

ISSN 2664–505X (print)

ISSN 2664–5068 (online)

Міністерство освіти і науки України
Криворізький державний педагогічний університет

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВІСНИК КРИВОРІЖЖЯ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ТА
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ

Засновано в 2002 році

Оновлено в 2015 році

Випуск 5

Кривий Ріг
2020

ISSN 2664-505X (print)

ISSN 2664-5068 (online)

Ministry of Science and Education of Ukraine
Kryvyi Rih State Pedagogical University

ECOLOGICAL BULLETIN OF KRYVYI RIH DISTRICT

SCIENTIFIC AND
SCIENTIFIC & METHODOLOGICAL
PAPERS COLLECTION

Founded in 2002

Updated in 2015

Issue 5

Kryvyi Rih
2020

ЗАСНОВНИК І ВИДАВЕЦЬ:
КРИВОРІЗЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ПЕДАГОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради
Криворізького державного педагогічного університету
(протокол № 11 від 25 червня 2020 р.)

Головний редактор: **В. М. Савосько**, кандидат біологічних наук, доцент,
Криворізький державний педагогічний університет
(Кривий Ріг, Україна)

*Заступники
головного
редактора:* **Г. Хельмеір**, доктор філософії, професор, Гірнична
академія та університет Технології (Фрайбург, Німеччина)
Т. М. Альохіна, кандидат біологічних наук, старший
науковий співробітник, Державна наукова установа
«Центр проблем морської реології, геоєкології
та осадового рудоутворення Національної академії
наук України» (Кривий Ріг, Україна)

Відповідальний секретар **І. О. Комарова**, кандидат біологічних наук,
Криворізький державний педагогічний університет
(Кривий Ріг, Україна)

Члени редакційної колегії:

О. В. Бондаренко, кандидат педагогічних наук, доцент, Криворізький
державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

Н. В. Гнілуша, кандидат педагогічних наук, доцент, Криворізький
державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

О. О. Дідур, кандидат біологічних наук, доцент, Дніпровський
національний університет імені Олеся Гончара (Дніпро, Україна)

І. О. Зайцева, доктор біологічних наук, професор, Дніпровський
національний університет імені Олеся Гончара (Дніпро, Україна)

Е. О. Євтушенко, кандидат біологічних наук, доцент, Криворізький
державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

О. О. Кобрюшко, кандидат педагогічних наук, Криворізький
державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

І. П. Козловська, доктор сільськогосподарських наук, Білоруський державний аграрно-технічний університет (Мінськ, Білорусь)

Т. Ю. Лихолат, кандидат біологічних наук, доцент, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (Дніпро, Україна)

Я. В. Маленко, кандидат біологічних наук, Криворізький державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

П. П. Нечипуренко, кандидат педагогічних наук, Криворізький державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

Т. В. Селіванова, кандидат хімічних наук, доцент, Криворізький державний педагогічний університет (Кривий Ріг, Україна)

Збірник наукових та науково-методичних праць містить результати досліджень, присвячених сучасним проблемам фундаментальної екології, актуальним питанням екології промислових регіонів, екологічної освіти та методики викладання природничих дисциплін.

Періодичне наукове видання розраховане на широке коло біологів, екологів, викладачів, вчителів, фахівців позашкільних закладів освіти, студентів та учнів, а також всіх небайдужих до стану довкілля Рідного краю.

© Автори статей, 2020

ECOLOGICAL BULLETIN
OF KRYVYI RIH DISTRICT
FOUNDER AND PUBLISHER
KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY

This scientific and scientific & methodological papers collection contains results of the research in the following fields: (i) modern problems of fundamental ecology, (ii) topical issues of ecology and the state of environment at industrial areas, (iii) ecological education and methods for natural sciences teaching.

This periodic scholarly publication designed for: biologists, ecologists & environmentalists, university academics, teachers of lyceum / gymnasium / schools, specialists of out-of-school educational institutions, students and pupils, as well as all those who care about the environment of the native land.

EDITORIAL BOARD

Editor-in-Chief **Vasyl Savosko**, Doctor of Philosophy (Biology),
Associate Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical
University (Kryvyi Rih, Ukraine)

Deputy Editors **Hermann Heilmeier**, Doctor of Philosophy, Professor,
Technische Universität Bergakademie Freiberg
(Freiberg, Germany)

Tetiana Alokhhina, Doctor of Philosophy (Biology),
Senior Researcher, State Scientific Institution “Center for
Problems of Marine Geology, Geoecology and Sedimentary
Ore Formation of the National Academy of Sciences
of Ukraine” (Kryvyi Rih, Ukraine)

*Executive
Editors* **Iryna Komarova**, Doctor of Philosophy (Biology),
Kryvyi Rih State Pedagogical (Kryvyi Rih, Ukraine)

Members of the editorial board:

Olga Bondarenko, Doctor of Philosophy (Pedagogy),
Associate Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University
(Kryvyi Rih, Ukraine)

Nina Gnilusha, Doctor of Philosophy (Pedagogy),
Associate Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University
(Kryvyi Rih, Ukraine)

Oleg Didur, Doctor of Philosophy (Biology), Associate Professor,
Oles Honchar Dnipro National University (Dnipro, Ukraine)

Iryna Zaytseva, Doctor of Science (Biology), Professor,
Oles Honchar Dnipro National University (Dnipro, Ukraine)

Eduard Yevtushenko, Doctor of Philosophy (Biology),
Associate Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University
(Kryvyi Rih, Ukraine)

Olexandr Kobryushko, Doctor of Philosophy (Pedagogy),
Kryvyi Rih State Pedagogical University (Kryvyi Rih, Ukraine)

Iryna Kozlovskaya, Doctor of Science (Agriculture),
Belarusian State Agrarian Technical University (Minsk, Belarus)

Tetyana Lykholat, Doctor of Philosophy (Biology),
Associate Professor, Oles Honchar Dnipro National University
(Dnipro, Ukraine)

Yana Malenko, Doctor of Philosophy (Biology),
Kryvyi Rih State Pedagogical University (Kryvyi Rih, Ukraine)

Pavlo Nechypurenko, Doctor of Philosophy (Pedagogy),
Kryvyi Rih State Pedagogical University (Kryvyi Rih, Ukraine)

Tetiana Selivanova, Doctor of Philosophy (Chemistry),
Associate Professor, Kryvyi Rih State Pedagogical University
(Kryvyi Rih, Ukraine)

Зміст

ДО 90-РІЧЧЯ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Е. О. Євтушенко

ІСТОРІЯ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ
І ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ БОТАНІКИ
ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ 13

Н. В. Гнілуша

СТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У КРИВОРІЗЬКОМУ
ДЕРЖАВНОМУ ПЕДАГОГІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ 31

Є. Д. Ющук

ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ МІКРОМОРФОЛОГІЧНОГО
ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ НА КАФЕДРИ БОТАНІКИ
ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ 43

Е. О. Євтушенко, В. М. Савосько

МІЖНАРОДНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ КАФЕДРИ
БОТАНІКИ ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ 60

АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ

Ю. В. Білик, В. М. Савосько, Ю. В. Лихолат,

Н. Хайльмейер, І. П. Григорюк

ВМІСТ МАКРОНУТРІЄНТІВ ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
У ЛИСТКАХ ДЕРЕВ З ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ
КРИВОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ (ЦЕНТРАЛЬНА УКРАЇНА) .. 81

І. П. Козловська

ЕКОЛОГО-АГРОНОМІЧНІ СКЛАДОВІ ЕКСПОРТНОГО
ПОТЕНЦІАЛУ ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСУ РЕСПУБЛІКИ
БЕЛАРУСЬ 100

**Ю. В. Лихолат, Н. О. Хромих, А. А. Алексеева,
Т. Ю. Лихолат, О. А. Лихолат, О. В. Вилинікіна,
В. Р. Давидов, Р. Є. Єфанов, І. П. Григорюк**

ОСОБЛИВОСТІ ВОДООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ НЕТРАДИ-
ЦІЙНИХ МАЛОПОШИРЕНИХ ПЛОДОВИХ РОСЛИН В
УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я ЯК КРИТЕРІЙ
РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКЦІЇ З ВИСОКОЮ
БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ 112

**М. М. Назаренко, В. І. Горцар, О. А. Лихолат,
О. О. Іжболдін, О. М. Колінько**

ЕКОЛОГО-АГРОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ
ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ СУЧАСНИХ СОРТІВ
ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ 127

І. О. Комарова

БІОІНДИКАЦІЇ СТАНУ ЕДАФОТОПУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ
АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВЕГЕТАЦІЙНИМИ
ОРГАНAMI (на прикладі *Taraxacum officinale* Wigg.) 141

І. Л. Домницька

СЕЗОННІ РИТМИ ОКРЕМИХ ВИДІВ РОСЛИН
ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ БОТАНІЧНОГО САДУ
ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА 155

Contents

TO THE 90TH ANNIVERSARY KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY

E. O. Yevtushenko

HISTORY OF PHYTOREMEDIATION RESEARCH
AND PROJECT ACTIVITY IN DEPARTMENT OF
BOTANY AND ECOLOGY AT KRYVYI RIH STATE
PEDAGOGICAL UNIVERSITY 13

N. V. Gnilusha

ESTABLISHMENT OF ENVIRONMENTAL EDUCATION
AT KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY 31

E. D. Yushchuk

HISTORICAL INFORMATION ABOUT MICROMORPHO-
LOGICAL SOILS' STUDY IN DEPARTMENT OF
BOTANY AND ECOLOGY AT KRYVYI RIH STATE
PEDAGOGICAL UNIVERSITY 43

E. O. Yevtushenko, V. M. Savosko

INTERNATIONAL ECOLOGICAL PROJECTS IN
DEPARTMENTS OF BOTANY AND ECOLOGY AT
KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY . . 60

CURRENT ISSUES OF THE APPLIED ECOLOGY AT INDUSTRIAL AREAS

*Yu. V. Bielyk, V. M. Savosko, Yu. V. Lykholat,
H. Heilmeyer, I. P. Grygoryuk*

MACRONUTRIENTS AND HEAVY METALS
CONTENTS IN THE LEAVES OF TREES FROM
THE DEVASTATED LANDS AT KRYVYI RIH DISTRICT
(CENTRAL UKRAINE) 81

I. P. Kozlovskaya

ECOLOGICAL AND AGRONOMIC COMPONENTS
OF THE GREENHOUSE COMPLEX'S EXPORT
POTENTIAL AT REPUBLIC OF BELARUS 100

***Yu. V. Lykholat, N. O. Khromykh, A. A. Alexeeva,
T. Y. Lykholat, O. A. Lykholat, O. V. Vishnikina,
V. R. Davydov, R. Ye. Yefanov, I. P. Grygoryuk***

PECULIARITIES OF WATER EXCHANGE PROCESSES
OF NON-TRADITIONAL LOW-WIDE FRUIT PLANTS
IN CONDITIONS STEP PRYDNIPROVYA AS THE
CRITERIA FOR PRODUCT WITH HIGH BIOLOGICAL
VALUE EXTENSION 112

***M. M. Nazarenko, V. I. Gorschar, O. A. Lykholat,
O. O. Izboldin, O. M. Kolinko***

ECOLOGICAL AND AGRONOMIC FEATURES OF
YIELD AND QUALITY FORMATION FOR MODERN
WHEAT WINTER CULTIVATORS 127

I. O. Komarova

THE EDAPHOTOPE'S CONDITION BIOINDICATIONS
BY INDEX OF HEAVY METAL CONTENT
ACCUMULATION AT VEGETATION BODIES (on
the example of *Taraxacum officinale* Wigg.) 141

I. L. Domnitskaya

SEASONAL RHYTHMS OF SOME PLANTS SPECIES
AT BOTANICAL GARDEN PROTECTED GROUND OF
OLES HONCHAR DNIPRO NATIONAL UNIVERSITY 155

ДО 90-РІЧЧЯ
КРИВОРІЗЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО
ПЕДАГОГІЧНОГО
УНІВЕРСИТЕТУ

TO THE 90TH
ANNIVERSARY
KRYVYI RIH STATE
PEDAGOGICAL
UNIVERSITY

ІСТОРИЯ ФІТОРЕКУЛЬТИВАЦІЙНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПРОЕКТНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ КАФЕДРИ БОТАНІКИ ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Е. О. Євтушенко*

*Криворізький державний педагогічний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Анотація. Мета роботи — проаналізувати основні напрямки науково-дослідницької діяльності кафедри ботаніки та екології в історичній ретроспективі. Кафедра впродовж свого існування якісно і ефективно виконувала навчально-виховні завдання з підготовки висококваліфікованих вчителів біології для освітянської галузі міста, Дніпропетровської області, України. Розташування в центрі гірничо-видобувної та металургійної промисловості Придніпров'я зумовило наукову відповідальність кафедри за розвиток озеленення території міста, фіторекультивациі порушених земель (відвалів, кар'єрів та хвосто-, шламосховищ), інвентаризациі зелених насаджень промислових підприємств міста.

У 50–60 рр. ХХ ст. професором кафедри І. А. Добровольським були розпочаті практичні роботи з формування системи озеленення міста на основі науково обґрунтованих підходів і розуміння ролі зелених насаджень у формуванні якості життя людини. Ці роботи знайшли своє продовження у реалізації науково-дослідних тем з фіторекультивациі порушених територій. У 70–80 рр. ХХ ст. професором кафедри В. І. Шандою були розроблені науково-обґрунтовані основи фіторекультивациі антропогенно порушених земель Криворіжжя, екологічні підходи до боротьби з бур'яною рослинністю.

У 2011 р. продовжено сучасний етап практичної науково-дослідної роботи кафедри з участі у Міжнародному проєкті «Повернути ріку людям. Партнерство на користь відновлення р. Саксагань у Кривому Розі як механізм підтримки міжсекторального діалогу». Цей проєкт був реалізований у рамках проєкту «Нова Гута-Кривий Ріг. Партнерство у промислових регіонах» за участю Fundacja Miejsca i Ludzi Aktywnych (фондація МІЛА, (Польща)). У цьому проєкті кафедру представляв доцент Е. О. Євтушенко.

У подальшому були реалізовані міжнародні проєкти зі збереження біорізноманіття на території Жовтокам'янського кар'єру підприємства «Хайдельбергцемент Україна». У 2014 під керівництвом доцента кафедри В. М. Савосько був виконаний проєкт «Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин і основа для екологічної освіти». У 2018 р. під

керівництвом доцента кафедри Е. О. Євтушенка був виконаний проект «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру».

Розширення тематики науково-дослідних тем пов'язано з фіторекультивациєю порушених земель та інвентаризацією зелених насаджень, яка була визначена конкретними потребами підприємств. Під керівництвом доцента кафедри Е. О. Євтушенка були виконані: інвентаризація зелених насаджень промислових майданчиків (2016 р. — ПрАТ «Центральний гірничо-збагачувальний комбінат», 2018 р. — АТ «Південний гірничо-збагачувальний комбінат») та фіторекультивациї дослідження (2018 р. — промислові території ПАТ «Інгулецький гірничо-збагачувальний комбінат», 2018 р. — міські території).

У 2019 р. розпочата реалізація науково-дослідної теми «Виконання післяпроектного моніторингу впливу планованої діяльності видобування вапняків та глини, придатних для використання у якості цементної сировини, Жовтокам'янського родовища (ділянка №3), розташованого в Апостолівському районі Дніпропетровської області, на стан флори і фауни протягом 3 років» (керівник — доцент кафедри Е. О. Євтушенко).

Активні фіторекультивациї дослідження та проектна діяльність кафедри ботаніки та екології мають багату історію та є фундаментом якісної підготовки фахівців з біології та екології.

Ключові слова: озеленення, фіторекультивация, промислові майданчики, порушені землі, екологічні проекти, історичні аспекти, Криворіжжя.

Вступ. Кафедра ботаніки та екології була започаткована як кафедра ботаніки у 1930 р. одночасно з утворенням природничого факультету Криворізького педагогічного інституту. Основною місією кафедри впродовж історії її існування була підготовка висококваліфікованих вчителів-біологів відповідно до потреб закладів освіти Криворіжжя, Дніпропетровської області [30]. Водночас, викладачі кафедри брали активну участь у вирішенні екологічних проблем Криворізького регіону, озелененні території промислових підприємств та міста, створенні комфортних умов життя і праці для його мешканців. Аналіз історії фіторекультивациї досліджень, проектної діяльності кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету слугуватиме цілям розвитку науково-дослідницької, пошукової роботи майбутніх фахівців-біологів, що безперечно актуалізує вирішення сучасних регіональних екологічних проблем.

Мета — проаналізувати результати участі викладачів і співробітників кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету у фіторекультивациї дослідженнях і проектній діяльності впродовж історії існування кафедри, виокремити основні етапи науково-дослідної роботи кафедри.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалом досліджень слугували наукові публікації, звіти з виконання науково-дослідних

тем, спогади учасників фіторекультивацийних робіт. Використовували аналітичний, дедуктивний та індуктивний методи дослідження.

Результати та їх обговорення. Історія кафедри ботаніки може бути по-різному періодизована, відповідно до об'єктивного розвитку країни, інституту, факультету, кадрового складу, матеріальної, науково-методичної бази, науково-дослідної роботи, міжвузівських та наукових зв'язків.

1930–1940 рр. Період становлення інституту, факультету та кафедри. Важливою подією цього часу було створення першого на Криворіжжі ботанічного саду. Він був розташований на правому березі р. Саксагань, поруч з навчальним корпусом Криворізького педагогічного інституту [30].

Ботанічний сад розвивався як опорна структура кафедр ботаніки та зоології і база проведення наукових досліджень, навчально-виховних заходів. Він був включений в реєстр ботанічних садів Радянського Союзу з підзвітністю Центральному республіканському ботанічному саду АН УРСР, Головному ботанічному саду АН СРСР, Раді ботанічних садів УРСР та СРСР [4, 14, 30].

За наказом ректора Інституту від 25 травня 1944 року відповідно до Статуту Криворізького державного педагогічного інституту науково-методичне керівництво ботанічним садом здійснювалося деканатом природничого факультету через кафедри біологічного циклу, з підпорядкуванням його науково-навчальній частині. Тим же наказом було визначено організацію науково-методичних дослідних навчальних ділянок з осені 1944 року.

1945–1965 рр. Початок наукових досліджень з фіторекультивацийної проблематики.

Цей період пов'язаний з видатною особистістю Івана Андрійовича Добровольського, який від закінчення в 1937 р. природничого факультету, з перервою на участь у Великій Вітчизняній війні, і до 1996 р. працював на кафедрі ботаніки на посадах асистента, старшого викладача, доцента, професора, завідувача кафедрою.

Після шпиталю у липні 1946 р. І. А. Добровольський повернувся на роботу до Криворізького педінституту і до вересня 1949 р. працював асистентом кафедри ботаніки. Весь цей час він досліджував флору Дніпропетровщини та Кіровоградщини, придніпровського степу. Закономірним результатом цих та інших досліджень стала дисертація І. А. Добровольського на здобуття наукового ступеня кандидата біологічних наук на тему «Деревно-чагарникова рослинність Криворіжжя і питання його заліснення та озеленення», яка була

успішно захищена у Дніпропетровському державному університеті (1952 р.).

Під керівництвом І. А. Добровольського з 1953 р. кафедра ботаніки вивчала штучні лісові масиви Криворізького лісництва у складі комплексної експедиції Дніпропетровського державного університету. Перші ж творчі контакти з керівником комплексної експедиції, доктором біологічних наук, професором кафедри геоботаніки, ґрунтознавства і екології О. Л. Бельгардом розпочалися ще у 1949 р. [2, 4, 30]

1966–1980 рр. Період зміцнення позицій кафедри ботаніки як провідного ботаніко-екологічного центру Криворізького регіону. За участі І. А. Добровольського та викладачів кафедри В. І. Шанди, В. З. Задорожнього та Н. В. Гаєвої були вивчені флора і рослинність порушених земель Криворіжжя: відвалів гірничо-збагачувальних комбінатів та хвостосховищ. Дослідження були виконані на замовлення Всесоюзного науково-дослідного інституту безпеки праці в гірничорудній промисловості, Державного науково-дослідного гірничорудного інституту, Криворізького гірничорудного інституту. На основі проведених наукових робіт були розроблені та реалізовані рекомендації щодо фіторекультивациі порушених земель [3, 6, 7].

У цей період викладачами кафедри ботаніки була реалізована низка науково-практичних заходів з фіторекультивациі порушених земель Криворіжжя. Так, у 1967–1968 рр. на Східному відвалі Ганнівського кар'єру Північного ГЗК, сформованого пухкими гірськими породами, викладачами кафедри були висаджені деревні види рослин. На відвалі №1 Першотравневого кар'єру цього ж комбінату за активної участі викладача кафедри В. Т. Сидоренко були висаджені деревні рослини. Координував ці роботи І. І. Ронов — начальник відділу озеленення Північного ГЗК. У подальшому ці насадження були передані під «наукову оцінку» Криворізькому ботанічному саду НАН України.

У 1969 р. під керівництвом завідуючого кафедри І. А. Добровольського, за участі професорів І. І. Гордієнка та М. А. Кохна з відділу дендрології Центрального республіканського ботанічного саду (м. Київ) і викладачів кафедри були проведені дослідження з фіторекультивациі плесів хвостосховища Північного ГЗК. Також, професори І. І. Гордієнко та М. А. Кохно разом з членами кафедри заклали дослідження з живцями деревних порід на відвалах цього комбінату.

У 1974 р. на замовлення Всесоюзного науково-дослідного інституту безпеки праці в гірничорудній промисловості були проведені дослідження з теми «Геоботанічні способи прогнозування

заростання порушених земель». Від замовника їх координував завідувач лабораторії вентиляції кар'єрів Ф. В. Бересневич. Основними виконавцями цих робіт були тогочасний завідувач кафедри І. А. Давидов, а також доценти кафедри В. І. Шанда та І. А. Добровольський. Під час вивчення флори і рослинності визначили трапляння і описали рослини на всіх діючих, зупинених і у відсищі відвалах методом пробних ділянок («метрівок»). Географія наукових пошуків вражає — від складу кварцитів у с. Веселі Терни (північ Криворіжжя) до відвалу Інгулецького ГЗК, околиць с. Ніколо-Козельське (південь Криворіжжя). В результаті досліджень встановлено «піонерну роль» злинки канадської на відвалах кварцитів та провідний спосіб заростання — зональний тип відновлення рослинності.

Дуже цікаві роботи з фітооптимізації порушених земель були виконані у жовтні 1974 р. Викладачі кафедри (доценти В. І. Шанда та І. А. Добровольський) у співпраці з Краснодарським Всесоюзним науково-дослідним інститутом спеціального і цивільного захисту брали участь у розсіюванні за допомогою гелікоптера над порушеними землями попередньо обробленого насіння трав'янистих видів рослин. Ці роботи з аерофіторекультивациї були виконані на відвалах шахти ім. Г. І. Петровського руднику ім. Карла Лібкнехта. Одночасно на цьому ж відвалі траншейним способом висаджені маслинка і бирючина. На превеликий жаль, з часом, насадження були засипані свіжою відсипкою.

У другій половині 70-их була виконана низька науково-дослідних робіт: у 1976 р. з оптимізації агрофітоценозів — «Розробка комплексу заходів по боротьбі з бур'янами на основі складання карт забур'яненості полів у Криворізькому районі» (керівник доц. В. І. Шанда) та у 1977 р. — «Розробка комплексу заходів по боротьбі з бур'янами на основі складання карт забур'яненості полів у Софіївському та Криничанському районах Дніпропетровської області» (керівник доц. В. І. Шанда). У 1977 р. — з фіторекультивациї порушених земель — «Прогнозування і розробка геоботанічних способів закріплення порушених земель Кривбасу» (на замовлення гірничо-металургійних підприємств Криворіжжя).

Запорукою успішної фіторекультивациїної діяльності викладачів кафедри ботаніки того часу стало співробітництво з провідними науково-дослідними установами та учбовими закладами Дніпропетровщини, України та Радянського Союзу. Яскравим прикладом такого ефективного співробітництва було опанування викладачем кафедри Є. Д. Ющуком унікальної методики дослідження мікроморфологічної будови ґрунтів. Практичне впровадження цієї методики на теренах

Криворізького регіону дозволило здійснювати ранню діагностику стану ґрунтів при різних варіантах фіторекультивації. Більш змістовно про цю унікальну методику дослідження ґрунтів наведено у публікації «Історичні відомості мікроморфологічного дослідження ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету» поточного випуску «Екологічний вісник Криворіжжя».

Слід зазначити, що науково-дослідна робота кафедри ботаніки з фіторекультивації порушених земель Криворіжжя була включена в загальнодержавні координаційні плани досліджень академічних рад з питань охорони та раціонального використання рослинності. Результати доповідалися провідними викладачами кафедри на ботанічних та екологічних з'їздах, конференціях, нарадах регіонального, республіканського та союзного рівнів [5, 7, 10].

Не випадково, що в цей період доцент кафедри І. А. Добровольський, спираючись на багаторічні дослідження рослинності порушених земель, підготував та успішно захистив дисертацію на здобуття вченого ступеня доктора біологічних наук. Тема його дисертації «Еколого-біогеоценологічні основи оптимізації техногенних ландшафтів степової зони України шляхом озеленення та заліснення» мала не лише регіональне, але й загальнодержавне наукове та практичне значення. Робота на той час представляла значну теоретичну та практичну цінність для ефективної фітооптимізації довкілля в промислових регіонах Дніпропетровщини [5, 8, 9].

1980–2000 рр. Період активної розбудови екологічної освіти і науково-дослідної діяльності, здобуття кафедрою нового статусу як кафедри ботаніки та екології (з 1986 р.) [10, 17, 18].

У 1983–1984 рр. на замовлення Криворізького металургійного заводу виконана науково-дослідна тема «Вплив екологічного середовища Криворізького металургійного комбінату на сільськогосподарські, лісові і декоративні культури та розробка шляхів компенсації цих впливів» (керівник доц. В. І. Шанда). Результатом цього наукового пошуку стала розробка шляхів фітосанації середовища промислового гіганту Криворіжжя.

У 1986–1988 р. разом з лабораторією фіторекультивації Дніпропетровського державного університету за участі студентів та їх батьків з с. Кіровка, які надали трактор, здійснена фіторекультивація відвалів Новокриворізького ГЗК. На Нульовому відвалі посіяно суданку, на Скелеватському — кукурудзу, соняшник, на Північному — люцерну (боронування здійснювали дисковими боронами). Суданка виросла до 2,5 м висотою. У цей же час, на Бурщицькому відвалі викладачами

кафедри ботаніки В. І. Шандою, Є. Д. Ющуком, В. З. Задорожнім вручну висаджені саджанці вишні магалєбки та абрикосу. Результати цієї роботи завідувачем лабораторії фіторекультивуації А. Ю. Риженком (Гірничий інститут м. Дніпропетровськ) були представлені на ВДНГ та мали визнання — отримано грамоту.

Протягом 1986–1989 рр. кафедра розробила рекомендації та практично здійснила на замовлення Дніпропетровського гірничого інституту при фінансуванні Новокриворізького ГЗК рекультивацію 45 гектарів відвальних територій. У 1988–1990 рр. виконані дослідження та практична фіторекультивація відвалів пустих порід Новокриворізького ГЗК засобами заліснення і залуження. Керівником цих робіт був доцент кафедри В. І. Шанда, науковий консультант професор кафедри І. А. Добровольський [9, 10, 17, 18].

Багаторічні та плідні напрацювання кафедри з практичної фіторекультивуації порушених земель Криворіжжя знайшли своє наукове визнання на найвищому рівні. Так, у 1986 р. за участі викладачів кафедри ботаніки у співпраці з фахівцями Дніпропетровського державного університету на базі Криворізького педагогічного інституту була проведена Всесоюзна конференція з проблем техногенної біогеоценології. З цього часу кафедра стала куратором одного з напрямів діяльності Придніпровського відділення фундаментальної екології Української екологічної академії наук [12, 19, 21].

У подальшому практичні роботи з фіторекультивуації були фактично зупинені. Проте кафедра ботаніки та екології продовжувала науковий пошук з питань фіторекультивуації порушених земель. Так, в 1996–1999 рр. кафедра організує Всеукраїнські наукові наради з проблем фундаментальної та прикладної екології та охорони довкілля з щорічною публікацією матеріалів [19–22].

Науковими здобутками кафедри з проблем фіторекультивуації порушених земель Криворіжжя стали: розроблення класифікації рослин для озеленення за їхньою стійкістю до умов середовища — достатньо стійких і декоративних рослини, малостійких унаслідок слабкої посухостійкості, неспухостійких і декоративних і недостатньо морозостійких. Виділення у складі зелених насаджень території промислових підприємств видів з різною газостійкістю відносно середнього ступеня загазованості повітря — газостійкі, відносно газостійкі, слабогазостійкі, не газостійкі. Визначення найбільш стійких типів зелених насаджень, їх світлової структури, можливості їхньої реконструкції, рекомендація сосни звичайної і кримської та інші деревних видів для піщаних і щебених місцезростань, що у

подальшому стало основою для фітооптимізації відвалів Кривого Рогу [7, 8, 12, 13, 21, 24].

Теоретичні узагальнення та практична реалізація фіторекультивацийних досліджень, завдяки енциклопедичним знанням, постійному науковому пошуку професора кафедри В.І.Шанди, висвітлені у монографіях: «Фітоценотичні контури землеробства і рослинництва» (1991 р.), «Агрофітоценологія: аспекти теорії і методології» (1993 р.), «Теоретичні проблеми екології та біогеоценології» (2013 р.) [27, 29]. Ці праці та понад 500 фахових наукових публікацій у провідних журналах України дозволили сформулювати професору В.І.Шанді витоки промислової ботаніки та техногенної біогеоценології, розширити і деталізувати аспекти теорії екологічної ніші, сформулювати основні положення теорії еколого-таксономічних спектрів, як напрямку аналізу рослинних угруповань, розробити типологію екотопів та біогеоценозів Криворіжжя [17–22].

2000–2020 рр. На початку нового тисячоліття кафедра продовжила наукові дослідження з проблем фіторекультивациї та використання рослин у фітооптимізації Криворізького регіону [1, 11, 24, 25, 32, 33]. Зокрема, завдяки організованим проф. В.І.Шандою всеукраїнським конференціям «Проблеми фундаментальної екології», «Охорона довкілля: екологічні, освітянські, медичні аспекти» та подальшій наполегливій праці завідувача кафедри доц. Н.В.Гнілуши, кафедра стала майданчиком обговорення результатів фітооптимізаційних, геоботанічних, екологічних, еколого-педагогічних досліджень у межах міста та Придніпров'я [23–26, 28, 31]. У 2002–2015 рр. на базі кафедри видавався збірник наукових праць «Екологічний вісник». У ньому публікувалися результати екологічних досліджень (теоретичних, практичних, методичних), а також статті з екологічної освіти та методики викладання природничих дисциплін. У 2002–2009 рр. на базі кафедри було проведено вісім міжнародних науково-практичних конференцій «Проблеми екології та екологічної освіти», організованих завідувачкою кафедри, канд. пед. наук Н.В.Гнілушею. Тематика цих наукових форумів була пов'язана з фундаментальними та прикладними проблемами сучасної екології, екологічної освіти. Детальна інформація наведена у публікації «Становлення екологічної освіти у Криворізькому державному педагогічному університеті» поточного випуску «Екологічний вісник Криворіжжя».

Сучасний етап науково-дослідної роботи кафедри ботаніки та екології з фітооптимізації довкілля розпочато у 2011 р. проектною діяльністю. Так, у 2011–2013 рр. кафедра взяла участь у Міжнародному

проекті «Повернути ріку людям. Партнерство на користь відновлення р. Саксагань у Кривому Розі як механізм підтримки міжсекторального діалогу» («Нова Гута-Кривий Ріг — Партнерство на промислових регіонах») за підтримки Fundacja Miejsce I Ludzi Aktywnych — фундація МІЛА (Польща). Доцент кафедри ботаніки та екології Е. О. Євтушенко брав участь у координаційній раді проекту щодо розробки плану спільних польсько-українських заходів з підготовки і залучення партнерських ініціатив у контексті ревіталізації обраного відрізка р. Саксагань у межах м-на Зарічний (лівий берег). Логічним завершенням науково-технічної співпраці з польськими колегами стало укладання договору про співпрацю між Криворізьким педагогічним інститутом ДВНЗ «Криворізький національний університет» та Головним гірничим інститутом (м. Катовіце, Польща).

З 2013 р. кафедра ботаніки та екології представлена у Мережі викладачів і практиків зі збереження біорізноманіття (координатор — доцент Е. О. Євтушенко). У цьому ж році викладачі кафедри взяли участь у проекті «Нарощування потенціалу для збереження біорізноманіття в Україні: створення мережі та підвищення рівня освіти» (за підтримки Українського екологічного клубу «Зелена хвиля», MAVA foundation pour la nature, Center for Biodiversity and Conservation Network of Conservation Educators & Practitioners (NCEP)).

У 2014 р. кафедра ботаніки та екології брала участь у Міжнародному конкурсі зі збереження біорізноманіття «The Quarry Life Award» під проводом підприємства Heidelbergcement з проектом «Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин і основа для екологічної освіти». Керівник проекту — доцент кафедри В. М. Савосько, учасники — доцент Е. О. Євтушенко та аспірант Ю. М. Попович [15, 16].

У 2018 кафедра ботаніки та екології взяла участь у міжнародному конкурсі зі збереження біорізноманіття «The Quarry Life Award» під проводом підприємства Heidelbergcement з проектом «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру». Керівник проекту — доцент кафедри Е. О. Євтушенко, учасники проекту — викладачі кафедри Є. В. Поздній, І. О. Комарова, старший лаборант кафедри І. М. Федяніна [32, 33].

Деталізована інформація про участь викладачів та співробітників кафедри у Міжнародному конкурсі зі збереження біорізноманіття «The Quarry Life Award» наведена у публікації «Міжнародні екологічні проекти кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету» поточного випуску «Екологічний вісник Криворіжжя».

У 2018 р. фіторекультивацийна діяльність кафедри ботаніки та екології була реалізована у співпраці з Науково-дослідним гірничорудним інститутом ДВНЗ «Криворізький національний університет» (НДГРІ ДВНЗ «КНУ») (керівник теми — заступник директора з економічної, науково-технічної та інноваційної роботи А. В. Петрухін). Відповідальним виконавцем доцентом кафедри Е. О. Євтушенком здійснено реалізацію науково-дослідної роботи «Впровадження методів озеленення поверхонь, що пилюють, промислових територій ІнГЗК». Виконавцями цього проекту були викладачі кафедри (асистенти Є. В. Поздній та І. О. Комарова), наукові співробітники НДГРІ ДВНЗ «КНУ») (м.н.с. Л. Г. Коваленко), викладачі інших кафедр університету (М. А. Провоженко старший викладач кафедри фізичної географії, краєзнавства та туризму), а також студенти-біологи природничого факультету (А. Шутенко, А. Трошин, А. Тетерук).

Мета цієї науково-дослідної роботи — теоретичне обґрунтування методів озеленення і залуження травами та посадкою кісточками фруктових дерев поверхні відвалу №1 ІнГЗК площею 1 га. Під час виконання проекту було здійснено підготовку посадкового та посівного матеріалу: стратифікацію кісточок фруктових дерев, підбір варіантів травосумішей, посів травосумішей і посадка кісточок фруктових дерев на поверхнях відвалу, що пилюють, у варіантах досліді.

Упродовж 2016–2020 рр. викладачі кафедри ботаніки та екології взяли активну участь у проведенні інвентаризації зелених насаджень промислових підприємств міста. Зокрема, у 2016 р. інвентаризаційні дослідження були проведені на території проммайданчиків Центрального ГЗК, у 2018 р. — Південного ГЗК. Виконання цих проектів дозволило встановити сучасний видовий склад і життєвість деревно-чагарникових та трав'янистих рослин території промислових підприємств.

У 2018 р. кафедра ботаніки та екології у співпраці з НДГРІ ДВНЗ «КНУ» брала участь у реалізації екологічного проекту «Впровадження методів боротьби з карантинними травами» (Керівник доц. Е. О. Євтушенко). Виконавцями цього проекту були викладачі кафедри (асистенти Є. В. Поздній та І. О. Комарова), наукові співробітники НДГРІ (м.н.с. Л. Г. Коваленко), викладачі інших кафедр університету (М. А. Провоженко — старший викладач кафедри фізичної географії, краєзнавства та туризму), а також студенти-біологи Природничого факультету (А. Шутенко, А. Трошин, А. Тетерук). У межах проммайданчику Інгупецького ГЗК площею 10 га були виконані

дослідження з визначення ефективності застосування 35% розчину бішофіту як гербіциду проти карантинного бур'яну амброзії полинолистої. Виявлено повне висихання цієї рослини, зменшення кількості її пилка та фертильних пилоквих зерен. За результатами досліджень було рекомендовано використання бішофіту в якості гербіциду для контролю чисельності амброзії полинолистої на інших промислових підприємствах Криворізького регіону.

У 2019 році між Криворізьким державним педагогічним університетом та ПАТ «Кривий Ріг Цемент Україна» укладено договір на «Виконання післяпроектного моніторингу впливу планованої діяльності видобування вапняків та глини, придатних для використання у якості цементної сировини, Жовтокам'янського родовища (ділянка № 3), розташованого в Апостолівському районі Дніпропетровської області, на стан флори і фауни». Цей договір розрахований на три роки. Керівник проекту — доцент кафедри Е. О. Євтушенко, виконавці — викладачі Криворізького державного педагогічного університету: кафедри ботаніки та екології (асистент Є. В. Поздній), а також викладачі кафедри зоології та методики навчання біології (старші викладачі Є. О. Брошко, Г. В. Рашевська, асистент А. В. Потопа). У четвертому кварталі 2019 р. та першому кварталі 2020 р. здійснено моніторинг флори (установлення видового складу і якісного стану деревної, чагарникової, трав'янистої рослинності, лишайників, грибів) та фауни (установлення видового складу ссавців, птахів, хижих нічних птахів, дрібних ссавців). За результатами роботи підготовлені наукові звіти.

Висновки. Фіторекультивацийні дослідження і проектна діяльність кафедри ботаніки та екології здійснювалися у 2 етапи: розпочаті у середині ХХ ст. і продовжені у першій половині ХХІ ст. з відповідною періодизацією. Основний зміст першого етапу становили фіторекультивацийні дослідження, виконання науково-дослідних тем з озеленення порушених земель гірничодобувними та металургійними підприємствами (відвалів, кар'єрів, плесів та дамб хвостових, шламосховищ), визначення впливу екологічних умов цих підприємств на ріст та розвиток рослин, агрофітоценологічні дослідження сільськогосподарських земель. Впродовж реалізації другого етапу відбулося розширення наукової тематики внаслідок участі викладачів кафедри у міжнародних проектах зі збереження біорізноманіття, виконання інвентаризації зелених насаджень території промислових підприємств, післяпроектному моніторингу стану флори і фауни. Результати фіторекультивацийних досліджень та

науково-дослідних проектів за участі науковців кафедри та під керівництвом провідних учених-професорів І. А. Добровольського, В. І. Шанди, доцентів Е. О. Євтушенка, В. М. Савоська покладені в основу монографій, наукових статей з фундаментальної та прикладної екології, навчальних дисциплін підготовки біологів та екологів на кафедрі ботаніки та екології.

Reference

1. Bielyk, Yu. V., Savosko, V. M., & Lykholat, Yu. V. (2019). Taksonomichnyi sklad ta synantropna kharakterystyka derevno-chaharnykovykh uhrupovan Petrovskoho vidvalu (Kryvorizhzhia). [Taxonomic composition and synanthropic characteristic of woody plant community on Petrovsky waste rock dumps (Kryvorizhzhia)]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 104–113. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565> (in Ukrainian).
2. Dobvol'sky, I. A. (1957). Zeleni nasadzhennia Kryvorizhzhia [Green plantations of Kryvyi Rih District]. *Naukovi zapysky Kryvorizkoho derzhavnogo pedahohichnogo universytetu [Scientific notes of Kryvyi Rih State Pedagogical University]*, 11, 117–130. (in Ukraine).
3. Dobvol'sky, I. A. (1960). Derevni nasadzhennia Inhuletskykh lisovykh dach [Tree plantations of Ingulets forest dachs]. In *Shchorichnyk Ukrainskoho botanichnogo tovarystva [Yearbook of the Ukrainian Botanical Society]* (Vol. 2, pp. 37–38). Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. (in Ukraine).
4. Dobvol'sky, I. A. (1967). Dendrariy Krivorozhskogo pedagogicheskogo instituta [The Arboretum of the Kryvyi Rih Pedagogical Institute]. *Byulleten glavnogo botanicheskogo sada [Bulletin of the main botanical garden]*, 65, 8–13. (in Russian).
5. Dobvol'sky, I. A. (1968). Rezultaty introduktsii ta aklimatyzatsii dekoratyvnykh derev ta chaharnykovykh porid u Kryvorizkomu baseini za roky Radianskoi vlady [The introduction and acclimatization results of the Ornamental trees and shrubs at Kryvyi Rih Basin during the years of Soviet rule]. In: *Introduktsiya ta aklimatyzatsiya roslyn na Ukraini [Introduction and Acclimatization of Plants in Ukraine]* (Vol. 3, pp. 8–27). Naukova Dumka. (in Ukraine).

6. Dobrovol'sky, I. A. (1974). Vplyv promyslovoho zabrudnennia seredovyscha na tsvitinnia i plodonoshennia roslyn [The industrial pollution of environment impact on flowering and fruiting plants]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian botanical journal]*, 31 (1), 31–35. (in Ukraine).
7. Dobrovol'sky, I. A., Shanda, V. I., & Gaevaya (1979). Kharakter i napriamky synhenezu v tekhnohennykh ekotopakh Kryvbasu [Character and directions of syngeneses in technogenic ecotopes of the Kryvyi Rih Basin]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian botanical journal]*, 36 (6), 524–527. (in Ukraine).
8. Dobrovol'sky, I. A., & Shanda, V. I. (1980). Tipologiya, puti razvitiya i regulyatsiya biogeotsenozov Krivorozhya [Typology, ways of development and regulation of biogeocenoses at Kryvyi Rih District]. *Ekologiya [Ecology]*, 3, 83.
9. Dobrovol'sky, I. A., & Shanda, V. I. (1987). Nekotoryie osobennosti strukturno-funktsionalnoy organizovannosti iskusstvennykh lesnykh biogeotsenozov stepi USSR na fone tehnogenogo vozdeystviya [Some features of the structural and functional organization of artificial forest biogeocenoses at the USSR steppe against the background of man-made impact]. *Ohrana i ratsionalnoe ispolzovanie zaschitnykh lesov stepnoy zonyi [Protection and rational use of protective forests at the steppe zone]*, 72–79. (in Russian).
10. Dobrovol'sky, I. A., Shanda, V. I., & Gaevaya (1990). Rol lesnykh kultur fitotsenozov v obogaschenii geno- i tsenofonda stepnoy rastitelnosti [The role of forest cultural phytocenoses in the enrichment of the gene and cenofund of steppe vegetation]. *Antropogennyie vozdeystviya na lesnyie ekosistemyi stepnoy zonyi [Anthropogenic impacts on forest ecosystems of the steppe zone]*, 70–78. (in Russian).
11. Malenko, Ya. V. (2019). Spetsyfyka spektriv vydiv davnoseredzemnomorskoj hrupy arealiv uhrupovan' roslyn tekhnohennykh ekotopiv [The specificity of spectra of ancient mediterranean species of the group of habitats of plant groups of Kryvyi Rih region technogenic ecotypes]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 22–40. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2558> (in Ukrainian).
12. Reva, S. V., Shanda, V. I., & Komisar, I. O. (1993). Zaselennia vyshchymy roslynamy vidvaliv Kryvorizkoho baseinu [Overgrowth of

- the Kryvyi Rih basin dumps with higher plants]. *Ukrainskyi botanichnyi zhurnal [Ukrainian botanical journal]*, 50 (3), 58–65. (in Ukraine).
13. Saphonova, A. S., & Reva S. V. (2009). Zaselennia vyshchymy roslynamy zalizorudnykh vidvaliv Kryvbasu [Colonization by higher plants of iron-ore dumps of Krivvi Rih Basin]. *Visnyk Dnipropetrovskoho universytetu. Biologhii. Ekologhii [Visnyk of Dnipropetrovsk University Biology Ecology]*, 17 (2), 87–94.
 14. Savosko, V. M. (2014). Dynamika ekomorfichnoho ta biomorfichnoho spektriv dendroflory kolyshnoho botanichnoho sadu Kryvorizkoho derzhavnogo pedahohichnoho instytutu [The dynamics of the dendroflora ecomorphic and biomorphic spectra at the former botanic garden of the Kryvyi Rih State Pedagogical Institute]. *Ekologhii ta noosferologhii [Ecology and noospherology]*, 25 (1–2), 37–45. <https://doi.org/10.15421/031404> (in Ukraine).
 15. Savosko, V., Lykholat, Yu., Domshyna, K., & Lykholat, T. (2018). Ekologhichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnykyv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs' dispersal on the devastated lands at Kryvorizhzhia]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130. <https://doi.org/10.15421/111837> (in Ukraine).
 16. Savosko, V. M., Lykholat, Y. V., Bielyk, Yu. V., & Lykholat, T. Y. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
 17. Shanda, V. I. (1986). Khaos: realnist i obiekt teorii roslynnykh uhrupovan [Chaos: the reality and object of the plant communities theory]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 16, 90–96. (in Ukraine).
 18. Shanda, V. I. (1990). Obrysy teorii promyslovoi botaniky [Outlines of the industrial botany theory]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 20, 56–61. (in Ukraine).
 19. Shanda, V. I. (1997). Rozvytok roslynnykh uhrupovan: aspekty zahalnoi teorii 1 [Development of plant communities: aspects of general theory 1]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 27, 11–17. (in Ukraine).

