BIOGEOSPHERE AND SOCIUM

INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
March 25-27, 2026 – Berehove, Ukraine

BOOK OF CONFERENCE ABSTRACTS

Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University

T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"

Pomeranian University in Słupsk

Berehove, 2026

БІОГЕОСФЕРА І СОЦІУМ

Міжнародна наукова конференція
Берегове, 25–27 березня 2026 року

Збірник тез доповідей

BIOGEOSZFÉRA ÉS TÁRSADALOM

Nemzetközi tudományos konferencia
Beregszász, 2026. március 25–27.

Absztraktkötet

BIOGEOSFERA I SPOŁECZEŃSTWO

Międzynarodowa konferencja naukowa
Berehowe, 25–27 marca 2026 roku

Zbiór streszczeń konferencyjnych

BIOGEOSPHERE AND SOCIUM

International Scientific Conference
Berehove, 25–27 March, 2026

Book of Conference Abstracts

ЗАКАРПАТСЬКИЙ УГОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІМЕНІ ФЕРЕНЦА РАКОЦІ II

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКИЙ КОЛЕГІУМ»
ІМЕНІ Т. Г. ШЕВЧЕНКА

ПОМОРСЬКИЙ УНІВЕРСИТЕТ У СЛУПСЬКУ

БІОГЕОСФЕРА І СОЦІУМ

Міжнародна наукова конференція
Берегове, 25–27 березня 2026 року

Збірник тез доповідей

Університет Ракоці
Берегове
2026

УДК 502.1(063)(048.4)
Б 63

Збірник містить тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції *Біогеосфера і соціум*, яка відбулася 25–27 березня 2026 року в м. Берегове. Організатори конференції – Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II (Кафедра біології та хімії, Науково-дослідний центр ім. Фодор Іштвана), Поморський університет у Слупську, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка.

Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF) рішенням
Вченої ради Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II
(протокол №3 від «23» березня 2026 року)

Підготовлено до видання Видавничим відділом Університету Ракоці спільно
з Науково-дослідним центром ім. Фодор Іштвана і кафедрою біології та хімії

За редакцією:
Ержебет Когут, Степан Коложварі, Олександр Лукаш та Аніта Сікура

Технічне редагування та верстка: *Олександр Добош, Степан Коложварі та Анастасія Сенько*
Коректура: *авторська*
Дизайн обкладинки: *Степан Коложварі та Вівієн Товт*
УДК: *Бібліотека ім. Опаці Чере Яноша Університету Ракоці*

Відповідальний за випуск:
Олександр Добош (начальник Видавничого відділу Університету Ракоці)

Матеріали наукового видання рецензовані Науковою радою
міжнародної наукової конференції.

Відповідальність за зміст і достовірність публікацій покладається
на авторів тез доповідей. Точки зору авторів публікацій можуть
не співпадати з точкою зору редакторів.

Проведення конференції та видання збірника тез доповідей в електронній формі (PDF) здійснено за підтримки уряду Угорщини та Академії наук Угорщини.



Видавництво: Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II (адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: egyetem@kme.org.ua; office@kme.org.ua)

ISBN 978-617-8143-61-9 (PDF)

© Автори, 2026
© Редактори, 2026
© Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II, 2026

II. RÁKÓCZI FERENC
KÁRPÁTALJAI MAGYAR EGYETEM

T. H. SEVCSENKO NEMZETI EGYETEM
„CSERNYIHIVI KOLLÉGIUM”

SŁUPSKI POMERÁNIAI EGYETEM

BIOGEOSZFÉRA ÉS TÁRSADALOM

Nemzetközi tudományos konferencia
Beregszász, 2026. március 25–27.

Absztraktkötet

Rákóczi Egyetem
Beregszász
2026

ETO 502.1(063)(048.4)
B 64

A kiadvány a 2026. március 25–27. között Beregszászban, a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem (Biológia és Kémia Tanszék, Fodor István Természettudományi Kutatóközpont), a Tarasz Sevcsenko Nemzeti Egyetem „Csernyihivi Kollégiuma”, valamint a Szłupski Pomerániai Egyetem által rendezett *Biogeoszféra és társadalom* című nemzetközi tudományos konferencián elhangzott előadások absztraktjait tartalmazza.

Elektronikus formában (PDF -fájlformátumban) történő kiadásra javasolta
a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem Tudományos Tanácsa
(2026. március 23., 3. számú jegyzőkönyv).

Kiadásra előkészítette a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
Kiadói Részlege, Fodor István Természettudományi Kutatóközpontja,
valamint Biológia és Kémia Tanszéke.

Szerkesztette:
Kohut Erzsébet, Kolozsvári István, Lukash Oleksandr és Szikura Anita

Műszaki szerkesztés és tördelés: *Dobos Sándor, Kolozsvári István és Szenykó Anasztázia*
Korrektúra: *a szerzők*
Borítóterv: *Kolozsvári István és Tóth Vivien*
ETO-besorolás: *Rákóczi Egyetem Apáczai Csere János Könyvtára*

A kiadásért felel:
Dobos Sándor (a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
Kiadói Részlegének vezetője)

A kötetben található absztraktokat a konferencia Tudományos Tanácsa lektorálta.

Az absztraktok tartalmáért és hitelességéért a szerzők viselik a felelősséget.
A szerzők álláspontja nem feltétlenül tükrözi a szerkesztők véleményét.

A konferenciát és a kiadvány elektronikus formában (PDF-fájlformátumban) történő megjelentetését Magyarország Kormánya és a Magyar Tudományos Akadémia támogatta.

Kiadó: II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem (cím: 90 202, Beregszász, Kossuth tér 6. E-mail: egyetem@kme.org.ua; office@kme.org.ua)

ISBN 978-617-8143-61-9 (PDF)

© A szerzők, 2026
© A szerkesztők, 2026
© II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, 2026

FERENC RAKOCZI II
TRANSCARPATHIAN HUNGARIAN UNIVERSITY

T. H. SHEVCHENKO NATIONAL UNIVERSITY
“CHERNIHIV COLLEGIUM”

SŁUPSK POMERANIAN UNIVERSITY

BIOGEOSPHERA AND SOCIUM

International Scientific Conference
Berehove, 25–27 March 2026

Book of Conference Abstracts

University of Rakoczi
Berehove
2026

UDC 502.1(063)(048.4)
B 64

The book contains abstracts of presentations at the international scientific conference *Biogeosphera and Socium*, held on 25–27 March 2026 in Berehove, organized by Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University (Fodor István Research Centre for Natural Sciences, Department of Biology and Chemistry), the Taras Shevchenko National University "Chernihiv Collegium", and the Pomeranian University in Słupsk.

Recommended for publication in electronic form (PDF file format)
by the Academic Council of Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University
(record No. 3 of March 23, 2026)

Prepared for publication by the Division of Publishing, the Fodor István Research Centre for Natural Sciences, and the Department of Biology and Chemistry at the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University.

Edited by:
Erzsébet Kohut, István Kolozsvári, Oleksandr Lukash and Anita Szikura

Technical editing and layout: *Sándor Dobos, István Kolozsvári and Anasztázia Szenykó*
Proof-reading: *the authors*
Cover design: *István Kolozsvári and Vivien Tóth*
Universal Decimal Classification (UDC): *Apáczai Csere János Library of University of Rakoczi*

Responsible for publication:
Sándor Dobos (head of the Division of Publishing of Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University)

The conference abstracts of the volume were proofread by the Scientific Board of the international scientific conference.

Responsibility for the content and accuracy of publications rests with the authors of the conference abstracts. The views of the authors of publications may not coincide with the views of the editors.

The conference and the publication of the conference abstracts in electronic form (PDF file format) sponsored by the government of Hungary and the Hungarian Academy of Sciences.

BETHLEN GÁBOR Alap

MTA BICENTENARY OF THE HUNGARIAN ACADEMY OF SCIENCES

Publishing: Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University (Address: Kossuth square 6, 90202 Berehove, Ukraine. E-mail: egyetem@kme.org.ua; office@kme.org.ua)

ISBN 978-617-8143-61-9 (PDF)

© Authors, 2026
© Editors, 2026
© Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, 2026

ЗМІСТ / TARTALOM / CONTENT

Preface 19

The organizing and scientific committee of the conference 20

The program of the conference 22

Abstracts 28

Anna Apetsko, Anita Szikura, Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko: Relationship between Ruffier index-derived fitness levels and resting blood pressure and heart rate in young adults 28

Barta Henrietta, Zselicki István, Kolozsvári István: A Tiszaújlak környezetében élő lepkefajok felmérő vizsgálata 35

Biró Renáta, Demjén Zsolt, Dr. Pólin Irén: A termesztési technológia és a genotípus hatása az orvosi kamilla *(Matricaria chamomilla* L.*)* drogprodukciójára 40

Borgátó Jázmin Szofia, Molnár Krisztina: Digitális kompetenciák fejlesztése az 5-6. osztályban természettudományos oktatás keretén belül 42

Lyudmyla Buyun, Lyudmyla Kovalska, Oleksandr Gyrenko, Maryna Opryshko, Myroslava Maryniuk, Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko: Phytochemical diversity of Dendrobium species and their multitarget anticancer mechanisms 46

Csehil Anikó: Egészségtudatos attitűdök és életmódbeli sajátosságok pedagógushallgatók körében a felsőoktatásban 56

Csernicskó Jána, Lovász Gábor: A polivinil-klorid (PVC) padlóburkolatok kémiai tulajdonságai és beltéri kockázatai 59

Csoma Dorina, Illár Lénárd: Nagydobrony futóbogár faunájának felmérése 61

Katarzyna Dobrowolska: Peat mosses (Sphagnum spp.) as predictors of ecological status in Baltic raised bog ecosystems (Słupsk region, N Poland) 62

Farkas Viktória, Filep Mihály, Szabó Marján: Nanorészecskék előállítása a $LaFeO_3$–$LaCoO_3$ rendszerben 65

Fodor Gyula, Tóth Attila, Silkina Heléna: Kárpátalja nemzetiségi összetételének változásai a 20. század első felében 68

Gergely Lívia, Silkina Heléna: A kárpátaljai lakosok hozzáállása a környezeti problémákhoz 73

Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk: Modern blood products in clinical practice: from plasma fractionation to recombinant biopharmaceuticals 75

Elyas Haddad, Vadászi Marianna: Underground Hydrogen Storage 84

Hadnagy István, Takács Gabriella, Takács István, Páva Judit, Gál Petra Auguszta, Csoma Zoltán: A felszín alatti vizek nitrát-ion szennyezettsége a Kárpátaljai-alföld egyes településein 85

Leonid Heiko, Valentyna Oleshko, Alla Trofymchuk: Climate Transformation of Hydroecosystems and the Strategy for Sustainable Use of Aquatic Bioresources 89

Mária Höhn: Pine species and their populations under the pressure of changing climate: past, adaptation, and survival prospects in the Central–Eastern European region 92

Ivasishin Daniela: Morphobiological characteristics of indigenous distant hybrid grapes (Vitis vinifera L. X Vitis rotundifolia Michx.) F5 (BC4) 93

Ivasishin Daniela: Uvological particularities of indigenous distant vine hybrids F5 (BC4) 95

Viktória Kardos, Annamária Kósa, Adél Sóti, Helga Fanni Schubert, Roumaissa Ounoki, Katalin Solymosi: Agricultural relevance of the effect of salt stress on germinating seedlings 97

Kirpa Brigitta, Filep Mihály: A levegőszennyezés témája az 5-6. osztályos oktatásban 98

Ivan Kirvel, Iwona Jażewicz, Oleksandr Lukash: Wartość hydrologiczna, hydrotechniczna i biologiczna rzeki Słupi oraz jej doliny jako motor atrakcyjności turystycznej 100

István Kolozsvári, Erzsébet Kohut, Éva Andrik, Zoltán Csoma, Anita Szikura, István Hadnagy, Zoltán Kopor, Miroszláv Severa: The ecological status of wetlands in the Transcarpathian lowland 103

Kopor Zoltán, Demjén Zsolt, Kohut Erzsébet, Szikura Anita: A botanikus kertek, mint informális tanulási terek a környezeti nevelésben 107

Kulin Ágnes: Mitől ilyen színes ez a világ? A természetes pigmentek és a belőlük készült festékanyagok használatának bemutatása 109

Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun, Oleksandr Lukash, Piotr Kamiński, Halina Tkaczenko: Dietary nitrate within phytochemical-rich plant-based diets: mechanisms, clinical implications and translational perspectives 110

Natalia Kurhaluk, Lyudmyla Buyun, Halina Tkaczenko: Phytochemicals in the treatment of mental, cognitive, and neurodegenerative disorders 120

Oleksandr Lukash, Vitalii Morskyi, Vladyslav Solodovnyk: Formation of tourist attractiveness of Chernihiv through green architecture 130

Zbigniew Mazur, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk: *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) as multifunctional anticancer agents: immunomodulatory mechanisms, direct tumor suppression, and clinical perspectives 132

Máté Nikolett, Filep Mihály: A gyakorlati módszerek szerepe a kémiaoktatásban az új ukrán iskola keretrendszerében 142

Nataliia Miroshnyk, Olha Tertychna: Military conflicts as a factor in the transformation of natural and socio-ecological systems of the biosphere 144

Molnár József, Molnár D. István, Szabó Bence: Változó éghajlat – változó hótakaró? 148

Nagy Béla, Kohut Erzsébet: A fiatal generációk környezettudatos és egészségtudatos szemléletének fejlesztése a természettudományos nevelés során 149

Orosz Richárd, Szabó Marján: Réz(I)-oxid mentes nanorészecskék előállítása..... 151

Pászk Norbert: Foglalkoztatás a gyógynövénytermesztő szektorban (Employment in the medicinal plant growing sector)..... 153

Popovics Melinda, Fülöp Máté, Kolozsvári István: Beregsom település (Kárpátalja, Ukrajna) környezetében élő lepkefajok (Lepidoptera) faunisztikai és ökológiai vizsgálata..... 154

Magdalena Piekutowska: Analysis of NDVI values in potato cultivation at different stages of vegetation based on annual studies 159

Alexander Protasov, Tetiana Novosolova: Can industrial water bodies be donors of "biodiversity" for surrounding water bodies? 160

Rácz Béla, Molnár D. Erzsébet, Csatáry György: Biológiai vonatkozású információk Lehoczky Tivadar régészeti naplóiban 163

Sass Enikő, Gerő Boglárka: Assessing Sustainable Tourism Development Potential of the Koson Micro-Region 165

Sass Patrik Zsolt, Csoma Zoltán: A talaj és a bor fémkoncentrációja közötti összefüggések elemzése a 2021-es évjáratú Fogas-hegyi borok alapján..... 169

Ivan Savvidi, Oleksandr Lukash, Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko: Efficacy of photobiomodulation therapy for patients with diabetic foot syndrome 173

Halyna Shchuka: From Recreational Consumption to Existential Being: A Paradigm Shift in Modern Wellness Tourism..... 180

Stoika Myroslav: The Use of ChatGPT in Mathematics Teaching..... 183

Yuliia Stupak, Małgorzata Gradziuk, Oleksandr Lukash, Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko: Comparative legal frameworks governing blood donation and transfusion services in Ukraine and Poland 186

Szernyi István, Fülöp Máté, Gál Petra, Kohut Erzsébet: A kétlevelű sarkvirág *(Platanthera bifolia* (L.) *Rich.)* populációökológiai vizsgálata nagydobronyi erdőfoltban 192

Sztankovics Anna-Mária, Kolozsvári István: A meteorológiai tényezők hatása a városi lepkefaunára: egy fénycsapdás vizsgálat eredményei 194

Tarpai József: A sí turizmus fejlesztési lehetőségei Kárpátalján a háborús időszak és a posztkonfliktusos helyreállítás tükrében..... 198

Temetev Adam, Stoika Myroslav: Theoretical foundations of fostering algorithmic thinking and cognitive interest through ICT-Supported computer science education 199

Olha Tertychna, Valeriy Pinchuk, Yuriy Podoba, Maksym Yakymovych: Balanced development of modern livestock production in the context of environmental safety 202

Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk: Synergistic activation of Nrf2 by exercise-induced oxidative stress and antioxidant-enriched functional foods 206

Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Ivan Shkardybarda, Dmytro Nikolaienko: Potential immune reactions associated with exposure to ingredients of Ukrainian-made contact hygiene products 215

Tóth Lídia: A település komfort mutatói a Bátyúi kistérségben (Kárpátalja, Beregszászi járás) 219

Alla Trofymchuk, Valentyna Oleshko, Leonid Heiko: Bioremediation and Resource Potential of Integrated Cultivation of Aquatic Organisms 220

Maryna Yachna, Erzsébet Kohut, Natalia Kurhaluk, Halina Tkaczenko: Mycotoxins in aquaculture: occurrence, emerging toxins, toxicological implications and food safety concerns 224

Єва Андрик, Іштван Гаднадь, Ержебет Когут, Степан Коложварі, Віра Протопопова, Габріелла Такач, Мирослав Шевера: Адвентивна флора Закарпаття: узгодження спірних питань підходів і методик для вивчення адвентивних фракцій регіональних флор 236

Борис Барановський, Ліна Кармизова, Олег Дідур, Алла Кулік, Ірина Іванько, Микола Чабан: Антропогенна трансформація флористичного різноманіття арен річок Північного степового Придніпров'я 238

Оксана Баштовенко: Водно-болотні угіддя Нижнього Дунаю для нашого майбутнього 241

Марина Бевзюк: Емоційно сприятливе середовище як чинник збереження та зміцнення здоров'я дитини в ЗДО 245

Надія Бобрик, Марина Кривцова, Анатолій Рибець: Вплив техногенного навантаження на структуру мікробіоти ґрунту Закарпаття 247

Бойко Н.С., Дойко Н.М., Броун І.В.: Розвиток зеленої яблуневої попелиці (Aphis pomi Deg.) та її вплив на біометричні показники яблуні в умовах Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України 251

Валентина Білан: Формування культури здоров'я дітей засобами здоров'язбережувальних технологій 253

Білоусов В., Русакова М.: Металокомплекси куркуміну як перспективні інгібітори біоплівок 256

Анастасія Брязун, Юлія Буян: Розробка та характеристика багатофункціональних нанокомпозитів на основі каолініту та рослинної сировини родин Lamiaceae і Asteraceae для потреб косметології та нутриціології 259

Васильєва Наталія, Анатій Владислав: Вплив органічних компонентів живильних середовищ на фосфатмобілізуючу активність представників роду Bacillus ізольованих з ґрунтів Одеської області 262

Микола Величко: Щодо стану правозабезпечення зарезервованих цінних для заповідання територій та об'єктів в Україні: проблеми та шляхи вирішення..... 266

Тетяна Венедиктова, Надія Скрипченко, Віта Книш: Змішані посадки нових плодових рослин *A. arguta* і *C. mas* для збереження агробіорізноманіття..... 270

Тетяна Венедиктова, Надія Скрипченко, Віта Книш: Накопичення фітомаси рослинами рослин A. arguta і C. mas в моно- та змішаних посадках..... 273

Микола Волощук, Алла Козурак, Тетяна Антосяк: Флора і рослинність Рамсарських угідь Карпатського біосферного заповідника: стан та стратегії збереження..... 276

Людмила Гандовська, Олена Согомонян: Розвиток рекреаційного туризму в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України 281

А.П. Головань, І.В. Сіора, Т.В. Крупська: Оцінка фунгіцидної активності мінерально-біологічних композитів на основі цеоліту та кремнезему..... 284

Євгенія Головко, Рита Бойко, Олена Ісаченко, Анастасія Никитіна: Стійкість до шкідників і хвороб нових інтродукованих сортів ґрунтопокривних троянд роду *Rosa* L: оцінювання, апробація розробленої методики сезонної профілактики та лікування троянд 287

Наталія Довгалюк: Оцінка токсичності ґрунтів колекції *Syringa vulgaris* L. Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України за допомогою рослинних біоіндикаторів 289

Олег Давидов, Еліна Козійчук, Наіля Железняк: Реакція мікрофітобентосу на стрімке зниження рівня води у верхній частині Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна) 291

Ольга Делі, Ірина Сугак, Владислав Мацегора, Олександр Петрик: Основні шкідники зернових та олійних культур в агрокліматичних умовах Одеської області 293

Євгеній Дем'яненко, Вікторія Паєнтко, Андрій Бондаренко, Роман Атамась, Алла Кустовська: Комп'ютерне 3D-моделювання як інноваційний інструмент модернізації природничої освіти 295

Галінський Олексій, Галінська Анастасія, Діденко Володимир, Кислова Раїса: Еластографічна оцінка змін печінки у щурів за умов дієто-стресового моделювання стеатозу та після періоду самовідновлення 299

Валерій Герасимюк, Наталя Герасимюк, Ірина Рижко, Сергій Хуторной, Володимир Шишко: Видовий склад мікрофітобентосу прибережжя середземного моря біля узбережжя Іспанії 301

Ганна Денчиля-Сакаль, Христина Сакаль: Вплив солей кадмію на проростання насіння конюшини лучної..... 305

Григорій Драган, Ніна Драган: Видовий склад і шкодочинність комах-філофагів старовікової діброви дендропарку „Олександрія" НАН України 307

Алла Жиденко, Вікторія Паперник: Вплив екологічних чинників на функціонування водної екосистеми р. Десна 310

Ілля Заячук: Імунні механізми непереносимості пластмасових та металевих зубних протезів..... 314

Віра Іванова, Наталія Іванова: PhET-симуляції як інтерактивний засіб формування дослідницької мотивації учнів у природничій освіті НУШ 316

Наталія Іванова: Цифрова ідентичність і публікаційна стратегія дослідника як чинники успішності екологічних наукових проєктів..... 320

Тетяна Івусь, Юрій Карпенко: Декоративно-квітучі макрофіти малих річок пониззя Десни 323

Ганна Казарінова, Юрій Гамуля: Флористичні особливості рослинних угруповань за участі *Hordeum murinum L.* 327

Людмила Калашнікова, Юлія Дорошенко: Біотопічне різноманіття дендрологічного парку «Олександрія» НАНУ..... 329

Карпенко Юрій, Свердлов Володимир: Екологічні параметри та компоненти довкілля як базова основа менеджментної діяльності при проведенні процедури стратегічної екологічної оцінки документів планувального характеру територіальних громад 332

Квасниця А., Русакова М.: Електрогенна активність окремих штамів псевдомонад – основа можливості їх застосування у мікробно-паливних елементах..... 336

Анна Клименко: Екологічні сади навколо водойм, як один з прикладів розвитку екотуризму 339

Світлана Клименко, Алла Кустовська: Кизил лікарський (*Cornus officinalis Sieb. et Zucc*.) – нова плодова і лікарська рослина для садівництва України..... 343

Софія Козачук, Ганна Мегалінська: Ремедіаторна активність лепехи звичайної і горіху водяного та вплив важких металів на каталазну активність їх коренів 347

Еліна Козійчук, Олег Давидов, Наіля Железняк: Діагностичні види мікрофітобентосу затоки Собаче Гирло (р. Дніпро, Україна)..... 349

Анжела Колесник, Олег Колесник, Юдіт Чобої: Внутрішньовидова біохімічна варіабельність *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. у високогірних екосистемах Українських Карпат 351

Олександра Колесник, Марина Кривцова: Спектр мікроорганізмів та їхня антибіотикочутливість при ускладненнях бойових ран 356

Віталій Коломійчук: Лісова рослинність заплави р. Прип'ять у межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника 359

Катерина Колота, Аліна Слюта: Польове (outdoor) навчання як інструмент формування фахових компетентностей майбутніх вчителів географії 361

Світлана Кормош, Інна Митенко, Ірина Повлін: Агробіологічна оцінка нових генотипів *Lophanthus anisatus* Benth. Як чинник стійкого розвитку агрофітоценозів..... 364

Марина Кривцова, Вероніка Ганусич: Територіальна та функціональна структура інвестицій у природоохоронну діяльність в Україні як індикатор трансформації екологічних систем 369

Крупська Т.В., Теребінська М.І., Ткачук О.І., Дацюк А.М., Туров В.В.: Міжмолекулярна взаємодія кверцетину та вітаміну С..... 373

Андрій Котельчук, Олена Бондар, Ірина Курмакова, Леонід Котельчук: Катіонний та аніонний склад водозаборів селищ Чернігівського району..... 376

Кузьменко І.С., Нечипорук К.А., Кирильчук А.М., Сябренко Р.О.: Геоінформаційне моделювання впливу кліматичних і військово-техногенних чинників на стан природних ресурсів та перспективи розвитку органічного землеробства 379

Ірина Куроченко, Варвара Рискова: Гриби-деструктори відмерлої деревини дубово-грабових лісів Рівненського району Рівненської області 383

Ірина Куроченко, Варвара Рискова: Інвазійні види рослин на території міста Рівне та їх вплив на місцеве біорізноманіття..... 388

Кур'янінов Є.Л., Зінченко О.Ю.: Антагоністична активність чорноморських бактерій роду Bacillus щодо фітопатогенних мікроміцетів..... 392

Валерія Лупинос, Олександр Лукаш: Місто Ніжин як об'єкт туристичної привабливості: історико-культурний та гастрономічний аспекти 393

Руслан Любчиков: Перебудова вуглеводного метаболізму коропа лускатого за дії мікотоксинів як індикатор токсичності водного середовища 396

Надія Маринець, Катерина Шовш: Наукова істина в епоху «постправди»: розвиток критичного мислення в процесі вивчення природничих дисциплін 398

Ольга Маркітан: Розрахунок параметрів адсорбції етидіум броміду на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану..... 400

Раїса Матяшук, Любов Губарь, Ірина Ткаченко, Ігор Тесленко: Значимість природоохоронних об'єктів для розвитку екологічної освіти в Україні 403

Мегалінська Г.П., Білик Ж.І., Шимон Т.Т., Кондратюк Д. С.: Антибактеріальна активність деяких водних рослин..... 406

Володимир Меренич, Гаднадь Іштван, Сікура Аніта: Еколого-ботанічні стежки як засіб екологічної освіти та природоохоронної діяльності 408

Месарош Лівіа Василівна: Інноваційні підходи у викладанні фізики в умовах цифрової трансформації освіти..... 410

Ольга Мехед: Біохімічна та морфофункціональна оцінка сумісної дії іонів важких металів і поверхнево-активних речовин на організм коропових риб 412

Джосія Молнар-Бабіля, Єва Бак: Педагогічні аспекти популяризації природничих знань у контексті глобальних екологічних викликів..... 414

Мордатенко І.Л., Дойко Н.М.: Урочища «Гайок», як новий елемент екотуризму 417

Тетяна Морозова: Просторово-часовий скринінг екосистем як інтегрована методологія діагностики та управління екологічними ризиками 419

Морозовська І.О., Протасов О.О., Рогальський С.П.: Дослідження багаторічної динаміки зооперифітону Канівського водосховища та випробування необростаючих захисних покриттів..... 420

Віталій Морський, Максим Аравін, Ірина Морська, Олександр Лукаш: Геоморфологічні та кліматичні чинники формування та оптимізації мережі зеленої інфраструктури міста Чернігова..... 424

Алла Наливайко: Рекреаційно-туристична діяльність Мезинського національного природного парку як модель взаємодії біосфери та соціуму..... 428

Юлія Негараш, Олександр Шиндер: Раритетні види рослин на ботаніко-географічній ділянці «Середня Азія» Національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України (м. Київ) 431

Валентина Олешко, Алла Трофимчук, Леонід Гейко: Формування екологічної свідомості майбутніх фахівців з водних біоресурсів та аквакультури 433

Олександр Пархоменко, Леся Ковальська: Порівняльний аналіз денних температур повітря Ічнянського та Галицького НПП та їх вплив на біорізноманіття 437

Павло Пеняк: Історико-культурна спадщина як основа сталого розвитку туризму (на прикладі археологічних артефактів Берегівського району) 440

Володимир Петришин, Наталія Столярчук, Вероніка Томіна, Інна Мельник: Вилучення диклофенаку з водних розчинів функціоналізованими кремнійорганічними матеріалами 444

Лідія Полотнянко: Біохімічні індикатори токсичного впливу мікотоксинів та адаптаційних перебудов у ставкових риб 446

Варвара Рискова, Ірина Куроченко: Сучасний стан заповідного лісового урочища «Бармаківське» Рівненської області 448

Варвара Рискова, Ірина Куроченко: Фітоценотичні особливості газонних травостоїв урбоекосистеми міста Рівне 452

Роїк Н.В., Трофимчук І.М.: Синтез Со-вмісних цеолітних імідазолятних структур з різною морфологією частинок 456

Оксана Сагач, Олександр Яковенко, Євгеній Кошовець: Субспонтанні інтродуковані види плодово-ягідних культур підродини Maloideae в урбанізованому середовищі 458

Анастасія Самкова: Сучасні підходи до вирощування мікрозелені як елемент сталого агровиробництва 460

Свердлов Володимир: Особливості та підходи до викладання дисципліни «Екологія» для студентів освітньої програми «Водні технології» 462

Наталія Симонова: Окисний стрес і динаміка перекисного окиснення ліпідів у тканинах карася звичайного за дії Т-2 токсину 466

Вікторія Сергіївна Солошенко, Наталія Сергіївна Бойко: Нутріціологічний потенціал видів роду *Ribes* L. у контексті збереження здоров'я людини 468

Юлія Ступак: Особливості будови кори *Ulmus pumila* L. у захисних смугах уздовж залізничних шляхів м. Чернігів 471

Валентина Толмачова, Христина Карпенко, Тетяна Храновська: Вплив на довкілля заборонених хімічних агентів у збройних конфліктах XXI століття 473

Тротнер Вікторія Василівна: Созофіти та оселища урочища Карачуни (м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.) 477

Тротнер Марина Володимирівна: Визначний український біохімік та нейрохімік професор В.О. Березін 482

Тротнер Марина Володимирівна: Ольга Броварець: геніальна українська дослідниця ДНК світового рівня 485

О. Федорова, А. Милянич, Р. Левчук: Комбуча у складі нових лікувально-косметичних засобів 488

Дмитрій Філоненко: Динаміка вмісту нуклеїнових кислот в тканинах і органах коропа *(Cyprinus carpio* L.*)* за впливу полютантів 489

Олександра Хора, Євгеній Дем'яненко, Ольга Маркітан, Борис Горєлов: Квантово-хімічне дослідження адсорбції тетрацикліну на вуглецевих нанотрубках 492

Анжеліка Цибульська: Макрофауна безхребетних меліоративних каналів Чорнобильського заповідника 495

Цупко Надія: Динаміка заплавних водойм долини річки Десна за даними ДЗЗ 499

Неля Чефонова, Світлана Даценко, Олексій Мельник, Сергій Ткаченко: Ефективність строків сівби часнику ярого залежно від мульчування грунту 507

Вікторія Василівна Чійпеш, Степан Васильович Коложварі, Аніта Йосипівна Сікура: Лимон трилисточковий – полі функціональна рослина для Карпатського регіону 511

Петро Чумак, Олександр Стригун, Олександр Цибульський: Індукція стійкості ясенів do гіперінвазійного жука ясенева смарагдова вузькотіла златка 513

Юлія Юхименко, Людмила Бойко, Олександр Данильчук: Ландшафтні комплекси та тематичні експозиції Криворізького ботанічного саду 516

Елеонора Адальбертівна Якоб, Камілла Дезидерівна Доровці: Вплив технології STEM-освіти на мотивацію учнів на уроках біології 520

Preface

One of the key questions of our time concerns how the relationship between humanity and nature will evolve in the near future. Climate change, the decline of biodiversity, the increasingly intensive use of natural resources, the growing pressure on the environment, and the emergence of new technologies all highlight the fact that the fate of natural systems and human society is closely interconnected. Understanding these complex interactions is a shared responsibility that must engage researchers, educators, and younger generations alike. The 2nd International Scientific Conference "Biogeosphere and Socium" (BGS–2026) aims to promote this common intellectual endeavour.

The conference seeks to create a platform for representatives of different scientific disciplines whose research contributes to a deeper and more comprehensive understanding of the relationship between nature and society. Accordingly, the thematic scope of the event is broad. It encompasses issues ranging from the functioning of biological and ecological systems, the sustainable use of natural resources, environmental chemistry, the assessment of protected areas, and the status of agrobiodiversity, to topics related to human health, recreational resources, tourism, and innovations in science education.

The present book of abstracts brings together concise summaries of the studies presented at the conference. The contributions reflect the diversity and topical relevance of environmental sciences both in Ukraine and in other regions of Europe. Shared environmental challenges, such as the conservation of aquatic and terrestrial ecosystems, changes in land use, the impacts of climate change, and the opportunities for sustainable development, are increasingly calling for international cooperation and continuous scientific dialogue. Our common goal is that the conference will strengthen professional connections among researchers, foster new scientific collaborations, and contribute to a deeper and more nuanced understanding of the relationship between the biogeosphere and human society. We hope that the studies presented here will provide inspiration for all those who are working towards shaping a sustainable future.

The conference is jointly organized by Ferenc Rakoczi II Transcarpathian HungarianUniversity, the Pomeranian University in Słupsk, and the T. H. Shevchenko National University "Chernihiv Collegium." The event is held within the framework of the Rakoczi Days programme series of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University. Its significance is further enhanced by the commemoration of the 350th anniversary of the birth of Prince Ferenc Rakoczi II, the institution's namesake. This anniversary not only provides an opportunity for historical reflection but also encourages us to face the challenges of the future through the power of science and cooperation.

Dr. Erzsébet Kohut,
Head
of Department of Biology and Chemistry,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian
Hungarian University

Dr. István Kolozsvári
Director
of Fodor István Research Center,
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian
Hungarian University

The organizing and scientific committee of the conference

Members of the organizing committee

István Csernicskó – Doctor of Philological Sciences, Professor, Rector of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine (chairman);

Ildikó Orosz – Doctor of Pedagogical Sciences, Professor, President of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine (co-chairman);

Erzsébet Kohut – Candidate of Biological Sciences, Head of Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University (secretary);

Anita Szikura – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

István Kolozsvári – Candidate of Environmental Sciences, Director of the István Fodor Research Centre, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University.

Members of the scientific committee:

Imre Szakál – Candidate of Historical Sciences, Vice-Rector for Scientific Affairs of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine (chairman);

Erzsébet Kohut – Candidate of Biological Sciences, Head of Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University (co-chairman);

Józef Antonowicz – Doctor of Sciences, Professor, Professor of the Department of Environmental Chemistry and Toxicology, Institute of Geography, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Éva Andrik – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Zoltán Csoma – Candidate of Crop Production and Horticultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Mihály Filep – Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

István Hadnagy – Candidate of Environmental Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Tomasz Hetmański – Doctor of Biological Sciences, Professor, Director of the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Iwona Jażewicz – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Director of the Institute of Geography, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Yurii Karpenko – Candidate of Biological Sciences, Associated Professor, Head of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;

Ivan Kirvel – Doctor of Geographical Sciences, Professor, Professor of the Department of Socio-Economic Geography and Tourism, Institute of Geography, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

István Kolozsvári – Candidate of Environmental Sciences, Director of the István Fodor Research Centre, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Iryna Kurmakova – Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Chemistry, Technology and Pharmacy, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;

Natalia Kurhaluk – Doctor of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;

Oleksandr Lukash – Doctor of Biological Sciences, Professor, Professor of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;

Olha Mekhed – Doctor of Pedagogical Sciences, Candidate of Biological Sciences, Professor, Head of the Department of Biology and Human Health, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;

Irén Pólin – Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Anita Szikura – Doctor of Biological Sciences, Associate Professor of the Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University;

Halina Tkaczenko – Doctor of Biological Sciences, Professor, Deputy Director of the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland.

The program of the conference

Attention: Eastern European Time (EET)

is indicated in the Program!

March 25, 2026 (Wednesday)
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Kossuth sqr. 6, Berehove, Ukraine)

Arrival of participants
Registration (Department of Biology and Chemistry)

March 26, 2026 (Thursday)
09.00 - 10.00 – registration of the conference participants
(Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Kossuth sqr. 6, Berehove, Ukraine)

10.00 - 10.30 – opening the conference (300. Esztergom Hall)
Online:
https://us02web.zoom.us/j/83872107735?pwd=1pxlaOXl5a32RA6gNilT8zMqFTlGBA.1

The anthem of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University)

- **Prof. Dr. István Csernicskó** – Rector of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine
- **Prof. Dr. Yurii Karpenko** – Head of the Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium"
- **Prof. Dr. Halina Tkaczenko** – Deputy Director of the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk

10.30 – 12.50 – Plenary session (moderator: Dr. István Hadnagy)

- **Prof. Dr. Mária Höhn –** Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Department of Botany, Budapest, Hungary/head of Soroksár Botanical Garden: ***Pine species and their populations under the pressure of changing climate: past, adaptation, and survival prospects in the Central–Eastern European region***
- **Dr. habil. PaedDr. Melinda Nagy –** Vice-Rector of the J. Selye University, Komárno, Slovakia: ***Az agy működésétől a mesterséges intelligenciáig: neuronhálózatok két világban (From brain function to artificial intelligence: neural networks in two worlds)***
- **Prof. Dr. Natalia Kurhaluk –** Head of the Department of Animal Physiology, Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland: ***Dietary***

nitrate within phytochemical-rich plant-based diets: mechanisms, clinical implications and translational perspectives

- **Prof. Dr. Kryvtsova Maryna –** Uzhhorod National University, Institute of Dentistry and Laboratory Medicine, Head of the Department of Clinical-Laboratory and Morphofunctional Diagnostics: Deputy Director of the Institute, Uzhhorod, Ukraine: ***Антимікробні властивості лікарських рослин та перспективи їх застосування для корекції мікробіоти ротової порожнини (Antimicrobial properties of medicinal plants and prospects for their application in the correction of the oral microbiota)***
- **Dr. István Kolozsvári** – Director of the István Fodor Research Centre, Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine: ***The ecological status of wetlands in the Transcarpathian lowland***

12.50 – Group photo (participants)

13.00 – Wreath-laying ceremony at the statue of Prof. Dr. József Szikura, former Rector of University Rakoczi
13.30 – Lunch break

15.00 – Conference sessions: **The presenters will deliver their presentations within a 10-minute time slot. Online participants can join via the Zoom links of the respective sessions.**

1. Education and science awareness raising

Moderator: Dr. István Kolozsvári (221. Ferencváros Auditorium)

https://us02web.zoom.us/j/81126457937?pwd=ezIhZjTYYCuuch3e7gwcfjaabob5W3.1

- **Csehil Anikó** – Egészségtudatos attitűdök és életmódbeli sajátosságok pedagógushallgatók körében a felsőoktatásban
- **Nagy Béla, Kohut Erzsébet** – A fiatal generációk környezettudatos és egészségtudatos szemléletének fejlesztése a természettudományos nevelés során
- **Temetev Adam, Stoika Myroslav** – Theoretical foundations of fostering algorithmic thinking through ICT
- **Євгеній Дем'яненко, Вікторія Паєнтко, Андрій Бондаренко, Роман Атамась, Алла Кустовська –** Комп'ютерне 3D-моделювання як інноваційний інструмент модернізації освіти
- **Borgátó Jázmin Szofia, Molnár Krisztina** – Digitális kompetenciák fejlesztése az 5-6. osztályban természettudományos oktatás keretén belül
- **Stoika Myroslav** – The Use of ChatGPT in Mathematics Teaching
- **Віра Іванова, Наталія Іванова** – PhET-симуляції як інтерактивний засіб формування дослідницької мотивації

- **Наталія Іванова** – Цифрова ідентичність і публікаційна стратегія дослідника
- **Kulin Ágnes** – Mitől ilyen színes ez a világ? A természetes pigmentek és a belőlük készült festékanyagok használatának bemutatása
- **Kopor Zoltán, Demjén Zsolt, Kohut Erzsébet, Szikura Anita** – A botanikus kertek, mint informális tanulási terek a környezeti nevelésben

2. Biodiversity and habitat research

Moderator: Dr. István Hadnagy (215. Alag-Eudoxia 20 Auditorium)

https://us02web.zoom.us/j/89420903561?pwd=FHEWInMlQSdubf0r49jlup6cxj0EdH.1

- **Алла Жиденко, Вікторія Паперник** – Вплив екологічних чинників на функціонування водної екосистеми р. Десна
- **Тетяна Івусь, Юрій Карпенко** – Декоративно-квітучі макрофіти малих річок пониззя Десни
- **Борис Барановський, Ліна Кармизова, Олег Дідур, Алла Кулік, Ірина Іванько, Микола Чабан** – Антропогенна трансформація флористичного різноманіття арен річок
- **Barta Henrietta, Zselicki István, Kolozsvári István** – A Tiszaújlak környezetében élő lepkefajok faunisztikai és ökológiai felmérő vizsgálata
- **Csoma Dorina, Illár Lénárd** – Nagydobrony futóbogár faunájának felmérése
- **Popovics Melinda, Fülöp Máté, Kolozsvári István** – Beregsom település környezetében élő lepkefajok faunisztikai és ökológiai vizsgálata
- **Kolozsvári István, Sztankovics Anna-Mária** – A meteorológiai tényezők hatása a városi lepkefaunára: egy fénycsapdás vizsgálat eredményei
- **Szernyi István, Fülöp Máté, Gál Petra, Kohut Erzsébet** – A kétlevelű sarkvirág *(Platanthera bifolia* (L.) Rich.*)* populációökológiai vizsgálata nagydobronyi erdőfoltban
- **Rácz Béla, Molnár D. Erzsébet, Csatáry György** – Biológiai vonatkozású információk Lehoczky Tivadar régészeti naplóiban
- **Hadnagy István, Takács Gabriella, Takács István, Páva Judit, Gál Petra Auguszta, Csoma Zoltán –** A felszín alatti vizek nitrát-ion szennyezettsége a Kárpátaljai-alföld egyes településein

3. Environmental protection and climate issues

Moderator: Dr. Éva Andrik (223. Törökszentmiklós Auditorium)

https://us02web.zoom.us/j/89183381535?pwd=pkmXy9B9rRwnUrjvtQZqR2tkQNOicA.1

- **Микола Волощук, Алла Козурак, Тетяна Антосяк** – Флора і рослинність Рамсарських угідь Карпатського біосферного заповідника
- **Тротнер Вікторія Василівна** – Созофіти та оселища урочища Карачуни
- **Коломійчук Віталій Петрович** – Лісова рослинність заплави р. Прип'ять у межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника
- **Katarzyna Dobrowolska** – Peat mosses *(Sphagnum spp.)* as predictors of ecological status in Baltic raised bog ecosystems (Słupsk region, N Poland)
- **Elyas Haddad, Vadászi Marianna** – Underground Hydrogen Storage
- **Олександр Пархоменко, Леся Ковальська** – Порівняльний аналіз температур повітря Ічнянського та Галицького НПП
- **Molnár József, Molnár D. István, Szabó Bence** – Változó éghajlat – változó hótakaró?
- **Єва Андрик, Іштван Годнадь, Ержебет Когут, Іштван Коложварі, Віра Протопопова, Габрієла Такач, Мирослав Шевера** – Адвентивна флора Закарпаття: узгодження спірних питань підходів і методик для вивчення адвентивних фракцій регіональних флор

4. Agrobiodiversity and crop production

Moderator: Dr. Zoltán Csoma (231. Skripeczky Auditorium)

https://us02web.zoom.us/j/81168095357?pwd=ZiTQ56s3HgXlznyWKHs0a4tHt8ilZW.1

- **Biró Renáta, Demjén Zsolt, Dr. Pólin Irén** – A termesztési technológia és a genotípus hatása az orvosi kamilla *(Matricaria chamomilla* L.*)* drogprodukciójára
- **Світлана Клименко, Алла Кустовська** – Кизил лікарський *(Cornus officinalis* Siebold & Zucc.*)* – нова плодова і лікарська рослина
- **Оксана Сагач, Олександр Яковенко, Євгеній Кошовець** – Субспонтанні види плодово-ягідних культур Чернігівської області
- **Ivasishin Daniela** – Morphobiological characteristics of indigenous distant hybrid grapes
- **Ivasishin Daniela** – Uvological particularities of indigenous distant vine hybrids F5 (BC4)
- **Viktória Kardos, Annamária Kósa, Adél Sóti, Helga Fanni Schubert, Roumaissa Ounoki, Katalin Solymosi** – Agricultural relevance of the effect of salt stress on germinating seedlings
- **Pászk Norbert** – Foglalkoztatás a gyógynövénytermesztő szektorban

- **Magdalena Piekutowska** – Analysis of NDVI values in potato cultivation at different stages of vegetation

5. Environmental chemistry and microbiology

Moderator: Dr. Mihály Filep (310F Auditorium, Philology Campus)

https://us02web.zoom.us/j/88613665267?pwd=dPeIEMtHytxTVLaMZpFEVdj40g2fo6.1

- **Квасниця А., Русакова М.** – Електрогенна активність окремих штамів псевдомонад
- **Софія Козачук, Ганна Мегалінська** – Ремедіаторна активність лепехи звичайної і горіху водяного
- **Анжела Колесник, Олег Колесник, Юдіт Чобої** – Внутрішньовидова біохімічна варіабельність *Potentilla erecta* (L.) Raeusch.
- **Надія Бобрик, Марина Кривцова, Анатолій Рибець** – Вплив техногенного навантаження на структуру мікробіоти ґрунту Закарпаття
- **Олександра Колесник, Марина Кривцова** – Спектр мікроорганізмів та їхня антибіотикочутливість при бойових ранах
- **Тротнер Марина Володимирівна** – Визначний український біохімік професор В.О. Березін
- **Тротнер Марина Володимирівна** – Ольга Броварець: українська дослідниця ДНК світового рівня

6. Human health and medical biology

Moderator: István Zselicki (2. Anatomy and Physiology Auditorium, Health and Sport Center)

https://us02web.zoom.us/j/88331462184?pwd=QfuYSuAz75DNm2DRe8e2fBXa8DmOfs.1

- **Nataliia Tkachuk, Liubov Zelena, Ivan Shkardybarda, Dmytro Nikolaienko** – Potential immune reactions associated with exposure to ingredients of Ukrainian-made contact hygiene products
- **Галінський Олексій, Галінська Анастасія, Діденко Володимир, Кислова Раїса** – Еластографічна оцінка змін печінки у щурів за умов стеатозу
- **Галінська Анастасія, Бочаров Геннадій** – Зміни маси тіла та відносної маси внутрішніх органів у щурів за дієто-стресового моделювання стеатозу та після самовідновлення
- **Małgorzata Gradziuk, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk** – Modern blood products in clinical practice: from plasma fractionation to recombinant biopharmaceuticals

7. Tourism and social sciences

Moderator: Dr. Gábor Lovász (208. Gyula Auditorium)

https://us02web.zoom.us/j/88282850023?pwd=UFYFKNR6b81LNsTSjZ8prH6lRKtU7a.1

- **Oleksandr Lukash, Vitalii Morskyi, Vladyslav Solodovnyk** – Formation of tourist attractiveness of Chernihiv through green architecture
- **Sass Enikő, Gerő Boglárka** – Assessing Sustainable Tourism Development Potential of the Koson Micro-Region
- **Halyna Shchuka** – From Recreational Consumption to Existential Being: A Paradigm Shift in Modern Wellness Tourism
- **Tarpai József** – A sí turizmus fejlesztési lehetőségei Kárpátalján
- **Tóth Lídia** – A települési komfort mutatói a Bátyúi kistérségben
- **Валерія Лупинос, Олександр Лукаш** – Місто Ніжин як об'єкт туристичної привабливості
- **Мордатенко І.Л., Дойко Н.М.** – Урочища «Гайок», як новий елемент екотуризму
- **Fodor Gyula, Tóth Attila, Silkina Heléna** – Kárpátalja nemzetiségi összetételének változásai a 20. század első felében
- **Gergely Lívia, Silkina Heléna** – A kárpátaljai lakosok hozzáállása a környezeti problémákhoz

17.00 – Guided tour University of Rakoczi
18.30 – Dinner

March 27, 2026 (Friday)
09.00 – Gathering of participants in the inner courtyard University of Rakoczi, organized departure to the Forest School (Velyka Dobrony)
10.00 – Workshop: *"Research on the Natural and Social Characteristics of Ethnic Regions"* (moderator: dr. Erzsébet Kohut)
11.45 – Summary and closing of the conference (Prof. Dr. Anita Szikura)
12.00 – Lunch break
12.30 – Organized return to Berehove, University of Rakoczi

ABSTRACTS

Relationship between Ruffier index-derived fitness levels and resting blood pressure and heart rate in young adults

Anna Apetsko[1], Anita Szikura[2], Natalia Kurhaluk[3], Halina Tkaczenko[2]
[1]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
[2]Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Trancarpathian Hungarian University
[3]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: annaapetsko@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Introduction. Physical fitness is a key indicator of cardiovascular health and overall physiological efficiency. Regular physical activity enhances autonomic regulation and improves myocardial performance, contributing to favourable resting cardiovascular parameters such as a lower heart rate and optimal blood pressure [Nystoriak and Bhatnagar, 2018; Franklin et al., 2022]. Conversely, reduced aerobic capacity has been linked to increased sympathetic activity, diminished vagal tone, and impaired vascular function [Sloan et al., 2011]. In particular, resting heart rate (HR) is considered a sensitive marker of autonomic balance and cardiovascular risk, even in young, apparently healthy populations [Ehrenwald et al., 2019; Lindgren et al., 2020].

Simple, field-based tests such as the Ruffier Index (RI) allow for the practical assessment of physical fitness in non-clinical settings [Alahmari et al., 2020; Trovato et al., 2023]. While numerous studies have demonstrated associations between aerobic capacity and cardiovascular function [Wichitsranoi et al., 2015; Dou, 2026], sex-specific differences in resting blood pressure and heart rate at different fitness levels have not been sufficiently explored. The present study, therefore, aimed to evaluate the relationship between physical fitness level, as assessed by the Ruffier Index, and resting systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate in women and men.

Materials and methods. *Study design and participants.* This cross-sectional study included 51 participants (28 women and 23 men) who were students at Pomeranian University in Słupsk, Poland. The average age was 20.8 ± 4.2 years for women and 19.9 ± 2.9 years for men. All participants were classified according to their level of physical fitness using the Ruffier Index (RI). Among the women, 32.1% were classified as having good fitness (n = 9), 50.0% as having average fitness (n = 14), and 17.9% as having poor fitness (n = 5). Among men, 4.3% demonstrated very good fitness (n = 1), 39.1% good fitness (n = 9), 47.8% average fitness (n = 11), and 8.7% poor fitness (n = 2).

Assessment of physical fitness. Physical fitness was evaluated using the RI, which assesses cardiovascular efficiency in response to short-term exercise. The RI was calculated using the formula described by Jastrzębska (2010): IR = [(P + P1 + P2) – 200] / 10. Here, IR denotes the Ruffier Index, P represents the resting heart rate, P1 represents the heart rate measured immediately after exercise and P2 represents the

heart rate recorded after one minute of recovery. The results were interpreted as follows: 0–0.1 points: very good fitness; 0.1–5.0 points: good fitness; 5.01–10.0 points: average fitness; 10.01–15.0 points: poor fitness. Based on the obtained RI values, women and men from different age groups were classified into categories reflecting their level of physical fitness.

Cardiovascular measurements. Resting systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) were measured under standardised resting conditions. Values are presented as mean ± standard deviation (SD).

Statistical analysis. Data were analysed separately for women and men. One-way analysis of variance (ANOVA) was used to determine differences in resting SBP, DBP and HR across fitness categories. Effect sizes were calculated using eta-squared (η^2). Post hoc comparisons were performed using the Tukey honest significance difference (HSD) test. Pearson's correlation coefficients were calculated to assess the association between the Ruffier index and cardiovascular parameters. Linear regression analysis was conducted to determine whether the Ruffier Index (RI) predicted resting heart rate (HR). A multivariate regression model including sex as a covariate was also performed. Statistical significance was set at $p < 0.05$.

Results and discussion. Among the female participants (n = 28), the largest proportion (50.0%) presented an average level of physical fitness, followed by good fitness (32.1%). Meanwhile, 17.9% were classified as having poor fitness. By contrast, nearly half of the men (47.8%) demonstrated an average fitness level, 39.1% were classified as having good fitness, 8.7% as having poor fitness and only 4.3% achieved a very good level of physical fitness. Overall, average fitness predominated in both sexes, whereas very good fitness was exclusively observed in men and represented the smallest subgroup. Resting systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) were analysed according to sex and physical fitness level, as determined by the Ruffier Index (RI). The data are presented in Table 1.

Table 1. Resting systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP) and heart rate (HR) according to sex and physical fitness level assessed by the Ruffier Index. Values are presented as the mean ± standard deviation (SD).

Sex	Fitness level	n	SBP, mmHg	DBP, mmHg	HR, bpm
Women	Good	9	111.9 ± 19.4	66.6 ± 7.2	71.9 ± 6.6
Women	Average	14	109.9 ± 14.0	70.1 ± 7.7	81.9 ± 6.0
Women	Poor	5	110.0 ± 6.9	75.2 ± 3.6	94.6 ± 4.7
Men	Very good	1	109.0	76.0	63.0
Men	Good	9	128.1 ± 10.6	67.7 ± 10.8	67.6 ± 3.5
Men	Average	11	132.4 ± 24.1	72.0 ± 9.3	82.3 ± 8.0
Men	Poor	2	119.5 ± 0.7	72.0 ± 1.4	88.5 ± 6.4

Abbreviation: systolic blood pressure (SBP), diastolic blood pressure (DBP), heart rate (HR).

In women, resting heart rate increased progressively with decreasing fitness level. Those with good fitness had a mean HR of (71.9 ± 6.6) bpm, rising to (81.9 ± 6.0) bpm in the average group and reaching (94.6 ± 4.7) bpm in the poor fitness group. A similar graded pattern was observed in men. HR increased from 63 bpm in the 'very good' category, to (67.6 ± 3.5) bpm in the 'good' group, to (82.3 ± 8.0) bpm in the 'average' group, and finally to 88.5 ± 6.4 bpm in the 'poor' fitness group.

In women, diastolic blood pressure increased gradually across declining fitness categories (66.6 ± 7.2 mmHg in the good category vs. 75.2 ± 3.6 mmHg in the poor category). SBP values remained relatively stable across fitness levels. In men, SBP values were generally higher than in women across most categories, with the highest mean SBP observed in the average fitness group (132.4 ± 24.1 mmHg). DBP values in men showed less consistent variation across fitness levels. Overall, better physical fitness was associated with lower resting heart rates, more stable blood pressure and greater cardiovascular efficiency.

A one-way ANOVA revealed a significant impact of physical fitness level on resting heart rate in both women ($F_{2,23} = 23.26$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.65$) and men ($F_{3,24} = 12.68$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.67$). The effect sizes were large, indicating that fitness level explained a substantial proportion of HR variability. Tukey's post hoc analysis confirmed significant differences between most fitness categories, indicating a graded increase in HR with worsening fitness.

Pearson's correlation analysis revealed a very strong positive association between the Ruffier index and resting heart rate in both women ($r = 0.88$, $p < 0.001$) and men ($r = 0.87$, $p < 0.001$). A moderate positive correlation was observed between the Ruffier Index and diastolic blood pressure in women ($r = 0.41$, $p = 0.030$), whereas no significant correlation was found in men. No significant association was observed between RI and SBP in either sex.

Linear regression analysis showed that the Ruffier Index significantly predicted resting heart rate ($\beta = 2.75$, $p < 0.001$), explaining 75.7% of its variance. In a multivariate model that included sex, RI remained a strong independent predictor of HR ($\beta = 2.70$, $p < 0.001$), with the overall model explaining 77.6% of HR variability.

The present study demonstrates a clear association between physical fitness levels, as assessed by the Ruffier Index, and resting cardiovascular parameters, particularly heart rate. In both women and men, lower fitness levels were associated with significantly higher resting heart rate values. The graded increase in HR observed across fitness categories, which was confirmed by both ANOVA and strong Pearson correlations, indicates that aerobic capacity is closely linked to autonomic cardiac regulation [Sloan et al., 2009; Claiborne et al., 2021].

The increase in resting HR with decreasing fitness likely reflects reduced parasympathetic (vagal) activity and diminished cardiac efficiency. Individuals with higher aerobic capacity typically exhibit enhanced vagal modulation, greater stroke volume and improved myocardial efficiency, resulting in a lower resting heart rate [Michael et al., 2017; Olivieri et al., 2024; Santos-de-Araújo et al., 2025]. The large effect sizes ($\eta^2 > 0.65$) suggest that fitness level accounts for a substantial proportion of HR variability, highlighting its physiological relevance [Damoun et al., 2024; Amekran and El Hangouche, 2024; Hannon et al., 2025].

In women, declining fitness was also associated with increased diastolic blood pressure (DBP), suggesting elevated peripheral vascular resistance in less fit individuals. This finding may indicate early vascular adaptations related to reduced physical activity, such as impaired endothelial function and altered autonomic balance [Sarma et al., 2020; Daniele et al., 2022; Ramis et al., 2022]. In contrast, men generally exhibited higher SBP values across categories, particularly in the average fitness group. These sex-related differences may reflect variations in body composition, arterial stiffness, hormonal status and sympathetic tone [Caraballo et al., 2022; Sultan, 2025; Álvarez-Gallardo et al., 2026].

Interestingly, SBP was not significantly correlated with the Ruffier Index in either sex, suggesting that resting systolic pressure may be less sensitive to moderate differences in aerobic fitness in a relatively young, healthy population [Maruf et al., 2012; Zlatkova et al., 2025]. In contrast, resting heart rate (HR) emerged as a highly sensitive marker of physical fitness and cardiovascular efficiency [Olshansky et al., 2023; Santos-de-Araújo et al., 2025].

Further regression analysis confirmed that the Ruffier Index is a strong independent predictor of resting heart rate (HR), even when sex is taken into account. This highlights the potential usefulness of simple, field-based fitness assessments for identifying individuals with less favourable autonomic and cardiovascular profiles [Alahmari et al., 2020; Trovato et al., 2023].

However, several limitations should be considered. Small sample sizes in certain subgroups (e.g. men with very good or poor fitness levels) may limit statistical power and generalisability. Additionally, the cross-sectional design precludes causal inference. Future studies with larger samples and longitudinal designs are needed to confirm these findings and explore the underlying mechanisms.

Conclusions. The Ruffier Index, which assesses physical fitness level, is strongly associated with resting heart rate in both women and men. Lower fitness levels are characterised by a significantly higher resting heart rate (HR), indicating reduced autonomic efficiency and diminished cardiovascular performance. In women, poorer fitness is also linked to higher diastolic blood pressure, which could suggest increased peripheral vascular resistance. Resting heart rate appears to be a sensitive and practical marker of aerobic fitness and cardiovascular regulation. Therefore, promoting regular physical activity could help to improve autonomic balance and achieve more favourable resting cardiovascular profiles.

Acknowledgements. The authors would like to express their sincere gratitude for the support provided through the CRASP and Elsevier scholarships for the increase of research potential of Ukrainian Ph.D. students and academics. Without this support, it would not have been possible to conduct the present research at the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk. We are deeply grateful for the opportunity to carry out this study in such a stimulating scientific environment, and for the institutional assistance which contributed significantly to the successful completion of this work.

