the Department of Botany (1979-1997), were versatile. He was keen on growing flowers and ornamental plants, cooperating with botanical gardens and other Ukrainian and foreign institutions.. A lot of rare plants were collected under his supervision of the botanical nursery at the Department of Botany in Uman Agricultural Institute. That very collection served the foundation for the research topic "Introduction of new ornamental perennial plants in a climate of Uman". The scientist has also made a huge collection of succulents, especially cacti and rare plants.

The personal correspondence of V.A. Havryliuk with scientists from Scandinavia, France, USA, Canada and amateur florists from Ukraine was analyzed.

Over the years Victor Antonovych was the curator of the historical herbarium at the Department of Botany, contributed greatly to its expansion and contributed his own herbarium specimens.

Key words: Arctic flora, herbarium, the history of science, V. A. Havryliuk

АВТОРИ НОМЕРА

- Андрусишин Т. В.** — аспірантка кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка (ТНПУ).
- Арсан О. М.** — доктор біологічних наук, професор, провідний науковий співробітник відділу екології водних рослин та токсикології Інституту гідробіології НАН України (ІГ НАНУ).
- Березовська В. Ю.** — аспірантка Інституту ботаніки імені М. Г. Холодного НАН України.
- Бігуняк К. О.** — студентка ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Вакуленко В. О.** — магістрантка кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Васильєва Т. В.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки Одеського національного університету імені І. І. Мечникова (ОНУ).
- Воцелко С. К.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фітопатогенних бактерій Інституту мікробіології і вірусології імені Д. К. Заболотного НАН України (ІМВ НАНУ).
- Гарматій Н. М.** — кандидат економічних наук, доцент кафедри економічної кібернетики Тернопільського національного технічного університету імені І. Пулюя.
- Голіней Г. М.** — кандидат сільськогосподарських наук, викладач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Грецький І. О.** — провідний інженер відділу фізіології промислових мікроорганізмів ІМВ НАНУ.
- Громозова О. М.** — доктор біологічних наук, старший науковий співробітник відділу фізіології промислових мікроорганізмів ІМВ НАНУ.
- Грубінко В. В.** — доктор біологічних наук, професор, завідувач кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Гуменюк Г. Б.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Дайнеко Н. М.** — кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри ботаніки та фізіології рослин університету образования «Гомельський державний університет імені Франціска Скорини».
- Дятлов С. С.** — кандидат біологічних наук, доцент, завідувач відділом якості водного середовища Інституту морської біології НАН України.
- Журжа Ю. В.** — аспірант Національного дендрологічного парку «Софіївка» Національної академії наук України (НДП «Софіївка»).
- Запорожець С. О.** — молодший науковий співробітник відділу якості водного середовища Інституту морської біології НАН України.
- Кобрин І. М.** — магістрантка кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Коваленко С. Г.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки ОНУ.
- Колдар Л. А.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник НДП «Софіївка».
- Кондратенко М. О.** — магістрант Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова.
- Коновець І. М.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник, зав. лабораторії біологічно активних сполук відділу екологічної фізіології гідробіонтів та біотехнології ІГ НАНУ.
- Кошелев О. В.** — кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник відділу якості водного середовища Інституту морської біології НАН України.

- Крижановська М. А.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Лагутенко О. Т.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри біології Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова.
- Мамчур Т. В.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва.
- Мардаревич М. Г.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник лабораторії біологічно активних сполук відділу екологічної фізіології гідробіонтів та біотехнології ІГ НАНУ.
- Мехед О. Б.** — кандидат біологічних наук, доцент, завідувач кафедри біології Чернігівського національного педагогічного університету імені Т. Г. Шевченка (ЧНПУ).
- Москалюк Н. В.** — кандидат педагогічних наук, викладач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Настека Т. М.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології Національного педагогічного університету імені М. П. Драгоманова.
- Небиков М. В.** — кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник НДП «Софіївка».
- Немерцалов В. В.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки ОНУ.
- Парубок М. І.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва.
- Паузер О. Б.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки ОНУ.
- Першко І. О.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки, біоресурсів і збереження біорізноманіття Житомирського державного університету імені І. Франка.
- Пида С. В.** — доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри ботаніки та зоології ТНПУ.
- Подобівський С. С.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри медичної біології ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Потоцька С. О.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри екології та охорони природи ЧНПУ.
- Прокопчук О. І.** — аспірантка кафедри загальної біології та методики навчання природничих дисциплін ТНПУ.
- Рачинська О. В.** — науковий співробітник Українського наукового центру екології моря.
- Савлущинська М. О.** — кандидат біологічних наук, науковий співробітник відділу екології водних рослин та токсикології ІГ НАНУ.
- Свистун О. В.** — старший викладач кафедри садово-паркового господарства Уманського національного університету садівництва.
- Симонова Н. А.** — студентка 2 курсу магістратури ЧНПУ.
- Суходольська І. Л.** — кандидат біологічних наук, викладач кафедри екології, географії та туризму Рівненського державного гуманітарного університету.
- Тимофеев С. Ф.** — кандидат сільськогосподарських наук, доцент кафедри ботаники і фізіології рослин університету освіти і науки «Гомельський державний університет імені Франциска Скорины».
- Третяк О. П.** — кандидат біологічних наук, доцент, декан хіміко-біологічного факультету, професор кафедри біології ЧНПУ.
- Федонюк Л. Я.** — доктор медичних наук, професор, зав. кафедри медичної біології ДВНЗ «Тернопільський державний медичний університет імені І. Я. Горбачевського МОЗ України».
- Хайгова Г. Д.** — студентка 2 курсу магістратури ЧНПУ.
- Чорна Г. А.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри біології та методики її навчання Уманського державного педагогічного університету імені Павла Тичини.
- Юхименко Ю. С.** — молодший науковий співробітник відділу інтродукції та акліматизації рослин Криворізького ботанічного саду НАН України.
- Яковенко Б. В.** — доктор біологічних наук, професор кафедри хімії ЧНПУ.
- Якуба І. П.** — кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки ОНУ.



**TERNOPIL VOLODYMYR HNATIUK
NATIONAL PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

Здано до складання 03.03.2017. Підписано до друку 10.03.2017. Формат 60 x 84/18. Папір друкарський.
Умовних друкованих аркушів — 14.6. Обліково-видавничих аркушів — 17.6. Замовлення № 32
Наклад 300 прим. Віддруковано у видавничому центрі «Вектор»

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до державного реєстру видавців,
виготівників і розповсюджувачів видавничої продукції
серія ТР № 46 від 07 березня 2013р.
ФО Осадца Ю.В.

Submitted to editing 03.03.2017. Signed for printing 10.03.2017. Format 60 x 84/18. Printing paper.
Number of conventional printing sheets – 14.6. Number of accounted and published pages – 17.6. Order № 32.
Edition 300 copies. Published in the publishing centre “Vector”

Certificate of enlisting the subject of publishing in the State Register of publishers,
manufactures and distributors of publishing products
Series TP № 46 from 07 March 2013
Name and surname Osadtsa Yu. V.