20. Shanda, V. I. (1998). K teorii noosferynyh strategiy chelovechestva: paradigmy ekologiyi cheloveka i uchenie o noosfere [Towards the theory of noosphere strategies of mankind: paradigms of human ecology and the doctrine of the noosphere]. *Ekolohiia ta noosferolohiia [Ecology and noospherology]*, 4 (1–2), 226–232. (in Russian).
21. Shanda, V. I. (1998). Rozvytok roslynykh uhrupovan: aspekty zahalnoi teorii 1 [Development of plant communities: aspects of general theory 1]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 28, 56–59. (in Ukraine).
22. Shanda, V. I. (1999). Aspekty fundamentalnoi ekolohii: problemy ta peredumovy dyfentsiatsii [Aspects of fundamental ecology: problems and preconditions of differentiation]. *Ekolohiia ta noosferolohiia [Ecology and noospherology]*, 8 (4), 138–145. (in Ukraine).
23. Shanda, V. I. (2004). Elementy teorii skladu roslynykh uhrupovan [Elements of the theory of plant communities composition]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 34, 82–91. (in Ukraine).
24. Shanda, V. I., & Yevtushenko E. O. (2006). Teoretychni aspekty kulturfitotsenolohii ta ahrofitotsenolohii [Theoretical aspects of the culturfytocenology and agropfytocenology]. *Ekolohiia ta noosferolohiia [Ecology and noospherology]*, 17 (1–2), 17–23. (in Ukraine).
25. Shanda, V. I. (2009). Aspekty teorii ekolohichnoi nishi [Aspects of the ecological niche theory]. *Ekolohiia ta noosferolohiia [Ecology and noospherology]*, 20 (1–2), 115–120. (in Ukraine).
26. Shanda, V. I. (2011). Tekhnohenna bioheotsenolohiia ta typolohichna periodychna systema tekhnohennykh ekotopiv [Anthropogenic biogeocenology and typological periodic system of anthropogenic ecotopes]. *Gruntoznaustvo [Soil science]*, 12 (1–2), 42–45. (in Ukraine).
27. Shanda, V. I. (2013). *Teoretychni problemy ekolohii ta biheotsenolohii [Theoretical problems of ecology and biogeocenology]*. Publishing house R. A. Kozlov. (in Ukraine).
28. Shanda, V. I., Voroshylova, N. V., Yevtushenko, E. O., & Malenko Ya. V. (2015). Pryntsyyp dopovniuvalnosti v teorii struktury bioheotsenozu [Principle of dopovnyuvalnosti in theory of structure of biogeocenosis]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Problems of Bioindication and Ecology]*, 20 (1), 3–19. (in Ukraine).

29. Shanda, V. I., Yevtushenko E. O., Voroshylova N. V., & Malenko Ya. V. (2016). *Ahrofitotsenolohiia: aspekty teorii, metodolohii ta sumizhnykh nauk [Agrophytothenology: aspects of theory, methodology and related sciences]*. Publishing house D. O. Chernyavsky. (in Ukraine).
30. Tovstolyk, N. M., & Tovstolyk N. V. (2012). Profesor I. A. Dobrovolskyi ta yoho pryrodnychi doslidzhennia Prydniprovia [Professor I. A. Dobrovolsky and his natural research of the Dnipro District]. *Istoriia i kultura Prydniprovia: Nevidomi ta malovidomi storinky [History and culture of the Dnipro District: Unknown and little-known pages]*, 9, 89–95. (in Ukraine).
31. Yevtushenko, E. O., & Shanda, V. I. (2017). Kultur- ta ahrofitotsenoz: geneza poniattia, oznaky, struktura, funktsii [Cultural and agrophytocenosis: genesis of the concept, features, structure, functions]. In E. O. Yevtushenko (Eds.) & V. M. Savosko (Eds.), *Struktura ta rozvytok kulturfitotsenoziv Kryvorizhzhia [Structure and development of cultural phytocenoses at Kryvyi Rih District]* (pp. 21–35). Dionat. (in Ukrainian).
32. Yevtushenko, E. O., Komarova, I. O., Pozdnyy, Y. V., & Kovalenko, L. H. (2019). Vplyv rozchynu bishofitu na reproduktyvnu sferu ambrozii polynolystoi v mezhakh prommaidanchyka PRAT INHZK [Influence of bischofite solution on the reproductive sphere of Ambrosia artemisiifolia within the limits of industrial ground of Private joint stock company “Inguletsky Ore mining and processing plant”]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 67–75. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2561> (in Ukrainian).
33. Yevtushenko, E. O., Pozdnyy, Y. V., Komarova, I. O., & Kovalenko, L. H. (2019). Ekolohe-taksonomichna struktura derevno-chaharnykovykh roslynnykh uhrupovan promslovykh maidanchykyv PrAT «Tsentralnyi hirnycho-zbahachuvalnyi kombinat» [Ecological-taxonomic structure of wood and shower plants of industrial pads of pjsc «Central iron ore enrichment works»]. *Pytannia stepovoho lizoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 48, 47–61. <https://doi.org/10.15421/441905> (in Ukrainian).

**HISTORY OF PHYTOREMEDIATION RESEARCH AND
PROJECT ACTIVITY IN DEPARTMENT OF BOTANY AND
ECOLOGY AT KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL
UNIVERSITY**

E. O. Yevtushenko

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. The main directions of research activities of the Department of botany and ecology in historical perspective had been analyzed. The Department for its existence efficiently and effectively fulfills the educational objectives for the training of highly qualified teachers of biology for the education sector of the city, Dnipropetrovsk region, Ukraine. Located in the centre of the mining and metallurgical industry of the Dnieper region have caused the scientific responsibility of the Department for development of green area of the city, phytoremediation disturbed lands (dumps, quarries and tailed-, sludge), inventory of green plantings of the industrial enterprises of the city.

In 50–60-s of XX century by Professor of the Department I. A. Dobrovolsky was initiated practical work on the formation of a system of planting based on evidence-based approaches and understanding the role of green plants in the formation of the quality of human life. This work found its continuation in the implementation of research topics from phytoremediation disturbed areas. In 70–80-s ' twentieth century a Professor of the Department V. I. Shanda was developed by the research-based framework phytoremediation anthropogenically disturbed land of Kryvyi Rih, ecological approaches to dealing with ruderal vegetation.

In 2011 extended the current stage of the practical research work of the Department participate in the International project "Return of the river people Partnership for the benefit of the recovery in city Saksagan Kryvyi Rih as a mechanism to support cross-sectoral dialogue". This project was implemented the project "Nova Huta-Kryvyi Rih. Partnership in industrial regions" with the participation of Fundacja Miejsc I Ludzi Aktywnych (Fund MILA (Poland). This project represented the Department associate Professor E. O. Yevtushenko.

In the future, have been implemented international projects on biodiversity conservation in the area of the Zhovtokamyansky quarry enterprises of HeidelbergCement Ukraine. In 2014 under the leadership of associate Professor V. M. Savosko was the project "Territory of quarry as a depository for rare plants and basis for ecological education". In 2018, under the leadership of Professor E. O. Yevtushenko was implemented the project "Creation of Shrub Groups as a New Habitat for Quarry's Biota".

Extension topics research topics related to phytoremediation disturbed lands, and inventory of green space, which was defined by the specific needs of enterprises. Under the guidance of Professor E. O. Yevtushenko were completed: inventory of green spaces industrial sites (2016 – PJSC «Central Mining and Processing Plant», 2018 – JSC Southern Mining and Processing Plant») and OF phytoremediation research (2018 – industrial areas PJSC Ingulets Mining and Processing Plant», 2018 – urban areas).

In 2019, launched the research theme "the Implementation of post project monitoring of impact of the proposed activity is the extraction of limestone and clay suitable for use as cement raw materials, Zhovtokamyansky Field (plot number 3), located in the Apostolovsky district, Dnipropetrovsk region, on flora and fauna within 3 years" (supervisor – associate Professor E. O. Yevtushenko).

Active phytoremediation research and project activities of the Department of botany and ecology have a rich history and are the Foundation of quality training in biology and ecology.

Keywords: landscaping, phytoremediation, industrial area, disturbed lands, environmental projects, historical aspects, Kryvyi Rih.

Citation as:

APA Yevtushenko, E. O., (2020). Istoriia fitorekultyvatsiinykh doslidzhen i proektnoi diialnosti kafedry botaniky ta ekolohii Kryvorizkoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu [History of phytoreclamation research and project activity in Department of botany and ecology at Kryvyi Rih State Pedagogical University]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 13–30. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4351>

ДСТУ 8302:2015 Євтушенко Е. О. Історія фіторекультивацийних досліджень і проектної діяльності кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. *Екологічний Вісник Криворізьжя*. 2020. Вип. 5. С. 13–30.

СТАНОВЛЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ ОСВІТИ У КРИВОРІЗЬКОМУ ДЕРЖАВНОМУ ПЕДАГОГІЧНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

Н. В. Гнілуша*

*Криворізький державний педагогічний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Анотація. Політичні та соціально-економічні перетворення в сучасному суспільстві актуалізують нові запити системі освіти та основні напрямки її реформування. Створена на основі демократичних і еколого-гуманістичних орієнтирів система загальної та вищої освіти покликана забезпечити підготовку творчо активної особистості, здатної будувати свою країну як суспільство, що розвивається на принципах соціоприродної гармонії. Метою роботи було теоретичне обґрунтування актуалізації формування екологічної культури освітянської молоді та узагальнення досвіду кафедри ботаніки та екології щодо організації екологічної діяльності. Дослідження проводилося на основі наукових публікацій, що стосуються екологічної освіти та її розвитку на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Зазначається, що новому періоду розвитку людства має відповідати нова філософія освіти, нові освітні системи, нові моделі навчання. При цьому, одним із найважливіших напрямків модернізації освіти виступає екологічна освіта, котра спрямована на розвиток здібностей та обдарувань вихованців, задоволення їх інтересів та потреб у професійному визначенні.

Розвиток екологічної освіти на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного університету мав три етапи: 1) зародження екологічної освіти (1930–1941 рр.); 2) становлення екологічної освіти (1944–1986 рр.); 3) імплементація екологічної освіти (1986 р. до нашого часу). Найбільш важливими досягненнями екологічної освіти були: створення та активна діяльність наукового та науково-методичного екологічного центру, ліцензування у 2003–2004 н. р. спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, акредитація у 2008–2009 н. р. цієї спеціальності, проведення у 2002–2009 рр. вісім міжнародних науково-практичних конференцій «Проблеми екології та екологічної освіти», видання у 2002–2015 рр. збірника наукових праць «Екологічний вісник» (у 2015 р. відбувся його ребрендинг — нове видання отримало назву Збірник наукових та науково-методичних праць «Екологічний вісник Криворіжжя»), видання низки наукових монографій та статей, підручників, навчальних посібників, методичних рекомендацій екологічної тематики.

У подальшому екологічна освіта на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету має бути спрямована на: по-перше, підготовку професійних кадрів; по-друге, формування екологічних знань та екологічної культури на неперервній та міждисциплінарній основі.

*Corresponding author. E-mail addresses: n.gnilusha@gmail.com

Ключові слова: екологічна освіта, екологічне виховання, екологічна культура, безперервна екологічна освіта, професійна екологічна освіта, регіональна екологічна освіта.

Вступ. Нині у всіх країнах світу йде перетворення освітніх систем. Освіта по своїй сутності вторинна по відношенню до науки, релігії, філософії, які створюють картину Всесвіту. Нова його картина, яка охоплює глобальні проблеми людства, приводить до необхідності нової освіти, яку по праву можна назвати екологічною. Сучасний підхід до екологічної освіти потребує насамперед розвитку екологічної свідомості, виховання нової особистості з екологічним світоглядом. Людина, яка усвідомила себе часткою Всесвіту, яка відчула свій нерозривний зв'язок з природою, психологічно готова до екологічно цілеспрямованої діяльності [10, 11, 20].

Після конференції в Ріо-де-Жанейро стало ясно, що майбутньому суспільству XXI століття — постіндустріальному, інформаційному — повинна відповідати якісно нова екологічно-освітня система, у центрі уваги якої стануть нові природоохоронні цінності [4, 12, 20].

Викладачі кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету завжди сприяли розвитку екологічної освіти та екологічної вихованості у студентів та мешканців нашого регіону.

Мета роботи — теоретичне обґрунтування актуалізації формування екологічної культури освітянської молоді та узагальнення досвіду кафедри ботаніки та екології щодо організації екологічної діяльності.

Матеріали та методи дослідження. Матеріали дослідження: наукові публікації з екологічної освіти та її розвитку на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. Методи дослідження: аналіз і синтез, індукція і дедукція.

Результати та їх обговорення. В історії педагогіки такі вчені як І. Г. Песталоцці, Г. Сковорода, Я. А. Коменський, Ж. Ж. Руссо та ін. приділяли велике значення принципу природовідповідності, де природа виступала провідним фактором виховання та освіти [4].

Дослідження в області екологічної освіти активізуються після прийняття законів щодо охорони природи. У 60-ті роки проблеми охорони природи поступово входять у поле зору педагогічної науки. Ця проблема розглядалась як природничонаукова, що сприяло включенню природоохоронних матеріалів у навчальні програми з географії та біології. У 80-ті роки склалась нова область педагогіки: теорія і практика екологічної освіти та виховання, яка мала за мету формування у школярів системи наукових знань, які сприяли би

сприяючих відповідальному ставленню до природи у всіх видах діяльності [20].

Проблема розвитку екологічної освіти в Україні є важливим завданням, яке потребує нестандартних підходів як з боку освітян, так і з боку державної влади. Велику роботу в розробленні концепції системи змісту екологічної освіти провели українські вчені П. В. Самойленко, Н. А. Пустовіт, А. С. Волкова, М. Ф. Бойко та ін. [10, 12].

У зв'язку із загостренням екологічної ситуації у 80-ті роки та в результаті аналізу досвіду роботи навчальних закладів України, слід відзначити початок інтенсивного вивчення проблеми екологічної освіти та виховання. Дослідження у цьому напрямку галузі були зосереджені на розробці екологічного змісту навчальних курсів, педагогічних умов удосконалення екологічної освіти із врахуванням регіональних особливостей.

У чинних законодавчих актах [1–3], зокрема, у «Концепції неперервної екологічної освіти та виховання України» [3], наголошується, що у зв'язку із загостренням екологічних проблем перед сучасною педагогічною наукою і практикою постали невідкладні завдання щодо забезпечення підготовки молодого покоління, здатного вивести людство зі стану глибокої екологічної кризи, у якій воно опинилося через незнання або ігнорування законів взаємовідносин людини й природи, споживацьке ставлення до неї.

Настав час виховувати підростаюче покоління не у традиції якомога більше брати від природи, а у притаманному українському народові гармонійному співіснуванні з природою, раціональному використанні та відтворенні її ресурсів.

У розв'язанні цих питань провідну роль повинна відігравати екологічна освіта. Розвиток вищої екологічної освіти має базуватися на комплексному збалансованому поєднанні природничого, технологічного, економічного, юридичного і соціокультурного підходів.

Аналізуючи наукові праці багатьох науковців, зокрема, М. Дробнохода, В. Крисаченка, Д. Ліхачова, Л. Лук'янової, М. Моїсєєва, А. Урсула, Г. Пустовіта, М. Реймерса, Г. Філіпчука та ін., ми підтримуємо думку, що людина у змозі протистояти сучасним глобальним проблемам тільки за умов сформованого екоцентричного типу свідомості, яка можлива лише за умови відповідного рівня освіченості у процесі неперервної екологічної освіти, і, зокрема, під час навчання у вищому навчальному закладі [11].

Роль закладів вищої освіти є провідною у сприйнятті нової освітянської парадигми стійкого розвитку. Освіта для такого сталого

розвитку спрямована на розвиток можливостей людини до постійного навчання, що сприяє переорієнтації цілей навчання.

Розвиток екологічної освіти на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного університету мав наступні етапи: 1) зародження екологічної освіти (1930–1941 рр.); 2) становлення екологічної освіти (1944–1986 рр.); 3) імплементація екологічної освіти (1986 р. до нашого часу).

Зародження екологічної освіти (1930–1941 рр.). Викладачі кафедри ботаніки та екології з самого початку своєї діяльності завжди намагалися сформувавши у студентів особливе ставлення до рослинного світу та природи рідного краю. Історичні умови того часу мало сприяли екологічній освіті студентів у сучасному розумінні. Проте викладачі і кафедри, і природничого факультету інтуїтивно поширювали ідеї гуманного ставлення до природи. Про це свідчать їх наукові публікації [9, 19]. Саме в цей період був заснований Ботанічний сад Криворізького державного педагогічного університету [7, 8, 17]. Сам факт його створення, активна участь студентів і викладачів кафедри у збереженні колекції Саду також можна вважати елементами екологічного виховання та екологічної освіти.

Становлення екологічної освіти (1944–1986 рр.). Відразу після відновлення діяльності Криворізького державного педагогічного університету викладачі кафедри ботаніки та екології взяли активну участь у відновленні рідного міста та його благоустрою. При цьому основний вектор діяльності викладачів був спрямований на дослідження існуючих та створення нових зелених насаджень [5, 6, 13]. Більш змістовно про це наведено у публікації «Історія фіторекультивацийних досліджень і проєктної діяльності кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету» поточного випуску «Екологічний вісник Криворіжжя».

У цей період, незважаючи на діючі природоохоронні законодавчі акти, не можливо було голосно говорити про наявність будь-яких проблем у суспільстві, у тому числі, і екологічних. Тому діяльність викладачів кафедри ботаніки та екології була в основному спрямована на реалізацію конкретних заходів з озеленення Криворіжжя та на накопичення і осмислення певних теоретичних відомостей з актуальних екологічних проблем [7, 8, 13, 14, 18]. Завдяки цьому і був сформований теоретичний підмуток екологічної освіти та відбулося її становлення.

Імплементація екологічної освіти (1986 р. до нашого часу). Саме у цей період кафедра ботаніки та екології Криворізького державного

педагогічного університету, як окрема група Комплексної експедиції Дніпропетровського національного університету, розвиває творчі ідеї О. Л. Бельгарда, А. П. Травлеєва і І. А. Добровольського, та проводить екологічні і природоохоронні дослідження Криворізького регіону, спрямовані на оптимізацію техногенних ландшафтів, теорію та практику зеленого будівництва, рекультивацію відвалів та шламосховищ гірничозбагачувальних комбінатів [15–17].

Сформувані на високому рівні екологічну готовність молодих вчителів лише зусиллями спеціальних кафедр факультету природознавства в педагогічному університеті стало неможливо. Особливої гостроти ця проблема набуває на всіх факультетах, за винятком природничого, географічного і факультету початкових класів. У зв'язку з цим виникає потреба у підвищенні ролі всіх кафедр в екологічній підготовці студентів, а також координації їх діяльності.

Реально функцію координуючого центру став виконувати науковий та науково-методичний екологічний центр, створений на базі кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Завданнями екологічного центру є:

1. Координація наукових екологічних досліджень та іншої екологічної діяльності вищих і середніх спеціальних закладів.
2. Удосконалення форм і методів взаємодії з органами місцевого самоврядування та громадськими екологічними організаціями.
3. Широке залучення студентів усіх факультетів до участі у роботі екологічного центру.
4. Надання науково-методичної допомоги з організації та здійсненню екологічної, краєзнавчої, природоохоронної роботи в середніх спеціальних і загальноосвітніх навчальних закладах та на факультетах університету.
5. Покращення науково-методичного забезпечення екологічної підготовки студентів усіх факультетів університету.
6. Інформування вчителів загальноосвітніх навчальних закладів про наукові екологічні дослідження, стан довкілля в Кривбасі та Україні.
7. Організація обміну досвідом екологічної та природоохоронної роботи вчителів загальноосвітніх навчальних закладів.
8. Пропаганда екологічних, природоохоронних, краєзнавчих знань і заходів у засобах масової інформації.

ОСНОВНЕ СПРЯМУВАННЯ РОБОТИ ЕКОЛОГІЧНОГО ЦЕНТРУ:

науково-методичне та науково-практичне.

Напрямки роботи центру:

1. Організаційний.
2. Науковий.
3. Науково-методичний.
4. Інформаційний.

1. *Організаційний* — загальне планування та координація роботи, налагодження зв'язків з державними та недержавними установами, середніми загальноосвітніми навчальними закладами, підготовка і проведення заходів.

2. *Науковий* — керівництво науковою роботою в галузях екології, охорони природи, екологічної освіти.

3. *Науково-методичний* — розробка проектів і методичних рекомендацій для методичних об'єднань біологів і географів, шкіл, гімназій і ліцеїв міста; здійснення та впровадження проектів і розробок в освітніх закладах різного рівня акредитації, у тому числі і в університеті.

4. *Інформаційний* —

4.1. Збір, накопичення, обробка, узагальнення інформації, забезпечення інформацією про стан довкілля, екологічні та природоохоронні дослідження.

4.2. Пропаганда екологічних та природоохоронних знань.

У межах екологічного центру об'єднуються студентські проблемні групи, які досліджують проблеми стану природного середовища і екологічного виховання школярів. Це залучення студентів до підготовки курсових і кваліфікаційних робіт з проблеми; їх участь у конкурсі на кращу наукову роботу.

При цьому, основними проблемами дослідження є:

1. Вивчення стану природного середовища на регіональному рівні.
2. Удосконалення процесу еколого-краєзнавчої освіти студентів.

У 2003–2004 н. р. на базі кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету ліцензовано спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, а в 2008–2009 н. р. успішно проведена її акредитація, що дало можливість розвивати професійну екологічну освіту. Поповнення та зміцнення навчально-методичної бази кафедри

було спрямоване на підготовку студентів за спеціальностями «Екологія та охорона навколишнього середовища», «Біологія і практична психологія».

У 2002–2015 рр. на базі кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету видавався збірник наукових праць «Екологічний вісник», де публікувалися результати екологічних досліджень (теоретичних, практичних, методичних), а також статті з екологічної освіти та методики викладання природничих дисциплін.

У 2015 р. відбулася зміна назви цього видання. Нове видання збірника наукових та науково-методичних праць отримало назву «Екологічний вісник Криворіжжя». За останні роки вийшли друком чотири випуски збірника наукових та науково-методичних праць «Екологічний вісник Криворіжжя». У 2019 р. це видання успішно пройшло чергову Державну реєстрацію та отримало відповідне свідоцтво (КВ № 24109–13949 ПР від 22.07.2019) як наукове, науково-популярне та науково-методичне видання.

У 2002–2009 рр. на базі кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету було проведено вісім Міжнародних науково-практичних конференцій «Проблеми екології та екологічної освіти». Тематика цих наукових форумів охоплювала широке коло питань, пов'язаних з фундаментальними та прикладними проблемами сучасної екології, а також екологічної освіти. У різні роки членами редакційної колегії цих Міжнародних науково-практичних конференцій були: член кореспондент Національної академії наук України А. П. Травлеєв; професори: Н. М. Цветкова, В. М. Зверковський, Ю. І. Грицан, А. І. Горова, М. Г. Сметана, С. М. Крамарьов, І. П. Мороз, І. С. Паранько, В. І. Шанда; доценти: Н. В. Гнілуша (академік МАБЖ), Л. В. Григоренко, С. В. Рева, В. М. Савосько. За результатами роботи Міжнародних науково-практичних конференцій «Проблеми екології та екологічної освіти» було випущено вісім друкованих видань, де містилися матеріали цих конференцій. Загальний обсяг цих видань становив понад сто умовних друкованих аркушів, загальна кількість публікацій понад — 630 статей та тез.

Висновки. Становлення та розвиток екологічної освіти на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету є логічним віддзеркалюванням загальнодержавних та загально світових тенденцій. Екологічна освіта на кафедрі має два основних напрямки: виховання у душі загальних ідей охорони природи і бережливого ставлення до неї та набуття спеціальних

професійних знань про загальні закономірності існування природних та антропогенних екосистем. Обидва ці напрямки взаємопов'язані, бо в їх основах лежить пізнання принципів та закономірностей екології.

Розвиток екологічної освіти на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного університету мав три етапи: 1) зародження екологічної освіти (1930–1941 рр.); 2) становлення екологічної освіти (1944–1986 рр.); 3) імплементація екологічної освіти (1986 р. до нашого часу). Найбільш важливими досягненнями екологічної освіти були: створення та активна діяльність наукового та науково-методичного екологічного центру, ліцензування у 2003–2004 н.р. спеціальність «Екологія та охорона навколишнього середовища» освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр, акредитація у 2008–2009 н.р. цієї спеціальності, проведення у 2002–2009 рр. вісім Міжнародних науково-практичних конференцій «Проблеми екології та екологічної освіти», видання у 2002–2015 рр. збірника наукових праць «Екологічний вісник» (у 2015 р. відбувся його ребрендинг нове видання отримало назву Збірник наукових та науково-методичних праць «Екологічний вісник Криворіжжя»), видання низки наукових монографій та статей, підручників, навчальних посібників, методичних рекомендацій екологічної тематики.

У подальшому екологічна освіта на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету має бути спрямована на: по-перше, підготовку професійних кадрів, по-друге, формування екологічних знань та екологічної культури на неперервній та міждисциплінарній основі.

Reference

1. Zakon Ukrainy Pro osvitu [Law of Ukraine On Education]. (2017). *Vidomosti Verkhovnoi Rady [Information of the Verkhovna Rada]*, 38–39, 380. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2145-19>
2. Ukaz Prezydenta Ukrainy [Decree of the President of Ukraine] (2013). *Pro Natsionalnu stratehiuu rozvytku osvity v Ukraini na period do 2021 roku [About the National Strategy for the Development of Education in Ukraine until 2021]*. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/344/2013>
3. Kontseptsiiia ekolohichnoi osvity v Ukraini [The concept of environmental education in Ukraine] (2002). *Informatsiinyi zbirnyk*

Ministerstva osvity i nauky Ukrainy [Informative collection of Education and Science Ministry of Ukraine], 7, 3–23. (in Ukraine).

4. Boichenko, S. V., & Naienko, T. V. (2013). *Ekolohichna osvita – osnova staloho rozvytku suspilstva [Environmental education is the basis for sustainable development of society]*. Ukraine University. (in Ukraine).
5. Dobrovol'sky, I. A. (1957). Zeleni nasadzhennia Kryvorizhzhia [Green plantations of Kryvyi Rih District]. *Naukovi zapysky Kryvorizkoho derzhavnogo pedahohichnoho universytetu [Scientific notes of Kryvyi Rih State Pedagogical University]*, 11, 117–130. (in Ukraine).
6. Dobrovol'sky, I. A. (1960). Derevni nasadzhennia Inhuletskykh lisovykh dach [Tree plantations of Ingulets forest dachs]. In *Shchorichnyk Ukrainського botanichnoho tovarystva [Yearbook of the Ukrainian Botanical Society]* (Vol. 2, pp. 37–38). Publishing House of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR. (in Ukraine).
7. Dobrovol'sky, I. A. (1967). Dendrariy Krivorozhskogo pedagogicheskogo instituta [The Arboretum of the Kryvyi Rih Pedagogical Institute]. *Byulleten glavnogo botanicheskogo sada [Bulletin of the main botanical garden]*, 65, 8–13. (in Russian).
8. Dobrovol'sky, I. A. (1968). Rezultaty introduktsii ta aklimatyzatsii dekoratyvnykh derev ta chaharnykovykh porid u Kryvorizkomu baseini za roky Radianskoi vlady [The introduction and acclimatization results of the Ornamental trees and shrubs at Kryvyi Rih Basin during the years of Soviet rule]. In: *Introduktsiya ta aklimatyzatsiya roslin na Ukraini [Introduction and Acclimatization of Plants in Ukraine]* (Vol. 3, pp. 8–27). Naukova Dumka. (in Ukraine).
9. Fasulati, K. K. (1941). Do vivchennya biotsenoziv Prichornomorskogo solonchakovo-solontsevogo kompleksu [To study the biocenoses of the Black Sea saline complex]. *Naukovi zapiski Krivorizhskogo derzhavnogo pedagogicheskogo Institutu [Scientific notes of Kryvyi Rih State Pedagogical Institute]*, 1, 71–108. (in Ukraine).
10. Gnilusha, N. V., & Shanda, V. I. (2003). Priorytetni napriamky roboty kafedry botaniky ta ekolohii KDPU [Priority directions of the Botany and Ecology Departmen KSPU]. In: *Proceedings of the Second International Conference “Problems of Ecology and Environmental Education”* (Vol. 2, pp. 4–5). Etude-Service LLC. (in Ukraine).
11. Gnilusha, N. V., & Kalnina, A. A. (2019). Teoretychni aspekty doslidzhennia likarskykh roslin [Theoretical aspects of medicinal

- plants'research]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 135–142. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2580>. (in Ukrainian).
12. Kvitko, M. O., Mogir, S. P., & Aleksandrova, O. A. (2019). Dosvid rozvytku ekolohichnoho vykhovannia v Kryvorizkii zahalnoosvitnii shkoli I–III stupeniv № 108 [Experience of development of environmental education in Kryvyi Rih general school № 108]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 143–150. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2586> (in Ukrainian).
 13. Shanda, V. I. (1986). Khaos: realnist i ob'ekt teorii roslynnykh uhrupovan [Chaos: the reality and object of the plant communities theory]. *Pytannia stepovoho lizoznaustva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 16, 90–96. (in Ukraine).
 14. Shanda, V. I. (1990). Obrysy teorii promyslovoi botaniky [Outlines of the industrial botany theory]. *Pytannia stepovoho lizoznaustva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 20, 56–61. (in Ukraine).
 15. Shanda, V. I. (2013). *Teoretychni problemy ekolohii ta biheotsenolohii [Theoretical problems of ecology and biogeocenology]*. Publishing house R. A. Kozlov. (in Ukraine).
 16. Shanda, V. I., Yevtushenko E. O., Voroshylova N. V., & Malenko Ya. V. (2016). *Ahrofitotsenolohiia: aspekty teorii, metodolohii ta sumizhnykh nauk [Agrophytothenology: aspects of theory, methodology and related sciences]*. Publishing house D. O. Chernyavsky. (in Ukraine).
 17. Tovstolyk, N. M., & Tovstolyk N. V. (2012). Profesor I. A. Dobrovolskyi ta yoho pryrodnychi doslidzhennia Prydniprov'ia [Professor I. A. Dobrovolsky and his natural research of the Dnipro District]. *Istoriia i kultura Prydniprov'ia: Nevidomi ta malovidomi storinky [History and culture of the Dnipro District: Unknown and little-known pages]*, 9, 89–95. (in Ukraine).
 18. Traytak, D. I. (1960). Poshirennya paporotey v okolitsyah m. Krivogo Rogu [Ferns'distribution in the vicinity of Kryvyi Rih City]. *Schorichnik Ukrayinskogo botanichnogo tovaristva [Yearbook of the Ukrainian Botanical Society]*, 63–64. (in Ukraine).
 19. Zadiraka, P. M. (1941). Do vivchennya bioekologichnih osoblivostey krapchastogo hovraha (*Citellus suslicus odessanus* Nord) [To study

- the bioecological features of the spotted ground squirrel (*Citellus suslicus odessanus* Nord)]. *Naukovi zapiski Krivorizhskogo derzhavnogo pedagogichnogo Institutu [Scientific notes of Kryvyi Rih State Pedagogical Institute]*, 1, 109–138. (in Ukraine).
20. Zverev, I. D. (1980). *Jekologija v shkol'nom obuchenii: novyj aspekt v obrazovanii [Ecology in schooling: a new aspect in education]*. Znanie [Knowledge]. (in Russian).

ESTABLISHMENT OF ENVIRONMENTAL EDUCATION AT KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY

N. V. Gnilusha

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. Political and socio-economic transformations in modern society actualize new demands on the education system and the main directions of its reform. The system of school and higher education, which is created on the basis of democratic and ecological-humanistic guidelines, is designed to provide training for creatively active individuals who are able to build their country. At the same time, the new society must develop on the principles of social and natural harmony. Object of work: actualization of the formation of ecological culture of educational youth and generalization of the experience of the Department of Botany and Ecology on the organization of ecological activity was theoretically substantiated. This study was conducted on the basis of scientific publications related to environmental education and its development at the Department of Botany and Ecology at Kryvyi Rih State Pedagogical University. It is noted that for a new period of human development must meet a new philosophy of education, new educational systems, new models of learning. At the same time, one of the most important areas of modernization of education is environmental education. This education is aimed at developing the abilities and talents of students, meeting their interests and needs in professional determination.

The development of environmental education at the Department of Botany and Ecology of Kryvyi Rih State University had three stages: 1) the emergence of environmental education (1930–1941); 2) the formation of the environmental council (1944–1986); 3) implementation of environmental education (1986 to the present).

The most important achievements of environmental education were: 1) creation and activity of the scientific and scientific-methodical ecological center; 2) licensing in 2003–2004 academic year specialty “Ecology and Environmental Protection” educational qualification level bachelor; 3) accreditation in 2008–2009 academic year this specialty; 4) holding in 2002–2009 eight International scientific-practical conferences “Problems of ecology and ecological education”; 5) publication in 2002–2015 of the collection of scientific works “Ecological Bulletin” (in 2015 it was rebranded — the new edition was called the Collection of scientific and scientific-methodical works “Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District”); 6) publication of a number of scientific monographs and articles, textbooks, manuals, methodological recommendations on environmental issues,

In the future, environmental education at the Department of Botany and Ecology of Kryvyi Rih State Pedagogical University should be aimed at: first, training of professional staff; secondly, the formation of environmental knowledge and environmental culture on a continuous and interdisciplinary basis.

Keywords: ecological education, ecological education, ecological culture, continuous ecological education, professional ecological education, regional ecological education.

Citation as:

APA Gnilusha, N.V. (2020). Stanovlennia ekolohichnoi osvity u Kryvorizkomu derzhavnomu pedahohichnomu universyteti [Establishment of environmental education at Kryvyi Rih State Pedagogical University]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 31–42. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4352>.

ДСТУ 8302:2015 Гнілуша Н. В. Становлення екологічної освіти у Криворізькому державному педагогічному університеті. *Екологічний Вісник Криворізьжя*. 2020. Вип. 5. С. 31–42.

ІСТОРИЧНІ ВІДОМОСТІ МІКРОМОРФОЛОГІЧНОГО ДОСЛІДЖЕННЯ ҐРУНТІВ НА КАФЕДРІ БОТАНІКИ ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Є. Д. Ющук*

*Криворізький державний педагогічний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Анотація. Актуальність досліджень зумовлено необхідністю продовження наукового пошуку методів ранньої діагностики наслідків негативного впливу на ґрунти. Метою роботи було узагальнення хронології й аналіз основних досягнень мікроморфологічних досліджень ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. Наведено, що мікроморфологічні дослідження ґрунтів проводилися за участі автора статті впродовж 1975–2005 рр. Результати мікроморфологічних досліджень свідчать, що чорноземні ґрунти при поселенні на них деревних порід не погіршують своїх лісорослинних властивостей, а набувають нові риси лісопокрашених. Мікроморфологічні дослідження ґрунтів сприяють виявленню чітких негативних наслідків техногенезу ще на початкових етапах руйнації ґрунтів. Так, під впливом викидів металургійного комбінату в ґрунтах гальмується транзит плазмових фракцій у нижні горизонти ґрунтового розрізу, гумусові фракції у закріпленому стані. Зроблено припущення, що в подальшому доцільно продовжувати традицію мікроморфологічних досліджень ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Ключові слова: ґрунти, мікроморфологія ґрунтів, лісонасадження, лісопокрашений чорнозем, Криворіжжя.

Вступ. Вплив людини на рослинний і ґрунтовий покриви у світовому масштабі почався з часів розвитку людського суспільства і триває до сьогодення. На теперішній час неможливо знайти ділянку суші, де не було б слідів антропогенного впливу. У зв'язку з цим, упродовж багатьох років особливо актуальним стало наукове обґрунтування управління окремими компонентами біогеоценозів / екосистем з метою їх стабілізації й прогнозування негативних чинників на них. Слід зазначити, що ґрунтовий покрив є найбільш уразливим

серед п'яти компонентів біогеоценозу. Як відомо, ґрунт переважно накопичує більшість забруднювачів та здатний їх «зберігати» протягом тривалого часу (сотень та тисяч років) [6, 7, 11]. При цьому доцільно наголосити, що полютанти здатні акумулюватися в ґрунті без явного прояву у властивостях та режимах ґрунтів. Якщо негативні наслідки антропогенного впливу вже віддзеркалюється у зменшенні родючості ґрунтів, то запобіжні заходи стають малоефективними. Тому так актуально використовувати такі методи глибинного дослідження ґрунтів, які б діагностували їх вади на початкових етапах їх прояву. Такими методами, на думку провідних екологів-ґрунтознавців, є вивчення мікроморфологічної будови непорушених зразків ґрунту.

Відповідно до сучасних уявлень, основною метою мікроморфології ґрунту є вивчення його мікробудови (текстура, агрегованість, пористість та ін.) і його речовинного складу (гумус, високо- і грубодисперсна частина, новоутворення, включення) [3, 5, 10]. У результаті є можливість на мікроскопічному рівні досліджувати прояв ґрунтоутворювальних процесів. Слід зазначити, що мікроморфологічний аналіз ґрунтів є одним із перспективних методів сучасного ґрунтознавства. Суть цього методу полягає у вивченні зразків ґрунту під мікроскопом у тонких зрізах (шліфах) з непорушеною структурою товщиною 0,02–0,04 мм. За таких умов зберігається природна структура і співвідношення окремих компонентів мікробудови ґрунту за можливих умов зовнішнього впливу [2, 8, 9].

Дослідження сучасного стану ґрунтів є дуже актуальним для Криворіжжя. Криворізький залізорудний басейн — великий промисловий центр України. У геологічній будові брали участь породи Української кристалічної плити, що утворилися в стародавній період геологічної історії Землі — архейську еру. Цим і зобов'язаний своїм походженням залізорудний басейн, витягнутий вузькою смугою шириною 2–7 км, протяжністю понад 100 км уздовж р. Інгулець. Внаслідок техногенезу довкілля Криворіжжя зазнає потужного негативного впливу. Зокрема, ґрунти регіону забруднюються супертоксикантами ХХ ст. — важкими металами [4, 6, 7]. Крім того, в ґрунтах спостерігається залуження, зменшення кількості гумусу та поживних речовин. Тому, мікроморфологічне дослідження ґрунтів Криворіжжя є актуальним питанням.

Доведено, що самим ефективним напрямком оптимізації стану довкілля у промислових регіонах є створення штучних деревних насаджень [1, 2, 12]. Так, спроби поширення лісонасаджень на Криворіжжі у ХХ ст. принесли очікувані результати, котрі можна

впроваджувати у майбутньому для оцінки ґрунтового і рослинного покривів регіону з позиції їх придатності до лісомеліоративних методів. Проте до сих пір залишається дискусійним питанням про позитивний або негативний вплив лісонасаджень на ґрунт. Для цього, як ніколи, важливо заглянути у сутність ґрунту у його мікроморфологічну будову.

Загалом, наука є рупійною силою, що відкриває все нові і нові загадки природи. Проте рух науки вперед не буде успішним без знання успіхів попередників. Маючи пряме відношення до мікроморфології ґрунтів Криворіжжя, вважаю доцільним донести свої спогади до наукового світу.

Мета роботи — узагальнити хронологію і проаналізувати основні досягнення мікроморфологічних досліджень ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Матеріали та методи досліджень. Матеріалами дослідження слугували власні спогади автора та його публікації у визначних наукових виданнях. Методи дослідження — аналіз і синтез, індукція і дедукція, аналогія та формалізація, абстрагування та конкретизація, класифікація та моделювання.

Результати та їх обговорення. Ґрунти завжди знаходилися у фокусі уваги науково-педагогічних працівників кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. Адже ґрунти безпосередньо впливають на рослини, їх ріст та розвиток. Знання про це природне тіло є дуже важливими для розуміння функціонування біогеоценозів та біосфери в цілому. Проте мікроморфологічні дослідження ґрунтів були розпочаті лише у середині 70-их ХХ ст. завдяки науковому пошуку доктора біологічних наук, професора А. П. Травлєєва (на той час завідувача кафедрою геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпропетровського державного університету). Мікроморфологічні дослідження ґрунтів не були б можливими без підтримки ректорату, деканату Природничого факультету та викладачів кафедри ботаніки та екології Криворізького державного університету. Усім їм автор висловлює щире вдячність.

Основні етапи мікроморфологічного дослідження ґрунтів

Мікроморфологічні дослідження ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету були розпочаті у 1974 р.

У цей рік мене відрядили для підвищення кваліфікації на кафедру геоботаніки, ґрунтознавства та екології Дніпропетровського державного

(на той час) університету. На цій кафедрі мені були створені необхідні умови для наукового пошуку у лабораторіях мікроморфології, хімії та фізики ґрунтів, у гербарії. Брав участь у створенні експериментальних ділянок на західному Донбасі, у роботі загону ґрунтознавців та геоботаніків комплексної екологічної експедиції Дніпропетровського державного університету. Моя відданість справі допомогли мені засвоїти новітні методи аналізу ґрунтового та рослинного покриву, що було край необхідно для вирішення проблем степового лісознавства.

У наступному 1975 р. призначений здобувачем для виконання наукових досліджень за темою кандидатської дисертації. Моїм керівником був професор А. П. Травлєєв. Також зазначу, що тема моєї дисертації була безпосередньо пов'язана з ґрунтами та їх мікроморфологічними характеристиками — «Еколого-біологічні особливості і шляхи оптимізації лісових едафотопів промислових регіонів степового Придніпров'я (на прикладі Кривбасу)».

Дослідити мікроморфологію ґрунтів дуже не просте завдання з технічної точки зору, треба було вдосконалюватися. Для опанування методики дослідження мікроморфологічної будови ґрунтів та виготовлення прозорих препаратів (мікрошліфів) з непорушених ґрунтових шарів ми навчалися у голови секції мікроморфології ґрунтів Міжнародного товариства ґрунтознавців, лауреата золотої медалі ім. Кубієни К. А. Ярилової, котра працювала у науководослідному інституті ім. В. В. Докучаєва (м. Москва). У цей час нами була розроблена нова модель шліфувального станка та пристрою з алмазним диском для розрізання ґрунтових монолітів. При цьому вони попередньо просочувалися у смерековому бальзамі і просушувалися в сушильній шафі. Шляхом виконання декілька складних операцій виготовлювалися високоякісні та прозорі мікрошліфи з непорушених ґрунтових шарів. Усе це дозволило проводити визначення їхньої мікроморфологічної будови. Опрацьована мною нова методика проведення мікроморфологічних досліджень ґрунтів була впроваджена в життя на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Приємно згадати, що у моєму становленні як ґрунтознавця та науковця взяли участь визначні постаті — корифеї екологічної / біогеоценологічної науки: К. А. Ярилова, С. В. Зонн, Л. О. Карпачевський, В. А. Ковда (м. Москва), Л. Ю. Рейнтам (Латвія) О. Л. Бельгард, І. А. Добровольський, В. І. Шанда (Україна) (Рис. 1). Усім їм висловлюю щиру вдячність.



Рис. 1. Учасники конференції з охорони ґрунтів від ерозії та хімічного забруднення (м. Кривий Ріг), 28.06.1984 р.

Figure 1. Conference Participants «Soil protection from erosion and chemical pollution» (Kryvyi Rih), June 28, 1984

Зліва направо: *Л. О. Карпачевський* (професор Московського держуніверситету), *Г. С. Погодіна* (учений секретар товариства ґрунтознавців Російської Федерації), *В. А. Ковда* (член-кореспондент Академії наук СРСР), *А. П. Травлев* (член-кореспондент НАН України), *Є. Д. Ющук* (доцент Криворізького державного педагогічного університету)

Також не можу не згадати про свого «наукового побратима», який виніс на своїх «плечах» (гвинтах та лінзах) всі «тяготи та прикрості» мого наукового пошуку. Мова йде про поляризаційний мікроскоп (Рис. 2). У деякі дні доводилося працювати з ним до 10 годин на добу (це окрім основного навчального навантаження). Інколи дружина висловлювала своє незадоволення з приводу моєї «над уваги» до мікроскопа. Проте я намагався знайти баланс між роботою викладача, родиною та наполегливим науковим пошуком.



Рис. 2. Надважливий етап мікроморфологічного дослідження ґрунтів

Figure 2. An important stage for micromorphological study of soils

Ющук Є. Д. досліджує мікрошліфи під поляризаційним мікроскопом, 1984 р.

Моя праця принесла мені не лише моральне задоволення, а ще й можливість захистити у Дніпропетровському державному університеті дисертацію на здобуття наукового ступеня кандидат біологічних наук зі спеціальної 03.00.16 «Екологія». Це відбулося 17 лютого 1989 р.

У подальшому інтенсивність мікроморфологічних досліджень ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології значно зменшилася. Причина всім відома, економічна криза негативно вплинула на науку взагалі та, особливо, на такі наукові напрями, які потребують значних фінансових витрат.

Основні результати мікроморфологічного дослідження ґрунтів

Багаторічні дослідження мікроморфологічних характеристик ґрунтів Криворіжжя переконливо довели, що вони досить інформативно відображають глибинні процеси ґрунтоутворення, які відбуваються в ґрунтах останнім часом. При цьому слід наголосити, що мікроморфологічні характеристики ґрунтів маніфестують як позитивні зміни в ґрунтах (наприклад, під впливом деревних насаджень), так і негативні зміни в ґрунтах (наприклад, під впливом техногенних чинників).