References

1. Alahmari, K. A., Rengaramanujam, K., Reddy, R. S., Samuel, P. S., Kakaraparthi, V. N., Ahmad, I., & Tedla, J. S. (2020). Cardiorespiratory Fitness as a Correlate of Cardiovascular, Anthropometric, and Physical Risk Factors: Using the Ruffier Test as a Template. *Canadian respiratory journal*, 2020, 3407345. https://doi.org/10.1155/2020/3407345.
2. Álvarez-Gallardo, E., Calderón García, A., Ramírez-Goercke, M. I., Belinchón-deMiguel, P., & Clemente-Suárez, V. J. (2026). Gender Differences in Autonomic Stress Status and Body Fat Percentage Among Teachers. *Physiologia*, 6(1), 10. https://doi.org/10.3390/physiologia6010010.
3. Amekran, Y., & El Hangouche, A. J. (2024). Effects of Exercise Training on Heart Rate Variability in Healthy Adults: A Systematic Review and Meta-analysis of Randomized Controlled Trials. *Cureus*, 16(6), e62465. https://doi.org/10.7759/cureus.62465.
4. Caraballo, C., Mahajan, S., Gu, J., Lu, Y., Spatz, E. S., Dreyer, R. P., Zhang, M., Sun, N., Ren, Y., Zheng, X., Zhao, H., Lu, H., Ma, Z. J., & Krumholz, H. M. (2022). Hemodynamic differences between women and men with elevated blood pressure in China: A non-invasive assessment of 45,082 adults using impedance cardiography. *PloS one*, 17(6), e0269777. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0269777.
5. Claiborne, A., Alessio, H., Slattery, E., Hughes, M., Barth, E., & Cox, R. (2021). Heart Rate Variability Reflects Similar Cardiac Autonomic Function in Explosive and Aerobically Trained Athletes. *International journal of environmental research and public health*, 18(20), 10669. https://doi.org/10.3390/ijerph182010669.
6. Damoun, N., Amekran, Y., Taiek, N., & Hangouche, A. J. E. (2024). Heart rate variability measurement and influencing factors: Towards the standardization of methodology. *Global cardiology science & practice*, 2024(4), e202435. https://doi.org/10.21542/gcsp.2024.35.
7. Daniele, A., Lucas, S. J. E., & Rendeiro, C. (2022). Detrimental effects of physical inactivity on peripheral and brain vasculature in humans: Insights into mechanisms, long-term health consequences and protective strategies. *Frontiers in physiology*, 13, 998380. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.998380.
8. Dou L. (2026). The impact of aerobic exercise on cardiopulmonary function: A bibliometric and visualization analysis. *Medicine*, 105(6), e47549. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000047549.
9. Ehrenwald, M., Wasserman, A., Shenhar-Tsarfaty, S., Zeltser, D., Friedensohn, L., Shapira, I., Berliner, S., & Rogowski, O. (2019). Exercise capacity and body mass index - important predictors of change in resting heart rate. *BMC cardiovascular disorders*, 19(1), 307. https://doi.org/10.1186/s12872-019-01286-2.
10. Franklin, B. A., Eijsvogels, T. M. H., Pandey, A., Quindry, J., & Toth, P. P. (2022). Physical activity, cardiorespiratory fitness, and cardiovascular health: A clinical practice statement of the American Society for Preventive Cardiology Part II: Physical activity, cardiorespiratory fitness, minimum and goal intensities for exercise training, prescriptive methods, and special patient populations. *American*

journal of preventive cardiology, 12, 100425. https://doi.org/10.1016/j.ajpc.2022.100425.
11. Hannon, J., O'Hagan, A., Lambe, R., O'Grady, B., & Doherty, C. (2025). Associations Between Daily Heart Rate Variability and Self-Reported Wellness: A 14-Day Observational Study in Healthy Adults. *Sensors*, 25(14), 4415. https://doi.org/10.3390/s25144415.
12. Jastrzębska A. (2010). *Testy fizjologiczne w ocenie wydolności fizycznej*. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa.
13. Lindgren, M., Robertson, J., Adiels, M., Schaufelberger, M., Åberg, M., Torén, K., Waern, M., Åberg, N. D., & Rosengren, A. (2020). Elevated resting heart rate in adolescent men and risk of heart failure and cardiomyopathy. *ESC heart failure*, 7(3), 1178–1185. https://doi.org/10.1002/ehf2.12726.
14. Maruf, F. A., Ogochukwu, U. N., Dim, P. A., & Alada, A. R. (2012). Absence of sex differences in systolic blood pressure and heart rate responses to exercise in healthy young adults. *Nigerian journal of physiological sciences: official publication of the Physiological Society of Nigeria*, 27(1), 95–100.
15. Michael, S., Graham, K. S., & Davis, G. M., Oam (2017). Cardiac Autonomic Responses during Exercise and Post-exercise Recovery Using Heart Rate Variability and Systolic Time Intervals-A Review. *Frontiers in physiology*, 8, 301. https://doi.org/10.3389/fphys.2017.00301.
16. Nystoriak, M. A., & Bhatnagar, A. (2018). Cardiovascular Effects and Benefits of Exercise. *Frontiers in cardiovascular medicine*, 5, 135. https://doi.org/10.3389/fcvm.2018.00135.
17. Olivieri, F., Biscetti, L., Pimpini, L., Pelliccioni, G., Sabbatinelli, J., & Giunta, S. (2024). Heart rate variability and autonomic nervous system imbalance: Potential biomarkers and detectable hallmarks of aging and inflammaging. *Ageing research reviews*, 101, 102521. https://doi.org/10.1016/j.arr.2024.102521.
18. Olshansky, B., Ricci, F., & Fedorowski, A. (2023). Importance of resting heart rate. *Trends in cardiovascular medicine*, 33(8), 502–515. https://doi.org/10.1016/j.tcm.2022.05.006.
19. Ramis, T. R., Boeno, F. P., Leal-Menezes, R., Munhoz, S. V., Farinha, J. B., Ribeiro, J. L., & Reischak-Oliveira, A. (2022). Effects of exercise modalities on decreased blood pressure in patients with hypertension. *Frontiers in physiology*, 13, 993258. https://doi.org/10.3389/fphys.2022.993258.
20. Santos-de-Araújo, A. D., Bassi-Dibai, D., Serrão Júnior, N. F., de Oliveira Garcia, B. R., Marinho, R. S., Ricci, P. A., Phillips, S. A., & Borghi-Silva, A. (2025). Resting heart rate variability as a predictor of exercise response in mild post-COVID: insights from a six-minute step test. *Biomedical engineering online*, 25(1), 10. https://doi.org/10.1186/s12938-025-01499-x.
21. Sarma, S., Howden, E., Carrick-Ranson, G., Lawley, J., Hearon, C., Samels, M., Everding, B., Livingston, S., Adams-Huet, B., Palmer, M. D., & Levine, B. D. (2020). Elevated exercise blood pressure in middle-aged women is associated with altered left ventricular and vascular stiffness. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 128(5), 1123–1129. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00458.2019.

22. Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S., Slavov, I., Fang, Y., & Myers, M. M. (2009). The effect of aerobic training and cardiac autonomic regulation in young adults. *American journal of public health*, 99(5), 921–928. https://doi.org/10.2105/AJPH.2007.133165.
23. Sloan, R. P., Shapiro, P. A., DeMeersman, R. E., Bagiella, E., Brondolo, E. N., McKinley, P. S., Crowley, O., Zhao, Y., Schwartz, J. E., & Myers, M. M. (2011). Impact of aerobic training on cardiovascular reactivity to and recovery from challenge. *Psychosomatic medicine*, 73(2), 134–141. https://doi.org/10.1097/PSY.0b013e31820a1174.
24. Sultan S. R. (2025). Gender differences in aortic blood pressure, arterial stiffness, and cerebral blood flow in healthy adults: A STROBE-compliant cross-sectional observational study. *Medicine*, 104(23), e42717. https://doi.org/10.1097/MD.0000000000042717.
25. Trovato, B., Roggio, F., Petrigna, L., & Musumeci, G. (2023). Modified Isoinertial-Based Ruffier Test in Healthy Individuals: A Feasibility Study. *Journal of functional morphology and kinesiology*, 8(2), 36. https://doi.org/10.3390/jfmk8020036.
26. Wichitsranoi, J., Ladawan, S., Sirijaichingkul, S., Settasatian, N., & Leelayuwat, N. (2015). Relationship between aerobic capacity and cardiovascular disease risk factors in Thai men and women with normolipidemia and dyslipidemia. *Journal of physical therapy science*, 27(11), 3503–3509. https://doi.org/10.1589/jpts.27.3503.
27. Zlatkova, K., Zlatkov, Y., & Kostova, R. (2025). Cardiopulmonary Reactivity in Bulgarian National Taekwon-Do Team Athletes. *International journal of sports physical therapy*, 20(12), 1743–1751. https://doi.org/10.26603/001c.147051.

A Tiszaújlak környezetében élő lepkefajok felmérő vizsgálata

Barta Henrietta, Zselicki István, Kolozsvári István
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
barta.henrietta.b22km@kmf.org.ua, kolozsvari.istvan@kmf.org.ua

Bevezetés – A biológiai sokféleség megőrzése napjaink egyik legégetőbb természetvédelmi kihívása. A *Lepidoptera* rend fajai jelentős szerepet játszanak az ökoszisztémában, mivel pollinátorokként elengedhetetlenül hozzájárulnak a növények szaporodásához, lombfogyasztóként pedig erdészeti és mezőgazdasági kártételük is figyelemre méltó lehet. Ugyanakkor az élőhelyek állapotában bekövetkező változások kiváló indikátorai is egyben. A különböző lepkefajok állományfelmérése mind természetvédelmi, mind gazdasági szempontból kiemelten fontos. Az antropogén hátterű környezettranszformáló folyamatok Kárpátalján is éreztetik hatásaikat. Ezek a folyamatok az egyes fajok egyedszámának csökkenésében, esetenkénti növekedésében, vagy a területen korábban nem jellemző új fajok szétterjedésében mutatkoznak meg. A lepkék általában adott tápnövényhez vagy növénycsoportokhoz kötődően fejlődnek, így a mezőgazdálkodás, az erdőgazdálkodás és az alkalmazott növényvédő szerek (inszekticidek) is jelentős hatással lehetnek a populációk minőségi és mennyiségi viszonyaira. Kutatásunk célja, hogy választ kapjunk arra, milyen lepkefajok fordulnak elő Tiszaújlak területén, és az itt élő populációk diverzitási mutatói miként viszonyulnak a Kárpátaljai-alföld más régióiban korábban folytatott lepkekutatások eredményeihez.

Irodalmi áttekintés és a terület jellemzése – Kárpátalja Ukrajna nyugati részén fekszik. Az Aliszov-féle osztályozási rendszer Kárpátalját a mérsékelt öv mérsékelten kontinentális éghajlati területébe sorolja, ami azt jelenti, hogy a tengeri és szárazföldi légtömegek váltakozása jellemzi az évet (Molnár, 2009). A Kárpátok védelme ellenére télen sarkvidéki, nyáron pedig olykor trópusi (szaharai) légtömegek is elérhetik a térséget (Molnár, 2009). A vizsgálati helyszín, Tiszaújlak, városi típusú település a Beregszászi járásban, közel a magyar-ukrán határhoz. A Tisza jobb partján elterülő, nagyrészt mezőgazdasági művelés alatt álló települést nyugatról Magyarország, északról Tiszakeresztúr, délről Tiszabökény, keletről Tiszaújhely határolja. Tágabb környezetében a kárpáti vulkáni vonulat részei húzódnak, melyek mikroklímát befolyásoló hatással bírnak. A terület folyóparti hullámtere természetvédelmi oltalom alatt áll.

A tágabb régió lepkefaunáját a korábbiakban többen is kutatták, köztük Geryak (2010, 2012, 2021), Popov (2004), Lyashenko (2009), Szanyi, Nagy és Varga (2015, 2018), Kanarskyi, Geryak és Lyashenko (2011), Matsiakh és Kramarets (2020), valamint Vass és munkatársai (2023). A Beregszászi járás modern kori lepkefaunája tekintetében elsősorban Vass és munkatársai (2023) kutatásai irányadók, akik

kimutatták, hogy a területen a *Noctuidae* (bagolylepkék) és a *Geometridae* (araszolók) családok dominálnak. Annak ellenére, hogy Kárpátalja lepidopterológiai szempontból jól kutatott, Tiszaújlak lokális lepkefaunája eddig fehér foltnak számított.

Anyag és módszertan – Terepi adatgyűjtésünket 2023 ősze és 2026 tavasza között végeztük Tiszaújlak térségében, két eltérő módszert alkalmazva az éjszakai és nappali aktivitású fajok elkülönített felmérésére.

Az éjszakai mintavételezést egy háztáji konyhakertben (koordináták: 48,11025°É, 22,84165°K) végeztük. A növényzetet többek között nagy útifű (*Plantago major*), nagy csalán (*Urtica dioica*), árvacsalán (*Lamium*), vadszeder (*Rubus fruticosus*), lórom (*Rumex*), gyermekláncfű (*Taraxacum officinale*), réti boglárka (*Ranunculus acris*), nagy bojtorján (*Arctium lappa*), közönséges orgona (*Syringa vulgaris*) és különféle gyümölcsfák alkották. A gyűjtéshez egy saját készítésű, Jermy-rendszerű fénycsapdát alkalmaztunk, amely egy szürke szigetelőszalaggal bevont ötliteres kannából készült, kétoldalt kivágott beömlőnyílásokkal és a kupakhoz rögzített gyűjtőüveggel. A fényforrás egy 15 V teljesítményű égő volt. A csapdát 170 cm magasságban rögzítettük. Az ölőanyag 96%-os etil-alkohollal átitatott vatta volt. A csapda este 20:00 és reggel 06:00 (CET) között üzemelt, kivéve csapadékos időjárás esetén.

A nappali aktivitású fajok megfigyelésére és hálós befogására kvadrát módszert alkalmaztunk, amelyhez három, egyenként 200 m²-es mintavételi helyszínt jelöltünk ki. A gyűjtéseket napsütéses időben, a déli és kora délutáni órákban végeztük hagyományos lepkehálóval. A védett fajokat megfigyelés után elengedtük, a többit etil-alkoholos ölőüvegben rögzítettük és fagyasztva tároltuk a meghatározásig.

A vizsgálati területek:

- **1. Gyűjtési terület (legelő)** (48°06'15"N, 22°52'36"E): Jellemző növényei a nagy útifű (*Plantago major*), vadmurok (*Daucus carota*), egynyári seprence (*Erigeron annuus*), mezei katáng (*Cichorium intybus*), havasi iringó (*Eryngium alpinum*), selyemkóró (*Asclepias syriaca*) és a fehér akác (*Robinia pseudoacacia*).
- **2. Gyűjtési terület (szántóföld szegélye)** (48°06'22"N, 22°51'05"E): szarvaskerep (*Lotus corniculatus*), réti here (*Trifolium pratense*), takarmánylucerna (*Medicago sativa*) és lándzsás útifű (*Plantago lanceolata*) jellemezte.
- **3. Gyűjtési terület (felhagyott hullámtéri gyümölcsös és szántó szegély)** (48°06'10"N, 22°51'14"E): réti füzény (*Lythrum salicaria*), farkasalma (*Aristolochia clematitis*), szagosbükköny (*Lathyrus odoratus*) és a közönséges orbáncfű (*Hypericum perforatum*).

Az adatokat PAST (Paleontological Statistics) szoftverkörnyezetben elemeztük (Hammer, Harper, & Ryan, 2001). Az ökológiai állapot felmérésére számos diverzitásindexet (Shannon, Simpson, Brillouin, Margalef, Menhinick, Fisher-alpha, Chao-1), az élőhelyek elkülönítésére főkomponens-analízist (PCA), a strukturális

hasonlóságok feltárására pedig Bray-Curtis-féle hierarchikus klaszteranalízist alkalmaztunk.

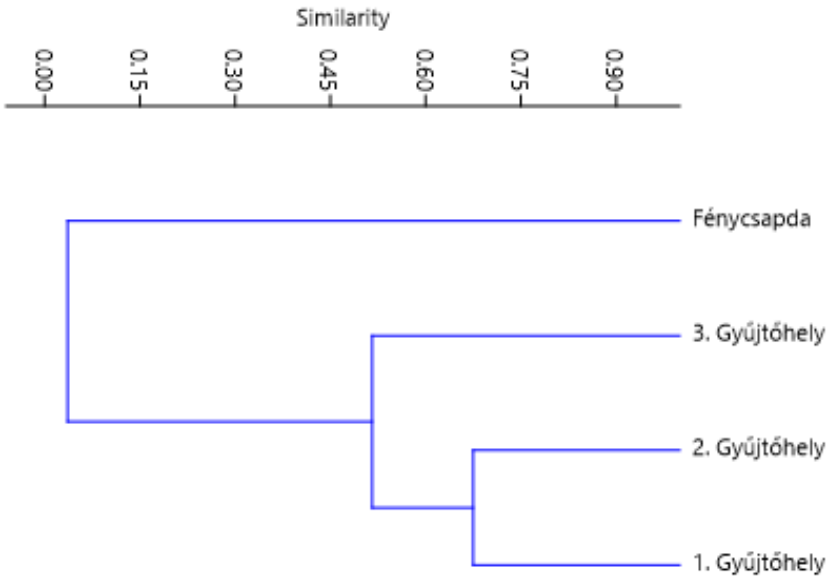
Eredmények és értékelésük – Kutatásunk során a négy helyszínen együttesen 121 lepkefajt detektáltunk. Az éjszakai fénycsapdás mintákból 14 lepkecsaládot határoztunk meg. A fajok és egyedszámok abszolút többségét a *Noctuidae* (bagolylepkék, 55 egyed), az *Arctiidae* (medvelepkék, 21 egyed) és a *Geometridae* (araszolók, 23 egyed) adták. A maradék 11 családot csupán 1-4 példány képviselte. Ez rávilágít arra, hogy a konyhakerti éjszakai lepkeközösséget markánsan a bagolylepkék dominálják.

A diverzitási mutatók a következőképpen alakultak a mintavételi helyek között: A fajszám (S) és az egyedszám (N) esetében a fénycsapda (S=65, N=126) jelentősen felülmúlta a nappali megfigyelési helyszíneket. A nappali helyszínek közül a legelő (1. gyűjtőhely) mutatta a legnagyobb fajgazdagságot (S=22, N=42), a 2. gyűjtőhelyen 19 faj (N=41), míg a 3. gyűjtőhelyen 15 faj (N=40) került elő. A fajgazdagságot hangsúlyozó Margalef-index szintén a fénycsapda kiugró diverzitását (13,23) mutatta a nappali területekhez (3,795 - 5,618) képest. A Shannon-diverzitás (H) megerősítette ezt a tendenciát: a legmagasabb a fénycsapdánál (3,83), majd sorrendben az 1. (2,891), 2. (2,674) és 3. (2,567) gyűjtőhely következik. A nem véletlenszerű mintákra érzékeny Brillouin-index (fénycsapda: 3,251; 1. hely: 2,325) és a dominancia értékek (fénycsapda: 0,032; nappali területek: 0,066 - 0,088) is alátámasztják a rendkívül magas éjszakai ökológiai stabilitást. A Simpson-index értéke minden területen 0,9 felett volt, jelezve, hogy két véletlenszerűen kiválasztott egyed nagy eséllyel más fajba tartozik. Érdekesség a Chao-1 index becslése, amely a fénycsapda esetén 188,8 faj jelenlétét prognosztizálja a ténylegesen gyűjtött 65 fajjal szemben. Ez azt bizonyítja, hogy a konyhakerti élőhely potenciális éjszakai fajkészlete a mintavételnél nagyságrendekkel kiterjedtebb lehet.

A vizsgált területek közötti faunisztikai kapcsolatrendszert a PAST szoftverrel elvégzett ordinációs módszerekkel vizsgáltuk (Hammer et al., 2001). A főkomponens-analízis (PCA) első tengelye (PC 1) rendkívül éles szegregációt mutatott a nappali és az éjszakai lepkeközösségek között. A negatív tartományban a fénycsapdás fajok helyezkedtek el, melynek fő indikátorai a *Phragmatobia fuliginosa* (PC1: -10,203), a *Spilosoma lubricipeda* (PC1: -5,163) és az *Agrotis* fajok voltak. A második tengely (PC 2) a nappali gyűjtőhelyek közötti varianciát mutatta meg: a pozitív tartományban elkülönült az 1. és a 2. gyűjtőhely (mezőgazdasági hatásnak kitett területek), amelyeket a *Hyphonephele lycaon* (PC2: 7,936), a *Pieris ergane* és a *Polyommatus icarus* dominanciája jelzett. Ezzel szemben a *Vanessa atlanta* vagy az *Inachis io* generalista elterjedést mutattak az ordinációs térben.

A Bray-Curtis hasonlósági index alapján végzett hierarchikus klaszteranalízis dendrogramja (Cophen. corr.: 0,9866) szintén megerősítette a megfigyeléseket. Két fő

ág rajzolódott ki: a fénycsapdás éjszakai közösség teljesen elkülönült, míg a három nappali terület egy közös klasztert alkotott. Ezen belül a legelő (1. gyűjtőhely) és a szántó szegély (2. gyűjtőhely) mutatta a legnagyobb, mintegy 65%-os faunisztikai hasonlóságot, ami a hasonló vegetációszerkezettel és ökológiai niche-kínálattal magyarázható.



1. ábra. A hierarchikus klaszteranalízist (Bray-Curtis hasonlósági index) dendrogramja

Összegzés – Eredményeink igazolják, hogy a település és a környező antropogén hatás alatt álló (konyhakerti, szántóföldi, felhagyott gyümölcsös) élőhelyek stabil és diverz lepkeközösségeknek adnak otthont. Míg az éjszakai faunát a bagolylepkék (*Noctuidae*) kiemelkedő diverzitása és rejtett fajgazdagsága (Chao-1 index: 188,8) jellemzi, addig a nappali területek közül a növénytanilag legváltozatosabb legelő (1. gyűjtőhely) bizonyult a legideálisabb élőhelynek.

Kutatásunk kiemelkedő természetvédelmi eredménye, hogy a térségben több védett faj is előkerült. Sikerült azonosítani Ukrajna Vörös Könyvében is szereplő fajokat, többek között a fecskefarkú lepkét (*Papilio machaon*) és a kardfarkú lepkét (*Iphiclides podalirius*). Továbbá megtaláltuk a Natura 2000 hálózat közösségi jelentőségű faját, a nagy tűzlepkét (*Lycaena dispar rutilus*) is.

A mezőgazdasági kártevő lepkefajok jelen voltak ugyan (pl. *Agrotis segetum*, *Operophtera brumata*), de nem mutattak tömeges jelenlétet. A védett fajok jelenléte és az alacsony kártevőnyomás együttesen bizonyítják a Tiszamelléki Regionális Tájvédelmi Park ökológiai folyosóként betöltött szerepét és a természetközeli gyepek fenntartásának hosszú távú fontosságát a Kárpátaljai-alföldön.

Irodalomjegyzék

Geryak, Y. (2010). The Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of the Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of the Uzhgorod University (Series Biology)*, *29*, 126–139.

Geryak, Y. (2012). New and little known species of the Noctuoidea (Lepidoptera, Insecta) for Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of the Uzhgorod University (Series Biology)*, *33*, 105–119.

Geryak, Y. (2021). *Ecological complexes of Noctuoid moths (Lepidoptera, Noctuoidea) of the Ukrainian Carpathians* [Kandidátusi értekezés, State Museum of Natural History, National Academy of Science of Ukraine]. Lviv.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, *4*(1), 1–9.

Kanarskyi, Y., Geryak, Y., & Lyashenko, E. (2011). Ecogeographic structure of the moth fauna (Lepidoptera, Drepanoidea, Bombycoidea, Noctuoidea) in upper Tisa river basin and adjacent areas (Ukraine). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, *11*, 143–168.

Lyashenko, E. K. (2009). Species composition, abundance and hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) habitat distribution of Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of the Uzhgorod University (Series Biology)*, *25*, 167–170.

Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2020). Invasive phyllophagous insects in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, *20*, 11–25.

Mészáros, Z., & Szabóky, Cs. (2005). *A magyarországi molylepkék gyakorlati albuma* [Növényvédelem különszám]. Környezetbarát Növényvédelemért Alapítvány.

Molnár, J. (2009). Természeti környezet. In B. Baranyi (Szerk.), *Kárpátalja* (pp. 123–129). Dialóg Campus Kiadó.

Popov, S. (2004). Butterfly Species (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Need Protection in the Zakarpatska province. *Scientific Bulletin of the Uzhgorod University (Series Biology)*, *15*, 98–101.

Szanyi, Sz., Nagy, A., & Varga, Z. (2015). Butterfly assemblages in fragmented meadow habitats of the Pre-Carpathian lowland (Bereg plain, SW Ukraine). *Applied Ecology and Environmental Research*, *13*(3), 615–626. https://doi.org/10.15666/aeer/1303_615626

Szanyi, Sz., Nagy, A., & Varga, Z. (2018). Diversity and concordance in the composition of butterfly assemblages of the Transcarpathian (Bereg) plain (SW Ukraine). *Biologia*, *73*, 951–964. https://doi.org/10.2478/s11756-017-0139-1

Vass, G., Hadnagy, I., Kohut, E., & Kolozsvári, I. (2023). Experience from a light trap Lepidoptera survey in a populated settlement: effects of meteorological factors and changes in lunar phases. *Geo&Bio*, *25*, 121–133. https://doi.org/10.53452/gb2509

A termesztési technológia és a genotípus hatása az orvosi kamilla *(Matricaria chamomilla* L.) drogprodukciójára

Biró Renáta, Demjén Zsolt, Dr. Pólin Irén
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
Beregszász, Ukrajna
biro.renata.b20bi@kmf.org.ua, polin.iren@kmf.org.ua

A gyógynövények az emberiség számára kiemelt jelentőségű növényi erőforrások, amelyek a gyógyászati alapanyag-előállításban, a fitoterápiában és a feldolgozóiparban is meghatározó szerepet töltenek be. Termesztésük jelentősége az utóbbi évtizedekben felértékelődött, mivel az ipari igények kielégítéséhez homogén minőségű, ellenőrizhető hatóanyag-tartalmú alapanyagra van szükség. Kárpátalja kedvező agroökológiai adottságai támogatják a gazdag gyógynövényflóra fennmaradását, melyek közül az orvosi székfű (*Matricaria chamomilla* L.) sokoldalú gyógyhatása és ipari jelentősége miatt az egyik legismertebb faj. Jelen kutatás Fertősalmás talaj- és klímaadottságai között vizsgálja a különböző vetésidők és fajták hatását a produkcióra.

A sikeres termesztés alapfeltétele a megfelelő termőtalaj, melynek adottságait laboratóriumi vizsgálatokkal támasztottuk alá. Az eredmények alapján a kísérleti terület talaja semleges kémhatású, homokos vályog textúrájú, amely bár alacsony nitrogénszinttel rendelkezik, kifejezetten gazdag humuszban és oldható foszforban. Ez a talajösszetétel ideális a kamilla számára, mivel a növény a szélsőségesen laza vagy erősen meszes földek kivételével szinte mindenütt jól fejlődik.

A kutatás módszertana parcellás szabadföldi kísérleteken alapult. A fajtaösszehasonlító vizsgálatok első szakasza 2023. március 25-én vette kezdetét, azonban ebben a periódusban az ukrán származású génállomány csírázása meghiúsult, így az elemzés a magyar köztermesztésű és a német „Bodegold” fajtákra korlátozódott. A kutatást a teljes összehasonlítás érdekében 2024-2025 során folytattuk egy újabb ukrán populáció bevonásával, őszi és tavaszi vetéstechnológiát alkalmazva. Tekintettel arra, hogy a magyar és a német állományok korábban tavaszi vetésből származtak, a fajták közötti végleges, releváns összehasonlító elemzést a tavaszi vetésű ukrán minta adatainak felhasználásával végeztük el.

A kísérlet során párhuzamosan monitoroztuk az növényállományok életmenetét, morfológiai fejlődését, majd a betakarítást követően Clevenger-készülékes vízdesztillációval határoztuk meg a virágzatok illóolaj-tartalmát.

Az eredmények rávilágítottak arra, hogy a vetési időpont megválasztása döntő befolyást gyakorolt a hozamokra. Az őszi vetéstechnológia jelentős fölényt mutatott, összesen 3667 g nyers tömeget produkált, ami szárítás után 809 g száraz drogot eredményezett. Ezzel szemben a tavaszi vetés szerényebb mutatókkal zárt, 2888 g nyers és 651 g száraz hozamot produkálva. Az illóolaj-felhalmozódás tekintetében is az őszi vetés bizonyult hatékonyabbnak, 0,885 ml/100 g-os átlagos tartalmával felülmúlva a tavaszi állomány 0,750 ml/100 g-os eredményét.

A fajta-összehasonlító vizsgálatok során minőségi szempontból a magyar genotípus nyújtotta a legkiemelkedőbb teljesítményt, kimagasló, 1,06 ml/100 g-os illóolaj-koncentrációja, ami az összes vizsgált minta felett állt. Ugyanakkor

mennyiségi oldalon a magyar állomány már alulmaradt az ukrán genotípus robusztus produkciójával szemben, mivel a 2623 g-os nyers és 430 g-os száraz drogtömege szignifikánsan elmaradt az ukrán fajta kimagasló hozamától. A német „Bodegold” 2734 g nyers, illetve 486 g száraz drogtömeget eredményezett, 0,958 ml/100 g-os illóolajtartalommal. Ez a fajta elsősorban robusztus morfológiai felépítésével tűnt ki, felülmúlva a másik két genotípust.

Az elemzések alapján kijelenthető, hogy az őszi vetés előnyösebb a tavaszinál. Az őszi technológia nemcsak jelentősen nagyobb mennyiségű drogot eredményezett, hanem annak hatóanyag-koncentrációja is magasabb volt, így a kitermelés maximalizálása érdekében ez a módszer javasolható.

A fajtaválasztás gazdasági hatékonyságát elemezve megállapítható, hogy bár a magyar genotípus relatív illóolaj-tartalma magasabb volt, az ukrán fajta kiemelkedő virágprodukciója végül nagyobb összhozamot eredményezett. Ha az egységnyi területről kinyerhető összes illóolaj abszolút mennyiségét tekintjük, az ukrán fajta jelentősebb biomassza-termelése képes volt kompenzálni az alacsonyabb olajkoncentrációt, így a kitermelés maximalizálása szempontjából ez a genotípus bizonyult eredményesebbnek. Dísznövényként a „Bodegold” fajta választása célszerű.

Kulcsszavak: orvosi székfű, termesztéstechnológia, vetésidő, illóolaj-tartalom, genotípus-összehasonlítás.

Digitális kompetenciák fejlesztése az 5-6. osztályban természettudományos oktatás keretén belül

Borgátó Jázmin Szofia, Molnár Krisztina
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
borgato.jazmin.szofia.b23km@kmf.org.ua, molnar.krisztina@kmf.org.ua

A digitális technológiák rohamos terjedése alapvetően megváltoztatta az oktatás lehetőségeit és kihívásait. A mai generáció, amelyet gyakran digitális bennszülötteknek nevezünk (Prensky, 2001), más tanulási stílussal és információfeldolgozási szokásokkal rendelkezik, mint az előző generációk. Prensky (2001) kutatásai szerint a digitális korban felnövő gyerekek hipertext elmével rendelkeznek, vagyis az információkat nem lineárisan, hanem több irányban, párhuzamosan dolgozzák fel.

Kutatásunk az 5-6. osztályos természettudományos oktatáshoz készített digitális segédanyagok fejlesztésére és a digitális kompetenciák fejlesztésére fókuszál. Az Új Ukrán Iskola (НУШ) kompetencia-alapú keretrendszerének bevezetése különösen időszerűvé teszi ezt a kutatást, hiszen a magyar nyelvű didaktikai anyagok jelentős hiánya akadályozza a hatékony oktatást.

A fejlesztés során interaktív digitális tananyagokat hoztunk létre (Genially, Wordwall, LearningApps platformokon), amelyek játékos feladatokat, gyakorlati munkákat és vizuális elemeket tartalmaznak. Eredményeink azt mutatják, hogy ezek a segédanyagok nemcsak a természettudományos ismeretek elsajátítását segítik, hanem egyidejűleg fejlesztik a diákok digitális kompetenciáit is, így kettős célt szolgálnak az oktatásban.

A digitális kompetencia az Európai Unió által meghatározott 8 kulcskompetencia (Európai Parlament és a Tanács, 2018) egyike, amely magában foglalja a digitális technológiák magabiztos, kritikus és felelősségteljes használatát a tanulás, munka és társadalmi részvétel során. Pšenáková (2010) meghatározása szerint a digitális tananyag elektronikus formátumban tárolt adatok halmaza, amely alkalmas tudás átadására, és pedagógiai elvekre épül. Az 5-6. osztályos korosztálynál ez különösen fontos, mivel ebben az életkorban alakulnak ki azok az alapvető készségek és attitűdök, amelyek később a digitális írástudás alapját képezik.

A digitális kompetencia fejlesztése természettudományos kontextusban fontos, mivel a természettudományos jelenségek vizualizációja motiváló hatású a tanulók számára (Kubinger-P., 2011). Az interaktív elemek lehetővé teszik a kísérletezést és a felfedezést. A gamifikáció természetes módon ösztönzi a tanulást. A digitális eszközök használata közben a tanulók gyakorolják az információkeresést, a kritikus gondolkodást és a problémamegoldást.

A kutatás célcsoportja az általános iskolák 5-6. osztályos tanulói, azon belül a *Megismerem a természetet* című tantárgy biológia gyakorlati- és labormunkái. A tantárgy az Új Ukrán Oktatási program alapján lett összeállítva, és spirális elv alapján épül fel: a témák egymásra épülnek, és egy-egy témára többször is visszatérnek mélyebb ismereteket átadva (Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma, 2021). A kutatás során a Bida és munkatársai (2022, 2023) által összeállított 5. és 6. osztályos tankönyveket vettük alapul, amelyek a kárpátaljai magyar iskolákban is használatban vannak.

A tantárgy által fejlesztett kompetenciák közé tartozik a természettudományos kompetencia (a természettudományos gondolkodás kialakítása), anyanyelvi kompetencia (szókincs bővítése, fogalmazóképesség fejlesztése), matematikai kompetencia (összehasonlítás, mérés, adatgyűjtés, elemzés), innovativitás (önálló gondolkodás, kreativitás, önfejlesztés), környezettudatosság (természeti értékek megóvása és megbecsülése).

A digitális segédanyagok elkészítéséhez három fő platformot használtunk:

1.Genially (https://app.genially.com/) – interaktív prezentációk és algoritmusok létrehozására;

2.Wordwall (https://wordwall.net/) – játékos feladatok és kvízek készítésére;

3.LearningApps (https://learningapps.org/) – interaktív gyakorlatok és feladatok létrehozására;

A platformválasztás során több szempontot is figyelembe vettünk. Fontos volt, hogy az eszközök ingyenesen vagy legalább korlátozott ingyenes verzióban elérhetők legyenek, hiszen ez a pedagógusok számára alapvető feltétel. Emellett előnyt jelentett a magyar nyelvű felület, mivel ez mind a tanárok, mind a diákok számára megkönnyíti a használatot. Szempont volt az is, hogy a platformok egyszerűen kezelhetők legyenek, különösebb technikai előképzettség nélkül is. Mivel sok tanuló elsősorban okostelefonnal fér hozzá az internetes tartalmakhoz, a mobilbarát megjelenítés szintén szempont volt. A választott eszközöknek támogatniuk kellett a multimédiás tartalmakat – képeket, videókat és hanganyagokat –, hogy valóban gazdag, interaktív tananyagokat lehessen velük létrehozni.

A létrehozott digitális segédanyagok használata során a tanulóknál az információkezelés és digitális írástudás (a digitális platformok navigálása, QR-kódok használata, online tartalmak elérése), kommunikáció és együttműködés (interaktív feladatok megoldása, visszajelzések értelmezése), digitális tartalmak létrehozása (megfigyelési naplók vezetése, digitális eszközökkel való dokumentálás) kompetenciák fejleszthetőek.

Az általunk létrehozott segédanyagok, 5. – 6. osztály:

1. Különböző növénycsoportok képviselőinek meghatározása

Program: genially

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális;

2. Növényi sejt tanulmányozása

Program: Learning Apps

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális, anyanyelvi;

3. A növények, gombák és állatok sajátosságaik alapján összehasonlítása

Program: Wordwall

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális, anyanyelvi, önnáló tanulás;



4. Milyen titkot rejt a mag?

Program: Wordwall

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális, anyanyelvi, önnáló tanulás;



5. Lakhelyed állatainak azonosítása külső felépítésük alapján és annak leírása a modellnek megfelelően

Program: Wordwall

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális, anyanyelvi, önnáló tanulás;



6. Virágos óra az udvaron

Program: genially

Kompetenciafejlesztés: természettudományos, digitális, anyanyelvi, önnáló tanulás, szociális és állampolgári;



A *Hogyan alkalmazkodnak az elolények a kornyezet periodikus valtozasaihoz* című téma keretében egy komplex, digitálisan támogatott terepi gyakorlatot dolgoztunk ki, melyet megis valósítottunk a 2024/25 tanévben a Tiszabökényi Gimnáziumban. A gyakorlat során a tanulók digitális prezentáció segítségével ismerkednek meg a bioritmusok fogalmával és Linné virágórájának történetével. Interaktiv jatekos feladatokat oldanak meg a tananyag elmelyitesere (Ki vagyok en? találós kérdések). Gyakorlati munkát végeznek: virágokat ültetnek az iskola udvarán. Megfigyelési naplót vezetnek, amelyet digitális eszközökkel is dokumentálhatnak.

Ez a módszer ötvözi a digitális és a hagyományos tanulást, miközben több kulcskompetenciát fejleszt egyidejűleg: természettudományos, anyanyelvi, digitális, szociális és állampolgári kompetenciát, valamint a tanulás tanulását. A digitális kompetenciák fejlesztése természettudományos kontextusban különösen hatékony. A tanulók természetes közegükben, a digitális térben találkoznak a tananyaggal. Az interaktív elemek növelik a motivációt és a tanulási időt. A gamifikáció természetessé teszi a tanulást, a diákok észrevétlenül fejlődnek. Egyidejűleg fejlődik a természettudományos és a digitális kompetencia is.

A digitális segédanyagok használata nem helyettesíti, hanem kiegészíti a hagyományos oktatást. Fontos, hogy a pedagógusok fokozatosan vezessék be a digitális elemeket a tanórákba. Válasszanak az életkornak megfelelő platformokat és feladatokat. Ötvözzék a digitális és a hagyományos módszereket (például terepi munka során).

A digitális kompetenciák fejlesztése nem választható opció, hanem alapvető szükséglet a 21. századi oktatásban. A természettudományos tantárgyak kiváló lehetőséget kínálnak arra, hogy ezeket a kompetenciákat autentikus, értelmes kontextusban fejlesszük. A létrehozott segédanyagok azt mutatják, hogy a digitális eszközök megfelelő pedagógiai keretek között nemcsak motiválóbbá teszik a tanulást, hanem egyidejűleg több kompetenciát is fejlesztenek.

Reméljük, hogy ez a munka hozzájárul a kárpátaljai magyar nyelvű természettudományos oktatás fejlődéséhez, és inspirációt ad más pedagógusoknak is a digitális tananyagok fejlesztésére.

Irodalomjegyzék

Bida, D. D., Hiljbert, T. G., & Kolisznik, J. I. (2022). Пізнаємо природу: Підручник для 5 класу. Генеза.

Bida, D. D., Hiljbert, T. G., & Kolisznik, J. I. (2023). Пізнаємо природу: Підручник для 6 класу. Генеза.

Európai Parlament és a Tanács. (2018). Az egész életen át tartó tanuláshoz szükséges kulcskompetenciákról szóló ajánlás (2018/C 189/01). Az Európai Unió Hivatalos Lapja. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/?uri=CELEX:32018H0604(01)

Kubinger-P., J. (2011). Digitális pedagógiai módszer- és eszköztár alkalmazása a felsőoktatásban. Pannon Egyetem.

Prensky, M. (2001). Digital natives, digital immigrants. On the Horizon, 9(5).

Pšenáková, I. (2010). A digitális tananyag. In Képességfejlesztés digitális tananyaggal. Kocka kör.

Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma. (2021). Modellna navchalna prohrama Piznaemo pryrodou: 5–6 klasy. https://mon.gov.ua/

Ukrajna Oktatási és Tudományos Minisztériuma. (2023). Всеукраїнська школа онлайн. https://lms.e-school.net.ua/

Phytochemical diversity of *Dendrobium* species and their multitarget anticancer mechanisms

Lyudmyla Buyun[1], Lyudmyla Kovalska[1], Oleksandr Gyrenko[1], Maryna Opryshko[1], Myroslava Maryniuk[1], Natalia Kurhaluk[2], Halina Tkaczenko[2]

[1]Department of Tropical and Subtropical Plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
[2]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: orchids.lyuda@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Introduction. The *Dendrobium* genus is one of the largest groups within the Orchidaceae family. It is widely distributed across Asia, Australia and New Guinea, and is particularly abundant in China [Pan et al., 2022]. Historically, *Dendrobium* species have been widely used in traditional Chinese medicine (TCM) due to their diverse therapeutic properties, including gastrointestinal nourishment, anti-inflammatory activity, detoxification, pain relief and the promotion of body fluid homeostasis and "yin" balance [Yang et al., 2023]. These traditional applications are documented in classical TCM texts such as the 'Shen Nong Ben Cao Jing' and 'Ben Cao Gang Mu', emphasising their long-standing medicinal relevance.

Contemporary pharmacological research has also identified several bioactive compounds within *Dendrobium*, including polysaccharides from *Dendrobium officinale* (DOPs), phenanthrenes, bibenzyls, and various alkaloids. These compounds exhibit antioxidant, immunomodulatory, anti-inflammatory, and potent anticancer effects [Chen et al., 2021; Wei et al., 2024]. In particular, DOPs have been shown to modulate apoptosis, inhibit tumour cell proliferation, and enhance immune responses in preclinical models, suggesting a multifunctional mechanism of anticancer action.

Cancer is characterised by uncontrolled cellular proliferation, abnormal differentiation and the ability of malignant cells to invade and metastasise, thereby disrupting normal tissue function and posing significant challenges to clinical treatment [Brown et al., 2023]. Conventional therapies, including surgery, radiotherapy and chemotherapy, are often limited by the development of chemoresistance in cancer cells, as well as collateral damage to healthy tissues such as immunosuppression and organ toxicity. This further complicates patient management [Zafar et al., 2025]. These limitations, coupled with tumour heterogeneity and microenvironmental influences, highlight the need for alternative or adjunctive therapeutic strategies.

Natural products, such as *Dendrobium* extracts and their bioactive constituents, offer promising avenues for anticancer drug development. Current research emphasises the potential of *Dendrobium*-derived compounds to act synergistically with conventional chemotherapeutics, reduce adverse effects and target multiple hallmarks of cancer, including inducing apoptosis, inhibiting angiogenesis and modulating immune responses [Yang et al., 2023].

Anticancer activity of *Dendrobium* phytochemicals across tumour types. The anticancer potential of *Dendrobium* species can be systematically categorised according to their main phytochemical groups: bibenzyls and phenanthrenes; alkaloids; polysaccharides; flavonoids; and other low-molecular-weight constituents.

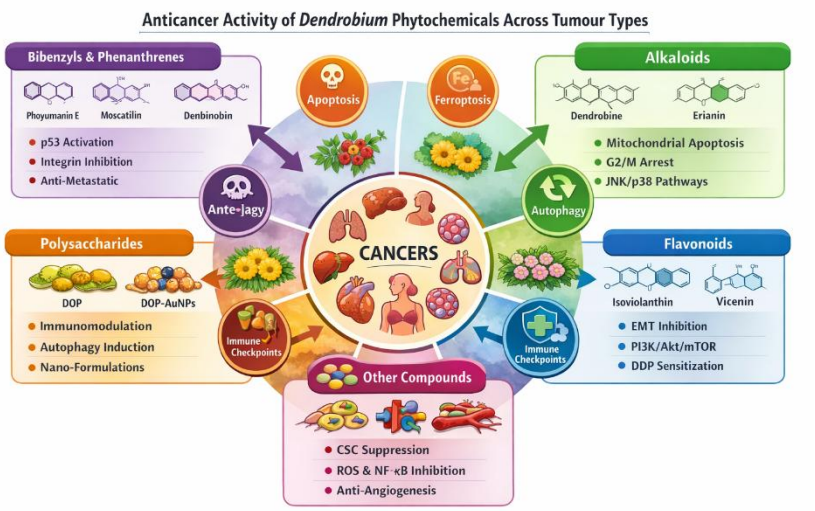


Fig. 1. Multitarget anticancer mechanisms of *Dendrobium* phytochemicals across diverse tumour types.

These compounds exert multi-targeted effects across diverse malignancies by modulating apoptosis, ferroptosis, autophagy, epithelial-mesenchymal transition (EMT), cancer stem cells (CSCs), immune checkpoints and tumour angiogenesis.

Bibenzyls and phenanthrene derivatives. Bibenzyls, such as phyllathanin E and 4,5,4′-trihydroxy-3,3′-dimethoxybibenzyl (TDB), promote apoptosis via p53-dependent pathways. This leads to increased p53 expression and the activation of Bax, as well as the downregulation of the anti-apoptotic proteins Bcl-2 and Mcl-1, in respiratory malignancies [Hlosrichok et al., 2018; Phiboonchaiyanan et al., 2018]. These compounds also inhibit the Akt survival pathway and reduce survivin expression. Batatasin III similarly suppresses integrins (αn, α_4, β_1, β_5), focal adhesion kinase (pFAK), Rac1-GTP and Cdc42, thereby limiting filopodia formation and metastatic potential [Kowitdamrong et al., 2013; Chaotham et al., 2014; Chaotham and Chanvorachote, 2015; Pinkhien et al., 2017; Petpiroon et al., 2017].

Gigantol, another bibenzyl derivative, exhibits broad-spectrum anticancer activity. In respiratory cancers, it inhibits epithelial-mesenchymal transition (EMT) and cancer stem cell (CSC) phenotypes [Bhummaphan and Chanvorachote, 2015; Bhummaphan et al., 2019; Taweecheep et al., 2021], and in hepatocellular carcinoma (HCC), it modulates PI3K/Akt/NF-κB signalling [Chen et al., 2017]. In breast cancer, gigantol downregulates PI3K/Akt/mTOR signalling, thereby enhancing apoptosis and sensitising cells to cisplatin (DDP) [Huang et al., 2021]. In bladder cancer, gigantol induces apoptosis and ferroptosis via JNK, Wnt/β-catenin and EMT-related pathways [Zhu et al., 2019; Zhao et al., 2020; Xiang et al., 2021].

Moscatilin exhibits cytotoxic activity in various cancers. In hepatocellular carcinoma, it regulates Akt/uPA signalling [Yu et al., 2021], while in oesophageal and pancreatic cancers, it activates JNK/SAPK pathways, inducing caspase-dependent apoptosis and promoting ROS-mediated cytotoxicity [Chen et al., 2013; Zhang et al., 2017]. In breast cancer, moscatilin modulates histone acetylation and HDAC3 activity [Su et al., 2021], and in melanoma, it induces apoptosis through PTEN activation, ROS accumulation and Hsp70 inhibition [Cardile et al., 2020].

Denbinobin exhibits strong anti-migratory and pro-apoptotic properties. In gastric cancer, it regulates the expression of MMP-2, MMP-9 and Bcl-2/Bax [Song et al., 2012; Wang et al., 2021], whereas in prostate cancer, it inhibits Rac1 activity and cortactin phosphorylation, thereby reducing lamellipodia formation and metastatic potential [Lu et al., 2014]. In glioblastoma and leukaemia, denbinobin modulates the NF-κB, IKK and Akt pathways [Sánchez-Duffhues et al., 2009; Weng et al., 2013; Wang et al., 2016]. Other phenanthrene-related compounds, including nudol and GKK1032B, induce caspase-dependent apoptosis in osteosarcoma cells [Zhang et al., 2019; Liu et al., 2022].

Alkaloids. Dendrobine, a major alkaloid found in the plant *Dendrobium nobile*, has been shown to mediate mitochondrial apoptosis and G2/M cell cycle arrest in lung cancer models. It also enhances the cytotoxicity of the chemotherapeutic agent DDP (doxorubicin) via the activation of JNK/p38 stress signalling pathways, suggesting synergistic effects in combination therapy [Pengpaeng et al., 2015; Song et al., 2019].

Although structurally classified as a bibenzyl derivative, erianin functionally overlaps with alkaloid-like multitarget agents due to its broad activity spectrum. In respiratory cancers, erianin induces Ca^{2+}/calmodulin-dependent ferroptosis and inhibits metastatic regulators [Kowitdamrong et al., 2013]. In HCC, it triggers G2/M arrest, DNA damage and the inhibition of the Akt, ERK and p38 MAPK pathways [Dong et al., 2020; Yang et al., 2020]. In colon cancer, erianin suppresses CD47 expression, enhances macrophage-mediated phagocytosis and inhibits β-catenin signalling and its downstream targets, c-Myc and cyclin D1 [Sun et al., 2020]. In cervical cancer, erianin induces mitochondrial apoptosis and G2/M arrest, whilst also restoring cytotoxic T lymphocyte activity and inhibiting PD-L1-mediated angiogenesis [Li et al., 2018; Yang et al., 2021]. In bladder cancer, erianin promotes apoptosis and ferroptosis via the JNK and Wnt/β-catenin pathways [Zhu et al., 2019; Zhao et al., 2020; Xiang et al., 2021]. In glioblastoma and leukaemia, erianin activates ROS/JNK-mediated apoptosis and autophagy [Sánchez-Duffhues et al., 2009; Weng et al., 2013].

Dendrofalconerol A enhances anoikis sensitivity by inhibiting Akt and Bcl-2 signalling in lung cancer [Liu et al., 2019], while erianthridin suppresses ERK activity and modulates Bcl-2 family proteins [Boonjing et al., 2021]. Ephemeranthol A induces concentration-dependent apoptosis by activating caspase-3 and -9, while decreasing Bcl-2 levels [Nonpanya et al., 2020].

Polysaccharides. *Dendrobium officinale* polysaccharides (DOP) have significant immunomodulatory and metabolic effects. In colon cancer, DOP induces mitochondrial dysfunction via the ROS-ATP-AMPK signalling pathway, thereby triggering cytotoxic autophagy whilst preserving tight junction proteins and suppressing PD-1 expression on cytotoxic T lymphocytes [Liang et al., 2019; Zhang et al., 2021]. In osteosarcoma, DOP enhances apoptosis and increases sensitivity to DDP [Zhang et al., 2019]. In gastric cancer, DOP inhibits the HRAS/PI3K/Akt and Wnt/β-catenin pathways, increasing levels of anti-tumour metabolites such as betaine [Zhao et al., 2019]. Advanced nano-formulations, including DOP-functionalised gold nanoparticles (DOP-AuNPs), enhance cellular uptake, potentiate anticancer activity and reduce systemic toxicity, thereby improving translational potential [Zhao et al., 2021].

Flavonoids and glycosides. Flavonoid glycosides, such as isoviolanthin, suppress epithelial-mesenchymal transition (EMT) in hepatocellular carcinoma (HCC) via the TGF-β/Smad and PI3K/Akt/mTOR pathways [Xing et al., 2018]. Vicenin and cypripedin inhibit EMT in respiratory cancers by modulating TGF-β/Smad, PI3K/Akt/mTOR and Wnt/β-catenin signalling [Treesuwan et al., 2018; Luo et al., 2019; Aksorn et al., 2021]. Chrysotobibenzyl, DS-1 and low-dose cypripedin enhance DDP-induced apoptosis by downregulating Bcl-xL [Petpiroon et al., 2019].

Anti-angiogenic activity. Beyond direct cytotoxicity, *Dendrobium* phytochemicals exert anti-angiogenic effects. For example, erianin disrupts endothelial cytoskeleton integrity, suppresses HUVEC proliferation, migration and adhesion, and downregulates JAK2/STAT3 signalling and indoleamine 2,3-dioxygenase (IDO) activity. This reduces tumour vascularisation [Gong et al., 2004; Su et al., 2017].

Dendrobium phytochemicals act collectively through coordinated and overlapping molecular mechanisms in respiratory, digestive, reproductive, urinary and haematological malignancies. Their ability to regulate multiple processes simultaneously, including apoptosis, ferroptosis, autophagy, epithelial-mesenchymal transition (EMT), cancer stem cell (CSC) maintenance, immune checkpoints, and angiogenesis, highlights their potential as multi-target therapeutic agents and promising adjuncts to conventional chemotherapy.

Conclusions. The accumulated evidence demonstrates that *Dendrobium*-derived phytochemicals exhibit a broad spectrum of anticancer activities via multiple molecular targets. Bibenzyls, phenanthrenes, alkaloids, polysaccharides and flavonoids collectively modulate apoptosis, ferroptosis, autophagy, epithelial-mesenchymal transition (EMT), cancer stem cell (CSC) maintenance, immune checkpoints and angiogenesis. Their ability to interfere with multiple key oncogenic pathways simultaneously, such as PI3K/Akt/mTOR, Wnt/β-catenin, NF-κB, JAK/STAT and MAPK, highlights their pharmacological versatility in treating respiratory, digestive, reproductive, urinary and haematological malignancies.

Notably, several *Dendrobium* compounds enhance the efficacy of conventional chemotherapeutics, such as cisplatin and doxorubicin, by sensitising tumour cells, overcoming drug resistance, and reducing metastatic potential. Polysaccharides such as DOP also demonstrate immunomodulatory properties, supporting antitumour immunity and reinforcing epithelial barrier integrity. Integrating nano-formulations improves bioavailability and reduces systemic toxicity, strengthening the translational relevance of these natural compounds.

Thus, *Dendrobium* phytochemicals represent promising multi-target anti-cancer agents with direct cytotoxic and anti-angiogenic properties. Future research should focus on pharmacokinetics, standardised extract characterisation, well-designed *in vivo* studies and clinical trials, in order to fully elucidate their therapeutic potential and safety profiles. Their multitiered mechanisms of action position *Dendrobium* as a valuable candidate for adjunctive or integrative cancer therapy strategies.

References

1. Aksorn, N., Losuwannarak, N., Tungsukruthai, S., Roytrakul, S., & Chanvorachote, P. (2021). Analysis of the Protein-Protein Interaction Network Identifying c-Met as a Target of Gigantol in the Suppression of Lung Cancer Metastasis. *Cancer genomics & proteomics*, 18(3), 261–272. https://doi.org/10.21873/cgp.20257.
2. Bhummaphan, N., & Chanvorachote, P. (2015). Gigantol Suppresses Cancer Stem Cell-Like Phenotypes in Lung Cancer Cells. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2015, 836564. https://doi.org/10.1155/2015/836564.
3. Bhummaphan, N., Petpiroon, N., Prakhongcheep, O., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2019). Lusianthridin targeting of lung cancer stem cells via Src-STAT3 suppression. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 62, 152932. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2019.152932.
4. Boonjing, S., Pothongsrisit, S., Wattanathamsan, O., Sritularak, B., & Pongrakhananon, V. (2021). Erianthridin Induces Non-small Cell Lung Cancer Cell Apoptosis through the Suppression of Extracellular Signal-regulated Kinase Activity. *Planta medica*, 87(4), 283–293. https://doi.org/10.1055/a-1295-8606.
5. Brown, J. S., Amend, S. R., Austin, R. H., Gatenby, R. A., Hammarlund, E. U., & Pienta, K. J. (2023). Updating the Definition of Cancer. *Molecular cancer research: MCR*, 21(11), 1142–1147. https://doi.org/10.1158/1541-7786.MCR-23-0411.
6. Cardile, V., Avola, R., Graziano, A. C. E., & Russo, A. (2020). Moscatilin, a bibenzyl derivative from the orchid *Dendrobium loddigesii*, induces apoptosis in melanoma cells. *Chemico-biological interactions*, 323, 109075. https://doi.org/10.1016/j.cbi.2020.109075.
7. Chaotham, C., & Chanvorachote, P. (2015). A bibenzyl from *Dendrobium ellipsophyllum* inhibits migration in lung cancer cells. *Journal of natural medicines*, 69(4), 565–574. https://doi.org/10.1007/s11418-015-0925-5.
8. Chaotham, C., Pongrakhananon, V., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2014). A Bibenzyl from *Dendrobium ellipsophyllum* inhibits epithelial-to-mesenchymal transition and sensitizes lung cancer cells to anoikis. *Anticancer research*, 34(4), 1931–1938.
9. Chen, C. A., Chen, C. C., Shen, C. C., Chang, H. H., & Chen, Y. J. (2013). Moscatilin induces apoptosis and mitotic catastrophe in human esophageal cancer cells. *Journal of medicinal food*, 16(10), 869–877. https://doi.org/10.1089/jmf.2012.2617.
10. Chen, H., Huang, Y., Huang, J., Lin, L., & Wei, G. (2017). Gigantol attenuates the proliferation of human liver cancer HepG2 cells through the PI3K/Akt/NF-κB signaling pathway. *Oncology reports*, 37(2), 865–870. https://doi.org/10.3892/or.2016.5299.
11. Chen, W., Lu, J., Zhang, J., Wu, J., Yu, L., Qin, L., & Zhu, B. (2021). Traditional Uses, Phytochemistry, Pharmacology, and Quality Control of *Dendrobium officinale* Kimura et. Migo. *Frontiers in pharmacology*, 12, 726528. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.726528.

12. Dong, H., Wang, M., Chang, C., Sun, M., Yang, F., Li, L., Feng, M., Zhang, L., Li, Q., Zhu, Y., Qiao, Y., Xie, T., & Chen, J. (2020). Erianin inhibits the oncogenic properties of hepatocellular carcinoma via inducing DNA damage and aberrant mitosis. *Biochemical pharmacology*, 182, 114266. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2020.114266.
13. Gong, Y. Q., Fan, Y., Wu, D. Z., Yang, H., Hu, Z. B., & Wang, Z. T. (2004). *In vivo* and *in vitro* evaluation of erianin, a novel anti-angiogenic agent. *European journal of cancer (Oxford, England: 1990)*, 40(10), 1554–1565. https://doi.org/10.1016/j.ejca.2004.01.041.
14. Guo, Z., Zhou, Y., Yang, J., & Shao, X. (2019). *Dendrobium candidum* extract inhibits proliferation and induces apoptosis of liver cancer cells by inactivating Wnt/β-catenin signaling pathway. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 110, 371–379. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.11.149.
15. Hlosrichok, A., Sumkhemthong, S., Sritularak, B., Chanvorachote, P., & Chaotham, C. (2018). A bibenzyl from *Dendrobium ellipsophyllum* induces apoptosis in human lung cancer cells. *Journal of natural medicines*, 72(3), 615–625. https://doi.org/10.1007/s11418-018-1186-x.
16. Huang, J., Liu, C., Duan, S., Lin, J., Luo, Y., Tao, S., Xing, S., Zhang, X., Du, H., Wang, H., Huang, C., & Wei, G. (2021). Gigantol inhibits proliferation and enhances DDP-induced apoptosis in breast-cancer cells by downregulating the PI3K/Akt/mTOR signaling pathway. *Life sciences*, 274, 119354. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2021.119354.
17. Kowitdamrong, A., Chanvorachote, P., Sritularak, B., & Pongrakhananon, V. (2013). Moscatilin inhibits lung cancer cell motility and invasion via suppression of endogenous reactive oxygen species. *BioMed research international*, 2013, 765894. https://doi.org/10.1155/2013/765894.
18. Li, M., He, Y., Peng, C., Xie, X., & Hu, G. (2018). Erianin inhibits human cervical cancer cell through regulation of tumor protein p53 via the extracellular signal-regulated kinase signaling pathway. *Oncology letters*, 16(4), 5006–5012. https://doi.org/10.3892/ol.2018.9267.
19. Liang, J., Li, H., Chen, J., He, L., Du, X., Zhou, L., Xiong, Q., Lai, X., Yang, Y., Huang, S., & Hou, S. (2019). *Dendrobium officinale* polysaccharides alleviate colon tumorigenesis via restoring intestinal barrier function and enhancing anti-tumor immune response. *Pharmacological research*, 148, 104417. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2019.104417.
20. Liu, N., Song, M. N., Zhang, Q. Q., Wu, C., Zhu, K. K., Sun, Y. L., Li, M. R., Yang, F. Y., Feng, R. L., Zhang, Y. Y., & Zhang, H. (2022). GKK1032B from endophytic *Penicillium citrinum* induces the apoptosis of human osteosarcoma MG63 cells through caspase pathway activation. *Chinese journal of natural medicines*, 20(1), 67–73. https://doi.org/10.1016/S1875-5364(21)60108-5.
21. Liu, Y. T., Hsieh, M. J., Lin, J. T., Chen, G., Lin, C. C., Lo, Y. S., Chuang, Y. C., Hsi, Y. T., Chen, M. K., & Chou, M. C. (2019). Erianin induces cell apoptosis through ERK pathway in human nasopharyngeal carcinoma. *Biomedicine &*

pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie, 111, 262–269. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2018.12.081.