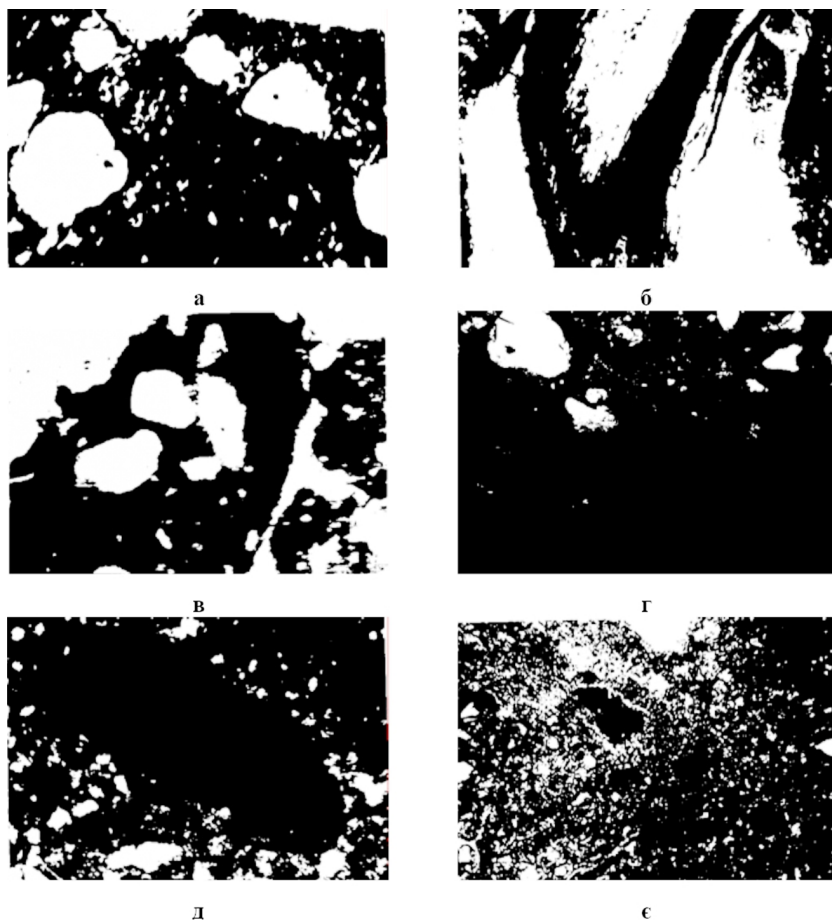


Рис. 3. Мікроморфологічна будова чорнозему звичайного на ціліні (дослідна ділянка 36)

Figure 3. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* at virgin land (experimental plot 36)

а — зерна кварцу різних форм і розмірів, горизонт 0–20 см, збільшення 80, мік. +; б — рослинні рештки, що зберегли анатомічну будову, горизонт 0–20 см, збільшення 80, мік. II; в — на агрегатах видно зерна кварцу, горизонт 20–60 см, збільшення 80, мік. +; г — згустки гумусу із зернами кварцу, горизонт 60–90 см, збільшення 150, мік. +; д — окремі включення глинистих часток, горизонт 90–150 см, збільшення 80, мік. +; е — скупчення дрібнозернистого кальциту в порах, горизонт 90–150 см, збільшення 80, мік. +

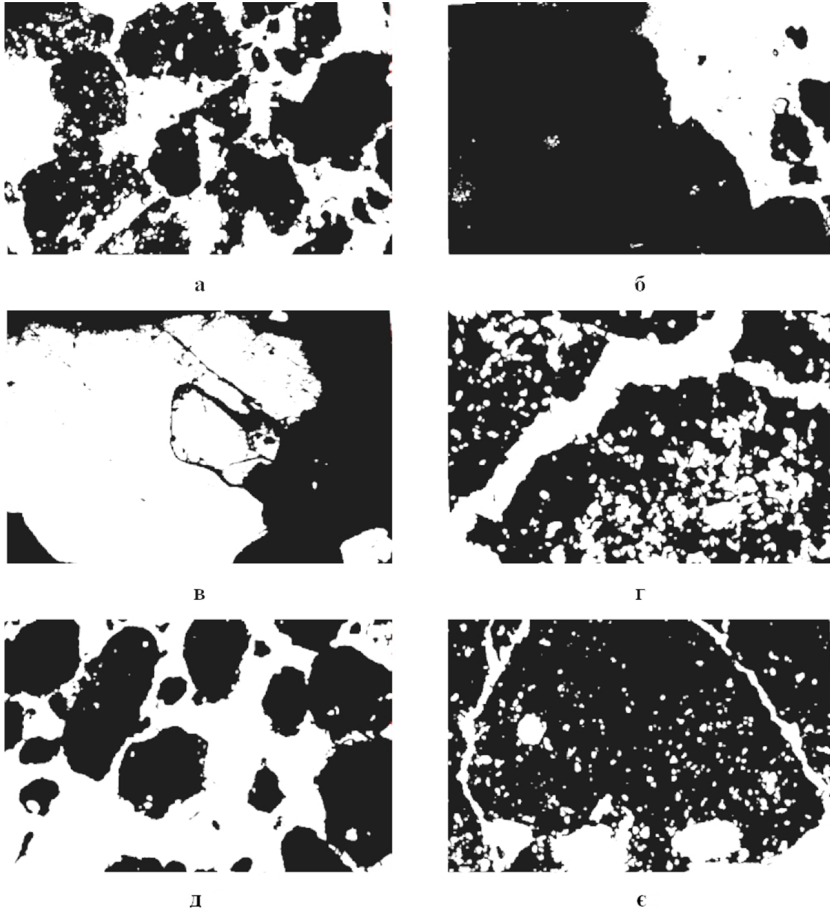


Рис. 4. Мікроморфологічна будова чорнозему під насадженнями робінії звичайної (дослідна ділянка 70)

Figure 4. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* at Stand of black locust trees (experimental plot 70)

а — мікроагрегати, що утворені із зерен кварцу різних розмірів, горизонт 0–20 см, збільшення 150, нік. +; б — скупчення органічної маси, горизонт 0–20 см, збільшення 150, нік. +; в — на зернах кварцу помітно мікротріщини термічного вивітрювання, горизонт 20–60 см, збільшення 150, нік. +; г — пори створюють складну сітку розгалужень, горизонт 20–60 см, збільшення 80, нік. II; д — мікроагрегати однорідної будови, горизонт 60–90 см, збільшення 80, нік. II; е — конкреції шаруватої будови, горизонт 90–150 см, збільшення 80, нік. +

а — мікроагрегати, що утворені із зерен кварцу різних розмірів, горизонт 0–20 см, збільшення 150, нік. +; б — скупчення органічної маси, горизонт 0–20 см, збільшення 150, нік. +; в — на зернах кварцу помітно мікротріщини термічного вивітрювання, горизонт 20–60 см, збільшення 150, нік. +; г — пори створюють складну сітку розгалужень, горизонт 20–60 см, збільшення 80, нік. II; д — мікроагрегати однорідної будови, горизонт 60–90 см, збільшення 80, нік. II; е — конкреції шаруватої будови, горизонт 90–150 см, збільшення 80, нік. +

Мікроморфологічні зміни в ґрунтах під впливом деревних насаджень. Наші дослідження ґрунтів проводилися на цілинних ділянках (ДД 36) і під лісовим насадженням (ДД 70) [11].

Мікроморфологічна характеристика ґрунту на цілині (ДД 36):

H₁	0–10 см	Гумусовий, чорного кольору, дрібнозернистої структури. Велика кількість зерен кварцу різних розмірів (Рис. 3.а). У плазмі ґрунту рослинні рештки, що зберегли анатомічну будову (Рис. 3.б). Висока пористість сформована агрегатами різної форми та розмірів.
H₂	20–60 см	Мікроструктура майже не відрізняється від попереднього горизонту. Колір світліший, блоки тріщинуваті й пронизані порами зоогенного походження. На агрегатах видно зерна кварцу (Рис. 3.в). Гумус рівномірно розподілений у ґрунтовій товщі.
H_{рк}	60–90 см	Колір більш світлий вище описаного горизонту. Гумус мулистого типу. Плазма знаходиться у закріпленому стані. Помітні окремі згустки гумусу з одиничними зернами кварцу (Рис. 3.г).
Рк	90–150 см	Колір охристо-жовтий. Ґрунтова товща ущільнена. Зустрічаються окремі включення глинисто-гумусових частинок розміром 0,05–0,08 мм (Рис. 3.д). Корінці втратили клітинну будову. Зустрічаються скупчення дрібнозернистого кальциту в тріщинах та порах ґрунту (Рис. 3.е).

Мікроморфологічна характеристика ґрунту під насадженнями робінії звичайної (ДД 70)

H₀	0–5 см	Лісова підстилка перепріла й добре відокремлюється від ґрунту.
H₁	0–20 см	Колір рівномірний, темно-бурий. Горизонт складається з мікроагрегатів, що утворені з мінеральних зерен кварцу різних розмірів та форм (Рис. 4.а). Елементарний мікросклад — плазмово-пилуватий у вигляді скоагульованих скупчень органічної маси (Рис. 4.б).
H₂	20–60 см	Забарвлення шліфа неоднорідне, більшість агрегатів освітлені, покриті гідроокисом заліза. На поверхні зерен кварцу помітно мікротріщини термічного вивітрювання (Рис. 4.в). Пори створюють складну схему розгалужень, по стінках яких помітні напливи тонкодисперсного матеріалу охристого кольору (Рис. 4.г). Плазмові продукти ґрунтової товщі створюють натічність у нижчі горизонти.

Нрк	60–90	Колір шліфа світліший вище розглянутого горизонту. Мікроагрегатний склад однорідний, розміри коливаються від 0,20 до 0,25 мм (Рис. 4.д). Зерна дрібнозернистого кальциту різних форм, покриті охристими плівками.
	см	
Рк	90–150	Забарвлення шліфа неоднорідне, великі ділянки світлого та темно-коричневого кольору. Конкреційні утворення шаруватої будови розмірами від 0,2 до 0,4 мм відокремлені одне від одного (Рис. 4.є). У біопорах видно скупчення люблініту (голчата форма кальциту). Установлено, що основу органічних речовин у ґрунті складають мінералізовані рештки кореневих систем деревних порід. Відмічається натічність полиніту по стінках пор, що містять дрібні рослинні залишки (гумони).
	см	

На основі мікроморфологічних досліджень установлено, що ґрунт під деревним насадженням добре агрегований і характеризується високою пористістю. Агрегати складні, різної форми і розмірів, складають перероблену ґрунтовою фауною масу. Мінеральна частина ґрунту розподілена по генетичних горизонтах рівномірно. Екоморфічна характеристика під насадженням робінії звичайної свідчить про особливості процесів ґрунтоутворення з чітко вираженим сільватним напрямком. Установлено, що чорноземні ґрунти при поселенні на них деревних порід не погіршують своїх лісорослинних властивостей, а набувають нові риси лісопокращених. Значну роль тут відіграють органічні речовини, за допомогою яких покращується структурно-просторова архітектоніка ґрунтових складових, відбувається нагромадження продуктів вологи та раціональне її використання, прояв форм лесиважу, покращення умов для активної дії педофауни — потужних структуроутворювачів.

Загалом, наші дослідження показали, що використання мікроморфологічних даних є плідотворним і необхідним. Прозорі мікрошліфи дозволяють прогнозувати початкові й кінцеві процеси взаємодії в ґрунтовій товщі рослини з ґрунтом.

Мікроморфологічні зміни в ґрунтах під впливом техногенних чинників. Дослідження проводили на ділянці в кварталі 22, за межами техногенезу (Гурівський ліс, контроль). Відповідно така сама ділянка закладена в межах техногенних чинників Криворіжжя [12].

Розріз № 22. Дослідна ділянка знаходиться на рівнинному ландшафті Гурівського лісового масиву. Ґрунтові води — на глибині 14 м. Лісорослинні умови — суглинок сухуватий (СГ₁). Ґрунт —

чорнозем звичайний: материнська порода — лес. Скипання від 10% НСІ — з глибини 60 см. Лісове насадження — робінія псевдоакація віком 55 років. У підліску — жовта акація, шипшина звичайна. Трав'янистий покрив суцільний, домінує підмаренник чіпкий, фрагментарно — пірій повзучий. Висота дерев — 18–20 м, діаметр стволів — 30–35 см.

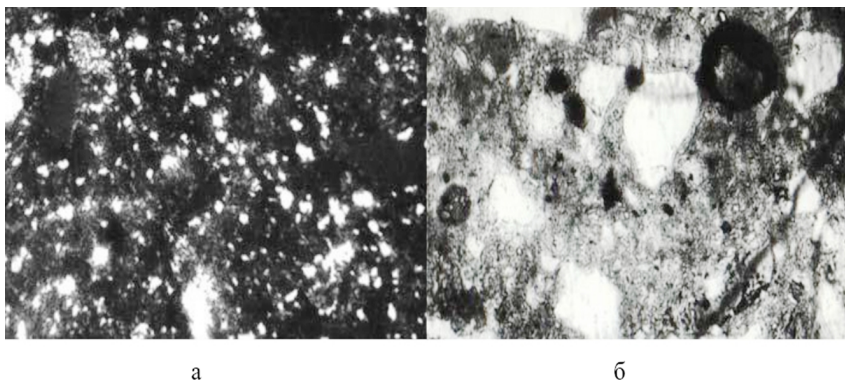


Рис. 5. Мікроморфологічна будова чорнозему звичайного за межами техногенезу (Гурівський ліс, контроль)

Figure 5. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* outside of technogenesis area (Gurivsky forest, control)

- а — Кварцові зерна із слідами термічного вивітрювання, про що переконає подрібненість кварцу, дослідна ділянка 22, збільшення 80, нік. +;
 б — Плазма насичена гумонами різних форм і розмірів. На фотографії — круглі чорного кольору, дослідна ділянка 22, збільшення 80, нік. +

Мікроморфологічна будова ґрунту (розріз № 22).

		Колір червонувато-бурий. Мінеральна частина представлена в основному із кварцових частинок розмірами 0,02–0,04 мм округлої форми, на поверхні зерен помітні мікротріщини, по яких вони подрібнюються на різні частинки (Рис. 5.а). Гумусово-глиниста плазма насичена гумонами різних форм і розмірів (Рис. 5.б). Рослинні рештки — різного ступеня мінералізації, більшість з них охристого кольору.
Hel	0–10 см	
Hil	60–80 см	Забарвлення світліше, агрегованість висока, між агрегатами сформовані пори різної морфологічної будови.

Неоднорідний за забарвленням та мікробудовою. Склад рихлий, зустрічаються мікроагрегати 0,02–0,25 мм. Скелет представлений мінеральним складом, що аналогічний із верхнім горизонтом. Плазмові фракції у вигляді натічних форм, направлені у низхідні горизонти ґрунтового розрізу. Розсіяно по шліфу знаходяться феронодулі (Fe-нодуль).
 Забарвлення рівномірне, горіхового кольору. Велика кількість гумусованих мікроагрегатів розмірами 0,01–0,05 мм. На деяких ділянках шліфа великі скупчення мікрозернистого кальциту. Вся поверхня інкрустована мікрозернистим кальцитом (Рис. 6).

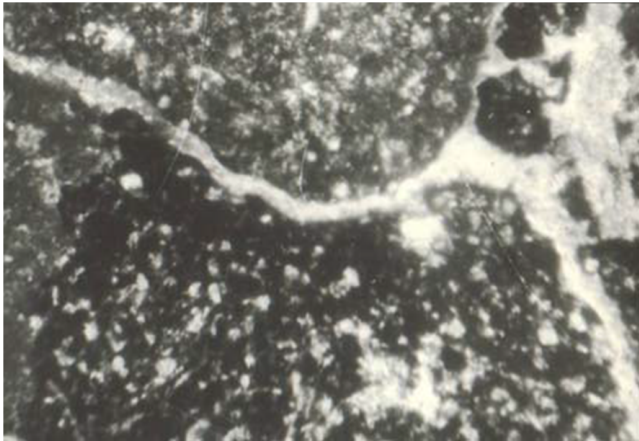


Рис. 6. Мікроморфологічна будова чорнозему звичайного за межами техногенезу (Гурівський ліс, контроль)

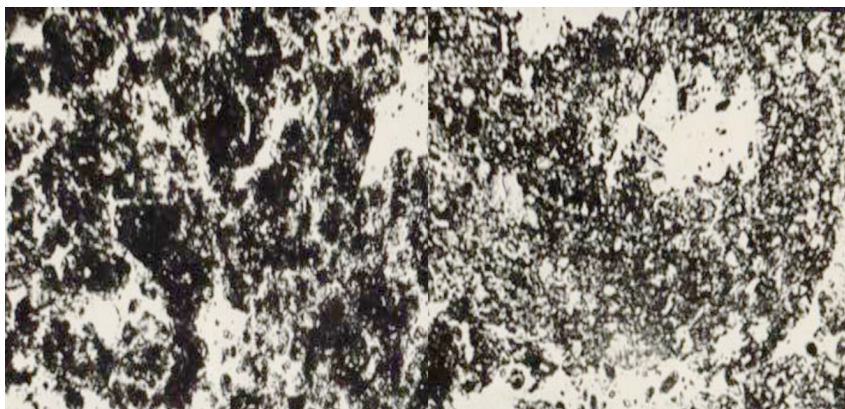
Figure 6. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* outside of technogenesis area (Gurivsky forest, control)

Каналоподібна розгалужена пора, дослідна ділянка 22, збільшення 80, нк. II

Криворізький залізорудний басейн знаходиться під впливом сухих східних вітрів, які негативно впливають на лісові насадження. Ці вітри часто супроводжуються пиловими бурями, що руйнують поверхневий горизонт сільськогосподарських угідь. Тривалість бурі в 1946 році склала 65 годин. Меліоративні насадження деревних порід проводилися з використанням загально-ботанічних методів на стаціонарних дослідних ділянках.

Розріз №80. Дослідна ділянка знаходиться на околиці ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг». Рослинний покрив — під погійним

впливом промислових викидів заводу. Ґрунтові води — з глибини 10 м. Лісорослинні умови — суглинок сухуватий (СГ₁). Ґрунт — чорнозем звичайний, материнська порода — лес. Скипання від 10% НСІ — з глибини 45 см. Лісове насадження — робінія псевдоакація віком 55 років. Підлісок відсутній, за винятком бузини чорної, яка випадково потрапила як самосів. Трав'янистий покрив — домінує підмаренник чіпкий і фрагментарно пирій повзучий, чистотіл, сокирки польові та жовтозілля звичайне. Висота дерев — 16–18 м, діаметр стволів — 30–32 см.



а

б

Рис. 7. Мікроморфологічна будова чорнозему звичайного в межах техногенезу (околиці «АрселорМіттал Кривий Ріг», дослід)

Figure 7. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* within technogenesis area (near “ArcelorMittal Kryvyi Rih”, experiment)

а — агрегати мінералізованої структури, дослідна ділянка 80, збільшення 60, нік. +; б — кварц рівномірно знаходиться у товщі ґрунту, дослідна ділянка 80, збільшення 60, нік. +

Мікроморфологічна будова ґрунту (розріз № 80).

Hel 0–10
см

Колір бурий. Мінеральна частина представлена кварцевими зернами розмірами 0,02–0,08 мм. На поверхні зерен натічні гумусові продукти світло-охристого кольору. Рослинні рештки зберігають анатомічну будову, деякі з них темно-коричневого кольору.

Ніл	20–60 см	Забарвлення світліше. Добре структурований дрібнозернистими агрегатами (Рис. 7.а). Тонкодисперсна фракція містить кристали дрібнозернистого карбонату кальцію (CaCO_3).
Нрк	60–120 см	Забарвлення неоднорідне. Мікроагрегати неоднорідні за забарвленням та розмірами. Кварц рівномірно розсіяний у товщі ґрунту. По відмерлих корених ходах натічний гумус переміщений з поверхневих горизонтів.
Рк	120–160 см	Забарвлення темно-горіхового кольору. Мікроагрегати в основному однакових розмірів у межах 0,05–0,09 мм. На великих агрегатах знаходяться дрібні зерна кварцу. Уся ґрунтова товща інкрустована кальцитом дрібних розмірів (Рис. 7.б). Зустрічаються ущільнені ділянки (блоки) ґрунту, що перемістилися з верхнього горизонту по відмерлих корених ходах. На цих ділянках знаходяться зерна кварцу правильної форми, окремі зерна більші за розміром 0,25 мм (Рис. 8).

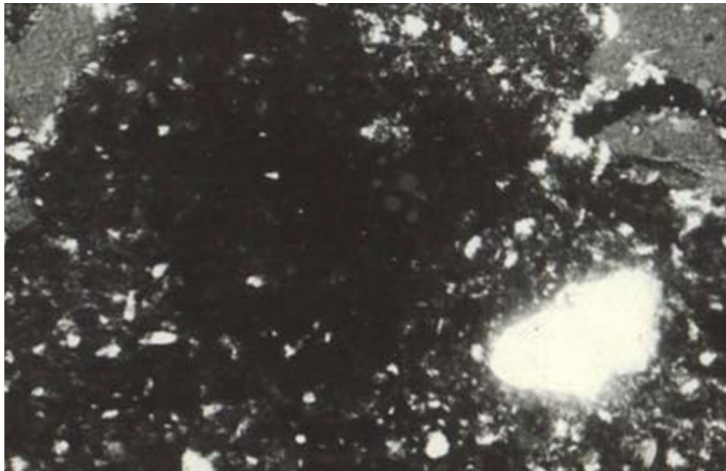


Рис. 8. Мікроморфологічна будова чорнозему звичайного в межах техногенезу (околиці «АрселорМіттал Кривий Ріг», дослід)

Figure 8. Micromorphological structure of *Chernozem ordinary* within technogenesis area (near “ArcelorMittal Kryvyi Rih”, experiment)

Великі блоки чорнозему перенесені з верхнього горизонту, окремі зерна кварцу 0,25 мм, очевидно, переміщені з верхнього шару, дослідна ділянка 80, збільшення 60, нік. +

Порівнюючи мікроструктуру ґрунтового та рослинного покривів у межах промислового забруднення і за межами промислових чинників, можна сказати таке: у промислових умовах гальмується транзит плазмових фракцій у нижні горизонти ґрунтового розрізу, гумусові фракції у закріпленому стані. Карбонатні сполуки залягають на глибині 45 см, що вище на 15 см від контролю. У чистій зоні сполуки CaCO_3 залягають на глибині 60 см, що нижче на 15 см порівняно з контролем, а також добре помітний транзит плазмових фракцій у нижні горизонти та активність фізичного вивітрювання на поверхні кварцу. Аналітичні дослідження ґрунтового і рослинного покривів дають можливість діагностувати фактичні зміни чорноземів під лісовим насадженням. Проведені дослідження свідчать, що екологічні фактори позитивно діють на ґрунтоутворювальні процеси під лісовим насадженням степу України.

Висновки. Мікроморфологічні дослідження ґрунтів проводилися на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету за участі автора статті впродовж 1975–2005 рр. Використання мікроморфологічних даних є плідотворним і необхідним. Прозорі мікрошліфи дозволяють прогнозувати початкові й кінцеві процеси взаємодії в ґрунтовій товщі рослини з ґрунтом. Зокрема, результати мікроморфологічних досліджень віддзеркалюють зачаткові стадії фундаментальних змін сучасної еволюції та розвитку ґрунтів, як позитивних (під впливом лісових насаджень), так і негативних (під впливом чинників техногенезу). У подальшому доцільно продовжувати традицію мікроморфологічних досліджень ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету.

Reference

1. Bel'gard, A. L. (1971). *Stepnoe lesovedenie [Steppe forestry]*. Forest industry. (in Russian).
2. Belova, N. A., & Travleev, A. P. (2009). *Estestvennye lesa i stepnye pochvy (jekologija, mikromorfologija, genesis) [Forest and steppe soil (ecology, micromorphology, genesis)]*. Dnipropetrovsk State University Publishing House. (in Russian).
3. Bronger, A., & Smolková, L. (2019). Quaternary loess-paleosol sequences in East and Central Asia in comparison with Central Europe — micromorphological and paleoclimatological conclusions. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 71 (1), 65–92. <http://dx.doi.org/10.18268/BSGM2019v71n1a5>

4. Komarova, I. (2018). Taraxacum officinale as bioindicator of heavy metal accumulation in soil. *Danish Scientific Journal*, 8, 10–12. Retrieved from http://www.danish-journal.com/wp-content/uploads/2018/02/DSJ_8.pdf
5. Mazureka, R., Kowalskaa, J., Gąsioreka, M., & Setlak, M. (2016). Micromorphological and physico-chemical analyses of cultural layers in the urban soil of a medieval city — a case study from Krakow, Poland. *Catena*, 141, 73–84. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.02.026>
6. Podolyak, A. G., & Karpenko, A. F. (2019). Med v pahotnoy i lugovoy pochve Gomelschinyi [Copper in arable and meadow soils of Gomel region]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 56–66. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2560> (in Russian).
7. Savosko, V. M. (2016). *Tyazhelyie metallyi v pochvah Krivbassa [Heavy Metals in Soils at Kryvbass]*. Dionat. (in Russian).
8. Świtoniak, M., Mroczebk P., & Bednareka, P. (2016). Luvisols or Cambisols? Micromorphological study of soil truncation in young morainic landscapes — Case study: Brodnica and Chełmno Lake Districts (North Poland). *Catena*, 137, 583–595. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2014.09.005>
9. Szymański, W., Skiba, M., Wojtuń, B., & Drewnik, M. (2015). Soil properties, micromorphology, and mineralogy of Cryosols from sorted and unsorted patterned grounds in the Hornsund area, SW Spitsbergen. *Geoderma*, 253–254, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.geoderma.2015.03.029>
10. Wouters, B., Devos, Y., Vrydaghs, L., Ball, T., De Winter, N., & Reygel, P. (2019). An integrated micromorphological and phytolith study of urban soils and sediments from the Gallo-Roman town Atuatuca Tungrorum, Belgium. *Geoarchaeology*, 34 (4), 1–19. <https://doi.org/10.1002/geo.21722>
11. Yushchuk, Ye. D. (2007). Mikromorfolohiia chornozemnykh gruntiv pid lisovymy nasadzhenniamy Kryvorizhzhia [Micromorphology of chernozem soils under forest plantations at Kryvyi Rih District]. *Gruntoznavstvo [Soil science]*, 8, 1–2, 134–136. (in Ukraine).
12. Yushchuk, Ye. D. (2009). Morfolohichne vyvchennia gruntoutvoriuvalnykh protsesiv pid lisovymy nasadzhenniamy Kryvorizhzhia [Morphological study of soil-forming processes under the afforestation of Krivoj Rog]. *Gruntoznavstvo [Soil science]*, 10, 3–4, 37–41. (in Ukraine).

**HISTORICAL INFORMATION ABOUT
MICROMORPHOLOGICAL SOILS' STUDY IN
DEPARTMENT OF BOTANY AND ECOLOGY AT KRYVYI
RIH STATE PEDAGOGICAL UNIVERSITY**

E. D. Yushchuk

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. The need to continue the scientific search for methods early diagnosis of consequences of the negative impact on soils determined the relevance of these studies. Object of work: to summarize the chronology and to analyze the main achievements in micromorphological studies of soils at the Department of Botany and Ecology of Kryvyi Rih State Pedagogical University. The materials of the research were the author's own memoirs and his publications in prominent scientific journals. Analysis and synthesis, induction and deduction, analogy and formalization, abstraction and concretization, classification and modeling have been used as research methods.

It is stated that micromorphological studies of soils were conducted with the participation of the author of this article during 1975–2005. During this time, the author mastered the method of soils micromorphological study and conducted many years of soil research in Kryvyi Rih area. Our research has convincingly proved that the micromorphological characteristics of soils quite informatively reflect the deep processes that occur in soils recently. Thus, micromorphological characteristics of soils very clearly show positive changes in soils (for example, under the influence of trees). In addition, micromorphological characteristics of soils also diagnose negative changes in soils (for example, under the influence of man-made factors).

The results of micromorphological studies indicate that chernozem soils in plantations of tree species do not deteriorate their properties, but acquire new favorable features. At the same time, micromorphological studies of soils contribute to the detection of clear negative consequences of technogenesis in the initial stages of soil destruction. So, by the impact of emissions from the metallurgical plant in soils the transit of plasma fractions to the lower horizons is inhibited and humus fractions are in a fixed state.

It is assumed that in the future it will be advisable to continue the tradition of micromorphological studies of soils at the Department of Botany and Ecology of Kryvyi Rih State Pedagogical University.

Keywords: soils, micromorphology of soils, forest stand, Chernozem forest-improved, Kryvyi Rih iron mining and metallurgical district.

Citation as:

Yushchuk, Ye. D. (2020). Istorychni vidomosti mikromorfolohichnoho doslidzhennia gruntiv na kafedri botaniky ta ekolohii Kryvorizkoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu [Historical information about micromorphological study of soils in Department of Botany and Ecology at Kryvyi Rih State Pedagogical University]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 43–59. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4353>

**ДСТУ
8302:2015**

Ющук Є. Д. Історичні відомості мікрморфологічного дослідження ґрунтів на кафедрі ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 43–59.

МІЖНАРОДНІ ЕКОЛОГІЧНІ ПРОЕКТИ КАФЕДРИ БОТАНІКИ ТА ЕКОЛОГІЇ КРИВОРІЗЬКОГО ДЕРЖАВНОГО ПЕДАГОГІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Е. О. Євтушенко*, В. М. Савосько

*Криворізький державний педагогічний університет,
м. Кривий Ріг, Україна*

Анотація. Мета роботи проаналізувати результати участі викладачів і співробітників кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету у міжнародних екологічних проектах, які були реалізовані у XXI ст. Міжнародний науковий проект «Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин і основа для екологічної освіти» був виконаний в рамках програми The Quarry Life Award 2014 (організатор «HeidelbergCement»). Під час реалізації проекту його команда, основу якої склали викладачі і співробітники кафедри ботаніки та екології, на Жовтокам'янському кар'єрі здійснила наступне: 1) провела еколого-ландшафтний аналіз території, 2) дослідила фіторізноманіття, 3) створила депозитарій «Рослини Червоної книги», 4) розробила екологічну стежку «Зелений шлях», 5) запропонувала напрямки подальшого розвитку проекту.

Реалізація міжнародного наукового проекту «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру» в рамках програми The Quarry Life Award 2018 (організатор «HeidelbergCement») дозволила колективу дослідників: 1) створити окремі біогрупи з 8 гарно квітучих ранньовесняних чагарників, у тому числі хвойних, на 5 ділянках; 2) результати проекту внести до навчально-методичних матеріалів дисципліни «Біорізноманіття і стратегія сталого розвитку»; 3) провести семінари зі збереження біорізноманіття з вчителями біології та екології, учнями та студентами закладів середньої і професійно-технічної освіти; 4) рекомендувати види для фітомеліорації інших кар'єрів компанії «ХайдельбергЦемент».

Ключові слова: збереження біорізноманіття, депозитарій «Рослини Червоної книги», екологічна стежка «Зелений шлях», чагарникові угруповання, Жовтокам'янський кар'єр.

Вступ. Збереження біорізноманіття є глобальною проблемою, яка має виняткове значення для такого антропогенно навантаженого регіону як Криворіжжя [5, 12, 16, 17]. Руйнація природних ландшафтів внаслідок гірничо-видобувної діяльності зумовлює докорінну перебудову, трансформацію флори і фауни, зникнення або зменшення чисельності окремих видів або їхніх представників та становить

серйозну загрозу біорізноманіттю [13, 21, 25, 31]. У таких умовах створення окремих локусів (оселищ) існування видів флори і фауни з подальшим прогнозованим поширенням на прилеглі території кар'єру дозволить підвищити рівень біорізноманіття, а участь в реалізації таких дій — рівень екологічного виховання, фаховості та екологічної обізнаності учнівської, студентської молоді, пересічних громадян [2, 8, 10, 14]. Реалізовані проекти стали продовженням фіторекультивацийних досліджень, вагомим сучасним практичним внеском у збереження біорізноманіття кафедри ботаніки та екології та неоціненним досвідом у реалізації подальших екологічних проектів.

Мета — проаналізувати результати участі викладачів і співробітників кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету у міжнародних екологічних проектах, які були реалізовані у XXI столітті.

Матеріали та методи досліджень. Міжнародні екологічні проекти виконувалися в межах Жовтокам'янського кар'єра (Жовтокам'янське родовище цементної сировини). В адміністративному відношенні це родовище розташоване в Апостолівському районі Дніпропетровської області за 18–21 км на північний схід від районного центру і вузлової залізничної станції Апостолове Придніпровської залізниці. Жовтокам'янське родовище цементної сировини знаходиться на схилі південно-східної частини Придніпровської височини. У його геологічній будові вапняків і глин є сучасні (голоценові), плейстоценові і неогенові відклади, а також продукти кори вивітрювання докембрійських кристалічних порід.

Площа кар'єру, що розташований майже посередині родовища, складає близько 103 га. Режим роботи — цілорічний з безперервним робочим тижнем в 1 зміну по 12 годин. Кар'єр складається з 5-ти уступів: 1) ґрунтово-рослинний шар (0,3–0,5 м), 2) суглинки та жовті глини (0,8–10,0 м), 3) червоно-бурі глини (6,0–10,0 м), 4) вивітрений вапняк, некондиційний (4,0–6,0 м), 5) вапняк середньосарматичний (7,0–9,0 м). Ширина робочих майданчиків 30–35 м, довжина кар'єру — 1100 м. Глибина його на даний час складає від 0 до 40 м.

Дослідження проводилися у відпрацьованій частині кар'єра. Використовували загально-геоботанічні методи (рекогносцирувальний для загального зонування території та виділення перспективних для збільшення біорізноманіття зон, маршрутний для встановлення видового складу чагарників).

Рослини висаджували чагарники з грудкою або в контейнері у заздалегідь підготовлені ямки з гумусованим чорноземом і рясним поливом після посадки.

Результати та їх обговорення. У ХХІ ст. викладачі і співробітники кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету прийняли участь у двох міжнародних екологічних проєктах. Перший проєкт — «Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин і основа для екологічної освіти (на прикладі Жовтокам'янського кар'єру)». Другий проєкт — «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру».

Міжнародний науковий проєкт

*«Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин
і основа для екологічної освіти
(на прикладі Жовтокам'янського кар'єру)»*

Проєкт був виконаний в рамках програми The Quarry Life Award 2014 як складова конкурсу міжнародних досліджень з метою сприяння розвитку біорізноманіття в кар'єрах та освіти у природоохоронному напрямку. Організатор та фундатор конкурсу — компанія «Хайдельберг-Цемент (HeidelbergCement)».

Команда проєкту: к.б.н. Василь Савосько — керівник проєкту (завідувач лабораторії «Екологія рослинності Кривбасу», Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»), к.б.н. Едуард Євтушенко (завідувач кафедри ботаніки та екології Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»), Юлія Копілева-Ромащенко (директор КППЗ «Центр дитячої та юнацької творчості «Гармонія»»), Максим Квітко (асистент каф. зоології, фізіології і валеології Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»), Надія Аврамчук (методист КППЗ «Центр дитячої та юнацької творчості «Гармонія»»), Юлія Попович (аспірант каф. ботаніки та екології Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»).

Мета проєкту: розробити і впровадити природоохоронні технології використання частини території Жовтокам'янського кар'єру, де не проводяться гірничі роботи, для створення депозитарію «Рослини Червоної Книги» та проведення «Зелених уроків».

Завдання проєкту: 1) провести еколого-ландшафтний аналіз території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується; 2) проаналізувати фіторізноманіття спонтанних вищих судинних рослин території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується; 3) створити депозитарій «Рослини Червоної книги» на території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується; 4) розробити

Екологічну стежку «Зелений шлях» на території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується; 5) розглянути можливість подальшого використання результатів проекту у формуванні сталого розвитку регіону.

Результати проекту. Проект виконувався протягом вегетаційного сезону 2014 р. в межах території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується. Виробнича діяльність, унаслідок економічних і політичних причин, на цій території була зупинена орієнтовно у 1995 р. Рекultyваційні та інші природоохоронні роботи на неї не відбувалися. Надалі мало місце самовідновлення (регенерація) основних компонентів природних біогеосистем: рослинного та ґрунтового покривів (Рис. 1).

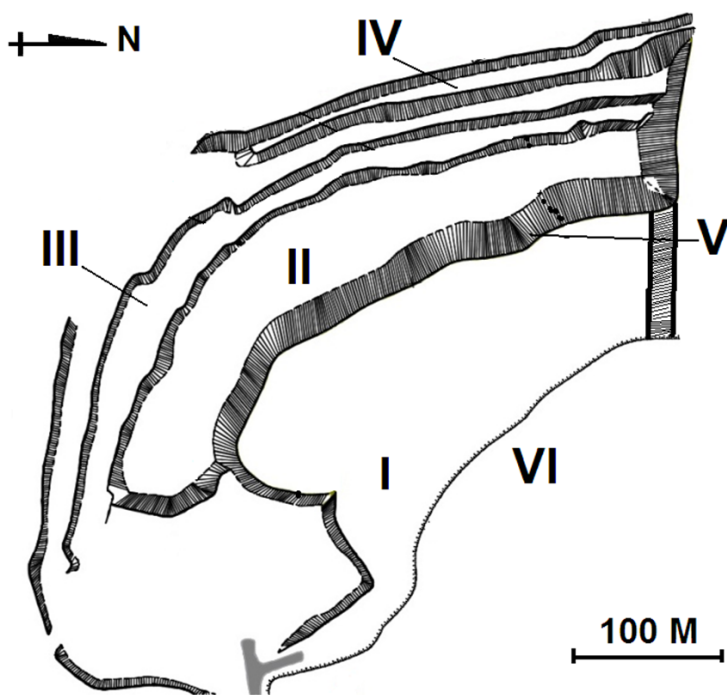


Рис. 1. Еколого-геоморфологічна характеристика Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується
 Figure 1. Ecological and geomorphological characteristics of the Zhovtokamyansky quarry, part of which is not used
 I — днище кар'єру, II — перша берма, III — друга берма, IV — третя берма, V — технологічний розріз гірських порід, VI — свіжа відсипка

Еколого-ландшафтний аналіз. Основними геоморфологічними елементами території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується, є: горизонтальні поверхні (днище, берми кар'єру), схилі поверхні (схили берм зі свіжою відсіпкою), вертикальні поверхні (технологічний розріз гірських порід). Загальний стан цієї території є типовим для девастрованих земель України та світу [4, 9, 11, 20].

На нашу думку, максимально сприятливі екологічні умови для росту і розвитку рослинного покриву мають місце на дніщі кар'єру і другій бермі [22].

Фіторізноманіття. Попередні результати польових маршрутних досліджень рослинності території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується, дозволили встановити наявність у межах берм і днища 62 видів судинних трав'янистих рослин з 22 сімейств та 28 видів дерев і чагарників, які відносяться до 20 родів і 13 родин. Такі показники є співзвучними з результатами інших досліджень, які були проведені на інших девастрованих землях Криворіжжя, України та світу [3, 4, 16, 23, 24].

Депозитарій. Перспективним способом збереження рослинного біорізноманіття на території Жовтокам'янського кар'єру є створення депозитарію «Рослини Червоної книги». Під депозитарієм розуміється штучно створені біогрупи рідкісних рослин, які зростають та розвиваються без участі людини. При цьому передбачається, що з часом рослини депозитарію можуть бути використані для різних природоохоронних акцій (створення нових депозитаріїв, повернення у природу, формування насаджень на заповідних територіях). Як результат, «депозитарій» буде генерувати «відсотки».

При створенні депозитарію були використані три види трав'янистих рослин: ковила волосиста (*Stipa capillata* L.), Астрагал шерстисто-квітковий (*Astragalus dasyanthus* Pall.), карагана скіфська (*Caragana scythica* (Com.) Rojark). Ці види занесені до Червоного списку Дніпропетровської області, Червоної книги України, Європейського та світового червоних списків [1], пристосовані до екологічних умов території кар'єру та мають неабияку певну етнографічну значущість (Табл. 1).

Депозитарій «Рослини Червоної книги» був закладений в травні 2014 р. на другій бермі території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується. Висаджено по 20 рослин кожного виду. При створенні депозитарію задля підвищення ефективності посадкових робіт нами використовувалися «Екомодулі» (Рис. 2).

Таблиця 1. Характеристика видів депозитарію
 «Рослини Червоної книги»
 Table 1. Characteristics of the species from Depository
 “Red List Plants”

Назва виду	Природоохоронний статус виду			
	Червоний список Дніпропетровської області	Червона книга України	Європейський Червоний список	Світовий Червоний список
Ковила волосиста <i>Stipa capillata</i> L.	3 рідкісний	неоцінений	–	–
Астрагал шерстисто- квітковий <i>Astragalus dasyanthus</i> Pall.	2 вразливий	вразливий	I невизначений	R рідкісний
Карагана скіфська, <i>Caragana scythica</i> (Com.) Pojark	2 вразливий	вразливий	R рідкісний	–



I



II

Рис. 2. Посадкові екомодулі
 Figure 2. Ecomodules for planting

I — Астрагал шерстистоквітковий, II — Карагана скіфська

Візуальні спостереження влітку та восени 2014 р. показали досить високий рівень успішності видів депозитарію: від 35 до 75%. Остаточна оцінка перспективності депозитарію може бути виконана тільки в подальшому (Табл. 2). Висока природна приживлюваність використаних багаторічних рослин вселяє надію на успіх депозитарію.

Таблиця 2. Попередні результати створення депозитарію
«Рослини Червоної книги»

Table 2. Preliminary results in creating a depository
“Red List Plants”

Назва виду	Кількість живих екземплярів рослин, %	
	15 липня 2014	15 вересня 2014
Ковила волосиста <i>Stipa capillata</i> L.	90–95	85
Астрагал шерстистоквітковий <i>Astragalus dasyanthus</i> Pall.	80–90	75
Карагана скіфська, <i>Caragana scythica</i> (Com.) Pojark	50–55	35

Екологічна стежка. У рамках проекту була розроблена Екологічна стежка «Зелений шлях», яка розміщена на території Жовтокам'янського кар'єру, що не використовується. Головна місія Екологічної стежки «Зелений шлях» — ознайомити її відвідувачів з унікальними й цікавими природними феноменами території Жовтокам'янського кар'єру. Екологічна стежка «Зелений шлях» складається із зупинок, які називають «Зеленою уроками»: 1) кар'єр, як техногенний об'єкт; 2) депозитарій рідкісних і зникаючих рослин; 3) фіторізноманіття трав'янистих рослин; 4) геологічне багатство кар'єру; 5) фіторізноманіття деревних рослин.

Екологічна стежка «Зелений шлях» розрахована на школярів 10–11 класів, студентів 1–2 курсів вищих навчальних закладів, а також на всіх любителів і цінителів природи. За розрахунками довжина маршруту становить 2,5 км, а його тривалість 90–120 хв.

Прикінцева інформація. Подальший розвиток проекту можливий у таких напрямках: 1) використання території Жовтокам'янського кар'єру як полігону для моніторингових досліджень процесів самовідновлення рослинного та ґрунтового покривів і як майданчик для проведення літніх польових практик студентів різних напрямків, 2) поповнення депозитарію «Рослини Червоної книги» новими екземплярами і видами

рідкісних рослин, 3) поширення рослин депозитарію «Рослини Червоної книги» на прилеглі території, 4) використання Екологічної стежки «Зелений шлях» для екологічної освіти населення. Реалізація проекту у майбутньому буде сприяти просуванню ідей сталого розвитку. Як результат, природа обов'язково стане головним переможцем.

За рішенням журі Всеукраїнського етапу конкурсу The Quarry Life Award-2014 проект «Територія кар'єру як депозитарій для рідкісних рослин і основа для екологічної освіти (на прикладі Жовтокам'янського кар'єру)» та його команда були нагороджені дипломом третього ступеню.

*Міжнародний науковий проект
«Створення чагарникових угруповань
як нового місця існування для біоти кар'єру»*

Проект був виконаний у рамках програми The Quarry Life Award 2018 як складова конкурсу міжнародних досліджень задля збереження біорізноманіття в кар'єрах та підвищення рівня екологічної освіти (громадський напрямок). Організатор та фундатор конкурсу — компанія «ХайдельбергЦемент (HeidelbergCement)».

Учасники проекту: Євтушенко Едуард Олексійович — декан природничого факультету, кандидат біологічних наук, доцент кафедри ботаніки та екології, Комарова Ірина Олександрівна — асистент кафедри ботаніки та екології, Поздній Євген Валентинович — асистент кафедри ботаніки та екології, Брошко Євген Олегович — старший викладач кафедри зоології та методики навчання біології, кандидат біологічних наук, Федяніна Ірина Михайлівна — старший лаборант кафедри ботаніки та екології (Рис. 3).



Рис. 3. Учасники проекту The Quarry Life Award 2018
Figure 3. Participants of the project The Quarry Life Award 2018

Мета проекту: вирішення проблеми збереження біорізноманіття у науковому, освітньому та суспільно значимому аспектах.

Завдання проекту: 1) установити видовий склад, життєвість та поширення чагарникових рослин неробочої зони Жовтокам'янського кар'єру та виявити види, які збільшать біорізноманіття та є перспективними як осередки існування тварин; 2) дослідити екологічні умови та встановити ділянки придатні для приживання чагарникових рослин; 3) створити, на вільних від рослинності ділянках, біогрупи з природних або інтродукованих (гарно квітучих) чагарникових рослин та доповнити існуючі чагарникові угруповання видами, які не виявлені на території Жовтокам'янського кар'єру; 4) провести наукові екскурсії для студентів природничого факультету; 5) результати проекту внести до навчально-методичних матеріалів дисципліни «Біорізноманіття і стратегія сталого розвитку»; 6) провести екологічні семінари з вчителями біології та екології, учнями та студентами закладів середньої і професійно-технічної освіти; 7) хід виконання проекту висвітлити в друкованих, електронних і медійних засобах інформації.

Проект розрахований на отримання позитивного ефекту у формуванні екологічної свідомості, культури та фаховій підготовці школярів, студентів природничих спеціальностей, вчителів біології та екології шкіл, ліцеїв, професійно технічних навчальних закладів, представників громадських організацій, пересічних громадян міста Кривий Ріг.

Результати проекту. Польові дослідження надали уявлення про різноманітність екологічних умов відпрацьованої частини кар'єру. Наявність достатнього зволоження стала критерієм визначення місця висадження рослин. Найкращі умови для чагарників спостерігаються на першій і другій бермі кар'єру. Обрані місця для розташування 5 ділянок (Рис. 4).

Ділянка №1 знаходиться на 1 бермі, під бортом берми 2 у найбільш зволоженому місці, у заглибині якого в березні була тимчасова водойма. Шар осадкових порід потужністю 15 см. Свіжий тип зволоження. Оточуюча рослинність — маслинка вузьколиста і шипшина.

Ділянка №2 розташована на 2 бермі, під бортом берми 3 і під наметом робінії псевдоакації 10–15 річного віку в затінених умовах. Шар осадкових порід потужністю 20 см. Сухуватий тип зволоження. Оточуюча рослинність — робінія псевдоакація і шипшина.

Ділянка №3 розташована на 1 бермі на відстані 200 м від ділянки №1 в напрямку перемички, під бортом берми 2, у найбільш зволоженому

місці, у заглибині якого в березні було надмірне зволоження. Шар осадових порід потужністю 15 см. Свіжуватий тип зволоження. Оточуюча рослинність — маслинка вузьколиста, ясен зелений і шишшина.

Ділянка № 4 розташована на 1 бермі на відстані 100 м від ділянки № 3 в напрямку перемички, під бортом берми 2, у найбільш зволоженому місці, у заглибині якого в березні була тимчасова водойма. Шар осадових порід потужністю 10 см. Свіжий тип зволоження. Оточуюча рослинність — маслинка вузьколиста, ясен зелений і шишшина.

Ділянка № 5 розташована на перемичці, що розділяє робочу і неробочу зони кар'єра, у найбільш зволоженому локалітеті (потускулі) геоморфогенного походження з шаром водотривких суглинків, Шар осадових порід потужністю 30 см. Свіжуватий тип зволоження. Оточуюча рослинність — робінія псевдоакація і шишшина.

На всіх ділянках у складі трав'янистої рослинності гігромезофіти та мезофіти очерет південний, куничник наземний.



Рис. 4. Розміщення ділянок для створення біогруп чагарників
Figure 4. The sites's location for the biogroups of shrubs planting

Створення насаджень. Протягом квітня травня 2018 р. студенти природничого факультету здійснили екскурсійні виїзди до Жовтокам'янського кар'єру. На 5 підготовлених ділянках, під керівництвом викладачів-учасників проекту, 18 студентів біологів (у тому числі 5 іноземних студентів з Туркменістану) висадили чагарники різних видів, одержали практичні уміння і навички з проведення екскурсій, підготовки посадкового матеріалу та висадження рослин. Студенти отримали також теоретичні знання з проблеми збереження

біорізноманіття у глобальному аспекті та можливості її вирішення на регіональному рівні. Керівник проекту Е. О. Євтушенко акцентував увагу студентів на важливості проведення заходів зі збереження біорізноманіття компанією «ХайдельбергЦемент Україна».

Загальна кількість висаджених чагарників була наступною: ялівець козацький (*Juniperus sabina* L.) — 3 екз., сніжноягідник білий (*Symphoricarpos albus* (L.) Blake) — 5 екз., керрія японська (*Kerria japonica* (L.) Dc.) — 3 екз., бирючина звичайна (*Ligustrum vulgare* L.) — 5 екз., бруслина європейська (*Euonymus europaeus* L.) — 4 екз., спірея японська (*Spiraea japonica* L.f.) — 3 екз., жимолость татарська (*Lonicera tatarica* L.) — 5 екз., бузок Звегинцова (*Syringa sweginzowii* Koehne & Lindl.) — 5 екз.

У травні 2018 р. учасники проекту Комарова Ірина та Поздній Євген здійснили черговий виїзд на кар'єр. Основна мета поїздки — установлення табличок з назвами видів на ділянках, визначення стану чагарників. Установили, що на ділянках 3, 4, 5 усі чагарники мають добрий стан, активно вегетують. На ділянці 2 не прижилася бруслина європейська і бузок Звегинцева, на ділянці 1 бузок Звегинцева. Висаджені чагарникові рослини функціонують відповідно своїй фенологічній фазі розвитку. Загалом, прижились на новому місці 90,9% рослин (30 з 33 екземплярів). Найактивніше розвивається керія японська.

Екологічна освіта. Проведено екологічні семінари з учителями біології та екології, учнями та студентами закладів середньої і професійно-технічної освіти: 1) КЗОШ №7 — 02.03.2018 р. 2) КЗОШ №94 — 05.03.2018 р., 3) презентація проекту на курсах підвищення кваліфікації вчителів хімії та біології. 14.03.2018 р., 4) Жовтокам'янська школа. 18.05.18 р., 5) Дитячий оздоровчий табір «Сонячний» (с.Гурівка, Долинський район Кіровоградської області) — 09.06.2018 р., 03.08.201 р., екологічний тренінг «Планета моєї мрії» у Криворізькому професійному гірничо-технологічному ліцеї — 10.09.2018 р.

Був оголошений конкурс на формулювання слогану до логотипу (автор Є. В. Поздній) проекта «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру» (Creation of Shrub Groups as a New Habitat for Quarry's Biota). Журі зі складу учасників проекту оголосило переможцем Турського В'ячеслава — завідувача міжнародним відділом КДПУ — зі слоганом «Вдихни життя в кар'єр разом з компанією «ХайдельбергЦемент».

Створені електронні презентації «Екологічні характеристики чагарників Жовтокам'янського кар'єру» (автор Є. В. Поздній, відпові-

дальний за флористичний напрямок) та «Тваринний світ Жовтокам'янського кар'єру» (Є. О. Брошко, відповідальний за фауністичний напрямок) використовуються у фаховій підготовці студентів біологів та екологів.

Результати проекту внесені до навчально-методичних матеріалів дисципліни «Біорізноманіття і стратегія сталого розвитку». У фаховій підготовці магістрів біологів значна увага приділяється природоохоронним проблемам і збереженню біорізноманіття. Результати реалізації проекту стали важливим практичним підґрунтям теоретичних розділів навчальної дисципліни.

Результати виконання проекту висвітлювалися на сайті компанії «ХайдельбергЦемент Україна», Криворізького державного педагогічного університету, в мережі Фейсбук та в Інстаграмі. До реалізації проекту були залучені директори криворізьких шкіл №7 (Ю. С. Завалій), №94 (С. М. Бородавка), Жовтокам'янської школи (Н. А. Гошина), ДОТ Сонячний (О. О. Крошка), директор Криворізького професійного гірничо-технологічного ліцею (колишнє ПТУ №30) В. Г. Сиротюк, прес-центр КДПУ Авраменко, Д. Е. Шабанін.

Прикінцева інформація. На території непрацюючої частини кар'єру встановлено наявність на 41 виду рослин, що належать до 17 родин. Відбір чагарників для висадження здійснювався за критеріями посухостійкості, морозостійкості, життєздатності, періодів цвітіння та дозрівання плодів, трюфності, можливості використання представниками фауни [7, 15, 19, 26, 27]. Відібрані 8 видів (сніжнягідник білий, керрія японська, бирючина звичайна, бруслина європейська, спірея японська, жимолость татарська, бузок Звегинцова, ялівець козацький) показали високий рівень приживання. Висаджені 33 чагарникові рослини у групах по 3–5 видів (4–8 рослин на ділянці) на кожній з 5 ділянок, матимуть середовище перетворювальний вплив, сприятимуть поселенню нових видів трав'янистих рослин та збільшать фіторізноманіття території [6, 18, 28–30].

Загалом, для створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру можна рекомендувати усі види за виключенням бузка Звегинцева. Такий вид як керрія японська, є оптимальним для висадження на несформованих ґрунтоподібних субстратах з різкими перепадами показників зволоження, оскільки є гідроконтрастофілом

Установлено перебування на дослідних ділянках та поблизу їх (безпосереднє та опосередковане) 14 видів птахів (дрізд чорний, галка, сорока, фазан, коноплянка, щиглик, вівсянка садова, зеленяк,

сорокопуд чернолобий, синиця велика, горобець польовий, горлиця садова, соловейко, кам'янка звичайна), 1 виду земноводних (ропуха зелена), 1 виду плазунів (ящірка прудка), 1 виду ссавців (заєць сірий).

На підставі оцінки потенційних екологічних зв'язків та аналізу фауни прилеглих територій здійснено попередній прогноз появи на ділянках нових видів у майбутньому (птахів: шпак, жулан, омелюх, чикотень, кропив'янка сіра, яструб малий, сова вухата; ссавців: мишак лісовий, миша хатня, куниця кам'яна, тхір степовий, лисиця, ласка).

Таким чином, чагарникові види можуть бути рекомендовані для фітомеліорації інших кар'єрів компанії «ХайдельбергЦемент». Гарно квітучі ранньовесняні та декоративні види чагарникових рослин покращать естетичне сприйняття території і разом з чагарниковими видами природної флори стали середовищем проживання, харчування і розмноження різноманітних груп тваринного світу: паукоподібних, комах, плазунів, птахів і ссавців (шпак, жулан, омелюх, чикотень, кропив'янка сіра, яструб малий, сова вухата; ссавців: мишак лісовий, миша хатня, куниця кам'яна, тхір степовий, лисиця, ласка). Плоди та насіння енто- та епізоохорно (представниками тваринного світу) уже цього року поширюватимуться на нові території, як кар'єру так і прилеглі до нього, збільшуючи їхнє біорізноманіття.

За рішенням журі Всеукраїнського етапу конкурсу The Quarry Life Award-2018 проект «Створення чагарникових угруповань як нового місця існування для біоти кар'єру» (на прикладі Жовтокам'янського кар'єру) та його команда були нагороджені дипломом першого ступеню.

Висновки. Підготовка і реалізація проектів зі збереження біорізноманіття провідними науковцями кафедри ботаніки та екології, за участі викладачів, лаборантів, аспірантів кафедри, викладача кафедри зоології та методики навчання біології, студентів природничого факультету КДПУ, викладача та вихованців ЦДЮТ «Гармонія» є важливим етапом консолідації теоретичних знань і практичних зусиль зі збереження природного стану флори і фауни території відкритих гірничих розробок. Такі проекти покликані прискорити процеси самовідновлення рослинних угруповань у кар'єрах завдяки створенню депозитаріїв червонокнижних рослин, біогруп чагарникових рослин з видів зональної природної флори. Апробовані методи збереження та відновлення біорізноманіття території Жовтокам'янського кар'єру можуть бути використані у подальших пошуках ефективних засобів фітомеліорації та фіторекультиваци порушених земель Криворіжжя. Виконання проекту сприяло фаховій підготовці студентів-біологів природничого факультету КДПУ, підвищенню кваліфікації вчителів

біології та екології, екологічній обізнаності учнів шкіл, професійно-технічних навчальних закладів Кривого Рогу, с. Жовтокам'янки, вихованців ЦДЮТ, пересічних громадян міста.

Reference

1. Andriienko, T. L. (compiler), & Perehrym, M. M. (compiler) (2012). Ofitsiini pereliky rehionalno ridkisykh roslyn administratyvnykh terytorii Ukrainy (dovidkove vydannia) [Official lists of regional rare plants of administrative territories of Ukraine (reference book)]. Alterpress. (in Ukraine).
2. Avera, B. N., Strahm, B. D., Burger, J. A., & Zipper, C. E. (2015). Development of ecosystem structure and function on reforested surface-mined lands in the Central Appalachian Coal Basin of the United States. *New Forests*, 46, 683–702. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9502-8>
3. Berger, A., Brown, C., Kousky, C., & Zeckhauser, R. (2011). The challenge of degraded environments: how common biases impair effective policy. *Risk Analyses*, 31 (9). <https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2010.01477.x>
4. Bielyk, Yu. V., Savosko, V. M., & Lykholat, Yu. V. (2019). Taksonomichniy sklad ta synantropna kharakterystyka derevno-chaharnykovykh uhrupovan Petrovskoho vidvalu (Kryvorizhzhia). [Taxonomic composition and synanthropic characteristic of woody plant community on Petrovsky waste rock dumps (Kryvorizhzhya)]. *Ekolohichniy visnyk Kryvorizhzhia* [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District], 4, 104–113. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565> (in Ukrainian).
5. Boiral, O., & Heras-Saizarbitoria, I. (2017). Corporate commitment to biodiversity in mining and forestry: Identifying drivers from GRI reports. *Journal of Cleaner Production*, 162 (20), 153–161. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.06.037>
6. Byrne, C. F., Stormont, J. C., & Stone, M. C. (2017). Soil water balance dynamics on reclaimed mine land in the southwestern United States. *Journal of Arid Environments*, 136, 28–37. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2016.10.003>
7. Ciria, C. S., Sanz, M., Carrasco, J., & Ciria, P. (2019). Identification of arable marginal lands under rainfed conditions for bioenergy purposes in Spain. *Sustainability*, 11, 1833. <https://doi.org/10.3390/su11071833>

8. Costanza, R. (2012). Ecosystem health and ecological engineering. *Ecological Engineering*, 45, 24–29. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2012.03.023>
9. Donald, A. F. (2017). Restoration ecology, resilience, and the axes of change. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 102, 201–216. <https://doi.org/10.3417/2017006>
10. Dorr de Quadros, P. D., Zhalnina, K., Davis-Richardson, A. G., Drew, J. C., Menezes, F. B., de O. Camargo, F. A., & Triplett, E. W. (2016). Coal mining practices reduce the microbial biomass, richness and diversity of soil. *Applied Soil Ecology*, 98, 195–203. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.10.016>
11. Dumroese, R. K., Williams, M. I., Stanturf, J. A., & Clair, J. B. S. (2015). Considerations for restoring temperate forests of tomorrow: forest restoration, assisted migration, and bioengineering. *New Forest*, 45, 813–828. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9504-6>
12. Giam, X., Olden, J. D., & Simberloff, D. (2018). Impact of coal mining on stream biodiversity in the US and its regulatory implications. *Nature Sustainability*, 1, 176–183. <https://doi.org/10.1038/s41893-018-0048-6>
13. Horáčková, M., Řehouňková, K., & Prach, K. (2015) Are seed and dispersal characteristics of plants capable of predicting colonization of postmining sites? *Science and Pollution Research*, 23 (14), 13617–13625. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5415-5>
14. Horodecki, P., & Jagodziński, A. M. (2017). Tree species effects on litter decomposition in pure stands on afforested post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 406, 1–11. <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2017.09.059>
15. Macdonald, S. E., Landhäuser, S. M., Skousen, J., Franklin, J., Frouz, J., Hall, S., Jacobs, D. F., & Quideau, S. (2015). Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*, 46, 703–732. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>
16. Malenko, Ya. V. (2019). Spetsyfika spektriv vydiv davnoseredzemnomorskoi hrupy arealiv uhrupovan' roslyn tekhnohennykh ekotopiv [The specificity of spectra of ancient mediterranean species of the group of habitats of plant groups of Kryvyi Rih region technogenic ecotypes]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia* [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District], 4, 22–40. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2558> (in Ukrainian).

17. Murguía, D. I., Bringezu, S., & Schaldach, R. (2016). Global direct pressures on biodiversity by large-scale metal mining: Spatial distribution and implications for conservation. *Journal of Environmental Management*, 180 (15), 409–420. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2016.05.040>
18. Prach, K., & Tolvanen, A. (2016). How can we restore biodiversity and ecosystem services in mining and industrial sites? *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 13587–13590. <https://doi.org/10.1007/s11356-016-7113-3>
19. Řehounková, K., Čížek, L., Řehounek, J., Šebelíková, L., Tropek, R., Lencová, K., Bogusch, P., Marhoul, P., & Máca, J. (2016). Additional disturbances as a beneficial tool for restoration of post-mining sites: a multi-taxa approach. *Environmental Science and Pollution Research*, 23 (14), 13745–137536. <http://dx.doi.org/10.1007/s11356-016-6585-5>
20. Rich, K., Ridealgh, M., West, S. E., Cinderby, S., & Ashmore, M. (2015). Exploring the links between post-industrial landscape history and ecology through participatory methods. *PLOS ONE*, 10 (8), e0136522. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0136522>
21. Rolfe, J. (2000). Mining and biodiversity: rehabilitating coal mine sites. *Policy*, 16, 8–12.
22. Savosko, V. M., Lykholat, Y. V., Bielyk, Yu. V., & Lykholat, T. Y. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
23. Savosko, V., Lykholat, Yu., Domshyna, K., & Lykholat, T. (2018). Ekolohichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnykv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs' dispersal on the devastated lands at Kryvorizhzhia]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130. <https://doi.org/10.15421/111837> (in Ukraine).
24. Sonja, K. (2017). Sustainable post-mining land use: are closed metal mines abandoned or re-used space? *Sustainability*, 9 (10), 1705. <https://doi.org/10.3390/su9101705>
25. Sonter, L. J., Ali, S. H., & Watson, James E. M. (2018). Mining and biodiversity: key issues and research needs in conservation science. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285 (1892), 20181926. <https://doi.org/10.1098/rspb.2018.1926>

26. Vasquez, E. A., & Sheley, R. L. (2018). Developing diverse, effective, and permanent plant communities on reclaimed surface coal mines: restoring ecosystem function. *Journal American Society of Mining and Reclamation*, 7 (1), 77–109. <http://doi.org/10.21000/JASMR18010077>
27. Waterhouse, B. R., Adair, K. L., Boyer, S., & Wratten, S. D. (2014). Advanced mine restoration protocols facilitate early recovery of soil microbial biomass, activity and functional diversity. *Basic Applied Ecology*, 15, 599–606. <https://doi.org/10.1016/j.baae.2014.09.001>
28. Yevtushenko, E. O., & Shanda, V. I. (2017). Kultur- ta ahrofitotsenoz: geneza poniattia, oznaky, struktura, funktsii [Cultural and agrophytocenosis: genesis of the concept, features, structure, functions]. In E. O. Yevtushenko (Eds.) & V. M. Savosko (Eds.), *Struktura ta rozvytok kulturfitotsenoziv Kryvorizhzhia* [Structure and development of cultural phytocenoses at Kryvyi Rih District] (pp. 21–35). Dionat. (in Ukrainian).
29. Yevtushenko, E. O., Komarova, I. O., Pozdnyy, Y. V., & Kovalenko, L. H. (2019). Vplyv rozchynu bishofitu na reproduktyvnu sferu ambrozii polynolystoi v mezhakh prommaidanchyka PRAT INHZK [Influence of bischofite solution on the reproductive sphere of *Ambrosia artemisiifolia* within the limits of industrial ground of Private joint stock company “Inguletsky Ore mining and processing plant”]. *Ekolohichniy visnyk Kryvorizhzhia* [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District], 4, 67–75. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2561> (in Ukrainian).
30. Yevtushenko, E. O., Pozdnyy, Y. V., Komarova, I. O., & Kovalenko, L. H. (2019). Ekoloho-taksonomichna struktura derevno-chaharnykovykh roslynnykh uhrupovan promslovykh maidanchykyv PrAT «Tsentralnyi hirnycho-zbahachuvalnyi kombinat» [Ecological-taxonomic structure of wood and shower plants of industrial pads of pjsc «central iron ore enrichment works»]. *Pytannia stepovoho lizoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel* [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils], 48, 47–61. <https://doi.org/10.15421/441905> (in Ukrainian).
31. Zhang, Z. F., Bugosh, N., Tesfa, T., McDonald, M. J., & Kretzmann, J. A. (2018). Conceptual model for hydrology-based geomorphic evapo transpiration covers for reclamation of mine. *Journal American Society of Mining and Reclamation*, 7 (2), 61–88. <http://doi.org/10.21000/JASMR18010077>

**INTERNATIONAL ECOLOGICAL PROJECTS IN
DEPARTMENTS OF BOTANY AND ECOLOGY AT
KRYVYI RIH STATE PEDAGOGICAL UNSVERSIYTY****E. O. Yevtushenko, V. M. Savosko***Kryvyi Rih State Pedagogical Unsversity, Kryvyi Rih, Ukraine*

Abstract. The results of participation of teachers and employees of department of botany and ecology at Kryvyi Rih State Pedagogical Unsversity in international ecological projects that were realized in XXI century were analyzed. The first international scientific project was named "Territory of quarry as a depository for rare plants and basis for ecological education". This project was executed within the framework of the program The Quarry Life Award 2014 (organizer "HeidelbergCement"). The purpose of this project: to develop and implement environmental technologies for the use of part of the territory of the Zhovtokamyansky quarry, which is not working, to create a depository "Red Book Plants" and to conduct "Green Lessons". During realization of project his team (basis of that as made by teachers and employees of Department of Botany and Ecology) on Zhovtokamyansky had been implemented: 1) conducted the ecological and landscape analysis of territory, 2) investigated phitodiversity, 3) created the depository of "Plant of the Red book", 4) worked out an ecological path the "Green way" and 5) offered directions of further development of project. The second international scientific project was named "Creation of Shrub Groups as a New Habitat for Quarry's Biota" This project was executed within the framework of the program The Quarry Life Award 2018 (organizer "HeidelbergCement"). The purpose of this project: to solving the problem of biodiversity conservation in scientific, educational and socially significant aspects. The results of this project were: 1) establishment of species composition, viability and distribution of shrub plants in the non-working part of the Zhovtokamyansky quarry, 2) identification of shrub species that will increase biodiversity and are promising as habitats for animals; 3) research of ecological conditions and identification of places for bush plantations; 4) creation of bushes; 5) organizing and conducting excursions for students of the Faculty of Natural Sciences; 6) introduction of research results into educational and methodical materials of disciplines; 7) conducting ecological seminars with teachers of biology and ecology, pupils and students of secondary and vocational education institutions; 8) clarification of all results of this project in print, electronic and media media.

Keywords: maintenance of biodiversity, depository of "Plant of the Red book", ecological path the "Green way", shrub groupments, Zhovtokamyansky quarry.

Citation as:

APA Yevtushenko, E. O., & Savosko, V. M. (2020). Mizhnarodni ekolohichni proekty kafedry botaniky ta ekolohii Kryvorizkoho derzhavnoho pedahohichnoho universytetu [International ecological projects in departments of botany and ecology at Kryvyi Rih State Pedagogical unsversity]. *Ekolohichniy visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 60–77. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4354>

ДСТУ
8302:2015

Євтушенко Е. О., Савосько В. М. Міжнародні екологічні проекти кафедри ботаніки та екології Криворізького державного педагогічного університету. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 60–77.

**АКТУАЛЬНІ ПИТАННЯ
ПРИКЛАДНОЇ ЕКОЛОГІЇ
ПРОМИСЛОВИХ РЕГІОНІВ**

**CURRENT ISSUES
OF THE APPLIED ECOLOGY
AT INDUSTRIAL AREAS**

MACRONUTRIENTS AND HEAVY METALS CONTENTS IN THE LEAVES OF TREES FROM THE DEVASTATED LANDS AT KRYVYI RIH DISTRICT (CENTRAL UKRAINE)

Yu. V. Bielyk^{1*}, V. M. Savosko², Yu. V. Lykholat¹,
H. Heilmeier³, I. P. Grygoryuk⁴

¹ — *Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine*

² — *Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine*

³ — *Freiberg University of Technology and Mining Academy, Freiberg, Germany*

⁴ — *National University of Bioresources and Natural Resources Use of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

Робота вперше оприлюднена на Міжнародній конференції:
«The International Conference on Sustainable Futures: Environmental, Technological, Social and Economic Matters (ICSF 2020)»

Abstract. The relevance of these studies was due to the need to clarify the biogeochemical characteristics of woody plant species that grow naturally on devastated lands. The object of this paper: to carry out a comparative analysis of macro nutrients and heavy metals contents in the leaves of trees spontaneously sprouting on the devastated lands at the Kryvyi Rih District. This research was performed at Petrovsky waste rock dump, the Central part of the Kryvyi Rih iron-ore & metallurgical district (Dnipropetrovsk region, Ukraine). The macronutrients (K, Ca, Mg, P and S) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb and Cd) contents in the leaves of three species of the trees (Ash-leaved Maple *Acer negundo* L., Silver Birch *Betula pendula* Roth. and Black Locust *Robinia pseudoacacia* L.) that were collected on devastated lands were assessed. It was established that trees which grow on the Petrovsky dump take place under evident shortage of nutrients (especially K and P) and excess of metals (especially Fe, Mn and Zn). Taking into account the revealed values of macronutrients optimal concentrations and revealed the heavy metals lowest content in the leaves, we assume that Ash-leaved maple and Black locust (compared to the Silver Birch) are more resistant to the geochemical conditions of devastated lands.

Keywords: macronutrients, heavy metals, Ash-leaved maple, Silver Birch, Black locust, devastated lands, Kryvyi Rih District.

Introduction. Devastated lands, formed as a result of human activity, occupy vast areas: more than 2,000,000 ha worldwide, about 200,000 ha in Ukraine and about 100,000 ha in Germany [14, 16, 21]. These lands are as pollution sources for the atmosphere, soil, surface water. They are also sources of distribution of weeds [7, 22, 23]. Therefore, devastated lands pose a serious threat to human well-being. Currently, planting trees is the most promising way of restoring devastated lands [1, 19]. However, on these lands the ecological conditions are very strict for trees [7, 18, 21, 22, 31]. Therefore, investigation of chemical composition of trees that naturally grow on devastated lands is very important.

The object of this work: to carry out a comparative analysis of macro nutrients and heavy metals contents in the leaves of trees spontaneously sprouting on the devastated lands at the Kryvyi Rih District.

Materials and methods. The results of the studies, which were carried out at Petrovsky waste rock dump (Fig. 1) in Central part of the Kryvyi Rih District (Dnipropetrovsk region, Ukraine), were used as the materials for this paper.

Petrovsky waste rock dump was formed for storage: 1) low-prospective iron ores, 2) quartzites 3) shales 4) loose rocks (clay, sand and loam). On this dump the ecological conditions for growth and development of woody plants are typical for Kryvyi Rih region [7]. Territories located for 30 km apart from industrial facilities and stationed in Gurovsky forest were used as control site.

Sampling of leaves from three species (Ash-leaved Maple *Acer negundo* L., Silver Birch *Betula pendula* Roth. and Black Locust *Robinia pseudoacacia* L.), drying and grinding of them were performed in the fall of 2019 by classical methods [5, 10, 11, 24]. For the sample preparation, to the leaf sample weight of 100 mg 0.2 ml of H₂O DI and 1.6 ml of HNO₃ (65%) were added. The solution was incubated at room temperature during 24 hours. Then, 0.6 ml of HF (4.8%) and 0.9 ml of HCl (36%) were added to this solution. Subsequently, the solution was placed in the microwave oven (Mikrowellen-Laborsystem, MLS-ETHOS plus).

The microwave exposure was continued during 2 hours. Next, H₂O DI was poured into, diluting the volume of solution to 10 ml. Finally, 0.1 ml of Internal Standart was poured to 1 ml of mineralizate collected, after which H₂O DI was poured again diluting the volume to 10 ml.

The final determination of macronutrients (K, Ca, Mg, P, S) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) concentrations was performed using the Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry (ICP-MS X-Series instrument 2, Thermo Fisher Scientific, USA).

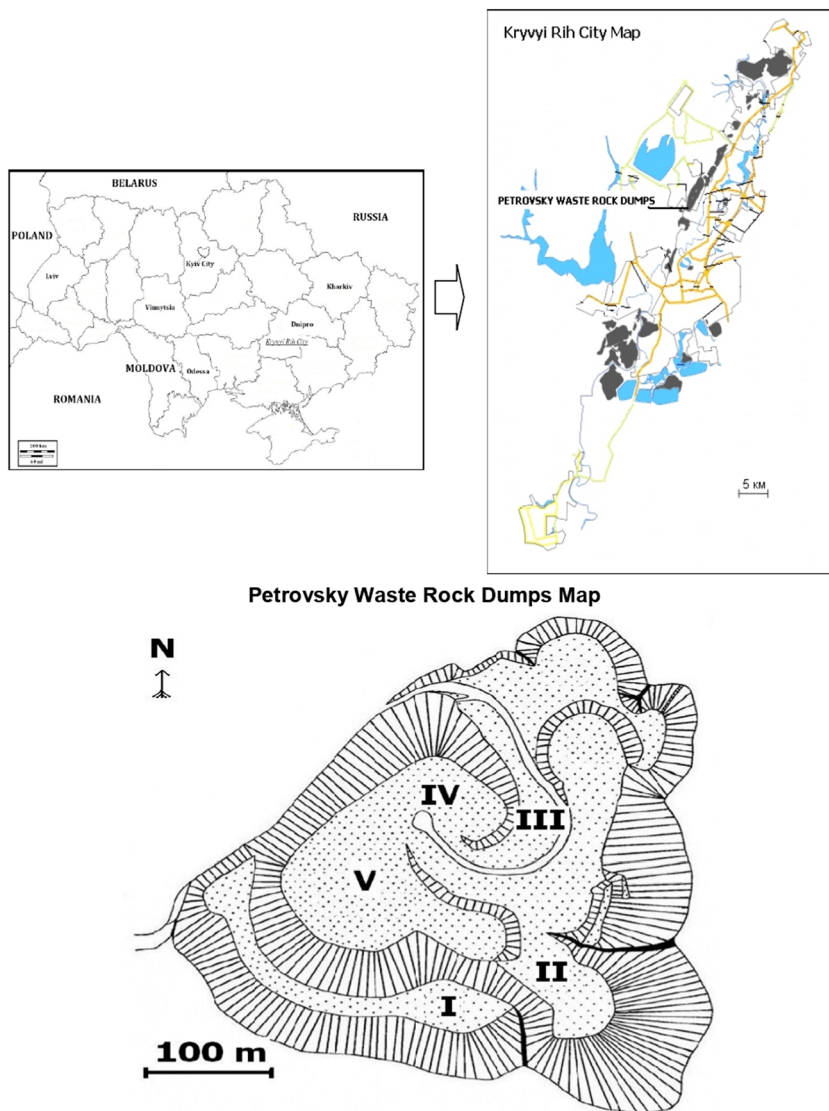


Figure 1. Location of study areas (I, II, III, IV, V — Study Plots)

The analytical part of our research was performed on laboratory base of the Institute of Biosciences, Freiberg University of Technology and Mining Academy (Freiberg, Germany).

The obtained results of macronutrients and heavy metals content in the leaves of trees were calculated in $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ of dry weight ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.). Then the results were processed by standard methods of variational statistics at the significance level of $P < 0,05$ [17].

Results. *Macronutrients and heavy metals content in leaves at a control site.* According to scientific literature [6, 8, 9] the Potassium average content in plants is in the range from 7500 to 15000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. We found that in a control site the values Potassium concentration in the leaves of Birch and Black locusts leaves were below these this range. While, in the maple leaves Potassium concentrations were appeared to be within this range (Table 1). The average Calcium concentrations in plants are from 12500 to 18000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [6, 8, 9, 12]. By the results of our research, Calcium content in the Birch leaves is within this range, while in the leaves of Black locust and Maple the examined value is above this limit. The analysis of scientific literature shows, Magnesium contain in the plants is 1000–3200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [6, 8, 9, 12]. At a control site, the Magnesium concentrations in the leaves of all of three tree species slightly exceeded the values of the range pointed above.

The average concentrations of Phosphorus in plants are 1750–2300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [6, 8, 9, 20]. Phosphorus content in the leaves of all of tree's species at control site is below the values of this range.

According to the scientific literature [6, 8, 20], the average Sulfur content is from 7500 to 14000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. We found that in control territories the Sulfur concentrations in the leaves of all the trees were below the values of this range. Thus, the Calcium and Magnesium content in the leaves of trees from a control site is within the average values established for all the vegetation. In our opinion, this phenomenon may be due to the regional biogeochemical features of Kryvyi Rih iron-ore & metallurgical district. As it is well known, in this region, the increased content of these macronutrients was detected in all the objects of Nature: soil, groundwater and surface water. Phosphorus and Sulfur concentrations in the leaves of trees from a control site were below the range values of these elements in all vegetation. This consistent pattern can be explained by the seasonal dynamics of nutrients concentration in the leaves of trees (Table 1).

Average Ferrum content in all vegetation is 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., while in the leaves of trees that have grown outside by influence of industrial enterprises this metal content is 150–350 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [2, 9, 12].

At a control site the Ferrum content was found at the same interval in the leaves of Birch and Black locust. Whereas, in the leaves of Maple a Ferrum concentration was slightly higher than this interval values (Table 2).

Table 1. **Macronutrients content in the leaves of trees from a control site**

Species of trees	Macronutrients content, mg*kg ⁻¹ of dry weight		
	M	m	CV%
Potassium			
Ash-leaved maple	10 110	192,09	28,46
Silver birch	4 633	184,00	21,41
Black locust	4 287	98,60	18,52
Calcium			
Ash-leaved maple	17 610	1232,70	29,41
Silver birch	13 830	1244,70	22,29
Black locust	19 240	1539,20	25,47
Magnesium			
Ash-leaved maple	3 589	260,20	29,12
Silver birch	2 780	201,69	31,22
Black locust	3 276	230,01	21,78
Phosphorus			
Ash-leaved maple	939,10	79,93	35,41
Silver birch	1065,00	86,48	38,45
Black locust	1042,00	95,18	32,25
Sulfur			
Ash-leaved maple	846,00	68,61	29,54
Silver birch	650,20	64,37	26,75
Black locust	933,10	83,05	21,56

M – Arithmetic mean, m – Standard error of mean,
CV% – Coefficient of variability.

The average Manganese content in all vegetation is 200 mg*kg⁻¹ d.w. [9, 12, 20]. We found that at a control site in the leaves of all tree species, the concentrations of this metal were well below than this range. Zinc concentrations in vegetation are around 30 mg*kg⁻¹ d.w., and in the leaves of trees that have grown outside by industrial enterprises influence, they are at range 25–50 mg*kg⁻¹ d.w. [8, 9, 12, 20]. According to our research, Zinc content in Birch leaves is within the same range. It should also be noted that the concentrations of this metal in the leaves of Black locust and Maple were significantly lower (Table 2).

Table 2. Heavy metals content in leaves of trees from the control site

Species of trees	Macronutrients content, mg*kg ⁻¹ of dry weight		
	M	m	CV%
Ferrum			
Ash-leaved maple	521,10	32,26	29,41
Silver birch	301,70	21,79	26,89
Black locust	304,10	12,86	21,85
Manganese			
Ash-leaved maple	87,16	4,97	24,63
Silver birch	81,66	4,82	22,35
Black locust	45,49	2,64	29,54
Zinc			
Ash-leaved maple	7,22	0,09	30,41
Silver birch	44,55	1,86	32,85
Black locust	9,50	0,20	31,45
Copper			
Ash-leaved maple	1,46	0,07	25,54
Silver birch	2,35	0,15	29,56
Black locust	1,38	0,05	28,75
Lead			
Ash-leaved maple	0,210	0,023	31,44
Silver birch	0,165	0,018	36,85
Black locust	0,129	0,014	35,78
Cadmium			
Ash-leaved maple	0,007	0,002	30,29
Silver birch	0,031	0,006	31,77
Black locust	0,003	0,001	32,45

M – Arithmetic mean, m – Standard error of mean,
CV% – Coefficient of variability.

In the Vegetation of the World, the average Copper content is about 8 mg*kg⁻¹ d.w. [9, 12, 20]. We found that the concentrations of this metal in the leaves of all tree species were significantly below this level. Average Lead content in the vegetation is around 1,25 mg*kg⁻¹ d.w. [9, 12], and in

the leaves of trees it is at the level of 0,5–1,0 mg*kg⁻¹ d.w. [12, 20]. The analysis of obtained results shows that at a control site the concentrations of this metal in the leaves of all the investigated tree species were below these values (Table 2).

The similar consistent patterns were found for Cadmium concentrations. In all the vegetation its content is 0,03–0,05 mg*kg⁻¹ d.w. At a control site, the concentrations of this metal in the leaves of all the tree species were below these values (Table 2).

Thus, at a control site in the leaves of the trees, the only Ferrum and partially Zinc concentrations lie within the range of average values established for the vegetation. While, the concentrations of other metals (Manganese, Copper, Lead and Cadmium) are 2–7 times lower than the average values. In our opinion, this phenomenon can be explained by the effect of regional geochemical and biogeochemical anomaly, which is characterized by the increased content of Ferrum and Zinc. In addition, we believe that casual autumn dynamics of chemical elements in plants has the effect on the concentration of heavy metals in the leaves of trees.

Macronutrients and heavy metals content in leaves at a devastated lands. In the devastated lands at Kryvyi Rih iron-ore & metallurgical district, the content of Potassium in the leaves of the trees is less than control values (Fig. 2).

We found that, in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih region Potassium concentrations were less than the control values in Maple – by 15-70% (P<0,05), in Birch – by 15–55% (P<0,05). In the leaves of Black locust, both potassium content reduction (plots II III – by 10-45% (P<0,05) less) and accumulation of this element (plots IV – by 20% (P<0,05) higher) were detected.

Calcium content in the leaves emerged below than control values too (Fig. 2): in Birch – by 19–54% (P<0,05) and in Black locust – by 51–62% (P<0,05). It should be noted that the concentrations of this metal in Maple's leaves at the plots II, IV, V were at the level of control values, while at the plot III they were by 40% (P<0,05) less than the control values (Fig. 2).

The analysis of obtained results (Fig. 2) shows that the Magnesium content was both higher and lower than the control values. Thus, in the leaves of Birch the accumulation of this element is predominant, the excess of control values is by 25–70% (P<0,05). In Maple's leaves, Magnesium concentrations at plot II were by 14% (P<0,05) above control and at plots I and III they were 10–55% (P<0,05) less than control values. The content of this element in Black locust's leaves was within the control values (plots II and V) or by 17% (P<0,05) less (plot II).

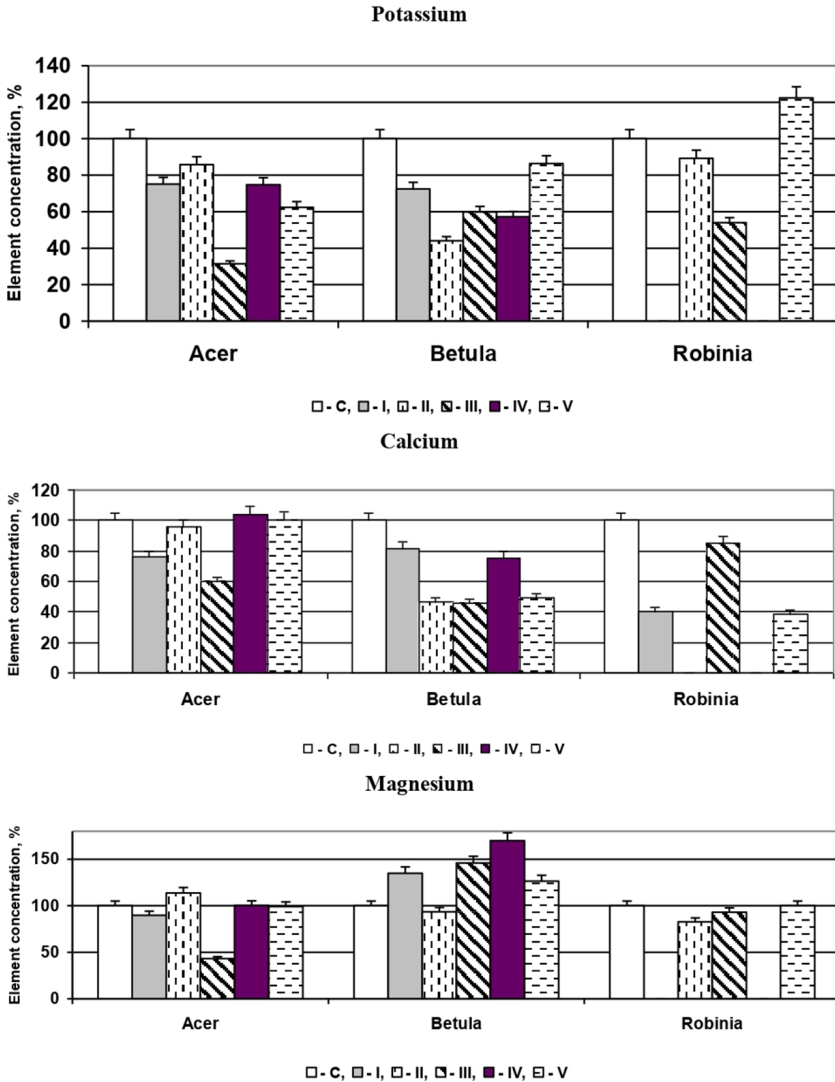


Figure 2. The relative K, Ca, Mg content in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district

The element content in the control is 100%.

Research areas: C – control, I, II, III, IV, V plots on devastated land.

Acer – Ash-leaved maple, Betula – Silver Birch, Robinia – Black locust

It was found that the Phosphorus content in the leaves of trees from devastated lands was less than control values (Fig. 3): by 21–61% ($P < 0,05$) for Maple and by 46–63% ($P < 0,05$) for Robinia. The content of this element in the Birch's leaves in most cases (plots II, II, IV) was below the control values by 44–54% ($P < 0,05$), but at the plot V it emerged by 55% ($P < 0,05$) higher than the control value. The data on Figure 3 show that in all cases the content of Sulphur in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih region were notably, 2–12 times, higher than the control values ($P < 0,05$).

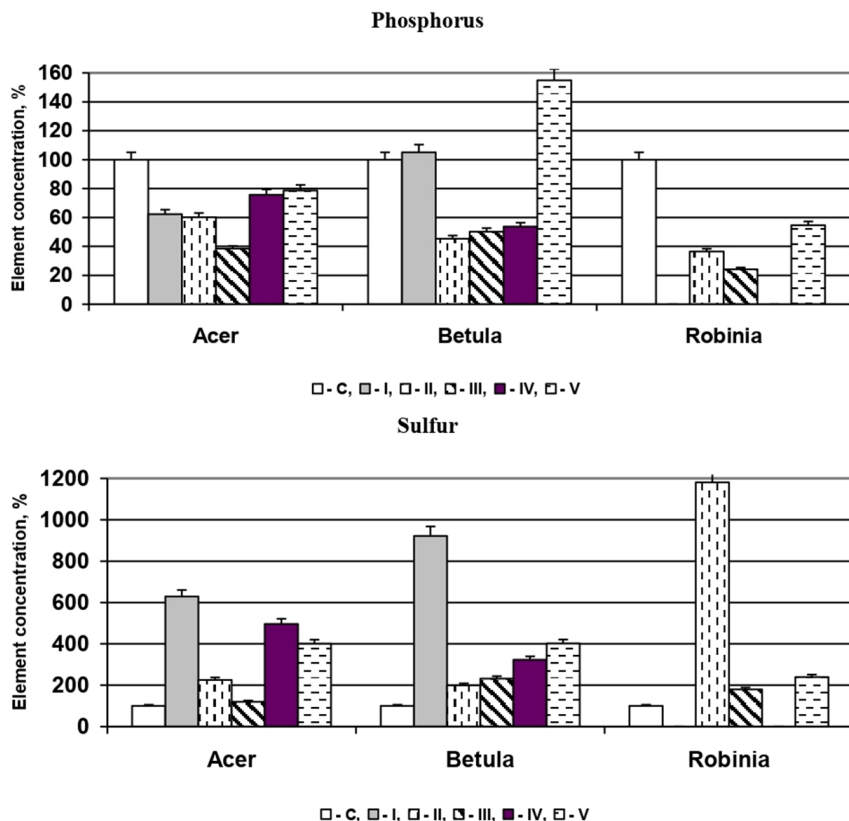


Figure 3. The relative P и S content in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district

The element content in the control is 100%.

Research areas: C – control, I, II, III, IV, V plots on devastated land.

Acer – Ash-leaved maple, Betula – Silver Birch, Robinia – Black locust

The analysis of obtained results shows that in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih region only accumulation of Ferrum is statistically significant (Fig. 4). Thus, the concentrations of this metal in the leaves were higher than the control values: in Black locust by 1,7–2,4 times ($P < 0,05$), in Birch by 1,9–4,0 times ($P < 0,05$), in Maple by 1,2–5,0 times ($P < 0,05$).