22. Liu, Z., Huang, L., Sun, L., Nie, H., Liang, Y., Huang, J., Wu, F., & Hu, X. (2021). Ecust004 Suppresses Breast Cancer Cell Growth, Invasion, and Migration via EMT Regulation. *Drug design, development and therapy*, 15, 3451–3461. https://doi.org/10.2147/DDDT.S309132.
23. Lu, T. L., Han, C. K., Chang, Y. S., Lu, T. J., Huang, H. C., Bao, B. Y., Wu, H. Y., Huang, C. H., Li, C. Y., & Wu, T. S. (2014). Denbinobin, a phenanthrene from *Dendrobium nobile*, impairs prostate cancer migration by inhibiting Rac1 activity. *The American journal of Chinese medicine*, 42(6), 1539–1554. https://doi.org/10.1142/S0192415X14500967.
24. Luo, Y., Ren, Z., Du, B., Xing, S., Huang, S., Li, Y., Lei, Z., Li, D., Chen, H., Huang, Y., & Wei, G. (2019). Structure Identification of ViceninII Extracted from *Dendrobium officinale* and the Reversal of TGF-β1-Induced Epithelial-Mesenchymal Transition in Lung Adenocarcinoma Cells through TGF-β/Smad and PI3K/Akt/mTOR Signaling Pathways. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(1), 144. https://doi.org/10.3390/molecules24010144.
25. Nonpanya, N., Prakhongcheep, O., Petsri, K., Jitjaicham, C., Tungsukruthai, S., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2020). Ephemeranthol A Suppresses Epithelial to Mesenchymal Transition and FAK-Akt Signaling in Lung Cancer Cells. *Anticancer research*, 40(9), 4989–4999. https://doi.org/10.21873/anticanres.14502.
26. Pan, C., Chen, S., Chen, Z., Li, Y., Liu, Y., Zhang, Z., Xu, Y., Liu, G., Yang, K., Liu, G., Du, Z., & Zhang, L. (2022). Assessing the geographical distribution of 76 *Dendrobium* species and impacts of climate change on their potential suitable distribution area in China. *Environmental science and pollution research international*, 29(14), 20571–20592. https://doi.org/10.1007/s11356-021-15788-0.
27. Pengpaeng, P., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2015). Dendrofalconerol A sensitizes anoikis and inhibits migration in lung cancer cells. *Journal of natural medicines*, 69(2), 178–190. https://doi.org/10.1007/s11418-014-0876-2.
28. Petpiroon, N., Bhummaphan, N., Tungsukruthai, S., Pinkhien, T., Maiuthed, A., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2019). Chrysotobibenzyl inhibition of lung cancer cell migration through Caveolin-1-dependent mediation of the integrin switch and the sensitization of lung cancer cells to cisplatin-mediated apoptosis. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 58, 152888. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2019.152888.
29. Petpiroon, N., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2017). Phoyunnanin E inhibits migration of non-small cell lung cancer cells via suppression of epithelial-to-mesenchymal transition and integrin αv and integrin β3. *BMC complementary and alternative medicine*, 17(1), 553. https://doi.org/10.1186/s12906-017-2059-7.
30. Phiboonchaiyanan, P. P., Petpiroon, N., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2018). Phoyunnanin E Induces Apoptosis of Non-small Cell Lung Cancer Cells via p53 Activation and Down-regulation of Survivin. *Anticancer research*, 38(11), 6281–6290. https://doi.org/10.21873/anticanres.12984.

31. Pinkhien, T., Petpiroon, N., Sritularak, B., & Chanvorachote, P. (2017). Batatasin III Inhibits Migration of Human Lung Cancer Cells by Suppressing Epithelial to Mesenchymal Transition and FAK-AKT Signals. *Anticancer research*, 37(11), 6281–6289. https://doi.org/10.21873/anticanres.12079.
32. Sánchez-Duffhues, G., Calzado, M. A., de Vinuesa, A. G., Appendino, G., Fiebich, B. L., Loock, U., Lefarth-Risse, A., Krohn, K., & Muñoz, E. (2009). Denbinobin inhibits nuclear factor-kappaB and induces apoptosis via reactive oxygen species generation in human leukemic cells. *Biochemical pharmacology*, 77(8), 1401–1409. https://doi.org/10.1016/j.bcp.2009.01.004.
33. Song, J. I., Kang, Y. J., Yong, H. Y., Kim, Y. C., & Moon, A. (2012). Denbinobin, a phenanthrene from *Dendrobium nobile*, inhibits invasion and induces apoptosis in SNU-484 human gastric cancer cells. *Oncology reports*, 27(3), 813–818. https://doi.org/10.3892/or.2011.1551.
34. Song, T. H., Chen, X. X., Lee, C. K., Sze, S. C., Feng, Y. B., Yang, Z. J., Chen, H. Y., Li, S. T., Zhang, L. Y., Wei, G., Shi, J., Xu, K., Ng, T. B., Zhu, L. L., & Zhang, K. Y. (2019). Dendrobine targeting JNK stress signaling to sensitize chemotoxicity of cisplatin against non-small cell lung cancer cells *in vitro* and *in vivo*. *Phytomedicine: international journal of phytotherapy and phytopharmacology*, 53, 18–27. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.06.018.
35. Su, C., Zhang, P., Liu, J., & Cao, Y. (2017). Erianin inhibits indoleamine 2, 3-dioxygenase-induced tumor angiogenesis. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 88, 521–528. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2017.01.090.
36. Su, W., Zeng, L., & Chen, W. (2021). Moscatilin Suppresses the Breast Cancer Both *In Vitro* and *In Vivo* by Inhibiting HDAC3. *Dose-response: a publication of International Hormesis Society*, 19(1), 15593258211001251. https://doi.org/10.1177/15593258211001251.
37. Sun, Y., Li, G., Zhou, Q., Shao, D., Lv, J., & Zhou, J. (2020). Dual Targeting of Cell Growth and Phagocytosis by Erianin for Human Colorectal Cancer. *Drug design, development and therapy*, 14, 3301–3313. https://doi.org/10.2147/DDDT.S259006.
38. Taweecheep, P., Khine, H. E. E., Hlosrichok, A., Ecoy, G. A. U., Sritularak, B., Prompetchara, E., Chanvorachote, P., & Chaotham, C. (2021). Stemness-Suppressive Effect of Bibenzyl from *Dendrobium ellipsophyllum* in Human Lung Cancer Stem-Like Cells. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2021, 5516655. https://doi.org/10.1155/2021/5516655.
39. Treesuwan, S., Sritularak, B., Chanvorachote, P., & Pongrakhananon, V. (2018). Cypripedin diminishes an epithelial-to-mesenchymal transition in non-small cell lung cancer cells through suppression of Akt/GSK-3β signalling. *Scientific reports*, 8(1), 8009. https://doi.org/10.1038/s41598-018-25657-5.
40. Wang, H., Zhang, T., Sun, W., Wang, Z., Zuo, D., Zhou, Z., Li, S., Xu, J., Yin, F., Hua, Y., & Cai, Z. (2016). Erianin induces G2/M-phase arrest, apoptosis, and autophagy via the ROS/JNK signaling pathway in human osteosarcoma cells *in vitro* and *in vivo*. *Cell death & disease*, 7(6), e2247. https://doi.org/10.1038/cddis.2016.138.

41. Wang, Y., Chu, F., Lin, J., Li, Y., Johnson, N., Zhang, J., Gai, C., Su, Z., Cheng, H., Wang, L., & Ding, X. (2021). Erianin, the main active ingredient of *Dendrobium chrysotoxum* Lindl, inhibits precancerous lesions of gastric cancer (PLGC) through suppression of the HRAS-PI3K-AKT signaling pathway as revealed by network pharmacology and *in vitro* experimental verification. *Journal of ethnopharmacology*, 279, 114399. https://doi.org/10.1016/j.jep.2021.114399.
42. Wei, X., Wang, D., Xu, Z., Liu, J., Zhu, Q., Chen, Q., Tang, H., & Xu, W. (2024). Research progress on the regulatory and pharmacological mechanism of chemical components of *Dendrobium*. *Heliyon*, 10(18), e37541. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37541.
43. Weng, H. Y., Hsu, M. J., Chen, C. C., Chen, B. C., Hong, C. Y., Teng, C. M., Pan, S. L., Chiu, W. T., & Lin, C. H. (2013). Denbinobin induces human glioblastoma multiforme cell apoptosis through the IKKα-Akt-FKHR signaling cascade. *European journal of pharmacology*, 698(1-3), 103–109. https://doi.org/10.1016/j.ejphar.2012.10.029.
44. Xiang, Y., Chen, X., Wang, W., Zhai, L., Sun, X., Feng, J., Duan, T., Zhang, M., Pan, T., Yan, L., Jin, T., Gao, Q., Wen, C., Ma, W., Liu, W., Wang, D., Wu, Q., Xie, T., & Sui, X. (2021). Natural Product Erianin Inhibits Bladder Cancer Cell Growth by Inducing Ferroptosis via NRF2 Inactivation. *Frontiers in pharmacology*, 12, 775506. https://doi.org/10.3389/fphar.2021.775506.
45. Xie, H., Feng, S., Farag, M. A., Sun, P., & Shao, P. (2021). Synergistic cytotoxicity of erianin, a bisbenzyl in the dietetic Chinese herb *Dendrobium* against breast cancer cells. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 149, 111960. https://doi.org/10.1016/j.fct.2020.111960.
46. Xing, S., Yu, W., Zhang, X., Luo, Y., Lei, Z., Huang, D., Lin, J., Huang, Y., Huang, S., Nong, F., Zhou, C., & Wei, G. (2018). Isoviolanthin Extracted from *Dendrobium officinale* Reverses TGF-β1-Mediated Epithelial-Mesenchymal Transition in Hepatocellular Carcinoma Cells via Deactivating the TGF-β/Smad and PI3K/Akt/mTOR Signaling Pathways. *International journal of molecular sciences*, 19(6), 1556. https://doi.org/10.3390/ijms19061556.
47. Yang, A., Li, M. Y., Zhang, Z. H., Wang, J. Y., Xing, Y., Ri, M., Jin, C. H., Xu, G. H., Piao, L. X., Jin, H. L., Zuo, H. X., Ma, J., & Jin, X. (2021). Erianin regulates programmed cell death ligand 1 expression and enhances cytotoxic T lymphocyte activity. *Journal of ethnopharmacology*, 273, 113598. https://doi.org/10.1016/j.jep.2020.113598.
48. Yang, L., Hu, Y., Zhou, G., Chen, Q., & Song, Z. (2020). Erianin suppresses hepatocellular carcinoma cells through down-regulation of PI3K/AKT, p38 and ERK MAPK signaling pathways. *Bioscience reports*, 40(7), BSR20193137. https://doi.org/10.1042/BSR20193137.
49. Yang, W., Chen, D., Ji, Q., Zheng, J., Ma, Y., Sun, H., Zhang, Q., Zhang, J., He, Y., & Song, T. (2023). Molecular mechanisms underlying the anticancer property of *Dendrobium* in various systems of the human body: A review. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 165, 115223. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2023.115223.

50. Yu, C. L., Weng, M. S., Chen, W. C., Chien, K. T., Chi, C. W., Chung, C. H., Huang, C. W., Wang, P. C., Chen, C. C., Tsai, A. C., Liu, S. C., & Wang, S. W. (2021). Moscatilin Inhibits Metastatic Behavior of Human Hepatocellular Carcinoma Cells: A Crucial Role of uPA Suppression via Akt/NF-κB-Dependent Pathway. *International journal of molecular sciences*, 22(6), 2930. https://doi.org/10.3390/ijms22062930.
51. Zafar, A., Khatoon, S., Khan, M. J., Abu, J., & Naeem, A. (2025). Advancements and limitations in traditional anti-cancer therapies: a comprehensive review of surgery, chemotherapy, radiation therapy, and hormonal therapy. *Discover oncology*, 16(1), 607. https://doi.org/10.1007/s12672-025-02198-8.
52. Zhang, K., Zhou, X., Wang, J., Zhou, Y., Qi, W., Chen, H., Nie, S., & Xie, M. (2021). *Dendrobium officinale* polysaccharide triggers mitochondrial disorder to induce colon cancer cell death via ROS-AMPK-autophagy pathway. *Carbohydrate polymers*, 264, 118018. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2021.118018.
53. Zhang, L., Fang, Y., Xu, X. F., & Jin, D. Y. (2017). Moscatilin induces apoptosis of pancreatic cancer cells via reactive oxygen species and the JNK/SAPK pathway. *Molecular medicine reports*, 15(3), 1195–1203. https://doi.org/10.3892/mmr.2017.6144.
54. Zhang, Y., Zhang, Q., Xin, W., Liu, N., & Zhang, H. (2019). Nudol, a phenanthrene derivative from *Dendrobium nobile*, induces cell cycle arrest and apoptosis and inhibits migration in osteosarcoma cells. *Drug design, development and therapy*, 13, 2591–2601. https://doi.org/10.2147/DDDT.S180610.
55. Zhao, M., Sun, Y., Gao, Z., Cui, H., Chen, J., Wang, M., & Wang, Z. (2020). Gigantol Attenuates the Metastasis of Human Bladder Cancer Cells, Possibly Through Wnt/EMT Signaling. *OncoTargets and therapy*, 13, 11337–11346. https://doi.org/10.2147/OTT.S271032.
56. Zhao, W., Li, J., Zhong, C., Zhang, X., & Bao, Y. (2021). Green synthesis of gold nanoparticles from *Dendrobium officinale* and its anticancer effect on liver cancer. *Drug delivery*, 28(1), 985–994. https://doi.org/10.1080/10717544.2021.1921079.
57. Zhao, Y., Li, B., Wang, G., Ge, S., Lan, X., Xu, G., & Liu, H. (2019). *Dendrobium officinale* Polysaccharides Inhibit 1-Methyl-2-Nitro-1-Nitrosoguanidine Induced Precancerous Lesions of Gastric Cancer in Rats through Regulating Wnt/β-Catenin Pathway and Altering Serum Endogenous Metabolites. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(14), 2660. https://doi.org/10.3390/molecules24142660.
58. Zhu, Q., Sheng, Y., Li, W., Wang, J., Ma, Y., Du, B., & Tang, Y. (2019). Erianin, a novel dibenzyl compound in *Dendrobium* extract, inhibits bladder cancer cell growth via the mitochondrial apoptosis and JNK pathways. *Toxicology and applied pharmacology*, 371, 41–54. https://doi.org/10.1016/j.taap.2019.03.027.

Egészségtudatos attitűdök és életmódbeli sajátosságok pedagógushallgatók körében a felsőoktatásban

Csehil Anikó
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna
orban.aniko@kmf.org.ua

A modern felsőoktatás egyik központi feladata a jövő szakembereinek kompetenciaalapú, holisztikus szemléletű felkészítése, amelyben az egészségmegőrzés és az egészséges életmód tudatos alakítása kiemelt jelentőséggel bír. A pedagógusképzésben részt vevő hallgatók egészségmagatartása különösen meghatározó, mivel a leendő óvodapedagógusok és tanítók nem csupán saját egészségi állapotukért felelősek, hanem későbbi szakmai tevékenységük során mintaközvetítő szerepet is betöltenek (Kiss & Szabó, 2018; World Health Organization, 2017). Az egészségmagatartás – mint tanult és társadalmilag meghatározott viselkedési forma – alapvetően meghatározza az egészség megőrzésének vagy romlásának irányát (Pikó, 2010).

A felsőoktatási tanulmányok időszaka olyan meghatározó életszakasz, amelyben az életmódbeli mintázatok hosszú távra stabilizálódnak, ugyanakkor fokozottan jelennek meg a pszichés terhelések és viselkedéses egészségkockázatok (Послушной, 2024). A kutatások egyértelműen rámutatnak a rendszeres fizikai aktivitás protektív szerepére: a sportoló hallgatók kedvezőbb egészségmagatartással, magasabb tanulmányi elköteleződéssel és erősebb pszichoszociális erőforrásokkal jellemezhetők (Kovács, 2015a, 2015b). A rendszeres mozgás nem csupán a fizikai állapot javítását szolgálja, hanem hozzájárul a stresszkezeléshez és az önszabályozás fejlődéséhez is (Kovács, 2015b).

A jelen vizsgálat célja az óvodapedagógus- és tanítóképzésben részt vevő hallgatók egészségmagatartásának komplex feltárása volt. A kutatás különös figyelmet fordított a szubjektív egészségi és mentális állapotra, az egészségtudatos attitűdökre, a fizikai aktivitás rendszerességére, a táplálkozási szokásokra, a rizikómagatartásokhoz való viszonyra, valamint a digitális eszközhasználat sajátosságaira.

A kutatás kvantitatív módszertani megközelítésben valósult meg. A kérdőív 281 hallgató számára került kiküldésre, amelyre 92 fő válaszolt önkéntes és anonim módon. Az adatfelvétel során az Egészséggel Kapcsolatos Attitűdök Kérdőív rövidített változata került alkalmazásra (Nagy & Kovács, 2017), amely az egészségtudatosság több dimenzióját – prevenciós attitűdök, fizikai aktivitás, mentális jóllét, táplálkozási magatartás, kockázati viselkedések – vizsgálja ötfokú Likert-skálán.

Az eredmények alapján a pedagógusjelöltek közel 90%-a saját egészségi állapotát jónak vagy elfogadhatónak minősítette. Ez az eredmény összhangban áll a fiatal felnőttek körében végzett vizsgálatokkal, amelyek szerint az önértékelés gyakran kedvezőbb képet mutat, mint az objektív életmódbeli mutatók (Pikó, 2010). A mentális egészség önértékelése ugyanakkor differenciáltabb képet mutatott: a kimerültség és motivációcsökkenés több válaszadó esetében megjelent, ami összefüggésbe hozható a felsőoktatási évek során tapasztalható fokozott pszichés terheléssel (Pikó & Szabó, 2025).

A fizikai aktivitás fontosságát a hallgatók döntő többsége elismerte, azonban saját fizikai állapotukat gyakran csupán közepesnek értékelték. Ez az attitűd és a gyakorlat közötti eltérés megerősíti a korábbi empirikus eredményeket, amelyek szerint a sportolási szokások és az egészségmagatartás között szoros összefüggés figyelhető meg (Kovács, 2015a). A levelező tagozatos hallgatók kedvezőtlenebb fizikai önértékelése feltehetően összefügg a munkavégzéssel és családi kötelezettségekkel járó strukturális terhelésekkel.

Az egészséges táplálkozás alapelveinek ismerete magas arányban jelent meg a mintában, amely megfelel a fiatal felnőttek körében kimutatott attitűdtrendeknek (Müller et al., 2018). Ugyanakkor a tudatos preferenciák és a tényleges táplálkozási gyakorlat között eltérés mutatkozott, ami az egészségtudatosság gyakorlati implementációjának nehézségeire utal.

A rizikómagatartásokkal – különösen a dohányzással, alkoholfogyasztással és droghasználattal – kapcsolatban a hallgatók többsége elutasító attitűdöt tanúsított, ami kedvező prevenciós normarendszer meglétére utal (Kovács, 2012; Pikó, 2010). Ugyanakkor a stresszkezelési stratégiák fejlettsége csupán közepes szintet mutatott, ami alátámasztja a mentálhigiénés támogatás szükségességét a pedagógusképzésben (Bíró et al., 2010).

A digitális eszközhasználat tekintetében a válaszok arra utalnak, hogy a hallgatók egy része nehézséget tapasztal az online jelenlét korlátozásában. A modern digitális környezet a stresszoldás egyik formájává válhat, ugyanakkor hosszú távon befolyásolhatja a mentális jóllétet és a koncentrációs képességet.

Összességében megállapítható, hogy a pedagógushallgatók egészségtudatossága elsősorban kognitív és attitűd szinten erős, azonban a mindennapi életvitelben több területen fejlesztés szükséges. A felsőoktatási intézmények szerepe meghatározó a rendszeres fizikai aktivitás és az egészséges életvezetés stabilizálásában (Kovács & Moravecz, 2019; Nagy et al., 2018). A pedagógusképzésben integrált egészségfejlesztési programok – különösen a mozgásalapú kurzusok, mentálhigiénés tréningek és prevenciós programok – hozzájárulhatnak a hallgatók egészségmagatartásának hosszú távú megerősítéséhez, valamint jövőbeni mintaközvetítő szerepük tudatos alakításához.

Kulcsszavak: egészségmagatartás, pedagógusképzés, egészségtudatosság, fizikai aktivitás, mentális egészség, prevenció

Irodalomjegyzék

Bíró, É., Olvasztó, L., & Kósa, K. (2010). Óvodapedagógus hallgatók mentális egészségének felmérése. *Magyar Pedagógia*, *110*(4), 285–300 pp. https://misc.bibl.u-szeged.hu/14186/1/mp_2010_004_6512_285-300.pdf

Kiss, Z., & Szabó, E. (2018). Tanítójelöltek testneveléssel kapcsolatos szemlélete egy összehasonlító vizsgálat tükrében. *Képzés és Gyakorlat: Training and Practice*, *16*(4), 7–15 pp. https://real.mtak.hu/127522/

Kovács, K. (2012). Egyetemisták és káros szenvedélyek: Rizikó- és védőfaktorok a debreceni egyetemisták egészségmagatartásában. In Á. Dusa, K. Kovács, Sz. Nyüsti,

Zs. Márkus, & A. Sőrés (szerk.), *Egyetemi élethelyzetek: Ifjúságszociológiai tanulmányok*. Debreceni Egyetemi Kiadó. 209–232 pp.
Kovács, K. (2015a). A sportolási szokások és a tanulmányi eredményesség egy határmenti régió hallgatóinak körében. *Educatio*, *24*(2), 130–138 pp. https://epa.oszk.hu/01500/01551/00092/pdf/EPA01551_educatio_2015_2_130-138.pdf
Kovács, K. (2015b). *A sportolás mint támogató faktor a felsőoktatásban* (Doktori disszertáció). Debreceni Egyetem. https://dea.lib.unideb.hu/server/api/core/bitstreams/2941cc93-cda7-4fc3-9472-6ced84cb4fc1/content
Kovács, K., & Moravecz, M. (2019). A felsőoktatási intézmények szerepe a hallgatók élethosszig tartó sportszocializációjában – egészségfejlesztési jó gyakorlatok a Kárpát-medencében. In E. Juhász & O. Endrődy (szerk.), *Oktatás–gazdaság–társadalom* HERA. 540–558 pp. https://real.mtak.hu/113173/7/540_HERA_Evkonyvek_VI_2.pdf
Müller, A., Gabnai, Z., Pfau, C. S., & Pető, K. (2018). A magyarok táplálkozási szokásainak és tápláltsági állapotának jellemzői – szakirodalmi áttekintés. *Táplálkozásmarketing*, *5*(2), 45–55 pp. https://doi.org/10.20494/TM/5/2/4
Nagy, B. E., & Kovács, K. E. (2017). Egészség-magatartással kapcsolatos attitűdök vizsgálata középiskolás és egyetemista fiatalok körében. *Orvosi Hetilap*, *158*(44), 1754–1760 pp. https://real.mtak.hu/67365/1/650.2017.30847.pdf
Nagy, Á., Borbély, S., Fintor, G. J., & Kovács, K. E. (2018). The implementation of everyday physical education in Hungary. *Hungarian Educational Research Journal*, *8*(2), 81–95 pp.
Pikó, B. (szerk.) (2010). *Védőfaktorok nyomában: A káros szenvedélyek megelőzése és egészségfejlesztés serdülőkorban*. L'Harmattan.
Pikó, B., & Szabó, L. (2025). Az egyetemisták mentális jólléte: Stressz, kiégés, tudatos jelenlét, reziliencia és az élet értelmességének vizsgálata. *Iskolakultúra*, *35*(9), 3–18 pp.
World Health Organization. (2017). *Health promoting schools: An effective approach*. https://www.who.int
Послушной, І. В. (2024). *Фізичне виховання у закладах вищої освіти* (методичні рекомендації). Кривий Ріг: Криворізький національний університет. https://www.knu.edu.ua/storage/files/2/4/naukovy_rez/suspylna/fiz_zvo.pdf

A polivinil-klorid (PVC) padlóburkolatok kémiai tulajdonságai és beltéri kockázatai

Csernicskó Jána, Lovász Gábor
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
csernicsko.jana.b20km@kmf.org.ua, lovasz.gabor@kmf.org.ua

A PVC (polivinil-klorid, vagy vinil) napjainkban egy nagyon széles körben használt műanyag, amelynek számos felhasználási területe van, például padlóburkolatok, bútorok, ablakkeretek, csövek és rövid élettartamú csomagolóanyagok gyártása. A PVC használata az utóbbi évtizedekben jelentősen megnövekedett, és a fogyasztás a jövőben várhatóan tovább fog növekedni.

A PVC-t mindig különféle adalékanyagokkal állítják elő, hogy javítsák a tulajdonságait. Ezek között az adalékanyagok között előfordultak veszélyes anyagok is, például ólom, kadmium, szerves ónvegyületek és ftalát típusú lágyítók. Az ilyen adalékanyagok használata aggodalmat keltett a környezetszennyezés és az emberi egészség szempontjából, részben azért, mert fennáll annak a lehetősége, hogy ezek az anyagok kioldódnak a PVC-termékekből.

A polivinil-klorid (PVC) gyakran alkalmazott anyag a lakások padlóburkolatainak gyártásában, mivel viszonylag olcsó, tartós és könnyen tisztítható felületet biztosít. Ezek a tulajdonságok különösen alkalmassá teszik konyhákban, fürdőszobákban, valamint gyermekek játszó- és hálószobáiban történő használatra. Ugyanakkor egyes kutatások szerint a PVC-ből készült beltéri burkolóanyagok hozzájárulhatnak bizonyos egészségügyi kockázatok kialakulásához. Egy norvégiai epidemiológiai vizsgálat például azt mutatta, hogy a PVC padlóburkolat jelenléte összefüggésbe hozható a kisgyermekeknél jelentkező hörgőelzáródás nagyobb kockázatával (Jaakkola et al., 1999).

A PVC padlók lágy polivinil-kloridból készülnek, amelynek rugalmasságát különféle lágyító adalékanyagok, leggyakrabban ftalát típusú lágyítók (ftalát-észterek) biztosítják. A leggyakrabban használt ftalátok a dietilhexil-ftalát (DEHP) és az utóbbi években egyre inkább elterjedt di-izononil-ftalát (DINP) (H et al., 2019); Jeon et al., 2016). A ftalátok nem kötődnek kémiailag a PVC polimerhez, hanem szabadon mozgó és kioldódásra képes komponensként vannak jelen a műanyag mátrixában, ami hosszú távon beltéri expozícióhoz vezethet (Li et al., 2025).

Több kutatás rámutatott, hogy a PVC padlóburkolatok jelentős forrásai a ftalátoknak a beltéri porban. Jeon és munkatársai (2016) kimutatták, hogy a DEHP és DINP a padlóburkolatból kioldódva felhalmozódik a háztartási porban, és a felületi hőmérséklet növekedésével ez a folyamat felgyorsul. H et al. (2019) svédországi otthonok vizsgálata alapján a PVC padló jelenléte szignifikánsan magasabb ftalát-koncentrációval jár együtt a beltéri porban. Zhang et al. (2025) újabb kutatásában a különféle padlóburkolatok ftalát-tartalmát és migrációját vizsgálták, megállapítva, hogy a PVC padló a legfontosabb forrás a beltéri környezetben.

A beltéri expozíció egészségügyi kockázatai kiemelkedőek, különösen gyermekek és csecsemők esetében, akik gyakran érintkeznek a padlóval és a felületi porral. Epidemiológiai vizsgálatok összefüggést találtak a PVC burkolatok és a légúti

problémák, például hörgőelzáródás és asztma kialakulása között (H et al., 2019; Carlstedt et al., 2013). Ezen kívül a ftalátok endokrin hatásúak lehetnek, és hozzájárulhatnak hormonális zavarok kialakulásához a fejlődő szervezetű gyermekeknél (Li et al., 2025; Wormuth et al., 2006).

Az expozíció mértéke nagymértékben függ a környezeti tényezőktől, például a hőmérséklettől, páratartalomtól, szellőzéstől, valamint a PVC padlóburkolat életkorától és típusától (Jeon et al., 2016; Zhang et al., 2025). A ftalátok nemcsak gáz halmazállapotban, hanem a levegőben lebegő részecskékhez kötődve is jelen lehetnek, ami hosszabb idejű beltéri expozíciót eredményez (H et al., 2019).

Összességében a PVC padlóburkolatok előnyei mellett fontos figyelembe venni a kémiai adalékok kioldódásából eredő környezeti és egészségügyi kockázatokat. A szakirodalom hangsúlyozza az expozíció csökkentésének szükségességét, például ftalátmentes alternatívák használatával, valamint megfelelő szellőztetési és tisztítási gyakorlatok alkalmazásával (Li et al., 2025; Carlstedt et al., 2013).

Irodalomjegyzék

Syhu, H., Knutz, M., Krais, A., Lindh, C., & Bornehag, C. (2019). PVC flooring as a source for phthalates in indoor dust, the SELMA study. Environmental Epidemiology, 3, 36-37. https://doi.org/10.1097/01.ee9.0000606028.11929.2c

Carlstedt, F., Jönsson, B. A. G., & Bornehag, C. G. (2013). PVC flooring is related to human uptake of phthalates in infants. Indoor Air, 23(1), 32–39. https://doi.org/10.1111/j.1600-0668.2012.00788.x

Jeon, S., Kim, K. T., & Choi, K. (2016). Migration of DEHP and DINP into dust from PVC flooring products at different surface temperature. Science of the Total Environment, 547, 441-446. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2015.12.135

Li, X., Zheng, N., Yu, Y., An, Q., & Chen, C. (2025). Comprehensive indoor phthalate risk assessment: A multimedia exposure framework for quantifying population health risk and disease burden. Journal of Hazardous Materials, 140045. https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2025.140045

Stringer, R., Labunska, I., Santillo, D., Johnston, P., Siddorn, J., & Stephenson, A. (2000). Concentrations of phthalate esters and identification of other additives in PVC children's toys. Environmental Science and Pollution Research, 7(1), 27-36. https://doi.org/10.1065/espr199910.007

Wormuth, M., Scheringer, M., Vollenweider, M., & Hungerbühler, K. (2006). What are the sources of exposure to eight frequently used phthalic acid esters in Europeans? Risk Analysis, 26(3), 803–824. https://doi.org/10.1111/j.1539-6924.2006.00799.x

Zhang, Y., Chen, L. B., Shen, H. Y., Wu, Z. C., Zhu, N. Z., Gao, C. J., & Guo, Y. (2025). Occurrence, Migration Behavior, and Environmental Burden of Phthalate Esters in Flooring Materials Used in Newly Renovated Chinese Homes. Toxics, 13(7), 517. https://doi.org/10.3390/toxics13070517

Nagydobrony futóbogár faunájának felmérése

Csoma Dorina, Illár Lénárd
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
csoma.dorina.b22bi@kmf.org.ua, illar.lenard@kmf.org.ua

Jelen tanulmányomban Nagydobrony futóbogár-faunájának (*Coleoptera*: *Carabidae*) időbeli változását elemzem, három eltérő mintavételezési időszak (1996-1999, 2012, 2023-2025) adatainak összehasonlításával. A kutatás elsődleges célja feltárni a különböző években végzett felmérések során mely fajok fordultak elő mindegyik kutatási időszakban, mely fajok nem kerültek elő a későbbi időszakokban, továbbá melyek jelentek meg új fajként a legutóbbi vizsgálati periódusban.

A 2023-2025 közötti adatgyűjtés alkalmával több, korábban nem feljegyzett faj jelent meg, többek között az *Amara aenea*, *Abax parallelepipedus*, *Anchomenus dorsalis*, *Anisodactylus rusticus*, *Nebria brevicollis*, *Pterostichus vernalis*, *Stenolophus teutonus*, *Drypta dentata*, illetve néhány *Calathus*- és *Harpalus*-faj. Ezen adatokkal párhuzamosan több, a korábbi vizsgálatok során megfigyelt faj, mint a *Calosoma inquisitor*, *Carabus ullrichi*, *Abax parallelus*, *Synuchus vivalis*, *Abax carinatus*, *Carabus violaceus*, valamint számos *Pterostichus*- és *Harpalus*-faj, az utóbbi felméréseknél nem volt jelen. Emellett három faj, a *Carabus cancellatus*, *Carabus granulatus* és a *Pseudophonus rufipes* mindhárom időszakban jellemző volt, ami jelzi stabil jelenlétüket, illetve jó alkalmazkodóképességüket is.

A kapott eredmények a futóbogár-fauna összetételének fokozott átalakulását jelzik az elmúlt közel három évtizedet tekintve. Több tényező is szerepet kaphatott a fauna szerkezetének befolyásolását illetően, melyek egyaránt lehettek élőhely-struktúra módosulások, klímaváltozási hatások, antropogén terhelések.

A felmérés lehetőséget ad egy hosszabb távú monitorozás jelentőségére és hatékonyságára, egyben pedig hangsúlyozza a *Carabidae* fauna indikátorértékét a környezeti változások esetleges ellenőrzésében.

Peat mosses (*Sphagnum* spp.) as predictors of ecological status in Baltic raised bog ecosystems (Słupsk region, N Poland)

Katarzyna Dobrowolska
Bryological Section of Polish Botanical Society, Lublin, Poland,
dobrowolska@hotmail.it

Peat mosses (*Sphagnum* spp.) are recognised as reliable predictors of the ecological condition of Baltic raised bogs, which is particularly important in the context of dynamic climate and anthropogenic changes and constitutes a key element of monitoring ombrotrophic ecosystems (Banaś & Gos, 2004; Rydin & Jeglum, 2013; Stebel, 2017). The aim of this study was to assess species diversity and analyse habitat conditions influencing the distribution of *Sphagnum* species across five raised bogs in the Słupsk region (Fig. 1): Zaleskie Bagno (ZB), Słowińskie Błota (SB), Janiewickie Bagno (JB), Torfowisko Pobłockie (TP) and Bagna Izbickie (BI). All sites are nature reserves under strict or active partial protection, characterised by similar vegetation but differing land-use histories and regeneration stages.

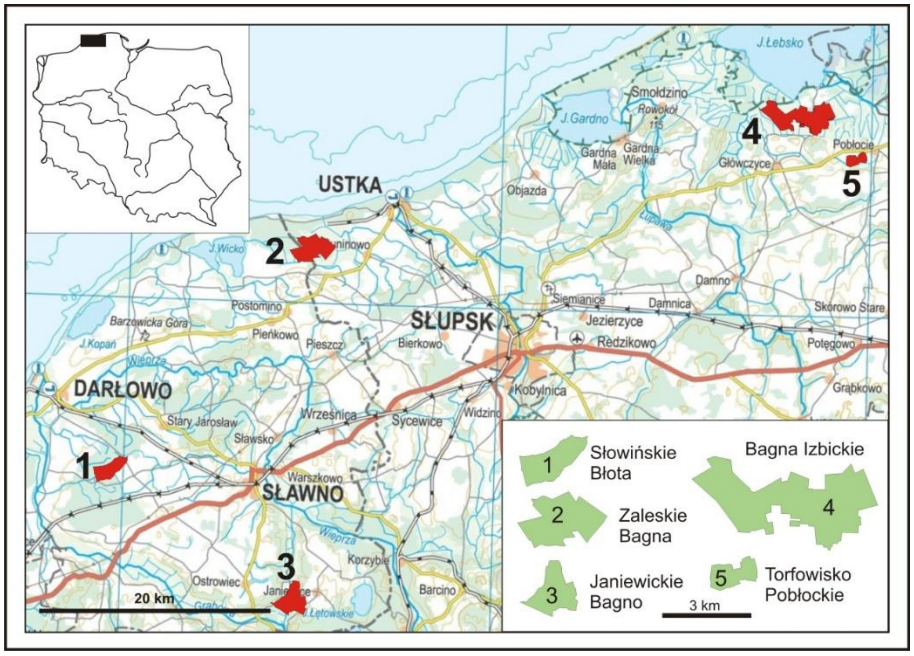


Fig. 1. Localisation of investigated peatbogs.

Fieldwork was conducted over two growing seasons (2022-2023) within four principal habitat types: open (OTW), edge (OKR), forested (LAS) and *Myrica gale* shrub (WOS). Using a modified method after Wojtuń (2006), 37 study plots were established, each containing 3-5 quadrats (1 m²). Species composition and abundance of *Sphagnum* were precisely estimated in each quadrat, together with dominant vascular plants. A total of 291 floristic–ecological records were obtained and subjected to detailed statistical and comparative analyses at both habitat and site levels.

Ecological analyses were based on Ellenberg indicator values adapted for bryophytes (Düll, 2001; Hájek et al., 2020; Simmel et al., 2021), a robust tool for assessing habitat parameters and inferring local ecological conditions (Chamberlaine & Wilson, 2025).

A clear gradient structure of habitat conditions was identified. Continentality (K) showed minimal variation among habitats, with mean values consistently around 5–5.5, indicating similar climatic settings. Reaction (R) was likewise weakly differentiated, with all habitats remaining strongly acidic (c. 2). In contrast, light (L) and moisture (F) displayed pronounced gradients. Open sites exhibited the highest light values, while forested sites showed reduced L, reflecting canopy shading. Moisture levels were generally high across habitats, but *Myrica gale* shrub communities reached the highest and most stable F values, whereas forests displayed slightly lower and more variable moisture conditions.

Nutrient availability (N) proved to be the most differentiating parameter. Open habitats were the poorest and most homogeneous, while forested and shrub sites exhibited greater heterogeneity, possibly related to organic matter accumulation and mineralisation processes.

Overall, habitat differentiation is primarily driven by light and nutrient gradients, with moisture playing a secondary but important role. Reaction and continentality form a relatively constant environmental background. The frequency and abundance of *Sphagnum* species appear to be shaped predominantly by local factors such as microhydrology, light availability and organic matter dynamics rather than broader climatic conditions. Species responses indicate high sensitivity to water-level fluctuations and light availability. Stenotopic species such as *Sphagnum cuspidatum* (Fig.2.) react more rapidly to disturbance than eurytopic taxa such as *Sphagnum fallax* or *Sphagnum palustre*. The observed increase in nutrient availability in smaller bogs (e.g. Torfowisko Pobłockie) highlights the urgent need for continued monitoring to assess the impact of global climate change on these unique ecosystems.

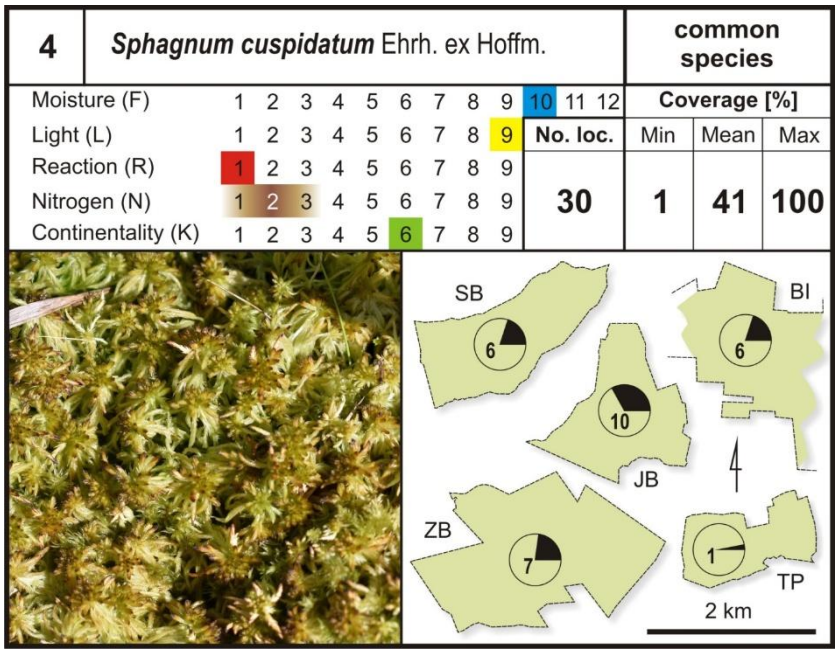


Fig. 2. One of twenty-two ecodiagrams of the studied peat moss species.

Bibliography

Banaś, K., & Gos, K. (2004). *Effect of peat-bog reclamation on the physico-chemical characteristics of the ground water in peat*. Polish Journal of Ecology, 52(1), 69-74.

Düll, R. (2001). *Zeigerwerte von Laub- und Lebermoosen*. W: Ellenberg H. (red.), Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.

Hájek M., Dítě D., Horsáková V., Mikulášková E., Peterka T., Navrátilová J., Jiménez-Alfaro B., Hájková P., Tichý L., Horsák M. 2020. *Towards the pan-European bioindication system: Assessing and testing updated hydrological indicator values for vascular plants and bryophytes in mires*. Ecological Indicators 116, 106527, 1-10.

Simmel J., Ahrens M., Poschlod P. 2021. *Ellenberg N values of bryophytes in Central Europe*. Journal of Vegetation Science, 32, 1-20.

Rydin, H., & Jeglum, J. K. (2013). *The Biology of Peatlands*. Oxford University Press.

Solon, J., et al. (2018). *Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data*. Geographia Polonica, 91(2), 143–170.

Stebel, A. (2017). *Mchy torfowce Sphagnum Pomorza Zachodniego*. Rocznik Sekcji Dendrologicznej PTB.

Wojtuń, B. (2006). *Torfowce (Sphagnum) i zbiorowiska mszaków na torfowiskach w Karkonoszach*. Wydawnictwo Akademii Rolniczej we Wrocławiu.

Nanorészecskék előállítása a $LaFeO_3$–$LaCoO_3$ rendszerben

Farkas Viktória[1]–Filep Mihály[1]–Szabó Marján[1,2]
[1]II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász;
[2]Ungvári Nemzeti Egyetem, Ungvár, Ukrajna
e-mail: farkas.viktoria.b20km@kmf.org.ua, filep.mihaly@kmf.org.ua, szabo.marjan@kmf.org.ua

Az ABO_3 általános képletű komplex oxidok, amelyek a perovszkit szerkezeti típusba tartoznak, a funkcionális anyagok egyik ígéretes csoportját alkotják fizikai és technológiai tulajdonságaik széles spektrumának köszönhetően. Ezek közé tartoznak többek között a ferroelektromos tulajdonságok, a magas hőmérsékletű szupravezetés, a mágneses viselkedés, valamint a katalitikus aktivitás (Tayari, Teixeira, Graca, & Nassar, 2025). E sajátosságok meghatározzák az ilyen típusú anyagok széles körű alkalmazhatóságát különböző területeken, például katalízisben, szilárd elektrolitos akkumulátorokban és mágneses szenzorokban (Tayari et al., 2025).

A perovszkit típusú oxidok közül a $LaFeO_3$ különös figyelmet kap alacsony előállítási költsége, nem toxikus jellege, valamint az alkotóelemek viszonylagos hozzáférhetősége miatt. Az utóbbi években jelentős kutatási érdeklődés irányul a nagy diszperzitású, nanoméretű perovszkitporok előállítására, amelyek kedvező fizikai és kémiai tulajdonságokkal rendelkeznek.

A jelen tanulmány célja a $LaFeO_3$–$LaCoO_3$ rendszerben képződő nanorészecskék kialakulásának vizsgálata volt. A minták előállításához szol–gél módszert alkalmaztunk, amelyet a kapott anyag későbbi hőkezelése követett. Kiindulási anyagként lantán-nitrátot ($La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$), kobalt (II)-nitrátot ($Co(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$), citromsavat ($C_6H_8O_7$) és ammónium-hidroxidot (NH_4OH) használtunk.

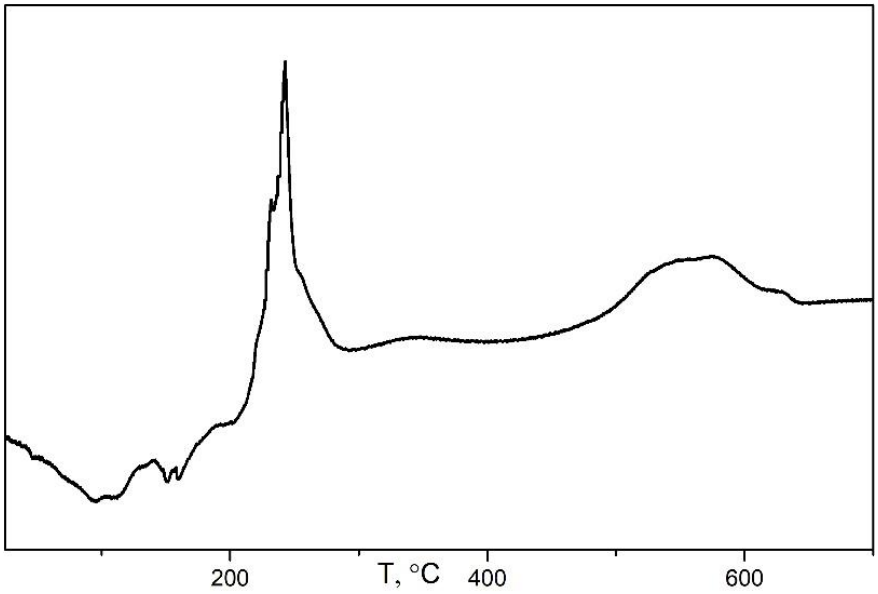
A fém-nitrátokat külön-külön oldottuk fel desztillált vízben 0,01 M koncentrációjú oldatok előállítása céljából. A teljes oldódást követően az oldatokat egyesítettük, majd folyamatos keverés mellett citromsavat adagoltunk hozzá Me: $C_6H_8O_7$ = 1: 2 moláris arányban. Ebben a rendszerben a citromsav stabil komplexeket képez a La^{3+} és Co^{2+} ionokkal, ami elősegíti a fémionok homogén eloszlását az oldatban.

A keveréket 75 °C-ra melegítettük, majd folyamatos keverés közben 25%-os ammónium-hidroxid oldatot adagoltunk cseppentként addig, amíg az oldat pH-értéke el nem érte a 8-at. A pH ilyen módon történő beállítása hozzájárult a gélháló stabilizálásához, valamint a fémionok egyenletes eloszlásához a teljes szol térfogatában.

Ezt követően a rendszert fokozatosan 90 °C-ra melegítettük, aminek hatására viszkózus, gélszerű háló alakult ki. A képződött gélt 100 °C-on szárítottuk. A hőkezelési hőmérsékleteket differenciális termikus analízis (DTA) eredményei alapján

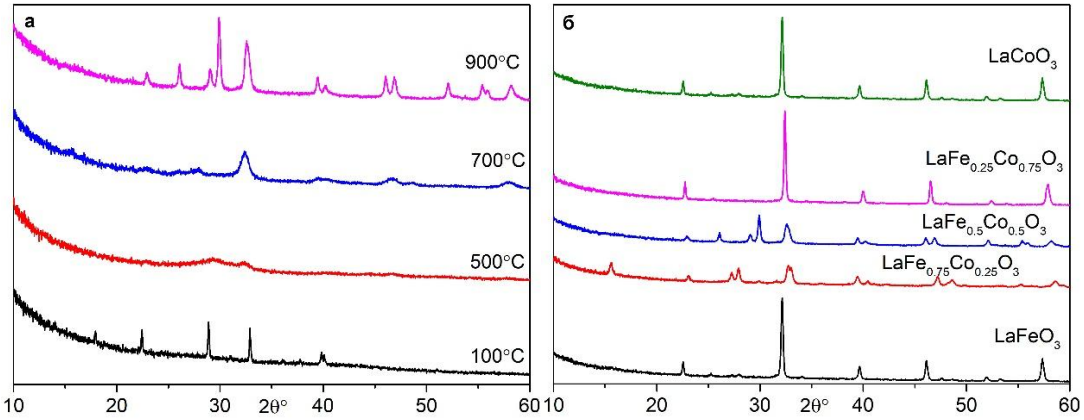
határoztuk meg (krómel–alumel termoelem alkalmazásával, levegő atmoszférában végzett melegítés során). A $LaFeO_3$ gél melegítési görbéjén (1. ábra) két exoterm effektus figyelhető meg, amelyek kezdete 202°C-nál, illetve 492°C-nál jelentkezik.
Az első exoterm effektus feltehetően egy olyan reakciófolyamat kezdetének felel meg, amely a következő egyenlettel írható le*:* $2La(NO_3)_3 + 2xFe(NO_3)_3 + 2(1-x)Co(NO_3)_2 + 5C_6H_8O_7 \rightarrow 2LaFe_xCo_{1-x}O_3 + 30CO_2\uparrow + 20H_2O\uparrow + (5+3x)N_2\uparrow$.

A kapott eredmények alapján a mintákat levegő atmoszférában 500°C-on, 700°C-on és 900°C-on, körülbelül 1 órán keresztül kalcináltuk. A gél hőkezelése során a minta öngyulladása következik be, amelynek eredményeként laza szerkezetű szilárd termék képződik a javasolt reakciómechanizmusnak megfelelően.



1. ábra. A 100 °C-on szárított $LaFeO_3$ gél melegítési görbéje.

A kalcinált porokat lehűlés után röntgendiffrakciós analízissel (XRD) vizsgáltuk (Proto AXRD diffraktométer, CuKα-sugárzás, Ni-szűrő, 0,5 s expozíciós idő). Az XRD-vizsgálatok eredményei alapján megállapítható, hogy a 100°C-on szárított minták már kristályos szerkezetet mutatnak**.** A hőmérséklet növelésével megindul a $LaFe_xCo_{1-x}O_3$ fázis kialakulása. Az 500°C-ra és 700°C-ra hevített minták diffraktogramjai alacsony intenzitású és kiszélesedett reflexiókat mutatnak, ami a porok nanoméretű kristallitjaira utal. Ez a jelenség példaként a $LaFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ összetételű minta esetében is megfigyelhető (2. ábra a). A megfigyelt reflexiórendszer az ortorombos perovszkit szerkezetnek felel meg (Pbnm tércsoport) (Bellakki et al., 2010). A 900°C-ra történő hevítés azonban egy további reflexiórendszer megjelenéséhez vezet, amelyet jelen vizsgálat során nem sikerült indexálni**.**



2. ábra. (a) A $LaFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ összetételű minták diffraktogramjai különböző hőkezelési hőmérsékleteken; (b) a $LaFe_xCo_{1-x}O_3$ összetételű minták diffraktogramjai 900 °C-on végzett hőkezelést követően**.**

A 2.b ábrán a $LaFe_xCo_{1-x}O_3$ összetételű minták diffraktogramjai láthatók 900 °C hőmérsékleten végzett hőkezelést követően. Amint a 2.b ábrán megfigyelhető, ezen a hőmérsékleten a $LaFeO_3$, $LaFe_{0.25}Co_{0.75}O_3$ és $LaCoO_3$ összetételű minták a perovszkit szerkezetre jellemző kristályszerkezetet mutatják. A $LaFe_{0.5}Co_{0.5}O_3$ és $LaFe_{0.75}Co_{0.25}O_3$ összetételű minták esetében azonban szennyező (másodlagos) fázisokra utaló reflexiók figyelhetők meg.

Irodalomjegyzék

1. Tayari F., Teixeira S.S., Graca M.P.F., Nassar K.I. A Comprehensive Review of Recent Advances in Perovskite Materials: Electrical, Dielectric, and Magnetic Properties. *Inorganics.* 2025. V. 13. 67.

2. Bellakki M.B., Kelly B.J., Manivannan V. Synthesis, characterization, and property studies of (La,Ag)FeO_3 (0.0<= x<= 0.3) perovskites. *Journal of Alloys and Compounds*. 2010. V. 489. P. 64–71.

Kárpátalja nemzetiségi összetételének változásai a 20. század első felében

Fodor Gyula, Tóth Attila, Silkina Heléna
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magzar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
fodor.gyula@kmf.org.ua

Bevezetés, kutatási módszerek

Kárpátalja a nagyhatalmi érdekek mentén létrehozott régió, így határai nem esnek egybe az etnikai, etnográfiai, nyelvi vagy történeti-kulturális határokkal. Emiatt mindig is etnikai és nyelvi sokszínűség jellemezte. A régió a mai napig megőrizte ezt a jellegét, ma is számos nemzetiségi és nyelvi csoport képviselői élnek a területen.

Jelen kutatás alappillérét az 1910-es és az 1941-es népszámlálások Kárpátaljára vonatkozó nemzetiségi adatai képezték, melyek Magyarország Központi Statisztikai Hivatalának 1996-ban és 2000-ben megjelent kiadványaiban kerültek publikálásra. Ezek települési szinten rögzítik a mai Kárpátalja területén a vizsgált időszakban elhelyezkedő települések etnikai adatsorait, melyeket Microsoft Excel táblázatkezelő szoftver segítségével rendszereztünk és ArcGIS 10.1 térinformatikai programban tematikus térképeken ábrázoltunk. Mivel a vizsgált időszakok közigazgatási beosztása jelentős mértékben eltért egymástól, a települések térbeli szerveződését a Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 1915-ös és 1945-ös sematizmusaiban szereplő főesperességek és esperességek szerint alakítottuk ki.

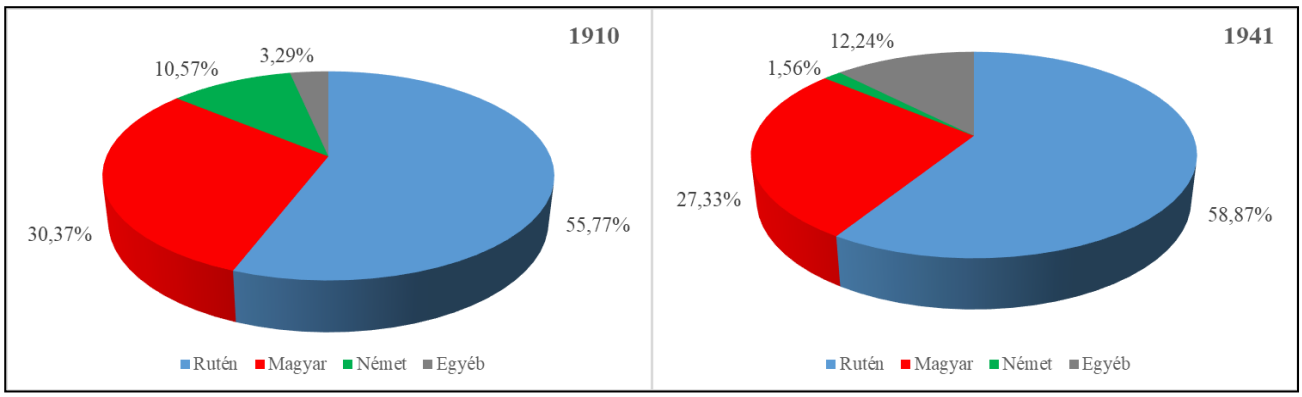
1915-ben a mai Kárpátalja területén elhelyezkedő települések zöme a Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 4 főesperességének (Beregi, Máramarosi, Ugocsai, Ungi) kötelékébe tartozott. Kivétel az Aknaszlatina környékén elhelyezkedő 5 település (Alsóapsa, Középapsa, Faluszlatina, Aknaszlatina és Tiszafejéregyház), amelyekről a Szamosújvári Egyházmegye 1914-es sematizmusából sikerült adatot gyűjteni, mivel akkor a Szamosújvári Egyházmegye Máramarosi Vikáriátusának Szigeti Esperességéhez tartoztak. Ám az 1945-ös sematizmusban az adott települések zöme (Tiszafejéregyház kivételével) már a Munkácsi Egyházmegye Máramarosi Főesperessége Román Esperesi Kerületének része volt. Továbbá, az 1915-ben még a Visóoroszi Esperességhez tartozó egyetlen kárpátaljai település, Terebesfejérpatak az 1945-ös sematizmusban már a Rahói Esperesség kötelékébe tartozott.

A Beregi és az Ungi Főesperességek Kárpátalján elhelyezkedő területei esetében nem történt számottevő változás a vizsgált időszak során. Minimális eltérés figyelhető meg az esperességek településhálózatában: pl., a Szarvasrét parókiájához tartozó települések (Szarvasrét, Hegyrét, Nádaspatak, Szidorfalva), amelyek 1915-ben még a Beregi Főesperesség Szentmiklósi Esperességéhez tartoztak, az 1945-ös sematizmus alapján már az Ungi Főesperesség Turjai Esperességének részei voltak.

Az Ugocsai Főesperesség 1915-höz képest bővült egy esperesi kerülettel, ugyanis a Nagyszőlősi és a Tiszaszászfalui Esperességek déli, főleg magyarok által lakott részein megalakult az Újlaki Esperesség, jelentős mértékben megváltoztatva a korábban felállított esperességek településszámait.

A népesség nemzetiségi összetételének változásai

A felhasznált népszámlálási adatok három nemzetiséget (rutén, magyar, német) és egy „egyéb” kategóriát különítettek el (*1. ábra*).



1. ábra. A lakosság nemzetiségi összetételének változása a mai Kárpátalja területén (1910–1941)

Forrás: Kepecs J., 1996 és Kepecs J., 2000; saját szerkesztés

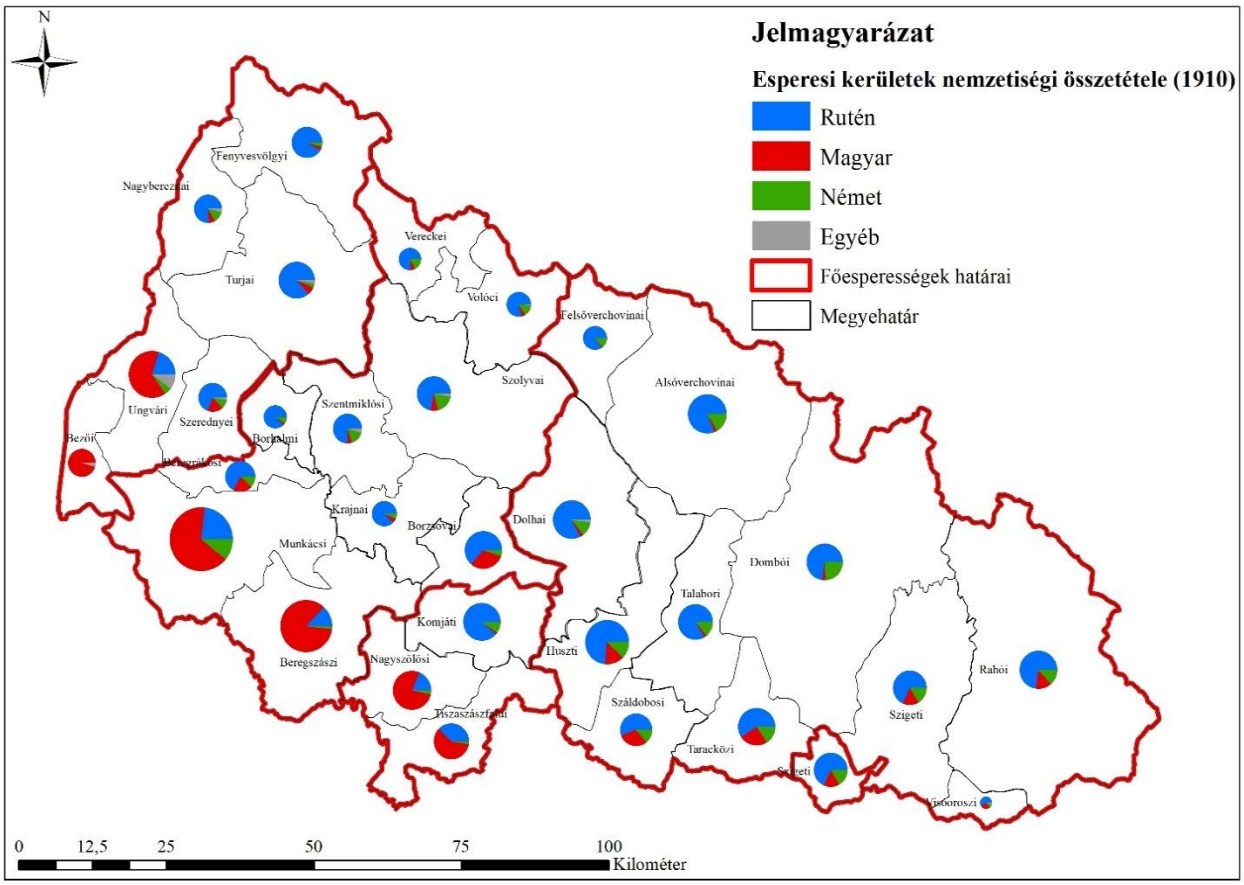
A domináns rutén mögött a második legszámosabb nemzetiség a magyar volt. Annak ellenére, hogy összesített létszámuk növekedett, arányuk a vizsgált időszakban 3%-kal csökkent a teljes népességen belül. Ez azzal magyarázható, hogy 1920 után jelentős volt a magyar lakosság áttelepülése Magyarország területére (Molnár D. I., 2018). A magyarság legnagyobb abszolút számai a Beregi Főesperesség Munkácsi Esperesi Kerületében kerültek regisztrálásra (40 ezer fő, illetve 50 ezer fő), míg arányaikat tekintve 1910-ben az Ungi Főesperesség Bezői Esperesi Kerületében (94,4%), 1941-ben pedig az Ugocsai Főesperesség Újlaki Esperesi Kerületében (90,9%) rögzítették legmagasabb részesedésüket. A legnagyobb létszámú magyar közösség mindkét népszámláláskor Ungváron élt (13 ezer fő, illetve 27 ezer fő).

Az 1910-es népszámlálás alapján a harmadik legnagyobb nemzetiség még a német volt (10,57%), ám arányuk az 1941-es cenzus idejére drámaian lecsökkent (1,56%). E csökkenés egyik oka a zsidó lakosságot érintő népszámlálási adatfelvétel megváltozása volt, mivel az 1910-es népszámlálás során a zsidóságot csak vallási szempontból különítették el. Az 1921-es és 1930-as népszámlálások során az izraelita vallásúak számára nemzetiségi viszonylatban is külön csoportot hoztak létre, ezáltal drasztikusan csökkentve a német nemzetiségűek arányát (és jelentős mértékben a magyarok mutatóit is). És bár az 1941-es népszámlálás során a magukat magyar anyanyelvűnek valló zsidókat ismét magyarként rögzítették, a feltehetően német anyanyelvű zsidók az egyéb kategóriában lettek rögzítve. Mindkét vizsgált cenzus alkalmával a legnagyobb német közösség a Beregi Főesperesség Munkácsi Esperesi Kerületében összpontosult (közel 6600 fő, ennek kb. fele Munkács városában). Az összlakosságból való legjelentősebb részesedésüket 1910-ben a Máramarosi Főesperesség Dombói Esperesi Kerületében (23,9%), 1941-ben pedig a Beregi Főesperesség Kisalmási Esperesi Kerületében (10,7%) érték el.

Korábbi források (Fényes E., 1851) más nemzetiségeket is említettek, mint például a szlovákok (tótok) és románok (oláhok), akik viszonylag jól definiálható területi elhelyezkedéssel rendelkeztek. Őket a későbbi statisztika a már említett egyéb kategóriába sorolta, amely egy közel 9%-os részarány-növekedést mutatott a vizsgált időszak során. Továbbá fontos megemlíteni azt is, hogy az 1941-es népszámlálás során

a zsidóságot nemcsak vallási, hanem etnikai szinten is elkülönítették, ezzel is tovább duzzasztva az egyéb csoportot alkotó népességszámot.

A Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye mai Kárpátalja területén található esperesi kerületeinek nemzetiségi összetételét a *2.* és a *3. ábra* szemlélteti.



2. ábra. A Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye mai Kárpátalja területén elhelyezkedő esperesi kerületeinek nemzetiségi összetétele (1910)

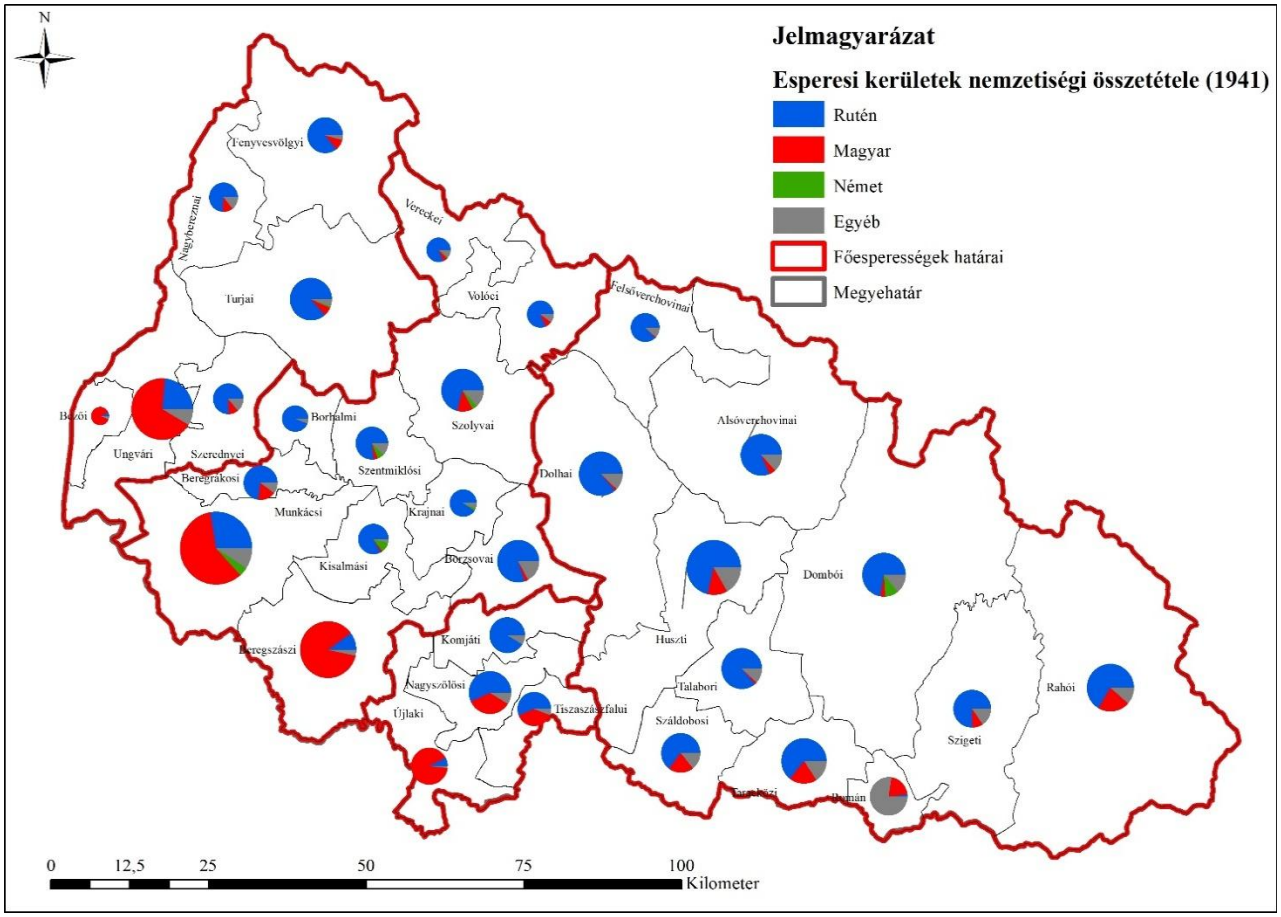
Forrás: *KSH, 1996, a Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 1915-ös és a Szamosújvári Egyházmegye 1914-es sematizmusa; saját szerkesztés*

Az esperesi kerületek 1910-es és 1941-es nemzetiségi összetételének vizsgálata során három területi kategóriát tudtunk elkülöníteni:

1. Abszolút rutén többséggel rendelkező kerületek.
2. Abszolút magyar többséggel rendelkező kerületek.
3. Az „egyéb” kategória abszolút többségével jellemezhető kerületek.

1910-ben abszolút magyar többség 6 esperesi kerületben volt megfigyelhető: a Beregi Főesperesség Beregszászi (84,5%) és Munkácsi Esperességeiben (65,8%), az Ugocsai Főesperesség Nagyszőlősi (77,9%) és Tiszaszászfalui Esperességeiben (59,8%), valamint az Ungi Főesperesség Bezői (94,4%) és Ungvári Esperességeiben (64,0%). 1941-re egy jelentős változás figyelhető meg: az Ugocsai Főesperesség Újlaki Esperességének megalakulása, amelyben a lakosság 90,9%-a vallotta magát magyarnak. A Nagyszőlősi és a Tiszaszászfalui Esperesi Kerületekben ezzel csökkent

a magyarok aránya, így azok átkerültek az abszolút rutén többséggel rendelkező csoportba.



3. ábra. A Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye mai Kárpátalja területén elhelyezkedő esperesi kerületeinek nemzetiségi összetétele (1941)

Forrás: *KSH, 1996, a Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 1945-ös sematizmusa; saját szerkesztés*

Felhasznált források jegyzéke

1. Molnár D., I. (2018): *Perifériáról perifériára – Kárpátalja népessége 1869-től napjainkig*. Budapest, Kisebbségkutató Intézet, 180 p.
2. Kepecs, J. (szerk.) (1996): *Kárpátalja településeinek nemzetiségi (anyanyelvi) adatai (1880–1941)*. Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 263 p.
3. Kepecs, J. (szerk.) (2000): *Kárpátalja településeinek vallási adatai (1880–1941.)* Központi Statisztikai Hivatal, Budapest, 245 p.
4. Fényes, E. (1851): *Magyarország Geográfiai Szótára: mellyben minden város, falu és puszta betűrendben körülményesen leíratik. I–IV kötet*. Nyomtatott Kozma Vazulnál Pesten, 1253 p.
5. *A Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 1915-ös sematizmusa*. Elérhető: https://byzantinohungarica.com/index.php/munkacsi-egyhazmegye-sematizmusa-1915. Letöltés: 2021.04.05.

6. *A Szamosújvári Egyházmegye 1914-es sematizmusa*. Elérhető: https://byzantinohungarica.com/index.php/szamosujvari-sematizmus-1914. Letöltés: 2021.04.05.
7. Marosi, I (szerk., 2020): *Munkácsi Görögkatolikus Egyházmegye 1945-ös sematizmusa*. Beregszász, Bendász István Görögkatolikus Könyvtár és Levéltár, 340 p.

A kárpátaljai lakosok hozzáállása a környezeti problémákhoz

Gergely Lívia, Silkina Heléna
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
gergely.livia@kmf.org.ua, silkina.helena@kmf.org.ua

Világunk egyik legfontosabb jellemzője a folyamatos fejlődés, mely az esetek nagy százalékában pozitív mintázatként értékelhető. Az emberiség létezése óta észlelhető gyarapodás a gazdaság különböző szektoraiban és a társadalmi élet minden színterén megmutatkozik, bár időszakos megtorpanások esetenként felfedezhetők.

A társadalmi-gazdasági fejlődés maga után vonta a környezeti gondok megjelenését, majd azok globálissá válását. Ma már nincs olyan ember Európa, – de talán a világ – egyetlen országában sem, aki ne hallott volna a környezeti gondok súlyosságáról, típusairól, lehetséges megoldásukról. Tehát, a téma ***aktualitását*** ez egyértelműen megadja, hiszen mindannyian érintettek vagyunk adott kérdésben.

Rengeteg vizsgálat foglalkozik a globális környezeti problémákkal. Nemzetközi szervezetek, nemzetek közötti egyezmények – mind a lehetséges megoldások után kutatnak. Az eredmények sokszor arra mutatnak, hogy radikális változásokra lenne szükség már csak ahhoz is, hogy minimális pozitív irányú módosulást érhessünk el. A környezetvédők viszont úgy tartják, hogy a legkisebb elem is tud javulást indukálni a hatalmas rendszerben, így egy kis település, egy háztartás, vagy akár egy magánszemély is hozzá tud tenni a környezet (környezete) állapotának javításához.

Kutatásunk tárgya a környezettudatosság, ezen belül is a környezeti magatartás különböző megnyilvánulási formáinak tanulmányozása. Vizsgálatunk arra kíván utalni, hogy ezek az egységek (kis települések) minimális hozzájárulása is tud javítani a globális állapotokon. ***Kutatásunk célja*** a lakosság környezeti látásmódjának felderítése ***kérdőíves módszer*** segítségével. A vizsgálat során standardizált, főként zárt és nyitott kérdéseket egyaránt tartalmazó kérdőívet állítottunk össze, amely a környezeti attitűdökre, a környezetvédelmi szokásokra, valamint a környezeti problémák észlelésére irányult. A felmérést két településen végeztük: Dercen és Fornos lakosait kerestük fel, és személyes megkérdezés módszerével gyűjtöttük az adatokat. A válaszokat anonim módon rögzítettük, majd leíró statisztikai eljárások segítségével elemeztük, hogy átfogó képet kapjunk a vizsgált települések lakosainak környezeti tudatosságáról és attitűdjeiről. ***Vizsgálatunk eredményei*** reményre adnak okot, hiszen a megkérdezettek 73 %-a fontosnak tartja a tiszta környezetet és tesz is annak megőrzéséért. 91 %-uk – saját elmondásuk szerint – szándékosan soha nem szemetel, és az adatközlők majdnem 71 %-a odafigyel az energiatakarékosságra. Ugyanakkor csupán 11 % figyel a vásárolt termékekben található vegyi anyagok tartalmára, és 13 % gondoskodik a veszélyes hulladékok megfelelő ártalmatlanításáról. A kutatás további egységei bemutatják, hogy a megkérdezettek hogyan viszonyulnak a környezettudatossággal kapcsolatos normák és tevékenységek rendszeréhez.

Az összegyűjtött információk alapján azt a ***következtetést*** vonhatjuk le, hogy bár a környezeti kérdéseket érintő fogalmak ismertek a lakosok körében, valamint alapvető formában a gyakorlati megvalósítás is működik, ennek ellenére a környezetvédelemmel kapcsolatos fontos döntések, lépések hiányoznak.

A kutatásunk ***gyakorlati jelentősége*** egyrészt abban nyilvánul meg, hogy maga a kérdőíves felmérés nevelési szerepet is betölt, valamint javaslatokat fogalmazhat meg a köztisztviselők számára a környezeti magatartás javítása érdekében, amelyek elősegíthetik a fenntartható fejlődésre irányuló intézkedések hatékonyabb végrehajtását és a környezettudatos döntéshozatalt.

A kutatás ***perspektívájaként*** szeretnénk a kutatást kiterjeszteni Kárpátalja több településére is.

Kulcsszavak: *környezettudatosság, környezeti attitűd, energiatakarékosság, hulladékkezelés, környezeti nevelés, Kárpátalja.*

Modern blood products in clinical practice: from plasma fractionation to recombinant biopharmaceuticals

Małgorzata Gradziuk[1,2], Halina Tkaczenko[2], Natalia Kurhaluk[2]
[1]Regional Centre for Blood Donation and Blood Treatment named after John Paul II in Słupsk, Słupsk, Poland;
[2]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland
e-mail: gosiagra@op.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Introduction. Blood and its derivatives have been a cornerstone of clinical medicine for centuries, evolving from early and often hazardous transfusion attempts to highly refined and rigorously regulated biopharmaceutical preparations. Contemporary pharmacy and transfusion medicine have made significant technological and organisational advances in the collection, processing, storage, and clinical application of blood components. These advances have transformed patient management in various medical specialities, including surgery, intensive care, haematology, and immunology [Seifried and Müller, 2011; Marik, 2014]. The term "blood products" now encompasses a diverse range of therapeutic agents, from whole blood and its separated components to highly specialised plasma-derived medicinal products. Each of these preparations fulfils a distinct and indispensable therapeutic function in managing acute and chronic disorders [Samis, 2008].

Transfusion therapy was historically associated with considerable risks and limitations. Early clinical practice was complicated by immunohaematological incompatibilities, the transmission of viral pathogens and bacteria, and the relatively short shelf life of blood components that are susceptible to degradation. These challenges significantly restricted the scope and safety of transfusion-based interventions [Despotis et al., 2007]. However, over recent decades, the implementation of advanced donor screening procedures, nucleic acid amplification testing, pathogen inactivation technologies, optimised anticoagulant-preservative solutions, and strict regulatory oversight has led to a marked improvement in the safety profile and clinical efficacy of blood-derived therapies [Epstein, 2010]. Consequently, the therapeutic applications of blood products have expanded considerably, enabling clinicians to customise treatments to specific pathophysiological requirements while minimising adverse effects [Mahara et al., 2023].

Another milestone in the evolution of blood product manufacturing was the introduction of recombinant DNA technology. This innovation has enabled the large-scale production of highly purified, structurally defined, pathogen-free therapeutic proteins that replicate or functionally replace plasma-derived factors. Recombinant techniques have reduced dependence on human plasma supplies and enhanced product consistency and safety [Khan et al., 2016; Bas, 2025]. Consequently, a new generation of biological medicines has emerged, including recombinant coagulation factors for treating haemophilia and highly purified immunoglobulin preparations for treating immunodeficiency and autoimmune diseases. These advances have significantly improved long-term prognoses, reduced treatment-related complications, and enhanced the quality of life of affected patients [Kingdon and Lundblad, 2002; Liras and García-Trenchard, 2013; Rocino et al., 2014].

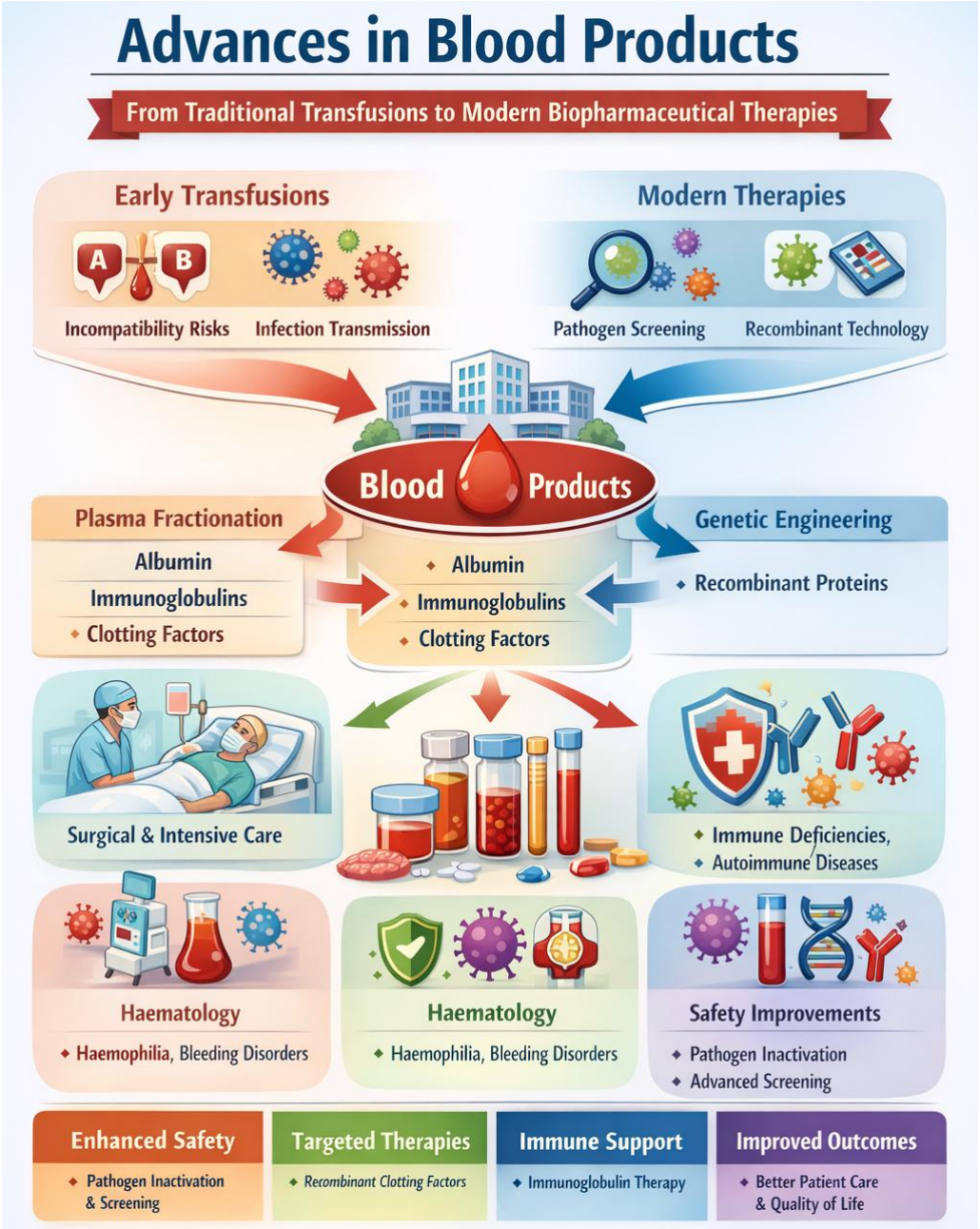


Fig. 1. Evolution of blood products: from traditional transfusion to recombinant and plasma-derived biotherapeutics.

From a pharmaceutical perspective, blood products are classified as medicinal preparations that are obtained either through large-scale plasma fractionation or genetic engineering techniques. Plasma fractionation involves the sequential separation and purification of individual protein fractions based on their physicochemical properties, such as solubility, molecular weight, and charge. Each isolated protein exhibits specific biological activities that determine its clinical utility. Meanwhile, certain plasma proteins intended for therapeutic use are currently produced exclusively through recombinant methods, ensuring high purity and eliminating the risk of blood-borne pathogen transmission [Laub et al., 2010]. The principal categories of blood-derived medicinal products currently available on the market are: (1) albumins, (2) globulins

(particularly immunoglobulins), and (3) coagulation factor concentrates [Pernemalm et al., 2019; Nair et al., 2020].

Notable progress has particularly been achieved in the management of congenital and acquired bleeding disorders following the introduction and continuous refinement of coagulation factor concentrates [Mannucci, 2003]. The therapeutic landscape for haemophilia A and B and von Willebrand disease has undergone a profound transformation, shifting from on-demand plasma or cryoprecipitate transfusions to targeted replacement therapy with purified or recombinant factors. These concentrates are designed to compensate for deficiencies in specific coagulation proteins, and depending on the clinical scenario, one or more factors may require supplementation [Hermans and Pierce, 2025]. In addition to plasma-derived products, recombinant coagulation factors are now widely used and often preferred due to their enhanced safety profile and standardised production processes (Fig. 1).

The currently available coagulation factor concentrates are: (1) factor VIII concentrates, including preparations containing factor VIII and von Willebrand factor; (2) highly purified factor IX concentrates; (3) prothrombin complex concentrates containing factors II, VII, IX and X; (4) activated prothrombin complex concentrates; (5) fibrinogen concentrate; and (6) factor VII, X, XI and XIII concentrates [Factor VIII concentrates, 2009]. The development and optimisation of these preparations have significantly reduced morbidity and mortality related to bleeding, enabled prophylactic treatment strategies, and facilitated complex surgical procedures in patients with inherited or acquired coagulopathies.

Coagulation factor concentrates and selected plasma-derived medicinal products

Factor VIII concentrate. Freeze-dried (lyophilised) Factor VIII preparations are available in plasma-derived and recombinant forms, and are approved for treating and preventing bleeding episodes in haemophilia A patients. These products restore deficient or impaired Factor VIII activity, enabling effective thrombin generation and fibrin clot formation. Contemporary therapeutic strategies increasingly emphasise the importance of regular prophylactic administration in order to prevent spontaneous bleeding in the joints and muscles, and to reduce the risk of long-term complications such as haemophilic arthropathy [Powell, 2009].

Plasma-derived factor VIII contains von Willebrand factor (vWF). Combined Factor VIII and vWF concentrates are indicated not only for haemophilia A, but also for preventing and managing bleeding in patients with von Willebrand disease, particularly when desmopressin is ineffective or contraindicated. The presence of vWF enhances the stability and half-life of factor VIII in circulation, supporting platelet adhesion at sites of vascular injury and improving haemostatic efficacy [Tuohy et al., 2011].

Factor IX concentrate. Lyophilised factor IX preparations, obtained from either pooled human plasma or recombinant DNA technology, are used to prevent and treat bleeding in individuals with haemophilia B, and as with factor VIII therapy, both on-demand and prophylactic regimens are used depending on disease severity and bleeding phenotype. The availability of highly purified and recombinant products has

markedly improved safety and reduced the risk of pathogen transmission [Roth et al., 2001].

Factor VII concentrate. There are two main forms available: a) Plasma-derived factor VII, which is supplied as a lyophilised concentrate that is isolated from human plasma. It is indicated for the prevention and control of bleeding in patients with congenital or acquired factor VII deficiency; b) The other form is recombinant activated factor VII (rFVIIa), which is produced using genetic engineering techniques in hamster kidney cell lines. rFVIIa provides an activated form of the protein and plays a crucial role in bypassing certain steps of the coagulation cascade. It is particularly useful in patients with inhibitors to other coagulation factors [Vincent et al., 2006; Dutta and Verma, 2014].

Prothrombin Complex Concentrate (PCC). PCC is a lyophilised, plasma-derived preparation containing the vitamin K-dependent coagulation factors II, VII, IX, and X, as well as the natural anticoagulants, protein C and protein S. Clinically, PCC is indicated for managing acute bleeding and preventing perioperative bleeding in patients with acquired deficiencies of prothrombin complex factors. This includes patients receiving vitamin K antagonists. It is also used to treat congenital or acquired deficiencies of factors II or X [Chai-Adisaksopha et al., 2016; Baskaran et al., 2024]. Due to its rapid onset of action, PCC is widely used for the emergency reversal of anticoagulation.

Activated Prothrombin Complex Concentrate (aPCC). This plasma-derived, lyophilised product contains activated coagulation factors, primarily activated Factors II, VII, IX and X, and is indicated for the treatment and prophylaxis of bleeding in patients with haemophilia A complicated by Factor VIII inhibitors, as well as in haemophilia B patients with Factor IX inhibitors. Furthermore, it may be used in individuals without inherited haemophilia who develop acquired inhibitors against factors VIII, IX or XI. By providing activated downstream factors, aPCC bypasses blocked steps in the coagulation cascade [Awad and Cocchio, 2013].

Fibrinogen concentrate. Fibrinogen (factor I) is a plasma glycoprotein that is predominantly synthesised by hepatocytes. It is present in significantly higher concentrations than other clotting factors (approximately 1.5-3.5 g/L). The human body does not maintain substantial fibrinogen stores and plasma levels can decline rapidly during massive bleeding or consumption coagulopathy. As well as playing a central role in fibrin clot formation, fibrinogen influences blood viscosity and belongs to the group of acute-phase proteins [Neerman-Arbez and Casini, 2018]. Fibrinogen concentrates are used to treat bleeding caused by congenital fibrinogen deficiency (afibrinogenaemia or hypofibrinogenaemia), as well as acquired conditions such as trauma-induced coagulopathy and obstetric haemorrhage [Collins et al., 2014; Costa-Filho et al., 2016].

Factor XIII concentrate. Factor XIII is a glycoprotein found in plasma, platelets, and the placenta. There, it plays a pivotal role in stabilising fibrin clots by cross-linking fibrin monomers. It consists of two subunits: the catalytic A subunit synthesised by megakaryocytes, monocytes and macrophages, and the carrier B subunit derived mainly from endothelial cells. In circulation, the predominant form is plasma factor XIII, which is activated by thrombin. Concentrates of factor XIII are administered in

cases of congenital factor XIII deficiency to prevent life-threatening bleeding and impaired wound healing [Ząbczyk et al., 2021; Mangla et al., 2024].

Albumin preparations. Human albumin solutions are produced from pooled plasma using the Cohn cold ethanol fractionation method. This technique uses graded ethanol concentrations and low temperatures to reduce protein solubility and selectively precipitate plasma fractions [Mousavi Hosseini and Ghasemzadeh, 2016]. By carefully controlling temperature, ionic strength, and ethanol concentration, highly purified albumin solutions containing at least 95% albumin can be obtained. In Poland and other countries, albumin is available as iso-oncotic (4-5%) and hyperoncotic (20-25%) solutions. The active component, albumin, has a molecular weight of approximately 66 kDa.

It constitutes 55-65% of total plasma protein and is synthesised primarily in hepatocytes. Its daily production is estimated at 12–14 g (approximately 130-200 mg/kg body weight), with normal adult plasma concentrations ranging from 3.5 to 5.0 g/dL. Physiologically, albumin is essential for maintaining colloid osmotic (oncotic) pressure and regulating fluid distribution between the intravascular and interstitial compartments. In addition to its volume-expanding properties, albumin has a significant binding capacity for endogenous and exogenous ligands, including hormones, fatty acids, bilirubin, and numerous drugs. It also demonstrates antioxidant and immunomodulatory activities. The clinical indications for administering albumin derive from these physiological functions and include hypovolaemia, hypoalbuminaemia, severe burns, large-volume paracentesis and therapeutic plasma exchange [Bihari et al., 2020; Belinskaia et al., 2021].

Immunoglobulin preparations. Human immunoglobulins are obtained by fractionating plasma collected from multiple healthy donors, and they consist predominantly of IgG antibodies. Depending on the route of administration and clinical indication, they are available in three main formulations: intramuscular (IMIG), intravenous (IVIG) and subcutaneous (SCIG) [Barahona Afonso and João, 2016; Ness, 2019].

IMIG preparations contain IgG alongside small amounts of IgM and IgA, and may include hyperimmune immunoglobulins. IMIG preparations are primarily used for passive immunisation against infectious diseases such as hepatitis A and B, measles, tetanus and cytomegalovirus. They are also used to prevent haemolytic disease of the foetus and newborn in cases of RhD incompatibility (anti-D immunoglobulin). IVIG products contain more than 95% IgG, with trace levels of IgM and IgA. They are used to treat primary and secondary immunodeficiencies, and are also used for their immunomodulatory effects in autoimmune and inflammatory disorders. SCIG formulations, which are mainly composed of IgG, are administered subcutaneously and are particularly useful in long-term replacement therapy for congenital agammaglobulinaemia, hypogammaglobulinaemia, and other antibody deficiencies [Barahona Afonso and João, 2016; Ness, 2019].

Safety considerations. Plasma-derived medicinal products undergo rigorous donor selection and serological and molecular screening. They also undergo validated pathogen inactivation/removal procedures. This results in an exceptionally high level of safety [Seifried and Müller, 2011; Marik, 2014]. The use of recombinant coagulation

factors further reduces the risk of transmitting human blood-borne pathogens. However, some authors have raised theoretical concerns that products derived from non-human cell cultures or transgenic animals could pose a risk of transmitting zoonotic pathogens, including certain retroviruses [Marik, 2014]. Additionally, residual host cell proteins or other process-related impurities may rarely cause hypersensitivity reactions.

Importantly, intravenous immunoglobulin preparations remain irreplaceable in clinical practice due to their polyclonal composition and broad antigen specificity. Due to their complex and heterogeneous structure, it is unlikely that a fully recombinant equivalent will become available in the near future [Seifried and Müller, 2011; Marik, 2014]. While recombinant monoclonal antibodies have achieved considerable success in targeted therapy and diagnostics, large-scale recombinant production of albumin is not currently economically competitive with plasma-derived albumin.

Conclusions. Blood products remain an essential and rapidly evolving pillar of contemporary clinical medicine. The transition from early transfusion practices, which were burdened by immunological incompatibilities and infectious risks, to highly purified, standardised and strictly regulated medicinal preparations, represents one of the most significant achievements in modern therapeutics. Advances in donor screening, pathogen inactivation, molecular diagnostics and regulatory oversight have markedly improved the safety profile of plasma-derived medicinal products, expanding their use across multiple medical specialties.

The introduction of recombinant DNA technology has also transformed the field, enabling the production of structurally defined, pathogen-free proteins that are more consistent and available. In particular, recombinant coagulation factors have revolutionised haemophilia A and B management, shifting treatment paradigms from episodic intervention to preventive strategies that significantly reduce morbidity and improve long-term outcomes. Similarly, plasma-derived and recombinant products, such as prothrombin complex concentrates, fibrinogen, factor XIII, albumin and immunoglobulins, play an indispensable role in treating bleeding disorders, immune deficiencies, autoimmune diseases and critical care conditions. However, certain plasma-derived products, most notably intravenous immunoglobulins, remain irreplaceable due to their polyclonal structure and broad immunological specificity. While recombinant monoclonal antibodies have achieved significant therapeutic success, not all plasma proteins can yet be economically or functionally substituted by recombinant analogues.

Overall, the integration of plasma fractionation technologies with genetic engineering approaches has resulted in a comprehensive and highly effective range of therapies. Continued innovation in biotechnology, safety monitoring and personalised medicine is expected to optimise the efficacy, accessibility and safety of blood-derived medicinal products further, ultimately improving patient survival rates and quality of life.

References

1. 6 Factor VIII Concentrates, Factor VIII/von Willebrand Factor Concentrates, Factor IX Concentrates, Activated Prothrombin Complex Concentrates. (2009). *Transfusion medicine and hemotherapy: offizielles Organ der Deutschen Gesellschaft fur Transfusionsmedizin und Immunhamatologie*, 36(6), 409–418.
2. Awad, N. I., & Cocchio, C. (2013). Activated prothrombin complex concentrates for the reversal of anticoagulant-associated coagulopathy. *P & T: a peer-reviewed journal for formulary management*, 38(11), 696–701.
3. Barahona Afonso, A. F., & João, C. M. (2016). The Production Processes and Biological Effects of Intravenous Immunoglobulin. *Biomolecules*, 6(1), 15. https://doi.org/10.3390/biom6010015.
4. Bas T. G. (2025). Formulation of Recombinant Therapeutic Proteins: Technological Innovation, Regulations, and Evolution Towards Buffer-Free Formulations. *Pharmaceutics*, 17(9), 1183. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics17091183.
5. Baskaran, J., Lopez, R.A., Cassagnol, M. Prothrombin Complex Concentrate. [Updated 2024 Oct 6]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/sites/books/NBK539716/.
6. Belinskaia, D. A., Voronina, P. A., & Goncharov, N. V. (2021). Integrative Role of Albumin: Evolutionary, Biochemical and Pathophysiological Aspects. *Journal of evolutionary biochemistry and physiology*, 57(6), 1419–1448. https://doi.org/10.1134/S002209302106020X.
7. Bihari, S., Bannard-Smith, J., & Bellomo, R. (2020). Albumin as a drug: its biological effects beyond volume expansion. *Critical care and resuscitation: journal of the Australasian Academy of Critical Care Medicine*, 22(3), 257–265. https://doi.org/10.1016/S1441-2772(23)00394-0
8. Chai-Adisaksopha, C., Hillis, C., Siegal, D. M., Movilla, R., Heddle, N., Iorio, A., & Crowther, M. (2016). Prothrombin complex concentrates versus fresh frozen plasma for warfarin reversal. A systematic review and meta-analysis. *Thrombosis and haemostasis*, 116(5), 879–890. https://doi.org/10.1160/TH16-04-0266.
9. Collins, P. W., Solomon, C., Sutor, K., Crispin, D., Hochleitner, G., Rizoli, S., Schöchl, H., Schreiber, M., & Ranucci, M. (2014). Theoretical modelling of fibrinogen supplementation with therapeutic plasma, cryoprecipitate, or fibrinogen concentrate. *British journal of anaesthesia*, 113(4), 585–595. https://doi.org/10.1093/bja/aeu086.
10. Costa-Filho, R., Hochleitner, G., Wendt, M., Teruya, A., & Spahn, D. R. (2016). Over 50 Years of Fibrinogen Concentrate. *Clinical and applied thrombosis/hemostasis: official journal of the International Academy of Clinical and Applied Thrombosis/Hemostasis*, 22(2), 109–114. https://doi.org/10.1177/1076029615601494.
11. Despotis, G. J., Zhang, L., & Lublin, D. M. (2007). Transfusion risks and transfusion-related pro-inflammatory responses. *Hematology/oncology clinics of North America*, 21(1), 147–161. https://doi.org/10.1016/j.hoc.2006.11.002.
12. Dutta, T. K., & Verma, S. P. (2014). Rational Use of Recombinant Factor VIIa in Clinical Practice. *Indian journal of hematology & blood transfusion: an official journal of Indian Society of Hematology and Blood Transfusion*, 30(2), 85–90. https://doi.org/10.1007/s12288-013-0240-9.

13. Epstein J. S. (2010). Alternative strategies in assuring blood safety: An overview. *Biologicals: journal of the International Association of Biological Standardization*, 38(1), 31–35. https://doi.org/10.1016/j.biologicals.2009.10.009.
14. Hermans, C., & Pierce, G. F. (2025). Therapeutic innovations in hemophilia: the essential role of a positive reinvestment cycle. *Blood advances*, 9(18), 4631–4639. https://doi.org/10.1182/bloodadvances.2025016497.
15. Khan, S., Ullah, M. W., Siddique, R., Nabi, G., Manan, S., Yousaf, M., & Hou, H. (2016). Role of Recombinant DNA Technology to Improve Life. *International journal of genomics*, 2016, 2405954. https://doi.org/10.1155/2016/2405954.
16. Kingdon, H. S., & Lundblad, R. L. (2002). An adventure in biotechnology: the development of haemophilia A therapeutics – from whole-blood transfusion to recombinant DNA to gene therapy. *Biotechnology and applied biochemistry*, 35(2), 141–148. https://doi.org/10.1042/ba20010082.
17. Laub, R., Baurin, S., Timmerman, D., Branckaert, T., & Strengers, P. (2010). Specific protein content of pools of plasma for fractionation from different sources: impact of frequency of donations. *Vox sanguinis*, 99(3), 220–231. https://doi.org/10.1111/j.1423-0410.2010.01345.x.
18. Liras, A., & García-Trenchard, R. (2013). Treatment for hemophilia: recombinant versus plasma-derived coagulation factors – controversy and debate forever? *An ethical medical challenge?*. *Expert review of hematology*, 6(5), 489–492. https://doi.org/10.1586/17474086.2013.834798.
19. Mahara, G., Tian, C., Xu, X., & Wang, W. (2023). Revolutionising health care: Exploring the latest advances in medical sciences. *Journal of global health*, 13, 03042. https://doi.org/10.7189/jogh.13.03042.
20. Mangla, A., Hamad, H., Killeen, R.B., et al. Factor XIII Deficiency. [Updated 2024 Feb 12]. In: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 Jan-. Available from: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK557467/
21. Mannucci P. M. (2003). Hemophilia: treatment options in the twenty-first century. *Journal of thrombosis and haemostasis: JTH*, 1(7), 1349–1355. https://doi.org/10.1046/j.1538-7836.2003.00262.x.
22. Marik P. E. (2014). Transfusion of Blood and Blood Products. *Evidence-Based Critical Care*, 585–619. https://doi.org/10.1007/978-3-319-11020-2_38.
23. Mousavi Hosseini, K., & Ghasemzadeh, M. (2016). Implementation of Plasma Fractionation in Biological Medicines Production. *Iranian journal of biotechnology*, 14(4), 213–220. https://doi.org/10.15171/ijb.1401.
24. Nair, P. M., Rendo, M. J., Reddoch-Cardenas, K. M., Burris, J. K., Meledeo, M. A., & Cap, A. P. (2020). Recent advances in use of fresh frozen plasma, cryoprecipitate, immunoglobulins, and clotting factors for transfusion support in patients with hematologic disease. *Seminars in hematology*, 57(2), 73–82. https://doi.org/10.1053/j.seminhematol.2020.07.006.
25. Neerman-Arbez, M., & Casini, A. (2018). Clinical Consequences and Molecular Bases of Low Fibrinogen Levels. *International journal of molecular sciences*, 19(1), 192. https://doi.org/10.3390/ijms19010192.

26. Ness S. (2019). Differentiating characteristics and evaluating intravenous and subcutaneous immunoglobulin. *The American journal of managed care*, 25(6 Suppl), S98–S104.
27. Pernemalm, M., Sandberg, A., Zhu, Y., Boekel, J., Tamburro, D., Schwenk, J. M., Björk, A., Wahren-Herlenius, M., Åmark, H., Östenson, C. G., Westgren, M., & Lehtiö, J. (2019). In-depth human plasma proteome analysis captures tissue proteins and transfer of protein variants across the placenta. *eLife*, 8, e41608. https://doi.org/10.7554/eLife.41608.
28. Powell J. S. (2009). Recombinant factor VIII in the management of hemophilia A: current use and future promise. *Therapeutics and clinical risk management*, 5(2), 391–402. https://doi.org/10.2147/tcrm.s4412.
29. Rocino, A., Coppola, A., Franchini, M., Castaman, G., Santoro, C., Zanon, E., Santagostino, E., Morfini, M., & Italian Association of Haemophilia Centres (AICE) Working Party (2014). Principles of treatment and update of recommendations for the management of haemophilia and congenital bleeding disorders in Italy. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue*, 12(4), 575–598. https://doi.org/10.2450/2014.0223-14.
30. Roth, D. A., Kessler, C. M., Pasi, K. J., Rup, B., Courter, S. G., Tubridy, K. L., & Recombinant Factor IX Study Group (2001). Human recombinant factor IX: safety and efficacy studies in hemophilia B patients previously treated with plasma-derived factor IX concentrates. *Blood*, 98(13), 3600–3606. https://doi.org/10.1182/blood.v98.13.3600.
31. Samis A. J. (2008). Delayed gastric emptying in critical illness: is enhanced enterogastric inhibition with cholecystokinin and peptide YY involved?. *Critical care medicine*, 36(5), 1655–1656. https://doi.org/10.1097/CCM.0b013e318170157b.
32. Seifried, E., & Mueller, M. M. (2011). The present and future of Transfusion Medicine. *Blood transfusion = Trasfusione del sangue*, 9(4), 371–376. https://doi.org/10.2450/2011.0097-10.
33. Tuohy, E., Litt, E., & Alikhan, R. (2011). Treatment of patients with von Willebrand disease. *Journal of blood medicine*, 2, 49–57. https://doi.org/10.2147/JBM.S9890.
34. Vincent, J. L., Rossaint, R., Riou, B., Ozier, Y., Zideman, D., & Spahn, D. R. (2006). Recommendations on the use of recombinant activated factor VII as an adjunctive treatment for massive bleeding – a European perspective. *Critical care (London, England)*, 10(4), R120. https://doi.org/10.1186/cc5026.
35. Ząbczyk, M., Natorska, J., & Undas, A. (2021). Factor XIII and Fibrin Clot Properties in Acute Venous Thromboembolism. *International journal of molecular sciences*, 22(4), 1607. https://doi.org/10.3390/ijms22041607.

Underground Hydrogen Storage

Elyas Haddad [1], Vadászi Marianna [2]

Department of Petroleum Engineering, University of Miskolc, Hungary [1]

Eliashaddad94@yahoo.com

Institute of Mining and Energy, University of Miskolc, Hungary [2];

marianna.vadaszi@uni-miskolc.hu

Background

The global energy transition and rapid expansion of renewable power generation have intensified the challenge of balancing seasonal variability in electricity supply and demand. While batteries provide short-term flexibility, they remain economically constrained for long-duration and seasonal storage. Hydrogen has emerged as a strategic energy carrier capable of enabling large-scale storage and sector coupling within future low-carbon energy systems.

Research Objective

This study evaluates the technical feasibility of underground hydrogen storage (UHS) in depleted hydrocarbon reservoirs through a comparative assessment of international case studies.

Method

A structured literature review was conducted using peer-reviewed publications, energy agency reports, and documented pilot projects published between 2015 and 2025. Key engineering and geological parameters—including reservoir depth, porosity, permeability, caprock integrity, operating pressure limits, hydrogen recovery efficiency, and well deliverability—were systematically compared. Where operational data were limited, validated compositional and reservoir simulations were used to assess storage performance and loss mechanisms.

Key Results

The analyzed reservoirs occur at depths of approximately 1,000–2,700 m and demonstrate safe operating pressure windows typically between 140 and 220 bar without exceeding fracture gradients. Hydrogen recovery factors commonly exceed 80% under controlled cycling conditions. Well-level withdrawal deliverability ranges from roughly 20,000 to over 70,000 Sm^3/day depending on permeability and completion design. Hydrogen losses due to dissolution and geochemical reactions generally remain below a few percent per storage cycle, while microbial conversion is site-specific and manageable.

Conclusion

The findings confirm that depleted hydrocarbon reservoirs constitute a technically viable, scalable, and geographically transferable solution for seasonal hydrogen storage. Their integration into the hydrogen value chain can provide long-duration energy buffering and enhance energy system resilience within the emerging hydrogen economy.

A felszín alatti vizek nitrát-ion szennyezettsége a Kárpátaljai-alföld egyes településein

Hadnagy István, Takács Gabriella, Takács István, Páva Judit, Gál Petra Auguszta, Csoma Zoltán

II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Biológia és Kémia Tanszék, Beregszász, Ukrajna, hadnagy.istvan@kmf.org.ua

A felszíni és felszín alatti vizek nitrát-ion (NO_3^-) szennyezettsége mind globális (Abascal et al., 2022) és regionális (Dipponga et al., 2019) léptékben aktuális környezeti problémaként kezelhető. Az Egészségügyi Világszervezet (WHO, 2022) és az Európai Unió Nitrát Irányelve (91/676/EGK) szerint a vizekben a nitrátkoncentráció nem haladhatja meg az 50 mg/dm^3 határértéket, ami a felszín alatti és felszíni vizekre egyaránt vonatkozik. A nitrátok felszín alatti vizekbe jutásának legfontosabb forrása a mezőgazdasági tevékenység (Almasri – Kaluarachchi, 2004). A növénytermesztésben alkalmazott nitrogéntartalmú műtrágyák és az állattartásból származó szerves trágyák jelentős mennyiségű reaktív nitrogént juttatnak a talajba. Amennyiben a növények nem képesek ezt teljes mértékben felvenni, a nitrát könnyen kimosódik a talajból, és beszivárog a talajvízbe vagy más felszín alatti víztárolókba. Emellett a települési szennyvizek, a nem megfelelően kezelt szennyvízszikkasztók, valamint bizonyos ipari tevékenységek is hozzájárulhatnak a nitrátterhelés növekedéséhez (Hadnagy, 2016).

A Kárpátaljai-alföld felszíni vizei minőségének vizsgálata során az elmúlt években megállapításra került, hogy a Vérke-csatorna (Vince, 2013; Hadnagy, 2016; Csoma et al., 2020) és a kisebb meliorációs csatornák nitrát-ion koncentrációja 2-6 mg/l, ami igen csekély érték. Viszont a vizsgált vízfolyások vizének eutrofizációja jelentős (Kurtyák, 2014; Kolozsvári et al., 2023), ami nagyobb mennyiségű, főként nitrogén- és foszforvegyületek bekerülésére utalhat. A II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem Biológia és Kémia Tanszékének egyik kutatási programja – a települési felszín alatti ivóvízbázis nitrátszennyezettségének monitoringja – keretében mára a Kárpátaljai-alföld 22 településének különböző kialakítású kutjaiból több mint 1100 ivóvíz minta lett begyűjtve és megvizsgálva.

A vízminták laboratóriumi körülmények között kerültek bevizsgálásra. A minták tiszta, desztillált vízzel és közvetlenül a mintavételezés előtt az adott vízzel átöblített, jól záródó műanyag palackokban kerültek a laboratóriumba. A palackok még a helyszínen egy azonosító kódot kaptak. A terepi mintavételi jegyzőkönyvben rögzítésre került a mintavétel helyének megnevezése, GPS koordinátája, időpontja, a vízminta forrása (pl. ásott vagy fúrt kút) és a potenciális szennyezőforrástól való távolsága. A nitrát-ion koncentráció meghatározásához a vízmintából 40 cm^3 lett bemérve. Az ionerősség állandó értéken tartása végett a bemért vízhez 10 cm^3 1 %-os timsóoldat lett hozzáadva (Fórián, 2010). Az így előkészített mintában a nitrát-ionok koncentrációja (mg/dm^3-ben) ion-szelektív elektródával határoztuk meg. Ezzel egyidőben WTW Multi 9620IDS műszerrel megmértük a vizek kémhatását és fajlagos elektromos vezetőképességét is.

Az eredmények statisztikai feldolgozásából kimutatható a felszín alatti ivóvízbázis nitrátterhelésének reális megléte (1. táblázat). A vizek átlagos nitrát-ion koncentrációja településenként jelentős szórást mutat (Csap – átlagosan 11,3 mg/dm^3,

Tiszakeresztúr – 185 mg/ dm^3), azonban a vízminták 48%-ban a nitrát koncentráció túllépi a megengedett 50 mg/dm^3-es határértéket (Hadnagy, 2016; Kolozsvári et al., 2023).

1. táblázat: A felszín alatti vizek nitrát-ion szennyezettsége a Kárpátaljai-alföld egyes településein

Települések	A víz minták száma (db)	A mérések éve és száma (db)	Átlagos NO_3^- koncentráció (mg/dm^3)	Átlagos elektromos vezetőképesség (µS/cm)	Átlagos pH-érték
Aklihegy	68	2009 (41) 2011 (27)	15	238	6,5
Barkaszó	144	2009 (36) 2010 (72) 2011 (36)	**77**	599	3,6
Beregardó	12	2012 (12)	**124**	–	–
Beregújfalu	29	2011 (18) 2013 (11)	**64**	861	7,1
Csap	32	2007 (3) 2008 (9) 2009 (13) 2010 (7)	11	469	7,5
Dercen	44	2011 (34) 2016 (10)	**84**	629	5,4
Fancsika	5	2010 (5)	5	–	6,9
Fertősalmás	32	2010 (16) 2011 (16)	**57**	906	7,3
Forgolány	90	2020 (30) 2021 (60)	36	518	6,7
Gát	8	2012 (8)	**46**	961	7,0
Harangláb	28	2012 (14) 2014 (14)	28	1093	7,3
Izsnyéte	14	2020 (14)	28	905	6,5
Kisharangláb	36	2011-2014 (18) 2013 (18)	**74**	763	–
Makkosjánosi	41	2005 (5) 2006 (12) 2007 (24)	**97**	103	–
Mezővári	28	2010 (12) 2024 (16)	32	514	–
Nagybereg	94	2008 (2) 2009 (16) 2010 (70) 2011 (1) 2012 (1) 2013 (1) 2014 (1) 2015 (1) 2016 (1)	**56**	417	–
Nagydobrony	222	2009 (54) 2018 (42)	**73**	868	6,3

Települések	**A víz minták száma (db)**	**A mérések éve és száma (db)**	**Átlagos NO_3^- koncentráció (mg/dm^3)**	**Átlagos elektromos vezetőképesség (µS/cm)**	**Átlagos pH-érték**
		2019 (112) 2020 (14)			
Nagymuzsaly	26	2012 (11) 2014 (15)	10	947	6,2
Tiszaágtelek	12	2024 (12)	29	1280	6,7
Tiszakeresztúr	5	2006 (3) 2007 (2)	**185**	–	–
Tiszasalamon	56	2013 (11) 2014 (11) 2024 (34)	23	894	6,4
Zápszony	34	2014 (17) 2015 (17)	**106**	1099	6,6

Megjegyzés: a félkövérrel kiemelt nitrát-ion koncentrációk meghaladják az Egészségügyi Világszervezet (WHO, 2022), az Európai Unió Nitrát Irányelve (91/676/EGK) által előírt és az Ukrajnában (ДСанПіН 2.2.4-171-10) elfogadott 50 mg/dm^3 határértéket.

A nitrát-ion koncentrációk relatív gyakorisági eloszlása (Δx=25 mg/dm^3) azt mutatja, hogy bár a vízminták 36%-ában a nitrát koncentráció nem haladta meg a 25 mg/dm^3-t, azaz víz kiváló minőségű, a magasabb osztályokba mégis aggasztóan sok vízminta került. A 25-50 mg/dm^3-es osztályba a vízminták 12%-a, a 50-125 mg/dm^3-es kategóriába 33%-a, a 125 mg/dm^3-t meghaladó csoportba pedig – 15%-a sorolható.

Összességében megállapítható, hogy bár a felszín alatti vizek nitrátszennyezése elsősorban antropogén eredetű (Abascal et al., 2022), azonban a nitrogén ciklus során – többek között a gyökérzónából – a nitrogénformák felszíni bemosódása, ezzel együtt a felszín alatti vizek nitrát-ion koncentrációja az időjárás függvényében, évszakosan változhat (Csoma – Hadnagy, 2009).

Az ivóvízben található magas nitrátkoncentráció jelentős veszélyforrás az emberi egészségre nézve, mivel a nitrát mikrobiológiai redukció révén a béltraktusban nitritté alakul. A nitrit a vérben található hemoglobinnal reakcióba lépve az abban található vas(II)-iont vas(III)-ionná oxidálja, mely így oxigénszállításra alkalmatlanná válik. A súlyos oxigénhiány a methemoglobinemia nevű vérállapot kialakulását okozza (WHO, 2022), amelyet elsősorban a kisbabáknál, általában az 1 évnél fiatalabb korcsoportnál jelentkezhet.

Gyakorlati szempontból a kutatás eredményei hozzájárulhatnak a felszín alatti vizek minősége védelmét célzó intézkedések és a nitrát szennyezés elleni hatékony védekezési stratégiák kidolgozásához a Kárpátaljai-alföld településein, valamint a domborzati viszonyok által meghatározott alacsonyabban fekvő területeken a szomszédos országokban.

Felhasznált irodalom

Abascal, E., Gómez-Coma, L., Ortiz, I., Ortiz, A. (2022): *Global diagnosis of nitrate pollution in groundwater and review of removal technologies*. Science of the Total Environment, 810, 152233. http://dx.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2021.152233

Almasri, N.M., Kaluarachchi, J.J. (2004): *Assessment and management of long-term nitrate pollution of ground water in agriculture-dominated watersheds*. Journal of Hydrology, 295, 225-245. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.03.013

Csoma, Z., Hadnagy, I. (2009): *A felszíni és a felszín alatti vizek nitrátterhelése Makkosjánosi községben és környékén*. Acta Beregsasiensis: a II. RF KMF tudományos évkönyve, VIII (2), 265-271. https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/1378

Csoma, Z., Háger, K., Csoma, Zs. (2020): *A Vérke csatorna üledékének nehéz-fém-szennyezettsége*. In: Társadalomföldrajzi folyamatok Kelet-Közép-Európában: problémák, tendenciák, irányzatok Ungvár, Ukrajna : "RIK-U" Kft., 643-650. https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/1415

Dipponga, T., Mihalia,C., Hoaghiab, M.A., Cicala, E., Cosmaa, A. (2019): *Chemical modeling of groundwater quality in the aquifer of Seini town – Someş Plain, Northwestern Romania*. Ecotoxicology and Environmental Safety, 168, 88-101. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2018.10.030

EU (1991): *Európai Unió Tanácsának Nitrát Irányelve (91/676/EGK). A vizek mezőgazdasági eredetű nitrátszennyezéssel szembeni védelméről*. https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1991/676/oj

Fórián, S. (2010): *Vízgazdálkodás- és vízminőségvédelem I.* DE-MK, Debrecen, 24 p.

Hadnagy, I. (2016): *A Kárpátaljai-alföld felszín alatti vizei nitrát terhelésének vizsgálata*. Diplomamunka. II. RF KMF, Biológia és Kémia Tanszék, Beregszász, 71 p.

Kolozsvári, I, Andrik, É., Hadnagy, I., Ljubka, T., Csoma, Z., Kohut, E. (2023): *A beregdédai tóvár ornitológiai rezervátum élővilága és élőhelyi viszonyai*. Monográfia. Beregszász-Ungvár, II. RF KMF-„RIK-U" Kft., 116 p. https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/3347

Kurtyák, Á., Csoma, Z. (2014): *A Vérke csatorna vízminőségének térbeli változása*. Science and Education a New Dimension. Natural and Technical Sciences, II(3), Issue: 21, 22-25. https://www.academia.edu/9703471/Spatial_change_of_water_quality_in_V%C3%A9rke_canal

Vince, T. (2013): *A Vérke-csatorna vizének állapota néhány vizsgált paraméter alapján*. Acta Academiae Beregsasiensis: a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola tudományos folyóirata. Történelem, filológia, pedagógia, XII(2), 208-216. https://dspace.kmf.uz.ua/jspui/handle/123456789/2321

WHO (2022): *Guidelines for drinking-water quality*. World Health Organization, Geneva, 585 p. https://books.google.com/books?hl=hu&lr=&id=x3RyEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR3&ots=73ZipoQT83&sig=1TBx5rVqbAkGh0W69-KX73sYQtY

Про затвердження Державних санітарних норм та правил "Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною" (ДСанПіН 2.2.4-171-10) : Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 12.05.2010 № 400. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10 (дата звернення: 11.03.2026).

Climate Transformation of Hydroecosystems and the Strategy for Sustainable Use of Aquatic Bioresources

Leonid Heiko, Valentyna Oleshko, Alla Trofymchuk
Bila Tserkva National Agrarian University,
Bila Tserkva, Ukraine
rubnutstva@ukr.net

The impact of climate change on hydroecosystems and aquatic bioresources was studied. Based on a systematic analysis of literature and statistical data, key physicochemical and biological transformations were identified, and the necessity of adaptive and ecosystem-oriented management strategies for fisheries was substantiated to ensure sustainable resource use.

Keywords: climate change, hydroecosystems, aquatic bioresources, bioproductivity, management strategies, sustainable fisheries, fishing, marine areas, inland waters.

Global climate changes observed over the past decades have become a key factor in the transformation of the planet's hydroecosystems. Increases in the mean annual water temperature, changes in hydrodynamic regimes, and the intensification of ocean acidification processes lead to destabilization of the biological productivity of aquatic systems. In inland and coastal waters, these processes are accompanied by disruption of thermal stratification, shortening of the growing season, and dissolved oxygen deficits, which significantly alter the living conditions for aquatic bioresources.

Climate transformation of hydroecosystems is manifested not only in physicochemical changes of the environment but also in the restructuring of biocenotic communities: the ranges of commercially important species are shifting, invasive fauna are expanding, and trophic chain synchrony is disrupted. Traditional approaches to resource exploitation, based on the assumption of relative ecological stability, lose their effectiveness under these conditions.

The relevance of this research is determined by the urgent need to develop new strategies for the sustainable use of aquatic resources that integrate adaptive management principles and innovative biodiversity conservation methods. Formulating such strategies is critically important for ensuring food security and economic stability of the fisheries sector under conditions of climate uncertainty.

The aim of the research is to scientifically substantiate adaptive strategies for rational fisheries management and sustainable use of aquatic bioresources under the conditions of climate-driven hydroecosystem transformation. This involves modernizing approaches to catch regulation and implementing ecosystem-based fisheries management methods to preserve biodiversity.

The study is based on a systematic analysis of scientific publications, fishery accounting statistical data, and official information on the status of aquatic ecosystems. To assess the impact of climate change on hydroecosystems, methods of ecological and ecosystem scenario analysis were applied, along with analysis of physicochemical water parameters from literature sources and evaluation of the dynamics of species ranges and productivity of aquatic bioresources using secondary data.

Systematic analysis of scientific publications, official statistics, and fishery accounting databases allowed the identification of key trends in the impact of climate change on hydroecosystems and aquatic bioresources. The literature reports a consistent trend of increasing mean annual water temperature, observed both in inland waters and coastal zones. This is accompanied by changes in hydrodynamic regimes, disruption of thermal stratification, and increased frequency of hypoxia events. Shortening of the growing season negatively affects primary ecosystem productivity and the reproduction of many commercially important fish species.

Physicochemical changes in the environment lead to restructuring of biocenotic communities. A trend of range shifts in commercially important species has been observed, altering their presence in traditional fishing areas. Concurrently, there is an increase in invasive fauna, which can displace native species and affect the trophic structure of ecosystems. Changes in trophic chain synchrony impact fish productivity, notably through reduced juvenile growth and increased mortality at early ontogenetic stages.

Statistical data indicate a trend of declining bioproductivity for several commercially important species in inland water systems, particularly in medium and small rivers, where the impact of anthropogenic factors combines with climate change. In coastal marine areas, shifts in species composition and changes in the seasonal availability of fish for fisheries are observed. These factors create additional risks of overfishing and disruption of ecological balance.

Disruption of the living conditions of aquatic bioresources requires a reassessment of traditional fisheries management approaches. Operational models based on the assumption of ecosystem stability prove insufficiently effective under variable climatic conditions. Analysis of literature and statistical data allows the identification of adaptive management principles, which involve flexible regulation of catch levels according to the actual productivity of species and the state of the environment.

The application of an ecosystem-based approach enables the integration of biodiversity conservation, protection of key species, and population restoration into management strategies. Consideration of possible scenarios for the development of aquatic ecosystems demonstrates that adaptive management, combined with monitoring of physicochemical parameters and population dynamics, can significantly enhance the effectiveness of sustainable resource use.

Moreover, a comparative analysis of trends in inland waters and coastal areas allows the identification of specific risks for different types of systems. Inland rivers and reservoirs are more sensitive to changes in temperature and oxygen regimes, whereas coastal zones exhibit greater variability in the ranges of commercially important species and a tendency for increased influence of invasive organisms. This underscores the need for a differentiated approach to fisheries management and the adaptation of exploitation strategies.

Thus, the analysis results confirm that climate-driven transformation of hydroecosystems has a complex impact on water physicochemical parameters, biocenotic structure, and the productivity of aquatic bioresources. At the same time, integrating the principles of adaptive and ecosystem-based management enables the

development of scientifically grounded strategies for sustainable resource use, which is crucial for ensuring food security and economic stability of the fisheries sector.

Future research will focus on improving adaptive fisheries management strategies and integrating an ecosystem-based approach for the sustainable use of aquatic bioresources.

Pine species and their populations under the pressure of changing climate: past, adaptation, and survival prospects in the Central–Eastern European region

Mária Höhn
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences, Institute of Agronomy, Department of Botany, Budapest, Hungary
Hohn.Maria@uni-mate.hu

Forests that began to develop at the end of the last glacial period over tens of thousands of years are now facing environmental changes unfolding within only a few decades. Climate change and increasingly frequent extreme weather events are rapidly transforming forest ecosystems across Europe. For long-lived tree species, this presents a particular challenge because trees have long generation times, and their evolutionary responses operate over much longer timescales than the pace of current environmental change. As a consequence, ecological equilibria may become destabilized, population structures may shift, and in extreme cases, forest ecosystems may begin to decline or even collapse.