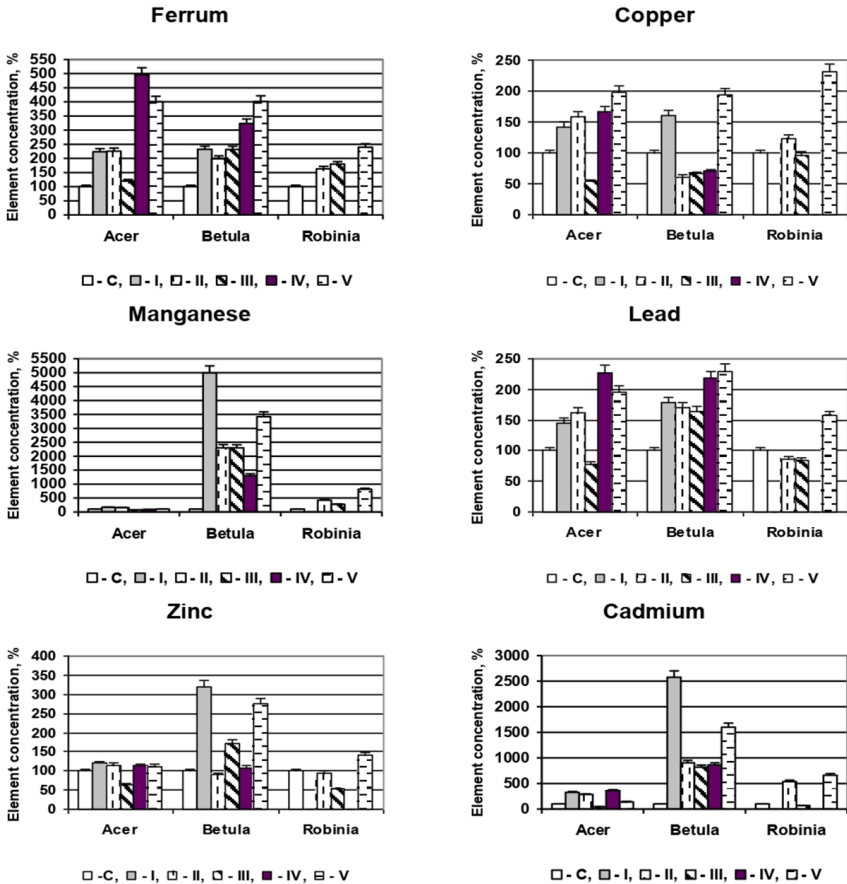


Figure 4. **The relative heavy metals content in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district**

The element content in the control is 100%.

Research areas: C – control, I, II, III, IV, V plots on devastated land.

Acer – Ash-leaved maple, Betula – Silver Birch, Robinia – Black locust

Manganese content exceeds the control values in Black locust leaves (by 2,7–8,1 times ($P < 0,05$)) and in Birch (by 13–49 times ($P < 0,05$)). While, in the Maple leaves, both accumulation of this metal (at plots I and II by 1,5–1,7 times above the control ($P < 0,05$)) and its “leaching” (at plots III and IV by 15–19% below control ($P < 0,05$)) were found.

In most cases, the Zinc contents in the leaves of trees were higher than the control values: by 11–19% ($P < 0,05$) in Maple, by 1,4 times ($P < 0,05$), in Black locust and 1,7–3,2 times ($P < 0,05$) in Birch. It was also found that at plot III concentrations of this metal were below the control values: in Maple by 37% ($P < 0,05$) and in Black locust by 48% ($P < 0,05$).

It is established that only Copper accumulation was statistically significant in the leaves of Black locust. The concentration of this metal was by 1,2–2,3 times ($P < 0,05$) above the control values. In the leaves of other tree species both high and low Copper content were detected. Thus, the concentrations of this metal exceed the control values: by 1,4–2,0 times ($P < 0,05$) at plots I, II, III and V in Maple, by 16,9 times ($P < 0,05$) at plots I and V in Birch. At the same time, the Copper content in the leaves was lower than the control values: by 46% ($P < 0,05$) at plots III in Maple, by 31–39% at plots III and IV in Birch.

Our findings (Fig. 4) show that Lead concentrations in Birch leaves at all the plots were higher than the control values by 1,6–2,3 times ($P < 0,05$). In Maple leaves at plots I, II, IV and V this metal's concentrations were also higher than control values, by 1,5–2,3 ($P < 0,05$). But at plot III the Lead content was below than control by 23% ($P < 0,05$). In Black locust leaves, this metal accumulation was detected only at plot V, where its content was 1,6 times higher than control ($P < 0,05$). At the same time at plots III and IV, the Lead concentrations were below than control values by 14–16% ($P < 0,05$). Cadmium content in the leaves of woody plants exceed the control values: by 9–25 times ($P < 0,05$) in Birch, by 5,4–6,6 times ($P < 0,05$) in Black locust and by 5,4–6,6 times ($P < 0,05$) in Maple. It should also be noted that at plots III, the concentration of this metal is below the control values in the leaves of Maple and Black locust a, respectively by 32% and 45% ($P < 0,05$).

Discussions. All macronutrients that we have studied (K, Ca, Mg, P, and S) are biologically significant chemical elements. Therefore, these elements have a significant influence on all the important processes of life, growth and development of woody plant species [5, 12, 15]. In the course of evolution, for each chemical element, a certain interval of optimum was formed. The information about this interval is very important for the biological evaluation of the element content [8, 9].

According to scientific publications, the optimal Potassium concentration in plants is from 10 000 to 14 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., while the content of this element exceeding 25 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. is considered as phytotoxic [6, 8, 9, 20]. According to the results of our research, at a control site in the leaves of Black locust and Birch, the Potassium concentration was below the biological optimum (4 200–4 700 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.). The content of this metal in the leaves of Ash-leaved maple was slightly higher (about 10 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.), but it was at the lower level of biological optimum.

On devastated lands at Kryvyi Rih iron-ore & metallurgical district, the Potassium concentration ranges from 200 to 870 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., which is much less than the values of biological optimum. This is undoubtedly indicative of a deficiency of Potassium content for these plants.

The average optimal Calcium concentration in plants is between 10 000 and 20 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., and its phytotoxic amount is over 40 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [6, 8, 9, 20]. At the control site, the concentration of this element was within the biological optimum. On devastated lands, the growth and development of woody plants occur with some deficiency of this macroelement. The Calcium concentration in Birch leaves is 6 400–11 300 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., in Black locust leaves is 7 800–16 400 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.

The average Magnesium concentration in plants actually coincides with the range of biological optimum (1 000–3 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.), and the phytotoxic concentration is more than 5 500 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. [6, 8, 9, 20]. According to the results of our studies, the content of this metal in the leaves of trees at the control site is near the upper limit of the biological optimum (2 800–3 600 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.), but does not exceed the threshold of its phytotoxicity. On devastated lands, the Magnesium concentration in the leaves of trees in most cases was above the upper limit of the biological optimum (3 200 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.) but was below the phytotoxicity threshold (5 500 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w.).

According to scientific publications, the optimal Phosphorus concentration in plants is 1 000–3 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w., the content of this element greater than 5 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. is considered as phytotoxic [6, 8, 9, 20]. We found that at the control site the Phosphorus, content in the leaves of trees was at the minimum level of its biological optimum 950–1 500 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. On devastated lands, in most cases, its concentration was much lower than the values of the biological optimum 350–750 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. This fact indicates a deficit of this macronutrient.

The range of biological optimum for Sulfur content in plants is 1 500–2 500 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. and the phytotoxicity threshold is greater than 5 000 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ d.w. and [6, 8, 9, 20]. We found that at a control site in the

leaves of trees, the Sulfur content was below the values of the biological optimum (650–950 mg*kg⁻¹ d.w.). On devastated lands, in all cases, the Sulfur concentration in the leaves of trees was higher than control. However, the content of this element, with rare exceptions (Black locust at plot II), was in the range of biological optimum and did not exceed the phytotoxicity threshold.

According to the scientific literature [3, 12, 13, 27], 100–250 mg*kg⁻¹ d.w. Ferrum concentration in plants is considered optimal, and the phytotoxicity threshold is 500–550 mg*kg⁻¹ d.w. We find that woody plants in all study areas contain extremely high concentrations of Ferrum in leaves: 300–500 mg*kg⁻¹ d.w. at a control site and 650–2010 mg*kg⁻¹ d.w. at devastated lands. Therefore, it can be assumed that woody plants are clearly exposed to the phototoxic effects of high concentrations of this metal.

Manganese content in plants from 50 to 200 mg*kg⁻¹ d.w. considers as optimal, and if metal content is more than 300–400 mg*kg⁻¹ d.w. a stable phytotoxic effect was observed [3, 10, 12, 29]. We found that at a control site a Manganese concentrations in the leaves of trees for all species was in the optimality range — 50–90 mg*kg⁻¹ d.w. On devastated lands, the content of this metal in the Maple's leaves was slightly higher than the control values (70–170 mg*kg⁻¹ d.w.), but does not go beyond the optimum. While, the Manganese concentrations in Black locust's leaves and in Birch's leaves significantly exceed the toxicity threshold (300–800 and 2300–5000 mg*kg⁻¹ d.w., respectively). Hence, the plants are influenced by Manganese phytotoxicity.

For Zinc, the optimum range of its content in plants is 10–50 mg*kg⁻¹ d.w. and its phytotoxicity threshold is 100 mg*kg⁻¹ d.w. [10, 12, 26, 30]. According to our studies results, the concentrations of this metal in the leaves of Maple and Black locust were in the optimum range (both at the control site and on the devastated lands (except for plot V)). In Birch leaves, Zinc concentrations reach 100–280 mg*kg⁻¹ d.w., which actually exceeds the phytotoxicity threshold.

Data from scientific publications indicate that Copper concentrations in plants of 5–10 mg*kg⁻¹ d.w. are maintained optimal, and the phytotoxical threshold is greater than 20 mg*kg⁻¹ d.w. [3, 11, 25, 26]. The results of our studies have shown that the concentrations of this metal in the leaves of all three tree species do not exceed the lower threshold of the optimum zone: at a control site — 1,4–2,4 mg*kg⁻¹ d.w. and at devastated lands — 0,8–4,6 mg*kg⁻¹ d.w. Therefore, we can assume that there is a deficiency of this important trace element.

The biological optimum range for Lead concentration in plants is 5–10 mg*kg⁻¹ d.w., and the phytotoxic threshold is 30 mg*kg⁻¹ d.w. [4, 11, 13, 20]. We have found that the content of this metal in the leaves of trees does not exceed the minimum value of the biological optimum: 0,13–0,21 mg*kg⁻¹ d.w. at the control site and 0,1–0,48 mg*kg⁻¹ d.w. at devastated lands.

According to scientific publications, the optimal Cadmium concentration in plants is 0,005–0,020 mg*kg⁻¹ d.w., the content of this element greater than 0,200 mg*kg⁻¹ d.w. is considered as phytotoxic [3, 10, 25, 28]. We found that at a control site, the content of this metal in the leaves of all three species was within the optimum range: 0,0029–0,0306 mg*kg⁻¹ d.w. At devastated lands, Cadmium concentration was also in the optimum range for Maple (0,0103–0,0234 mg*kg⁻¹ d.w.) and for Black locust (0,0029–0,0200 mg*kg⁻¹ d.w.). For Birch leaves, the content of this metal in all cases exceeds the values of the phytotoxicity threshold 0,2508–0,4897 mg*kg⁻¹ d.w.

Among the woody plants species that we have investigated, the maximum concentrations of macronutrients have been identified in Black locust and Ash-leaved maple. The maximum concentrations of heavy metals were found in the Silver birch.

Conclusions. Macronutrient (K, Ca, Mg, P, S) and heavy metals (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) contents in leaves of three tree species indicate a difficult ecological conditions on the Petrovsky waste rock dump devastated lands at the Kryvyi Rih iron-ore & metallurgical district. The growth and development of trees on these devastated lands is carried out with a clear nutrient's shortage (especially K and P) and metal's excess (especially Fe, Mn and Zn).

Taking into account the revealed values of macronutrients optimal concentrations and revealed the heavy metals lowest content in the leaves, we assume that Ash-leaved maple *Acer negundo* and Black locust *Robinia pseudoacacia* (compared to the Silver Birch *Betula pendula*) are more resistant to the geochemical conditions of devastated lands. Therefore, species of trees can be recommended for the creation of artificial tree plantations on devastated lands.

Acknowledgements. The authors are grateful to the to the DAAD program "Scientific Cooperation with Universities in Developing Countries" for the opportunity to perform analytical work at the Institute of Biosciences Laboratory, Freiberg University of Technology and Mining Academy (Freiberg, Germany).

Reference

1. Adams, M. B. (ed.). (2017). *The forestry reclamation approach: guide to successful reforestation of mined lands*. U.S. Department of Agriculture, Forest Service. <https://doi.org/10.2737/NRS-GTR-169>
2. Ajasa, Al. M., Bello, O. M. O., Ibrahim, A. O., Ogunwande, I. A., & Olawore, N. O. (2004). Heavy trace metals and macronutrients status in herbal plants of Nigeria. *Food Chemistry*, 85 (1), 67–71. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.06.004>
3. Ali, H., Khan, E., & Sajad, M. A. (2013). Phytoremediation of heavy metals –concepts and applications. *Chemosphere*, 91, 869–881. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075>
4. Amanifar, S., Aliasgharzad, N., Toorchi, M., & Zarei, M. (2014). Lead phytotoxicity on some plant growth parameters and proline accumulation in mycorrhizal tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *International Journal of Biosciences*, 4 (10), 80–88. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.10.80-88>
5. Barker, A. V., & Pilbeam, D. J. (2010). *Handbook of plant nutrition*. Taylor & Francis Group.
6. Bashkin, V. N., & Kasimov, N. S. (2004). *Biogeochemiya [Biogeochemistry]*. Scientific World. (in Russian).
7. Bielyk, Yu. V., Savosko, V. M., & Lykholat, Yu. V. (2019). Taxonomic composition and synanthropic characteristic of woody plant community on Petrovsky waste rock dumps (Kryvorizhzhya)]. *Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District*, 4, 104–113. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2565> (in Ukrainian).
8. Dmytruk, Yu. M., & Berbets M. A. (2009). *Fundamentalna bioheokhimiia [Fundamentals of Biogeochemistry]*. Book-XXI. (in Ukrainian).
9. Dobrovolskiy, V. V. (2003). *Fundamentalnaya biogeochemiya [Fundamentals of Biogeochemistry]*. Publishing Center “Academy”. (in Russian).
10. Emamverdian, A., Ding, Y., Mokhberdoran, F., & Xie, Y. (2015). Heavy metal stress and some mechanisms of plant defense response. *The Scientific World Journal*, 2015, 1–18. <https://doi.org/10.1155/2015/756120>

11. Gjorgieva-Ackova, D. (2018). Heavy metals and their general toxicity for plants. *Plant Science Today*, 5 (1), 14–18. <https://dx.doi.org/10.14719/pst.2018.5.1.355>
12. Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace elements in soils and plants*. Taylor and Francis Group.
13. Katrin, V. (2014). How plants cope with heavy metals. *Botanical Studies*, 55, 35. <https://doi.org/10.1186/1999-3110-55-35>
14. Kivinen, S. (2017). Sustainable post-mining land use: are closed metal mines abandoned or re-used space? *Sustainability*, 9, 1705. <https://doi.org/10.3390/su9101705>
15. Maathuis, F. J. M. (2009). Physiological functions of mineral macronutrients. *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 250–258 (2009). <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.04.003>
16. Macdonald, S. E., Landhausser, S. M., Skousen, J., Franklin, J., Frouz, J., Hall, S., Jacobs, D., & Quideau S. (2015). Forest restoration following surface mining disturbance: challenges and solutions. *New Forests*, 46, 703–732. <https://doi.org/10.1007/s11056-015-9506-4>
17. McDonald, J. H. (2014). *Handbook of biological statistics*. Sparky house publishing.
18. Pietrzykowski, M. (2019). Tree species selection and reaction to mine soil reconstructed at reforested post-mine sites: Central and eastern European experiences. *Ecological Engineering*, 3, 100012. <https://doi.org/10.1016/j.ecoena.2019.100012>
19. Ranjan, V., Sen, P., Kumar, D., & Singh, B. (2016). Reclamation and rehabilitation of waste dump by eco-restoration techniques at Thakurani iron ore mines in Odisha. *International Journal of Mining and Mineral Engineering*, 7 (3), 253–264. <https://doi.org/10.1504/IJMME.2016.078372>
20. Rudyshyn, S. D. (2013). *Fundamentalna bioeokhimiia [Fundamentals of Biogeochemistry]*. Academia Publishing Center. (in Ukrainian).
21. Savosko, V. M., Lykholat, Yu. V., Domshyna, K. M., & Lykholat, T. Yu. (2018). Ekolohichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnykv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs' dispersal on the devastated lands at Kryvorizhzhia]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130. <https://doi.org/10.15421/111837> (in Ukrainian).

22. Savosko, V.M., Lykholat, Y.V., Bielyk, Yu.V., & Lykholat, T. Yu. (2019b). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
23. Skousen, J., & Zipper, C.E. (2014). Post-mining policies and practices in the Eastern USA coal region. *International journal of coal science & technology*, 1 (2), 135–151. <https://doi.org/10.1007/s40789-014-0021-6>
24. Tripathi, D.K., Singh, V.P., Chauhan, D.K., Prasad, S.M., & Dubey, N.K. (2014). Role of macronutrients in plant growth and acclimation: recent advances and future prospective. In: P. Ahmad, M. Wani, M. Azooz, L.S. Phan Tran (eds) *Improvement of crops in the era of climatic changes* (Vol.2, pp.197–216). Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-8824-8_8
25. Versieren, L., Evers, S., Abd Elgawag, H., Asard, H., & Smolders, E. (2017). Mixture toxicity of copper, cadmium, and zinc to barley seedlings is not explained by antioxidant and oxidative stress biomarkers. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36, 220–230. <https://doi.org/10.1002/etc.3529>
26. Yadav, S. (2010). Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins. *South African Journal of Botany*, 76, 167–179. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.10.007>
27. Zengin, F.K., & Munzuroglu, O. (2005). Effects of some heavymetals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47 (2), 157–164.
28. Zhou, B., Yao, W., Wang, S., Wang, X., & Jiang, T. (2014). The metallothionein gene *TaMT3* from *Tamarix androssowii* confers Cd²⁺ tolerance in Tobacco. *International Journal of Molecular Sciences*, 15 (6), 10398–10409. <https://doi.org/10.3390/ijms150610398>
29. Zipper, C.E., Burger, J., Skousen, J.G., Angel, P.N., Barton, C.D., Davis, V., & Franklin, J. (2011). Restoring forests and associated ecosystem services on appalachian coal surface mines. *Environmental Management*, 47, 751–765 (2011). <https://doi.org/10.1007/s00267-011-9670-z>
30. Zivkovic, J., Razic, S., Arsenijevic, J., & Maksimovi, Z. (2012). Heavy metal contents in *Veronica* species and soil from mountainous areas

in Serbia. *Journal of the Serbian Chemical Society*, 77 (7), 959–970. <https://doi.org/10.2298/jsc111225221z>

31. Zika, M., & Erb, K. H. (2009). The global loss of net primary production resulting from human-induced soil degradation in drylands. *Ecological Economics*, 69, 310–318. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.06>

**ВМІСТ МАКРОНУТРИЄНТІВ ТА ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
У ЛИСТКАХ ДЕРЕВ З ДЕВАСТОВАНИХ ЗЕМЕЛЬ
КРИВОРІЗЬКОГО РЕГІОНУ (ЦЕНТРАЛЬНА УКРАЇНА)**

**Ю. В. Білик¹, В. М. Савосько², Ю. В. Лихолат¹,
Н. Хайльмейер³, І. П. Григорюк⁴**

¹ — Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
Дніпро, Україна

² — Криворізький державний педагогічний університет, Кривий Ріг,
Україна

³ — Університет технологій та гірничої справи Фрайберга, Фрайберг,
Німеччина

⁴ — Національний університет біоресурсів та природокористування
України, Київ, Україна

Анотація. Актуальність досліджень була зумовлена необхідністю уточнення біогеохімічних характеристик деревних видів рослин, які природно зростають на девастрованих землях. Метою роботи було проведення порівняльного аналізу вмісту макропоживних речовин (макронутрієнтів) та важких металів у листках дерев, що спонтанно поширені на девастрованих землях Криворізького регіону. Дослідження проводилося на Петровському відвалі, центральна частина Криворізького залізорудного та металургійного регіону (Дніпропетровська область, Україна). Вміст макронутрієнтів (К, Са, Mg, Р та S) і важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb та Cd) у листках трьох видів дерев (клен ясенелистий *Acer negundo* L., береза повисла *Betula pendula* Roth., робінія звичайна *Robinia pseudoacacia* L.) були зібрані на девастрованих землях. Встановлено, що вміст макроелементів (К, Са, Mg, Р, S) та важких металів (Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Cd) в листках деревних видів рослин маніфестує важкі екологічні умови на девастрованих землях Петровського відвалу.

Дерева, які природно зростають на цьому відвалі, мають очевидну нестачу поживних речовин (особливо К і Р) та надлишок токсичних металів (особливо Fe, Mn та Zn). Беручи до уваги виявлені значення оптимальних концентрацій макронутрієнтів та виявлений вміст важких металів у листках, ми припускаємо, що клен ясенелистий та робінія звичайна сарана (в порівнянні з березою повислою) більш стійкі до геохімічних умов девастрованих земель.

Ключові слова: макронутрієнти, важкі метали, клен ясенелистий, береза повисла, робінія звичайна, девастровані землі, Криворізький регіон.

Citation as:

Bielyk, Yu. V., Savosko, V. M., Lykholat, Yu. V., Heilmeier, H., & Grygoryuk, I. P. (2020). Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih district (Central Ukraine). *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 81–99. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-brd.v5i0.4355>

APA

ДСТУ
8302:2015

Bielyk Yu.V., Savosko V.M., Lykholat Yu.V., Heilmeier H., Grygoryuk I.P. (2020). Macronutrients and heavy metals contents in the leaves of trees from the devastated lands at Kryvyi Rih District (Central Ukraine). *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 81-99.

ЭКОЛОГО-АГРОНОМИЧЕСКИЕ СОСТАВЛЯЮЩИЕ ЭКСПОРТНОГО ПОТЕНЦИАЛА ТЕПЛИЧНОГО КОМПЛЕКСА РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

И. П. Козловская*

*Белорусский государственный аграрный технический университет,
г. Минск, Республика Беларусь*

Аннотация. Актуальность наших исследований обусловлена необходимостью поиска резервов для увеличения экспортного потенциала тепличного комплекса Республики Беларусь. Целью работы было проведение анализа экспортного потенциала и технической оснащенности тепличного овощеводства Республики Беларусь, а также выявление резервов для повышения эффективности функционирования отрасли.

Тепличное овощеводство Республики Беларусь, как отрасль, характеризуется стабильностью производства и динамичным развитием. В настоящее время тепличный комплекс этой страны включает 21 крупнотоварное предприятие, которые производят на общей площади 250,5 га более 94% тепличной продукции. В среднем за 2016–2018 гг. ими произведено около 135 тыс. тон такой продукции (при средней урожайности 46,92 кг/м²). Значимая ее часть поступает на внешний рынок. Мы полагаем, что основой развития тепличного комплекса Республики Беларусь должно стать изыскание возможностей наращивания экспортного потенциала. При этом реальный путь повышения эффективности отрасли — это использование инновационных эколого-агрономических технологических решений.

Ключевые слова: зимние теплицы, овощи, экспортный потенциал, эколого-агрономические компоненты, техническая оснащенность.

Введение. При оценке состояния внутреннего продовольственного рынка в мировой практике применяется понятие продовольственная безопасность — доступность продуктов питания для всего населения страны в количестве и качестве, необходимом для активной и здоровой жизни. Продовольственная безопасность имеет социально-экономический и политико-экономический характер, является составной частью национальной безопасности государства и условием стабильной жизнедеятельности общества [1, 3, 14, 21].

*Corresponding author. E-mail addresses: k_irina@tut.by

Для Беларуси обеспечение продовольственной безопасности — одна из самых актуальных проблем, так как страна выходит на новый уровень решения задач продовольственной безопасности, когда требуется обеспечить высокое качество питания для населения, востребованность белорусской продукции на внешних рынках, интеграцию в мировой продовольственный рынок [4, 8, 15, 18].

В связи с этим в Республике Беларусь принята Доктрина национальной продовольственной безопасности, которая определяет стратегию устойчивого обеспечения населения продовольствием до 2030 года. Реализуется Доктрина путем развития конкурентоспособного аграрного производства, а также создания социально-экономических условий для поддержания потребления основных продуктов питания на рациональном уровне [6, 16].

В Беларуси в последние три года сформировалась стойкая тенденция: ежегодное потребление овощей на душу населения увеличивается почти на пять процентов. Однако очень важно не только сохранить потребление овощей на достигнутом уровне, но и для оптимизации структуры питания населения Республики Беларусь увеличить долю овощей, употребляемых в свежем виде, особенно во внесезонное время.

Основным производителем овощей для употребления в свежем виде является тепличный комплекс Республики Беларусь, развитие которого предусматривает расширение ассортимента овощных культур. Наряду с традиционными огурцом и томатом расширяется производство сладкого перца и баклажана, зеленных культур. Также очень важно выявить резервы для дальнейшего повышения эффективности его функционирования [2, 7, 9, 20]. По мнению ведущих мировых экспертов таким резервом может быть выявление и дальнейшее использование эколого-агрономических составляющих экспортного потенциала тепличного комплекса любой страны [5, 10, 17, 19].

Цель работы — провести анализ экспортного потенциала и технической оснащенности тепличного овощеводства Республики Беларусь, изыскать резервы повышения эффективности функционирования отрасли.

Материалы и методика исследований. В основу нашего исследования были положены результаты наших предыдущих публикаций, а также материалы статистической отчетности Министерства сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. В нашей работе были использованы классические научные методы: анализ и синтез, индукция и дедукция, аналогия и формализация, абстрагирование и конкретизация, классификация и моделирование.

Результаты и их обсуждение. Гарантированное и устойчивое снабжение населения Республики Беларусь витаминной продукцией возможно на основе развития и эффективного функционирования отрасли овощеводства и всего овощепродуктового подкомплекса. Особую роль в обеспечении населения свежими овощами в осенне-зимний и зимне-весенний период играет тепличный комплекс страны. Основная цель развития которого — гарантированное и устойчивое снабжение населения республики овощной продукцией во внесезонное время и формирование экспортного потенциала [11–13].

Тепличное овощеводство республики, как отрасль характеризуется стабильностью производства и динамичным развитием (Рис. 1). В настоящее время тепличный комплекс страны это 21 крупнотоварное предприятие, которые производят на общей площади 250,5 га более 94% тепличной продукции.

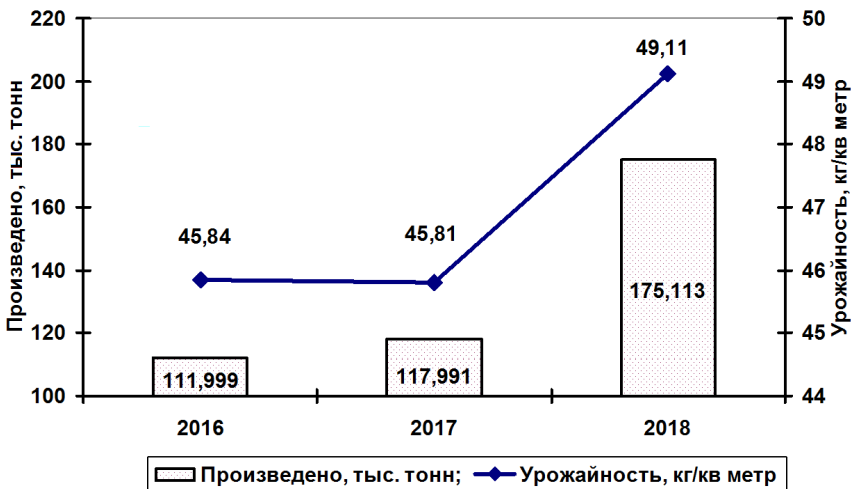


Рис. 1. Производство и урожайность тепличных овощей в Республике Беларусь

Figure 1. Production and yield of greenhouse vegetables in Republic of Belarus

На душу населения в республике производится ежегодно 12–13 кг тепличной продукции. Однако фактическое потребление тепличных овощей отечественного производства существенно ниже, так как значительная ее часть поставляется на экспорт.

Поставки тепличной продукции на экспорт весьма существенно различались по областям республики (Рис. 2). Так, тепличные комбинаты Могилевской области за последние три года на экспорт поставляли около 3% от общего количества произведенной продукции, в Гродненской — 7,3%. Постепенно наращивала экспорт тепличной продукции Минская область, и в среднем за последние три года доля экспортной продукции составила почти 35%.

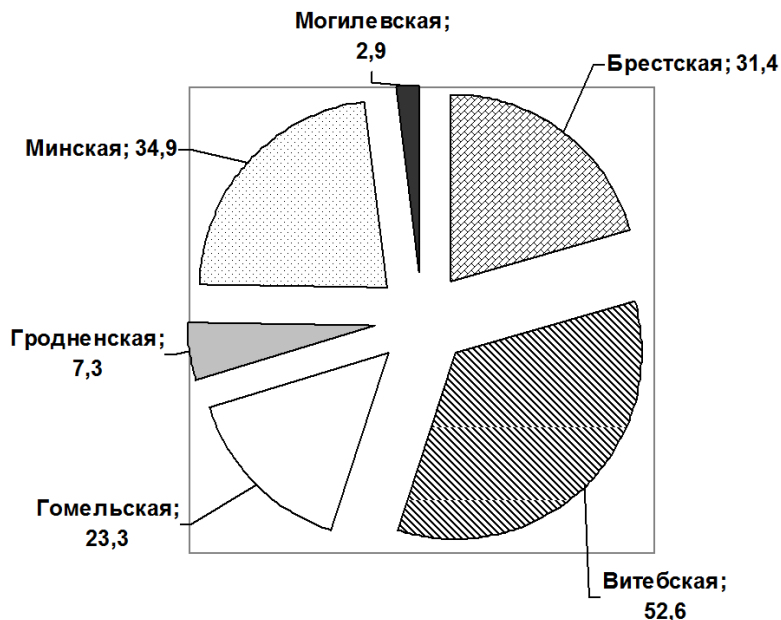


Рис. 2. Экспорт тепличных овощей в Республике Беларусь, % от произведенной продукции (среднее за 2016–2018 гг.)
Figure 2. Export of greenhouse vegetables in Republic of Belarus, % of manufactured products (average for 2016–2018)

На долю экспорта в Гомельской и Брестской областях приходилось около 1/3 от всей произведенной тепличными комбинатами продукции. Лидером же по экспортным поставкам тепличных овощей стала Витебская область, которая за последние три года стабильно экспортирует более половины произведенной продукции. В среднем по республике за последние три года более 1/3 произведенных тепличных овощей поставляется на экспорт.

Для сохранения и расширения экспортного потенциала отрасли, активного развития тепличного комплекса страны особое значение приобретает разработка механизма формирования конкурентных преимуществ. И на внутреннем рынке есть резервы увеличения потребления тепличных овощей отечественного производства. Причем, стабильность сбыта тепличной продукции на внутреннем рынке при усилении внешней конкуренции позволит качественно улучшить рацион населения республики. Сдерживающим фактором расширения внутреннего рынка является достаточно высокие цены на тепличную продукцию в сочетании с низкой покупательной способностью населения.

Основой развития тепличного комплекса Республики Беларусь должно стать повышение эффективности производства, которое определяется снижением себестоимости продукции и улучшением ее качества; повышением урожайности и расширением ассортимента овощных культур; формированием сбалансированного, эффективного внутреннего рынка тепличной продукции с развитой инфраструктурой, защищающей своего производителя. Наряду с этим важным является изыскание возможностей наращивания экспортного потенциала.

Экономический аспект устойчивого развития отрасли определяется стабильной, эффективной работой каждого тепличного комбината. Для ликвидации отставания ряда тепличных комбинатов необходимо свести к минимуму факторы, сдерживающих их развитие. При этом очень важно использовать эколого-агрономические составляющие такого успеха. Например, реальный путь повышения эффективности отрасли — использование инновационных эколого-агрономических технологических решений. Так, в КСУП «Берестье» внедрена бессубстратная технология выращивания тепличных культур. Рассада выращивается в кубике минеральной ваты, который после завершения рассадного периода, устанавливается на полистирольный блок [10, 13].

Корневая система из кубика минеральной ваты прорастает в светонепроницаемый пластиковый рукав, наполненный питательным раствором. Питание растений осуществляется через систему капельного полива, капельница закрепляется в кубике минеральной ваты. В течение всей вегетации корни растений размещены в питательном растворе, который подается в пластиковый рукав по мере потребления растениями. Такая технология исключает закупки минеральной ваты, что значительно снижает затраты при производстве овощей. Использование инновационной бессубстратной технологии обеспечивает формирование нового агрономического технологического уклада в тепличном овощеводстве. Такой уклад позволяет наиболее полно

реализовать экологический и биологический потенциал тепличных растений [11, 12].

В последнее время в Республике Беларусь постоянно ведется планомерная работа в направлении технического переоснащения тепличного комплекса. Осуществлена реконструкция существующих зимних теплиц; произведено разделение контуров обогрева теплиц, практически на всех площадях сегодня используется капельный полив, система подачи углекислого газа, энергосберегающие светильники, компьютерная автоматизация регулирования параметров микроклимата. Такая экологическая (климатическая и агрокультурная) реконструкция теплиц интенсифицирует производство, что позволяет получать значительно больший урожай с единицы площади за счет оптимизации экологических условий выращивания овощных культур. Например, в ЗАО «Щара-Агро» в 2015 году урожайность тепличных томатов составила всего 7,3 кг/м². Проведенная в этом же году модернизация теплиц обеспечила рост урожайности в последующие три года до 22,76–27,9 кг/м².

В 2015–2018 годах наряду с реконструкцией на территории Республики Беларусь построено и введено в эксплуатацию 12,4 га энергосберегающих зимних теплиц.

Ввиду того, что реконструкция некоторых зимних теплиц оказалась нецелесообразной, так как их конструкции устарели морально, было принято решение вывести их из эксплуатации. Площади таких теплиц составили 12 га.

**Таблица 1. Зимние теплицы амортизационной группы
в Республике Беларусь
(по состоянию на 1 января 2019 г.)**

**Table 1. Winter greenhouses of the depreciation group in the
Republic of Belarus (as of January 1, 2019)**

Область	Площадь теплиц, га
Брестская	13,00
Витебская	2,00
Гомельская	32,99
Гродненская	9,00
Минская и г. Минск	34,84
Могилевская	19,00
Всего по Республике Беларусь	110,83

Часть зимних теплиц, срок эксплуатации которых превышает 30 лет, не подлежат реконструкции. Их дальнейшее использование не может быть признано энергетически и технологически эффективным. Поэтому они переведены в амортизационную группу. В Республике Беларусь таких теплиц 110,83 га, что составляет 44,2% от общей площади.

Достаточно высока доля теплиц амортизационной группы в Брестской области — 59,5%. (Табл. 1, Рис. 3). В Витебской области в эту категорию попали только 2 га теплиц, что составляет 7% от общей площади. В то же время, в Гомельской области, экологические и природно-климатические условия которой могут обеспечить экономию природного газа для отопления теплиц, в сравнении с Витебской площадь теплиц амортизационной группы составляет 32,99 га, т.е. около 85% от всей площади.

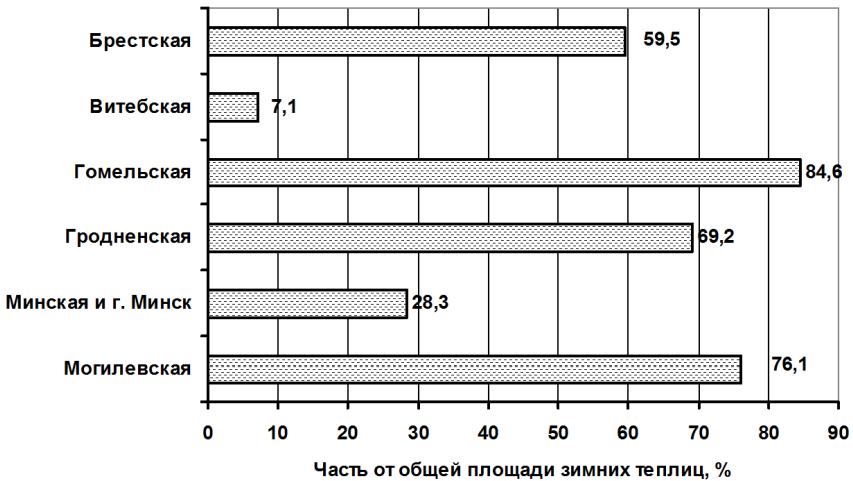


Рис. 3. Доля зимних теплиц амортизационной группы в Республике Беларусь, % от общей площади теплиц

Figure 3. The share of winter greenhouses of the depreciation group in Republic of Belarus, % of the total area of greenhouses

В Могилевской области в настоящее время используется 19 га теплиц, которые относятся к амортизационной группе, что составляет 76% от общей площади теплиц. За последние три года средняя урожайность тепличных овощей в этой области составила 38,65–39,04 кг/м²; в Витебской — с средним 53,6 кг/м². Если учесть, что и экспортные поставки тепличных овощей в Могилевской области

существенно ниже, чем в других областях республики, очевидно, что техническое переоснащение тепличного комплекса является тем резервом, использование которого позволит обеспечить не только потребности внутреннего рынка, и сформировать большой экспортный потенциал, но и в целом повысит эффективность работы зимних теплиц.

Выводы. В настоящее время в Республике Беларусь для повышения эффективности работы зимних теплиц и расширения экспортного потенциала тепличной продукции следует активно использовать эколого-агрономические компоненты резервов повышения их эффективности. В первую очередь следует заменять теплицы амортизационной группы теплицами современных конструкций в южных областях Республики (Брестской и Гомельской). Модернизация тепличного комплекса страны должна обеспечить формирование нового технологического уклада в тепличном овощеводстве, позволяющего наиболее полно реализовать экологический и биологический потенциалы тепличных растений.

Reference

1. Baeza, E. J., & Kacira, M. (2017). Greenhouse technology for cultivation in arid and semi-arid regions. *Acta Horticulturae*, 1170, 17–30. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.2>
2. Capuno, O. B., Gonzaga, Z. C., Loreto, M. B., Gerona, R. G., Borines, L. M., Tulin, A. B., Lusanta, D. C., Dimabuyu, H. B., Vega, M. L. P., Mangmang, J. S., & Rogers, G. S. (2015). Development of a cost-effective protected vegetable cropping system in the Philippines. *Acta Horticulturae*, 1107, 221–228. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1107.30>
3. Ciaccia, C., Ceglie, F. G., Burgio, G., Madžaric, S., Testani, E., Muzzi, E., Mimiola, G., & Tittarelli, F. (2019). Impact of agroecological practices on greenhouse vegetable production: comparison among organic production systems. *Agronomy*, 9 (7), 372. <https://doi.org/10.3390/agronomy9070372>
4. de Molina, G., & Guzmán Casado, G. I. (2017). Agroecology and Ecological Intensification. A Discussion from a Metabolic Point of View Manuel. *Sustainability*, 9 (1), 86. <https://doi.org/10.3390/su9010086>
5. DeLonge, M., & Basche, A. (2017). Leveraging agroecology for solutions in food, energy, and water. *Elementa Science of the Anthropocene*, 5, 6. <https://doi.org/10.1525/elementa.211>

6. Doktrina natsionalnoy prodovolstvennoy bezopasnosti Belarusi do 2030 goda [The doctrine of national food security of Belarus until 2030]. (2017). Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus ot 15 dekabrya 2017 g., N 962 [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, dated December 15, 2017, №962]. *Natsionalnyiy reestr pravovyyih aktov Respubliki Belarus [National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus]*, 5/44566. (in Russian).
7. Fernandez, J. A., Orsini, F., Baeza, E., Oztekin, G. B., Munoz, P., Contreras, J., & Montero, J. I. (2018). Current trends in protected cultivation in Mediterranean climates. *European Journal of Horticultural Science*, 83 (5), 294–305. <https://doi.org/10.17660/eJHS.2018/83.5.3>
8. Hodge, C. F., Rogers, M., Handeen, D., & Schweser, G. (2019). Yield of leafy greens and microclimate in deep winter greenhouse production in Minnesota. *Sustainability*, 11 (28), 1–11. <https://doi.org/10.3390/su11010028>
9. Hu, W., Zhang, Y., Huang, B., & Teng, Y. (2017). Soil environmental quality in greenhouse vegetable production systems in eastern China: Current status and management strategies. *Chemosphere*, 170, 183–195. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2016.12.047>
10. Kozlovskaya, I. P. (2012). *Ekonomicheskie i ekologicheskie aspektyi teplichnogo ovoshevodstva. Otsenka proizvodstvennyih tehnologiy [Economic and ecological aspects of greenhouse vegetable growing. Evaluation of the production technologies]*. LAP LAMBERT Academic Publishing. (in Russian).
11. Kozlovskaya, I. P. (2012). Povyishenie effektivnosti proizvodstvennyih tehnologiy v teplichnom proizvodstve [Improving the efficiency of production technologies in greenhouse production]. *Nauchnoe obespechenie agropromyshlennogo proizvodstva, Materialyi Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, Chast 2 [Scientific support of agro-industrial production, Proceedings of the International scientific-practical conference, Part 2]*, 53–55. Kursk State Agricultural Academy. (in Russian).
12. Kozlovskaya, I. P., & Kurochkin, V. A. (2016). Energoberezhenie za schet teploizolyatsii pochvyi v zimnih teplitsah pri bessubstratnom vyraschivanii ogurtsa [Energy saving due to thermal insulation of the soil in winter greenhouses for substrateless cultivation of a cucumber]. *Intellektualnyie tehnologii i tehnika v APK, Materialyi Mezhdunarodnoy*

- nauchno-prakticheskoy konferentsii [*Intelligent technologies and equipment in agro-industrial complex*, Proceedings of the International scientific-practical conference], 379–384. Michurinsk State Agrarian University. (in Russian).
13. Kozlovskaya, I. P., & Kurochkin V. A. (2017). Bioklimaticheskii potentsial regiona kak faktor ekonomii energoresursov v teplichnom ovoshevodstve [Bioclimatic potential of the region as a factor of energy saving in greenhouse vegetable growing]. *Tekhnicheskoe obespechenie innovatsionnykh tekhnologiy v selskom hozyaystve, materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [*Technical support of innovative technologies in agriculture*, Proceeding of the International scientific-practical conference], 311–313. Belarusian State Agrarian Technical University. (in Russian).
 14. Martinez-Andujar, C., Ruiz-Lozano, J. M., Dodd, I. C., Albacete, A., & Perez-Alfocea, F. (2017). Hormonal and nutritional features in contrasting rootstock-mediated tomato growth under low-phosphorus nutrition. *Frontiers in Plant Science*, 8, 533. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00533>
 15. Munoz, P., Flores, J. S., Anton, A., & Montero, J. I. (2017). Combination of greenhouse and open-field crop fertigation can increase sustainability of horticultural crops in the Mediterranean region. *European Journal of Horticultural Science*, 1170, 627–634. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1170.78>
 16. O Gosudarstvennoy programme razvitiya agrarnogo biznesa v Respublike Belarus na 2016–2020 godyi [About the State program of development of agrarian business in the Republic of Belarus for 2016–2020]. (2016). Postanovlenie Soveta Ministrov Respubliki Belarus, 11 marta 2016 g., № 196 [Resolution of the Council of Ministers of the Republic of Belarus, March 11, 2016, № 196]. *Natsionalnyiy reestr pravovykh aktov Respubliki Belarus* [*National Register of Legal Acts of the Republic of Belarus*], 5/41842. (in Russian).
 17. Skinner, C., Gattinger, A., Krauss, M., Krause, H. M., Mayer, J., van der Heijden, M. G. A., & Mäder, P. (2019). The impact of long-term organic farming on soil-derived greenhouse gas emissions. *Scientific Reports*, 9, 1702. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-38207-w>
 18. Tao, L., Yu-Qi, Z., Yi, Z., Rui-Feng, C., & Qi-Chang, Y. (2016). Light Distribution in Chinese solar greenhouse and its effect on plant growth.

International Journal of Horticultural Science and Technology, 3 (2), 99–111. <http://dx.doi.org/10.22059/ijhst.2017.61273>

19. Tittarelli, F. (2020). Organic greenhouse production: towards an agroecological approach in the framework of the new European Regulation, a Review. *Agronomy*, 10 (1), 72. <https://doi.org/10.3390/agronomy10010072>
20. Tittarelli, F., Băth, B., Ceglie, F.G., García, M.C., Möller, K., Reents, H.J., Védie, H., & Voogt, W. (2017). Soil fertility management in organic green house: An analysis of the European context. *Acta Horticulturae*, 1164, 113–126. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2017.1164.15>
21. Tuzel, Y., & Oztekin, G.B. (2016). Recent developments in protected cultivation of Turkey. *Acta Horticulturae*, 1142, 435–442. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2016.1142.66>

ECOLOGICAL AND AGRONOMIC COMPONENTS OF THE GREENHOUSE COMPLEX'S EXPORT POTENTIAL AT REPUBLIC OF BELARUS

I. P. Kozlovskaya

Belarusian State Agricultural Technical University, Minsk, Republic of Belarus

Abstract. The relevance of our research is due to the need to find reserves to increase the export potential of the greenhouse complex from the Republic of Belarus. The object of our paper was to analyze of the export potential and technical equipment of greenhouse vegetable growing in the Republic of Belarus and the identification of reserves to improve the efficiency of this agricultural industry. Our research was based on the results of our previous publications, as well as on the materials of statistical reporting of the Ministry of Agriculture and Food of the Republic of Belarus. In this paper we have used classical scientific methods.

Greenhouse vegetable growing in the Republic of Belarus, as an industry, is characterized by stable production and dynamic development. Currently, the greenhouse complex of this country includes 21 large enterprises. They produce more than 94% of greenhouse products on a total area of 250.5 hectares. This greenhouse complex was produced on average in 2016–2018. about 135 thousand tons of green products (with an average yield of 46.92 kg/m²). A significant part of it enters the foreign market. At the same time, the share of exports ranged from 2.9% (Mogilev region) to 52.6% (Vitebsk region) and the national average was 25.4%.

We believe that the basis for the development of the greenhouse complex of the Republic of Belarus should be the search for opportunities to increase export potential. At the same time, the real way to increase the efficiency of the industry is to use innovative ecological and agronomic technological solutions.