Understanding the present state and future of tree populations therefore requires an integrated perspective that combines ecological, paleohistorical, and molecular genetic information. Each species carries a unique evolutionary legacy that shapes its present distribution and ecological behaviour, and determines its future adaptive potential.

This presentation provides an overview of the current status of pine species populations in Central and Eastern Europe. By integrating evidence from paleohistory, biogeography, molecular genetic structure, phenology, and population dynamics, it seeks to identify the key processes shaping present species distributions and evaluates their potential resilience and survival in future ecosystems.

Morphobiological characteristics of indigenous distant hybrid grapes (*Vitis vinifera* L. X *Vitis rotundifolia* Michx.) F_5 (BC_4)

Ivasishin Daniela
Alexandru Ciubotaru National Botanical Garden (Institute), Chișinău, Republic of Moldova
e-mail: marza.daniela@gmail.com

Of particular importance for the appreciation of indigenous distant hybrids, is the knowledge of the evolution of the ripening of grapes and the ripening era, but also later their inclusion in the varietal and geographical conveyer, which ensures the production and succession of grapes for a long time (Alston, Sambucci, 2019; Greguraš, Bubola, Karoglan-Kontić, 2018).

According to the practical study, mature grapes are of the cilindro-conic type – BC_4-790 (*V. vinifera* L. x *V. rotundifolia* Michx.) and conical type – BC_4-757 (*V. vinifera* L. x *V. rotundifolia* Michx.) and BC_4-721 – *V. vinifera* L. x *V. rotundifolia* Michx.). The branching degree by main axis is of uniaxal type, and by the degree of maturity winging – uniwinged (BC_4-721), biwinged (BC_4-757) and ramose (BC_4-790). The length of the grape (without peduncle) at maturity BC_4-721 is very short (11-14 cm), BC_4-757 – short (14-16 cm) and middle to BC_4-790 (10-21 cm). The compactness of the grape is of a lax type (insulated berries) with a few visible pedicels. The number of berries on grapes at maturity is small (49-124 bace), very few (51-58 berries) at BC_4-757, medium (83-157 berries), few (112-138 berries) at BC_4-721, and large (107-195 berries), middle (138-162 berries) at BC_4-790. The length of the peduncle at maturity is medium, short (3-4 cm) in BC_4-721, (4-5 cm) in BC_4-790 and long (5-6 cm) in BC_4-757. The berries located in the middle area of the grapes are small in BC_4-721 (15.2 mm), medium in BC_4-757 and BC_4-790 (18.5 mm). The length of the berries in BC_4-721 is very short, in BC_4-757 – short and in BC_4-790 – medium. The uniformity of the size of the berries is a variable character that depends on fertilization, and the 5th generation hybrids have berries of uniform size. The shape of the berries located in the middle area of the grape in BC_4-721 and BC_4-757 is round, and in the BC_4-790 hybrid – short-elliptic. The cross-section of the berries at maturity in the middle area of BC_4-721 and BC_4-757 is circular, and in BC_4-790 – ovoid.

As a result of observations in ex-situ conditions, the skin color of distant hybrids is a light-dependent character. Thus, the berries located in the middle zone of the grape, exposed to direct sunlight, have a yellowish-green color – BC_4-721, pink – in the BC_4-757 hybrid. In the distant hybrid BC_4-790, the skin color is of an uneven type – yellow-green with pink shades. The skin is thick in the BC_4-721 and BC_4-790 hybrids, and in the BC_4-757 hybrid it is of medium thickness. The color of the pulp in the BC_4-757 hybrid is pink, with high intensity, in the BC_4-790 it is semi-transparent and in the BC_4-721 hybrid – colorless. Within this generation, the berry plum is of rare intensity (BC_4-721) or dense intensity (BC_4-757, BC_4-790). In hybrids BC_4-721 and BC_4-757, the pulp is juicy, soft in consistency, and in BC_4-790 – non-juicy, with a relatively hard, semi-crisp consistency. The must is yellowish and aromatic in BC_4-721, pink and aromatic in BC_4-757, pink, yellowish, aromatic – BC_4-790.

The shape and size of the grapes in distant indigenous hybrids is similar to that of the inflorescences and has smaller variations than their size. The grapes, as a rule, are uniaxial, regardless of the shape of the bunches. In indigenous distant hybrids, the branching pattern of the grape, the number of berries and the length of the pedicel directly determine the density of the berries. The length of the grape was established between the point of insertion of the first branch on the main axis and up to its tip, and the diameter – in the most extensive part of the bunches.

Within the size categories of grapes, their distribution on the stem, the average weight of grapes, bunches and berries, the average number of berries, the percentage of berries and bunches are determined.

Bibliography

ALSTON, J. M., SAMBUCCI, O. Grapes in the world economy. The Grape Genome. [Eds: Dario Cantu, M. Andrew Walker]. Cham: Springer. Series: Compendium of Plant Genomes. Ch. 1, 2019, pp. 1-24. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18601-2_1.

GREGURAŠ, D., BUBOLA, M., KAROGLAN-KONTIĆ, J. Morphological Characterization of Grapevine (Vitis vinifera L.) Cultivars Native to Croatia. In: Erwerbs-Obstbau, 60(2), 2018, pp. 87-93. https://doi.org/10.1007/s1034 1-017-0345-7

Uvological particularities of indigenous distant vine hybrids F5 (BC4)

Ivasishin Daniela
Alexandru Ciubotaru National Botanical Garden (Institute),
Chișinău, Republic of Moldova
e-mail: marza.daniela@gmail.com

Data on the composition of grapes complete the botanical description, agrobiological characterization and agrotechnical characteristics and, ultimately, provide valuable indications for the practical assessment of interspecific hybrids (Gregurаš, Bubola, Karoglan-Kontić, 2018; Alston, Sambucci, 2019).

In indigenous distant hybrids, inflorescences appear rudimentarily in fruit buds, varying in size, where they are differentiated during the vegetation period, approximately one year before their appearance. After the fertilization process, the stigma transforms into the pistillate point, and the ovary, through the growth process, generates the fruit, which acquires the specific shape, size and color, as well as the migration and accumulation of reserve substances from photosynthesis, but also extracted from the soil through the strong root system, ensuring the maturation of the strings and grapes. Grapes in indigenous distant hybrids usually appear on the fruit strings immediately after the detachment of the 3rd, 4th and 5th leaves. According to the study on indigenous distant hybrids, it was established that the content of chlorophyll pigment during the period of entry into maturity reaches maximum values, parallel to the growth of berries in volume, and after this period it is replaced by anthocyanin pigments characteristic of each group of hybrids. The continuous growth of the component parts of indigenous distant hybrids in general and grapes in particular is due to the process of cell multiplication, but also to the increase in their volume, reaching definitive dimensions before ripening.

From a practical point of view, it was found that climatic conditions have a major influence on the intensity of berry and grape growth. Thus, the berry growth rate can be continuous and equal in years with normal ripening periods and irregular, due to climatic conditions (heavy rains after a long period of atmospheric and edaphic drought, etc.).As a result of the research, the herbaceous growth phase is specific to the predominance of acidity in grape berries, and that of full ripening of grapes, respectively, by the direct decrease in acidity and accumulation of sugars, the increase in seed weight, the acceleration of germination capacity and concomitantly by the process of cessation of active vegetation. Thus, the berry growth process is represented by the first phase of rapid development of the berry volume, followed by the second phase of intense development of the embryo in the seed and, finally, the third phase, in which the berries indicate a maximum intensity of resumption of growth in volume.

Of particular importance for the appreciation of indigenous distant hybrids is the knowledge of the evolution of grape maturity and ripening age, but also, subsequently, their inclusion in the varietal and geographical conveyor, which ensures the production and succession of grapes over a long period of time.

Bibliography

ALSTON, J. M., SAMBUCCI, O. Grapes in the world economy. *The Grape Genome*. [Eds: Dario Cantu, M. Andrew Walker]. Cham: Springer. Series: Compendium of Plant Genomes. Ch. 1, 2019, pp. 1-24. https://doi.org/10.1007/978-3-030-18601-2_1.

GREGURAŠ, D., BUBOLA, M., KAROGLAN-KONTIĆ, J. *Morphological Characterization of Grapevine (Vitis vinifera L.) Cultivars Native to Croatia*. In: Erwerbs-Obstbau, 60(2), 2018, pp. 87-93. https://doi.org/10.1007/s10341-017-0345-7.

Agricultural relevance of the effect of salt stress on germinating seedlings

Viktória Kardos, Annamária Kósa, Adél Sóti, Helga Fanni Schubert, Roumaissa Ounoki, Katalin Solymosi

ELTE Eötvös Loránd Tudományegyetem, Természettudományi Kar, Biológiai Intézet, Növényszervezettani Tanszék, Budapest Magyarország, katalin.solymosi@ttk.elte.hu

Soil salinity is one of the most pervasive abiotic stresses limiting agricultural productivity worldwide, affecting over 1 billion hectares of arable land worldwide. Increasing irrigation, climate change, and poor drainage practices continue to exacerbate salt accumulation in soils, threatening global food security. Understanding plant responses to salt stress is therefore of critical scientific and agronomic importance, particularly for staple crops such as wheat (*Triticum aestivum* L.).

During germination, wheat seedlings are especially vulnerable to salinity. Salt stress disrupts water uptake, induces ionic toxicity, and alters cellular redox balance, thereby impairing early developmental processes. In dark-grown (etiolated) seedlings, salinity interferes with chlorophyll biosynthesis by affecting key enzymes, inducing swelling of the prothylakoid membranes of the etioplasts, and inhibiting their transformation into chloroplasts. As a result, the critical transition from heterotrophic growth, dependent on seed reserves, to autotrophic growth driven by photosynthesis is delayed or suppressed in salt stressed dark-grown seedlings.

Elucidating how salinity impairs chlorophyll accumulation and seedling establishment provides essential insights into stress physiology and developmental plasticity. Such knowledge is fundamental for breeding and biotechnological strategies aimed at improving salt tolerance, enhancing crop establishment, and sustaining wheat productivity under increasingly saline agricultural conditions.

This work was supported by NKKP Advanced Grant 153509, and the Bolyai János Scholarship of the Hungarian Academy of Sciences (to K.S.)

A levegőszennyezés témája az 5-6. osztályos oktatásban

Kirpa Brigitta, Filep Mihály
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
kirpa.brigitta.b23tt@kmf.org.ua

Az elmúlt évtizedekben a környezeti problémák, különösen a légszennyezés és az ebből fakadó éghajlatváltozás a globális oktatáspolitika és neveléstudomány egyik központi kérdésévé vált. Az oktatási rendszerek kulcsszerepet játszanak a fenntartható fejlődéshez szükséges szemlélet és értékrend formálásában, hiszen a környezettudatos magatartás alapjai már gyermekkorban kialakíthatók. Jelen tanulmány célja annak bemutatása, hogyan fejlődött az ökológiai nevelés tartalma és módszertana Ukrajnában a régi oktatási modell (1991–2017) és az Új Ukrán Iskola (Нова українська школа) reformprogramjának bevezetése után, különös tekintettel a légszennyezés témakörének megjelenésére a természettudományos tantárgyakban.

A vizsgálat kvalitatív módszertanra épült, amely magában foglalta az 5–6. évfolyamos természetrajz és földrajz tantervek, tankönyvek és módszertani útmutatók tartalomelemzését, valamint azok összehasonlítását a korábbi tantervi dokumentumokkal. A kutatás célja annak feltárása volt, hogy a tananyagtartalmak, a pedagógiai megközelítések és a tanulói tevékenységek miként változtak a reform következtében, és ez a változás hogyan befolyásolja a környezeti nevelés hatékonyságát.

A régi ukrán oktatási rendszer struktúráját erősen meghatározta a szovjet örökség: a tanítás központosított, tanárközpontú volt, amely elsősorban az ismeretek lexikális átadására és a frontális oktatásra épült. A tanulók értékelése túlnyomórészt szummatív módon történt, az elméleti tudást preferálva a gyakorlati alkalmazásokkal és a kompetenciafejlesztéssel szemben. A természettudományos tantárgyak – különösen az 5. osztályos természetrajz és a 6. osztályos földrajz – csupán marginálisan foglalkoztak a légszennyezés problémájával. A tananyagokban a levegő összetételére és fizikai tulajdonságaira helyeződött a hangsúly, míg a környezeti hatások, az antropogén eredetű szennyeződések és azok következményei csupán említésszinten jelentek meg. A tanulók aktív részvételére, kísérleti tapasztalatszerzésre és önálló következtetésre alig volt lehetőség.

A 2017 után bevezetett Új Ukrán Iskola paradigmaváltást hozott az oktatás szemléletében. A reform alapja a kompetenciaalapú, gyermekközpontú tanulás, amely az aktív részvételt, a projektmunkát és a gyakorlati tapasztalatszerzést helyezi előtérbe. A természettudományos nevelésben hangsúlyt kapott az ökológiai és környezetvédelmi kompetenciák fejlesztése, valamint a fenntarthatóság és az egész életen át tartó tanulás elveinek integrálása. A tanulók nem csupán ismereteket szereznek a környezeti problémákról, hanem képessé válnak azok felismerésére, ok-okozati összefüggések megértésére és a felelős cselekvés megtervezésére.

A kutatás során kidolgozott példatantervek és óravázlatok – mint például az 5. osztályos „Légszennyezés – kialakulása és megoldási lehetőségei” című óra – gyakorlati példákkal illusztrálják, hogyan építhető be a környezeti tudatosság fejlesztése a tanórai folyamatokba (Ábra. 1). A foglalkozás során a tanulók vizsgálják a levegőt szennyező anyagokat, azok forrásait, valamint a lehetséges megelőzési és

csökkentési módszereket. A pedagógiai modell a szemléltetés, a megfigyelés, a csoportmunka és a vita eszközeit kombinálja, elősegítve az együttműködést, az érvelési készség fejlődését és az érzelmi bevonódást. A környezetvédelmi szakköri foglalkozások – például a „Légszennyezés: számítások és kültéri megfigyelések” – már a tudományos kutatás alaplépéseit is megismertetik a tanulókkal, mérési és adatgyűjtési tevékenységek révén. Ezáltal a diákok megtapasztalhatják a tudományos gondolkodás és a környezettudatos viselkedés összefonódását.



Ábra 1. A „Légszennyezés – okok és megoldások” óravázlata

Az elemzés rámutatott, hogy az Új Ukrán Iskola keretrendszerében a légszennyezés témája már nem elszigetelt tananyagrész, hanem átfogó nevelési célhoz kapcsolódik: a felelős állampolgári attitűd és a fenntartható életmód kialakításához. A kompetenciaalapú oktatás bevezetése lehetőséget teremt arra, hogy a tanulók az elméleti tudást gyakorlati tapasztalatokon keresztül mélyítsék el, miközben fejlődik kritikai gondolkodásuk, problémamegoldó és együttműködési készségük. Az új rendszer kulcsa a tanári autonómia és a módszertani szabadság növelése, amely a pedagógusokat aktív innovátorrá, a tanulókat pedig a tudásépítés résztvevőivé teszi.

Összességében a tanulmány megállapítja, hogy az Új Ukrán Iskola Program jelentős előrelépést hozott a környezeti nevelés területén. A reform nem csupán a tantervi tartalmakat modernizálta, hanem az oktatás filozófiáját is átalakította: a tanuló középpontba helyezése, a tapasztalati tanulás és az interdiszciplináris megközelítés révén hatékonyabban járul hozzá a fenntartható fejlődés céljainak megvalósításához. A légszennyezés témájának oktatása ennek az új szemléletnek egyik legfontosabb terepe, amely lehetőséget ad a diákok környezettudatos identitásának, kritikus gondolkodásának és felelős döntéshozatali képességének fejlesztésére. Az oktatás így nem csupán tudásközvetítő, hanem jövőformáló erővé válik az ökológiai kihívásokkal szemben.

Wartość hydrologiczna, hydrotechniczna i biologiczna rzeki Słupi oraz jej doliny jako motor atrakcyjności turystycznej

Ivan Kirvel[1], Iwona Jażewicz[1], Oleksandr Lukash[2]

[1]Uniwersytet Pomorski w Słupsku, Słupsk, Polska, ivan.kirvel@upsl.edu.pl, iwona.jazewicz@upsl.edu.pl

[2]Narodowy Uniwersytet „Czernichowskie Collegium" im. T.H. Szewczenki, Czernichów, Ukraina, lukash2011@ukr.net

Rzeka Słupia, będąca jedną z głównych arterii wodnych Pomorza Środkowego, stanowi unikalny w skali europejskiej ekosystem, w którym walory przyrodnicze harmonijnie współistnieją z zabytkowym dziedzictwem techniki. Niniejsze opracowanie ma na celu wykazanie, że synergia cech hydrologicznych, specyfiki biologicznej (w wymiarze florystycznym i faunistycznym) oraz unikatowej infrastruktury hydrotechnicznej stanowi kluczowy czynnik determinujący potencjał turystyczny regionu.

Rzeka bierze swój początek na Pojezierzu Kaszubskim i uchodzi do Morza Bałtyckiego w Ustce. Korytem swym przecina znaczne wyżyny wydmowe i prowadzi swe wody do Morza Baltyckiego. Zlewnia zajmuje powierzchnię 1653 km². Długość koryta wynosi 188,4 km. Szybkość średnia w przekroju hydrometrycznym przy stanie 100-344 cm wynosi od 0,75 m/sek do 1,6 m/sek. Szybkość powierzchniowa osiąga 2,2 m/sek. Głębokość i szerokość Słupi jest bardzo zmienna. Szerokość przeciętnie waha się w granicach 10-15 m, głębokość zaś 1–3,5 m (Malej, 1959). Rzeka charakteryzuje się niezwykle zróżnicowanym spadkiem (średnio 1,19‰), co nadaje jej odcinkom skrajnie odmienny charakter. W górnym biegu, szczególnie w tzw. Rynnie Sulęczyńskiej, spadek sięga 4%, co nadaje rzece charakter górski z szybkim nurtem i kamienistym dnem (Florek i in., 2008). W dolnym biegu Słupia staje się rzeką typowo nizinną, meandrującą wśród szerokich łąk zalewowych (Wrzesiński i in., 2024). Ta dynamika hydrologiczna sprawia, że Słupia jest jednym z najbardziej cenionych szlaków kajakowych w Polsce, oferującym stopnie trudności dostosowane zarówno do wyczynowców, jak i amatorów turystyki rodzinnej.

Współczesne badania naukowe wskazują na stabilność fizykochemiczną wód Słupi, cechujących się odczynem obojętnym lub lekko alkalicznym. Kluczowym wskaźnikiem jakości środowiska jest obecność makrobezkręgowców bentosowych, które służą do monitorowania presji antropogenicznej, szczególnie w rejonie aglomeracji Słupska (Obolewski, 2010). Najnowsze analizy (Piskuła & Astel, 2022, 2026) zwracają uwagę na nowe wyzwania, takie jak obecność mikroplastiku, co jest typowe dla rzek regionu pomorskiego. Jednak realizowane projekty renaturyzacji i przywracania łączności koryta ze starorzeczami skutecznie poprawiają zdolności retencyjne i samooczyszczające rzeki, co bezpośrednio przekłada się na wzrost walorów ekoturystycznych i czystość wód.

Wartość biologiczna doliny Słupi manifestuje się w bogactwie zbiorowisk roślinnych oraz różnorodności świata zwierząt, co stanowi fundament dla turystyki przyrodniczej. W dolinie zalewowej zachowały się fragmenty higrofilnych lasów niebagiennych z zespołu Alnetum incanae (Lukash & Kirvel, 2021). Drzewostany te, oparte na olszy szarej z domieszką wiązu i jesionu, stanowią naturalny element

krajobrazu. Ważnym obiektem jest Lasek Południowy w Słupsku, gdzie dominują bory sosnowe oraz żyzne buczyny i grądy z udziałem grabu, oferując malownicze trasy spacerowe (Lukash & Kirvel, 2021).

Dolina Słupi jest krytycznym korytarzem ekologicznym. Odnotowuje się tu obecność takich gatunków jak zimorodek zwyczajny (wskaźnik czystości wód), bielik zwyczajny oraz bocian czarny, co przyciąga miłośników birdwatchingu. Połączenie lasów z łąkami zalewowymi sprzyja wysokiej gęstości populacji jelenia szlachetnego, sarny europejskiej oraz dzika. Możliwość obserwacji tych zwierząt w ich naturalnym środowisku jest potężnym impulsem dla rozwoju fotografii przyrodniczej i ekoturystyki.

Słupia posiada unikalny w skali europejskiej kaskadowy system elektrowni wodnych, stanowiący „żywe muzeum" inżynierii. System ten istotnie modyfikuje reżim hydrologiczny, ale jednocześnie stanowi unikalną atrakcję turystyczną (Jarosiewicz & Obolewski, 2013). Do najważniejszych obiektów należą: elektrownia Soszyca (Struga) – Najstarsza w Polsce (1896 r.), wciąż pracująca na oryginalnych podzespołach (Bigus i in., 2016); elektrownia Gałąźnia Mała – największa na rzece, z charakterystycznymi stalowymi rurociągami derywacyjnymi; młyn Zamkowy w Słupsku – zabytek z XIV wieku (ok. 1310 r.), pełniący funkcje muzealne, będący symbolem wielowiekowej symbiozy miasta z energią rzeki (Maziejuk, 2012).

Podsumowując, należy zauważyć, że: 1) synergia zabytków hydrotechnicznych z bogactwem biologicznym (łęgi, buczyny, populacje jeleni i bielików) stanowi o unikalnej przewadze konkurencyjnej doliny Słupi jako destynacji turystycznej; 2) rozszerzenie analizy z czysto botanicznej na biologiczną pozwala na budowanie oferty dla szerszego spektrum odbiorców (fani fotografii przyrodniczej, birdwatcherzy); 3) odtwarzanie starorzeczy i udrażnianie szlaków migracyjnych dla ryb dwuśrodowiskowych jest kluczem do zachowania trwałości ekosystemu i atrakcyjności wędkarskiej; 4) system elektrowni wodnych na Słupi wymaga intensywnej promocji jako europejski szlak dziedzictwa przemysłowego; 5) dolina Słupi, chroniona w ramach parku krajobrazowego "Dolina Słupi" , jest wzorcowym przykładem obszaru, gdzie gospodarka wodna wspiera ochronę krajobrazu i rozwój ekoturystyki.

Bibliografia

Bigus, K., Astel, A., Antonowicz, J., Nałęcz-Jawecki, G., Drobniewska, A. (2016). Hydroelectric power plants in the basin of Słupia river –touristic attraction or ecological threat? *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis Agricultura Alimentaria Piscaria et Zootechnica, 330*(40), 33–46. https://doi.org/10.21005/AAPZ2016.40.4.04

Florek, E., Florek, W., & Łęczyński, L. (2008). Funkcjonowanie zbiorników zaporowych na Słupi jako czynnik rzeźbotwórczy. *Landform Analysis, 7*, 12–22.

Jarosiewicz, A., & Obolewski, K. (2013). Wpływ małych elektrowni wodnych na dynamikę zmianstanu, przepływu i temperatury wód powierzchniowychi gruntowych – studium przypadku w dolinie rzeki Słupi. *Przegląd Naukowy – Inżynieria i Kształtowanie Środowiska, 62*, 363–373

Kirvel, I., & Lukash, O. (2021). The vegetation of channels and floodplains of Słupia (Poland) and Strizhen (Ukraine) rivers in urbanized territories. *Słupskie Prace Geograficzne, 18*, 31–39.

Malej J. (1959). Wpływ scieków miejskich i przemysłowych miasta Słupska na faune denna rzeki *Słupi Roczniki PZH, 10*(6), 533–540. file:///C:/Users/Lenovo/Downloads/Wp%C5%82yw_sciek%C3%B3w_miejskich_i_przemys%C5%82o%20(1).pdf

Maziejuk, J. (2012). Młyn Zamkowy w Słupsku. *Biblioteka Cyfrowa*. https://bibliotekacyfrowa.eu/dlibra/publication/32284/edition/28612

Obolewski, K. (2010). Ocena jakości wód powierzchniowych na obszarach zurbanizowanych z wykorzystaniem makrobezkręgowców na przykładzie rzeki Słupi. *Ochrona Środowiska, 32*(2), 35–42.

Piskuła, P., & Astel, A. (2026). Comparative study on microplastic abundance in fish organs from marine and freshwater ecosystems of the southern Baltic Sea region: influence of habitat zone and feeding preferences. Marine pollution bulletin, 223, 118959. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2025.118959

Piskuła, P., & Astel, A. (2022). Microplastics occurrence in two mountainous rivers in the lowland area—a case study of the Central Pomeranian region, Poland. Microplastics, 1(1), 167-185. https://doi.org/10.3390/microplastics1010011

Wrzesiński, D., Graf, R., & Brzezińska, W. (Eds.). (2025). *Naturalne i antropogeniczne zmiany obiegu wody. Uwarunkowania środowiskowe*. Bogucki Wydawnictwo Naukowe https://doi.org/10.12657/978-83-7986-532-1

The ecological status of wetlands in the Transcarpathian lowland

István Kolozsvári[1], Erzsébet Kohut[1], Éva Andrik[1], Zoltán Csoma[1], Anita Szikura[1], István Hadnagy[1], Zoltán Kopor[1], Miroszláv Severa[1,2]

[1]Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University

[2]M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine

kolozsvari.istvan@kmf.org.ua, kohut.erzsebet@kmf.org.ua, andrik.eva@kmf.org.ua, csoma.zoltan@kmf.org.ua, szikura.anita@kmf.org.ua, hadnagy.istvan@kmf.org.ua, kopor.zoltan@kmf.org.ua, shevera.myroslav@ukr.net

Introduction. The Transcarpathian Lowland is a region located on the northeastern edge of the Carpathian Basin, possessing unique geomorphological and hydrographic features, and belonging entirely to the Tisza River catchment area. The surface water network of the region is dense. Out of the entire 966 km length of the Tisza, approximately 275 km affect Transcarpathia county. The high-gradient, fast-flowing watercourses of the mountainous catchments are characterized by significant sediment transport and dynamic water regimes, while on the lowland sections the gradient of the rivers decreases, and extensive floodplains and side-channel systems develop. Among the lowland tributaries of the Tisza, the Teresva, Tereblya, Rika, Borzhava, Latorytsa, and Uzh are to be highlighted, while from an ecological perspective, smaller watercourses, such as the Batar, Szalva, Verke, and Charonda also play a significant role, particularly in maintaining local habitats.

Landscape alteration and hydromorphological changes. The current ecological status of the Transcarpathian Lowland can only be interpreted in a historical context. In the 18th and 19th centuries, intensive timber rafting took place on the mountain watercourses, for which temporary dams and lock systems were built. These interventions changed the natural hydromorphological conditions early on through the artificial regulation of the water regime (Szikura & Kolozsvári, 2012). The most significant transformation, however, is linked to the river regulation and drainage works that started in the mid-19th century. The Transcarpathian Lowland was once an extensive, continuous marshland, the largest unit of which was the Szernye Marsh. In rainy years, its extent exceeded 100 km². The cutting through of the meanders of the Tisza and its tributaries, the confinement of floodplains between dikes, and the construction of the melioration canal network fundamentally transformed the landscape. The goal was to increase agricultural areas and to suppress epidemic diseases. As a consequence of these interventions, the extent of natural floodplains drastically decreased, the groundwater regime changed, and numerous wetlands disappeared or became fragmented. Former floodplain farming and ancient occupations were marginalized, and biodiversity decreased significantly. River morphology became simplified, and lateral connections were severed, which led to the limitation of ecological processes, such as species migration and sediment dynamics.

Climate change and the transformation of the water balance. From the second half of the 20th century, climate change became one of the determining factors in the functioning of the water system. The datasets between 1970 and 2019 indicate a rise in the mean annual temperature and a decrease in the annual precipitation amount. Increased evaporation and the transformation of precipitation distribution resulted in the instability of the water balance. The previously characteristic inland excess water problems have been replaced by summer water scarcity today. During drought periods, a significant part of the melioration canals dries up,

and the groundwater table drops, which threatens not only natural habitats but also agricultural production and drinking water bases. Due to the decrease in water resources stored in the form of snow, the gradual spring flooding is omitted, replaced by short-duration, intensive summer rainfalls causing flash floods. This type of water regime also affects the ecological status of the rivers. Frequent water level fluctuations make the habitats of the riparian zones unstable, increase erosion, and deteriorate the suitability of nursery areas (Kolozsvári et al. 2017).

Water quality and anthropogenic impacts. The water quality of the Upper Tisza can basically be considered favorable, as its organic matter load is low, yet several point and diffuse pollution sources threaten the ecological status. Studies following the large-scale cyanide and heavy metal pollution in 2000 have shown that the bioaccumulation of certain heavy metals can still be detected today in some macroinvertebrate species, for example in the larvae of *Gomphus flavipes* (Simon et al. 2016). The condition of the Verke Canal is particularly problematic, as it is exposed to persistent municipal and agricultural pollution. Nitrate, heavy metal, and hydrocarbon concentrations frequently exceed the limit values, and in nearly half of the domestic wells, the nitrate-ion concentration exceeds the health limit (Csoma & Hadnagy, 2026; Kolozsvári et al. 2023). Due to deficiencies in waste management, municipal waste placed on floodplains, as well as microplastics detectable in water and sediment, also represent an increasing risk (Kiss et al. 2022). A further environmental hazard is the instability of the salt mine in Aknaszlatina, from which saltwater can enter the water system, modifying the chemical composition of the water and threatening freshwater wildlife.

Biodiversity. Despite extensive habitat loss, the remaining floodplains, oxbow lakes, and side channels function as important refugia. In terms of flora, the orchid species of floodplain forests and wet meadows are particularly valuable, including *Epipactis albensis* and *Epipactis tallosii*, which have protected status in Ukraine (Ljubka et al. 2014). Along the Charonda, significant *Stratiotes aloides* populations have survived, which is an indicator of good water quality. The macroinvertebrate fauna, especially mayflies, stoneflies, and caddisflies, is an important bioindicator group. The high number of species detected on the Black Tisza reflects a good ecological status in the mountainous sections. In the lowland part of the Tisza, all four riverine dragonfly species native to the Carpathian Basin are present, including the protected *Ophiogomphus cecilia*. Our collections conducted on the main channel, side channels, dead channels and oxbow lakes of the Tisza between Vilok and Khust confirmed the occurrence of 22 species from the order of dragonflies (Odonata), which are increasingly used in habitat indication. The habitat diversity and conservation value of the section between Vilok and Tisobikeny is well illustrated by the fact that representatives of all four riverine dragonfly species (Gomphidae) occurring in the Carpathian Basin (*Gomphus vulgatissimus*, *Gomphus flavipes*, *Onychogomphus forcipatus*, *Ophiogomphus cecilia*) were found here together. Three of their species (*Gomphus vulgatissimus*, *Gomphus flavipes*, *Onychogomphus forcipatus*) are also present on the Borzhava and Latorytsa rivers (Kolozsvári et al. 2015 [a, b]). Thanks to reintroduction programs, sightings of the Danube salmon (specimens over 2–3 kg) are increasingly frequent, and beavers reappeared in the early 2000s.

The Eurasian beaver (*Castor fiber*) was not a common species in Transcarpathia even before the regulations, presumably having been overhunted as early as the Middle Ages. The expansion of individuals arriving from Slovakia and Hungary and their descendants is continuous (Башта – Потіш, 2012; Barkasi, 2016). Their presence is proven on the rivers and

canals of the Transcarpathian Lowland with stable water supply, and besides this, we know of numerous populations in the mountains; during our fieldwork, we increasingly encounter their traces.

The Borzhavaa section of the Tisza River Regional Landscape Park includes the Atak Botanical Protected Monument in Veliky Berehi, which had previously acquired Ramsar protection status, the Borzhava Protected Area in Kvasova, and the Veliky Lis Botanical Protected Monument in Shalank, located opposite it on the left bank of the Borzhava. These protected habitats were also broader border areas of the former Szernye Marsh. Very valuable and species-rich floodplain forest fragments have been preserved here. Between 2016 and 2019, we conducted insect collections with bait and light traps in the vicinity of Veliky Berehi. With the bait trap, we identified specimens of 57 species from 6 moth families, while as a result of the light trap study, we registered 122 species from 19 moth families. The highest number of specimens was shown by the Noctuidae, Geometridae, and Pyralidae families. During the research work conducted with the two methods, we managed to identify specimens of a total of 179 species, including species listed in the Red Data Book of Ukraine (Vass et al 2023).

The fish fauna also represents an outstanding value. Among the cyclostomes, the presence of *Eudontomyzon danfordi*, and in the case of fish, *Hucho hucho*, *Thymallus thymallus*, and *Zingel streber* indicates the near-natural state of the watercourses, while these species are sensitive to the deterioration of water quality and habitat fragmentation. The return of *Castor fiber* as an ecosystem engineer species promotes the development of new habitat structures. From the perspective of avifauna, the Tovar Ornithological Reserve is significant, while the decline in the population of the White Stork (*Ciconia ciconia*) is an indicator of land use changes and the disappearance of feeding grounds (Kolozsvári et al. 2023).

Conclusions. The ecological status of the wetlands of the Transcarpathian Lowland is the result of a complex system shaped by historical and current impacts. Past drainages and river regulations, as well as current climatic and anthropogenic loads, pose a significant challenge, while the remaining habitats still carry considerable biodiversity value. For a sustainable future, a water management approach based on water retention, the strengthening of cross-border cooperation, and the ecological rehabilitation of near-natural side branches and floodplains are indispensable. Thus, the Transcarpathian Lowland can be interpreted not only as a regional but also as an ecological system of international significance, the preservation of which is a shared responsibility.

References

Barkasi, Z. (2016). New details of the Eurasian beaver's, *Castor fiber* (Rodentia, Castoridae), expansion in the lowland part of Transcarpathia, Ukraine. *Vestnik zoologii, 50*(6), 503–510.

Башта, А. Т. В., & Потіш, Л. А. (2012). Експансія бобра європейського *Castor fiber* L. в регіоні Українських Карпат. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія, 33*, 144–153.

Csoma, Z., & Hadnagy, I. (2016). *A Kárpátaljai-alföld felszín alatti vizei nitrát terhelésének vizsgálata* (Diploma thesis). II. Rákóczi Ferenc Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Department of Biology and Chemistry, Berehove.

Kiss, T., Gönczy, S., Nagy, T., Mesaroš, M., & Balla, A. (2022). Deposition and mobilization of microplastics in a low-energy fluvial environment from a geomorphological perspective. *Applied Sciences, 12*, 4367. https://doi.org/10.3390/app12094367

Kolozsvári, I., Andrik, É., Hadnagy, I., Ljubka, T., Csoma, Z., & Kohut, E. (2023). *A beregdédai Tóvár Ornitológiai Rezervátum élővilága és élőhelyi viszonyai*. II. Rákóczi Ferenc Transcarpathian Hungarian College of Higher Education.

Kolozsvári, I., Dévai, G., & Szabó, L. J. (2015a). Occurrence pattern analysis of dragonflies (Odonata) on the River Tisza between Vilok and Huszt based on exuviae. *Applied Ecology and Environmental Research, 13*(4), 1183–1196.

Kolozsvári, I., Molnár, J., Dévai, Gy. (2016). Recent river channel change detections in the section of the River Tisza above Tiszaújlak (Вилок). *Landscape & Environment* 10 (3–4): 123–130.

Kolozsvári, I., Szabó, L. J., & Dévai, G. (2015b). Dragonfly assemblages in the upper parts of the River Tisza: A comparison of larval and exuvial data in three channel types. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae, 61*(2), 189–204.

Ljubka, T., Lovas-Kiss, Á., Takács, A., & Molnár, V. A. (2014). *Epipactis albensis* Nováková et Rydlo (Orchidaceae) in Ukraine: New data on occurrence and ecology. *Acta Botanica Hungarica, 56*(3–4), 399–408.

Simon, E., Kis, O., Jakab, T., Kolozsvári, I., Málnás, K., Harangi, S., Baranyai, E., Miskolczi, M., Tóthmérész, B., & Dévai, G. (2016). Assessment of contamination based on trace element concentrations in *Gomphus flavipes* (Odonata: Insecta) larvae of the Upper Tisza Region. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *136*, 55–61.

Szikura, J., & Kolozsvári, I. (2012). Környezeti változások a Felső-Tisza kárpátaljai vízgyűjtőjén. *Acta Biologica Debrecina Oecologica Hungarica, 27*, 187–194.

Vass, G., Hadnagy, I., Kohut, E., & Kolozsvári, I. (2023). Experience from a light trap Lepidoptera survey in a populated settlement: Effects of meteorological factors and changes in lunar phases. *Geo&Bio, 25*, 121–133.

A botanikus kertek mint informális tanulási terek a környezeti nevelésben

Kopor Zoltán[1], Demjén Zsolt[1], Kohut Erzsébet[1], Szikura Anita[1,2]
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, [1]Biológia és Kémia Tanszék,
[2]Fodor István Kutatóközpont
kopor.zoltan@kmf.org.ua, demjen.zsolt.b19bi@kmf.org.ua,
kohut.erzsebet@kmf.org.ua, szikura.anita@kmf.org.ua

Bevezetés. A globális környezeti problémák felerősödése következtében egyre nagyobb hangsúlyt helyeznek a környezeti nevelés és a fenntarthatóságra irányuló szemléletformálás szerepére. A környezeti nevelés olyan komplex pedagógiai folyamat, amely elősegíti a természeti értékek felismerését, a környezeti rendszerek működésének megértését, valamint a felelős és környezettudatos magatartás kialakulását (UNESCO–UNEP, 1977; Kárász, 2015). Ezen komplex pedagógiai folyamat során az egyének életkoruktól függetlenül, de életkori sajátosságaiknak megfelelően megismerik közvetlen és tágabb környezetüket, elsajátítják a fenntarthatóságot szolgáló tudatos cselekvés alapjait (Kárász, 2015). A környezeti nevelésnek három fő színterét különböztetjük meg, ezek közül az egyik az iskolán kívüli (informális és nem formális) programok szervezése, ide sorolhatjuk például a botanikus kertben szakvezetéssel tartott sétákat és foglalkozásokat is (Kovács, 2023).

A botanikus kertek olyan speciális intézmények, amelyek dokumentált és tudományosan rendszerezett növénygyűjteményekkel rendelkeznek, elsődleges feladatuk a növényfajok *ex situ* megőrzése és a genetikai erőforrások védelme (Wyse-Jackson & Sutherland, 2000). Fontos szerepet töltenek be a kutatásban, oktatásban, környezeti nevelésben, ismeretterjesztésben és a rekreációban.

Cél. A tanulmány célja bemutatni a környezeti nevelés elméleti hátterét, valamint feltárni a Szikura József Botanikus Kert pedagógiai potenciálját, bemutatni azon kültéri és beltéri oktatási tereket, gyűjteményeket, szemléltető és interaktív oktatási eszközöket, amelyek a botanikus kertben zajló ismeretterjesztő és pedagógiai, környezeti nevelési tevékenységek alapját képezik.

A Szikura József botanikus kert oktatási és környezeti nevelési szerepe. A modern oktatási szemléletben egyre nagyobb jelentőséget kapnak az informális és a nem formális élményalapú tanulási formák, amelyek a közvetlen tapasztalatszerzésre és a tanulók aktív részvételére építenek. Ebben a folyamatban a botanikus kertek kiemelt szerepet töltenek be, mivel élő növénygyűjteményeik révén egyedülálló lehetőséget biztosítanak a növényi biodiverzitás, az ökológiai kapcsolatok és a természetvédelem gyakorlati megismerésére. Ugyanakkor a botanikus kertek nem csupán tudományos és természetvédelmi intézmények, hanem a környezeti nevelés fontos színterei is, ahol a látogatók interaktív, élményszerű tanulási környezetben sajátíthatják el a fenntarthatósághoz kapcsolódó ismereteket.

A kertben megtalálható különböző szemléltető eszközök, játékos feladatok és interaktív installációk nemcsak a növény- és állatvilág sokféleségének megismerését támogatják, hanem fejlesztik a megfigyelőképességet, a rendszerező gondolkodást és a természetismereti kompetenciákat is. Ezen elemek együttes vagy csak részenkénti alkalmazása lehetőséget biztosít a látogatók aktív bevonására, hiszen a játékos, felfedezésalapú tevékenységek révén a résztvevők nem csupán passzív befogadói az

információknak, hanem a tanulási folyamat aktív szereplőivé válnak. Így válik botanikus kertünk élményszerű ismeretátadást biztosító oktatási, természetvédelmi, környezeti nevelési és rekreációs helyszínné (Kolb, 1984).

Következtetések. A botanikus kertek napjainkban nem csupán a növénygyűjtemények fenntartásának és megőrzésének, valamint a tudományos kutatás, az ismeretterjesztés, az oktatás és a rekreáció fontos helyszínei, hanem jelentős szerepet töltenek be a környezeti nevelés és az informális és a nem formális tanulás területén is. Ezen intézmények lehetőséget teremtenek arra, hogy a látogatók közvetlen tapasztalatok révén, természetes környezetben ismerkedjenek meg a növényvilág sokféleségével, a biológiai sokféleség megőrzésének jelentőségével.

A Szikura József Botanikus Kert a környezeti nevelés elkötelezett bázishelyszíne, ahol a tudás átadás interaktív és szemléltető eszközökön keresztül valósul meg. Az élményalapú tanulást támogató kültéri és beltéri installációk, valamint a rendszertani gyűjtemények nem csupán információt közölnek, hanem a természetismereti kompetenciák rendszerszintű fejlesztését szolgálják. A látogatók aktív bevonásával és a felfedezésalapú módszertan alkalmazásával a kert elősegíti a környezettudatos szemléletmód elmélyítését és a természeti értékek iránti felelősségvállalást.

Irodalomjegyzék

Kárász, I. (2015). *A környezeti nevelés története, céljai és eszközei.* In J. Mika & I. Pajtókné Tari (szerk.), Környezeti nevelés és tudatformálás (pp. 37–53). Eszterházy Károly Főiskola Líceum Kiadó.

Kolb, D. A. (1984). *Experiential learning: Experience as the source of learning and development.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.

Kovács, D. Á. (2023). *A környezeti nevelés gyakorlati módszereinek vizsgálata az Őrségi Nemzeti Park látogatóközpontjaiban.* Szakdolgozat. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Georgikon Campus, Keszthely.

UNESCO–UNEP. (1977). *Tbilisi Declaration.* Retrieved from https://www.gdrc.org/uem/ee/tbilisi.htm

Wyse-Jackson, P., & Sutherland, L. A. (2000). *International Agenda for Botanic Gardens in Conservation.* Richmond: Botanic Gardens Conservation International.

Mitől ilyen színes ez a világ? A természetes pigmentek és a belőlük készült festékanyagok használatának bemutatása

Kulin Ágnes
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
kulin.agnes@kmf.org.ua

„ Az érzések... olyanok, mint a színek, nehéz őket elmagyarázni.”
Francois Lelord

Ahogy a francia pszichológus idézetében is olvassuk nehéz feladtra válalkozunk, mert a színek világáról nehéz röviden és objektíven beszélni. A kémiai vegyjelek és összetevők mellett rengeteg érzelemmel és emberiséggel vannak megáldva, a molekuláris szinten különböző fényspektrumokat visszaverő szinező anyagok.

Előadásomban így csak egy kis szegletükbe, a természetes pigmentek közé lesünk be. A természetes pigmentek közé: ásványi-, növényi- és állati festőanyagokat sorolunk. Hogy ezekből hol, mikor és kik milyen festékeket állítottak elő nagyon erősen függ a földrajzi elhelyezkedéstől, kultúrától és egy adott kor technikai adottságaitól. Többek között ezt mutatom be előadásomban, milyen lehet egy-egy történelmi korszak, vagy kultúrkör színpalettája. Milyen szímbolikus jelentéssel bírtak a különböző szinezőanyagok az őskortól egészen a 20. század végéig.

A fentebb említett természetes pigment csoportokból válogatva, megismerkedünk egy-egy különleges, veszélyes, félelmetes, luxuscikknek számító és még huncut pigmentanyaggal is és azok felhasználási formáival.

Feelings... are like colors, they are difficult to explain.”
Francois Lelord

As we read in the quote from the French psychologist, you can clearly see that we are undertaking a difficult task, because it is truly difficult to talk briefly and objectively about the world of colors, and pigments. In addition to chemical symbols and components, coloring materials that reflect different light spectrums at the molecular level, these colorants are blessed with a lot of emotions and humanity.

In my presentation, we will only peek into a small corner of them, among natural pigments. Into the group of natural pigments, we include: mineral, plant and animal based pigments and dyes. Where, when and by whom were these dyes produced, it depends very much on the geographical location, culture and technical capabilities of a given era. Among other things, I in my presentation we will see what might be like the color palette of a historical era or cultural circle, what symbolic meaning did different coloring materials have from prehistoric times to the end of the 20th century?

From the above-mentioned natural pigment groups, selectively we will get acquainted with some special, dangerous, frightening, luxurious and even mischievous pigments and their uses.

Dietary nitrate within phytochemical-rich plant-based diets: mechanisms, clinical implications and translational perspectives

Natalia Kurhaluk[1], Lyudmyla Buyun[2], Oleksandr Lukash[3], Piotr Kamiński[4,5], Halina Tkaczenko[1]

[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
[2]Department of Tropical and Subtropical Plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
[3]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
[4]Department of Medical Biology and Biochemistry, Department of Ecology and Environmental Protection, Faculty of Medicine, Collegium Medicum in Bydgoszcz, Nicolaus Copernicus University in Toruń, Bydgoszcz, Poland;
[5]Department of Biotechnology, Institute of Biological Sciences, Faculty of Biological Sciences, University of Zielona Góra, Zielona Góra, Poland;
e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Over the past decade, plant-based dietary patterns have gained substantial recognition for their role in modulating metabolic homeostasis and chronic disease risk. A growing body of scientific evidence suggests that the protective effects of plant foods are not due to isolated nutrients, but rather to complex phytochemical networks that interact with metabolic, inflammatory and redox pathways [Almuntashiri et al., 2025]. Ansari et al. (2024) emphasise that plant-derived phytochemicals – including polyphenols, carotenoids, and related bioactives – act synergistically to regulate oxidative stress, inflammatory signalling, and mitochondrial function. Similarly, Del Carmen Fernández-Fígares Jiménez (2024) reports that healthy plant-based dietary patterns are consistently associated with a lower incidence of type 2 diabetes, improved glycemic control, and reduced cardiometabolic risk. Both scientific groups agree that these health benefits are due to the biochemical complexity of whole foods rather than single nutrient supplementation.

Large-scale epidemiological investigations reinforce these mechanistic observations. Satija et al. (2016) analysed three major US cohorts and demonstrated that adherence to nutrient-dense, plant-based diets rich in vegetables, fruits, legumes, and whole grains significantly lowers the risk of type 2 diabetes, whereas unhealthy plant-based diets dominated by refined carbohydrates confer no such benefit. Almuntashiri et al. (2025) further position plant-based diets as central instruments in preventive medicine, capable of reducing the burden of chronic diseases at a population level. Within this broad phytochemical landscape, nitrate-rich vegetables – particularly leafy greens and beetroot – have emerged as uniquely promising due to their ability to enhance nitric oxide (NO) bioavailability, which is a critical regulator of vascular, metabolic, and cognitive function [Olas, 2024].

Historically, dietary nitrates have been viewed primarily through a toxicological lens. Early analyses, such as those by Walker (1990), focused on the potential formation of carcinogenic N-nitrosocompounds. However, modern research has substantially changed this perspective.

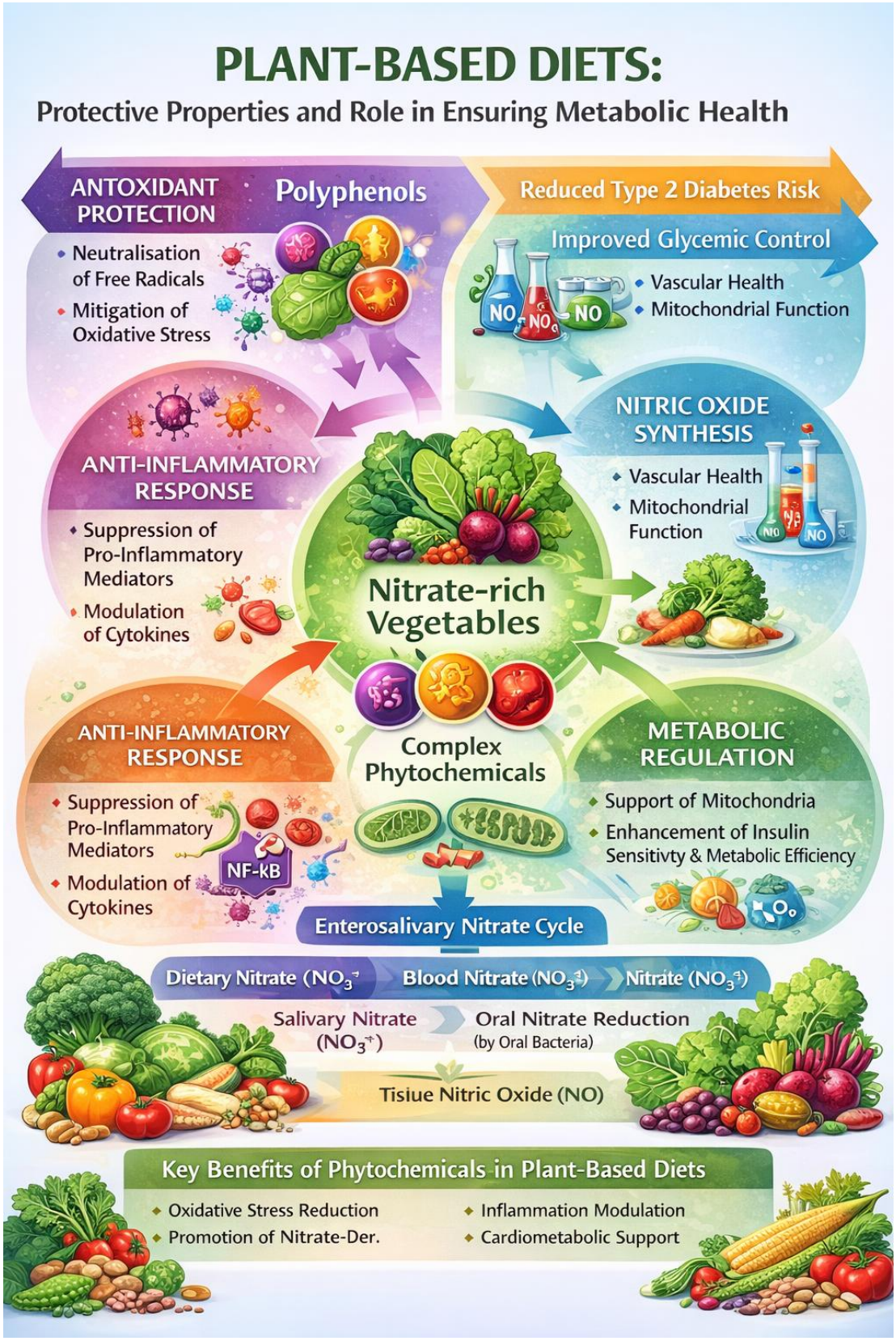


Fig. 1. Integrated model of dietary nitrate metabolism and phytochemical interactions in cardiometabolic protection.

Sokal-Dembowska et al. (2025), for example, emphasise that vegetable-derived nitrates are substrates in the nitrate–nitrite–NO pathway, which is a vital physiological system that regulates vascular tone, mitochondrial efficiency, and cellular signalling.

Martin and Bloomer (2022) argue that nitrates should be considered context-dependent bioactive compounds capable of exerting either protective or harmful effects, depending on their source, dosage, and the metabolic environment in which they are present. Membrino et al. (2025) highlight that antioxidant- and polyphenol-rich plant matrices modulate nitrosation chemistry, reducing the formation of harmful by-products and enhancing NO bioavailability.

Regulatory considerations further illustrate the complexity of nitrates (Fig. 1). D'Amore et al. (2022) describe the widespread use of nitrates in processed meats for antimicrobial and colour-stabilising purposes, a practice associated with nitrosamine formation. Bernardo et al. (2021), however, challenge simplistic distinctions between vegetable and synthetic nitrates, arguing that processing conditions largely determine safety. Meanwhile, beetroot has emerged as a potent source of functional nitrates. Studies by Baião et al. (2020) and Brzezińska-Rojek et al. (2023) demonstrate that beetroot provides high nitrate concentrations alongside synergistic antioxidants, offering cardioprotective and metabolic benefits. Population studies such as that by Huang et al. (2025) reveal geographical variability in nitrate exposure, emphasising the importance of distinguishing beneficial vegetable intake from the harmful excess associated with processed foods.

Central to nitrate physiology is nitric oxide (NO), which is now recognised as a multifunctional signalling molecule. Yang et al. (2025) emphasise the roles of NO in processes such as vasodilation, neurotransmission, mitochondrial respiration, apoptosis and neuroprotection, which are often impaired in ageing and vascular dementia. Although pharmacological NO donors are available, dietary nitrate offers a sustainable and systemic way to increase NO bioavailability. Vanhatalo et al. (2025) demonstrate that ageing alters the composition of the oral microbiome, reducing the efficiency of nitrate-to-nitrite conversion and diminishing vascular responsiveness. Clinical trials have shown that nitrate-rich beetroot juice lowers blood pressure in hypertensive pregnant women [Ormesher et al., 2018], Tanzanian adults [Siervo et al., 2020] and older individuals [Stanaway et al., 2019]. Bahadoran et al. (2017) also report the nitrate-independent antihypertensive effects of beetroot juice, indicating phytochemical synergy.

Biochemically, dietary nitrate undergoes an enterosalivary cycle. After intestinal absorption [Ma et al., 2018; Qin et al., 2020], up to 25% is actively transported into saliva via the sialin transporter [Qu et al., 2016]. Oral bacteria then reduce nitrate to nitrite via nitrate reductase enzymes [Hezel and Weitzberg, 2015]. Burleigh et al. (2018) and Ashworth et al. (2019) demonstrate that the composition of the oral microbiome directly influences nitrite production and blood pressure outcomes. However, antibacterial mouthwashes can impair this pathway, thereby reducing NO bioavailability [Hezel and Weitzberg, 2015].

In addition to the classical NOS-dependent synthesis of NO, nitrite can be reduced to NO under hypoxic and acidic conditions. Studies by Zweier et al. (1999) and Yamasaki et al. (2014) demonstrate that nitrite acts as a dynamic NO reservoir. Modin et al. (2001) demonstrated that nitrite-induced vasorelaxation is enhanced at lower pH. Lundberg and Weitzberg (2008) and Kim-Shapiro and Gladwin (2014), meanwhile, describe haem proteins, xanthine oxidoreductase and mitochondrial enzymes as nitrite

reductases. This NOS-independent pathway is particularly relevant in ageing, where endothelial NOS declines [Sverdlov et al., 2014; Shannon et al., 2022].

Exercise physiology further illustrates this mechanism. Bescós et al. (2012) and d'Unienville et al. (2021) demonstrate that nitrate supplementation improves oxygen efficiency. Neteca et al. (2024) and Tian et al. (2025) report performance benefits, particularly in less-trained individuals, while Flueck et al. (2016) observe superior effects of beetroot juice compared to sodium nitrate, highlighting phytochemical synergy.

Mitochondrial function is closely linked to nitrite-derived NO. Zafari et al. (2022) and Ritz et al. (2021) demonstrate that NO mediates hypoxia-induced metabolic reprogramming. Poeggeler et al. (2023) emphasise the importance of antioxidant support in maintaining NO stability.

Antioxidants such as vitamin C preserve NO by limiting superoxide-mediated degradation [Carr and Frei, 2000; May, 2000]. Similarly, polyphenol-rich interventions enhance redox balance [Alharbi et al., 2025]. Vanhoutte et al. (2017) and Carlström et al. (2024) emphasise that restoring NO bioavailability necessitates a dual approach of supplying precursors and controlling oxidative stress.

Betalains and flavonoids also influence inflammatory and oxidative pathways. Silva et al. (2021) describe betanin as both an Nrf2 activator and a ROS scavenger. Moreno-Ley et al. (2021) emphasise the suppression of NF-κB. Meanwhile, Ribeiro et al. (2015) and Leyva-López et al. (2016) detail the modulation of cytokines by flavonoids. These phytochemicals are particularly relevant in ageing, as inflammaging accelerates vascular decline.

Red blood cells (RBCs) play an active role in the export of nitrite-derived NO [Salgado et al., 2015]. However, impaired RBC lifespan and membrane integrity in chronic kidney disease may reduce NO signalling efficiency [Rao et al., 2022]. Thus, nitrate efficacy partly depends on RBC health.

Beetroot (*Beta vulgaris* L.) is a model functional food. It contains nitrates, betalains, phenolic acids, flavonoids, vitamins and minerals [Chen et al., 2021; Punia Bangar et al., 2023; Thiruvengadam et al., 2024]. Functional forms include juices, powders, and fermented products [Clifford et al., 2015; Ashraf et al., 2022]. Ageing-related NOS decline increases reliance on dietary nitrate pathways, although medications such as proton pump inhibitors can hinder the conversion of gastric nitrite to NO [Chhikara et al., 2019].

The clinical translation of nitrate delivery systems requires improved pharmacokinetics. Classical organic nitrates are subject to tolerance and first-pass metabolism [Parker and Parker, 1998; Bogaert, 1994]. Controlled-release technologies, including hydrotalcite carriers [Ureña-Amate et al., 2011] and hydrogels [Ureña-Amate et al., 2023], offer sustained nitrate delivery. Agricultural slow-release models [Tang et al., 2023; Yang et al., 2021] can inform the design of nutraceutical applications. Sustained nitrate exposure may enhance red blood cell (RBC)-mediated nitrite reduction and improve microvascular perfusion [Salgado et al., 2015].

In conclusion, dietary nitrate represents a paradigm shift from a toxicological concern to a therapeutic opportunity. When integrated within phytochemical-rich vegetable matrices, nitrates function as condition-responsive NO precursors. This is

particularly valuable in ageing populations characterised by endothelial dysfunction, oxidative stress, and microbiome alterations. The convergence of vascular biology, microbiome science, phytochemistry, and materials engineering establishes nitrate-rich vegetables, especially beetroot, as multifaceted bioactive systems that can support vascular, metabolic, and cognitive resilience. Future translational research should focus on personalised nitrate delivery strategies, microbiome modulation, and controlled-release systems to maximise clinical efficacy while ensuring safety.

References

1. Alharbi, Y. M., Alkhidhr, M., & Barakat, H. (2025). Antioxidative and ameliorative properties of probiotic-enriched fermented and unfermented turmeric-camel milk in streptozotocin-induced diabetes and oxidative stress in rats. *International journal of health sciences*, 19(2), 42–56.
2. Almuntashiri, S. A., Alsubaie, F. F., & Alotaybi, M. (2025). Plant-Based Diets and Their Role in Preventive Medicine: A Systematic Review of Evidence-Based Insights for Reducing Disease Risk. *Cureus*, 17(2), e78629. https://doi.org/10.7759/cureus.78629.
3. Ansari, P., Khan, J. T., Chowdhury, S., Reberio, A. D., Kumar, S., Seidel, V., Abdel-Wahab, Y. H. A., & Flatt, P. R. (2024). Plant-Based Diets and Phytochemicals in the Management of Diabetes Mellitus and Prevention of Its Complications: A Review. *Nutrients*, 16(21), 3709. https://doi.org/10.3390/nu16213709.
4. Ashraf, S., Sayeed, S. A., Ali, R., Vohra, F., Ahmed, N., & Alam, M. K. (2022). Assessment of Potential Benefits of Functional Food Characteristics of Beetroot Energy Drink and Flavored Milk. *BioMed research international*, 2022, 1971018. https://doi.org/10.1155/2022/1971018.
5. Ashworth, A., Clarke, C., Farnham, G., Liddle, L., Burleigh, M., Rodiles, A., Sillitti, C., Kiernan, M., Moore, M., Hickson, M., Easton, C., & Bescos, R. (2019). Dietary intake of inorganic nitrate in vegetarians and omnivores and its impact on blood pressure, resting metabolic rate and the oral microbiome. *Free radical biology & medicine*, 138, 63–72. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2019.05.010.
6. Bahadoran, Z., Mirmiran, P., Kabir, A., Azizi, F., & Ghasemi, A. (2017). The Nitrate-Independent Blood Pressure-Lowering Effect of Beetroot Juice: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Advances in nutrition (Bethesda, Md.)*, 8(6), 830–838. https://doi.org/10.3945/an.117.016717.
7. Baião, D. D. S., Silva, D. V. T. D., & Paschoalin, V. M. F. (2020). Beetroot, a Remarkable Vegetable: Its Nitrate and Phytochemical Contents Can be Adjusted in Novel Formulations to Benefit Health and Support Cardiovascular Disease Therapies. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 9(10), 960. https://doi.org/10.3390/antiox9100960.
8. Bernardo, P., Patarata, L., Lorenzo, J. M., & Fraqueza, M. J. (2021). Nitrate Is Nitrate: The Status Quo of Using Nitrate through Vegetable Extracts in Meat Products. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(12), 3019. https://doi.org/10.3390/foods10123019.

9. Bescós, R., Sureda, A., Tur, J. A., & Pons, A. (2012). The effect of nitric-oxide-related supplements on human performance. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 42(2), 99–117. https://doi.org/10.2165/11596860-000000000-00000.
10. Bogaert M. G. (1994). Clinical pharmacokinetics of nitrates. *Cardiovascular drugs and therapy*, 8(5), 693–699. https://doi.org/10.1007/BF00877116.
11. Brzezińska-Rojek, J., Sagatovych, S., Malinowska, P., Gadaj, K., Prokopowicz, M., & Grembecka, M. (2023). Antioxidant Capacity, Nitrite and Nitrate Content in Beetroot-Based Dietary Supplements. *Foods (Basel, Switzerland)*, 12(5), 1017. https://doi.org/10.3390/foods12051017.
12. Burleigh, M. C., Liddle, L., Monaghan, C., Muggeridge, D. J., Sculthorpe, N., Butcher, J. P., Henriquez, F. L., Allen, J. D., & Easton, C. (2018). Salivary nitrite production is elevated in individuals with a higher abundance of oral nitrate-reducing bacteria. *Free radical biology & medicine*, 120, 80–88. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2018.03.023.
13. Carlström, M., Weitzberg, E., & Lundberg, J. O. (2024). Nitric Oxide Signaling and Regulation in the Cardiovascular System: Recent Advances. *Pharmacological reviews*, 76(6), 1038–1062. https://doi.org/10.1124/pharmrev.124.001060.
14. Carr, A., & Frei, B. (2000). The role of natural antioxidants in preserving the biological activity of endothelium-derived nitric oxide. *Free radical biology & medicine*, 28(12), 1806–1814. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(00)00225-2.
15. Chen, L., Zhu, Y., Hu, Z., Wu, S., & Jin, C. (2021). Beetroot as a functional food with huge health benefits: Antioxidant, antitumor, physical function, and chronic metabolomics activity. *Food science & nutrition*, 9(11), 6406–6420. https://doi.org/10.1002/fsn3.2577.
16. Chhikara, N., Kushwaha, K., Sharma, P., Gat, Y., & Panghal, A. (2019). Bioactive compounds of beetroot and utilization in food processing industry: A critical review. *Food chemistry*, 272, 192–200. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2018.08.022.
17. Clifford, T., Howatson, G., West, D. J., & Stevenson, E. J. (2015). The potential benefits of red beetroot supplementation in health and disease. *Nutrients*, 7(4), 2801–2822. https://doi.org/10.3390/nu7042801.
18. D'Amore, T., Di Taranto, A., Berardi, G., Vita, V., & Iammarino, M. (2022). Nitrate as food additives: Reactivity, occurrence, and regulation. In: *Nitrate handbook*. CRC Press, pp. 281-300.
19. Del Carmen Fernández-Fígares Jiménez M. (2024). Plant foods, healthy plant-based diets, and type 2 diabetes: a review of the evidence. *Nutrition reviews*, 82(7), 929–948. https://doi.org/10.1093/nutrit/nuad099.
20. d'Unienville, N. M. A., Blake, H. T., Coates, A. M., Hill, A. M., Nelson, M. J., & Buckley, J. D. (2021). Effect of food sources of nitrate, polyphenols, L-arginine and L-citrulline on endurance exercise performance: a systematic review and meta-analysis of randomised controlled trials. *Journal of the International Society of Sports Nutrition*, 18(1), 76. https://doi.org/10.1186/s12970-021-00472-y.
21. Flueck, J. L., Bogdanova, A., Mettler, S., & Perret, C. (2016). Is beetroot juice more effective than sodium nitrate? The effects of equimolar nitrate dosages of nitrate-rich beetroot juice and sodium nitrate on oxygen consumption during

exercise. *Applied physiology, nutrition, and metabolism = Physiologie appliquee, nutrition et metabolisme*, 41(4), 421–429. https://doi.org/10.1139/apnm-2015-0458.

22. Hezel, M. P., & Weitzberg, E. (2015). The oral microbiome and nitric oxide homoeostasis. Oral diseases, 21(1), 7–16. https://doi.org/10.1111/odi.12157.
23. Huang, B., Song, J., Ding, H., & Jiang, D. (2025). Dietary exposure assessment of nitrate in Shandong population in China. *Food additives & contaminants. Part A, Chemistry, analysis, control, exposure & risk assessment*, 42(12), 1667–1679. https://doi.org/10.1080/19440049.2025.2581165.
24. Kim-Shapiro, D. B., & Gladwin, M. T. (2014). Mechanisms of nitrite bioactivation. *Nitric oxide: biology and chemistry*, 38, 58–68. https://doi.org/10.1016/j.niox.2013.11.002.
25. Leyva-López, N., Gutierrez-Grijalva, E. P., Ambriz-Perez, D. L., & Heredia, J. B. (2016). Flavonoids as Cytokine Modulators: A Possible Therapy for Inflammation-Related Diseases. *International journal of molecular sciences*, 17(6), 921. https://doi.org/10.3390/ijms17060921.
26. Lundberg, J. O., & Weitzberg, E. (2008). Nitrite reduction to nitric oxide in the vasculature. *American journal of physiology. Heart and circulatory physiology*, 295(2), H477–H478. https://doi.org/10.1152/ajpheart.00611.2008.
27. Ma, L., Hu, L., Feng, X., & Wang, S. (2018). Nitrate and Nitrite in Health and Disease. *Aging and disease*, 9(5), 938–945. https://doi.org/10.14336/AD.2017.1207.
28. Martin, K. R., & Bloomer, R. J. (2022). Nitrate and human health: An overview. In: *Nitrate Handbook*, pp. 303-345.
29. May J. M. (2000). How does ascorbic acid prevent endothelial dysfunction?. *Free radical biology & medicine*, 28(9), 1421–1429. https://doi.org/10.1016/s0891-5849(00)00269-0.
30. Membrino, V., Di Paolo, A., Di Crescenzo, T., Cecati, M., Alia, S., & Vignini, A. (2025). Effects of Animal-Based and Plant-Based Nitrates and Nitrites on Human Health: Beyond Nitric Oxide Production. *Biomolecules*, 15(2), 236. https://doi.org/10.3390/biom15020236.
31. Modin, A., Björne, H., Herulf, M., Alving, K., Weitzberg, E., & Lundberg, J. O. (2001). Nitrite-derived nitric oxide: a possible mediator of 'acidic-metabolic' vasodilation. *Acta physiologica Scandinavica*, 171(1), 9–16. https://doi.org/10.1046/j.1365-201X.2001.00771.x.
32. Moreno-Ley, C. M., Osorio-Revilla, G., Hernández-Martínez, D. M., Ramos-Monroy, O. A., & Gallardo-Velázquez, T. (2021). Anti-inflammatory activity of betalains: A comprehensive review. *Human Nutrition & Metabolism*, 25, 200126.
33. Neteca, J., Veseta, U., Liepina, I., Volgemute, K., Dzintare, M., & Babarykin, D. (2024). Effect of Beetroot Juice Supplementation on Aerobic Capacity in Female Athletes: A Randomized Controlled Study. *Nutrients*, 17(1), 63. https://doi.org/10.3390/nu17010063.
34. Olas B. (2024). The Cardioprotective Role of Nitrate-Rich Vegetables. *Foods (Basel, Switzerland)*, 13(5), 691. https://doi.org/10.3390/foods13050691.

35. Ormesher, L., Myers, J. E., Chmiel, C., Wareing, M., Greenwood, S. L., Tropea, T., Lundberg, J. O., Weitzberg, E., Nihlen, C., Sibley, C. P., Johnstone, E. D., & Cottrell, E. C. (2018). Effects of dietary nitrate supplementation, from beetroot juice, on blood pressure in hypertensive pregnant women: A randomised, double-blind, placebo-controlled feasibility trial. *Nitric oxide: biology and chemistry*, 80, 37–44. https://doi.org/10.1016/j.niox.2018.08.004.
36. Parker, J. D., & Parker, J. O. (1998). Nitrate therapy for stable angina pectoris. *The New England journal of medicine*, 338(8), 520–531. https://doi.org/10.1056/NEJM199802193380807.
37. Poeggeler, B., Singh, S. K., Sambamurti, K., & Pappolla, M. A. (2023). Nitric Oxide as a Determinant of Human Longevity and Health Span. *International journal of molecular sciences*, 24(19), 14533. https://doi.org/10.3390/ijms241914533.
38. Punia Bangar, S., Singh, A., Chaudhary, V., Sharma, N., & Lorenzo, J. M. (2023). Beetroot as a novel ingredient for its versatile food applications. *Critical reviews in food science and nutrition*, 63(26), 8403–8427. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2055529.
39. Qin, L. Z., Jin, L. Y., Qu, X. M., & Wang, S. L. (2020). [Nitrate: a pioneer from the mouth to the systemic health and diseases]. *Zhonghua kou qiang yi xue za zhi = Zhonghua kouqiang yixue zazhi = Chinese journal of stomatology*, 55(7), 433–438. https://doi.org/10.3760/cma.j.cn112144-20200410-00204.
40. Qu, X. M., Wu, Z. F., Pang, B. X., Jin, L. Y., Qin, L. Z., & Wang, S. L. (2016). From Nitrate to Nitric Oxide: The Role of Salivary Glands and Oral Bacteria. *Journal of dental research*, 95(13), 1452–1456. https://doi.org/10.1177/0022034516673019.
41. Rao, S., Zhang, J., Lin, J., Wan, J., & Chen, Y. (2022). Association of Red Blood Cell Life Span with Abnormal Changes in Cardiac Structure and Function in Non-Dialysis Patients with Chronic Kidney Disease Stages 3-5. *Journal of clinical medicine*, 11(24), 7373. https://doi.org/10.3390/jcm11247373.
42. Ribeiro, D., Freitas, M., Lima, J. L., & Fernandes, E. (2015). Proinflammatory Pathways: The Modulation by Flavonoids. *Medicinal research reviews*, 35(5), 877–936. https://doi.org/10.1002/med.21347.
43. Ritz, T., Salsman, M. L., Young, D. A., Lippert, A. R., Khan, D. A., & Ginty, A. T. (2021). Boosting nitric oxide in stress and respiratory infection: Potential relevance for asthma and COVID-19. *Brain, behavior, & immunity - health*, 14, 100255. https://doi.org/10.1016/j.bbih.2021.100255.
44. Salgado, M. T., Cao, Z., Nagababu, E., Mohanty, J. G., & Rifkind, J. M. (2015). Red blood cell membrane-facilitated release of nitrite-derived nitric oxide bioactivity. *Biochemistry*, 54(44), 6712–6723. https://doi.org/10.1021/acs.biochem.5b00643.
45. Satija, A., Bhupathiraju, S. N., Rimm, E. B., Spiegelman, D., Chiuve, S. E., Borgi, L., Willett, W. C., Manson, J. E., Sun, Q., & Hu, F. B. (2016). Plant-Based Dietary Patterns and Incidence of Type 2 Diabetes in US Men and Women: Results from Three Prospective Cohort Studies. *PLoS medicine*, 13(6), e1002039. https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1002039.

46. Shannon, O. M., Clifford, T., Seals, D. R., Craighead, D. H., & Rossman, M. J. (2022). Nitric oxide, aging and aerobic exercise: Sedentary individuals to Master's athletes. *Nitric oxide: biology and chemistry*, 125-126, 31–39. https://doi.org/10.1016/j.niox.2022.06.002.
47. Siervo, M., Shannon, O., Kandhari, N., Prabhakar, M., Fostier, W., Köchl, C., Rogathi, J., Temu, G., Stephan, B. C. M., Gray, W. K., Haule, I., Paddick, S. M., Mmbaga, B. T., & Walker, R. (2020). Nitrate-Rich Beetroot Juice Reduces Blood Pressure in Tanzanian Adults with Elevated Blood Pressure: A Double-Blind Randomized Controlled Feasibility Trial. *The Journal of nutrition*, 150(9), 2460–2468. https://doi.org/10.1093/jn/nxaa170.
48. Silva, D. V. T. D., Baião, D. D. S., Ferreira, V. F., & Paschoalin, V. M. F. (2022). Betanin as a multipath oxidative stress and inflammation modulator: a beetroot pigment with protective effects on cardiovascular disease pathogenesis. *Critical reviews in food science and nutrition*, 62(2), 539–554. https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1822277.
49. Sokal-Dembowska, A., Jarmakiewicz-Czaja, S., Tabarkiewicz, J., & Filip, R. (2025). Nitrate and Nitrite in the Diet: Protective and Harmful Effects in Health and Disease. *Current nutrition reports*, 14(1), 89. https://doi.org/10.1007/s13668-025-00678-5.
50. Stanaway, L., Rutherfurd-Markwick, K., Page, R., Wong, M., Jirangrat, W., Teh, K. H., & Ali, A. (2019). Acute Supplementation with Nitrate-Rich Beetroot Juice Causes a Greater Increase in Plasma Nitrite and Reduction in Blood Pressure of Older Compared to Younger Adults. Nutrients, 11(7), 1683. https://doi.org/10.3390/nu11071683.
51. Sverdlov, A. L., Ngo, D. T., Chan, W. P., Chirkov, Y. Y., & Horowitz, J. D. (2014). Aging of the nitric oxide system: are we as old as our NO?. *Journal of the American Heart Association*, 3(4), e000973. https://doi.org/10.1161/JAHA.114.000973.
52. Tang, C., Han, M., Yang, X., Shen, T., Gao, Y., Wang, Y., Zhang, S., Chen, D., He, D., & Li, Y. C. (2023). Gene Expression, Enzyme Activity, Nitrogen Use Efficiency, and Yield of Rice Affected by Controlled-Release Nitrogen. *ACS omega*, 8(26), 23772–23781. https://doi.org/10.1021/acsomega.3c02113.
53. Thiruvengadam, M., Chung, I. M., Samynathan, R., Chandar, S. R. H., Venkidasamy, B., Sarkar, T., Rebezov, M., Gorelik, O., Shariati, M. A., & Simal-Gandara, J. (2024). A comprehensive review of beetroot (*Beta vulgaris* L.) bioactive components in the food and pharmaceutical industries. *Critical reviews in food science and nutrition*, 64(3), 708–739. https://doi.org/10.1080/10408398.2022.2108367.
54. Tian, C., Jiang, Q., Han, M., Guo, L., Huang, R., Zhao, L., & Mao, S. (2025). Effects of Beetroot Juice on Physical Performance in Professional Athletes and Healthy Individuals: An Umbrella Review. *Nutrients*, 17(12), 1958. https://doi.org/10.3390/nu17121958.
55. Ureña-Amate, M. D., Boutarbouch, N. D., del Mar Socias-Viciana, M., & Gonzalez-Pradas, E. (2011). Controlled release of nitrate from hydrotalcite modified formulations. *Applied Clay Science*, 52(4), 368-373.

56. Ureña-Amate, M. D., Socias-Viciana, M. D. M., Urbano-Juan, M. D. M., & García-Alcaraz, M. D. C. (2023). Effects of pH and Crosslinking Agent in the Evaluation of Hydrogels as Potential Nitrate-Controlled Release Systems. *Polymers*, 15(5), 1246. https://doi.org/10.3390/polym15051246.
57. Vanhatalo, A., L'Heureux, J. E., Black, M. I., Blackwell, J. R., Aizawa, K., Thompson, C., Williams, D. W., van der Giezen, M., Winyard, P. G., & Jones, A. M. (2025). Ageing modifies the oral microbiome, nitric oxide bioavailability and vascular responses to dietary nitrate supplementation. *Free radical biology & medicine*, 238, 682–696. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2025.07.002.
58. Vanhoutte, P. M., Shimokawa, H., Feletou, M., & Tang, E. H. (2017). Endothelial dysfunction and vascular disease – a 30th anniversary update. *Acta physiologica (Oxford, England)*, 219(1), 22–96. https://doi.org/10.1111/apha.12646.
59. Walker R. (1990). Nitrates, nitrites and N-nitrosocompounds: a review of the occurrence in food and diet and the toxicological implications. *Food additives and contaminants*, 7(6), 717–768. https://doi.org/10.1080/02652039009373938.
60. Yamasaki, H., Watanabe, N. S., Fukuto, J., & Cohen, M. F. (2014). Nitrite-dependent nitric oxide production pathway: Diversity of NO production systems. In: *Studies on Pediatric Disorders*. New York, NY: Springer New York, pp. 35-54.
61. Yang, X., Geng, J., Liu, Q., Zhang, H., Hao, X., Sun, Y., & Lu, X. (2021). Controlled-release urea improved rice yields by providing nitrogen in synchrony with the nitrogen requirements of plants. *Journal of the science of food and agriculture*, 101(10), 4183–4192. https://doi.org/10.1002/jsfa.11056.
62. Yang, Y., Ma, K., Li, S., & Xiong, T. (2025). Multifaceted role of nitric oxide in vascular dementia. *Medical gas research*, 15(4), 496–506. https://doi.org/10.4103/mgr.MEDGASRES-D-24-00158.
63. Zafari, S., Vanlerberghe, G. C., & Igamberdiev, A. U. (2022). Nitric Oxide Turnover Under Hypoxia Results in the Rapid Increased Expression of the Plastid-Localized Phosphorylated Pathway of Serine Biosynthesis. *Frontiers in plant science*, 12, 780842. https://doi.org/10.3389/fpls.2021.780842.
64. Zweier, J. L., Samouilov, A., & Kuppusamy, P. (1999). Non-enzymatic nitric oxide synthesis in biological systems. *Biochimica et biophysica acta*, 1411(2-3), 250–262. https://doi.org/10.1016/s0005-2728(99)00018-3.

Phytochemicals in the treatment of mental, cognitive, and neurodegenerative disorders

Natalia Kurhaluk[1], Lyudmyla Buyun[2], Halina Tkaczenko[1]
[1]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
[2]Department of Tropical and Subtropical Plants, M.M. Gryshko National Botanic Garden, National Academy of Science of Ukraine, Kyiv, Ukraine;
e-mail: natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl

Neurodegenerative, psychiatric and cognitive disorders pose a growing global health challenge, affecting millions of people worldwide and incurring significant social and economic costs. These conditions, which include depression, anxiety disorders, attention deficit syndromes, sleep disturbances, mild cognitive impairment, Alzheimer's disease (AD) and Parkinson's disease (PD), share several overlapping pathophysiological mechanisms [Wang et al., 2024]. Progressive neuronal dysfunction, oxidative stress, chronic neuroinflammation, mitochondrial impairment, dysregulated neurotransmission and altered neuroplasticity are all consistently implicated in their development and progression [Qin et al., 2024]. There is increasing evidence that phytochemicals – bioactive compounds derived from plants – may exert protective and therapeutic effects across this broad spectrum of disorders through multi-target molecular actions [Riaz et al., 2023]. Unlike many conventional pharmacotherapies, which primarily address a single neurotransmitter system, phytochemicals frequently modulate interconnected signalling pathways involved in neuronal survival, synaptic plasticity, immune regulation and metabolic homeostasis [Naoi et al., 2025].

A key feature of neurodegenerative and mood disorders is oxidative stress, which is characterised by the excessive production of reactive oxygen species (ROS) and an inadequate antioxidant defence system. Persistent oxidative damage can impair mitochondrial function, disrupt membrane integrity and promote neuronal apoptosis [Singh et al., 2019]. Numerous phytochemicals, including curcumin, quercetin, resveratrol and epigallocatechin gallate (EGCG), activate the Nrf2/ARE signalling pathway, which regulates the expression of endogenous antioxidant enzymes such as superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx) and catalase [Moratilla-Rivera et al., 2023; Luo and Xiao, 2026]. Activation of Nrf2 enhances cellular resilience, preserves mitochondrial bioenergetics and reduces ROS accumulation. Conversely, many phytochemicals inhibit nuclear factor kappa B (NF-κB), a key transcription factor that drives the expression of pro-inflammatory cytokines, including IL-6, TNF-α and IL-1β [Matzinger et al., 2018]. Chronic low-grade neuroinflammation, which is partly mediated by sustained NF-κB activation and overactivation of microglia, is now widely recognised as a common factor linking depression, cognitive decline, and neurodegeneration [Cai et al., 2022].

Reduced levels of brain-derived neurotrophic factor (BDNF) are frequently observed in major depressive disorder (MDD) and are associated with impaired synaptic plasticity and emotional dysregulation [Correia et al., 2023]. Several phytochemicals exert antidepressant-like effects by activating the ERK-CREB-BDNF signalling cascade, thereby enhancing BDNF expression and promoting neuronal

survival and dendritic spine formation [Singh et al., 2025]. Curcumin, hesperidin and quercetin have been shown to increase BDNF levels, thereby supporting hippocampal neurogenesis and restoring synaptic connectivity that is disrupted in depressive pathology [Liaqat et al., 2022]. In addition to neurotrophic mechanisms, monoaminergic modulation plays an important role. Certain flavonoids, including hesperetin and quercetin, inhibit monoamine oxidase (MAO), thereby increasing the synaptic availability of serotonin, dopamine and norepinephrine [Bellavite, 2023; Mohammed et al., 2025]. This mechanism is similar to the pharmacological action of MAO inhibitors; however, phytochemicals may be better tolerated and have fewer adverse effects than synthetic antidepressants [Houldsworth, 2024]. Furthermore, the gut-brain axis has emerged as a critical component of mood regulation. Polyphenols such as EGCG and curcumin modulate the composition of the gut microbiota, enhancing beneficial bacterial populations while reducing endotoxemia and systemic inflammation [González-Gómez et al., 2025]. Through these integrated actions – neurotrophic, monoaminergic, anti-inflammatory and microbiota-mediated – phytochemicals demonstrate significant promise in the integrative management of depression and mood disorders [Zhao et al., 2025] (Fig. 1).

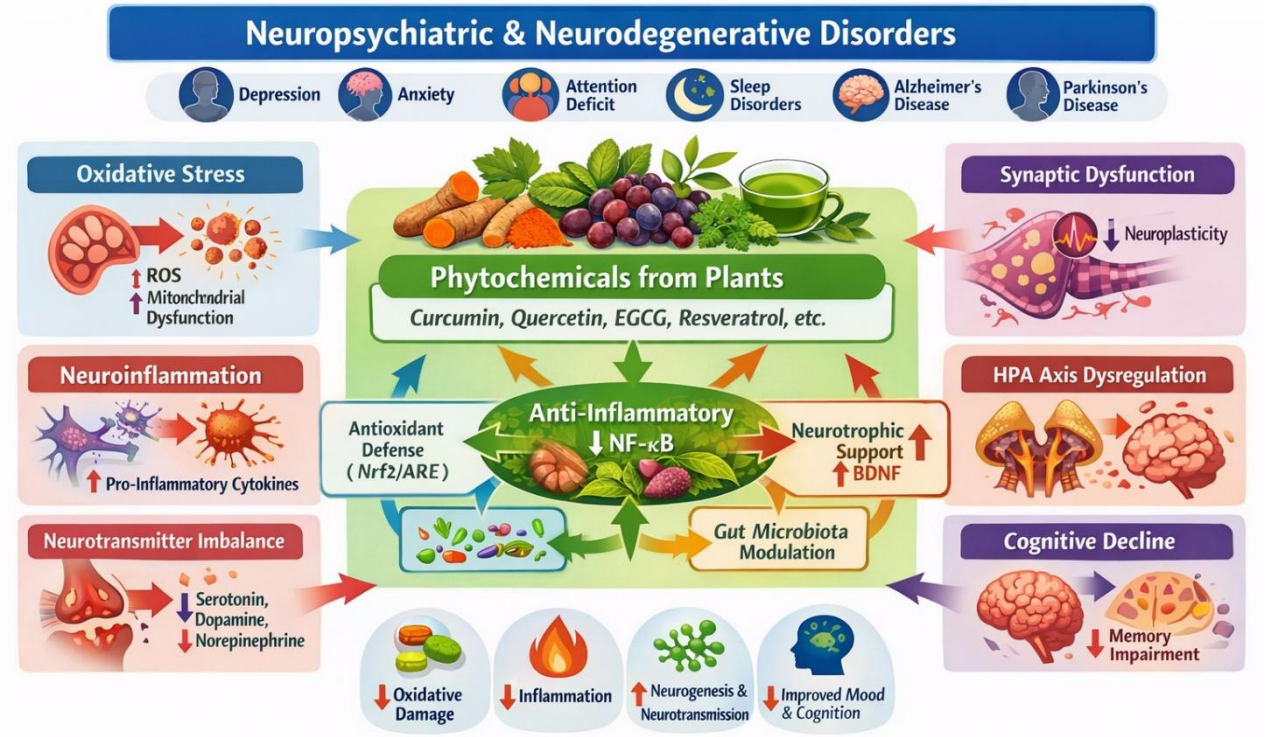


Fig. 1. Multi-target neuroprotective mechanisms of phytochemicals in neuropsychiatric, cognitive, and neurodegenerative disorders.

Anxiety and chronic stress are closely linked to the dysregulation of GABAergic neurotransmission and the hyperactivation of the hypothalamic-pituitary-adrenal (HPA) axis [Herman et al., 2016]. Apigenin, a flavonoid found in chamomile, selectively binds to the benzodiazepine site of the GABA_A receptor. This enhances inhibitory neurotransmission and promotes anxiolytic effects, but without the sedative and addictive properties associated with classical benzodiazepines [Viola et al., 1995]. Chronic stress is associated with elevated cortisol levels and increased production of

pro-inflammatory cytokines, which can lead to hippocampal atrophy and cognitive disturbances [Knezevic et al., 2023]. Rosmarinic acid has been shown to suppress NF-κB activation and modulate corticotropin-releasing hormone (CRH) and adrenocorticotropic hormone (ACTH) signalling, thereby stabilising cortisol secretion and restoring HPA axis balance [Priya et al., 2025]. EGCG similarly attenuates stress-induced biochemical and behavioural changes by inhibiting glucocorticoid receptor overactivation and activating Nrf2-dependent antioxidant pathways [Pervin et al., 2018]. Importantly, EGCG also promotes hippocampal neurogenesis and preserves synaptic integrity under conditions of chronic stress [Ortiz-López et al., 2016]. While large-scale comparative clinical trials remain limited, preclinical and emerging clinical data suggest that phytochemicals may offer anxiolytic benefits similar to those of certain standard pharmacotherapies, with a more favourable safety profile.

Cognitive impairment associated with stress, systemic inflammation or ageing, often described as 'brain fog', is characterised by deficits in memory, attention and executive function [Sanger et al., 2025]. These impairments are strongly linked to oxidative damage, synaptic dysfunction and neuroinflammatory processes. Flavonoids such as quercetin and EGCG enhance neuronal survival by activating the PI3K/Akt and Nrf2/ARE pathways, thereby increasing the expression of antioxidant enzymes and reducing inflammatory signalling [Alharbi et al., 2025; Capasso et al., 2025]. Curcumin and hesperidin restore synaptic plasticity by stimulating ERK-CREB-BDNF signalling, thereby improving long-term potentiation and hippocampal-dependent learning. At the same time, these compounds suppress pro-inflammatory cytokines, thereby mitigating the inflammatory burden that contributes to cognitive fatigue and impaired concentration [Lee et al., 2022; Li et al., 2025]. Rosmarinic acid further improves cognitive performance by inhibiting acetylcholinesterase (AChE) and enhancing cholinergic neurotransmission, thereby improving attention and short-term memory [Ghasemzadeh Rahbardar and Hosseinzadeh, 2020]. Together, these mechanisms demonstrate the ability of phytochemicals to counteract cognitive dysfunction via antioxidant, anti-inflammatory, neurotrophic and cholinergic pathways.

In the context of neurodegenerative diseases, phytochemicals demonstrate significant neuroprotective potential. Alzheimer’s disease is characterised by the accumulation of extracellular amyloid-β (Aβ) plaques and intracellular neurofibrillary tangles formed by hyperphosphorylated tau protein [Zhang et al., 2021]. Curcumin, resveratrol and EGCG inhibit Aβ aggregation and modulate tau phosphorylation by regulating enzymes such as glycogen synthase kinase-3β (GSK-3β) [Shi and Zhao, 2024]. These compounds activate Nrf2-mediated antioxidant responses, suppress NF-κB-driven inflammation and support CREB-dependent synaptic plasticity. Furthermore, supporting the cholinergic system remains a key therapeutic strategy in AD: certain plant-derived compounds, including huperzine A, inhibit acetylcholinesterase and improve memory performance in preclinical models [Yan et al., 2022]. In contrast, Parkinson’s disease is primarily characterised by the degeneration of dopaminergic neurons in the substantia nigra and the accumulation of α-synuclein aggregates [Pitton Rissardo et al., 2025]. Phytochemicals such as baicalein, naringenin and salidroside reduce α-synuclein toxicity and protect

dopaminergic neurons by activating Nrf2/ARE signalling and stabilising mitochondrial function [Hung et al., 2016; Li et al., 2019; Emran et al., 2022]. Some compounds also modulate MAO-B activity, thereby reducing the oxidative stress associated with dopamine metabolism. Across neurodegenerative models, the maintenance of mitochondrial integrity, the enhancement of proteostasis and the reduction of ROS generation emerge as consistent protective mechanisms [García-Aguilar et al., 2021].

Sleep disorders are often associated with anxiety, depression and neurodegeneration and may also be modulated by phytochemicals [Naoi et al., 2025]. The regulation of the circadian rhythm depends on the synthesis of melatonin and the proper functioning of the suprachiasmatic nucleus. Naringenin and luteolin enhance melatonin production by upregulating arylalkylamine N-acetyltransferase (AANAT) [Olufunke et al., 2020; Rahman et al., 2022], while resveratrol influences circadian gene expression by acting on SIRT1/PGC-1α signalling within the central pacemaker [Spaleniak and Cuendet, 2023]. Apigenin and valerenic acid derivatives modulate GABA_A receptors, reducing sleep latency and promoting relaxation with minimal next-day sedation [Shinjyo et al., 2020; Kramer and Johnson, 2024]. Anti-inflammatory polyphenols, such as EGCG and rosmarinic acid, can further improve sleep quality by suppressing NF-κB-mediated cytokine production [Shinjyo et al., 2020; Li et al., 2024].

Attention deficit and executive dysfunction, particularly in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD), are associated with impaired dopaminergic and noradrenergic signalling in the prefrontal cortex [Vaidya and Stollstorff, 2008]. Adaptogenic plants such as *Rhodiola rosea* and *Panax ginseng* contain bioactive compounds (e.g. salidroside, rosavin, and ginsenosides) that enhance catecholaminergic transmission and improve executive function [Tinsley et al., 2024; Kim et al., 2024]. Bacosides from *Bacopa monnieri* and withanolides from *Withania somnifera* increase BDNF expression, promote synaptogenesis and modulate cholinergic signalling, thereby contributing to improved working memory and cognitive processing speed [Peth-Nui et al., 2012; Mikulska et al., 2023]. Polyphenols such as quercetin and EGCG further reduce microglial activation and oxidative stress, thereby mitigating the neuroinflammatory contribution to executive dysfunction [Turiaco et al., 2024].

Finally, in the context of cognitive ageing and dementia prevention, phytochemicals offer strategies that could help to preserve neuronal resilience. Age-related cognitive decline is characterised by oxidative stress, synaptic dysfunction, chronic inflammation and epigenetic alterations [Melrose, 2023]. Resveratrol activates SIRT1, a NAD^+-dependent deacetylase that is involved in longevity and neuronal survival [Ghosh et al., 2013]. Curcumin modulates NF-κB signalling and amyloid pathology [Islam et al., 2025], while EGCG supports mitochondrial metabolism [Oliveira et al., 2016]. Quercetin and anthocyanins influence epigenetic regulation and activate Nrf2-dependent antioxidant defences [Cai et al., 2025]. By suppressing pro-inflammatory cytokines and attenuating microglial activation, phytochemicals help to preserve synaptic integrity and delay neurodegenerative progression.

In summary, phytochemicals exert a range of neuroprotective, antidepressant, anxiolytic, procognitive and anti-neurodegenerative effects through interconnected

antioxidant, anti-inflammatory, neurotrophic, mitochondrial and epigenetic mechanisms. Central converging pathways include activation of Nrf2/ARE, modulation of PI3K/Akt and ERK/CREB/BDNF signalling, inhibition of NF-κB and regulation of SIRT1/PGC-1α. Although preclinical evidence is extensive and mechanistically compelling, further well-designed randomised controlled trials are necessary to establish optimal dosing strategies, enhance bioavailability, ensure long-term safety and determine comparative efficacy relative to standard pharmacotherapies. Nevertheless, the current body of evidence supports the use of selected phytochemicals as preventive or adjunctive agents in the management of neuropsychiatric and neurodegenerative disorders.

References

1. Alharbi, H. O. A., Alshebremi, M., Babiker, A. Y., & Rahmani, A. H. (2025). The Role of Quercetin, a Flavonoid in the Management of Pathogenesis Through Regulation of Oxidative Stress, Inflammation, and Biological Activities. *Biomolecules*, 15(1), 151. https://doi.org/10.3390/biom15010151.
2. Bellavite, P. (2023). Neuroprotective Potentials of Flavonoids: Experimental Studies and Mechanisms of Action. *Antioxidants*, 12(2), 280. https://doi.org/10.3390/antiox12020280.
3. Cai, D., Li, Y., Sun, D., Zhang, Y., Bai, W., & Li, X. (2025). Anthocyanin-mediated epigenetic modifications: a new perspective in health promoting and disease prevention. *Journal of advanced research*, S2090-1232(25)00817-3. https://doi.org/10.1016/j.jare.2025.10.021.
4. Cai, Y., Liu, J., Wang, B., Sun, M., & Yang, H. (2022). Microglia in the Neuroinflammatory Pathogenesis of Alzheimer's Disease and Related Therapeutic Targets. *Frontiers in immunology*, 13, 856376. https://doi.org/10.3389/fimmu.2022.856376.
5. Capasso, L., De Masi, L., Sirignano, C., Maresca, V., Basile, A., Nebbioso, A., Rigano, D., & Bontempo, P. (2025). Epigallocatechin Gallate (EGCG): Pharmacological Properties, Biological Activities and Therapeutic Potential. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 30(3), 654. https://doi.org/10.3390/molecules30030654.
6. Correia, A. S., Cardoso, A., & Vale, N. (2023). BDNF Unveiled: Exploring Its Role in Major Depression Disorder Serotonergic Imbalance and Associated Stress Conditions. *Pharmaceutics*, 15(8), 2081. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15082081.
7. Emran, T. B., Islam, F., Nath, N., Sutradhar, H., Das, R., Mitra, S., Alshahrani, M. M., Alhasaniah, A. H., & Sharma, R. (2022). Naringin and Naringenin Polyphenols in Neurological Diseases: Understandings from a Therapeutic Viewpoint. *Life (Basel, Switzerland)*, 13(1), 99. https://doi.org/10.3390/life13010099.
8. García-Aguilar, A., Palomino, O., Benito, M., & Guillén, C. (2021). Dietary Polyphenols in Metabolic and Neurodegenerative Diseases: Molecular Targets in Autophagy and Biological Effects. *Antioxidants*, 10(2), 142. https://doi.org/10.3390/antiox10020142.

9. Ghasemzadeh Rahbardar, M., & Hosseinzadeh, H. (2020). Therapeutic effects of rosemary (*Rosmarinus officinalis* L.) and its active constituents on nervous system disorders. *Iranian journal of basic medical sciences*, 23(9), 1100–1112. https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.45269.10541.
10. Ghosh, S., Liu, B., & Zhou, Z. (2013). Resveratrol activates SIRT1 in a Lamin A-dependent manner. *Cell cycle (Georgetown, Tex.)*, 12(6), 872–876. https://doi.org/10.4161/cc.24061.
11. González-Gómez, Á., Cantone, M., García-Muñoz, A. M., Victoria-Montesinos, D., Lucas-Abellán, C., Serrano-Martínez, A., Muñoz-Morillas, A. M., & Morillas-Ruiz, J. M. (2025). Effect of Polyphenol-Rich Interventions on Gut Microbiota and Inflammatory or Oxidative Stress Markers in Adults Who Are Overweight or Obese: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Nutrients*, 17(15), 2468. https://doi.org/10.3390/nu17152468.
12. Herman, J. P., McKlveen, J. M., Ghosal, S., Kopp, B., Wulsin, A., Makinson, R., Scheimann, J., & Myers, B. (2016). Regulation of the Hypothalamic-Pituitary-Adrenocortical Stress Response. *Comprehensive Physiology*, 6(2), 603–621. https://doi.org/10.1002/cphy.c150015.
13. Houldsworth A. (2024). Role of oxidative stress in neurodegenerative disorders: a review of reactive oxygen species and prevention by antioxidants. *Brain communications*, 6(1), fcad356. https://doi.org/10.1093/braincomms/fcad356.
14. Hung, K. C., Huang, H. J., Wang, Y. T., & Lin, A. M. (2016). Baicalein attenuates α-synuclein aggregation, inflammasome activation and autophagy in the MPP+-treated nigrostriatal dopaminergic system *in vivo*. *Journal of ethnopharmacology*, 194, 522–529. https://doi.org/10.1016/j.jep.2016.10.040.
15. Islam, M. R., Rauf, A., Akter, S., Akter, H., Al-Imran, M. I. K., Fakir, M. N. H., Thufa, G. K., Islam, M. T., Hemeg, H. A., Abdulmonem, W. A., Aljohani, A. S. M., & Iriti, M. (2025). Neuroprotective Potential of Curcumin in Neurodegenerative Diseases: Clinical Insights Into Cellular and Molecular Signaling Pathways. *Journal of biochemical and molecular toxicology*, 39(8), e70369. https://doi.org/10.1002/jbt.70369.
16. Kim, Y., Cho, I. H., & Cho, S. H. (2024). Effect of ginseng and ginsenosides on attention deficit hyperactivity disorder: A systematic review. *Journal of ginseng research*, 48(5), 437–448. https://doi.org/10.1016/j.jgr.2024.05.006.
17. Knezevic, E., Nenic, K., Milanovic, V., & Knezevic, N. N. (2023). The Role of Cortisol in Chronic Stress, Neurodegenerative Diseases, and Psychological Disorders. *Cells*, 12(23), 2726. https://doi.org/10.3390/cells12232726.
18. Kramer, D. J., & Johnson, A. A. (2024). Apigenin: a natural molecule at the intersection of sleep and aging. *Frontiers in nutrition*, 11, 1359176. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1359176.
19. Lee, D., Kim, N., Jeon, S. H., Gee, M. S., Ju, Y.-J., Jung, M.-J., Cho, J. S., Lee, Y., Lee, S., & Lee, J. K. (2022). Hesperidin Improves Memory Function by Enhancing Neurogenesis in a Mouse Model of Alzheimer's Disease. *Nutrients*, 14(15), 3125. https://doi.org/10.3390/nu14153125.
20. Li, G., Wu, Q., Wang, C., Deng, P., Li, J., Zhai, Z., & Li, Y. (2025). Curcumin reverses cognitive deficits through promoting neurogenesis and synapse plasticity

via the upregulation of PSD95 and BDNF in mice. *Scientific reports*, 15(1), 1135. https://doi.org/10.1038/s41598-024-82571-9.

21. Li, R., Wang, S., Li, T., Wu, L., Fang, Y., Feng, Y., Zhang, L., Chen, J., & Wang, X. (2019). Salidroside Protects Dopaminergic Neurons by Preserving Complex I Activity via DJ-1/Nrf2-Mediated Antioxidant Pathway. *Parkinson's disease*, 2019, 6073496. https://doi.org/10.1155/2019/6073496.
22. Li, S., Wang, Z., Liu, G., & Chen, M. (2024). Neurodegenerative diseases and catechins: (-)-epigallocatechin-3-gallate is a modulator of chronic neuroinflammation and oxidative stress. *Frontiers in nutrition*, 11, 1425839. https://doi.org/10.3389/fnut.2024.1425839.
23. Liaqat, H., Parveen, A., & Kim, S.-Y. (2022). Antidepressive Effect of Natural Products and Their Derivatives Targeting BDNF-TrkB in Gut–Brain Axis. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23), 14968. https://doi.org/10.3390/ijms232314968.
24. Luo, M., & Xiao, H. (2026). Curcumin, resveratrol, and other polyphenols in regulating redox imbalance in inflammatory bowel disease. *Current Opinion in Physiology*, 47, 100890. https://doi.org/10.1016/j.cophys.2025.100890.
25. Matzinger, M., Fischhuber, K., & Heiss, E. H. (2018). Activation of Nrf2 signaling by natural products-can it alleviate diabetes?. *Biotechnology advances*, 36(6), 1738–1767. https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2017.12.015.
26. Melrose J. (2023). The Potential of Flavonoids and Flavonoid Metabolites in the Treatment of Neurodegenerative Pathology in Disorders of Cognitive Decline. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(3), 663. https://doi.org/10.3390/antiox12030663.
27. Mikulska, P., Malinowska, M., Ignacyk, M., Szustowski, P., Nowak, J., Pesta, K., Szeląg, M., Szklanny, D., Judasz, E., Kaczmarek, G., Ejiohuo, O. P., Paczkowska-Walendowska, M., Gościniak, A., & Cielecka-Piontek, J. (2023). Ashwagandha (*Withania somnifera*) – Current Research on the Health-Promoting Activities: A Narrative Review. *Pharmaceutics*, 15(4), 1057. https://doi.org/10.3390/pharmaceutics15041057.
28. Mohammed, H. S., Hosny, E. N., Sawie, H. G., & Khadrawy, Y. A. (2025). Assessment of the Therapeutic Potential of Hesperidin and Quercetin Nanoparticles on Oxidative Stress, Enzyme Activities, Trophic Factors, and Monoamines in an Animal Model of Depression. *Neurochemical research*, 50(4), 203. https://doi.org/10.1007/s11064-025-04447-2.
29. Moratilla-Rivera, I., Sánchez, M., Valdés-González, J. A., & Gómez-Serranillos, M. P. (2023). Natural Products as Modulators of Nrf2 Signaling Pathway in Neuroprotection. *International journal of molecular sciences*, 24(4), 3748. https://doi.org/10.3390/ijms24043748.
30. Naoi, M., Wu, Y., Maruyama, W., & Shamoto-Nagai, M. (2025). Phytochemicals Modulate Biosynthesis and Function of Serotonin, Dopamine, and Norepinephrine for Treatment of Monoamine Neurotransmission-Related Psychiatric Diseases. *International journal of molecular sciences*, 26(7), 2916. https://doi.org/10.3390/ijms26072916.

31. Oliveira, M. R., Nabavi, S. F., Daglia, M., Rastrelli, L., & Nabavi, S. M. (2016). Epigallocatechin gallate and mitochondria-A story of life and death. *Pharmacological research*, 104, 70–85. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2015.12.027.
32. Olufunke, D., Edidiong, A., Oluwatomisin, F., & Alani, A. (2020). Therapeutic activities of naringenin on efavirenz-induced sleep-like disorder in the midbrain of white albino mice. *Iranian journal of basic medical sciences*, 23(11), 1462–1470. https://doi.org/10.22038/ijbms.2020.47043.10852.
33. Ortiz-López, L., Márquez-Valadez, B., Gómez-Sánchez, A., Silva-Lucero, M. D., Torres-Pérez, M., Téllez-Ballesteros, R. I., Ichwan, M., Meraz-Ríos, M. A., Kempermann, G., & Ramírez-Rodríguez, G. B. (2016). Green tea compound epigallo-catechin-3-gallate (EGCG) increases neuronal survival in adult hippocampal neurogenesis *in vivo* and *in vitro*. *Neuroscience*, 322, 208–220. https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2016.02.040.
34. Pervin, M., Unno, K., Ohishi, T., Tanabe, H., Miyoshi, N., & Nakamura, Y. (2018). Beneficial Effects of Green Tea Catechins on Neurodegenerative Diseases. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 23(6), 1297. https://doi.org/10.3390/molecules23061297.
35. Peth-Nui, T., Wattanathorn, J., Muchimapura, S., Tong-Un, T., Piyavhatkul, N., Rangseekajee, P., Ingkaninan, K., & Vittaya-Areekul, S. (2012). Effects of 12-Week *Bacopa monnieri* Consumption on Attention, Cognitive Processing, Working Memory, and Functions of Both Cholinergic and Monoaminergic Systems in Healthy Elderly Volunteers. *Evidence-based complementary and alternative medicine: eCAM*, 2012, 606424. https://doi.org/10.1155/2012/606424.
36. Pitton Rissardo, J., McGarry, A., Shi, Y., Fornari Caprara, A. L., & Kannarkat, G. T. (2025). Alpha-Synuclein Neurobiology in Parkinson's Disease: A Comprehensive Review of Its Role, Mechanisms, and Therapeutic Perspectives. *Brain Sciences*, 15(12), 1260. https://doi.org/10.3390/brainsci15121260.
37. Priya, V., Srinivasan, D., Priyadarsini, S., Dabaghzadeh, F., Rana, S. S., Chengaiyan, J. G., Sudesh, R., & Ahmad, F. (2025). Anxiolytic, Antidepressant and Healthy Sleep-Promoting Potential of Rosmarinic Acid: Mechanisms and Molecular Targets. *Neuropsychiatric disease and treatment*, 21, 641–661. https://doi.org/10.2147/NDT.S501597.
38. Qin, P., Sun, Y., & Li, L. (2024). Mitochondrial dysfunction in chronic neuroinflammatory diseases (Review). *International journal of molecular medicine*, 53(5), 47. https://doi.org/10.3892/ijmm.2024.5371.
39. Rahman, M. M., Islam, F., Parvez, A., Azad, M. A. K., Ashraf, G. M., Ullah, M. F., & Ahmed, M. (2022). Citrus limon L. (lemon) seed extract shows neuro-modulatory activity in an *in vivo* thiopental-sodium sleep model by reducing the sleep onset and enhancing the sleep duration. *Journal of integrative neuroscience*, 21(1), 42. https://doi.org/10.31083/j.jin2101042.
40. Riaz, M., Khalid, R., Afzal, M., Anjum, F., Fatima, H., Zia, S., Rasool, G., Egbuna, C., Mtewa, A. G., Uche, C. Z., & Aslam, M. A. (2023). Phytobioactive compounds as therapeutic agents for human diseases: A review. *Food science & nutrition*, 11(6), 2500–2529. https://doi.org/10.1002/fsn3.3308.

41. Sanger, B. D., Alarachi, A., McNeely, H. E., McKinnon, M. C., & McCabe, R. E. (2025). Brain Fog and Cognitive Dysfunction in Posttraumatic Stress Disorder: An Evidence-Based Review. *Psychology research and behavior management*, 18, 589–606. https://doi.org/10.2147/PRBM.S461173.
42. Shi, H., & Zhao, Y. (2024). Modulation of Tau Pathology in Alzheimer's Disease by Dietary Bioactive Compounds. *International Journal of Molecular Sciences*, 25(2), 831. https://doi.org/10.3390/ijms25020831.
43. Shinjyo, N., Waddell, G., & Green, J. (2020). Valerian Root in Treating Sleep Problems and Associated Disorders – A Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of evidence-based integrative medicine*, 25, 2515690X20967323. https://doi.org/10.1177/2515690X20967323.
44. Singh, A. A., Katiyar, S., & Song, M. (2025). Phytochemicals Targeting BDNF Signaling for Treating Neurological Disorders. *Brain sciences*, 15(3), 252. https://doi.org/10.3390/brainsci15030252.
45. Singh, A., Kukreti, R., Saso, L., & Kukreti, S. (2019). Oxidative Stress: A Key Modulator in Neurodegenerative Diseases. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 24(8), 1583. https://doi.org/10.3390/molecules24081583.
46. Spaleniak, W., & Cuendet, M. (2023). Resveratrol as a circadian clock modulator: mechanisms of action and therapeutic applications. *Molecular biology reports*, 50(7), 6159–6170. https://doi.org/10.1007/s11033-023-08513-2.
47. Tinsley, G. M., Jagim, A. R., Potter, G. D. M., Garner, D., & Galpin, A. J. (2024). Rhodiola rosea as an adaptogen to enhance exercise performance: a review of the literature. *The British journal of nutrition*, 131(3), 461–473. https://doi.org/10.1017/S0007114523001988.
48. Turiaco, F., Cullotta, C., Mannino, F., Bruno, A., Squadrito, F., Pallio, G., & Irrera, N. (2024). Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD) and Polyphenols: A Systematic Review. *International journal of molecular sciences*, 25(3), 1536. https://doi.org/10.3390/ijms25031536.
49. Vaidya, C. J., & Stollstorff, M. (2008). Cognitive neuroscience of Attention Deficit Hyperactivity Disorder: current status and working hypotheses. *Developmental disabilities research reviews*, 14(4), 261–267. https://doi.org/10.1002/ddrr.40.
50. Viola, H., Wasowski, C., Levi de Stein, M., Wolfman, C., Silveira, R., Dajas, F., Medina, J. H., & Paladini, A. C. (1995). Apigenin, a component of *Matricaria recutita* flowers, is a central benzodiazepine receptors-ligand with anxiolytic effects. *Planta medica*, 61(3), 213–216. https://doi.org/10.1055/s-2006-958058.
51. Wang, S., Jiang, Y., Yang, A., Meng, F., & Zhang, J. (2024). The Expanding Burden of Neurodegenerative Diseases: An Unmet Medical and Social Need. *Aging and disease*, 16(5), 2937–2952. https://doi.org/10.14336/AD.2024.1071.
52. Yan, Y.-P., Chen, J.-Y., & Lu, J.-H. (2022). Disease-Modifying Activity of Huperzine A on Alzheimer's Disease: Evidence from Preclinical Studies on Rodent Models. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(23), 15238. https://doi.org/10.3390/ijms232315238.
53. Zhang, H., Wei, W., Zhao, M., Ma, L., Jiang, X., Pei, H., Cao, Y., & Li, H. (2021). Interaction between Aβ and Tau in the Pathogenesis of Alzheimer's Disease.

International journal of biological sciences, 17(9), 2181–2192. https://doi.org/10.7150/ijbs.57078.

54. Zhao, R., Wang, J., Chung, S. K., & Xu, B. (2025). New insights into anti-depression effects of bioactive phytochemicals. *Pharmacological Research*, 212, 107566. https://doi.org/10.1016/j.phrs.2024.107566.

Formation of tourist attractiveness of Chernihiv through green architecture

Oleksandr Lukash, Vitalii Morskyi, Vladyslav Solodovnyk
T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
lukash2011@ukr.net, vitaliymorskoy.cn@gmail.com, nighthuntersv@gmail.com

In modern European urbanism, "green architecture" is regarded not only as an ecological framework but also as a key asset for territorial marketing. The experience of leading cities proves that the integration of highly decorative plant communities can increase tourist flow by creating a unique visual code for the destination (Beatley, 2017). Contemporary research confirms that the concept of a biophilic city directly influences the duration of tourists' stay and stimulates the development of small businesses through the aestheticization of public spaces (Van Tuijl et al., 2018). The Adewolu (2023) study shows that being close to green spaces is associated with better physical health, including a decline in obesity and cardiovascular disease rates, and green areas are linked to better mental health, with residents of greener neighbourhoods reporting reduced levels of stress, anxiety, and sadness. The Lyu et al. (2024) results revealed that the living plant architectural space had the strongest effect on emotional regulation, with the order of living plant architectural space > plant-covered traditional architectural space > traditional architectural space. So, well-maintained green urban architecture boosts tourism by creating beautiful, healthy, and desirable environments, enhancing a city's image, promoting physical and mental well-being, reducing urban stress. For Chernihiv, a city with a rich historical and cultural heritage, the use of phytodesign practices has become a strategic tool for urban space revitalization during the 2023–2025 period.

Based on field studies conducted in Chernihiv, the main techniques for organizing the city's green spaces were systematized.

Natural massifs and forest-park dominants. The foundation of the recreational potential consists of massifs with the monodominance of *Betula pendula* Roth, *Quercus robur* L. (slopes of Boldina Hora, Maliiv Yar) and the co-dominance of *Quercus robur* and *Pinus sylvestris* L. (Yalivshchyna and Sviate tracts, Berezovyi Hai forest park). Plant communities of *Fraxinus excelsior* L., *Acer platanoides* L., *Tilia cordata* Mill., and *Robinia pseudoacacia* L., located on both sides of the Alley of Heroes and among the mounds of Boldina Hora, hold particular aesthetic value.

Solitary trees. A total of 74 species were recorded acting as visual anchors. The most notable include *Prunus mahaleb* L. (on the Val), introduced *Picea pungens* Engelm., *Pinus strobus* L., *Pinus nigra* subsp. *nigra*, as well as decorative forms such as *Malus hybrida 'Evereste'*, *Malus toringo 'Freja'*, and *Prunus cerasifera 'Nigra'*.

Decorative groups and alleys. Compact compositions in the city's mini-squares are dominated by *Thuja occidentalis* ('*Smaragd', 'Little Gem', 'Globosa'*), *Acer rubrum 'Redpointe'*, and *Catalpa bignonioides 'Nana'*. Alley plantings feature both traditional species (*Tilia cordata, Carpinus betulus* L.) and exotic introductions: *Magnolia* Plum. ex L. (*M. kobus, M. hybrida 'Susan'*), *Platanus hispanica* Münchh., Quercus palustris 'Green Pillar', and Aesculus carnea Zeyh.

To create parterres, flower beds, and mixborders in the central part of the city, a complex assortment of herbaceous plants and shrubs is utilized, as detailed in Table.

Table. Species and Varietal Composition of Plants in the Floral Design of Chernihiv (2023–2025)

Plant group	Botanical name of species and cultivar	Type of design
Annuals	*Petunia atkinsiana* (Sweet) D.Don ex W.H.Baxter; *Tagetes patula* L.; *Coleus* Lour. species	Thermo-vases, seasonal flower beds
Perennial Herbs	*Lavandula angustifolia* Mill.; *Tulipa gesneriana* L.; *Hemerocallis* L.; *Chrysanthemum* × *morifolium* (‘Multiflora’ Group, ‘Koreanum’ Group); *Chrysanthemum indicum* L.	Mixborders, borders, ridge-beds (rabatky)
Coniferous Shrubs	*Buxus sempervirens* L.; *Juniperus chinensis* (‘Kuriwao Gold’, ‘Stricta’); *Juniperus horizontalis* (‘Prince of Wales’, ‘Lime Glow’, ‘Blue Chip’); *Juniperus* × *pfitzeriana* (‘Old Gold’, ‘Golden Saucer’)	Structural elements of parterres
Deciduous Shrubs	*Spiraea japonica* (‘Anthony Waterer’, ‘Golden Princess’, ‘Goldmound’, ‘Magic Carpet’); *Physocarpus opulifolius* (‘Diabolo’, ‘Midnight’); *Berberis thunbergii* (‘Admiration’, ‘Orange Rocket’, ‘Maria’)	Contrast borders, living fences
Groundcover Shrubs	*Hydrangea* Gronov. ex L.; *Spiraea* × *cinerea* ‘Grefsheim’; *Cotoneaster horizontalis* Decne.; *Cotoneaster* × *suecicus* ‘Coral Beauty’	Continuous flowering massifs

The further development of Chernihiv’s phytosphere is linked to the integration of digital technologies and lighting design. Implementing QR-marking for solitary trees (particularly on the Val) and artistic lighting for magnolia and plane tree alleys will transform green zones into an interactive tourist product. It is recommended to use the 2023–2025 inventory results to create a “Chernihiv Bloom Calendar” as an event marketing tool. This will enhance the city’s competitiveness as a leading eco-tourism destination in Ukraine.

References

Adewolu, A. O. (2023). *The impact of green space on urban well-being – A comprehensive analysis*. Preprints. https://doi.org/10.20944/preprints202310.0946.v1

Beatley, T. (2017). Biophilic cities: What are they? In: T. Beatley (Ed.), *Biophilic cities: Integrating nature into urban design and planning* (pp. 45–81). Island Press.

Van Tuijl, E., Hospers, G.-J., & Van Den Berg, L. (2018). Opportunities and challenges of urban agriculture for sustainable city development. *European Spatial Research and Policy*, *25*(2), 5–22. https://doi.org/10.18778/1231-1952.25.2.01

Lyu, B., Peng, T., Zhang, J., & Chen, Q. (2024). Evaluating the impact of living plant architectural spaces on regulating emotions by using the profile of mood state scale. *Land*, *13*(9), 1472. https://doi.org/10.3390/land13091472

Ganoderma lucidum (Reishi mushroom) as multifunctional anticancer agents: immunomodulatory mechanisms, direct tumor suppression, and clinical perspectives

Zbigniew Mazur, Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk
Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland
e-mail: zbigniewmazur1@wp.pl, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Ganoderma lucidum, a medicinal mushroom belonging to the Ganodermataceae family, is traditionally known as Lingzhi in China and Reishi in Japan. It has been revered for centuries as the 'mushroom of immortality' due to its reputed health-promoting and longevity-enhancing properties [Wachtel-Galor et al., 2011]. Traditionally used in Chinese medicine to restore qi, strengthen cardiac function, alleviate respiratory symptoms and calm the mind, *G. lucidum* is now recognised in both the American Herbal Pharmacopoeia and the Chinese Pharmacopoeia. Contemporary biomedical research has confirmed that this mushroom exhibits a wide spectrum of biological activities, including anti-inflammatory [Pozzobon et al., 2026], antioxidant [Petryn et al., 2026], anti-glycaemic [Guo et al., 2025], anti-ulcer [Luo et al., 2025], immunomodulatory and anticancer effects [Ouyang et al., 2026]. Among its numerous bioactive constituents, *G. lucidum* polysaccharides (GLP) and triterpenoids are considered the main contributors to its anti-cancer activity [Chen et al., 2004; Wu et al., 2013] (Fig. 1).

G. lucidum contains a variety of phytochemicals, such as polysaccharides, glycoproteins, triterpenoids, meroterpenoids, sesquiterpenoids, steroids, alkaloids, benzopyran derivatives and benzoic acid derivatives, as well as essential minerals including potassium, calcium, magnesium, selenium, iron and zinc [Baby et al., 2015]. The composition is significantly influenced by the extraction methodology: polar solvents primarily yield polysaccharides, whereas apolar solvents extract triterpenes [Wachtel-Galor et al., 2011]. GLP consists mainly of (1→3) and (1→6)-α/β-glucans, glycoproteins and water-soluble heteropolysaccharides [Kou et al., 2023]. These macromolecules exhibit pleiotropic biological effects through anti-proliferative, pro-apoptotic, anti-metastatic, anti-angiogenic, antioxidant, anti-inflammatory and immunomodulatory mechanisms [Lin and Zhang, 2004; Gao et al., 2005].

Immune surveillance is essential for recognising and eliminating malignant cells, making immunomodulation a cornerstone of cancer therapy [Liu et al., 2025]. GLP exert substantial anti-cancer activity by activating both innate and adaptive immune responses [Lin and Zhang, 2004; Gao et al., 2005; Gao and Homayoonfal, 2023]. GLP enhances T-cell proliferation, deoxyribonucleic acid (DNA) synthesis and cytokine production, including interleukin-1 (IL-1), interleukin-2 (IL-2) and interferon gamma (IFN-γ) [Wang et al., 2002; Zhao et al., 2025]. Mechanistically, GLP activates intracellular signalling pathways such as the inositol 1,4,5-trisphosphate/calcium ion (IP_3/Ca^{2+}) pathway, the diacylglycerol/protein kinase C (DAG/PKC) cascade and the protein kinase A (PKA) pathway [Lian et al., 2024]. Notably, GLP counteracts tumour-induced immunosuppression by restoring perforin and granzyme B production in lymphocytes exposed to melanoma-conditioned media [Sun et al., 2011, 2013, 2014].

Perforin is a cytotoxic pore-forming protein that facilitates the entry of granzymes into target cells, whereas granzyme B is a serine protease that induces apoptosis in malignant cells. These findings suggest that GLP reverses tumour-mediated immune evasion.