Therefore, in the Republic of Belarus to increase the efficiency of winter greenhouses and expand the export potential of greenhouse products should actively use the ecological and agronomic components of the reserves to increase their efficiency. First of all, the greenhouses of the depreciation group should be replaced by greenhouses of modern designs in the southern regions of the Republic (Brest and Gomel). Modernization of the country's greenhouse complex should ensure the formation of a new technological system in greenhouse vegetable growing, allowing the fullest realization of the ecological and biological potentials of greenhouse plants.

Keywords: winter greenhouses, vegetables, export potential, ecological and agronomic components, technical equipment.

Citation as:

APA

Kozlovskaya, I. P. (2020). Ekologo-agronomicheskie sostavlyayushchie eksportnogo potentsiala teplichnogo kompleksa Respubliki Belarus [Ecological and agronomic components of the greenhouse complex's export potential at Republic of Belarus]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 100–111. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4356>

**ДСТУ
8302:2015**

Козловская И. П. Эколого-агрономические составляющие экспортного потенциала тепличного комплекса Республики Беларусь. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 100–111.

ОСОБЛИВОСТІ ВОДООБМІННИХ ПРОЦЕСІВ НЕТРАДИЦІЙНИХ МАЛОПОШИРЕНИХ ПЛОДОВИХ РОСЛИН В УМОВАХ СТЕПОВОГО ПРИДНІПРОВ'Я ЯК КРИТЕРІЙ РОЗШИРЕННЯ АСОРТИМЕНТУ ПРОДУКЦІЇ З ВИСОКОЮ БІОЛОГІЧНОЮ ЦІННІСТЮ

Ю. В. Лихолат^{1*}, Н. О. Хромих¹, А. А. Алексеєва¹,
Т. Ю. Лихолат¹, О. А. Лихолат², О. В. Вишнікіна²,
В. Р. Давидов¹, Р. Є. Єфанов¹, І. П. Григорюк³

¹ — Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна

² — Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, Україна

³ — Національний університет біоресурсів та природокористування
України, м. Київ, Україна

Анотація. У степовій зоні України використання у міських фітоценозах нетрадиційних малопоширених плодових рослин останнім часом набуло широких масштабів. Проте, на території степового Придніпров'я інтродукована недостатня для промислового садівництва кількість видів, включаючи природні та гібридні види родів *Chaenomeles* Lindl. і *Berberis* L. Метою роботи було порівняння показників водного обміну в листках п'яти видів барбарисів і шести видів хеномелесів, які зростають у Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Континентальність клімату регіону може неоднаково сприятливо впливати на всі інтродуковані види рослин навіть у межах роду. Оскільки оптимальні умови росту і розвитку представників родів *Chaenomeles* і *Berberis* залежать від багатьох чинників, передусім від водного режиму, актуальним є вивчення особливостей процесів водообміну рослин, який може характеризувати пристосованість цих видів до складних кліматичних умов південного сходу України.

Визначено показники інтенсивності транспірації та водного дефіциту у листках п'яти видів барбарису і шести видів хеномелесу. Установлено загальну антиоксидантну здатність плодів. Для порівняння середніх

значень вибірок застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі.

Реакція інтродукованих рослин родів *Chaenomeles* і *Berberis* на рівень вологи у степовому регіоні підтвердила універсальний механізм адаптації рослин до аридних умов. Оскільки для цих видів відмічений помірний водний дефіцит у посушливих умовах, що визначає їх високу стійкість до кліматичних умов степового Придніпров'я, вони можуть бути рекомендованими для інтродукції в сільськогосподарське та індивідуальне садівництво як з метою отримання біологічно цінної сировини для промислового виробництва функціональних продуктів, так і розширення асортименту плодової продукції для власників присадибних ділянок.

Ключові слова: водний обмін, водний дефіцит, загальна антиоксидантна здатність плодів, нетрадиційні плодови культури.

Вступ. Негативна дія абіотичних та біотичних чинників довкілля на фоні посушливого клімату степового Придніпров'я суттєво впливає на всі елементи екосистем: ґрунти, зокрема, девастовані [30–32], а також викликає зміни метаболізму рослинних та тваринних організмів [4, 6, 12, 16, 40], що в решті решт негативно відбивається на здоров'ї населення [3, 20, 21].

Для збереження біологічного різноманіття і розширення спектру цінних плодових рослин у степовій зоні України інтерес викликає їх інтродукція. Крім поширення декоративних видів [14, 15], значна увага приділяється введенню нетрадиційних плодових культур, які відрізняються швидким ростом, довговічністю, щорічним рясним плодоношенням, високими смаковими та лікувально-дієтичними якостями плодів. До того ж, вони є декоративними, фітомеліоративними, медоносними та лікарськими рослинами [23, 24, 38].

Інтродукція плодових культур збагачує різноманітність флористичного складу регіональної рослинності й одночасно створює можливість розширення сировинної бази для забезпечення потреб харчування і здоров'я людини. На сьогодні в різних регіонах України інтродуковані понад 400 видів плодово-ягідних рослин [14, 15, 19, 22], однак, кількість видів, що впроваджена у промислове садівництво степового Придніпров'я, є недостатньою. Плоди цих рослин мають високу поживну цінність [1, 8, 13] та є джерелом фізіологічно-активних сполук [2, 18, 27, 29], що обумовило їх багатівікове використання в традиційній медицині, а на сьогодні ставить у ряд важливих об'єктів чисельних досліджень з метою отримання сировини для створення функціональних продуктів та лікувальних засобів [35, 36]. Завдяки здатності до біосинтезу й накопичення компонентів з антиоксидантними властивостями, вживання плодових рослин може попереджувати розвиток багатьох хвороб, спричинених

оксидативним стресом [5, 7, 9, 11]. До прикладу, з антиоксидантною здатністю фенольних сполук, що містяться у рослинах, пов'язують антиканцерогенні, антимутагенні та протизапальні ефекти, а також вплив на сигнальні шляхи метаболізму канцерогенів [17, 25, 28, 29].

У степовій зоні України інтродукція рослин з віддалених географічних територій здійснюється в Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара упродовж багатьох років, включаючи з природними та гібридними видами родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. Проте, вміст фізіолого-активних речовин у плодах та інших частинах рослинного організму детермінований генетично й одночасно має високу залежність від мікрокліматичних та едафічних умов, за яких відбувався онтогенетичний розвиток плодів рослин. Під час дослідження рослинних фізіологічно-активних сполук виявлено залежність рівня їх накопичення як від властивостей рослин, так і від умов середовища. Наприклад, загальний вміст алкалоїдів у стеблах і коренях різних видів роду *Berberis* залежить від районів походження рослин [4]. Показано, що у рослин *B. asiatica* у західних Гімалаях вміст берберину був значно більшим у популяцій, що росли на невеликій висоті, і в усіх інших — вищим у коренях, ніж у стеблах. Крім того, вміст вологи та калію у ґрунті суттєво вплинув на вміст берберину. Це є особливо актуальним для степового Придніпров'я, де клімат має континентальні особливості і не однаково сприятливий для всіх інтродукованих видів рослин, навіть у межах роду. Оскільки оптимальні умови росту і розвитку представників родів *Chaenomeles* та *Berberis* залежать від багатьох чинників, передусім від водного режиму, нагальним є вивчення особливостей процесів водообміну рослин, який може характеризувати пристосованість цих видів до складних кліматичних умов південного сходу України.

Мета — порівняння показників водного обміну в листках п'яти видів барбарисів і шести видів хеномелесів, які зростають у Ботанічному саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Матеріали та методи досліджень. Об'єкти дослідження — хеномелес катаянський (*Chaenomeles cathayensis* (Hemsl.) C. K. Schneid.), хеномелес японський (*Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach.), хеномелес каліфорнійський (*Ch. x californica* W. Clarke ex C. Weber), хеномелес пишний (*C. x superba* (Frahm) Rehd.), хеномелес японський вар. Маулея (*Ch. japonica* var. *maulei* (Mast.) Lavalley), хеномелес прекрасний (*Ch. speciosa* (Sweet.) Nakai), барбарис амурський (*Berberis amurensis* Rupr.), барбарис корейський (*B. koreana* Palib.), барбарис звичайний

(*B. vulgaris* L.), барбарис канадський (*B. canadensis* Mill.), барбарис похилений (*B. x declinata* Schrad.).

Показники інтенсивності транспірації та водного дефіциту у листках інтродукованих плодкових рослин здійснювали за класичними методиками [3] в 30-кратній повторності. Досліди проводили протягом вегетаційного періоду. Визначали загальну антиоксидантну здатність плодів, яку виражали в мг еквівалентах аскорбінової кислоти /г d.w. [36]. Для порівняння середніх значень вибірок застосовували критерій достовірно значущої різниці групових середніх Тьюкі (Honestly Significant Difference test, або Tukey's HSD test). Критерій Тьюкі дозволяє коректно здійснювати множинні парні порівняння середніх значень. Різниця середніх визнана статистично значущою за довірчою ймовірністю $P \geq 95\%$. Розрахунок апостеріорного множинного парного критерію Тьюкі здійснено у комп'ютерному пакеті прикладних статистичних програм Statgraphics Centurion XV Version 15.1.02.

Результати та їх обговорення. Адаптація рослин до впливу сукупності екологічних чинників навколишнього середовища значною мірою визначається здатністю рослинного організму протистояти витратам води [26, 33, 34, 40].

Стресовий стан рослин, що виникає при надмірних витратах, призводить до зміни величин показників водного обміну рослинних організмів. Ступінь варіативності цих показників в несприятливих умовах водозабезпечення відображає стійкість рослинного організму. Реакція рослин на дію екстремальних умов середовища проявляється у першу чергу в змінах загального вмісту води та її форм у листках, що може характеризуватись такими показниками, як інтенсивність транспірації та рівень водного дефіциту. Відомо, що ці показники можуть збільшуватися або зменшуватися залежно від інтенсивності впливу екологічних чинників, насамперед, температури повітря та вмісту вологи в ґрунті [10, 37, 39]. Для досліджених об'єктів відмічені як міжродові, так і міжвидові особливості інтенсивності транспірації.

Інтенсивність транспірації суттєво коливалась у посушливий період, коли рослини недостатньо забезпечені ґрунтовою вологою. Спостерігалися зміни показників у межах від 46,59 мг/г (*B. amurensis*) до 110,31 мг/г (*B. vulgaris*) у представників роду *Berberis* L. та від 130,28 мг/г (*Ch. cathayensis*) до 187,56 мг/г (*Ch. x superba*) у рослин роду *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 1).

У посушливий період відбувається, як правило, підвищення інтенсивності освітлення, добової температури повітря та ґрунту, що призводить до підвищення втрати води рослинами через транспірацію.

Данні таблиці 1 свідчать, що достовірні відмінності (99,9%) в інтенсивності транспірації виявлені між рослинами всіх досліджених видів роду *Berberis* L. та більшості видів роду *Chaenomeles* Lindl. Виключення становила порівнювана пара видів *Ch. cathayensis* та *Ch. japonica* (менше 95%). У вологий період вегетації для рослин роду *Berberis* L. характерна підвищена інтенсивність процесу транспірації. У листках рослин роду *Berberis* L. витрати води внаслідок транспірації змінювалися в межах від 65,48 мг/г (*B. canadensis*) до 177,6 мг/г (*B. vulgaris*).

Таблиця 1. Інтенсивність транспірації в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у посушливий період вегетації, мг/г за годину

Table 1. The intensity of transpiration in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the dry growing season, mg/g per hour

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	130,28	0,160104	0,121031	0,0924
<i>Ch. Japonica</i>	132,29	0,157162	0,118801	0,0907
<i>Ch. x californica</i>	151,39	0,155242	0,102544	0,0896
<i>Ch. x superba</i>	187,56	0,115902	0,061795	0,0669
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	168,42	0,164418	0,097626	0,0949
<i>Ch. Spesiosa</i>	142,38	0,298161	0,209412	0,1721
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	102,25	0,0971253	0,094991	0,0561
<i>B. amurensis</i>	46,59	0,331713	0,711932	0,1915
<i>B. koreana</i>	74,68	0,270555	0,362286	0,1562
<i>B. vulgaris</i>	110,31	0,120554	0,109290	0,0696
<i>B. canadensis</i>	74,37	0,240901	0,323908	0,1391

У рослин роду *Chaenomeles* Lindl. інтенсивність транспірації знижувалась, виключення становили рослини виду *Ch. x californica*. У листках рослин роду *Chaenomeles* Lindl. варіювали від 115,4 мг/г (*Ch. japonica*) до 218,12 мг/г (*Ch. x californica*) (Табл. 2).

Аналіз отриманих результатів показав, що достовірні відмінності (99,9%) в інтенсивності транспірації виявлені між більшістю видів у межах родів *Berberis* L. та *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 2). Виключення з цієї закономірності становили порівнювані пари *B. canadensis* та *B. koreana* (менше 95%), а також *Ch. speciosa* та *Ch. japonica* (менше 95%).

Таблиця 2. Інтенсивність транспірації в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у вологий період вегетації, мг/г за годину

Table 2. The intensity of transpiration in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the the wet growing season, mg/g per hour

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	119,40	0,196044	0,164187	0,1132
<i>Ch. Japonica</i>	115,41	0,169214	0,146624	0,0977
<i>Ch. x californica</i>	218,12	0,112398	0,051529	0,0649
<i>Ch. x superba</i>	166,56	0,265393	0,159341	0,1532
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	158,78	0,207926	0,130955	0,1200
<i>Ch. Speciosa</i>	116,09	0,085049	0,073263	0,0491
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	123,61	0,162583	0,131526	0,0939
<i>B. amurensis</i>	136,61	0,217792	0,159430	0,1257
<i>B. koreana</i>	132,55	0,379868	0,286585	0,2193
<i>B. vulgaris</i>	177,64	0,215174	0,121129	0,1242
<i>B. canadensis</i>	65,48	0,26	0,397068	0,1501

Реальна небезпека водного дисбалансу в рослинному організмі виникає за високої інтенсивності транспірації у період надходження обмеженої кількості води в рослини, що найбільш виразно проявляється в умовах континентального клімату степової зони України. Якщо надмірні втрати води рослинами не поновлюються своєчасно, відбувається поступове обезводнення рослинного організму, що призводить до прояву ознак водного дефіциту, які є причиною зменшення родючості рослин та зниження якості плодів.

У дослідженні встановлено, що за умов посухи рівень водного дефіциту варіював у межах від 11,57% (*Ch. spesiosa*) до 18,82% (*Ch. japonica* var. *maulei*) у представників роду *Chaenomeles* Lindl. та від 14,62% (*B. amurensis*) до 16,16% (*B. canadensis*) у представників роду *Berberis* L. (Табл. 3).

Таблиця 3. Показники водного дефіциту в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у посушливий період вегетації, %

Table 3. Indicators of water deficit in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the dry growing season, %

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	15,61	0,3360	2,1525	0,1940
<i>Ch. Japonica</i>	14,78	0,0513	0,347277	0,0296
<i>Ch. x californica</i>	13,84	0,0800	0,578035	0,0462
<i>Ch. x superba</i>	16,27	0,1652	1,015530	0,0954
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	18,82	0,1877	0,997196	0,1084
<i>Ch. Spesiosa</i>	11,57	0,1266	1,094720	0,0731
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	15,33	0,1429	0,932251	0,0825
<i>B. amurensis</i>	14,62	0,0900	0,615595	0,0520
<i>B. koreana</i>	16,14	0,1266	0,784690	0,0731
<i>B. vulgaris</i>	14,85	0,1277	0,859740	0,0737
<i>B. canadensis</i>	16,16	0,1365	0,844877	0,0788

Установлено, що достовірні відмінності (99,9%) показників водного дефіциту в листках спостерігались між усіма дослідженими видами роду *Chaenomeles* Lindl. (Табл. 3). Серед представників роду *Berberis* L. достовірні відмінності (99,9%) були виявлені для більшості досліджуваних видів. Виключення із загальної закономірності становили порівнювана пара *B. amurensis* та *B. vulgaris* (менше 95%), а також пара *B. x declinata* та *B. vulgaris*, для якої встановлені відмінності на рівні достовірної ймовірності 95%.

У вологий період вегетації значення водного дефіциту варіювали в межах від 6,3% (*Ch. cathayensis*) до 18,2% (*Ch. x superba*) у рослин роду

Chaenomeles Lindl. та від 8,1% (*B. x declinata*) до 15,2% (*B. vulgaris*) у листках роду *Berberis* L. (Табл. 4).

За результатами наших досліджень, достовірні відмінності (99,9%) водного дефіциту виявлені між усіма видами роду *Chaenomeles* Lindl., крім порівнюваної пари *Ch. japonica* та *Ch. x californica* (менше 95%), а між *Ch. japonica* var. *maulei* та *Ch. spesiosa* відмінності становили 95% (Табл. 4). У межах роду *Berberis* L. достовірні відмінності (99,9%) виявлені для всіх досліджуваних видів, крім порівнюваної пари видів *B. x declinata* та *B. koreana* (менше 95%).

Таблиця 4. Показники водного дефіциту в листках рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L. у вологий період вегетації, %

Table 4. Indicators of water deficit in the plants' leaves of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. during the wet growing season, %

Вид	Середнє	Стандартне відхилення	Коефіцієнт варіації, %	Стандартна похибка
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.				
<i>Ch. cathayensis</i>	6,33	0,0603	0,951744	0,0348
<i>Ch. Japonica</i>	10,44	0,2875	2,754330	0,1660
<i>Ch. x californica</i>	10,36	0,1680	1,622410	0,0970
<i>Ch. x superba</i>	18,24	0,1234	0,676540	0,0713
<i>Ch. japonica</i> var. <i>maulei</i>	8,81	0,1904	2,161440	0,1099
<i>Ch. Spesiosa</i>	9,25	0,0757	0,818287	0,0437
Рід <i>Berberis</i> L.				
<i>B. x declinata</i>	8,14	0,0854	1,04963	0,0493
<i>B. amurensis</i>	8,81	0,0954	1,08279	0,0551
<i>B. koreana</i>	8,78	0,0917	1,04387	0,0529
<i>B. vulgaris</i>	15,15	0,1735	1,14517	0,1002
<i>B. canadensis</i>	10,16	0,0551	0,542262	0,0318

Для оцінки біологічної цінності плодів різних видів родів *Berberis* L. та *Chaenomeles* Lindl. з'ясували їх загальну антиоксидантну здатність за вмістом еквівалентів аскорбінової кислоти (Табл. 5). Установлено, що серед плодів рослин роду *Berberis* L. найвищі антиоксидантні властивості притаманні видам *B. koreana* та *B. x declinata*, серед роду *Chaenomeles* Lindl. виділяються види *C. cathayensis* та *C. x californica*.

Таблиця 5. Загальна антиоксидантна здатність у плодів рослин родів *Chaenomeles* Lindl. та *Berberis* L., мг еквівалентів аскорбінової кислоти /г сухої ваги

Table 5. Total antioxidant capacity in the plants' fruits of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L., mg equivalents of ascorbic acid /g dry weight

Вид	Загальна антиоксидантна здатність, мг еквівалентів аскорбінової кислоти /г сухої ваги
Рід <i>Berberis</i> L.	
<i>B. vulgaris</i>	7.6 ± 0.39
<i>B. amurensis</i>	7.1 ± 0.54
<i>B. canadensis</i>	5.0 ± 0.41
<i>B. koreana</i>	9.6 ± 0.56
<i>B. x declinata</i>	8.6 ± 0.50
Рід <i>Chaenomeles</i> Lindl.	
<i>C. speciosa</i>	565.8 ± 15.7
<i>C. cathayensis</i>	1121.7 ± 27.5
<i>C. japonica</i>	885.6 ± 19.5
<i>C. japonica</i> var. <i>maulei</i>	872.3 ± 21.9
<i>C. x superba</i>	784.8 ± 16.8
<i>C. x californica</i>	937.7 ± 22.3

Висновки. Реакція інтродукованих видів рослин родів *Chaenomeles* Lindl. і *Berberis* L. на рівень вологи у степовому регіоні підтвердила універсальний механізм адаптації рослин до аридних умов. Оскільки для цих видів відмічений помірний водний дефіцит у посушливих умовах, що визначає їх високу стійкість до кліматичних умов степового Придніпров'я, вони можуть бути рекомендованими для інтродукції в сільськогосподарське та індивідуальне садівництво з метою отримання біологічно цінної сировини.

Reference

1. Aliakbarlu, J., Ghiasi, S., & Bazargani-Gilani, B. (2018). Effect of extraction conditions on antioxidant activity of barberry (*Berberis vulgaris* L.) fruit extracts. *Veterinary Research Forum*, 9 (4), 361–365. <https://doi.org/10.30466/vrf.2018.33090>

2. Andola, H. C., Gaira, K. S., Rawal, R. S., Rawat, M. S., & Bhatt, I. D. (2010). Habitat-dependent variations in berberine content of *Berberis asiatica* Roxb. ex. DC. in Kumaon, Western Himalaya. *Chemistry & Biodiversity*, 7 (2), 415–420. <https://doi.org/10.1002/cbdv.200900041>
3. Andrusevich, K. V., Nazarenko, M. M., Lykholat, T. Yu., & Grigoryuk, I. P. (2018). Effect of traditional agriculture technology on communities of soil invertebrates. *Ukrainian journal of Ecology*, 8 (1), 33–40. https://doi.org/10.15421/2017_184
4. Balfagón, D., Zandalinas, S. I., Baliño, P., Muriach, M., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Involvement of ascorbate peroxidase and heat shock proteins on citrus tolerance to combined conditions of drought and high temperatures. *Plant Physiology and Biochemistry*, 127, 194–199. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2018.03.029>
5. Beecher, G. R. (2003). Overview of dietary flavonoids: nomenclature, occurrence and intake. *The Journal of Nutrition*, 133 (10), 3248–3254. <https://doi.org/10.1093/jn/133.10.3248S>
6. Blum, A. (2017). Osmotic adjustment is a prime drought stress adaptive engine in support of plant production. *Plant Cell and Environment*, 40, 4–10. <https://doi.org/10.1111/pce.12800>
7. Choudhury, F. K., Rivero, R. M., Blumwald, E., & Mittler, R. (2017). Reactive oxygen species, abiotic stress and stress combination. *The Plant Journal*, 90 (5), 856–867. <https://doi.org/10.1111/tbj.13299>
8. Di, D. L., Liu, Y. W., Ma, Z. G., & Jiang, S. X. (2003). Determination of four alkaloids in *Berberis* plants by HPLC. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi [China Journal of Chinese Materia]*, 28 (12), 1132–1134.
9. Dimitrijević, M. V., Mitić, V. D., Ranković, G. Ž., & Miladinović, D. L. (2019). Survey of antioxidant properties of barberry: a chemical and chemometric approach. *Analytical Letters*, 53 (5), 671–682. <https://doi.org/10.1080/00032719.2019.1663862>
10. Gowayed, S. M. H., Al-Zahrani, H. S. M., & Metwali, E. M. R. (2017). Improving the salinity tolerance in potato (*Solanum tuberosum*) by exogenous application of silicon dioxide nanoparticles. *International journal of agriculture & biology*, 19 (1), 183–192 <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.02>
11. Guo, Y. Y., Tian, S. S., Liu, S. S., Wang, W. Q., & Sui, N. (2018). Energy dissipation and antioxidant enzyme system protect photosystem II of

- sweet sorghum under drought stress. *Photosynthetica*, 56 (3), 861–872. <https://doi.org/10.1007/s11099-017-0741-0>
12. He, F., Sheng, M., & Tang, M. (2017). Effects of *Rhizophagus irregularis* on photosynthesis and antioxidative enzymatic system in *Robinia pseudoacacia* L. under drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 8, 183. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00183>
 13. Huang, W. Y., Cai, Y. Z., & Zhang, Y. (2010). Natural phenolic compounds—from medicinal herbs and dietary plants: potential use for cancer prevention. *Nutrition and Cancer*, 62 (1), 1–20. <https://doi.org/10.1080/0163558090319158>
 14. Klymenko, S. V., Brindza, J., & Grygorieva, O. V. (2015). Pervaya mezhdunarodnaya nauchnaya konferentsiya na temu “Netraditsionnyie, novyie i zabyityie vidyi rasteniy: nauchnyie i prakticheskie aspektyi kultivirovaniya” [First international scientific conference “Non-traditional, new and forgotten species: scientific and practical aspects of cultivation”]. *IntroduktsIya roslin [Plant Introduction]*, 1, 38–44. (in Russian).
 15. Kohno, N. A., & Kurdyuk, A. M. (2010). *Teoreticheskie osnovy i opyt introduktsii drevesnyih rasteniy v Ukraine. [Theoretical bases and experience of introduction of arboreal plants are in Ukraine]*. PP Format. (in Russian).
 16. Kosová, K., Vítámvás, P., Urban, M. O., Prášil, I. T., & Renaut, J. (2018). Plant abiotic stress proteomics: the major factors determining alterations in cellular proteome. *Frontiers in Plant Science*, 9, 122. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00122>
 17. Laxa, M., Liebthal, M., Telman, W., Chibani, K., & Dietz, K. J. (2019). The role of the plant antioxidant system in drought tolerance. *Antioxidants*, 8 (94), 1–32. <https://doi.org/10.3390/antiox8040094>
 18. Lykholat, T. Yu., Lykholat, O. A., Marenkov, O. M., Kulbachko, Yu. L., Kovalenko, I. M., & Didur, O. O. (2019). Xeneostrogenes influence on cholinergic regulation in female rats of different age. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 240–243.
 19. Lykholat, Y. V., Khromykh, N. O., Lykholat, T. Y., Didur, O. O., Lykholat, O. A., Legostaeva, T. V., Kabar, A. M., Sklyar, T. V., Savosko, V. M., Kovalenko, I. M., Davydov, V. R., Bielyk, Yu. V., Volyanik, K. O., Onopa, A. V., Dudkina, K. A., & Grygoryuk, I. P. (2019). Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles* Lindl. Fruits. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3). 132–137.

20. Lykholat, Y., Khromykh, N., Didur, O., Alexeyeva, A., Lykholat, T., & Davydov, V. (2018). Modeling the invasiveness of *Ulmus pumila* in urban ecosystems under climate change. *Regulatory Mechanisms in Biosystems*, 9 (2), 161–166. <https://doi.org/10.15421/021824>
21. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., & Alexeyeva, A. A. (2019). Stan invaziinosti *Ulmus Pumila* L. v urboekosystemi za klimatychnykh zmin [Condition of invasiveness of *Ulmus pumila* L. in urboecosystem because of climatic changes]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 7–21. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2525> (in Ukrainian).
22. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Ivan'ko, I. A., Matyukha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alexeyeva, A. A., & Shupranova, L. V. (2017). Assessment and prediction of the invasiveness of some alien plants in conditions of climate change in the steppe Dnieper region. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 52–59. <https://doi.org/10.15421/011708>
23. Mezhenskyi, V. M. (2004). Sklad i vykorystannia kolektsii netradytsiinykh plodovykh kultur. 1. Khenomeles (*Shaenomeles* Lindl.) [Composition and use of a collection of unconventional fruit crops. 1. Cenomeles]. *Henetychni resursy roslyn [Genetic resources of plants]*, 1, 123–127. (in Ukrainian).
24. Mezhenskyi, V. M., Kostenko, N. P., Likar, S. P., & Dushar, M. B. (2019). Rozroblennia novoi metodyky provedennia ekspertyzy sortiv yaponskoi aivy (*Chaenomeles* Lindl.) na vidminnist, odnoridnist ta stabilnist [Development of new guidelines for the conduct of tests for distinctness, uniformity and stability of Japanese quince (*Chaenomeles* Lindl.) cultivars]. *Plant Varieties Studying and Protection*, 15 (4), 337–353. <https://doi.org/10.21498/2518-1017.15.4.2019.188507> (in Ukrainian).
25. Orhan, I. E. (2012). Current concepts on selected plant secondary metabolites with promising inhibitory effects against enzymes linked to Alzheimer's disease. *Current Medicinal Chemistry*, 19 (14), 2252–2261. <https://doi.org/10.2174/092986712800229032>
26. Petridis, A., Therios, I., Samouris, G., Koundouras, S., & Giannakoula, A. (2012). Effect of water deficit on leaf phenolic composition, gas exchange, oxidative damage and antioxidant activity of four Greek olive (*Olea europaea* L.) cultivars. *Plant Physiology and Biochemistry*, 60, 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.07.014>
27. Ros, J. M., Laencina, J., Hellin, P., Jordán, M. J., Vila, R., & Rumpunen, K. (2004). Characterization of juice in fruits of different

- Chaenomeles species. *Food Science and Technology*, 37 (3), 301–307. <https://doi.org/10.1016/j.lwt.2003.09.005>
28. Rosalie, R., Joasc, J., Deytieux-Belleau, C., Vulcain, E., Payet, B., Dufosse, L., & Lechaudel, M. (2015). Antioxidant and enzymatic responses to oxidative stress induced by pre-harvest water supply reduction and ripening on mango (*Mangifera indica* L. cv. ‘Cogshall’) in relation to carotenoid content. *Journal of Plant Physiology*, 184, 68–78. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2015.05.019>
29. Sahan, Y., Cansev, A., Celik, A., & Cinar, A. (2012). Determination of various chemical properties, total phenolic content, antioxidant capacity and organic acids in *Laurocerasus officinalis* fruits. *Acta Horticulturae*, 939, 359–366. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2012.939.47>
30. Savosko, V. M. (2011). *Melioraciya ta fitorekultyvaciya zemel [Land melioration and phyreclamation]*. Dionis. (in Ukrainian).
31. Savosko, V. M., Lykholat, Y. V., Bielyk, Yu. V., & Lykholat, T. Y. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
32. Savosko, V., Lykholat, Yu., Domshyna, K., & Lykholat, T. (2018). Ekolohichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnykv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs’ dispersal on the devastated lands at Kryvorizhzhia]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130. <https://doi.org/10.15421/111837> (in Ukrainian).
33. Suzuki, N., Rivero, R. M., Shulaev, V., Blumwald, E., & Mittler, R. (2014). Abiotic and biotic stress combinations. *New Phytologist*, 203, 32–43. <https://doi.org/10.1111/nph.12797>
34. Tschapinski, T. J., Abraham, P. E., Jawdy, S. S., Gunter, L. E., Martin, M. Z., Engle, N. L., Yang, X., & Tuskan, G. A. (2019). The nature of the progression of drought stress drives differential metabolomic responses in *Populus deltoids*. *Annals of Botany*, 124 (4), 617–626. <https://doi.org/10.1093/aob/mcz002>
35. Vrhovsek, U., Rigo, A., Tonon, D., & Mattivi, F. (2004). Quantitation of polyphenols in different apple varieties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 52 (21), 6532–6538. <https://doi.org/10.1021/jf049317z>

36. Zaitseva, I. O., & Dolhova, L. H. (2010). *Fizioloho-biokhimichni osnovy introduktsii derevnykh roslin u stepovomu Prydniprovi [Physiological and biochemical foundations of the introduction of woody plants in the Steppe Dnieper]*. Publishing House Dnipropetrovsk National University. (in Ukrainian).
37. Zandalinas, S. I., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2017). Modulation of antioxidant defense system is associated with combined drought and heat stress tolerance in Citrus. *Frontiers in Plant Science*, 8, 953. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00953>
38. Zandalinas, S. I., Mittler, R., Balfagón, D., Arbona, V., & Gómez-Cadenas, A. (2018). Plant adaptations to the combination of drought and high temperatures. *Physiologia Plantarum*, 62 (1), 2–12. <https://doi.org/10.1111/ppl.12540>
39. Zhang, H., Ni, Z., Chen, Q., Guo, Z., Gao, W., Su, X., & Qu, Y. (2016). Proteomic responses of drought-tolerant and drought-sensitive cotton varieties to drought stress. *Molecular & General Genetics*, 291 (3), 1293–303. <https://doi.org/10.1007/s00438-016-1188-x>
40. Zhang, J. Y., Cruz de Carvalho, M. H., Torres-Jerez, I., Kang, Y., Allen, S. N., Huhman, D. V., Tang, Y., Murray, J., Sumner, L. W., & Udvardi, M. K. (2014). Global reprogramming of transcription and metabolism in *Medicago truncatula* during progressive drought and after rewatering. *Plant, Cell & Environment*, 37 (11), 2553–2576. <https://doi.org/10.1111/pce.12328>

**PECULIARITIES OF WATER EXCHANGE PROCESSES OF
NON-TRADITIONAL LOW-WIDE FRUIT PLANTS IN
CONDITIONS STEP PRYDNIPROVYA AS THE CRITERIA
FOR PRODUCT WITH HIGH BIOLOGICAL VALUE
EXTENSION**

Yu. V. Lykholat¹, N. O. Khromykh¹, A. A. Alexeeva¹, T. Y. Lykholat¹,
O. A. Lykholat², O. V. Vishnikina², V. R. Davydov¹, R. Ye. Yefanov¹,
I. P. Grygoryuk³

¹ – Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

² – University of Customs and Finance, Dnipro, Ukraine

³ – National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

Abstract. In the steppe zone of Ukraine, the use of unconventional low-abundant fruit plants in urban phytocenoses has recently become widespread. However, a small number of species, including natural and hybrid species of the *Chaenomeles* Lindl and *Berberis* L. genera have been introduced in the steppe Prydniprovia region. The continental climate of the region may have an

unequally favorable effect on all introduced plant species, even within the genus. Since the optimal conditions for growth and development of *Chaenomeles* and *Berberis* species depend on many factors, first of all, the water regime, it is important to study the features of plant water exchange processes that can characterize the adaptation of these species to the difficult climatic conditions of southeastern Ukraine.

The rates of transpiration and water deficiency in leaves of five species of barberry and six species of hennemeles were determined. The total antioxidant capacity of the fruit was also determined. To compare sample averages, the criterion of a significantly significant difference in Tukey's group averages was used. The response of introduced plants of the *Chaenomeles* and *Berberis* genera to the moisture level in the steppe region confirmed the plant universal adaptive mechanism to arid conditions. As these species are characterized by moderate water deficit in arid conditions, which determines their high resistance to the climatic conditions of the Steppe Prydniprovyia, they may be recommended for introduction into agricultural and individual gardening for the purpose of obtaining biologically valuable raw materials for industrial production of functional products and expanding the range of fruit products for homeowners.

In general, the reaction of introduced plant species of the genus *Chaenomeles* Lindl. and *Berberis* L. on the level of moisture in the steppe region confirmed the universal mechanism of adaptation of plants to arid conditions. As these species have a moderate water deficit in arid conditions, which determines their high resistance to the climatic conditions of the Steppe Prydniprovyia, they can be recommended for introduction into agricultural and individual horticulture in order to obtain biologically valuable raw materials.

Keywords: water exchange, water deficiency, general antioxidant capacity of fruits, unconventional fruit crops.

Citation as:

Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Alexeeva, A. A., Lykholat, T. Y., Lykholat, O. A., Vishnikina, O. V., Davydov, V. R., Yefanov, R. Ye., & Grygoryuk, I. P. (2020). Osoblyvosti vodoobminnykh protsesiv netradytsiinykh maloposhyrenykh plodovykh roslyn v umovakh Stepovoho Prydniprovia yak kryterii rozshyrennia asortymentu produktsii z vysokoju biolohichnoiu tsinnistiu [Peculiarities of water exchange processes of non-traditional low-wide fruit plants in conditions Step Prydniprovyia as the criteria for product with high biological value extension]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 112–126. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4358>

АРА

Лихолат Ю. В., Хроміх Н. О., Алексеева А. А., Лихолат Т. Ю., Лихолат О. А., Вишнікіна О. В., Давидов В. Р., Єфанов Р. Є., Григорюк І. П. Особливості водообмінних процесів нетрадиційних малопоширених плодкових рослин в умовах Степового Придніпров'я як критерій розширення асортименту продукції з високою біологічною цінністю. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 112–126.

**ДСТУ
8302:2015**

ЕКОЛОГО-АГРОНОМІЧНІ ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА ЯКОСТІ СУЧАСНИХ СОРТІВ ПШЕНИЦІ ОЗИМОЇ

М. М. Назаренко^{1*}, В. І. Горщар¹, О. А. Лихолат²,
О. О. Іжболдін¹, О. М. Колінько³

¹ — *Дніпровський державний аграрно-економічний університет,
м. Дніпро, Україна*

² — *Університет митної справи та фінансів, м. Дніпро, Україна*

³ — *Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара,
м. Дніпро, Україна*

Анотація. У наш час використання локальних генетичних ресурсів та відновлення високого рівня генетичного різноманіття і використання адаптивного потенціалу місцевих генотипів. Так як такі генотипи більш пристосовані до локальних екологічних умов зростання. Усе це актуалізує наші дослідження. Мета публікації — в умовах північного Степу України проаналізувати мінливість основних параметрів врожайності та якості зерна, межі адаптивності існуючого матеріалу, а також прояв у комплексі господарсько-цінних ознак для 14 сучасних сортів пшениці м'якої озимої.

Дослідження проведено впродовж 2017–2019 років в умовах Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету. З використання класичних методик виконано визначення у польових умовах врожайності та параметрів її структури, лабораторний аналіз показників седиментації, вмісту білка та клейковини. Отримано дані щодо можливості формування високої урожайності в наших умовах при наявності не лише високої ваги зерна з колосу та маси тисячі зерен, але й без перевищення стандарту за цими показниками. Також отримано зерно високої якості (достатній вміст білку та клейковини) як при підвищенні врожайності, так і підвищення врожайності та якості зерна у порівнянні зі стандартом разом. Установлено, що в екологічних умовах Північного степу України за комплексом ознак якості зерна та врожайності самим перспективним слід вважати сорт АС Маккінон, а також варто використовувати сорти Носівчанка, Овідій, Мілена, що здатні формувати врожайність вищу за стандарт при збереженні якості зерна на його рівні. З метою поліпшення якості зерна при одночасному збереженні врожайних показників на рівні стандарту перспективними є сорти Панна та Акорд. Провідними еколого-аграрно-економічними особливостями цих сортів, є те що їх висока зернова врожайність формується перш за все за рахунок маси тисячі зерна та зерна з головного колосу, параметрів кількості продуктивних стебел з метру квадратного та маси зерна з метру квадратного.

Набули подальшого розвитку уявлення щодо можливостей формування основних агрономічно-цінних ознак. Виявлено нові цінні донори цих ознак для селекційних досліджень.

Ключові слова: озима пшениця, урожайність, сорт, якість зерна.

Актуальність. Завдяки стабільним річним світовим валовим зборам на рівні 750 млн т зерна пшениця озима давно стала однією з основних зернових культур людства [29]. Щодо України, то ця культура давно вже займає абсолютно домінуюче положення, як така, що забезпечує перш за все хлібопекарські потреби.

У зв'язку з цим, проблематика підвищення високих врожаїв зерна з необхідними для хлібопекарської промисловості якостям, виявлення сортів з високим адаптивним потенціалом, що забезпечують відповідні властивості в широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов є надзвичайно важливою для аграрного сектору України [13, 23–25].

Актуальним аспектом забезпечення сталого зростання цих показників (урожай зерна та його якість) є використання перспективних генотипів, що потенційно обумовлюють дані параметри, відсутність чого неможливо компенсувати будь-яким іншим чином. Особливо це стосується якості зерна, то в даному випадку генетичний потенціал є визначаючим фактором [2, 4, 18, 21]. З початку 20-го сторіччя генетичне поліпшення злакових культур орієнтувалося на місцеві ресурси (ландраси), що були більш адаптовані для місцевих екологічних умов.

Проте з плином часу, з введенням до використання більш сучасних методів наукової селекції, місцеві ресурси були все більш усунені від селекційного процесу та відбувся перехід до використання вузького кола зародкової плазми так званих суперсортів [1, 3, 7, 9]. Однак в останні роки все більше уваги привертає у країнах Європи (зокрема селекційні програми ІНРА), саме використання локальних генетичних ресурсів та відновлення високого рівня генетичного різноманіття і використання адаптивного потенціалу місцевих генотипів. Тому що такі генотипи більш пристосовані до локальних екологічних умов зростання. З'ясування певних еколого-агрономічних особливостей місцевих сортів дуже важливо у сучасній селекції, особливо для передбачення у можливих нових сортів якості зерна, стійкості до хвороб та шкідників. Знання еколого-агрономічних особливостей також є актуальними для більш широкого урахування у селекції специфіки генотип-середовищної взаємодії. Вважається, що орієнтація на інтенсивну селекцію суттєво звузило межі адаптивності та цінність окремих компонентів білково-клейковинного комплексу [3, 5, 11, 17].

Аналіз окремих сучасних сортів та сучасні досягнення геномної селекції ставлять нові вимоги щодо використання місцевих ресурсів та локальних особливостей у межах конкретного агрокліматичного, агроекологічного району [6, 8, 14, 17]. Перш за все це стосується таких ознак як якість, наявність окремих харчових цінних компонентів, генетично обумовлена стійкість до хвороб та шкідників для усунення пестицидного навантаження. Усе більшу увагу привертає не підвищення врожайності як таке, а зниження витрат на технології вирощування за рахунок сортових властивостей, зниження техногенного навантаження, отримання більш повноцінного продукту [10, 15, 19, 27]. При врахуванні можливості підвищення цих параметрів можливе навіть зниження врожайності (але не якості) [12, 16, 28, 31].

Основним пріоритетом у генетичному поліпшенні пшениці тривалий час було підвищення врожайності як напряму, як вдосконалення стійкості до абіотичних чинників (несприятливих умов зимового періоду, посухостійкості).

Однак, починаючи з останніх років ХХ ст., усе більшу увагу заслуговує отримання не лише стабільних високих урожаїв, але й якісного та повноцінного зерна, з окремими вимогами до хлібопекарської продукції [16, 19, 30]. Вирішення ж проблеми високої зернової продуктивності можливо лише в рамках урахування специфічної адаптаційної здатності конкретного генотипу до досить вузьких меж конкретного району. Це ускладнюється складною моделлю успадкування генетичних систем, що контролюють основні господарсько-цінні ознаки, різними рівнями взаємодії з впливом навколишнього середовища, що відіграє лімітуючу роль у прояві цих властивостей в залежності від рівня організації та регуляції експресії генного матеріалу [4, 12, 26, 30].

Звертаючи увагу лише на врожайних характеристиках, ми повинні розуміти, що висока врожайність не має сенсу без достатньою харчовою або кормовою якістю. Для зрілого зерна 10–15% сухої маси складають білки. Запасні білки злаків (переважно, гліадини та глютеніни) складають близько 60–80% від загального вмісту білків у зернівці пшениці.

Якість зерна формується під час фаз наливу зерна, котрі є також критичними для розвитку рослин у наших умовах через дефіцит вологи саме під час цих фаз, що негативно впливає на якість та врожайність. Повна реалізація генетичного потенціалу таких ознак залежить від генотип-середовищної взаємодії, особливостей онтогенезу у поєднанні [1, 11, 23, 24, 26].

Мета роботи: в умовах північного Степу України проаналізувати мінливість основних параметрів врожайності та якості зерна, межі адаптивності існуючого матеріалу, а також прояв у комплексі господарсько-цінних ознак для 14 сучасних сортів пшениці м'якої озимої.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проведені упродовж 2017–2019 років в умовах Навчально-наукового центру Дніпровського державного аграрно-економічного університету (ННЦ ДАЕУ). Використовували насіння 14 сортів пшениці м'якої озимої, в якості контролю послуговували сорт Подолянка.

Облікова площа ділянок становила $1,5 \text{ м}^2$, повторність трикратна. Географічні координати поля $48^{\circ}30'$ північною широти та $35^{\circ}15'$ східної довготи. Температура повітря протягом вегетаційного сезону становила в середньому (вересень — липень) $8\text{--}11^{\circ}\text{C}$, середні опади за цей період — $350\text{--}550 \text{ мм}$.

Проводили структурний аналіз рослин пшениці з облікової площі $0,25 \text{ м}^2$ за показниками маси 1000 зерен (МТЗ), маси зерна з головного колосу, маси зерна з м^2 , кількість продуктивних стебел з м^2 , кількість зерен з головного колосу.

Перед подрібненням зразки пшениці попередньо витримували декілька днів при температурі $18\text{--}20^{\circ}\text{C}$. Зразки борошна, вагою 30 г. отримували за допомогою лабораторного млину ЛМТ-1 (ПЛАУН, Росія). Білок та клейковину визначали на приладі Спектран-ІТ (Інарі Технології, Росія). Седиментація борошна визначалося згідно ДСТУ 4251:2003. Спочатку суспендували дослідне борошно, виготовлене із пшениці за заданих умов подрібнювання і просіювання, у розчині 2% оцтової кислоти за наявності бромфенолового синього. Після встановленої тривалості сколихування і відстоювання, визначали об'єм осаду, утвореного під час седиментації часток борошна. Усі лабораторні аналізи проводилися у трьох повторностях.

Статистичну обробку отриманих результатів проводили за методом дисперсійного аналізу, достовірність різниці середніх оцінювали за критерієм Стьюдента, для класифікації матеріалу за врожайністю використовували кластерний аналіз. Використовували стандартний пакет програми Statistic 6.0 [20].