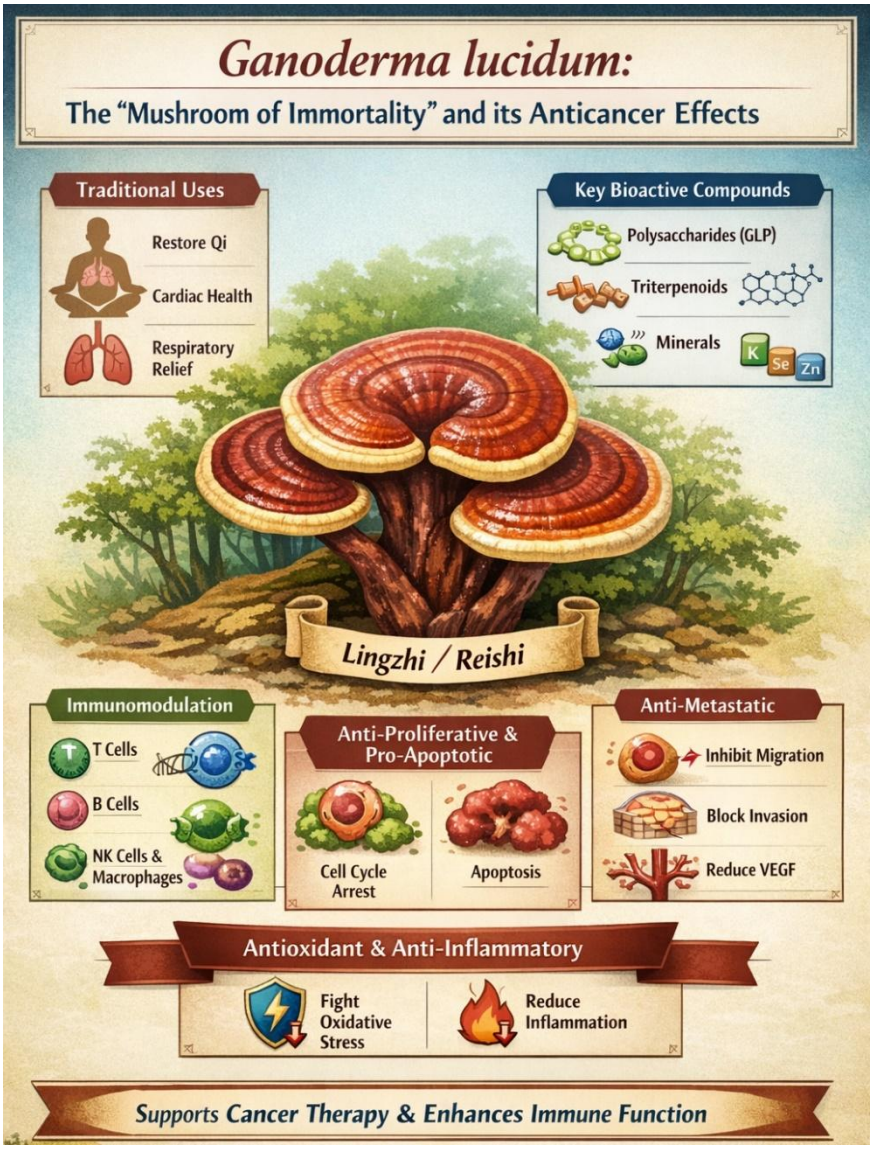


Fig. 1. Molecular and cellular mechanisms underlying the antitumour activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharides.

GLP stimulate B-cell proliferation and differentiation, thereby increasing immunoglobulin production via the activation of protein kinase C alpha (PKCα) and protein kinase C gamma (PKCγ) and the upregulation of CD71 (transferrin receptor) and CD25 (interleukin-2 receptor alpha chain) expression [Zhang et al., 2002, 2010]. Enhanced humoral immunity contributes to the generation of antitumour antibodies. GLP promotes dendritic cell (DC) maturation and antigen-presenting capacity by increasing the expression of CD80 (cluster of differentiation 80), CD86 (cluster of differentiation 86), CD83 (cluster of differentiation 83), CD40 (cluster of differentiation 40), CD54 (intercellular adhesion molecule-1, ICAM-1) and HLA-DR (human leukocyte antigen – DR isotype) [Lai et al., 2010]. These effects are mediated

through nuclear factor kappa B (NF-κB) and p38 mitogen-activated protein kinase (p38 MAPK) signalling pathways, leading to improved T-cell activation and enhanced interleukin-12 (IL-12) production.

GLP activates macrophages, increasing their phagocytic activity and the secretion of tumour necrosis factor alpha (TNF-α), interleukin-1 beta (IL-1β), interleukin-6 (IL-6) and nitric oxide (NO) [Wang et al., 1997; Zhang et al., 2010]. The signalling pathways involved include mitogen-activated protein kinases (MAPKs), spleen tyrosine kinase (Syk) and potentially Toll-like receptor 4 (TLR-4) engagement, although the exact receptors involved are still being debated [Shao et al., 2004; Guo et al., 2009]. GLP increases the number of natural killer (NK) cells and enhances their cytotoxic activity [Chien et al., 2004; Wang et al., 2012], augments cytokine production and mitigates chemotherapy-induced immunosuppression [Zhu et al., 2007; Nonaka et al., 2008]. Overall, GLP strengthens systemic immune competence and counteracts treatment-related immune deficits.

In addition to immune modulation, GLP directly suppress tumour cell growth. GLP inhibits the proliferation of melanoma (B16F10) and pheochromocytoma (PC12) cells, as well as bladder, colon (HCT-116 and SW480) and breast cancer cells [Lu et al., 2004; Xie et al., 2006; Hsieh and Wu, 2011; Suarez-Arroyo et al., 2013; Liang et al., 2014]. Mechanistically, GLP downregulates cyclin D1, induces cell cycle arrest and suppresses the phosphoinositide 3-kinase/protein kinase B/mammalian target of rapamycin (PI3K/AKT/mTOR) and mitogen-activated protein kinase (MAPK) signalling pathways [Hsieh and Wu, 2011; Suarez-Arroyo et al., 2013]. Furthermore, GLP interferes with protein synthesis by disrupting eukaryotic translation initiation factor 4F (eIF4F) complex formation and reducing the expression of eukaryotic translation initiation factor 4G (eIF4G) [Suarez-Arroyo et al., 2013].

GLP induces apoptosis via both extrinsic and intrinsic pathways. This involves activation of the Fas (CD95)-mediated caspase cascade, release of mitochondrial cytochrome c, activation of c-Jun N-terminal kinase (JNK), and modulation of B-cell lymphoma 2 (Bcl-2) family proteins, including Bcl-2-associated X protein (BAX), Bcl-2-associated death promoter (BAD), Bcl-2 and Bcl-extra large (Bcl-xL) [Xie et al., 2006; Cheng et al., 2007; Martínez-Montemayor et al., 2011; Liang et al., 2014]. Importantly, tumour selectivity has been observed, with GLP preferentially reducing cancer cell viability while exerting minimal effects on non-cancerous cells [Martínez-Montemayor et al., 2011]. *In vivo* studies confirm these findings: GLP significantly reduces tumour volume and weight in multiple xenograft models without evident toxicity [Joseph et al., 2011; Suarez-Arroyo et al., 2013]. Furthermore, GLP enhances the expression of microRNA-125b (miR-125b) and modulates the balance between regulatory T cells (Treg) and effector T cells (Teff), thereby improving antitumour immune responses [Li et al., 2015].

Metastasis and angiogenesis are hallmarks of malignancy [Bielenberg and Zetter, 2015]. GLP inhibit tumour cell adhesion, motility and invasion by downregulating the expression of β1-integrin, urokinase-type plasminogen activator/urokinase-type plasminogen activator receptor (uPA/uPAR), NF-κB, activator protein-1 (AP-1), extracellular signal-regulated kinases 1 and 2 (ERK1/2) and matrix metalloproteinase-9 (MMP-9) [Sliva et al., 2002; Lu et al., 2004; Thyagarajan et al., 2006]. *In vivo*, GLP

suppresses metastasis in murine lung carcinoma models [Nonaka et al., 2008]. Its anti-angiogenic effects include the suppression of vascular endothelial growth factor (VEGF) and transforming growth factor beta 1 (TGF-β1) secretion, inhibition of endothelial cell proliferation, and induction of endothelial apoptosis through modulation of B-cell lymphoma 2 (Bcl-2)/BAX) ratios [Cao and Lin, 2004; Stanley et al., 2005; Cao et al., 2006]. These actions limit tumour vascularisation and nutrient supply.

GLP exhibits potent free radical scavenging activity against superoxide anion (O_2^-), hydroxyl radical ($HO\cdot$), hydrogen peroxide (H_2O_2) and 2,2-diphenyl-1-picrylhydrazyl (DPPH) radicals [Xie et al., 2006]. It enhances the expression of antioxidant enzymes, including superoxide dismutase (SOD), catalase, NAD(P)H quinone dehydrogenase 1 (NQO1) and glutathione S-transferase Pi 1 (GSTP1), via nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) signalling [Hsieh and Wu, 2011]. *In vivo*, GLP reduces lipid peroxidation and mitigates gamma (γ)-irradiation-induced oxidative damage [Zhao et al., 2012; Pillai et al., 2014]. Its anti-inflammatory activity has been demonstrated in carrageenan- and formalin-induced inflammation models and includes modulation of TNF-α, IL-6 and IL-1β [Joseph et al., 2011]. Given the established role of chronic inflammation in carcinogenesis, these effects further contribute to its anticancer properties.

GLP enhance the efficacy of chemotherapeutic agents such as cisplatin, arsenic trioxide and cyclophosphamide by potentiating apoptosis pathways and mitigating immunosuppression [Nonaka et al., 2008; Huang et al., 2010]. Meta-analyses suggest that combining *G. lucidum* with chemotherapy or radiotherapy improves tumour response and immune parameters, increasing $CD3^+$ (cluster of differentiation 3-positive T lymphocytes), $CD4^+$ (cluster of differentiation 4-positive helper T cells), $CD8^+$ (cluster of differentiation 8-positive cytotoxic T cells) and natural killer (NK) cell counts [Jin et al., 2012]. Clinical trials have demonstrated improved immune markers and quality of life in patients with advanced cancer treated with GLP or Ganopoly® (a standardized polysaccharide extract derived from *Ganoderma lucidum*) [Gao et al., 2003]. Although not recommended as a primary anticancer treatment, GLP is considered a promising adjunctive therapy due to its immunostimulatory and supportive effects.

Preclinical toxicity studies indicate a favourable safety profile, with high-dose oral administration showing no genotoxic or haematological toxicity in murine models [Chiu et al., 2000]. However, caution is advised when administering GLP to patients receiving antidiabetic, anticoagulant or antihypertensive medications, as GLP may potentiate their pharmacological effects [Lee and Rhee, 1990; Tran et al., 2014]. The potential enhancement of certain antibiotics has also been reported [Yoon et al., 1994].

A growing body of evidence from *in vitro*, *in vivo* and clinical studies shows that GLP has multifaceted anti-cancer effects, including immune activation, direct tumour suppression, inhibition of metastasis and angiogenesis, and antioxidant and anti-inflammatory mechanisms. Its ability to enhance the efficacy of chemotherapy and mitigate treatment-related immunosuppression highlights its potential as an adjuvant therapeutic agent. While current data support its safety and clinical potential, further mechanistic studies and well-designed randomised controlled trials are necessary to

clarify optimal dosing strategies, identify responsive patient populations and establish standardised therapeutic protocols.

References

1. Baby, S., Johnson, A. J., & Govindan, B. (2015). Secondary metabolites from *Ganoderma*. *Phytochemistry*, 114, 66–101. https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2015.03.010.
2. Bielenberg, D. R., & Zetter, B. R. (2015). The Contribution of Angiogenesis to the Process of Metastasis. *Cancer journal (Sudbury, Mass.)*, 21(4), 267–273. https://doi.org/10.1097/PPO.0000000000000138.
3. Cao, Q. Z., & Lin, Z. B. (2004). Antitumor and anti-angiogenic activity of *Ganoderma lucidum* polysaccharides peptide. *Acta pharmacologica Sinica*, 25(6), 833–838.
4. Cao, Q. Z., & Lin, Z. B. (2006). *Ganoderma lucidum* polysaccharides peptide inhibits the growth of vascular endothelial cell and the induction of VEGF in human lung cancer cell. *Life sciences*, 78(13), 1457–1463. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2005.07.017.
5. Chen, H. S., Tsai, Y. F., Lin, S., Lin, C. C., Khoo, K. H., Lin, C. H., & Wong, C. H. (2004). Studies on the immuno-modulating and anti-tumor activities of *Ganoderma lucidum* (Reishi) polysaccharides. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 12(21), 5595–5601. https://doi.org/10.1016/j.bmc.2004.08.003.
6. Cheng, K. C., Huang, H. C., Chen, J. H., Hsu, J. W., Cheng, H. C., Ou, C. H., Yang, W. B., Chen, S. T., Wong, C. H., & Juan, H. F. (2007). *Ganoderma lucidum* polysaccharides in human monocytic leukemia cells: from gene expression to network construction. *BMC genomics*, 8, 411. https://doi.org/10.1186/1471-2164-8-411.
7. Chien, C. M., Cheng, J. L., Chang, W. T., Tien, M. H., Tsao, C. M., Chang, Y. H., Chang, H. Y., Hsieh, J. F., Wong, C. H., & Chen, S. T. (2004). Polysaccharides of *Ganoderma lucidum* alter cell immunophenotypic expression and enhance CD56+ NK-cell cytotoxicity in cord blood. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 12(21), 5603–5609. https://doi.org/10.1016/j.bmc.2004.08.004.
8. Chiu, S. W., Wang, Z. M., Leung, T. M., & Moore, D. (2000). Nutritional value of *Ganoderma* extract and assessment of its genotoxicity and antigenotoxicity using comet assays of mouse lymphocytes. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 38(2-3), 173–178. https://doi.org/10.1016/s0278-6915(99)00146-5.
9. Gao, X., & Homayoonfal, M. (2023). Exploring the anti-cancer potential of *Ganoderma lucidum* polysaccharides (GLPs) and their versatile role in enhancing drug delivery systems: a multifaceted approach to combat cancer. *Cancer cell international*, 23(1), 324. https://doi.org/10.1186/s12935-023-03146-8.
10. Gao, Y., Gao, H., Chan, E., Tang, W., Xu, A., Yang, H., Huang, M., Lan, J., Li, X., Duan, W., Xu, C., & Zhou, S. (2005). Antitumor activity and underlying mechanisms of ganopoly, the refined polysaccharides extracted from *Ganoderma lucidum*, in mice. *Immunological investigations*, 34(2), 171–198.

11. Gao, Y., Zhou, S., Jiang, W., Huang, M., & Dai, X. (2003). Effects of ganopoly (a *Ganoderma lucidum* polysaccharide extract) on the immune functions in advanced-stage cancer patients. *Immunological investigations*, 32(3), 201–215. https://doi.org/10.1081/imm-120022979.
12. Guo, L., Xie, J., Ruan, Y., Zhou, L., Zhu, H., Yun, X., Jiang, Y., Lü, L., Chen, K., Min, Z., Wen, Y., & Gu, J. (2009). Characterization and immunostimulatory activity of a polysaccharide from the spores of *Ganoderma lucidum*. *International immunopharmacology*, 9(10), 1175–1182. https://doi.org/10.1016/j.intimp.2009.06.005.
13. Guo, S., Yang, L., Zhou, J., Luo, W., Nie, B., Zhong, X., Liu, D., & Kang, X. (2025). Mechanistic Insights Into *Ganoderma Lucidum* for Diabetes Treatment via Network Pharmacology and Validation. *Diabetes, metabolic syndrome and obesity: targets and therapy*, 18, 1263–1284. https://doi.org/10.2147/DMSO.S500955.
14. Hsieh, T. C., & Wu, J. M. (2011). Suppression of proliferation and oxidative stress by extracts of *Ganoderma lucidum* in the ovarian cancer cell line OVCAR-3. *International journal of molecular medicine*, 28(6), 1065–1069. https://doi.org/10.3892/ijmm.2011.788.
15. Huang, C. Y., Chen, J. Y., Wu, J. E., Pu, Y. S., Liu, G. Y., Pan, M. H., Huang, Y. T., Huang, A. M., Hwang, C. C., Chung, S. J., & Hour, T. C. (2010). Ling-Zhi polysaccharides potentiate cytotoxic effects of anticancer drugs against drug-resistant urothelial carcinoma cells. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(15), 8798–8805. https://doi.org/10.1021/jf1020158.
16. Jin, X., Ruiz Beguerie, J., Sze, D. M., & Chan, G. C. (2012). *Ganoderma lucidum* (Reishi mushroom) for cancer treatment. *The Cochrane database of systematic reviews*, (6), CD007731. https://doi.org/10.1002/14651858.CD007731.pub2.
17. Joseph, S., Sabulal, B., George, V., Antony, K. R., & Janardhanan, K. K. (2011). Antitumor and anti-inflammatory activities of polysaccharides isolated from *Ganoderma lucidum*. *Acta pharmaceutica (Zagreb, Croatia)*, 61(3), 335–342. https://doi.org/10.2478/v10007-011-0030-6.
18. Kou, F., Ge, Y., Wang, W., Mei, Y., Cao, L., Wei, X., Xiao, H., & Wu, X. (2023). A review of *Ganoderma lucidum* polysaccharides: Health benefit, structure-activity relationship, modification, and nanoparticle encapsulation. *International journal of biological macromolecules*, 243, 125199. https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2023.125199.
19. Lai, C. Y., Hung, J. T., Lin, H. H., Yu, A. L., Chen, S. H., Tsai, Y. C., Shao, L. E., Yang, W. B., & Yu, J. (2010). Immunomodulatory and adjuvant activities of a polysaccharide extract of *Ganoderma lucidum in vivo* and *in vitro*. *Vaccine*, 28(31), 4945–4954. https://doi.org/10.1016/j.vaccine.2010.05.037.
20. Lee, S. Y., & Rhee, H. M. (1990). Cardiovascular effects of mycelium extract of *Ganoderma lucidum*: inhibition of sympathetic outflow as a mechanism of its hypotensive action. *Chemical & pharmaceutical bulletin*, 38(5), 1359–1364. https://doi.org/10.1248/cpb.38.1359.
21. Li, A., Shuai, X., Jia, Z., Li, H., Liang, X., Su, D., & Guo, W. (2015). *Ganoderma lucidum* polysaccharide extract inhibits hepatocellular carcinoma growth by

downregulating regulatory T cells accumulation and function by inducing microRNA-125b. *Journal of translational medicine*, 13, 100. https://doi.org/10.1186/s12967-015-0465-5.

22. Lian, W., Yang, X., Duan, Q., Li, J., Zhao, Y., Yu, C., He, T., Sun, T., Zhao, Y., & Wang, W. (2024). The Biological Activity of *Ganoderma lucidum* on Neurodegenerative Diseases: The Interplay between Different Active Compounds and the Pathological Hallmarks. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 29(11), 2516. https://doi.org/10.3390/molecules29112516.
23. Liang, Z., Guo, Y. T., Yi, Y. J., Wang, R. C., Hu, Q. L., & Xiong, X. Y. (2014). *Ganoderma lucidum* polysaccharides target a Fas/caspase dependent pathway to induce apoptosis in human colon cancer cells. *Asian Pacific journal of cancer prevention: APJCP*, 15(9), 3981–3986. https://doi.org/10.7314/apjcp.2014.15.9.3981.
24. Lin, Z. B., & Zhang, H. N. (2004). Anti-tumor and immunoregulatory activities of *Ganoderma lucidum* and its possible mechanisms. *Acta pharmacologica Sinica*, 25(11), 1387–1395.
25. Liu, M., Hage, M. E., Zhao, J., & Linnebacher, M. (2025). Immune Modulation in Cancer: The Role of Tumor-Treating Fields (TTFields). *Current protocols*, 5(12), e70270. https://doi.org/10.1002/cpz1.70270.
26. Lu, Q. Y., Jin, Y. S., Zhang, Q., Zhang, Z., Heber, D., Go, V. L., Li, F. P., & Rao, J. Y. (2004). *Ganoderma lucidum* extracts inhibit growth and induce actin polymerization in bladder cancer cells *in vitro*. *Cancer letters*, 216(1), 9–20. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.06.022.
27. Luo, H., Zhang, Y., Yao, Y., Zhang, Q., Lin, S., Wang, S., Wang, L., Lu, G., Lin, Z., & Lin, D. (2025). A novel galactoglucan from *Ganoderma lucidum* ameliorates ethanol-induced gastric ulcers by modulating FAK-MAPK signaling pathway. *Carbohydrate polymers*, 360, 123594. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2025.123594.
28. Martínez-Montemayor, M. M., Acevedo, R. R., Otero-Franqui, E., Cubano, L. A., & Dharmawardhane, S. F. (2011). *Ganoderma lucidum* (Reishi) inhibits cancer cell growth and expression of key molecules in inflammatory breast cancer. *Nutrition and cancer*, 63(7), 1085–1094. https://doi.org/10.1080/01635581.2011.601845.
29. Nonaka, Y., Ishibashi, H., Nakai, M., Shibata, H., Kiso, Y., & Abe, S. (2008). Effects of the antlered form of *Ganoderma lucidum* on tumor growth and metastasis in cyclophosphamide-treated mice. *Bioscience, biotechnology, and biochemistry*, 72(6), 1399–1408. https://doi.org/10.1271/bbb.70607.
30. Ouyang, Z., Li, S., Zhang, A., Ye, S., Ye, W., Wen, G., Wei, T., Cai, B., & Liu, H. (2026). *Ganoderma lucidum* polysaccharide-decorated extracellular vesicle enables synergistical antitumor immunotherapy. *Materials today. Bio*, 37, 102832. https://doi.org/10.1016/j.mtbio.2026.102832.
31. Petryn, T., Nagalievska, M., Chrzanowski, G., Wasser, S., & Sybirna, N. (2026). Therapeutic potential of the medicinal mushroom *Ganoderma lucidum* in metabolic syndrome: Antioxidant, hypoglycemic, and hepatoprotective activities. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 196,

119138. Advance online publication. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2026.119138.
32. Pillai, T. G., Maurya, D. K., Salvi, V. P., Janardhanan, K. K., & Nair, C. K. (2014). Fungal beta glucan protects radiation induced DNA damage in human lymphocytes. *Annals of translational medicine*, 2(2), 13. https://doi.org/10.3978/j.issn.2305-5839.2014.02.02.
33. Pozzobon, R. G., Rutckeviski, R., de Lima, L. S., Oliveira, C. S., & Smiderle, F. R. (2026). Anti-Inflammatory Potential of *Ganoderma lucidum* Triterpenes: A Systematic Review and Meta-Analysis of Preclinical Evidence. *Pharmaceuticals (Basel, Switzerland)*, 19(1), 188. https://doi.org/10.3390/ph19010188.
34. Shao, B. M., Dai, H., Xu, W., Lin, Z. B., & Gao, X. M. (2004). Immune receptors for polysaccharides from *Ganoderma lucidum*. *Biochemical and biophysical research communications*, 323(1), 133–141. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2004.08.069.
35. Sliva, D., Labarrere, C., Slivova, V., Sedlak, M., Lloyd, F. P., Jr, & Ho, N. W. (2002). *Ganoderma lucidum* suppresses motility of highly invasive breast and prostate cancer cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 298(4), 603–612. https://doi.org/10.1016/s0006-291x(02)02496-8.
36. Stanley, G., Harvey, K., Slivova, V., Jiang, J., & Sliva, D. (2005). *Ganoderma lucidum* suppresses angiogenesis through the inhibition of secretion of VEGF and TGF-beta1 from prostate cancer cells. *Biochemical and biophysical research communications*, 330(1), 46–52. https://doi.org/10.1016/j.bbrc.2005.02.116.
37. Suarez-Arroyo, I. J., Rosario-Acevedo, R., Aguilar-Perez, A., Clemente, P. L., Cubano, L. A., Serrano, J., Schneider, R. J., & Martínez-Montemayor, M. M. (2013). Anti-tumor effects of *Ganoderma lucidum* (reishi) in inflammatory breast cancer in *in vivo* and *in vitro* models. *PloS one*, 8(2), e57431. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0057431.
38. Sun, L. X., Li, W. D., Lin, Z. B., Duan, X. S., Li, X. F., Yang, N., Lan, T. F., Li, M., Sun, Y., Yu, M., & Lu, J. (2014). Protection against lung cancer patient plasma-induced lymphocyte suppression by *Ganoderma lucidum* polysaccharides. *Cellular physiology and biochemistry: international journal of experimental cellular physiology, biochemistry, and pharmacology*, 33(2), 289–299. https://doi.org/10.1159/000356669.
39. Sun, L. X., Lin, Z. B., Duan, X. S., Lu, J., Ge, Z. H., Li, M., Xing, E. H., Lan, T. F., Jiang, M. M., Yang, N., & Li, W. D. (2013). *Ganoderma lucidum* polysaccharides counteract inhibition on CD71 and FasL expression by culture supernatant of B16F10 cells upon lymphocyte activation. *Experimental and therapeutic medicine*, 5(4), 1117–1122. https://doi.org/10.3892/etm.2013.931.
40. Sun, L. X., Lin, Z. B., Duan, X. S., Lu, J., Ge, Z. H., Li, X. J., Li, M., Xing, E. H., Jia, J., Lan, T. F., & Li, W. D. (2011). *Ganoderma lucidum* polysaccharides antagonize the suppression on lymphocytes induced by culture supernatants of B16F10 melanoma cells. *The Journal of pharmacy and pharmacology*, 63(5), 725–735. https://doi.org/10.1111/j.2042-7158.2011.01266.x.
41. Thyagarajan, A., Jiang, J., Hopf, A., Adamec, J., & Sliva, D. (2006). Inhibition of oxidative stress-induced invasiveness of cancer cells by *Ganoderma lucidum* is

mediated through the suppression of interleukin-8 secretion. *International journal of molecular medicine*, 18(4), 657–664.

42. Tran, H. B., Yamamoto, A., Matsumoto, S., Ito, H., Igami, K., Miyazaki, T., Kondo, R., & Shimizu, K. (2014). Hypotensive effects and angiotensin-converting enzyme inhibitory peptides of reishi (*Ganoderma lingzhi*) auto-digested extract. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 19(9), 13473–13485. https://doi.org/10.3390/molecules190913473.
43. Wachtel-Galor, S., Yuen, J., Buswell, J. A., & Benzie, I. F. F. (2011). *Ganoderma lucidum* (Lingzhi or Reishi): A Medicinal Mushroom. In: I. F. F. Benzie (Eds.) et. al., *Herbal Medicine: Biomolecular and Clinical Aspects*. (2nd ed.). CRC Press/Taylor & Francis.
44. Wang, P. Y., Zhu, X. L., & Lin, Z. B. (2012). Antitumor and Immunomodulatory Effects of Polysaccharides from Broken-Spore of *Ganoderma lucidum*. *Frontiers in pharmacology*, 3, 135. https://doi.org/10.3389/fphar.2012.00135.
45. Wang, S. Y., Hsu, M. L., Hsu, H. C., Tzeng, C. H., Lee, S. S., Shiao, M. S., & Ho, C. K. (1997). The anti-tumor effect of *Ganoderma lucidum* is mediated by cytokines released from activated macrophages and T lymphocytes. *International journal of cancer*, 70(6), 699–705. https://doi.org/10.1002/(sici)1097-0215(19970317)70:6<699::aid-ijc12>3.0.co;2-5.
46. Wang, Y. Y., Khoo, K. H., Chen, S. T., Lin, C. C., Wong, C. H., & Lin, C. H. (2002). Studies on the immuno-modulating and antitumor activities of *Ganoderma lucidum* (Reishi) polysaccharides: functional and proteomic analyses of a fucose-containing glycoprotein fraction responsible for the activities. *Bioorganic & medicinal chemistry*, 10(4), 1057–1062. https://doi.org/10.1016/s0968-0896(01)00377-7.
47. Wu, G. S., Guo, J. J., Bao, J. L., Li, X. W., Chen, X. P., Lu, J. J., & Wang, Y. T. (2013). Anti-cancer properties of triterpenoids isolated from *Ganoderma lucidum* – a review. *Expert opinion on investigational drugs*, 22(8), 981–992. https://doi.org/10.1517/13543784.2013.805202.
48. Xie, J. T., Wang, C. Z., Wicks, S., Yin, J. J., Kong, J., Li, J., Li, Y. C., & Yuan, C. S. (2006). *Ganoderma lucidum* extract inhibits proliferation of SW 480 human colorectal cancer cells. *Experimental oncology*, 28(1), 25–29.
49. Yoon, S. Y., Eo, S. K., Kim, Y. S., Lee, C. K., & Han, S. S. (1994). Antimicrobial activity of *Ganoderma lucidum* extract alone and in combination with some antibiotics. *Archives of pharmacal research*, 17(6), 438–442. https://doi.org/10.1007/BF02979122.
50. Zhang, J., Tang, Q., Zhou, C., Jia, W., Da Silva, L., Nguyen, L. D., Reutter, W., & Fan, H. (2010). GLIS, a bioactive proteoglycan fraction from *Ganoderma lucidum*, displays anti-tumour activity by increasing both humoral and cellular immune response. *Life sciences*, 87(19-22), 628–637. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2010.09.026.
51. Zhang, J., Tang, Q., Zimmerman-Kordmann, M., Reutter, W., & Fan, H. (2002). Activation of B lymphocytes by GLIS, a bioactive proteoglycan from *Ganoderma lucidum*. *Life sciences*, 71(6), 623–638. https://doi.org/10.1016/s0024-3205(02)01690-9.

52. Zhao, L., Geng, Z., Wang, Y., Wen, J., & Liu, D. (2025). Immunomodulatory Effects of *Ganoderma lucidum* Bioactive Compounds on Gut-Brain and Gut-Liver Axis Disorders. *Current issues in molecular biology*, 47(10), 842. https://doi.org/10.3390/cimb47100842.
53. Zhao, W., Jiang, X., Deng, W., Lai, Y., Wu, M., & Zhang, Z. (2012). Antioxidant activities of *Ganoderma lucidum* polysaccharides and their role on DNA damage in mice induced by cobalt-60 gamma-irradiation. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 50(2), 303–309. https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.10.071.
54. Zhu, X. L., Chen, A. F., & Lin, Z. B. (2007). *Ganoderma lucidum* polysaccharides enhance the function of immunological effector cells in immunosuppressed mice. *Journal of ethnopharmacology*, 111(2), 219–226. https://doi.org/10.1016/j.jep.2006.11.013.

A gyakorlati módszerek szerepe a kémiaoktatásban az új ukrán iskola keretrendszerében

Máté Nikolett, Filep Mihály
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
mate.nikolett.b24km@kmf.org.ua

A természettudományos oktatás megújítása az egyik kiemelkedő célkitűzése az Új Ukrán Iskola (Нова українська школа, 2020) reformfolyamatának. A kompetenciaalapú szemlélet értelmében a tanulóknak nemcsak elméleti ismereteket kell elsajátítaniuk, hanem azokat valós helyzetekben is alkalmazniuk kell (Нова українська школа, 2020). A kémia tantárgy esetében ez különös jelentőséggel bír: a laboratóriumi és gyakorlati foglalkozások nélkülözhetetlen eszközei a kísérleti gondolkodás, a megfigyelési képesség és a problémamegoldó készség fejlesztésének. Jelen tézis a kémiaoktatás gyakorlati módszertanát vizsgálja a 7–8. osztályos Új Ukrán Iskola tanterv keretei között, kiemelt figyelmet fordítva a kárpátaljai magyar tannyelvű iskolák sajátos körülményeire.

Az Új Ukrán Iskola Típusú Oktatási Programja (МОН України, наказ №1120, 2024) a 7. osztályban heti 1 óra, a 8. osztályban heti 2 óra kémiát ír elő. A 7–9. osztályos ciklus egészére meghatározott ajánlott éves keretóraszám 910 óra a természettudományos műveltségi területen belül. A tanterv kétféle megközelítést tesz lehetővé: integrált természettudományos kurzust, illetve önálló tantárgyankénti oktatást (biológia, fizika, kémia, földrajz). A Попель–Крикля szerzőpáros tankönyvsorozata elérhető magyar nyelven is és mindkét variáns esetén biztosítja a gyakorlati munkák módszertani alapját (Попель, Крикля, 2021). A természettudományos oktatási terület programjaiban a gyakorlati (laboratóriumi) munkák kétféle szervezési formában valósulnak meg: frontálisan és egyéni formában. Ezeken túl a projektek, amelyek megvalósíthstóak csoportos és egyéni változatban egyaránt, magukban foglalják a munkát valódi természeti objektumokkal és jelenségekkel, illetve azok modelljeivel és illusztrációival, beleértve a virtuális formákat is.

A kárpátaljai iskolákban végzett megfigyelések és tantervi elemzés alapján öt fő módszertani megközelítés különíthető el a kémia gyakorlati foglalkozásain (Ábra. 1).

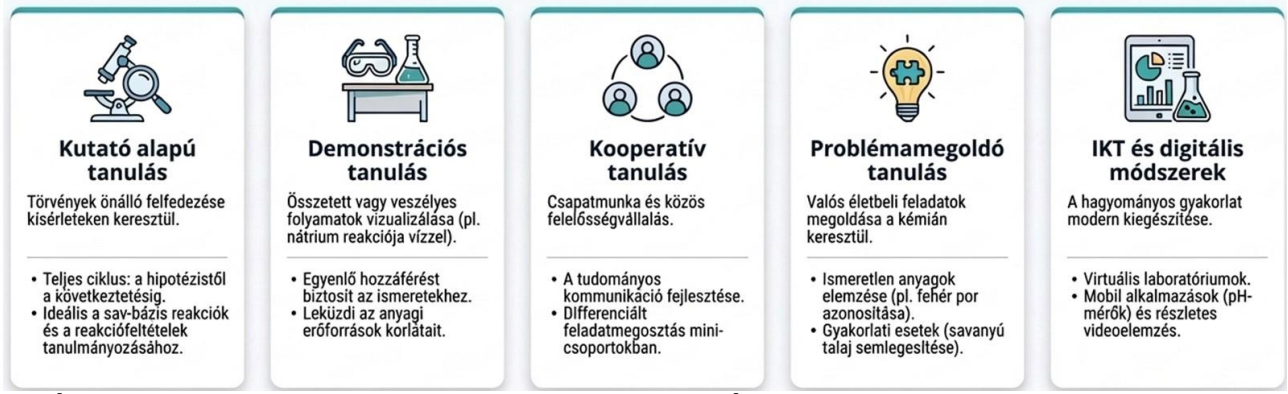
1. Kutatásalapú tanulás (Inquiry-Based Learning). A tanulók maguk fedezik fel a természeti törvényszerűségeket kísérletek és megfigyelések révén. A folyamat lépései: problémafölvetés, hipotézisalkotás, kísérletterv kidolgozása, adatgyűjtés, majd értékelés és következtetés. A kutatási készségek fejlesztése biztosítja a laboratóriumi felszerelések képességét, valamint a modellezés különböző formáit. Különösen hatékony a savak–bázisok vizsgálatánál, illetve kémiai reakciófeltételek meghatározásánál.

2. Demonstrációs módszer. Veszélyes anyagokat vagy speciális eszközöket igénylő kísérletek esetén a tanár mutatja be az eljárást, míg a tanulók aktívan figyelnek és értelmeznek. Előnye, hogy korlátozott eszközpark esetén is biztosítja az egyenlő hozzáférést az ismeretek megszerzéséhez. Alkalmazható kísérletek: nátrium reakciója vízzel, erős savak kémhatásának mérése, égési reakciók.

3. Kooperatív (csoportos) tanulás. A természettudományos oktatás lehetővé teszi a tanulók számára, hogy különböző feladatokon keresztül csoportmunkában végezzenek kísérleteket, ami fejleszti a csapatmunkát (Нова українська школа, 2020). A párban vagy kis csoportban végzett laboratóriumi munka fejleszti a kommunikációs készségeket, a felelősségvállalást és a differenciált feladatmegosztás képességét.

4. Problémaalapú tanulás (Problem-Based Learning). A tanulók valós életbeli problémával szembesülnek, amelyet kémiai ismereteik segítségével oldanak meg. Tipikus feladathelyzetek: ismeretlen fehér por azonosítása fizikai és kémiai próbák alapján; savas talaj semlegesítési lehetőségeinek vizsgálata. Ez a módszer erősíti a mindennapi élethez való kapcsolódást és motiválja a tanulókat.

5. IKT-alapú és digitális módszerek. Bár az oktatási intézmények elégtelen felszereltsége modern berendezésekkel kihívást jelent, a digitális eszközök (virtuális laboratóriumok, pH-mérő applikációk, videóelemzés) hatékonyan egészítik ki a hagyományos kísérleteket. A digitális laboratóriumok kibővítik a tanulók oktatási-kognitív kompetenciáinak fejlesztési lehetőségeit.



Ábra 1. A kémia tanításának módszertana az Új Ukrán Iskola keretrendszerében

Az elvégzett elemzés alapján megállapítható, hogy az Új Ukrán Iskola által megkövetelt kompetenciaalapú természettudományos oktatás megvalósítható korlátozott laboratóriumi körülmények között is, amennyiben a pedagógus tudatosan válogat a rendelkezésre álló módszerek között. A kutatásalapú és problémaalapú tanulás, a kooperatív szervezési formák és az egyszerű, hétköznapi anyagok kreatív alkalmazása egyenértékű tanulási élményt nyújthat a drága eszközparkot igénylő kísérletekkel. Ugyanakkor az iskolák laboratóriumi infrastruktúrájának fejlesztése, digitális mérőeszközök beszerzése és a pedagógusok módszertani továbbképzése elengedhetetlen a természettudományos oktatás hosszú távú minőségi fejlesztéséhez.

МОН України. (2024). Типова освітня програма для 5–9 класів (наказ №1120 від 09.08.2024). https://mon.gov.ua

Нова українська школа. (2020). Природнича освіта – переваги та переваги. https://nus.org.ua/articles/pryrodnycha-osvita-perevagy-ta-perevagy/

Попель, П. П., Крикля, Л. С. (2021). Хімія: підручник для 7 класу з навчанням угорською мовою. ІМЗО.

Military conflicts as a factor in the transformation of natural and socio-ecological systems of the biosphere

Nataliia Miroshnyk [1, 2]***, Olha Tertychna*** [3,4]

[1]*Research Institute for Sustainability – Helmholtz Centre Potsdam (RIFS), Potsdam, Germany*

[2]*Institute for Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine*

E-mail: natalie.miroshnik@outlook.com

[3]*Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, E-mail: olyater@ukr.net*

[4]*Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture Chernihiv, Ukraine*

The number of military conflicts (the wars) in the world has reached its highest level since 1946 *(Davies et al., 2025)*. From the perspective of sustainable development, military conflicts are the "Wrong Turn", in the opposite direction to sustainability. When I thought about the question ‘What are the effects of wars on man and nature over the last 100 - 150 years?’? I was quite surprised to see that there is no single classification and list of wars that have been in human civilisation over the last 150 years. There are authoritative opinions of different scientists who make different lists, depending on the taken definition, what to consider as a war and what to consider as a short-term military conflict. Therefore, in order to form a definite vision of this question for me, I had to determine for myself the answers to two other questions: what exactly to consider as war and military actions? How to count the consequences of military actions and human casualties? In fact, all processes on Earth can be divided into those that are harmful or beneficial to humans and non-human life, since biota refers to all living creatures on Earth. Therefore, the purpose of our mini research was to answer the questions: What are the most serious and destructive military conflicts that have occurred in human history in the last 125 years (1900 - 2024)? What were the most important consequences for the development of human civilization and nature on Earth after these military conflicts? If we consider the definitions of the term ‘war’ (*The International Institute for Strategic Studies, 2025*) from the perspective of the social structure of society, several definitions pop up:

- war is characterised both as ‘the continuation of politics by other means’ *(Carl von Clausewitz, 1918);*
- war is a shock therapy for society, allowing it to choose a more adaptive path of development (*Edgerton, 1992*);
- wars are armed conflicts involving at least one state and resulting in 1,000 or more deaths per year.

Note that these definitions assume an exclusively anthropocentric approach. Consideration of consequences for nature (living things on Earth, of which humans are a part) began only in 1970, during the Vietnam War, and these consequences were labelled with the term ‘Ecocide’ *(Zierler, 2011).*

The most summarized consequences of the 11 most prominent wars in terms of their effects on society and \ or nature are shown in Figure 1.

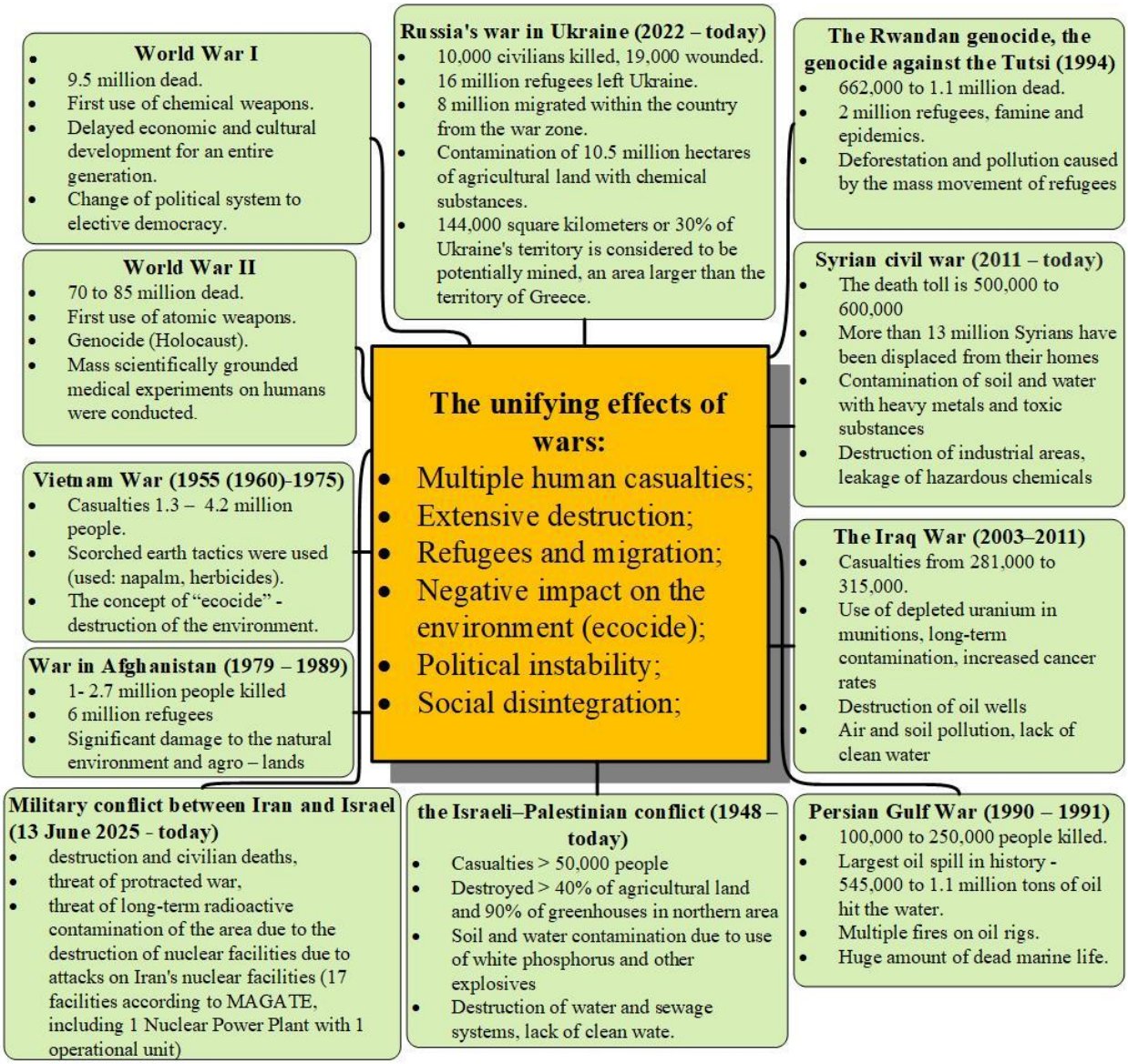


Figure 1. Summarised effects of the most serious and destructive military conflicts over the past 125 years (1900 - 2025)

We will not single out the most threatening consequences of wars. They are obvious and have been discussed many times. It was much more interesting to see two non-obvious areas for reflection: 1) the non-obvious problems of war and 2) the ways of development (opportunities) that war provides for the development of society. The non-obvious problems of war: mortality of veterans from early cancer and other diseases, teratogenicity of chemical weapons and depleted uranium (combat veterans from Iraq, Afghanistan); psychological impact of war on millions of refugees and their children, soldiers; silence of 'inconvenient problems' by decision-makers (medical assistance to war veterans, the problem of mass migrations after wars, denial of assistance to victims of Hiroshima and Nagasaki, Fukushima); the problem of communication between states for cross-border conservation of forests, arctic and other ecosystems (e.g. the Korean Peninsula demilitarised zone, the 3.5 million hectare Great Limpopo Transfrontier Park in South Africa, the border between Thailand and peninsular Malaysia as a proposed national reserve); the problem of antropocentrism

and ethics. War is evaluated in terms of harm to human beings (first and foremost) and then perhaps in terms of harm to other living, changing non-obvious meanings, new social technologies, meanings, cultural trends. Any large-scale war leads to explosive scientific and technological progress, discoveries in military technologies move technical progress lightning fast. For example, the Second World War - change of countries' borders, formation of new countries. Important discoveries: computer age, jet engines that gave impetus to space exploration, development of nuclear energy, high achievements in aircraft construction, shipbuilding, construction of submarines, invention of scuba diving, great discoveries in medicine (era of antibiotics, surgery, neurosurgery, biotechnology), great discoveries and changes in previously unshakable theories in physics, chemistry, mathematics, etc., the era of chemical fertilisers, herbicides, pesticides (continued after the Vietnam War). The rapid development of chemistry after the First World War ushered in the age of plastics, the effects of which we have felt and will continue to feel in the future. The global problem of rubbish on Earth, especially xenobiotics and nuclear waste, has worsened.

What obvious conclusion can we draw from imagining and comparing the effects of recent wars? Over the past 125 years, wars have become more high-tech and destructive, and have given a major economic, scientific and technological boost to human society. The primate species *Homo sapiens* has only existed for the last 300,000 years. In the developmental history of such a young species on Earth, wars are the learning and developmental stage of the species. If *Homo sapien*s learns through a game called 'war' using toys such as nuclear weapons and artificial superintelligence (ASI), it occurs to me that humanity has not yet passed through the stages of maturation and cannot understand that everything dies – people, societies, planets. This explains why the last 125 years have taught Homo sapiens nothing, and why the arms, technology and AI races continue. It answers the question of why we are incapable of thinking and acting within a longer, intergenerational time frame (*Zubizarreta-Ada, 2025; Palliative Dramaturgie, 2026)*. It would be a good start not to elevate oneself above other life on Earth, but to think about non-human life. We need to give ourselves time to grow up, so that in our childlike spontaneity and pursuit of self-affirmation, we do not exceed the planetary limits once and for all.

References

Davies, S., Pettersson, T., Sollenberg, M., & Öberg, M. (2025). Organized violence 1989–2024 and the challenges of identifying civilian victims. *Journal of Peace Research*, 62(4), 1223–1240. https://doi.org/10.1177/00223433251345636

International Institute for Strategic Studies (IISS). (2025). *IISS conflict trends 2025*. https://www.iiss.org/publications/armed-conflict-survey/2025/armed-conflict-survey-2025/iiss-conflict-trends-2025/

Clausewitz, C. von. (1918). On war (J. J. Graham, Trans.; F. N. Maude, Ed.). Kegan Paul, Trench, Trubner & Co. (Original work published 1832).

Edgerton, R. B. (1992). *Sick societies: Challenging the myth of primitive harmony.* Free Press.

Zierler, D. (2011). *The invention of ecocide: Agent Orange, Vietnam, and the scientists who changed the way we think about the environment*. University of Georgia Press. https://doi.org/10.1353/book11509

Zubizarreta-Ada, R. (2025). *On becoming human: Empathy, responsibility, and the mirror of AI* (RIFS Discussion Paper). https://doi.org/10.48481/rifs.2025.037

Palliative Dramaturgie – Welches Theater brauchen wir in der Klimakatastrophe? (2026). *Nachtkritik*. https://nachtkritik.de/portraet-reportage/palliative-dramaturgie

Változó éghajlat – változó hótakaró?

Molnár József, Molnár D. István, Szabó Bence
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
molnar.jozsef@kmf.org.ua , molnar.d.istvan@kmf.org.ua ,
szabo.bence.b23fz@kmf.org.ua

A *klímaváltozás korunk vezető környezeti problémái közé lépett elő; a mind globális, mind regionális szinten jelentkező felmelegedés mellett fokozódik az egyéb időjárási elemek – így a légkörzés, csapadék – változása felé forduló érdeklődés is, amelyek módosulása kérdésében* sok a bizonytalanság, amelyek azonban szintén jelentős hatással lehetnek úgy a mindennapi életre, mint a gazdaságra. Ebbe a sorba tartozik a hótakaró is, melynek változása a mezőgazdaság mellett, például, a síturizmus számára jelent kihívást. A kérdés jelentősége, illetve a meglévő bizonytalanság tág teret biztosít az ezirányú kutatómunkának, melynek keretébe illeszkedik a jelen előadás is, amely a hótakaró tartósságának és a vastagságának módosulását elemzi Kárpátalja térségében az 1961–2010-es időszakban.

A változások detektálását a CARPATCLIM adatbázis alapján, matematikai-statisztikai módszerek, kiemelten trendelemzés alkalmazásával, illetve a térbeli sajátosságok kartográfiai ábrázolási és elemzési módszereivel végeztük.

A lineáris trendelemzés a vizsgált évtizedekre vonatkozóan a térségben elsősorban a hótakaró tavaszi elolvadásának a dátumában talált szignifikáns trendet, amely a hegyvidéken került számottevően korábbra. Az első hólepel kialakulásának az őszi időpontja ugyanakkor jelentősen nem változott. A hótakarós napok számának a változása, bár jelentős volt, de a terület nagy részén szintén nem bizonyult szignifikánsnak, ami az évek közötti nagy változékonysággal függhetett össze.

A vizsgált időszak alatt Kárpátalja nagy részén (a legmagasabb gerinceket kivéve) csökkent a hólepel vastagsága. Bár a változás kevés helyen bizonyult szignifikánsnak, a csökkenés üteme a Kárpátaljai-alföldön és a Kárpátmelléken elérte a 10–15 %/évtizedet.

A hóvastagság változásai nem csak további bizonyítékai a melegedő éghajlatnak, de jelentős hatással vannak az emberi tevékenységre, így a térségben számottevő síturizmusra is.

Kulcsszavak: éghajlatváltozás, a hótakaró tartóssága, a hótakaró vastagsága, Kárpátalja, lineáris trendek, kartográfiai módszerek, kriging.

A fiatal generációk környezettudatos és egészségtudatos szemléletének fejlesztése a természettudományos nevelés során

***Nagy Béla*[1], *Kohut Erzsébet*[2]**

[1] *Varga Katalin Gimnázium, Szolnok, Magyarország,*
dr.nagy.bela@vargaszolnok.hu

[2] *II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna*
kohut.erzsebet@kmf.org.ua

Az eredményes közép- és felsőoktatás szempontjából fontos figyelembe venni a generációváltását, mely a diákkorú fiatalokat érinti. A Z generációt, akik a 1995 és 2009 között látták meg a napvilágot, felváltja az alfa generáció, a 2010 és 2025 között született fiatalok csoportja. A felsőoktatásban jelenleg a Z generáció fiataljai tanulnak, őket viszont rövidesen felváltják az alfa generáció tagjai, kikre „digitális bennszülöttként" globális szemlélet jellemző, ugyanakkor koncentrációs készségük rövidebb, ezért új, sajátságos pedagógiai módszereket igényelnek. Amíg a Z nemzedék a keresést, a navigálást, a megerősítést részesíti előnyben a fix, az agyban tárolt tudáshoz képest (*Gál, Árváné, 2018*), az alfák tovább fejlődtek ezen a téren, az ő eszközük az okoseszköz, amelyet már kicsi korban könnyen kezelnek, kérdéseikre azonnali válaszokat várnak, melyeket a digitális térben meg is kapnak. Információfeldolgozásnál nagyfokú figyelemmegosztás jellemzi az alfákat, viszont ennek következtében nehezebben tudják a figyelmüket egyetlen dologra fókuszálni, így sokszor figyelem- vagy részképességzavar is kialakulhat náluk (*Pálinkás-Purgel, 2019*). Mindezeket a tanulási sajátosságokat figyelembe kell venni a természettudományos nevelés során is. *Csapó Benő* (*2004*) megfogalmazása szerint a természettudományos nevelés „egyrészt jelenti azt a komplex pedagógiai praxist, a tanulók tágabb értelemben vett személyiségfejlesztését, amely az értékek közvetítésétől a világszemlélet formálásán, a képességek és készségek fejlesztésén keresztül az ismeretek közvetítéséig sok mindent magában foglal". A természettudományos nevelés során ugyanakkor figyelmet kell fordítani környezetvédelem fontosságának megismertetésére is. Dr. Mónus Ferenc (*2020*) szerint „jelenleg a középfokú- és felsőoktatásban a fenntarthatóságot szolgáló szemléletformálás és tudásátadás a legtöbb esetben (néhány kivételtől eltekintve) nem eléggé hangsúlyos". Hasonlóan fontos az egészségvédelemmel kapcsolatos attitűdök kialakítása a diákoknál. Több kutató is megemlíti, hogy a tankötelezettség alatt kell megismertetni a diákokat az egészséges életmód alapjaival (*Buda, 2003*).

A környezeti nevelés egyik alapgondolata, hogy a globális ökológiai problémákat kisebb, helyi ökológiai problémákon keresztül lehet megérteni (Gondolkodj globálisan, cselekedj lokálisan!). A diákoknak meg kell ismerniük, hogyan óvják szűkebb környezetüket, a környezeti problémák felismerése fontos szerepet játszik a környezettudatos szemléletformálásban, ami ennek megfelelő magatartást eredményez (ismeretek-szemlélet-magatartás). Fontos megérteniük azt is, hogy a környezetet egészsége összefügg az ember egészségével, hiszen egészséges élet csakis egészséges környezetben lehetséges. A természettudományos oktatás során fontos egy olyan környezettudatos és egészségtudatos magatartás megalapozása a fiataloknál, mely meghatározóvá válik számukra a későbbiekben pályaválasztásnál is, esetleg arra

ösztönözi őket, hogy környezetvédelemmel foglalkozó kutató, egészségvédelemmel foglalkozó szakember váljék belőlük.

A környezettudatosság és egészségtudatosság fejlesztése egy hosszú folyamat, melyet már ifjúkorban el kell kezdeni és amelynek végig kell kísérnie az oktatási rendszer különböző szintjeit. Rendkívül változatos tanórai és tanórán kívüli pedagógiai módszerek állnak az oktatók rendelkezésére a feladat megvalósításához. Ezek közül néhányat szeretnénk megemlíteni.

1. A diákok környezettudatos és egészségtudatos magatartásának vizsgálata: hogyan viszonyulnak a diákok környezetvédelemhez és az egészséges életmódhoz, mennyire tájékozottak ezzel kapcsolatban, hogyan növelhetjük a fogékonyságukat az adott témával kapcsolatban.

2. Egészségneveléssel és környezetneveléssel kapcsolatos intézményi programok szervezése, bekapcsolódás országos programokba: előadások, kirándulások, egészségnevelési-, környezetvédelmi napok szervezése, részvétel a Világ Legnagyobb Tanóráján, melynek programjai révén a diákok megismerhetik a fenntartható fejlődést szolgáló Globális Célokat.

3. Diákok részvétele környezetvédelmi és egészségversenyeken. Több ilyen országos verseny van, ezenkívül a korszerű digitális eszközök lehetővé teszik, hogy intézményen belül is szervezzünk színvonalas versenyeket a diákok számára.

4. Diákok bevonása környezetvédelemmel és egészségüggyel kapcsolatos kutatásokba. Aktuális kutatási témák ajánlása középiskolákban diákszimpóziumokra, érettségi projektmunkának, felsőoktatásban szakdolgozat témának, tudományos diákköri konferenciákra.

5. Környezetvédelemmel és egészségvédelemmel kapcsolatos digitális adatbázis létrehozása, melyet az intézmény tanárain kívül a diákok is használhatnak, bővíthetnek.

6. Hosszútávú környezetnevelési és egészségnevelési stratégia kidolgozása az intézmény számára (külön környezetnevelési- és egészségnevelési programok), ezekben az alapelveken kívül ki van dolgozva a tanév programjainak részletes terve, milyen mutatók esetén számít eredményesnek a megvalósított program. A programokat 5-6 évente átvizsgálni és szükség szerint aktualizálni kell.

Irodalomjegyzék

Buda, B. (2003). *Az iskolai nevelés - a lélek védelmében - Az iskolai mentálhigiéné alapelvei*. Nemzeti Tankönyvkiadó.

Csapó, B. (2004). A természettudományos nevelés: híd a tudomány és a nevelés között. / In B. Csapó (Ed.), *Tudás és iskola* (pp. 11-28). Budapest: Műszaki Könyvkiadó.

Gál, T., ÁrvánéVányi, G. (2018). Hogyan tanul a z generáció? *Gradus, Vol* 5., 66-73.

Mónus, F. (2020). *A fenntarthatóságra nevelés trendjei, lehetőségei és gyakorlata a közép- és felsőoktatásban.* Oktatáskutatók Könyvtára.

Pálinkás-Purgel, Zs. (2019). Alfa generáció – a „digitális bébik" kora. *Új Köznevelés,* 2019/1-2,https://folyoiratok.oh.gov.hu/uj-kozneveles/alfa-generacio-a-digitalis-bebik-kora

Réz(I)-oxid mentes nanorészecskék előállítása

Orosz Richárd, Szabó Marján
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
orosz.richard.b20km@kmf.org.ua, szabo.marjan@kmf.org.ua

Az utóbbi években a fém nanorészecskék (NR-k) jelentős figyelmet kaptak, mivel számos egyedi optikai, elektronikus, katalitikus és antimikrobiális tulajdonsággal rendelkeznek, amelyek eltérnek a tömbi fémek tulajdonságaitól és lehetővé teszi széleskörű alkalmazásukat számos területen (Sowmya et al., 2023). Azonkivül a réz gyakori előfordulása és relatív olcsósága is versenyképessé teszi őket a nemesfém NR-kkel szemben (Din & Rehan, 2017). Azonban azokkal ellentétben a réz NR-k reaktívabbak és hajlamosabbak az oxidációra a szintézis folyamata során, ami a réz NR szintézis körülményeinek optimalizálását sürgető feladattá teszi.

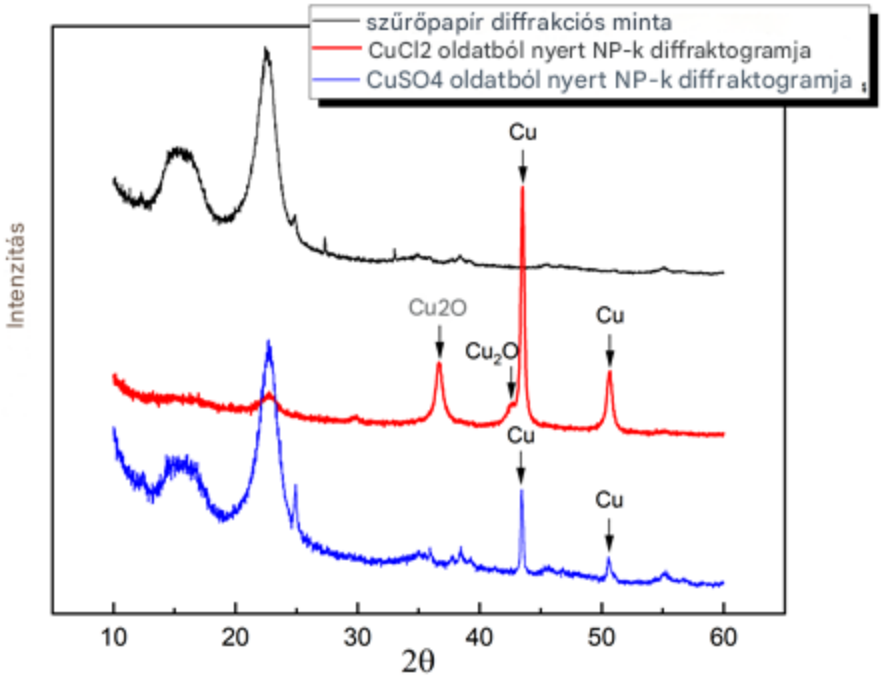
A fentiek alapján a tanulmány célja egy egyszerű módszer kidolgozása réz nanorészecskék szintézisére.