Результати та їх обговорення. У результаті проведених досліджень з'ясовані важливі елементи структури врожайності, такі як маса МТЗ, вага зерна з головного колосу, вага зерна з м^2 , кількість продуктивних стебел з м^2 , кількість зерен з головного колосу. Отримані нами результати представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Компоненти структури врожайності сортів пшениці м'якої озимої в екологічних умовах Північного степу України

Table 1. The yield structure components of soft winter wheat cultivars in the ecological conditions of the Northern steppe of Ukraine

№	Сорт	Кількість, шт.		Маса зерна, г.		
		Продуктивних стебел з м ²	Зерен з головного колосу	1000 зерен	З 1-го колосу	З м ²
1	Ассоль	466	32*	46,9	1,11	500
2	Бунчук	513*	18*	47,6	1,04	468
3	Ліра	514*	19	47,7	1,01	480
4	Носівчанка	484*	25	51,1*	1,30*	593*
5	Овідій	523*	24	52,5*	1,29*	599*
6	Панна	387*	25	46,1	1,04	485
7	Росток	500*	25	45,3	0,96	482
8	Служниця Одеська	478	29	48,8	1,00	476
9	Турунчук	477	23	44,4*	0,88	418*
10	Мілена	516*	22	51,1*	1,31*	602*
11	Кохелія	456	21	45,5	1,04	474
12	Галатія	414	24	43,2*	0,85	412*
13	АС Маккінон	423	25	49,0	1,05	505*
14	Акорд	399	28	42,5*	0,81	420*
15	Подольнка ст.	440	24	48,0	1,04	468
Середнє		457,9	24	47,3	1,0	465,7
Стандартне відхилення		42,5	4	2,9	0,2	31,6

Примітка: * — різниця статистично достовірна при $t_{0.05}$

Установлено, що за показником кількість продуктивних стебел з одного квадратного метра стандарт перевищували такі сорти як Бунчук, Ліра, Носівчанка, Овідій, Росток та Мілена, суттєво поступаються стандарту Подольнка генотип надсильної пшениці Панна. Результати даного показника демонструють за рахунок чого формується зернова продуктивність: більш інтенсивного куцнення і наявності високої кількості продуктивних стебел, формування меншої

кількості, але з більш довершеною якістю чи за поєднанням синтезом цих двох напрямків. Як ми бачимо, для нових сортів української селекції більш характерний все таки перший та частково другий напрямки.

За другим показником — кількість зерна з головного колосу — стандарт переважає лише сорт Ассоль та поступається сорт Бунчук. Варіативність цієї ознаки досить висока, але в межах стандартного відхилення та суттєво на результативність врожайності не впливає. Більш вагомим є параметр маси тисячі зерен (сорт Носівчанка, Овідій, Мілена) за цим показником суттєво переважали стандарти, у той час як Турунчук, Акорд, Галатея суттєво поступалися. За вагою зерна з колосу випереджали стандарт такі сорти як Носівчанка, Овідій, Мілена. Генотипів, що б значно поступалися стандарту не відмічено. За останнім параметром урожайність з метра квадратного стандарт випереджають такі сорти як Носівчанка, Овідій, Мілена та (вперше) АС Маккінон, суттєво поступаються сорти Галатея та Акорд.

Загалом, ключовими параметрами для врожайності виявилися МТЗ та вага зерна з одного колосу, частково — кількість продуктивних стебел. Сорти, що демонстрували переваги за цими ознаками — Носівчанка, Овідій, Мілена — виявили й кінцеву привабливість за показником урожайності. Сорти Галатея та Акорд, що поступалися за цими ознаками, мають суттєво нижчу зернову продуктивність. Єдиним винятком став сорт АС Маккінон. Цей факт доводить, що навіть зміни в межах варіативності за показниками врожайності з незначними перевищеннями стандарту, здатні привести до формування врожайності вищої за стандарт. Тобто сорти, що за цими елементами структури перевищили стандарт завжди будуть демонструвати й перевищення за врожайністю.

Аналіз отриманих результатів показав, висока врожайність характерна для таких сортів як Мілена, Носівчанка, Овідій, АС Маккінон (Табл. 2), що відповідає показнику ваги зерна з метра квадратного з попередньої таблиці. Жодних виключень не відмічено, крайовий ефект суттєвого впливу не показав. Значно нижчу врожайність продемонстрували такі сорти як Галатея та Акорд, що відповідає даним з попередньої таблиці. Майже завжди відбулося підвищення МТЗ, що був ключовим параметром у наших попередніх дослідженнях [9].

За показником проценту зерна в загальному врожаї негативно виділилися сорти Бунчук та Ліра та позитивно такі сорти, як Носівчанка, Овідій, Росток, Служниця Одеська, Мілена, АС Маккінон та Акорд. Як бачимо, цей критерій менш визначаючий, ніж попередні.

Таблиця 2. Врожайність сортів пшениці м'якої озимої в екологічних умовах Північного степу України, 2016–2018 рр.
Table 2. The yield of soft winter wheat cultivars in the ecological conditions of the Northern steppe at Ukraine, 2016–2018

№	Сорт	Процент зерна в загальному врожаї	Врожай, г/м ² (середнє, 2016–2018)	Номер кластеру по врожаю
1	Ассоль	39,2	526 ± 17	2
2	Бунчук	31,5*	413 ± 10	2
3	Ліра	29,0*	426 ± 10	2
4	Носівчанка	41,3*	613 ± 12*	1
5	Овідій	41,6*	582 ± 12*	1
6	Панна	38,5	493 ± 11	2
7	Росток	41,8*	499 ± 11	2
8	Служниця Одеська	40,7*	496 ± 11	2
9	Турунчук	37,7	451 ± 9*	3
10	Мілена	41,1*	614 ± 18*	1
11	Кохелія	35,5	411 ± 9	2
12	Галатея	36,7	400 ± 8*	3
13	АС Маккінон	41,9*	537 ± 11*	1
14	Акорд	40,3*	402 ± 9*	3
15	Подольянка ст.	35,1	468 ± 11	2
Середнє		38,1	484,1	–
Стандартне відхилення		3,9	76,1	–

Примітка: * – різниця статистично достовірна при $t_{0.05}$

Слід зазначити, що за результатом кластерного аналізу сорти за врожайністю розподілилися на три групи. До першої групи були віднесені сорти, що стабільно демонструють урожайність вищу за стандарт (Носівчанка, Овідій, Мілена, АС Маккінон). До другої групи потрапили сорти з врожайністю стабільно на рівні стандарту Подольянка (хоча в окремі роки вони могли формувати й вищу або нижчу врожайність, але на відміну від стандарту були нестабільні в прояву цієї ознаки). Це сорти Ассоль, Бунчук, Ліра, Панна, Росток, Скежниця Одеська, Кохелія та, власно, Подольянка. Як ми бачимо, це більша частина генотипів, що, можливо, мають високий потенціал, але він не був реалізований саме в наших умова. Тобто в цьому, можливо,

проявляється специфіка селекції в умовах конкретного регіону. До третьої групи потрапили сорти Турунчук (новий), Галатея та Акорд, які продемонстрували суттєво нижчу врожайність за стандарт в усі роки. Як ми бачимо, новим стало тільки віднесення до такої групи сорту Турунчук.

Таблиця 3. Показники якості зерна сортів пшениці м'якої озимої в екологічних умовах Північного степу України

Table 3. The grain quality Indicators of soft winter wheat cultivars in the ecological conditions of the Northern steppe of Ukraine

№	Сорт	Показник седиментації, мл	Вміст білку, %	Клейковина, %
1	Ассоль	64 ± 2	12,8 ± 0,2*	30,0 ± 0,6*
2	Бунчук	73 ± 4*	13,3 ± 0,2	30,0 ± 0,6*
3	Ліра	47 ± 1*	14,0 ± 0,3	31,8 ± 0,5*
4	Носівчанка	59 ± 2	14,0 ± 0,3	35,2 ± 0,6*
5	Овідій	61 ± 2	14,4 ± 0,3	31,0 ± 0,5*
6	Панна	66 ± 3	15,4 ± 0,3*	31,1 ± 0,5*
7	Росток	42 ± 2*	14,0 ± 0,3	31,5 ± 0,5*
8	Служниця Одеська	64 ± 2	12,5 ± 0,2*	26,7 ± 0,3
9	Турунчук	72 ± 4*	12,1 ± 0,2*	29,4 ± 0,4*
10	Мілена	56 ± 1	14,4 ± 0,3	33,2 ± 0,6*
11	Кохелія	69 ± 3	13,1 ± 0,2	30,5 ± 0,6*
12	Галатея	60 ± 2	14,2 ± 0,3	35,1 ± 0,5*
13	АС Маккінон	55 ± 1	18,1 ± 0,4*	40,1 ± 0,8*
14	Акорд	64 ± 2	14,7 ± 0,3*	32,5 ± 0,6*
15	Подольанка ст.	61 ± 2	13,7 ± 0,2	25,0 ± 0,3
Середнє		60,9	13,9	31,5
Стандартне відхилення		8,5	0,7	3,6

Примітка: * — різниця статистично достовірна при $t_{0.05}$

Установлено, що за показником седиментації виділилися такі сорти як Бунчук та Турунчук з позитивним перевищенням стандарту, негативно — сорти Ліра та Росток (Табл. 3). Інші сорти продемонстрували позитивну якість на рівні стандарту за цим показником. Тобто він не може вважатися (за винятком двох генотипів) у даному випадку визначальним.

Дані таблиці 3 свідчать, що за показником вмісту білка в зерні ми можемо виділити сорт АС Маккінон (з дуже високим рівнем, що показав суттєву перевагу над стандартом за цим показником), сорт Акорд (проте він показав низьку врожайність), а також сорт Панна (урожайність на рівні стандарту). Тобто можливе існування генотипу водночас з високою врожайністю, вища за стандарт (АС Маккінон), на рівні стандарту (сорт Панна) та вмістом білка в зерні. За показником вмісту клейковини в зерні виділилися сорти Ассоль, Бунчук, Ліра, Носівчанка, Овідій, Панна, Росток, Турунчук, Овідій, Панна, Росток, Турунчук, Мілена, Кохелія, Галатея, АС Маккінон, Акорд. Цей показник з високим рівнем (0,82) корелює з вмістом білку, але за виключенням сорту Подолянка, що має гарний вміст білка, але низький вміст клейковини. Доведено, що у такому випадку щодо показників якості слід орієнтуватися на попередній [22].

Висновки. В екологічних умовах Північного степу України за комплексом ознак якості зерна та врожайності самим перспективним слід вважати сорт АС Маккінон. Також у цих екологічних умовах варто використовувати сорти Носівчанка, Овідій, Мілена, що здатні формувати врожайність вищу за стандарт при збереженні якості зерна на його рівні.

З метою поліпшення якості зерна при одночасному збереженні врожайних показників на рівні стандарту перспективними є сорти Панна та Акорд. Провідними еколого-агрономічними особливостями досліджених нами сортів пшениці м'якої озимої, є те що в умовах Північного степу України їх висока зернова врожайність формується перш за все за рахунок маси тисячі зерна та зерна з головного колосу, параметрів кількості продуктивних стебел з метра квадратного та маси зерна з метра квадратного метру.

Reference

1. Bassi, F. M., Bentley, A. R., Charmet, G., Ortiz, R., & Crossae, J. (2016). Breeding schemes for the implementation of genomic selection in wheat (*Triticum* spp.). *Plant Science*, 242, 23–36. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2015.08.021>
2. Bonnot, T., Bance, E., Alvarez, D., Davanture, M., Boudet, J., Pailloux, M., Zivy, M., Ravel, C., & Martre, P. (2017). Grain subproteome responses to nitrogen and sulfur supply in diploid wheat *Triticum monococcum* ssp. *Monococcum*. *The Plant Journal*, 91 (5), 894–910. <https://doi.org/10.1111/tpj.13615>

3. Bordes, J., Ravel, C., Le Gouis, J., Lapierre, A., Charmet G., & Balfourier F. (2011). Use of a global wheat core collection for association analysis of flour and dough quality traits. *Journal of Cereal Science*, 54 (3), 134–137. <https://doi.org/10.1016/j.jcs.2011.03.004>
4. Crossa, J., Pérez-Rodríguez, P., Cuevas, J., Montesinos-López, O., Jarquín, D., de los Campos, G., Burgueño, J., González-Camacho, J.M., Pérez-Elizalde, S., Beyene, Y., Dreisigacker, S., Singh, R., Zhang, X., Gowda, M., Roorkiwal, M., Rutkoski, J., Varshney, R. K. (2017). Genomic selection in plant breeding: methods, models, and perspectives. *Trends in Plant Science*, 22, 961–975. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2017.08.011>
5. Gept, P., & Hancock, J. (2006). The future of plant breeding. *Crop Science*, 46, 1630–1634. <https://doi.org/10.2135/cropsci2005-12-0497op>
6. Gizzi, G., & Gambin, B. L. (2016). Eco-physiological changes in sorghum hybrids released in Argentina over the last 30 years. *Field Crops Research*, 188, 41–49. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.01.010>
7. Hatfield, J. L., & Dold, C. (2018). Agroclimatology and Wheat Production: Coping with Climate Change. *Frontier Plant Sciences*, 9, 1–5. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00224>
8. Jullien, M., Navascués, M., Ronfort, J., Loridon, K., & Gay, L. (2019). Structure of multilocus genetic diversity in predominantly selfing populations. *Heredity*, 123, 176–191. <https://doi.org/10.1038/s41437-019-0182-6>
9. Katyal, M., Viridi, S. V., Kaur, A., Singh, N., Kaur, S., Ahlawat, A. K., & Singh, A. M. (2016). Diversity in quality traits amongst Indian wheat varieties I: Flour and protein characteristics. *Food Chemistry*, 194, 337–344. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.07.125>
10. Khalili, M., Naghavi, M., & Yousefzadeh, S. (2018). Protein pattern analysis in tolerant and susceptible wheat cultivars under salinity stress conditions. *Acta agriculturae Slovenica*, 111 (3), 545–558. <https://doi.org/10.14720/aas.2018.111.3.03>
11. Khan, A. R., Goldringer, I., & Thomas, M. (2020). Management practices and breeding history of varieties strongly determine the fine genetic structure of crop populations: a case study based on European wheat populations. *Sustainability*, 12 (2), 613. <https://doi.org/10.3390/su12020613>

12. Kharytonov, M. M., Pashova, V. T., Mitsik, O. O., Nazarenko, M. M., & Bagorka, M. O. (2017). Estimation of winter wheat varieties suitability for difference growth of landscape conditions. *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 15, 187–191. Retrieved from <http://annals.fih.upt.ro/pdf-full/2017/ANNALS-2017-4-28.pdf>, Corpus ID: 147701780
13. Khromykh, N., Matiukha, V., Lykholat, Yu., Lisovyi, M., Nazarenko, M., & Hryhoriuk, I. (2018). Influence of herbicides on indexes of yield of hybrid of corn Orzhitsa 237 MV. *Visnyk agrarnoi nauky [Bulletin of Agricultural Science]*, 96, 20–25. <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201804-03>
14. Kitonyo, O. M., Sadras, V. O., Zhou, Y., & Denton, M. D. (2017). Evaluation of historic Australian wheat varieties reveals increased grain yield and changes in senescence patterns but limited adaptation to tillage systems. *Field Crops Research*, 206, 65–73. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.02.017>
15. Ladoni, M., Basir, A., Robertson, P. G., & Kravchenko, A. N. (2016). Scaling-up: cover crops differentially influence soil carbon in agricultural fields with diverse topography. *Agriculture Ecosystems & Environment*, 225, 93–103. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2016.03.021>
16. Lollato, R. P., Ruiz-Diaz, D. A., DeWolf, E., Knapp, M., Peterson, D., & Fritz, A. (2019). Agronomic practices for reducing wheat yield gaps: a quantitative appraisal of progressive producers. *Crop Science*, 59, 333–350. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.04.0249>
17. Lopez-Cruz, M., Crossa, J., Bonnett, D., Dreisigacker, S., Poland, J., Jannink, J. L., Singh, R. P., Autrique, E., & de los Campos, G. (2015). Increased prediction accuracy in wheat breeding trials using a marker × environment interaction genomic selection model. *G3: genes, genomes, genetics*, 5 (4), 569–582. <https://doi.org/10.1534/g3.114.016097>
18. Marulanda, J. J., Mi, X., Melchinger, A. E., Xu, J. L., Würschum, T., & Longin, C. F. H. (2016). Optimum breeding strategies using genomic selection for hybrid breeding in wheat, maize, rye, barley, rice and triticale. *Theoretical and Applied Genetics*, 129, 1901–1913. <https://doi.org/10.1007/s00122-016-2748-5>
19. Mba, C., Guimaraes, E. P., & Ghosh, K. (2012). Re-orienting crop improvement for the changing climatic conditions of the 21st century. *Agriculture & Food Security*, 7, 1–17. <https://doi.org/10.1186/2048-7010-1-7>

20. McDonald, J. H. (2014). *Handbook of biological statistics*. Sparky house publishing.
21. Morhun, V. V., Havryliuk, M. M., Oksom, V. P., Morhun, B. V., & Pochynok, V. M. (2014). Vprovadzhennia u vyrobnytstvo novykh, stiikykh do stresovykh faktoriv, vysokoproduktyvnykh sortiv ozymoi pshenytsi, stvorenykh na osnovi vykorystannia khromosomnoi inzhenerii ta marker-dopomizhnoi selektsii [Introduction of new, stress resistant, high-yielding winter wheat varieties based on chromosome engineering and marker-assisted selection]. *Nauka ta innovatsii [Science and innovation]*, 10 (5), 40–48. <http://dx.doi.org/10.15407/scin10.05.040> (in Ukrainian).
22. Nazarenko, M. M., Lykholat, Yu. V., & Khromykh, N. O. (2019). Mutatsii u pshenytsi ozymoi (*Triticum aestivum* L.) pid diieiu dimetylsulfatu [Mutations in winter wheat (*Triticum aestivum* L.) under the dimethyl sulfate action]. *Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy [Scientific reports of nules of Ukraine]*, 1 (77). <http://dx.doi.org/10.31548/dopovidi2019.01.00> (in Ukrainian).
23. Nazarenko, M., & Lykholat, Yu. (2018). Influence of relief conditions on plant growth and development. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 26 (1), 143–149. <https://doi.org/10.15421/111815>
24. Nazarenko, M., Lykholat, Yu., Grigoryuk, I., & Khromykh, N. (2018). Optimal doses and concentrations of mutagens for winter wheat breeding purposes. Part I. Grain productivity. *Journal of Central European Agriculture*, 19 (1), 194–205. <http://dx.doi.org/10.5513/JCEA01/19.1.2037>
25. Nazarenko, M., Lykholat, Yu., Grigoryuk, I., & Andrusevych, K. (2017). Mutagendepression after recurrent chemical mutagen action at first winter wheat generation. *Agriculture & Forestry*, 63 (2), 161–170. <https://doi.org/10.17707/AgricultForest.63.2.14>
26. Rangare, N. R., Krupakar, A., Kumar, A., & Singh, S. (2010). Character association and component analysis in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Electronic Journal of Plant Breeding*, 1 (3), 231–238
27. Rife, T. W., Graybosch, R. A., & Poland, J. A. (2019). A field-based analysis of genetic improvement for grain yield in winter wheat cultivars developed in the US central plains from 1992 to 2014. *Crop Science*, 59 (3), 905–910. <https://doi.org/10.2135/cropsci2018.01.0073>
28. Sadras, V. O., Hayman, P. T., Rodriguez, D., Monjardino, M., Bielich, M., Unkovich, M., Mudge, B., & Wang, E. (2016). Interactions between

- water and nitrogen in Australian cropping systems: Physiological, agronomic, economic, breeding and modeling perspectives. *Crop and Pasture Science*, 67 (10), 1019–1053 <https://doi.org/10.1071/CP16027>
29. USDA. (2018). *World Agricultural Supply and Demand Estimates*. Retrieved from <https://www.usda.gov/oce/commodity/wasde/latet.pdf>
30. Vlasenko, V. A., Bakumenko, O. M., Osmachko, O. M., Burdulaniuk, A. O., Tatorynova, V. I., Demenko, V. M., Rozhkova, T. O., Yemets, O. M., Bilokopytov, V. I., Horbas, S. M., Meng, F., & Zhou, Q. (2018). Ecological plasticity and adaptability of Chinese winter wheat varieties (*Triticum aestivum* L.) under the conditions of North-East forest steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8 (4), 114–121. Retrieved from <https://www.ujecology.com/articles/ecological-plasticity-and-adaptability-of-chinese-winter-wheat-varieties-triticum-aestivum-l-under-the-conditions-of-nor.pdf>
31. Wang, Z., Sadras, V. O., Yang, X., Han, X., Huang, F., & Zhang, S. (2017). Synergy between breeding for yield in winter wheat and high-input agriculture in North-West China. *Field Crops Research*, 209, 136–143. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2017.04.018>

ECOLOGICAL AND AGRONOMIC FEATURES OF YIELD AND QUALITY FORMATION FOR MODERN WHEAT WINTER CULTIVATORS

M. M. Nazarenko¹, V. I. Gorschar¹, O. A. Lykholat², O. O. Izboldin¹, O. M. Kolinko³

¹ – Dnipro State Agrarian and Economic University, Dnipro, Ukraine

² – University Customs Business and Finance, Dnipro, Ukraine

³ – Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro, Ukraine

Abstract. The analysis of particular genotypes, as well as procedures for the selection of breeding promising genotypes, is becoming more and more localized and requires more detailed and in-depth analysis precisely under the specific conditions of a particular region. First of all, it refers to such traits as quality, the presence of certain nutritional value components, genetically determined resistance to disease and pests to eliminate the pesticide pressure. Considering the possibility of increasing these parameters, it is possible even to reduce yields (but not quality).

Therefore, analyze of peculiarities in shown of main grain productive and quality traits under local conditions according to differences on genotypes level was one of the most important problem.

The purpose of the research was to identify limits at variability of main yield and grain quality parameters of 14 winter wheat varieties under conditions of Northern Steppe of Ukraine and demonstrate higher adaptive genotypes by individual traits and at complex of agricultural-value traits.

The research task was to analyze yield and its structure at 14 winter wheat varieties, compared with standard, providing analysis of quality parameters, developing limits of variability of these traits, identifying better samples by peculiar traits and complex of these traits under regional conditions.

Experiments were carried out on the experimental fields of Dnipro State Agrarian and Economic University. 14 winter wheat varieties have been analyzed. As check variety Podolyanka has been used. Evaluation of total grain yield per plot was calculated from 2017 to 2019 years. The trial of winter wheat varieties was set up at three replications and with a plot size of 1,5 m². Data on yield structure components were taken from 0,25 randomly selected plots of each variety. Protein and gluten content of the samples were measured by Near-infrared Reflectance Spectroscopy (Spektran-IT). Mathematical processing of the results was performed by the method of analysis of variance, Student's t-test, cluster analyses.

By the parameter of number of productive culms from m² the standard exceeded such varieties as Bunchuk, Lyra, Nosivchanka, Ovidiy, Rostock and Milena, according to the number of grains from the main spike Assol. By 1000 grain weights Nosivchanka, Ovidiy, Milena, by weight of grain from the main spike varieties Nosivchanka, Ovidiy, Milena too, the weight of grain from m² Nosivchanka, Ovidiy, Milena and (first time) AC Mackinnon.

The yield was higher regarding increase in the productivity of the main ear and 1000 grains weight, rather than higher productivity tillering. Higher yield was characterised for such varieties as Nosivchanka, Ovidiy, Milena and (first time) AC Maccinon (this parameter is higher than standard). AC Mackinnon has been shown high grain productivity without reliable increase in grain yield parameters.

According to the percentage of grain in the total yield, many varieties have been identified. As a result of the cluster analysis, the varieties were divided into three groups. The first group included varieties that consistently show yields higher than the standard (Nosivchanka, Ovidiy, Milena and AC Mackinnon). The second group included varieties with yields at the level of the standard Podolyanka Assol, Bunchuk, Lyra, Virgo, Rostock, Sluzhnytsya Odesa, Kohelia. The third group included varieties Turunchuk (new), Galatea and Acord, which showed significantly lower yields in all years.

By the parameter of protein content in grain we can distinguish varieties Assol, Bunchuk, Lyra, Nosivchanka, Turunchuk, Ovidiy, Panna, Rostok, Milena, Kohelia, Galatea, Acord. AC Mackinnon. Nosivchanka and Ovidiy varieties have shown quality at the level of Podolyanka with higher grain productivity.

Thus, according to a set of parameters of grain quality and yields, such varieties as Nosivchanka, Ovidiy and AC Mackinnon were selected, which are most suitable for our region. The content of protein and gluten distinguished such varieties as Panna.

Keywords: winter wheat; yield; variety; grain quality.

Citation as:

Nazarenko, M. M., Gorschar, V. I., Lykholat, O. A., Izboldin, O. O., & Kolinko, O. M. (2020). Ekolo-hronomichni osoblyvosti formuvannia vrozhaivosti ta yakosti suchasnykh sortiv pshenytsi ozymoi [Ecological and agronomic features of yield and quality formation for modern wheat winter cultivators]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 127–140. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4359>.

APA

**ДСТУ
8302:2015**

Назаренко М. М., Горшар В. І., Лихолат О. А., Ізболдін О. О., Колінько О. М. Еколого-агрономічні особливості формування врожайності та якості сучасних сортів пшениці озимої. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 127–140.

БІОІНДИКАЦІЇ СТАНУ ЕДАФОТОПУ ЗА ПОКАЗНИКАМИ АКУМУЛЯЦІЇ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ВЕГЕТАЦІЙНИМИ ОРГАНАМИ (на прикладі *Taraxacum officinale* Wigg.)

І. О. Комарова*

Криворізький державний педагогічний університет,
м. Кривий Ріг, Україна

Анотація. Можливість використання розповсюджених видів урбанofлори в біоіндикації для оцінювання рівня забруднення промислових агломерацій актуалізує наші дослідження. Мета роботи — проаналізувати вміст важких металів (Zn, Pb, Cu, Ni, Cd) у зразках ґрунту та рослинного матеріалу *Taraxacum officinale* Wigg Криворізького гірничо-металургійного регіону та можливість використання з'ясованих закономірностей для здійснення біоіндикації довкілля цього регіону. Пробні ділянки закладалися в трьох адміністративних районах м. Кривий Ріг з різним рівнем надходження викидів від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря. За загальноприйнятими методиками здійснювали: відбір проб ґрунту (0–10 см), коренів рослин, пробопідготовку. Вміст валових і рухомих (в амонійно-ацетанта витяжка рН=4,8) форм Zn, Pb, Cu, Ni, Cd у ґрунтах та елементів у рослинному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С-115 (Україна). Коефіцієнт транслокації розраховували як співвідношення вмісту елемента в коренях рослин до вмісту його рухомих форм у ґрунті. Серед металів першого та другого класів небезпеки відмічаємо пропорційне збільшення їх вмісту від умовного контролю до ділянок високого рівня забруднення. Визначено спадаючий ряд рухомих форм важких металів: на ділянках з високим та помірним рівнем забруднення — Zn>Pb>Cu>Ni>Cd, на ділянках з незначним рівнем та умовним контролем — Zn>Ni>Pb>Cu>Cd. Установлено, що наявність зв'язку між накопиченням важких металів у ґрунті та коренях рослин дозволяє використовувати *Taraxacum officinale* Wigg для здійснення біоіндикації.

Ключові слова: техногенне середовище, важкі метали, транслокаційні коефіцієнти, забруднення, стійкість рослин, біоіндикації, *Taraxacum officinale* Wigg.

Вступ. Едафотопи є активними акцепторами більшості елементів і їх сполук, зокрема важких металів (ВМ) [2, 25, 28, 32]. Мікроелементи активно сорбуються та взаємодіють із гумусовими сполуками, у результаті чого їх рухливість зменшується [1, 3, 17]. Визначення спроможності певних елементів до транслокації в системі «ґрунт-

*Corresponding author. E-mail addresses: irinysich@i.ua

рослина» є необхідною складовою моніторингових досліджень урболандшафтів [20, 21, 29].

У вегетативних органах рослин часто відмічають різну концентрацію ВМ, що обумовлено властивостями самих мікроелементів та видоспецифічністю метаболічних процесів у рослин. Зокрема, вміст Cd у рослинах залежить від біологічних особливостей і наявності елементно-статичних бар'єрів на кордоні «корінь-стебло» [8, 9, 23]. Коливання вмісту Cu на різних ґрунтах та у кліматичних умовах зумовлює значну варіабельність його накопичення рослинами [13, 14, 31]. При вивченні особливостей надходження Zn у рослини був виявлений ген ZNT1, який відповідає за його транспорт [24]. Іони Pb стимулюють процеси пероксидного окиснення ліпідів, що підтверджується підвищенням вмісту ТБК-активних продуктів у вегетативних органах [15]. Вміст Ni у ґрунтах значною мірою залежить від забезпеченості елементом ґрунтоутворюючих порід. Найбільші концентрації Ni, як правило, становлять до 3,0 мг/кг при варіаціях у різних видах рослин становить від 0,1–1,0 до 8,1 мг/кг [27].

Саме тому використання розповсюджених видів урбанofлори в біоіндикації дозволяє оцінювати рівень забруднення промислових агломерацій. Аналіз наукової літератури свідчить, що індикаторними видами техногенного забруднення можуть слугувати сільськогосподарські культури [10, 16, 26]; деревні рослини [5, 7, 22, 28]; трав'янисті види [5, 14, 33].

Мета дослідження — визначити рівень акумуляції важких металів в едафотопах м. Кривого Рогу та з'ясувати можливість використовувати *Taraxacum officinale* Wigg для здійснення біоіндикації довкілля в гірничо-металургійному регіоні.

Матеріал та методи дослідження. Об'єктом дослідження були ґрунти і корені *Taraxacum officinale* Wigg. Пробні ділянки закладалися в трьох адміністративних районах м. Кривий Ріг з різним рівнем надходження викидів від стаціонарних джерел забруднення в атмосферне повітря. За даними Головного управління статистики у Дніпропетровській області, територія Металургійного району міста характеризується найвищим рівнем промислових викидів (102,4 тис. т у 2013 році). У даному районі закладені пробні ділянки з високим рівнем забруднення в санітарно-захисній зоні 9-тої доменної печі ПАТ «АрселорМіттал Кривий Ріг» (ділянка 1, 47°51'58.3"N 33°24'35.6"E), поблизу прохідної до прокатних станів (діл. 2, 47°52'19.1"N 33°24'33.6"E) і прохідної №1 підприємства (діл. 3, 47°53'01.9"N 33°23'10.5"E) та вантажної прохідної ПрАТ «Криворізький суриковий завод» (діл. 4,

47°53'31.6"N 33°24'58.1"E). У Покровському і Довгинцевському районах обсяги викидів 3,8 і 2,4 тис. т відповідно. У цих районах розташовані ділянки з помірним рівнем забруднення у санітарно-захисній зоні шахти Ювілейна ПрАТ «Суша Балка» (діл. 5, 48°01'51.8"N 33°27'47.2"E) і дачному товаристві «Суворовець» (діл. 6, 47°53'44.6"N 33°27'08.6"E), що межує із санітарно-захисною зоною ПрАТ «Криворізький суриковий завод». У Саксаганському районі, у якому найменші обсяги викидів до 640 т, закладені ділянки з незначним рівнем забруднення по вул. Волгоградська (діл. 7, 47°55'13.2"N 33°23'09.4"E) та вул. Володимира Великого (діл. 8, 47°56'29.0"N 33°24'44.4"E). Територія умовного контролю розташована на відстані понад 50 км від промислових підприємств (діл. 9, 48°08'48.8"N 32°54'18.8"E).

Відбір проб з шару ґрунту 0–10 см і коренів рослин проводили наприкінці вересня, а пробопідготовку здійснювали за загальноприйнятими методиками [12, 30]. Вміст валових і рухомих (в амонійно-ацетанта витяжка рН=4,8) форм Zn; Pb; Cu; Ni; Cd у ґрунтах та елементів у рослинному матеріалі визначали на атомно-абсорбційному спектрофотометрі С–115 (Україна). Коефіцієнт транслокації розраховували як співвідношення вмісту елемента у коренях рослин до вмісту його рухомих форм у ґрунті [4, 12].

Результати експерименту оброблені статистично: розраховували помилку середньої арифметичної, обчислювали критерій достовірності відмінностей між показниками варіантів (t-test). Різницю вважали достовірною за $P < 0,05$.

Результати та їх обговорення. Обговорюючи вміст рухомих форм важких металів у ґрунтах міста та їх відсоток до валової форми, необхідно відмітити, що отримані результати є статистично достовірними для всіх ділянок, окрім ділянки 5 із вмістом кадмію та ділянки 6 із вмістом нікелю (Табл. 1). Серед металів першого класу небезпеки відсотковий вміст валової форми Zn пропорційно зростає від 10,5% в умовному контролі до 55,1% для територій з високим вмістом забруднення. Вміст рухомої форми цинку закономірно підвищується на ділянках з високим рівнем забруднення від 5,5 до 16 разів порівнюючи із контролем. У цей діапазон потрапила ділянка 7, де перевищення цинку становить понад 6 разів (Табл. 1). Серед інших металів першого класу не відмічено дисбалансу між пробними площадками за рівнями забруднення. Так, вміст Pb, у порівнянні із контролем, збільшився від 3 до 8,5 разів на ділянках із помірним та незначним забрудненням та від 18 до 32 разів на ділянках із високим рівнем. Отримані результати вмісту кадмію дещо знижені у порівнянні із контролем на ділянках 5–8,

які розташовані в зонах з незначним та помірним рівнями забруднення, а на ділянках з високим рівнем зафіксоване перевищення від 6 до 47 разів (Табл. 1). Серед металів другого класу небезпеки на ділянках незначного та помірного рівнів забруднення відмічаємо збільшення їх вмісту у порівнянні із контролем від 2 до 5 разів та на ділянках високого рівня забруднення від 6 до 36 разів (Табл. 1).

Таблиця 1. Вміст рухомих форм важких металів у ґрунті
Table 1. The heavy metals mobile forms content in the soil

Пробні площадки та координати	Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
1 47°51'58.3"N 33°24'35.6"E	10,93 ± 0,05*	6,36 ± 0,05*	39,49 ± 1,42*	15,05 ± 0,05*	2,52 ± 0,15*
	80,6%	15,5%	55,1%	13,1%	35,4%
2 47°52'19.1"N 33°24'33.6"E	6,62 ± 0,18*	18,01 ± 0,55*	98,24 ± 16,61*	19,88 ± 0,24*	8,11 ± 0,19*
	21,9%	17,6%	14,5%	14,6%	64,9%
3 47°53'31.6"N 33°24'58.1"E	8,39 ± 0,22*	20,64 ± 0,73*	63,92 ± 0,49*	26,13 ± 0,31*	12,17 ± 0,20*
	24,5%	15,8%	25,5%	15,0%	42,6%
4 47°53'01.9"N 33°23'10.5"E	6,87 ± 0,02*	6,38 ± 0,22*	34,01 ± 2,67*	25,5 ± 0,60*	1,65 ± 0,16*
	63,3%	22,3%	15,8%	26,0%	38,8%
5 48°01'51.8"N 33°27'47.2"E	6,82 ± 0,32*	1,62 ± 0,02*	33,23 ± 0,38*	6,89 ± 0,91*	0,35 ± 0,01
	39,9%	9,5%	21,3%	25,3%	31,8%
6 47°53'44.6"N 33°27'08.6"E	2,29 ± 0,11	2,84 ± 0,70*	20,58 ± 2,67*	3,37 ± 0,88*	0,23 ± 0,17*
	18,6%	14,6%	10,45%	5,9%	14,3%
7 47°56'29.0"N 33°24'44.4"E	4,34 ± 0,17*	1,26 ± 0,06*	16,66 ± 0,90*	6,88 ± 0,59*	0,15 ± 0,01*
	41,7%	13,9%	25,9%	22,4%	27,8%
8 47°55'13.2"N 33°23'09.4"E	4,58 ± 0,08*	1,37 ± 0,12*	40,32 ± 3,36*	2,47 ± 0,65*	0,17 ± 0,01*
	31,6%	9,4%	33,1%	12,3%	23,9%
9 48°08'48.8"N 32°54'18.8"E	1,44 ± 0,03	0,56 ± 0,06	6,17 ± 0,44	0,82 ± 0,04	0,26 ± 0,04
	18,7%	6,1%	10,5%	5,3%	33,8%

Примітка: чисельник — вміст рухомих форм ВМ в ґрунтах, мг/кг ґрунту;
знаменник — відношення рухомих форм до валових, %;
* — різниця достовірна з контролем ($P < 0,05$); ($M \pm m$, $n=3$)

Серед відношень рухомих до валових форм важких металів спостерігаємо значні коливання та відсутність чіткої градації між ділянками різних рівнів забруднення (Табл. 1). Загальна техногенність досліджених рухомих форм важких металів для ділянок з високим та помірним рівнем забруднення утворює спадаючий ряд, який набуває такого вигляду: $Zn > Pb > Cu > Ni > Cd$.

Слід зазначити, що одночасно зафіксована незначна різниця в накопиченні кадмію та нікелю на ділянці 4. Для пробних ділянок незначного рівня та умовного контролю ряд накопичення важких металів виглядає наступним чином: $Zn > Ni > Pb > Cu > Cd$. (Табл. 1).

Літературні дані свідчать, що збільшення значення рН та вмісту гумусу в ґрунтах супроводжується зниженням рухливості іонів важких металів, що істотним чином впливає на рівень концентрації важких металів як в едафотобах так і рослинному покриві. Така буферна властивість виступає потужним бар'єром, зокрема встановлено, що в інтервалі рН від 4 до 7,7 сорбційна здатність ґрунтів збільшується в 2–3 рази на кожен одиницю рН [11, 28]. У лабораторних дослідках підтверджено рівномірне зростання адсорбції ґрунтами кадмію при збільшенні рН ґрунтового розчину від 2 до 7 [33].

У ході наших попередніх досліджень встановлено, що середній вміст гумусу в едафотобах м. Кривий Ріг знаходиться на рівні 1,0–4,5%, зокрема найбільша кількість органічної речовини виявлена в ґрунтах Металургійного району, який характеризується високим рівнем забруднення. Це можна пояснити активними вторинними сукцесійними процесами відновлення рослинного та, як наслідок, ґрунтового покривів. Показники як актуальної, так і обмінної кислотності коливаються від нейтрального (6,8–7,2%) до середньолужної (8,5–9,0%) [18, 19]. При тому, що лужну реакцію спостерігаємо на всіх ділянках з високим, а нейтральну на ділянках з помірним та незначним рівнями забруднення. Зважаючи на отримані результати вмісту різних форм важких металів та деяких буферних характеристик ґрунту, вважаємо доцільно розглядати транслокаційні коефіцієнти, зокрема на прикладі синантропного виду *T. officinale*, з метою оцінити ступінь доступності мікроелементів у середовищі існування рослини та у подальшому використовувати показник як чутливий біоіндикатор їх вмісту.

Необхідно відмітити чітку закономірність збільшення концентрації нікелю елементу в 2 рази на площадках високого рівня. Виключенням у цьому списку є ділянка № 4, де помічена різниця більше ніж у 3 рази у порівнянні із контролем. Площадки незначного та помірного рівнів характеризуються тенденцією збільшення нікелю в 1,5 рази у порівнянні з контролем. Але на ділянці № 8 виявлено статистично достовірне зниження вмісту нікелю, що становить $2,25 \pm 0,47$ мг/г (Табл. 2). На пробних площадках високого рівня забруднення зафіксовано перевищення купруму в коренях рослин у 6 разів, а на ділянках 5 та 8 до 15%. Виключенням є ділянки 3 та 7, де зафіксовано незначне зниження у порівнянні із контролем. Проте важливо зазначити, що ці

дані є статистично недостовірними аналогічно і з результатами ділянки 6, хоча на ній рівень накопичення вищий ніж в контролі (Табл. 2).

Таблиця 2. Вміст важких металів у корені *Taraxacum officinale* Wigg, мг/кг та значення коефіцієнту транслокації в системі «ґрунт-корінь»

Table 2. The heavy metals content in root of *Taraxacum officinale* Wigg, mg/kg and a translocation factor value for a system “soil-root”

Пробні площадки та координати		Ni	Cu	Zn	Pb	Cd
1	47°51'58.3"N	5,70 ± 0,67*	2,49 ± 0,06*	52,83 ± 1,04*	3,14 ± 0,22*	8,03 ± 0,39*
	33°24'35.6"E	1,92	2,55	0,75	4,80	0,31%
2	47°52'19.1"N	6,92 ± 0,17*	2,59 ± 0,06*	75,10 ± 0,02*	4,87 ± 0,55*	9,38 ± 0,52*
	33°24'33.6"E	1,04	6,94	2,15	4,08	0,86
3	47°53'31.6"N	8,86 ± 0,39*	2,92 ± 0,50*	70,58 ± 5,06*	4,81 ± 0,33*	7,67 ± 0,06*
	33°24'58.1"E	0,95	7,08	0,91	5,43	1,59
4	47°53'01.9"N	5,58 ± 0,56*	0,44 ± 0,06	47,52 ± 2,29*	3,62 ± 0,22*	8,14 ± 0,02*
	33°23'10.5"E	1,23	14,35	0,72	7,00	0,20
5	48°01'51.8"N	3,89 ± 0,32*	0,68 ± 0,07*	13,67 ± 0,68*	1,99 ± 0,36	2,31 ± 0,22*
	33°27'47.2"E	1,75	2,37	2,43	3,46	0,15
6	47°53'44.6"N	4,45 ± 0,29*	0,60 ± 0,07	12,02 ± 1,47*	1,72 ± 0,63	2,75 ± 0,12*
	33°27'08.6"E	0,83	4,71	1,71	1,96	0,08
7	47°56'29.0"N	2,25 ± 0,47*	0,63 ± 0,06*	16,54 ± 1,10*	1,48 ± 0,14*	2,11 ± 0,30*
	33°24'44.4"E	1,93	2,02	1,01	4,65	0,07
8	47°55'13.2"N	2,80 ± 0,19	0,46 ± 0,04	15,05 ± 1,43*	2,08 ± 0,16*	3,27 ± 0,55*
	33°23'09.4"E	1,64	2,97	2,68	1,19	0,05
9	48°08'48.8"N	2,44 ± 0,23	0,49 ± 0,02	7,66 ± 0,12	1,34 ± 0,07	1,08 ± 0,49
	32°54'18.8"E	0,59	1,14	0,81	0,61	0,24

Примітка: чисельник — вміст ВМ у корені *Taraxacum officinale* Wigg, мг/кг;
знаменник — коефіцієнт транслокації;

* — різниця достовірна з контролем ($P < 0,05$); ($M \pm m$, $n=3$)

Абсолютним лідером з накопичення коренями є цинк. Спостерігаємо закономірне збільшення та чітку відмінність накопичення коренями на площадках різного рівня забруднення.

Установлено, що максимальне накопичення від $75,10 \pm 0,018$ мг/г мало місце на ділянці №2 до $47,52 \pm 2,29$ біля вантажної прохідної цього ж підприємства, що перевищує контрольні значення у 6–10

разів у порівнянні із контролем (Табл. 2). На площадках помірного та незначного рівнів забруднення спостерігаємо статистично закономірне збільшення накопичення металу у 2 рази. Причому, на ділянці №8 цей показник знаходиться на рівні $16,54 \pm 1,10$ мг/г, що більше на 3–4 мг/г від площадок із помірним рівнем навантаження.

Аналізуючи результати накопичення плумбуму в коренях *T. officinale*, відмічаємо чітке розмежування між ділянками різного рівня забруднення. Максимальні значення зафіксовані на ділянці 2, що відповідають $4,87 \pm 0,55$ мг/г, а це співвідносно перевищенню у 4 рази порівнюючи із контролем. Мінімальні значення для площадок із високим рівнем установлені на ділянці 3, які є статистично достовірними і втричі перевищують дані контролю (Табл. 2). Експериментальні дані, отримані на ділянках помірного рівня мають незначне перевищення від контролю, але статистично недостовірні. Значення вмісту плумбуму на ділянках незначного рівня забруднення мають перевищення у 1,5 рази від умовного контролю і відповідають $1,48 \pm 0,14$ мг/г та $2,08 \pm 0,16$ мг/г.

Подібно до нікелю відбувається активне накопичення коренями рослин і кадмію (Табл. 2). Градація накопичення на площадках із високим рівнем забруднення зафіксована в межах від $7,67 \pm 0,06$ мг/г до $9,38 \pm 0,52$ мг/г, що становить збільшення у 8–9 разів порівняно із контролем (Табл. 2). Ділянки помірного рівня забруднення відмічаються статистично достовірним збільшенням накопичення металу від $2,31 \pm 0,02$ до $2,75 \pm 0,12$ мг/г. Ділянка незначного рівня забруднення характеризуються дещо відмінними показниками накопичень. Максимальне значення відповідає $3,27 \pm 0,55$ мг/г, що співвідносно перевищенню у 3 рази до контролю.

Отримані результати свідчать про значну акумуляцію іонів важких металів коренями кульбаби лікарської, що значною мірою пов'язано як із підвищеним вмістом зазначених елементів у пилових викидах підприємства, так і з певними особливостями процесів надходження іонів металів до рослин [11, 18]. Наведені у таблиці 2 результати визначення вмісту у коренях рослин нікелю, купрум, цинку, плумбуму та кадмію, свідчать про здатність *T. officinale* до їхньої акумуляції.

Логіку акумуляції мікроелементів можна відобразити у наступних спадаючих рядах, які диференційовані за ступенем забруднення територій (Табл. 3). На нашу думку, для характеристики стану забруднення природного середовища доцільно визначати не лише рухомі форми забруднюючих речовин у ґрунті, а й коефіцієнт їх переходу у системі «ґрунт-рослина».

Таблиця 3. Ряди накопичення важких металів коренями
Taraxacum officinale WiggTable 3. The heavy metals accumulation series by *Taraxacum officinale* Wigg roots

Пробні площадки та координати		Ряди накопичення важких металів
1	47°51'58.3"N 33°24'35.6"E	Zn>Cd>Ni>Pb>Cu
2	47°52'19.1"N 33°24'33.6"E	Zn>Cd>Ni>Pb>Cu
3	47°53'31.6"N 33°24'58.1"E	Zn>Cd>Cu>Ni>Pb
4	47°53'01.9"N 33°23'10.5"E	Zn>Ni>Cd>Pb>Cu
5	48°01'51.8"N 33°27'47.2"E	Zn>Ni>Cd>Pb>Cu
6	47°53'44.6"N 33°27'08.6"E	Zn>Ni>Cd>Pb>Cu
7	47°56'29.0"N 33°24'44.4"E	Zn>Ni>Cd>Pb>Cu
8	47°55'13.2"N 33°23'09.4"E	Zn>Cd>Ni>Pb>Cu
9	48°08'48.8"N 32°54'18.8"E	Zn>Ni>Pb>Cd>Cu

З огляду на це були розраховані транслокаційні коефіцієнти для бар'єрного блоку «грунт-корені рослин». Міцний антиконцентраційний бар'єр як у контролі, так і за умов забруднення (коефіцієнт транслокації <1,0), притаманний лише для кадмію. Але на ділянці 4 у рослин спостерігаємо мікроконцентраційний зв'язок (коефіцієнт транслокації >1,0). Для більшості дослідних ділянок транслокація плюмбуму та купруму із ґрунту до коренів рослини відбувається безбар'єрним способом. Лише в умовному контролі зафіксований антиконцентраційний бар'єр. Експериментальні результати дозволяють говорити про широке варіювання інтенсивності транслокації іонів цинку із ґрунту в корені. На ділянках з високим рівнем забруднення зафіксовано міцний бар'єр, окрім ділянки 2, де зафіксовано показник із значенням 2,15 (Табл. 2). Чіткого бар'єрного ефекту на територіях з помірним та з незначним рівнями забруднення не зафіксовано, а для ділянки 9 значення коефіцієнту дорівнює 0,81, що свідчить про наявність ефективного бар'єрного механізму (Табл. 2). Для нікелю інтенсивність транслокації із ґрунту до коренів практично однакова на всіх ділянках, окрім 9 та 6, де спостерігається бар'єрний ефект.

Із результатами нашого дослідження узгоджуються дані щодо поглинання та транслокації Zn в умовах урбаносередовища м. Піза [6].

Разом із цим визначено, що найменше накопичується коренями рослин та безбар'єрно пересувається із ґрунту Cu, а міцний антиконцентраційний бар'єр як у контролі, так і за умов забруднення є лише для Cd. Оскільки накопичення кадмію в коренях займає не останнє місце, то варто припустити, що даний елемент потрапляє до рослин фоліарним шляхом.

Висновки. В умовах техногенного забруднення важкими металами екологічний фактор формування елементного складу рослин відіграє значну роль. За результатами виконаних досліджень можна дійти висновку про те, що процеси транслокації більшості важких металів до коренів *T. officinale* Wigg мають широке варіювання. Лідером накопичення як в ґрунті, так і в коренях рослин є цинк, який надходить до вегетативних органів безбар'єрним шляхом. Для кадмію зафіксовано наявність високого бар'єрного ефекту у системах «ґрунт-корінь».

Наявність зв'язку між накопиченням важких металів у ґрунті та коренях рослин дозволяє використовувати *Taraxacum officinale* Wigg для здійснення біоіндикації довкілля. Вважаємо за необхідне подальше та детальне дослідження адаптивних реакцій кульбаби лікарської з метою подальшого створення біоіндикаційних шкал.

Reference

1. Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry Volume*, 2019, 1–14. <https://doi.org/10.1155/2019/6730305>
2. Aminiyan, M. M., Aminiyan, F. M., Mousavi, R., & Heydariyan, A. (2016). Heavy metal pollution affected by human activities and different land-use in urban topsoil: A case study in Rafsanjan city, Kerman province, Iran. *Eurasian Journal of Soil Science*, 5 (2), 97. <https://doi.org/10.18393/ejss.2016.2.097-104>
3. Angelova, V., & Ivanov, K. (2018). Heavy metal content in dandelion (*Taraxacum officinale* WEB.). *Agricultural sciences*, 10 (23), 55–62. <https://doi.org/10.22620/agrisci.2018.23.008>
4. Barman, S. C., Sahu, R. K., Bhargava, S. K., & Chaterjee, C. (2000). Distribution of heavy metals in wheat, mustard and weed grains irrigated with industrial effluents. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 64 (4), 489–496. <https://doi.org/10.1007/s001280000030>

5. Bessonova, V. P., & Kryvoruchko, A. P. (2017). Changes in the structural indices of annual shoots of *Quercus rubra* under anthropogenic impact. *Biosystems Diversity*, 25 (3), 191–196. <https://doi.org/10.15421/011729>
6. Bini, C., Maleci, L., Tani, C., & Wahsha M. (2016). Preliminary observations on the metal tolerance and resilience capacity of *Helichrysum italicum* (Roth) G. Don growing on mine soils. *EQA – Environmental quality*, 21, 41–50 DOI: 10.6092/issn.2281-4485/6599.
7. Braun, J. (2020). Bioeconomy and its set of innovations for sustainability. *Industrial Biotechnology*, 16 (3), 142–143. <https://doi.org/10.1089/ind.2020.29210.jvb>
8. Dias, M. C., Correia, S., Serôdio, J., Silva, A. M. S., Freitas, H., & Santos, C. (2018). Chlorophyll fluorescence and oxidative stress endpoints to discriminate olive cultivars tolerance to drought and heat episodes. *Scientia Horticulturae*, 231 (27), 31–35. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2017.12.007>
9. Fujimaki, S., Suzui, N., Ishioka, N. S., Kawachi, N., Ito, S., Chino, M., & Nakamura, S. (2010). Tracing cadmium from culture to spikelet: noninvasive imaging and quantitative characterization of absorption, transport and accumulation of cadmium in an intact rice plant. *Plant Physiology*, 152, 1796–1806. <https://doi.org/10.1104/pp.109.151035>
10. Gill, S. S., Anjum, N. A., Gill, R., & Tuteja N. (2016). Abiotic stress signaling in plants-an overview. In *Abiotic Stress Response in Plants, First Edition*. Tuteja M. (ed.) Gill S. S. (ed). (pp. 1–12). Wiley-VCH Verlag GmbH & Ca.
11. Gryshko, V. M., Syshchykov, D. V., Piskova, O. M., & Danilchuk, O. V. (2012). *Vazhki metaly: nadkhodzhennia v grunty, trans lokatsiia u roslinakh ta ekolohichna bezpeka [Heavy metals: release into soils, translocation in plants and ecological hazard]*. Donbass. (in Ukraine).
12. Gupta A., & Balomajumder C. (2016). Simultaneous adsorption of Cr(VI) and phenol from binary mixture using iron incorporated rice husk: insight to multicomponent equilibrium isotherm. *International Journal of Chemical Engineering*, 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/7086761>
13. Hall, R. D. (2018). Plant Metabolomics in a nutshell: potential and future challenges. *Annual Plant Reviews book series*, 41, <https://doi.org/10.1002/9781119312994.apr0461>

14. Hänsch, R., & Mendel, R. R. (2009). Physiological functions of mineral micronutrients (Cu, Zn, Mn, Fe, Ni, Mo, B, Cl). *Current Opinion in Plant Biology*, 12, 259–266. <https://doi.org/10.1016/j.pbi.2009.05.006>
15. Huang, L., Rad, S., Xu, L., Gui, L., Song, X., Li, Y., Wu, Z., & Chen, Z. (2020) Heavy metals distribution, sources, and ecological risk assessment in huixian wetland, South China. *Water*, 12 (1), 431. <https://doi.org/10.3390/w12020431>
16. Juknys, R., Velička, R., Kanapickas, A., Kriaučiūnienė, Z., Masilionytė, L., Vagusevičienė, I., Pupalienė, R., Klepeckas, M., & Sujetovienė, G. (2017). Projecting the impact of climate change on phenology of winter wheat in northern Lithuania. *International Journal of Biometeorology*, 61 (10), 1765–1775. <https://doi.org/10.1007/s00484-017-1360-y>
17. Komarova, I. O. (2013). Vmist vazhkykh metaliv u rekreatsiinykh ta promyslovykh zonakh Kryvorizhzhia [The content of mobile forms of heavy metals in recreation edaphotops and industrial areas of kryvorizhha]. *Gruntoznavstvo [Soil Science]*, 14 (3–4), 35–42. (in Ukraine).
18. Komarova, I. O. (2015). Buferni vlastyvosti gruntiv yak pokaznyk zabrudnennia vazhkykh metalamy edafotopiv Kryvorizkoi urboekosystemy [Buffer properties as index of edaphotope heavy metal pollution of Kryvyi Rih urban ecosystems]. *Ahroekolohichnyi zhurnal [Agroecological journal]*, 4, 34–44. (in Ukraine).
19. Komarova, I. O. (2015). Osoblyvosti funktsionuvannia roslynnoho orhanizmu v urbotekhnohennii ekosystemi (analiz stanu problemy) [Features of functioning of the plant organism in the urbatehnogennoy ekosistemme (the analysis of the problem)]. *Pytannia bioindykatsii ta ekolohii [Problems of Bioindication and Ecology]*, 20 (2), 18–29. (in Ukraine).
20. Komarova, I. (2018). *Taraxacum officinale* as bioindicator of heavy metal accumulation in soil. *Danish Scientific Journal*, 8, 10–12. Retrieved from http://www.danish-journal.com/wp-content/uploads/2018/02/DSJ_8.pdf
21. Minkina, T. M., Mandzhieva, S. S., Chaplygin, V. A., Bauer, T. V., Burachevskaya, M. V., Nevidomskaya, D. G., & Zamulina, I. V. (2017). Content and distribution of heavy metals in herbaceous plants under the effect of industrial aerosol emissions. *Journal of Geochemical Exploration*, 174, 113–120. <https://doi.org/10.1016/j.gexplo.2016.05.011>

22. Mohamed, A. H., M'hamed, M., Fatma, M., & Hichem, B. M. (2016). Air pollution mapping with bio-indicators in urban areas. In P. J. Sallis (ed.) *Air quality – Measurement and modelling* (pp. 163–183). In Tech. <http://dx.doi.org/10.5772/65299>
23. Nadgorska-Socha, A., Kandziora-Ciupa, M., Trzesicki, M., & Barczyk, G. (2017). Air pollution tolerance index and heavy metal bioaccumulation in selected plant species from urban biotopes. *Chemosphere*, 183, 471–482. <http://dx.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2017.05.128>
24. Peng, W., Li, X., Xio, S., & Fan, W. (2018). Review of remediation technologies for sediments contaminated by heavy metals. *Journal of Soils and Sediments volume*, 18, 1701–1719. <https://doi.org/10.1007/s11368-018-1921-7>
25. Podolyak, A. G., & Karpenko, A. F. (2019). Med v pahotnoy i lugovoy pochve Gomelschinyi [Copper in arable and meadow soils of Gomel region]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 56–66. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2560> (in Ukrainian).
26. Radulescu, C., Iordache, S., Dunea, D., Stihi, C., & Dulama, ID. (2015). Risks assessment of heavy metals on public health associated with atmospheric exposure to PM2.5 in urban area. *Romanian Journal of Physics*, 60 (7–8), 1171–1182.
27. Rascio, N., & Navari-Izzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: how and why do they do it? And what makes them so interesting? *Plant science*, 180 (2), 169–181. <https://doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.08.016>
28. Savosko, V. M. (2016). *Tyazhelyie metallyi v pochvah Krivbassa [Heavy Metals in Soils at Kryvbass]*. Dionat. (in Russian).
29. Stratu, A., Costica, N., & Costica, M. (2016). Wooden species in the urban green areas and their role in improving the quality of the environment. *Present Environment and Sustainable Development*, 10 (2), 173–184. <https://doi.org/10.1515/pesd-2016-0035>
30. Tangahu, B. V., Kartika, A. A. G., & Humaira, N. G. (2020). The lichen type identification as a bioindicator of air quality of sukulilo district in Surabaya, Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 62 (03), 743–750.

31. Tykhonenko, D.P., & Dehtiarov, V.V. (2009). *Praktykum z gruntoznavstva [Workshop on soil science]*. Maidan. (in Ukraine).
32. Tytla, M., Widziewicz, K., & Zielewicz, E. (2016). Heavy metals and its chemical speciation at different stages in sewage sludge of processing. *Environmental Technology*, 37 (7), 899–908. <https://doi.org/10.1080/09593330.2015.1090482>
33. Xiao, R., Wang, S., Li, R., Wang, J. J., & Zhang, Z. (2017). Soil heavy metal contamination and health risks associated with artisanal gold mining in Tongguan, Shaanxi, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 141, 17–24. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2017.03.002>
34. Zhang, P., Liu, Y., Chen, X., Yang, Z., Zhu, M., & Li, Y. (2016). Pollution resistance assessment of existing landscape plants on Beijing streets based on air pollution tolerance index method. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 212–223. <https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.003>

**THE EDAPHOTOPE'S CONDITION BIOINDICATIONS BY
INDEX OF HEAVY METAL CONTENT ACCUMULATION
AT VEGETATION BODIES (ON THE EXAMPLE OF *Taraxacum
officinale* WIGG.)**

I. O. Komarova

Kryvyi Rih State Pedagogical University, Kryvyi Rih, Ukraine

Abstract. Soil is an active acceptor for some elements, heavy metals in particular. Microelements are firmly sorbed and interact with soil humus layer. As a result, poorly soluble compounds are formed. Disruption of biogeochemical cycles leads to heavy metal accumulation in top layers of lithosphere and their uptake by plants with further migration in trophic chain. At the same time some plants are sensitive to soil contamination and can be used as bioindicators.

The objective of the paper is to assess protective attributes and specifics of translocation of different threat level elements of a synanthrope — *Taraxacum officinale* Wigg. The object of the study is the roots of *Taraxacum officinale* Wigg and the soils of plant habitat. Sampling sites were constructed in administrative regions of Kryvyi Rih city with different levels of emissions release into atmosphere from stationary pollution sources.

Soil sampling from 0–10 sm. layer and plants roots was taken in late September, sample preparation was performed according to established practices. The content of total and mobile (in ammonium acetate extraction pH=4,8) forms of Zn; Pb; Cu; Ni; Cd. in soils and elements in plant material was determined by atomic absorption spectrophotometer C-115 (Ukraine). Translocation coefficient was calculated as ratio of element content in plants roots to its mobile forms content in soil. Statistical processing of experimental data was conducted according to standard methods of parametric statistics at 95% significance level.

Technogenicity of researched heavy metal mobile forms for the areas of high and moderate contamination forms a falling row which is ranked as follows: Zn>Pb>Cu>Ni>Cd. But a nonsignificant difference was fixed in cadmium and nickel accumulation in the area №4. For sampling sites of insignificant level and conditional control heavy metal accumulation row is ranked as follows: Zn>Ni>Pb>Cu>Cd. The results of the determination of Ni, Cu, Zn, Pb and Cd content in plants roots indicate that *Taraxacum officinale* Wigg is capable of their accumulation. Zn is an absolute leader in accumulation and bare-free migration in the system “soil-plants roots”. We were observing mobility decrease of one of the most dangerous elements — Cd. The interrelation between heavy metal accumulation in soil and plants roots enables to use *Taraxacum officinale* Wigg for applying phytoindication. We consider it essential to conduct further detailed research of *Taraxacum officinale* adaptive reactions with a view to further creating of bioindication scales.

Keywords: soil, plant, translocation coefficient, technogenic environment, heavy metals, contamination, *Taraxacum officinale* Wigg, bioindication.

Citation as:

АРА Komarova, I. O. (2020). Bioindikatsiyi stanu edafotopu za pokaznikami akumulatsiyi vazhkih metaliv vegetatsiynimi organami (na prikladі *Taraxacum officinale* Wigg.) [The edaphotope's condition bioindications by index of heavy metal content accumulation at vegetation bodies (on the example of *Taraxacum officinale* Wigg.)]. *Ekologichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 141–154. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4360>.

ДСТУ 8302:2015 Комарова І. О. Біоіндикації стану едафотопу за показниками акумуляції важких металів вегетаційними органами (на прикладі *Taraxacum officinale* Wigg.). *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 141–154.

<https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4362>

СЕЗОННІ РИТМИ ОКРЕМИХ ВИДІВ РОСЛИН ЗАХИЩЕНОГО ҐРУНТУ БОТАНІЧНОГО САДУ ДНІПРОВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ ІМЕНІ ОЛЕСЯ ГОНЧАРА

І. Л. Домницька*

*Ботанічний сад Дніпровського національного університету
імені Олеса Гончара, м. Дніпро, Україна*

Анотація. Актуальність наших досліджень зумовлено необхідністю розуміння особливостей змін сезонного росту та розвитку тропічних та субтропічних видів рослин з врахування змін довжини дня та міцливості ґрунтових умов при вирощуванні рослин у штучних умовах — оранжереях. Мета роботи — проаналізувати вплив зміни умов зростання на фенологічні ритми рослин у захищеному ґрунті ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара. Польові та камеральні етапи досліджень проведено за загальноприйнятими методиками з використанням 260 таксонів тропічних та субтропічних рослин захищеного ґрунту ботанічного саду з урахуванням ритмів цвітіння та періодів повного і відносного спокою.

Встановлено, що більшість з досліджених таксонів є мезофільними рослинами, батьківщиною яких є тропічні вічнозелені ліси Америки, Південно-Східної Азії, екваторіальної Африки, північно-східної області Австралії та островів Тихого океану. Показано, що періодичність розвитку окремих таксонів, окрім «генетичної» пам'яті, також пов'язана із умовами їх вирощування, терміном розмноження та додатковими агротехнічними прийомами, які здатні істотно змінювати феноритми багатьох тропічних і субтропічних рослин. Знання фенології, а також добір видів і сортів дозволить досягнути безперервного квітування колекції покритонасінних в умовах закритого ґрунту впродовж всього року.

Ключові слова: рослини захищеного ґрунту, ріст, розвиток, квітування, плодоношення.

Вступ. Екологічні наслідки непродуманої господарської діяльності та оптимізація стану довкілля в усьому світі є важливою проблемою [10, 12, 19], що актуалізує використання зелених насаджень задля оптимізації умов життєдіяльності людини у промислових регіонах [11, 13, 19, 21]. На відміну від рослин відкритого ґрунту, які безпосередньо зазнають впливу кліматичних умов конкретного

*Corresponding author. E-mail addresses: siringa65@gmail.com

регіону [1, 6, 8, 18] та особливостей ґрунту, на якому вони зростають [14, 20], тропічні та деякі субтропічні рослини зберігаються в умовах мікроклімату оранжерей. Проте погода, як і клімат в цілому, а також його зміни значною мірою коректують екологічні умови теплиць і оранжерей [5, 7, 16, 17].

Тропічні рослини, подібно до представників флори субтропіків та помірних широт, мають ритми росту та розвитку. Зазвичай вони менш виражені та пов'язані з вологими та посушливими періодами [3, 4, 9]. Важливо враховувати зміни довжини дня та мінливість ґрунтових умов при вирощуванні рослин в оранжереях, які також мають значення для періодичності росту [2–4, 16]. Ще в минулому столітті багато дослідників прийшло до висновку, що ритм росту та розвитку рослин у першу чергу обумовлений внутрішніми спадковими закономірностями рослинних організмів [3, 4, 6, 8]. Зі зміною умов зовнішнього середовища змінюються і ритми життя рослин. Шляхом спрямованого впливу на рослини чинників довкілля можна деякою мірою змінювати феноритми їх розвитку у бажаному для людини напрямку. Проте на наш час наукової інформації щодо поведінки тропічних і субтропічних рослин в умовах захищеного ґрунту ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара є недостатньо.

Мета — проаналізувати вплив зміни умов зростання на фенологічні ритми рослин у захищеному ґрунті ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Матеріали та методи досліджень. Дослідження проводились у 2016–2018 рр. в експозиційній оранжерей навчальної лабораторії тропічних і субтропічних рослин ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара.

Ботанічний сад знаходиться майже в центрі великого промислового міста Дніпро, у межах Степового Придніпров'я [15]. Оранжерея, де проводилися дослідження, на відміну від багатьох споруд такого типу, має два поверхи. Температуру вимірювали на нижньому поверсі, підраховували середньомісячну у тропічному і субтропічному відділенні. Провели порівняння з такими показниками за 1964–1966 роки (рослини утримувалися в одноповерховій оранжерей) [9].

Об'єктами фенологічних спостережень були 260 таксонів тропічних і субтропічних рослин. Серед них — 190 видів із різних родин, у тому числі 25 видів з родини *Gesneriaceae* Dumort., 70 культиварів (60 із них — сорти *Saintpaulia ionantha* H. Wendl.). Спостерігали виключно за рослинами, що вирощувалися в оранжерей ботанічного саду ДНУ не менше трьох років [15].

Результати та їх обговорення. Досліджені феноритми 260 таксонів у захищеному ґрунті ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, а також вплив змін клімату та температурного режиму оранжереї на них. Вивчені умови, за яких можливо керувати ритмами квітання для подовження його строків та покращення загального декоративного стану тропічних і субтропічних рослин.

При опрацюванні літературних джерел виявлено, що сезонні ритми, зокрема квітання *Araceae* Juss., *Gesneriaceae* Dumort., *Myrtaceae* Adans. та інших, так званих, кімнатних рослин у природі та культурі досліджені недостатньо [2–4, 6, 17, 18]. При цьому за останні 20 років у захищеному ґрунті ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара і деяких інших садів України дещо змінився температурний режим. В умовах ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара факторами, що найбільш впливають на рослини колекції і при цьому найменш регулюються, є освітлення і температура в експозиційній оранжереї.

Оскільки м. Дніпро знаходиться в промисловому регіоні, на рослини захищеного ґрунту впливають не тільки погодні й кліматичні умови, а й значною мірою промислові викиди в повітря [8, 10, 13, 14, 20], що негативно діють на всі елементи екосистем, у тому числі на здоров'я людини [14].

Експозиційна оранжерея побудована та введена в експлуатацію у 1975 р. Є дані, що вже за 10 років скло таких споруд мутнішає, що відбивається на кількості освітлення, а відтак і на температурному режимі у приміщенні [3]. У 2007–2009 рр. була проведена реконструкція даху із заміною скла на непрозорий полікарбонат, що також мало свій негативний вплив на екологічні умови і стан колекції.

Останні десятиліття в Степовому Придніпров'ї спостерігаються кліматичні зміни з підвищенням температур порівняно з нормою. За даними літературних джерел і Гідрометеослужби у Дніпропетровській області найбільші середні показники температури впродовж року спостерігаються в серпні [10, 14]. З 2014 р. опалення в оранжерею поступає з середини, або кінця листопада. Хоча завдяки флуктуаціям температур в місті тепліше за умовну норму, у тропічному відділенні оранжереї середньо добова температура становила +10,7 °С (Рис. 1).

У лабораторії тропічних і субтропічних рослин упродовж багатьох років ведуться спостереження за найбільш суттєвими показниками екологічного середовища приміщень захищено ґрунту. Установлено,

що найменші середні температури повітря ($+15^{\circ}\text{C}$) в 1999–2004 роках закономірно виявлені в січні, лютому, листопаді і грудні.

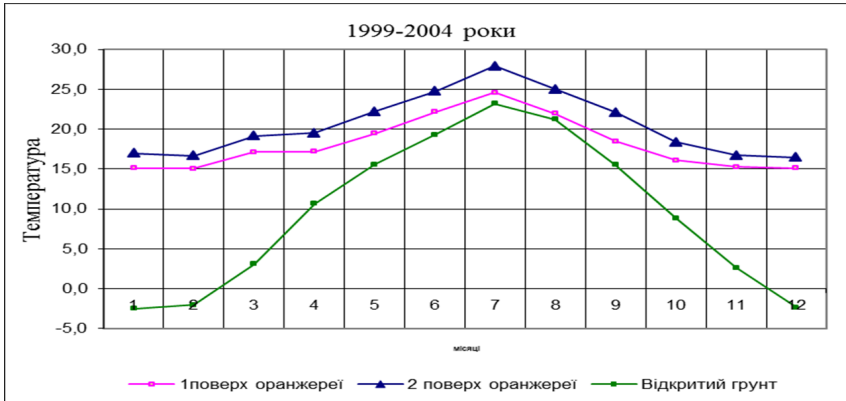


Рис. 1. Річна динаміка температур в експозиційній оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара і у відкритому ґрунті м. Дніпро

Figure 1. Annual dynamics of temperatures in the exposition greenhouse of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University and in the open ground at Dnipro City

На нашу думку, температура нижнього поверху оранжереї, де в ґрунті та горщиках розміщене коріння більшості рослин, а також менша за норму для багатьох видів кількість освітлення є головними обмежувачими факторами для нормального росту та розвитку експонатів колекції (Табл. 1). Так, у 1964–1966 рр. критичні температури також спостерігались з листопада по лютий. Проте у тропічному відділі оранжереї температура повітря не була меншою за допустиму норму ($+16,2^{\circ}\text{C}$). У 2016–2018 рр. екологічні умови оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара дещо погіршилися. За нашими спостереженнями, лише п'ять місяців на рік рослини отримують необхідне для них тепло з атмосферного повітря. У той час як, сім місяців — з жовтня по квітень — навіть для декотрих субтропічних культур температура повітря занадто прохолодною (до $+15^{\circ}\text{C}$). також слід зазначити, що середня відносна вологість повітря в тропічному відділі оранжереї становить 85–90%, у субтропічному — 73–80%.

Таблиця 1. Середньомісячні температури експозиційної оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара за періоди 1964–1966 рр. та 2016–2018 рр., °C

Table 1. Average monthly temperatures in the exposition greenhouse of Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University during 1964–1966 and 2016–2018, °C

Відділи оранжереї	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
1964–1966 рр.												
Тропічний	16,2	17,6	18,4	20,2	21,6	23,5	24,2	21,3	19,0	17,8	16,7	17,1
Субтропічний	13,8	14,9	16,9	17,1	20,8	22,5	23,3	21,1	18,1	16,6	14,6	14,8
2016–2018 рр.												
Тропічний	13,3	15,3	14,2	13,7	18,9	22,3	24,1	24,8	18,6	11,9	10,7	12,8
Субтропічний	13,0	14,3	13,7	13,2	17,8	21,4	23,7	24,5	17,4	11,2	9,9	11,5

Дані графіка і таблиці 1 свідчать, що найвища середня температура атмосферного повітря в приміщеннях оранжереї та у відкритому ґрунті, в останні роки, спостерігається в серпні. На нашу думку, цей чинник погіршує стан рослин, таких, як *Rhododendron indicum* (L.) Sweet, *Strelitzia reginae* Banks та інші.

Суттєвою особливістю багатьох тропічних рослин є висока фенотипічна пластичність. Вони звісною мірою добре пристосовуються до змін екологічних факторів, у тому числі до різних умов вирощування в культурі. Особливо це стосується ритмів цвітіння [3, 4, 6, 8]. Більшість із досліджених 260 таксонів є мезофільними рослинами, батьківщиною яких є тропічні вічнозелені ліси Америки, Південно-Східної Азії, екваторіальної Африки, північно-східної області Австралії та островів Тихого океану. Багато видів *Gesneriaceae* ведуть напівепіфітне життя (*Saintpaulia ionantha* subsp. *grotei* (Engl.) I. Darbysh, *S. intermedia* V. L. Burt), інші як петрофіти — на кам'янистих схилах — види роду *Primulina* Нансе. Ті й інші мають ознаки суккулентних рослин — потовщені листки, опушення всіх частин тіла, тощо. *Achimenes grandiflora* (Schiede) DC., *A. longiflora* (D. Dietr.) DC., види роду *Kochleria* Regel., *Gloxinia perennis* (L.) Druce зростають у місцях, де вологий сезон змінюється на сухий (Колумбія Бразилія, Перу, Мексика), тому мають підземні столони і ритми життя ефемероїдів.

Довготривалі спостереження за колекцією виявили, що в умовах оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету

імені Олеса Гончара всі види тропічних і субтропічних рослин мають періодичність росту. Найдовший період спокою приурочений до зимового сезону. Узимку недостатньо світла, низькі плюсові температури. Листопадні дерева субтропічного походження лабораторії скидають листя в жовтні-листопаді. Деякі тропічні рослини також пристосувалися до цієї ситуації. Період повного спокою займає 2–3 місяці. Тобто майже співпадає з таким у рослин помірного клімату. Також період повного спокою з повною втратою надземної частини проходять багато трав'янистих рослин: усі представники роду *Achimenes*, *Gloxinia perennis* (L.) Druce, *Sinningia speciosa* (Lodd.) Hiern. та її гібриди, *Amorphophallus konjac* K. Koch, *Zantedeschia albo-maculata* (Hook. f.) Bailey, *Z. aethiopica* (L.) Spreng, *Crinum moorei* Hook. f., *Scadoxus multiflorus subsp. katharinae* (Baker) Friis & Nordal.

Після заміни скляного даху на полікарбонат (2009 р.) в одних рослин різко, у інших поступово змінилися ритми цвітіння. Так, у *Ficus sinuata* Thunb. повне забарвлення сіконіїв до 2007 року стабільно спостерігалось від 22 грудня по 7 січня. Після заміни даху воно поступово змінювало дати, поки не стабілізувалося у липні. За таких умов останні роки майже не квітують: *Achimenes grandiflora* (Schiede) DC., *A. longiflora* (D. Dietr.) DC., *A. coccinea* DC., *Hibiscus rosa-sinensis*, *Zantedeschia albo-maculata* (Hook. f.) Bailey, більшість кактусів і сукулентів. З 2009 року не цвіте найстаріший екземпляр колекції *Hibiscus rosa-sinensis* L.

Рік у рік різні рослини виходять зі спокою в різні строки. Але в середині лютого — на початку березня більшість колекції починає рости. Початок росту перш за все пов'язаний зі світлом і температурою. У деяких рослин значну роль має полив. У колекції оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеса Гончара є види рослин з періодом спокою влітку: представники південно-африканської флори: *Amarillidaceae* J. St.-Hil., *Crassulaceae* J. St.-Hil., *Euphorbiaceae* Juss., *Strelitziaceae* Huntch.

За результатами наших спостережень, серед 260 таксонів колекційного фонду оранжереї постійного спостереження квітують 255, плодоносять 175 (Табл. 2). Найбільша кількість квітучих видів тропічного походження припадає на березень-травень, максимум цвітіння — на квітень-червень. У разі підвищення температури, кількість квітучих видів швидко скорочується. При цьому, деякі види квітують удруге у серпні-жовтні.

Узимку цвіте багато видів південно-африканського походження: сукуленти, *Strelitzia reginae* Banks, *Zantedeschia aethiopica* (L.) Spreng, *Sparmannia africana* L.

Таблиця 2. Кількість по місяцях квітучих видів різного географічного походження в оранжереї ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара впродовж 2016–2018 рр.

Table 2. The number by months of different geographical origin of flowering species in the greenhouse of the Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University during 2016–2018

Походження	Місяць											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Південна Америка	14	7	16	17	20	19	17	15	10	10	7	7
Африка	6	15	15	18	25	17	16	12	10	6	6	6
Південно-східна Азія	10	14	13	10	10	10	8	7	6	4	4	2
Центральна Америка та Мексика	2	3	5	8	10	8	8	7	1	2	2	2
Австралія, Нова Зеландія	–	2	3	3	5	4	2	1	1	1	–	–
Середземномор'я	2	3	3	3	4	4	4	3	3	2	1	–
Індія	1	1	4	5	8	4	4	3	1	1	–	1
Мадагаскар	2	7	6	4	4	3	3	2	2	2	1	1
Разом	37	52	55	68	86	69	62	50	34	28	21	19

Масове цвітіння спостерігається у *Rhododendron indicum* (L.) Sweet, *Bilbergia nutans* Wendl. Менше цвітуть, ніж в інші місяці, представники Південно-східної Африки: *Saintpaulia* H. Wendl. Тривалість квітання у більшості видів — близько одного місяця. Інколи — два-три. Окремі види цвітуть від 4 до 8 місяців: *Abutilon sellowianum* (Klotzsch) Regel, *Jasminum sambac* (L.) Aiton, всі види *Kohleria*, види та сорти *Saintpaulia*.

Аналіз спостережень за тропічними і субтропічними рослинами оранжереї дозволяє виділити фенологічно стійкі і нестійкі види. До першої групи відносять види, які зберегли той же ритм розвитку, що й у країні походження. Приклад — рослини зимового квітання, ті, що мають період спокою влітку, а також багато субтропічних видів північної півкулі. Виняток — *Eriobotria japonica* (Thunb.) Lindl., плоди якої у природних умовах досягають у травні-червні, у захищеному ґрунті м. Дніпро — в березні-квітні. Друга група — види,

що змінили в нових умовах ритм розвитку. У них спостерігається сильні відхилення окремих фаз розвитку від середніх дат. Серед них — декотрі представники тропіків південної півкулі, наприклад: *Kohleria amabilis* (Planch et Linden) Fritsch var. *bogotensis* (G. Nicholson) LP. Kvist et L. E. Skog., *K. eriantha* (Benth.) Hanst., *Sinningia speciosa* Hierh. Вони чутливо реагують на зміни температур, освітлення, вологи повітря та ґрунтів. Найбільший вплив на феноритми *Gesneriaceae* мають строки розмноження.

Висновки. Досліджені феноритми 260 таксонів у захищеному ґрунті ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара, а також вплив змін клімату та температурного режиму оранжереї на них. Установлено, що всі види тропічних і субтропічних рослин ботанічного саду мають детерміновану періодичність розвитку.

Періодичність розвитку окремих видів пов'язана з умовами їх вирощування, терміном розмноження та додатковими агротехнічними прийомами, які здатні істотно змінювати феноритми багатьох тропічних і субтропічних рослин. Знання фенології, а також добір видів і сортів дозволить досягнути безперервного квітнування колекції покритонасінних в умовах закритого ґрунту впродовж всього року.

Reference

1. Andrusevich, K. V., Nazarenko, M. M., Lykholat, T. Yu., & Grigoryuk, I. P. (2018). Effect of traditional agriculture technology on communities of soil invertebrates. *Ukrainian journal of Ecology*, 8 (1), 33–40. https://doi.org/10.15421/2017_184
2. Bahuguna, R. N., & Jagadish, K. S. V. (2015). Temperature regulation of plant phenological development. *Environmental and Experimental Botany*, 111, 83–90. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2014.10.007>
3. Gornitskaya, I. P. (1995). *Introdukciya tropicheskikh i subtropicheskikh rastenij, ee teoreticheskie i prakticheskie aspekty [Theoretic and practice aspects of introduction of tropical and subtropical plants]*. Donetchina. (in Russian).
4. Gornitskaya, I. P., & Tschuk, L. P. (2008). *Teoreticheskiye voprosy introdukcii tropicheskikh i subtropicheskikh rastenij [Theoretic aspects of introduction of tropical and subtropical plants]*. Veber. (in Russian).
5. Domnitskaya, I. L. (2010). *Izmenchivost sezonnyh ritmov razvitiya gesnerievih (Gesneriaceae Dumort.) s zapasayuschimi organami v usloviyah zakritogo grunta botanicheskoho sada Dnepropetrovskoho*

- nacyonalnoho universiteta [Seasonal rhythms variability of development of Gesneriaceae Dumort. with stocking organs in the conditions of the closed soil in Botanical Garden of Dnepropetrovsk National University]. *Byulleten Nikitskogo botanicheskogo sada [Bulletin of Nikitsky botanic gardens]*, 101, 23–26. (on Russian).
6. Domnitskaya, I. L. (2017). Sorta roda *Saintpaulia* H. WENDL. v zaschischYonnom grunte botanicheskogo sada DNU [The cultivars of *Saintpaulia* H. wendl. in the protected soil of botanical garden DNU]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 46, 28–34. <https://doi.org/10.15421/441705> (in Russian).
 7. Domnitskaya, I. L. (2018). Morfometricheskie i biologicheskie pokazateli pri opredelenii dekorativnosti predstaviteley roda *Saintpaulia* H. WENDL [Morphometrical and biological indicators in definition decorative representatives to the *Saintpaulia* H. WENDL.]. *Pytannia stepovoho lisoznavstva ta lisovoi rekultyvatsii zemel [Issues of steppe forestry and forest reclamation of soils]*, 47, 49–54. <https://doi.org/10.15421/441806> (in Russian).
 8. Domnitskaya, I. L. (2019). Kompleksnaya otsenka sortov roda *Saintpaulia* H. WENDL., introdutsirovannyih v zaschischYonnyiy grunt botanicheskogo sada Dneprovskogo natsionalnoho universiteta imeni Olesya Gonchara [The complex estimation of cultivars of *Saintpaulia* H. WENDL. in the protected soil of botanical garden of Oles Hohchar Dnipro national university]. *Lisove i sadovo-parkove hospodarstvo [Forestry and landscape gardening]*, 15. Retrieved from <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Lis/article/view/8982/11817> (in Russian).
 9. Koverya, S. (1971). O fenolohicheskyyh ritmah orangerejnyh rastenyy botanycheskogo sada Dnepropetrovskogo gosuniversiteta. [On the phenological rhythms of greenhouse plants of the Botanical Garden of Dnipropetrovsk University]. *Introdukciya rasteniy v Dnepropetrovskom botanicheskomo sadu Dnepropetrovsk Ukraine [Plant introduction in the botanical garden of Dnipropetrovsk State University]*, 60–64. (in Russian).
 10. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Ivan'ko, I. A., Matyukha, V. L., Kravets, S. S., Didur, O. O., Alexeyeva, A. A., & Shupranova, L. V. (2017). Assessment and prediction of the invasiveness of some alien

- plants in conditions of climate change in the steppe Dnieper region. *Biosystems Diversity*, 25 (1), 52–59. <https://doi.org/10.15421/011708>
11. Lykholat, T. Yu., Lykholat, O. A., Marenkov, O. M., Kulbachko, Yu. L., Kovalenko, I. M., & Didur, O. O. (2019). Xeneostrogenes influence on cholinergic regulation in female rats of different age. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (1), 240–243.
 12. Lykholat, Y. V., Khromykh, N. O., Lykholat, T. Yu., Didur, O. O., Lykholat, O. A., Legostaeva, T. V., Kabar, A. M., Sklyar, T. V., Savosko, V. M., Kovalenko, I. M., Davydov, V. R., Bielyk, Yu. V., Volyanik, K. O., Onopa, A. V., Dudkina, K. A., & Grygoryuk, I. P. (2019). Industrial characteristics and consumer properties of *Chaenomeles* Lindl. Fruits. *Ukrainian Journal of Ecology*, 9 (3). 132–137.
 13. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., & Alexeyeva, A. A. (2019). Stan invaziinosti *Ulmus Pumila* L. v urboekosystemi za klimatychnykh zmin [Condition of invasiveness of *Ulmus pumila* L. in urboecosystem because of climatic changes]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 4, 7–21. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v4i0.2525> (in Ukrainian).
 14. Lykholat, Yu. V., Khromykh, N. O., Didur, O. O., Okovytyy, S. I., Matyukha, V. L., Savosko, V. M., Lykholat, T. Yu. (2019). *Suchasnyi stan antropohennoi transformatsii ekosystem stepovoho Prydniprovia [The current state of anthropogenic transformation of the steppe Dnieper' ecosystems]*. Publishing house Cherniavskiyi D. (in Ukrainian).
 15. Opanasenko, V. F., Kabar, A. N., Martynova, N. V., Rusetzkaya, L. L., Domnitskaya, I. L., Bilyk, I. V., Lomyga, L. L., & Zamyatina, L. P. (2015). *Katalog rasteniy botanicheskogo sada Dnepropetrovskogo natsionalnogo universiteta imeni Olesya Gonchara [Plant Catalogue of Oles Gonchar Dnepropetrovsk National University Botanic Garden]*. Lira. (in Russian).
 16. Pertseva, T. A., Lykholat, E. A., & Gurzhiy, E. V. (2008). Vliyanie tiotropiya bromida na sostoyanie mukociliarnogo klirensa u bol'nyh hronicheskim obstruktyvnyim zabolevaniem legkih. [The influence of tiotropium bromide on mucociliary clearance's condition in patients with chronic obstructive pulmonary disease]. *Ukrainian Pulmonology Journal*, 1, 13–15. (in Ukrainian).
 17. Polonskaya, A. K., Galuschko, R. V., & Gerasimchuk, V. N. (2006). Biochimicheskii potencial plodov i vegetativnih organov *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. v usloviyah Yujnogo berega Krima.

- [Biochemical potential of fruits and vegetative organs *Eriobotrya japonica* (Thunb.) Lindl. in the conditions of the Southern coast of Crimea]. *Byulleten Nikitskogo botanicheskogo sada [Bulletin of Nikitsky botanic gardens]*, 92, 30–34. (in Russian).
18. Borchert, R., Robertson, K., Schwartz, M., & Williams-Linera, G. (2005). Phenology of temperate trees in tropical climates. *International journal of Biometeorology*, 50 (1), 57–65. <https://doi.org/10.1007/s00484-005-0261-7>
 19. Savosko, V. M., & Tovstolyak, N. V. (2017). Ecological conditions of garden and park territories of former iron mines (Kryvyi Rih Basin, Ukraine). *Ukrainian Journal of Ecology*, 7 (4), 12–17.
 20. Savosko, V. M., Lykholat, Yu. V., Bielyk, Yu. V., & Lykholat, T. Yu. (2019). Ecological and geological determination of the initial pedogenesis on devastated lands in the Kryvyi Rih Iron Mining & Metallurgical District (Ukraine). *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 28 (4), 738–746. <https://doi.org/10.15421/111969>
 21. Savosko, V., Lykholat, Yu., Domshyna, K., & Lykholat, T. (2018). Ekolohichna ta heolohichna zumovlenist poshyrennia derev i chaharnyktiv na devastovanykh zemliakh Kryvorizhzhia [Ecological and geological determination of trees and shrubs' dispersal on the devastated lands at Kryvorizhyya]. *Journal of Geology, Geography and Geoecology*, 27 (1), 116–130, <https://doi.org/10.15421/111837>

**SEASONAL RHYTHMS OF SOME PLANTS SPECIES AT
BOTANICAL GARDEN PROTECTED GROUND OF OLES
HONCHAR DNIPRO NATIONAL UNIVERSITY**

I. L. Domnitskaya

*Botanical Garden of Oles Honchar Dnipro National University, Dnipro,
Ukraine*

Abstract. The relevance of our research is due to the need to understand the main features of changes in seasonal growth and development of tropical / subtropical plant species. It is also important to take into account changes in day length and variability of soil conditions when growing plants in greenhouses. The object of our paper to analyze the impact of changes in growth conditions on the phenological rhythms of plants in greenhouses of the botanical garden of the Oles Honchar Dnipro National University. Field and in-house stages of our research were carried out according to generally accepted methods using 260 taxa of tropical and subtropical plants, taking into account the rhythms of flowering and periods of complete and relative rest.

It has been established that most of the taxa we studied are mesophilic plants. Their homeland is the tropical evergreen forests of America, Southeast Asia,

equatorial Africa, the northeastern region of Australia and the Pacific Islands. In the greenhouse of the Botanical Garden of the Oles Honchar Dnipro National University, the growth and development of these plants is very difficult. The results of our research have convincingly proved that all species of tropical and subtropical plants have a determined periodicity of their development. With the frequency of development of individual species is associated with the conditions of their cultivation, the period of reproduction and additional agronomic techniques. These factors can significantly change the phenorhythms of many species of tropical and subtropical plants. Analysis of observations of tropical and subtropical plants allows to distinguish phenologically stable and phenologically unstable plant species. The first group (phenological runoff) includes plant species that have maintained the same rhythm of development as in the country of origin. The second group (phenologically unstable) is represented by plant species that have changed the rhythm of development in the new conditions. They have strong deviations of certain phenological phases of development from the average dates.

In general, the frequency of development of individual taxa, in addition to "genetic" memory, is also associated with the conditions of their cultivation, the period of reproduction and additional agronomic techniques. They are able to significantly change the phenorhythms of many tropical and subtropical plant species. Knowledge of phenology, as well as the selection of species and varieties will achieve continuous flowering of the angiosperm collection in closed soil throughout the year.

Keywords: plants of protected soil, growth, development, flowering, fruiting.

Citation as:

APA Domnitskaya, I. L. (2020). Sezonni rytmy okremykh vydiv roslyn zakhyshchenoho gruntu botanichnoho sadu Dniprovskoho natsionalnoho universytetu imeni Olesia Honchara [Seasonal rhythms of some plants species in the greenhouse of the Botanical garden of Oles Honchar Dnipro National University]. *Ekolohichnyi visnyk Kryvorizhzhia [Ecological Bulletin of Kryvyi Rih District]*, 5, 155–166. <https://doi.org/10.31812/eco-bulletin-krd.v5i0.4362>.

ДСТУ 8302:2015 Домницька І. Л. Сезонні ритми окремих видів рослин захищеного ґрунту ботанічного саду Дніпровського національного університету імені Олега Гончара. *Екологічний Вісник Криворіжжя*. 2020. Вип. 5. С. 155–166.

ISSN 2664–505X (print)

ISSN 2664–5068 (online)

Екологічний вісник Криворіжжя: зб. наук. та наук.-метод. праць.
Вип. 5 / голов. ред. В. М. Савосько. — Кривий Ріг : Криворізький державний
педагогічний університет, 2020. — 168 с.

Наукове видання

ЕКОЛОГІЧНИЙ ВІСНИК КРИВОРІЖЖЯ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ТА
НАУКОВО-МЕТОДИЧНИХ ПРАЦЬ

Випуск 5

*Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу
масової інформації
КВ № 24109-13949 ПР від 22.07.2019 р.*

Підписано до друку 25.06.2020.

Формат 60 × 84 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний. Друк офсетний.

Ум.-друк. арк. — 10,5. Наклад — 100 прим.

Адреса редакції та видавця:

Видавничий центр

Криворізького державного педагогічного університету

50086 Кривий Ріг, просп. Гагаріна, 54.

Тел.: +38 (056) 470-13-34 +38 (056) 470-13-38

E-mail: kdpu@kdpu.edu.ua

k_botanical@kdpu.edu.ua ekolog_kdpu@email.ua

<https://journal.kdpu.edu.ua/>