A fém NR-k szintézisének különféle módszerei közül a legegyszerűbb, leggazdaságosabb, legjobban szabályozható és leghatékonyabb az oldatokból történő kémiai redukció. A leggyakoribb a vizes oldatok használata. Réz NR-k kinyerésekor $CuSO_4$ vagy $CuCl_2$ oldatokat használnak prekurzorként, ritkábban $Cu(NO_3)_2$ és $Cu(CH_3COO)_2$ oldatokat (Khodashenas & Ghorbani, 2014). Stabilizátorként különféle szerves anyagokat használnak (aszkorbinsav, olajsav, különféle aminosavak, stb.). A redukálószerek ugyanazok, mint amelyeket más fémek NR-inek előállításánál használnak, nevezetesen: nátrium-bór-hidrid, aszkorbinsav és hidrazin. A folyamatokat általában 60-800 °C hőmérsékleten, 1-42 órás időintervallumban hajtják végre (Gawande et al., 2016). A réz oxidációjának megakadályozására különféle módszereket alkalmaznak: az oldat légtelenítését (az oxigén kiszorítása nitrogén vagy argon oldaton keresztül történő átvezetésével) a szintézis előtt és/vagy alatt és után, az izolált NR-k tárolását nitrogén/argon atmoszférában.

Mivel a cél egy egyszerűen használható réz NR-k előállítására szolgáló módszer kidolgozása volt, a légtelenítést nem végeztük el. A munka során különböző koncentrációjú (0,1 M, 0,01 M és 0,001 M) $CuSO_4$ és $CuCl_2$ vizes oldatait használtuk. A kísérleteket különböző hőmérsékleteken végeztük. A kísérlet időtartama legfeljebb 1 óra volt. Több redukálószert teszteltünk: glükózt, aszkorbinsavat és hidrazin-hidrátot. Glükóz használatakor sárga kolloid képződött, ami réz(I)-oxid NR-k képződésére utalt, amit az UV-Vis spektrumokon 440-480 nm-es abszorpciós sávok is bizonyítottak. Az 5%-os aszkorbinsavoldat redukálószerként való alkalmazása, még 1 órán át sem eredményezte a kívánt hatást. A korábbi kísérleteket stabilizátor használata nélkül végeztük, de habár a redukció során aggregációt nem tapasztaltunk, viszont a lombik falán rézbevonat („réztükör”) jelent meg. Emiatt a továbiakban stabilizátort - nátrium-dodecil-szulfátot (0,1 M oldat) - használtunk. Tekintettel arra, hogy a hidrazin-hidrát lúgos közegben hatékony redukálószer, a réz-sók oldatainak pH-értékét előzetesen NaOH-oldattal álitottuk be. A spektrumokon reflexiót figyeltünk meg 570-590 nm-en, ami megfelel a réz nanorészecskék plazmonrezonanciájának hullámhosszának. Megállapítottuk, hogy a réztartalmú sók oldatának optimális koncentrációja 0,01 mol/l,

és a hőmérséklet növekedése részleges aggregációt okozhat anélkül, hogy jelentősen befolyásolná a folyamat sebességét.

További azonosítást röntgendiffrakcióval végeztünk, amelyhez az oldatot szűrtük, és a NR-ket tartalmazó szűrőt egy hétig levegőatmoszférában, exszikkátorban szárítottuk. Mivel a kísérletben kis térfogatú (40 ml) kiindulási oldatokat használtunk, a végtermékekről szűrőpapíron vettünk fel diffraktogramokat. A papír visszaverődéseinek figyelembevétele érdekében tiszta szűrőpapírról is készítettünk diffraktogramot (1. ábra).



1. ábra. $CuSO_4$, $CuCl_2$ oldatokból nyert NR-k és a szűrőpapír diffraktogramja

A $CuCl_2$-oldatból nyert NR-k esetében a rézreflexek mellett a réz(I)-oxid reflexeit is mutatják a diffraktogramok. Így egy gyors és könnyen megvalósítható módszert fejlesztettünk ki egy hétig stabil réz NR-k kinyerésére vizes $CuSO_4$-oldatból. A módszer jövőbeni méretnövelését tervezük.

Irodalomjegyzék

Sowmya, N., Mohanty, D., Nirosha, B., Kumar, N. U., & Patra, P. K. (2023). A systematic review of metallic nanoparticles: Synthesis, biological activities & applications. J Pharmaceut Negat Res, 14(02), 2525-2533.

Din, M. I., & Rehan, R. (2017). Synthesis, characterization, and applications of copper nanoparticles. Analytical Letters, 50(1), 50-62.

Khodashenas, B., & Ghorbani, H. R. (2014). Synthesis of copper nanoparticles: An overview of the various methods. Korean Journal of Chemical Engineering, 31(7), 1105-1109.

Gawande, M. B., Goswami, A., Felpin, F. X., Asefa, T., Huang, X., Silva, R., ... & Varma, R. S. (2016). Cu and Cu-based nanoparticles: synthesis and applications in catalysis. Chemical reviews, 116(6), 3722-3811.

Foglalkoztatás a gyógynövénytermesztő szektorban (Employment in the medicinal plant growing sector)

Pászk Norbert
Miskolci Egyetem Egészségtudományi kar, Magyarország, norbert.paszk@uni-miskolc.hu

A munkaerőhiány az agrárszektorban Magyarországon is megjelenik és nehéz megküzdenie vele a gyógynövénytermesztő vállalkozásoknak. Az agrárszektor napjainkban számos nehezítő tényezővel küzd, melyek kockáztatják a termelést, ami veszélyeztetheti az emberek élelmezését, ellátását is. Ilyen nehézségek például a klímaváltozás, az újabb betegségek, kártevők megjelenése, a vízhiány és a talajszennyezés (Azizbek, 2026).

Az egyik legsúlyosabb probléma a munkaerőhiány, aminek következtében az agrárium vállalkozásai nem tudnak megfelelő mennyiségű és képzettségű munkavállalót foglalkoztatni, mert az emberek nem akarnak az agrárszektorban dolgozni, hiszen egy időjárás viszontagságainak kitett, fizikai munkáról van szó, mely sok esetben csupán szezonális foglalkoztatást jelent a munkavállaló számára, tehát nem jelent biztos és állandó jövedelmet. Az agrárszektorra nagyon jellemző az idénymunkában, alkalmi munkavállalóként történő foglalkoztatás, illetve a fekete munka és a megbízási szerződéssel történő foglalkoztatás is (Moyer, 2025).

A szakirodalmak alapján a munkaerőhiány világszintű probléma az agrárszektorban, melyet főként az alábbi tényezők okoznak: idősödő munkaerő, alacsony bérek és presztízs, fizikai munka terhelése, migráció, technológiai fejlesztések, strukturális problémák (Maró et al., 2024).

Kutatásomban arra keresem a választ, hogy a kistelepüléseken található gyógynövénytermesztő vállalkozások hozzájárulnak-e a foglalkoztatáshoz és ha igen, akkor milyen mértékben, bekapcsolódnak-e közmunkaprogramba, illetve nyitottak lennének-e rá. Primer kutatásként félig strukturált szakmai interjúkat készítettem 32 gyógynövénytermesztő vállalkozással. Az eredmények egy részét mutatom be a konferencia előadásban.

Irodalomjegyzék:

R. Azizbek (2026): THE IMPACT OF LABOR MIGRATION AND LABOR SHORTAGE ON FARM PRODUCTIVITY IN AGRICULTURAL ENTERPRISES. https://zenodo.org/records/18136550 letöltés dátuma: 2026. 01. 10. https://doi.org/10.5281/zenodo.18136550

K. Moyer (2025): Labor Shortage in Agriculture: 2025 Challenges & Solutions. https://blog.aghires.com/agriculture-labor-shortage-challenges-solutions letöltés dátuma: 2026. 01. 10.

Maró, M. Z. – Borda, J. Á. – Balogh, M. J. (2024): Challenges and Trends in Agricultural Employment: The Case of Hungary. https://unipub.lib.uni-corvinus.hu/10931/1/640_agris-on-line-4-2024-maro-borda-balogh-1.pdf letöltés dátuma: 2026. 01. 10.

Beregsom település (Kárpátalja, Ukrajna) környezetében élő lepkefajok (Lepidoptera) faunisztikai és ökológiai vizsgálata

Popovics Melinda, Fülöp, Máté, Kolozsvári István
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
popovics.melinda.b18bi@kmf.org.ua, kolozsvari.istvan@kmf.org.ua

Bevezetés. Kárpátalja biológiai sokfélesége az alföldi síkvidékek és a kárpáti hegységek közötti átmeneti zónák mozaikosságának, valamint a sűrű vízhálózatnak köszönhetően kiemelkedően gazdag. Beregsom település jórészt mezőgazdasági területekkel és felhagyott földekkel övezett térség. A terület különösen fontos lepidopterológiai szempontból, mivel genetikai folyosóként köti össze a magyarországi Szatmár-Beregi-síkot és a Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátumot. A modern kori globális klímaváltozás, az ipari és agrárszennyezések, valamint az élőhelyeket érintő fényszennyezés egyre markánsabb negatív hatást gyakorolnak a rovarpopulációkra.

Az Ukrán-Kárpátok térségében a lepkekutatás közel két évszázados múltra tekint vissza, amely alapvetően három szakaszra tagolható (Geryak, 2019). Az első, klasszikus faunisztikai korszak a 19. század közepétől a második világháborúig tartott, ahol többek között K. Hormuzaki és V. Werchratski publikáltak kiemelkedő fajlistákat (Hormuzaki, 1897; Werchratski, 1893). A második, szovjet érához köthető szakaszban az agrár- és erdészeti kártevők kerültek fókuszba, aminek egyik legfontosabb összefoglaló műve Z. Kljucsko munkája (Kljucsko, 1963). A harmadik, napjainkban is zajló korszak már ökológiai és természetvédelmi fókuszú, kiemelten vizsgálva a biodiverzitást (Geryak, 2010, 2012, 2021; Kanarskyi et al. 2011; Lyashenko, 2009; Matsiakh & Kramarets, 2020; Popov, 2004). Kárpátalján a közelmúltban több mikroregionális lepkefaunisztikai kutatás is zajlott. Vizsgálták Tiszakeresztúr (Illár & Fábián, 2011), Nagybereg (Vass, 2017; Vass et al. 2023), valamint Kisdobrony és Nagydobrony települések rovarvilágát (Misák, 2019; Szanyi et al. 2015). Különösen jelentős a Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátumban kimutatott mintegy 383 lepkefaj jelenléte (Szanyi, 2012, 2020). Ezzel szemben Beregsom közvetlen környezetében eddig célzott faunisztikai lepkefelmérés nem történt, így jelen kutatás hiánypótló. Célkitűzésünk a Beregsom térségében élő nappali és éjszakai aktivitású fajok felmérése, a potenciális kártevő és a védett fajok azonosítása, valamint a lepkeközösségek és az élőhelyek növényzete közötti kapcsolatrendszer statisztikai elemzése.

Anyag és módszertan. A terepi adatgyűjtést Beregsom település közigazgatási területén három, egyenként 50x20 méter (1000 m²) alapterületű kvadrátban végeztük el.

- **„A” terület (Gyümölcsös):** A település határában, Harangláb falu irányában fekszik (koordinátái: 34U 48.291218, 22.419876). A lágyszárú vegetációban jellemző a közönséges cickafark (*Achillea millefolium*), a közönséges párlófű (*Agrimonia eupatoria*), a selyemkóró (*Asclepias syriaca*), a vadmurok (*Daucus carota*) és a hamvas szeder (*Rubus caesius*).



1. ábra. A lepkefajok A,B,C-jelű gyűjtési helyszíne (Google Earth Pro/2023 műholdkép alapján szerkesztve)

•**„B" terület (Legelő):** Kaszony település irányába eső legelőterület (34U 48.284039, 22.443617). A flórát dominánsan a kék iringó (*Eryngium planum*), a tejoltó galaj (*Galium verum*), a közönséges párlófű (*Agrimonia eupatoria*) és a vadrózsa (*Rosa canina*) alkotja.

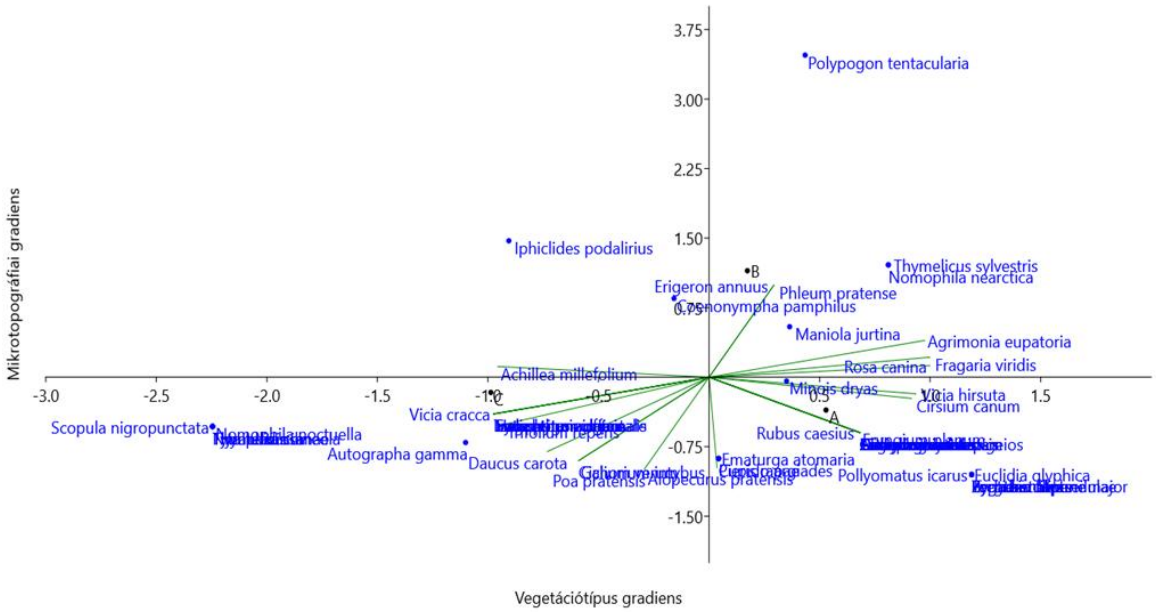
•**„C" terület (Konyhakert):** Lakott, konyhakerti környezet (34U 48.294607, 22.432206). Florisztikailag a dísznapraforgó (*Helianthus annuus*), a szarvaskerep (*Lotus corniculatus*), és a gilisztaűző varádics (*Tanacetum vulgare*) jellemzi.

A nappali lepkék felmérését heti 1-2 alkalommal végeztük, a lepkéket 60 cm zsákátmérőjű lepkehálóval gyűjtöttük be, vagy nem invazív fotózásos módszerrel rögzítettük. A fajok rendszertani azonosításánál Varga (2012) ajánlásait követtük. Az éjszakai rovarokat egy 5 liter űrmértékű leárnyékolt műanyag palackból, 100W-os izzóból és etil-alkoholos ölőfolyadékból álló saját készítésű fénycsapdával fogtuk be.

A begyűjtött adatok statisztikai elemzését Microsoft Excel 2019 és a PAST 4.50 (Hammer et al. 2001) szoftverek segítségével végeztük. A biodiverzitás értékeléséhez Shannon-diverzitásindexet, inverz Simpson-indexet, dominancia- és egyenletességi indexeket (Equitability, Evenness) számítottunk (Pielou, 1975). Az ökológiai mintázatok elemzése kanonikus korreszpondencia elemzéssel (CCA) és Morisita-index alapú klaszteranalízissel történt.

Eredmények és értékelésük. A vizsgált időszakban Beregsom környezetében összesen 28 lepkefajt (24 nappali és 4 éjszakai aktivitású) detektáltunk, amelyek rendszertanilag 13 családhoz tartoznak. Megfigyeltünk jelentős mezőgazdasági kártevőket, úgymint a répalepkét (*Pieris rapae*), a káposztalepkét (*Pieris brassicae*), valamint a vándormolyt (*Nomophila noctuella*). Számos, természetvédelmi szempontból jelentős faj is előkerült, köztük az IUCN besorolás szerint sebezhető (VU) *Leptidea morsei major* és *Thymelicus sylvestris*, illetve a kevésbé fenyegetett, de figyelemreméltó *Zygaena filipendulae* és *Minois dryas*. A fénycsapdás éjszakai megfigyelések során a leggyakoribb taxonok a nyárfaszender (*Laothoe populi*), a

felkiáltójeles bagolylepke (*Agrotis exclamationis*), a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és a folyondárszender (*Agrius convolvuli*) voltak.



2. ábra: A lepkefajok előfordulásának kapcsolata a növényzet fajösszetételi és borításviszonyaival a kanonikus korreszpondencia elemzés (CCA) alapján

A három mintaterület ökológiai paraméterei jelentősen eltértek egymástól. A legnagyobb diverzitást az „A” jelű gyümölcsös mutatta, ahol 23 növény- és 16 lepkefaj fordult elő. Itt mértük a legmagasabb Shannon-diverzitást (növényzetre: H=2,892, lepkékre: H=2,575) és a legalacsonyabb dominanciát (lepkékre: D=0,0886), ami strukturált és kedvező életfeltételeket nyújtó vegetációt jelez. A „B” jelű legelő volt a leginkább fajszegény, csupán 12 növény- és 7 lepkefajjal. Ennek Shannon-indexe a legalacsonyabb (H=1,709), dominanciaértéke pedig a legmagasabb (D=0,2178) volt, ami erős emberi zavarásra és néhány generalista faj elszaporodására utal. A „C” jelű konyhakert 15 növény- és 14 lepkefajával ökológiailag egy heterogén, mozaikos átmenetet képviselt (lepkék Shannon-indexe: 2,472).

A kanonikus korreszpondencia elemzés (CCA) segítségével feltártuk, hogy az egyes lepkefajok miként kapcsolódnak az élőhelyek flórájához. Bár a CCA tengelyeinek p-értékei statisztikailag nem bizonyultak szignifikánsnak (Axis 1: 57,65%, p=0,175; Axis 2: 42,35%, p=0,355), az eredmények ökológiai tendenciákat világosan jeleznek. Az „A” terület fajai (pl. *Zygaena filipendulae*, *Minois dryas*) erősen vonzódtak a *Rubus caesius* és más cserjések jelenlétéhez. A „B” terület (pl. *Agrimonia eupatoria*, *Rosa canina* borítással) a kaszálóréteket kedvelő *Maniola jurtina* és *Nomophila nearctica* fajok számára biztosított életteret. A „C” terület a szinantróp és zavarástűrő fajok, mint az *Autographa gamma* és a *Scopula nigropunctata* gyűjtőhelye volt, ahol a *Daucus carota* sűrűsége volt meghatározó. A Morisita-indexszel számolt klaszterelemzés kimutatta, hogy az „A” és „B” területek – mind a növényzeti összetétel (Cophen corr: 0,8520), mind a lepkefauna (Cophen corr: 0,9956) tekintetében sokkal közelebb állnak egymáshoz, mint a szeparáltabb „C” területhez. Ez a szoros megfelelés

egyértelműen bizonyítja, hogy a rovarok megtelepedése nem izoláltan függ 1-1 tápnövénytől, hanem a terület teljes vegetációs struktúrájára reagál.

A korábbi kutatások (Szanyi, 2012, 2020) a közeli Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátumban 383 lepkefaj előfordulását mutatták. Ezzel szemben a Beregsom területén kimutatott 28 faj jelentős minőségi és mennyiségi elmaradást jelez. A két terület élővilágát összevetve 21 átfedő fajt regisztráltunk (pl. *Agrius convolvuli*, *Cupido argiades*, *Nymphalis io*, *Pieris rapae*), amelyek általános elterjedésűek és jól tolerálják az antropogén hatásokat. A Nagydobronyi Rezervátum kiemelkedő diverzitása (pl. *Apatura ilia*, *Araschnia levana* és *Zerynthia polyxena* jelenléte) a háborítatlan ligeterdők és a komplex nedves réti mozaikok meglétének, valamint a védettségi státusznak köszönhető. Beregsom szerényebb mutatói az aktív mezőgazdasági perturbációnak és a homogenizált élőhelystruktúrának tudhatók be.

Összefoglalás és következtetések. A Beregsom település környékén végzett vizsgálatok alátámasztják, hogy a lokális vegetáció szerkezete és fajgazdagsága alapvetően determinálja a lepkefauna diverzitását. A vizsgált élőhelyeken detektált 28 faj bizonyítja a térség ökológiai kettősségét. A zavarástűrő mezőgazdasági kártevők jelentős számban jelen vannak, miközben az extenzívebben használt vagy komplexebb szerkezetű területek védett rovaroknak is menedéket nyújtanak. Az elemzésekből világosan látszik, hogy a fokozott emberi jelenlét (legeltetés, konyhakerti kultúra) redukálja a fajdiverzitást és kedvez a domináns generalistáknak, míg a cserjésekkel, változatos virágos növényekkel rendelkező élőhelyek (gyümölcsös) biológiailag jóval értékesebbek. Ezen adatok elengedhetetlen empirikus alapot szolgáltatnak a régió jövőbeli agrár-környezetgazdálkodási és tájökológiai tervezéséhez.

Irodalomjegyzék

Geryak, Y. (2010). The Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of the Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology)*, 29, 126–139.

Geryak, Y. (2012). New and littleknown species of the Noctuoidea (Lepidoptera, Insecta) for Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Uzhhorod University (Series Biology)*, 33, 105–119.

Geryak, Y. M. (2019). Історичний нарис досліджень ноктуоїдних лускокрилих (Lepidoptera, Noctuoidea) Українських Карпат. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*, 10(17)(1), 57-100.

Geryak, Y. (2021). *Ecological complexes of Noctuoid moths (Lepidoptera, Noctuoidea) of the Ukrainian Carpathians* (Doctoral dissertation). State Museum of Natural History, National Academy of Science of Ukraine, Lviv.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST - Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9.

Hormuzaki, C. V. (1897). Die Schmetterlinge (Lepidoptera) der Bukowina. I. Teil. *Verhandlungen der k. k. zoologisch-botanischen Gesellschaft in Wien*, 47, 70–103.

Illár, L., & Fábián, Z. (2011). Nappali nagylepkék élőhelyek közötti elterjedése Tiszakeresztúrban. *Acta Beregsasiensis*, 2011(1), 185–195.

Kanarskyi, Y., Geryak, Y., & Lyashenko, E. (2011). Ecogeographic structure of the moth fauna (Lepidoptera, Drepanoidea, Bombycoidea, Noctuoidea) in upper

Tisariver basin and adjacent areas (Ukraine). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research*, 11, 143–168.

Kljucsko, Z. (1963). *Совки западних областей України*. Київ.

Lyashenko, E. K. (2009). Species composition, abundance and hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) habitat distribution of Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology)*, 25, 167–170.

Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2020). Invasive phyllophagous insects in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 20, 11–25.

Misák, K. (2019). *Kisdobrony és Nagydobrony települések (Ungvári járás) lepkefaunájának faunisztikai vizsgálata* (Szakdolgozat). II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász.

Nagy, A., Szanyi, S., Molnár, A., & Rácz, I. A. (2011). Preliminary data on the Orthoptera fauna of the Velyka Dobron Wildlife Reserve (Western Ukraine). *Articulata*, 26(2), 123-130.

Pielou, E. C. (1975). *Ecological Diversity*. Wiley Interscience Publication.

Popov, S. (2004). Butterfly Species (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Need Protection in the Zakarpatska province. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology)*, 15, 98–101.

Szanyi, Sz. (2012). A Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátum és környéke nagylepkefaunája (Macrolepidoptera). *Állattani Közlemények*, 97(2), 171–180.

Szanyi, Sz., Szőcs, L., Csóka, Gy., & Varga, Z. (2015). A Beregi-sík Noctuoidea (Lepidoptera: Macroheterocera) faunájának állatföldrajzi és ökológiai jellemzése. *Állattani Közlemények*, 100(1–2), 89–100.

Szanyi, Sz. (2020). *A Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátum fitofág rovarközösségei* (PhD értekezés). Debreceni Egyetem, Debrecen.

Varga, Z. (2012). *Magyarország nagylepkéi* (2. kiadás). Heterocera Press.

Vass, G. (2017). *Feromoncsapdás vizsgálatok a Nagyberegi Erdészet egy kiválasztott részlegén* (Szakdolgozat). II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola, Beregszász.

Vass, G., Hadnagy, I., Kohut, E., & Kolozsvári, I. (2023). Effects of meteorological factors and changes in lunar phases in an anthropogenic environment: experience from a light trap Lepidoptera survey in a populated settlement. *GEO&BIO*, 25, 1-15.

Werchratski, V. (1893). *Über die Nachtfalter (Noctuiden) der Umgebung von Stanislau*.

Analysis of NDVI values in potato cultivation at different stages of vegetation based on annual studies

Magdalena Piekutowska
Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland,
magdalena.piekutowska@upsl.edu.pl

Monitoring vegetation indices during the growing season is very important for sustainable agricultural production. One of the most popular indices used in crop production is NDVI (Normalised Difference Vegetation Index) (Yan et al. 2025). Observing changes in NDVI values in potato cultivation allows for ongoing assessment of plant health and identification of areas of stress, which provides a potential opportunity to respond quickly to problems in cultivation (Mukiibi et al. 2024). In this study, a correlation analysis was performed between NDVI values, determined on two dates (the second ten days of June and the second ten days of July), and the potato tuber yield determined in the first ten days of August – almost a month and a half before the final harvest of tubers. NDVI values were determined on average for management zones within the field, using data compiled from index maps created from UAV flight images and free satellite images. The highest correlation with tuber yield was observed for the index value determined on the basis of data from photographs taken by a UAV in the second decade of July. Future studies plan to assess the correlation between tuber yield determined just before harvest and the values of various vegetation indices, measured at two-week intervals from mid-June to the first decade of September. The research described was carried out as part of the Miniatura-8 project funded by the National Science Centre.

References

Mukiibi, A., A. T. B. Machakaire, A. C. Franke, and J. M. Steyn. 2024. “A Systematic Review of Vegetation Indices for Potato Growth Monitoring and Tuber Yield Prediction from Remote Sensing.” *Potato Research*. doi: 10.1007/s11540-024-09748-7.

Yan, Kai, Si Gao, Guangjian Yan, Xuanlong Ma, Xiuzhi Chen, Peng Zhu, Jinhua Li, Sicong Gao, Jean-Philippe Gastellu-Etchegorry, Ranga B. Myneni, and Qiao Wang. 2025. “A Global Systematic Review of the Remote Sensing Vegetation Indices.” *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation* 139:104560. doi: 10.1016/j.jag.2025.104560.

Can industrial water bodies be donors of "biodiversity" for surrounding water bodies?

Alexander Protasov, Tetiana Novosolova
Institute of Hydrobiology of the NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine,
labtech-hb@ukr.net

At the beginning of research of thermal and nuclear power plants cooling reservoirs in the 1960s there, was a hypothesis that their biocenoses must be extremely poor, it was assumed that technogenic influence has an extremely negative impact on biota (Поливанная, 1991). In a certain sense, this opinion still exist today – in studies of the impact of thermal power plants (TPP) and nuclear power plants (NPP) on aquatic ecosystems, a priori it is assumed that negative effects will be identified. However, long-term research have shown that the flora and fauna in cooling ponds are quite rich and diverse. In this case, can these water bodies have an impact on changes in taxonomic richness of surrounding water bodies located proximitily?

The composition of phytoplankton in the cooling pond (CP) of the Khmelnitsky NPP as well as in 4 water bodies located nearby, at a distance of no more than 3 km was studied for six years (2014, 2015, 2018, 2023-2025). The area of the CP was 16.3 km^2 and the area of the surrounding water bodies ranged from 0.2 to 0.7 km^2. A total of 194 species of phytoplankton algae were recorded in these water bodies. The richness of algae in individual/separate water bodies did not show any significant differences over the years of the study: from 15 to 45 species in 2025, from 11 to 37 in 2023, although in 2024 the range was wider: 6–57 species. The average annual species richness was: 47 species in the CP and 12 to 24 in surrounding water bodies. During the entire study period the greatest richness was also observed in the CP– 123 species, while in the surrounding water bodies – from 35 to 101 species. At the same time, the algae richness of the main phylums in different water bodies did not differ very significantly. Phylum Bacillariophyta had 17-33% of all species, and Chlorophyta – 20-60%. Accordingly, taxonomic diversity, which takes into account the number of phylums and the relative richness of each, did not vary greatly: 2,017 bit/taxon in the CP and from 1,849 to 2,419 bit/taxon in surrounding water bodies. Over the years of research, the average similarity index (according to Jacqard) of the phytoplankton composition of all surrounding water bodies with CP was highest in 2024 and was only 0.257. It indicates the high originality of the algae composition of surrounding water bodies relative to CP.

Thus, phytoplankton riches in the CP were higher than in surrounding water bodies. Since the similarities of the compositions was small, it could be assumed that the phytoplankton composition of surrounding water bodies should be intensively replenished due to the high “biodiversity” in the CP, but the species richness was consistently low. For this reason, it is necessary to consider certain factors that limit species richness in surrounding water bodies which can be considered as island ecosystems.

One such factor is the distance to the presumed source of the species. The correlation between phytoplankton richness and distance from the CP was established. The dependence was described by a negative degree function: $N=aL^b$, where N is the

number of species, a = 26.31, b = -0.062, although the coefficient of determination was not high ($R^2 = 0.219$). However, it is clear that water bodies were not isolated "islands"; new species could also appear from other ecosystems. Microscopic hydrobionts generally have few barriers to widespread distribution (Finlay, 2002). Another, more significant factor is the size of the water body (Dodson, 1992). The ratio of the area of the CP to the smallest surrounding water body was 1:81, i.e., the range of sizes was quite large. The relationship between species richness and water body size is described by the degree dependence accepted in island biogeography theory ($N=aS^b$, where S is species richness). Thus, for 2024, a=0.132, b=0.362, R^2=0.543. For the average value of richness over the 6 years of the study, these parameters were: a=0.113, b=0.389, R^2=0.939. Thus, richness increased hyperbolically with increasing water body size. We analyzed how this pattern fits into the wider range of water body sizes and species richness. Data of the phytoplankton richness of the Dnieper reservoirs (Кондратьева, 1989) and some cooling ponds of Ukraine (Поливанная, 1991) were taken. The range was from 35 species in one of the surrounding water bodies to 606 species in the Kiev Reservoir. The size range was from 0.2 km^2 to 225 km^2 (Kremenchug Reservoir). The dependence was described quite reliably by the same degree equation with parameters: a=88.157, b=0.222, R^2=0.724.

Thus, when we are talking about formal richness, a larger water body cannot be a donor of "biodiversity," since the richness of smaller surrounding ones is limited by their small size (quantitative aspect). However, it cannot be an obstacle to qualitative changes – the appearance of new species and the disappearance of previously existing ones. It is important to note the peculiarity of thermal conditions in the CP, which can lead to the appearance of thermophilic species including exotic ones in surrounding water bodies, for example, in the summer season.

It is important to note the limitations of formal predictions of taxonomic richness, since in reality it is not "species" or other taxa that appear and disappear, but living organisms, some parts of existing populations. The size of a water body indirectly determines the ecological capacity of the ecosystem. In this context, it is important to note the relationship between the richness of the flora and the size of the water body. If each algae population in the CP had an area of 0.357 km^2, then in the surrounding water bodies this indicator was significantly lower: from 0.011 to 0.055 km^2/population. That is, the "taxonomic richness density" (TRD) is significantly higher in small water bodies. If we assume that the abundance of each species population is close to the maximum possible under the given conditions, it is evident that competitive relations in small water bodies are significantly more intense. It should be noted that with TRD as in surrounding water bodies, the CP should be inhabited from 332 to 1630 species (when compared to a particular surrounding water body)! In the case of TRD like in CP the species richness in the smallest surrounding water body should have been equal to 2, while in the Kremenchug Reservoir it must be about 17000 species.

Based on the described analysis some statements can be made. In technical reservoirs under the influence (obviously to a certain limit, threshhold) of a complex of technogenic factors, quite rich phytoplankton communities are formed. The communities richness of surrounding nearby water bodies is influenced by larger water bodies but is limited by both their size and, to an extent, distance. In accordance with

the patterns of formation of flora and fauna regarding limited water areas and territories a certain dynamic equilibrium determined by the appearance and disappearance of populations of certain species is established in them, This process is subject to further study.

References

Dodson S. (1992). Predicting crustacean zooplankton species richness. *Limnology and Oceanography,* 37(4), 848–856. DOI:10.4319/lo.1992.37.4.0848

Finlay B.J. (2002). Global dispersal of free-living microbial eukaryote species. *Science,* 296(5570), 1061—1063. DOI: 10.1126/science.1070710

Кондратьева Н.В. (ред.). (1989). *Растительность и бактериальное население Днепра и его водохранилищ.* Наукова думка.

Поливанная М.Ф. (ред.). (1991). *Гидробиология водоёмов-охладителей Украины*. Наукова думка.

Biológiai vonatkozású információk Lehoczky Tivadar régészeti naplóiban

Rácz Béla, Molnár D. Erzsébet, Csatáry György
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
racz.bela@kmf.org.ua; molnar.d.erzsebet@kmf.org.ua; csatary.gyorgy@kmf.org.ua

Lehoczky Tivadar vidékünk első igazi polihisztoraként elsősorban történelmi és néprajzi vonatkozásban vált igazán ismertté, de a munkássága kiterjedt más tudományterületekre is, többek között a természettudományokra. A biológia minden bizonnyal ugyancsak érdekes tudomány lehetett számára, hiszen munkáiban gyakran kitért a mai Kárpátalja flórájának és faunájának leírására, jellemzésére.

Lehoczky Tivadar 1830-ban született és 1915-ben hunyt el, életének nagyobb részét Bereg vármegyében élte le, de a széles tevékenységi köre kiterjedt Ugocsa-, Ung- és Máramaros vármegyékre is, sőt, azt is tudjuk róla, hogy más országokban is megfordult. A Schönborn-uradalom főjegyzőjeként komoly felelősséget vitt a vállán, ennek ellenére mégis időt tudott szánni hobbijára – a vidék történelmének megismerésére. Az évtizedek alatt Lehoczky Tivadar számos kutatást és gyűjtést végzett, az erről szóló információkat egy többkötetes régészeti naplóban, illetve különböző újságcikkekben, folyóirat-publikációkban írta le a szélesebb közönség számára.

A háromkötetes Beregvármegye monográfiája c. művében a lehető legszélesebb körben igyekezett jellemezni a vidék történelmét, társadalmi és földrajzi viszonyait, helyenként pedig a növénytakaró ismertetésére is kitér (ld. Lehoczky Tivadar. Beregvármegye monographiája. I. általános rész. Ungvár, 1881). A II. kötetben külön fejezetben ír a vármegye élővilágáról, igaz, csak a vidéken előforduló fajok felsorolása szintjén (ld. Lehoczky Tivadar. Beregvármegye monographiája. II. kötet. Ungvár, 1881). E fejezet elején a bevezetőben Lehoczky leírja, hogy legjobb tudása szerint a vidék élővilágával kapcsolatosan még nem jelent meg átfogó leírás, de „*…koronkénti kirándulásaim s hivatalos utazásaim alkalmával azonban én sem mulasztottam el, részint saját észleleteim, részint más e téren jártasabb egyének, erdő és gazdatisztek tapasztalatai s bemondásai alapján jegyzéseket vezetni,melyeknek alapján ha nem is rendszeres és kimerít, de legalább a megye területén elforduló ismeretesebb növények és kiválóbb állatok vázlatos összeállítását kisértém meg, melyet ime a Monographiához csatolok, azon reményben, hogy akad majd a Flóra és Fauna szenvedélyes barátja, ki e sorozatot rendszeresebb alakban kiegészitendi.*” (Lehoczky, II. kötet, 1881, 485. o.).

Különleges szerep jut a Lehoczky Tivadar által kézzel írt, négykötetes régészeti feljegyzéseknek, ugyanis ezeket a naplókat elsődleges forrásként tudjuk használni, de nem csak történelmi vagy régészeti vonatkozásban. A négy kötetből álló naplót Lehoczky Tivadar 1860 és 1913 között írta, és bizonyos tekintetben egy múzeumi leltári katalógusként is kezelhetjük ezt a forrást, valójában viszont annál sokkal több. A naplókban a szerző változó részletességgel írja le – legtöbbször – azokat a tárgyakat, amelyeket ő maga talált, gyűjtött, szerzett vagy vásárolt. A tárgyakon kívül, még ha nagyon ritkán is, de előfordulnak más jellegű információk is, például kihalt állatok maradványainak leírása (leggyakrabban barlangi medve). Itt viszont ki kell emelni, hogy Lehoczky gyűjtőszenvedélye rendkívül széles földrajzi határokban mozgott, így a leletek egy része nem a mai Kárpátalja, akkor még vármegyék, területéről származott.

A napló első kötetében a Biharmegyei Pestere mellett található Ignici barlangból származó ősállatok leleteit írja le, a 458. számú leletcsoport alatt (Lehoczky Tivadar. Régészeti jegyzeteim, I. kötet, 127. o.). A bejegyzésben barlangi medve (Ursus spalaeus) koponyájának, állkapcsának, fogainak és bordáinak leírását adja meg, továbbá egy barlangi hiéna (Hyaena spelova) maradványait is megemlít. A maradványokról a szerző leírja, hogy „…*valamennyi csont könnyű, meszes, száraz*”. Az összesen 10 darabból álló kis gyűjteményt Lehoczky Tivadar 1885. augusztus 17-én kapta Kovács János debreceni tanártól, és a saját gyűjteményében a 458-as leltári szám alatt tárolta.

Szerepel még a napló első kötetében egy hosszú bejegyzés a 806-os leltári szám alatt, méghozzá egy Zemplénmegyei ásatásról, amelyet Királyhelmec környékén végeztek. A területen több földhalmot tártak fel, az egyikben pedig egy agyagurna mellett találtak egy medvekoponyát is, de a rossz állapota miatt csak a felső állkapocs egy részét, illetve néhány fogat sikerült kimenteni (Lehoczky Tivadar. Régészeti jegyzeteim, I. kötet, 385. o.).

Mindezek mellett egészen egyedi jelenségnek számít a 623. leltári számmal ellátott naplóbeírás, ami egy helyi viszonylatban ritkának számító madárfajról szól. Lehoczky Tivadar szerint 1888. április 30-án Nagybereg mellett, a Szernye-tó partján lévő szántóföldön Kilb Miklós uradalmi erdész egy közel 15 egyedből álló, ismeretlen, fogolyhoz hasonló madárcsoportra akadt, amely a közeledtére hirtelen felrepült a fű takarásából. Miután az erdész közéjük lőtt, az egyiket megsebesítette és elvitte a munkácsi uradalmi kastélyba, ahol egy kalitkában tartotta. A napló szerint a madár egy „*Syrrhaptes paradoxus Pall; vagyis magyarul: pusztai talpas-tyuk*” volt. Lehoczky Tivadar leírása szerint a madár „*galamb-nagyságu, nőstény, gerleszínű sárgás, némileg barna pettyegett tollakkal. Melle erős, szárnya hosszu, farka fecskeszerű; feje kicsiny, csőre parányi*”. A napló információi szerint a madár nagyjából egy évet élt fogságban, végül egy macska okozta a halálát (Lehoczky Tivadar. Régészeti jegyzeteim, I. kötet, 388. o.). Lehoczky Tivadar minden bizonnyal a madár ritka előfordulása miatt tartotta fontosnak, hogy néhány kihullott tollát eltegye és 623-as leltári szám alatt őrizze a gyűjteményében. A Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület honlapján megtalálható információ szerint a talpastyúk inváziós madár és a csoportjai bizonyos években tömegesen hagyják el a költőhelyüket, akár több ezer kilométeres távolságokat is megtéve. A Kárpát-medencébe is ilyen inváziós években jelenhettek meg a talpastyúkok és olyankor kerülhettek a vadászok látókörébe (https://mme.hu/magyarorszagmadarai/madaradatbazis-syrpar).

Irodalomjegyzék

Lehoczky Tivadar. *Beregvármegye monographiája*. I. általános rész. Ungvár, 1881

Lehoczky Tivadar. *Beregvármegye monographiája*. II. kötet. Ungvár, 1881

Lehoczky Tivadar: *Régészeti jegyzeteim* I-IV. LTKHM Adattár, leltári szám: 143-145.7356.

Magyar Madártani és Természetvédelmi Egyesület. *Talpastyúk*. Forrás: https://mme.hu/magyarorszagmadarai/madaradatbazis-syrpar (2026.02.27.)

Assessing Sustainable Tourism Development Potential of the Koson Micro-Region

Sass Enikő [1, 2] **– *Gerő Boglárka*** [2]
[1]*University of Tokaj, Institute of Lorántffy, Sárospatak, Hungary*
[2]*Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehovo, Ukraine,*
sass.eniko@kmf.org.ua, gero.boglarka.b22an@kmf.org.ua

Ukraine's tourism sector was severely affected by the COVID-19 pandemic, a decline that was further exacerbated by the outbreak of the Russo-Ukrainian war in 2022. This impact was primarily reflected in a significant decrease in international tourist arrivals (WorldData.info, 2026). Nevertheless, tourism activities did not cease entirely across all regions of the country. A comparison of tourism tax revenues in 2021 and 2023 (SATD, 2024) indicates positive trends in certain oblasts, including Zakarpattia, Kyiv, Lviv, Khmelnytskyi, and Chernivtsi. This development can largely be explained by the spatial redistribution of domestic tourists toward relatively safer recreational areas (Pavliuk et al., 2025), similarly to the patterns observed during the 2014 armed conflict in Eastern Ukraine (Sass, 2020).

At the same time, a forward-looking and strategically oriented approach is essential to ensure adequate preparedness for the post-war period, so that the recovery of international tourism can be supported by well-founded development plans and strategies.

Accordingly, this study focuses on examining the tourism development opportunities of the Koson micro-region located in Zakarpattia. Its primary objective is to explore the tourism potential of the area and to identify possible directions for development, with particular emphasis on natural and cultural attractions, the state of tourism infrastructure and superstructure, as well as the opportunities for integrating local products and services into the tourism offer. Based on empirical research findings, the study formulates tourism development recommendations aimed at fostering the spatial expansion of tourism and strengthening sustainable tourism practices through the active involvement of the local population in service provision, thereby enhancing the attractiveness of the micro-region for domestic visitors and for the anticipated return of international tourists in the future.

In order to elaborate an effective development plan, following the review of relevant literature, the empirical research was carried out using both quantitative and qualitative methods. Within the framework of the quantitative research, the tourism attractiveness and service sector of the settlements belonging to the micro-region were assessed on the basis of a predefined set of criteria. In addition, through a questionnaire survey consisting of 35 questions, we examined the opinions of the adult population of the micro-region regarding tourism development and their willingness to engage in tourism-related activities. The second part of the questionnaire focused on exploring the activities of local producers and service providers, as well as their intention to participate in tourism service provision. The questionnaire was created using Google Forms, and the data were processed with SPSS and Microsoft Office Excel softwares. The third pillar of the research was the qualitative method, within which in-depth interviews were conducted with the mayor of the micro-region and the heads of villages of the micr-region in order to explore the tourism development strategies applied in the area, as well as current and future development plans.

Based on the tourism situation assessment of the Koson micro-region, it can be concluded that the spatial distribution of its tourist attractions and service facilities shows a

concentrated pattern, with the center formed by the Thermal Waters Kosino, the Eco-Thermal Complex, and the settlement of Mezőkaszony. The number of genuine attractions is relatively low; in fact, the thermal baths located in the micro-region can be classified as such. At the same time, the natural and cultural values of several settlements could potentially be utilized as tourist attractions. The level of development of the service sector is also uneven: while Mezőkaszony, Zápszony, and Beregsom have more developed service facilities that can also serve tourism purposes, the service sector of the peripherally located Rafajnaújfalu and Hetyen is less developed and mainly serves the needs of the local population, being unable to meet the demands of tourists.

In the questionnaire survey, 5% of the adult population of the micro-region participated, resulting in 305 completed responses, and the obtained sample can be considered representative in terms of population size by settlement and gender distribution of respondents. Furthermore, 31 local producers, potential local producers, and service providers also completed the questionnaire.

Based on the research results, it can be stated that the majority of respondents evaluate tourism in the micro-region as good (42.3%) or average (41.3%), while more negative assessments were given regarding tourism in their own settlements. Most respondents consider infrastructure development to be the most necessary area of improvement, which was rated at an average of 4.4 points. This is followed by the development of tourist attractions, event organization and tour guiding, the improvement of restaurants and catering establishments, as well as marketing and promotion. The development of accommodation facilities was considered the least necessary. The reason for this is that the micro-region has a relatively developed accommodation sector, especially in the settlements of Zápszony and Mezőkaszony. Regarding tourism products, respondents see the development of cultural tourism (36.4%), active tourism (22%), and rural tourism (18.4%) as the most necessary.

Concerning the involvement of the local population in tourism, positive results were obtained. 42.6% of respondents would engage in tourism activities, while 41.3% would possibly engage, primarily as rural accommodation providers. However, local producer activities, handicraft/souvenir production, catering entrepreneurship, and tourism event organization also appear in relatively high proportions. In the “other” category, marketing activities were most frequently mentioned.

The research conducted among local producers revealed that the majority operate in Mezőkaszony, Zápszony, and Beregsom, mostly as private individuals. Furthermore, the range of products they offer is highly diverse, ranging from food products (wine, pálinka, fruits, vegetables, honey, jam, pork, etc.) to handicrafts (traditional Hungarian folk costumes, wood carvings, jewelry, rag rugs). Although most local products primarily serve the needs of the local population, they also hold significant potential for expanding the tourism offer. Regarding services provided by producers, it can be established that several basic services, such as home delivery, tasting opportunities, and pre-ordering options, are widely available. However, more modern solutions as card payment and online shops, are less widespread. A significant proportion of local producers do not plan to introduce these latter options, mainly due to the higher associated costs. At the same time, the majority of local producers are open to participating in tourism services related to the thematic route proposed in the development plan, particularly in product sales, where more than half of the respondents would be willing to take part. Although the proportion is somewhat lower regarding tastings and product

presentations, the share of potentially cooperating producers exceeds that of those rejecting participation.

Based on the results of the qualitative research, it can be stated that the current war situation significantly affects the operation and development of tourism, as the number of tourists is much lower. Furthermore, the leadership of the micro-region is open to tourism development; however, due to the Russian–Ukrainian war, such projects have been pushed into the background and, for the most part, have not been implemented.

In the elaboration of the development plan, in addition to the empirical research findings, consideration was also given to the "Development Program for the Tourism and Health Resort Areas of Zakarpattia for the Period 2024–2026" adopted by the Zakarpattia Regional Council (07 November 2023, No. 976), as well as to the development strategy entitled Tourism Development Strategy of the Hungarian Community in Zakarpattia published by the Transcarpathian Hungarian Tourism Council (Berghauer – Sass [eds.], 2019).

The overall objective of the development plan is to expand the spatial scope of tourism in the Koson micro-region and increase its tourist attractiveness along the principles of sustainable development and the tourism utilization of existing local natural and cultural resources. Another key objective is the active involvement of the settlements and local producers in tourism processes, thereby contributing to employment growth and the improvement of the quality of life of the population.

Based on the results of the primary research, the following development directions are proposed, closely linked to the long-term sustainability of tourism:

– Establishing *a gastronomic and handicraft product route connecting the settlements of the micro-region*, involving local producers and based on the locavore concept. Visitors would have the opportunity to taste and purchase locally produced, healthy products, learn about production processes, and participate in plantation visits.

– Complementing the health tourism profile of the micro-region with *active tourism elements*: organizing cycling and hiking tours, as well as nature interpretation programs (e.g., herb and mushroom picking in the forest of Rafajnaújfalu).

– *Creating cycling routes along the gastronomic and handicraft product route*, presenting the natural and cultural values of the micro-region, with professional tour guiding.

Cycling Route A: thermal baths – Mezőkaszony – Zápszony – Rafajnaújfalu – Zápszony – Beregsom – Csonkapapi – Mezőkaszony – thermal baths (32.5 km); *Cycling Route B:* Mezőkaszony – Beregsom – Bótrágy – Harangláb – Hetyen – Csonkapapi – Mezőkaszony (25.5 km).

– *Organizing guided hiking tours* to present the natural and cultural values of the Kaszony Hills.

Planned route: Mezőkaszony – Zápszony – Beregsom – Mezőkaszony.

– *Expanding the program offer* in order to further increase the tourist attractiveness of the micro-region, with particular emphasis on festivals, traditional heritage events, and sports events.

The research highlights that tourism development in the Koson micro-region is currently highly concentrated, primarily based on the thermal baths and related services. In contrast, the settlements of the micro-region possess significant natural, cultural and economic resources that are currently only partially utilized and which, with appropriate development, could contribute to the spatial expansion of tourism and the diversification of the visitor offer.

Furthermore, based on the empirical results, it can be concluded that one of the keys to successful tourism development is the involvement of local producers, service providers, and the population, particularly through the development of gastronomic, handicraft and active tourism offers, which can not only enhance tourist attractiveness but also contribute to the economic and social strengthening of the region. The results also indicate that a fundamental condition for successful tourism development is the existence of adequate infrastructure and tourism superstructure, as well as the strengthening of cooperation between settlements.

Thus, tourism development in the Koson micro-region holds realistic opportunities, especially when built on the principles of sustainable tourism and the utilization of local values. The presented development directions may contribute to the region appearing in the future not merely as a complementary tourist area, but as an independent destination that offer complex experiences for domestic and – following improved circumstances – international tourism markets as well.

References

Berghauer, S., & Sass, E. (Eds.). (2019). A kárpátaljai magyarság turizmusfejlesztési stratégiája [Tourism development strategy of the Hungarian community in Zakarpattia]. Kárpátaljai Magyar Turisztikai Tanács; Gáborprint. [in Hungarian]

Рішення Закарпатської обласної ради „Про Програму розвитку туризму і курортів у Закарпатській області на 2024 - 2026 роки" [Development Program for the Tourism and Health Resort Areas of Zakarpattia for the Period 2024–2026" – Resolution. Zakarpattia Regional Council]. Ужгород, 2023.11.07. № 976 (https://zaktour.gov.ua/wp-content/uploads/2024/02/prohrama-2023-2026.docx.pdf) (Downloaded: 30. 01.2025) [in Ukrainian]

Pavliuk, S., Mirzayev, N., & Ungalov, S. (2025). The tourism industry as a tool for local economic development of the territorial communities of the Carpathian Region of Ukraine. *BIO Web of Conferences*, 151, article number 03010. doi: 10.1051/bioconf/202515103010.

Sass, E. (2020). The Impact of Eastern Ukrainian Armed Conflict on Tourism in Ukraine. *GeoJournal of Tourism and Geosites*, 30(2spl), pp. 880-888. https://doi.org/10.30892/gtg.302spl14-518

SATD (The State Agency for Tourism Development of Ukraine) (2024): The dynamics of tax revenues by regions for the year 2023 (https://www.tourism.gov.ua/en/eng-blogs/the-dynamics-of-tax-revenues-by-regions-for-the-year-2023, Downloaded: 15.01.2026)

WorldData.info, 2026: Tourism in Ukraine (https://www.worlddata.info/europe/ukraine/tourism.php, Downloaded: 15.01.2026)

A talaj és a bor fémkoncentrációja közötti összefüggések elemzése a 2021-es évjáratú Fogas-hegyi borok alapján

Sass Patrik Zsolt, Csoma Zoltán
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
sas.patrik.zsolt.b20bi@kmf.org.ua, csoma.zoltan@kmf.org.ua

A borok fémtartalmának vizsgálata egészségügyi, minőségi és eredetmeghatározási szempontból is indokolt. Az emberi szervezet számára hasznos mikroelemek (vas, mangán, cink, réz, egyéb) mellett a borokban toxikus (ólom, kadmium) fémek is előfordulhatnak. Az egyes kémia elemek befolyásolják a bor érzékszervi tulajdonságait és a stabilitását. A földrajzi eredet meghatározásánál is kulcsszerepet játszanak a különböző mikroelemek. Ugyanakkor a talaj és a bor fémtartalma közötti összefüggések nem minden esetben mutathatók ki egyértelműen.

Kutatásunk célja a Beregszászi kistérséghez tartozó Kígyós község mellett található Fogas-hegyen termesztett szőlőfajták 2021-es évjáratú borai és a termőterület talaja fémtartalmának összehasonlító vizsgálata.

Kilenc bort vontunk be a vizsgálatokba: Fehér bakator, Ottonel muskotály, Tramini, Zalagyöngye, Királyleányka, Olaszrizling, Chasselas, Karlot (Cabernet sauvignon és Merlot), Saperavi. A bor- és talajmintákban meghatároztuk a kalcium, magnézium, vas, mangán, réz, cink, ólom és kadmium mennyiségét, továbbá a talajok pH-értékét és humusztartalmát. A vizsgálati eredményekre vonatkozóan korrelációanalízist végeztünk.

A talajmintákat a Fogas-hegy öt táblájából gyűjtöttük be kézi talajmintavevő segítségével 0-60 cm mélységből. A laboratóriumban a mintákat légszáraz állapotig szárítottuk, majd megőröltük. A fémtartalom meghatározásához a talajmintákat achát mozsárban 2 mm-nél kisebb méretű szemcsékig aprítottuk. A talajok pH(KCl) értékét WTW inoLab® Multi 9620 IDS műszeren mértük, a humusztartalmat pedig kálium-dikromátos nedves oxidációval határoztuk meg. A kalcium- és magnéziumtartalom meghatározását komplexonometriás titrálással végeztük. A mikroelemek feltárásához Lakanen–Erviö kivonószert alkalmaztunk.

A borokat a Sass Családi Pincészet bocsátotta rendelkezésünkre. A mintákat 5 cm^3 65%-os HNO_3 és 2 cm^3 35%-os H_2O_2 elegyével Speedwave two típusú mikrohullámú berendezésben elroncsoltuk.

Az elemkoncentrációkat Agilent Technologies 240 típusú atomabszorpciós spektrofotométerrel határoztuk meg.

A Fogas-hegyi talajminták átlagos humusztartalma 1,35%, ami elmarad a kedvezőnek tekintett 2% feletti értéktől (1. táblázat). A talajok kémhatása többnyire savanyú – az átlagos pH(KCl)=4,7 – ami korlátozza egyes elemek felvehetőségét, kivéve a vasét. A kicserélhető kalciumtartalom átlagosan 2870 mg/kg, az ellátottság alapján közepes, magas és nagyon magas. A kicserélhető magnézium mennyisége a talajokban átlagosan 760 mg/kg, az ellátottság alapján szintén közepes, magas és nagyon magas (Hazelton és Murphy, 2016).

A növények számára felvehető mikroelemek közül a talajban legnagyobb koncentrációban a mangán van jelen, átlagosan 385 mg/kg. Szintén magas a felvehető vastartalom, átlagértéke 344 mg/kg.

1. táblázat: A Fogas-hegyi talajminták fő jellemzői és a növények által felvehető fémkoncentrációi (0–60 cm réteg)

Vizsgált paraméter	Átlagérték	Kategória
Kémhatás (pH KCl)	4,7	Savanyú
Humusztartalom	1,35 %	Alacsony
Kalcium (Ca)	2870 mg/kg	Közepes – Nagyon magas
Magnézium (Mg)	760 mg/kg	Közepes – Nagyon magas
Mangán (Mn)	385,5 mg/kg	Megfelelő
Vas (Fe)	344,0 mg/kg	Megfelelő
Réz (Cu)	60,1 mg/kg	Közepes – Magas
Ólom (Pb)	9,77 mg/kg	Alacsony – Közepes
Kadmium (Cd)	0,12 mg/kg	Nagyon magas

A felvehető réz koncentrációja alapján nyolc minta a magas, öt a közepes és kettő a nagyon magas ellátottsági kategóriába sorolható (Kádár, 2009). A cink ellátottság tizenegy mintában alacsony, négyben pedig közepes. Tíz talajmintában a felvető ólom mennyisége alacsony, öt mintában pedig közepes. A kadmium átlagos koncentrációja 0,12 mg/kg, a minták többségében a nagyon magas kategóriába sorolható (Kádár, 2009).

A borok kalcium- (350 mg/dm^3) és magnéziumtartalma (630 mg/dm^3) eltér a szakirodalmi átlagtól, több minta koncentrációja többszörösen meghaladja azt (Mosoni, 1999; Kállay, 2010; Csutorás et al., 2012) (2. táblázat). A vizsgált mikroelemek közül a borokban legnagyobb koncentrációban a vasat találjuk (átlagos értéke 3,46 mg/dm^3), amely megegyezik a szakirodalmi adatokkal (Mosoni, 1999; OIV, 2023). A Fogas-hegy savanyú talajain a vas nagyobb mennyiségben kerül a növények által felvehető formába, részben ez magyarázza a borokban mért magasabb koncentrációkat. A mangán koncentrációja átlagosan 1,52 mg/dm^3 volt, amely megfelel a magyarországi borokban mért 0,5-5 mg/dm^3 értékeknek (Murányi, 2002). A borok cinktartalma átlagosan 0,76 mg/dm^3, amely érték a szakirodalomban közölt adatok (0,5-5 mg/dm^3) alsó határához esik közelebb (Eschnauer és Neeb, 1988; OIV, 2023). A réz átlagos mennyisége a borokban 0,54 mg/dm^3 volt. Kállay (2010) közlése szerint a réz 0,1-2 mg/dm^3 koncentrációban van jelen a borokban, így a Fogas-hegyi mintákban mért mennyiségek átlagosnak tekinthetők.

A borok ólomtartalma átlagosan 0,24 mg/dm^3 volt, egy minta kivételével mind meghaladta az Európai Unióban érvényes 0,10 mg/dm^3 határértéket (EUR-Lex, 2021). A kadmium átlagos koncentrációja a borokban 0,01 mg/dm^3. Három mintában a kadmiumtartalom meghaladta a 0,01 mg/dm^3-es határértéket (OIV, 2023).

2. táblázat: A 2021-es évjáratú Fogas-hegyi borminták fémkoncentrációi

Vizsgált elem	Átlag koncentráció, mg/dm^3	Szakirodalmi átlag / határérték, mg/dm^3	Korreláció a talaj és bor elem tartalma között, r (n=9)
Vas (Fe)	3,46	≤ 10,0	0,19
Mangán (Mn)	1,52	0,5 – 5,0	-0,26
Cink (Zn)	0,76	≤ 5,0	-0,17
Réz (Cu)	0,54	0,1 – 2,0	-0,45
Ólom (Pb)	**0,24**	≤ 0,10	0,06
Kadmium (Cd)	**0,01**	≤ 0,01	0,32
Kalcium (Ca)	**350,0**	10 – 200	-0,49
Magnézium (Mg)	**630,0**	50 – 200	**0,82**

A korrelációanalízis alapján csupán a magnézium mutatott szoros, pozitív összefüggést (r = 0,82) a talaj és a bor között, ami megegyezik Kment és munkatársai (2005) eredményeivel, munkájukban a vizsgált 27 elem közül a talaj- és a borminták között csak a magnéziumtartalom mutatott szignifikáns összefüggést.

Az általunk vizsgált többi elemre vonatkozóan nem találtunk összefüggést, ami arra utal, hogy koncentrációjukat a borokban a talajon kívül más tényezők is befolyásolták.

Az ólom esetében a korreláció hiánya (r = 0,06) azt igazolja, hogy a szennyeződés nem a talajból származik, másodlagos szennyeződésként került a borokba.

Irodalomjegyzék

Az 1881/2006/EK rendeletnek az egyes élelmiszerekben előforduló ólom felső határértékei tekintetében történő módosításáról. (2021). *EUR-Lex*. https://epa.oszk.hu/00800/00878/02355/pdf/EPA00878_jogszabaly_2021_08_10.pdf

Csutorás, Cs., Kállay, M., & Murányi, Z. (2012). *Élelmiszer és borászati kémia*. A Borkultúra Központ Kiadványai.

Eschnauer, H., & Neeb, R. (1988). Microelement analysis in wine and grapes. In H. F. Linskens & J. F. Jackson (Eds.), *Wine analysis* (pp. 67–91). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-642-83340-3_4

Hazelton, P., & Murphy, B. (2016). *Interpreting soil test results: What do all the numbers mean?* CSIRO Publishing.

International Organisation of Vine and Wine. (2023). *Compendium of international methods of wine and must analysis* (Vol. 1). https://www.oiv.int/sites/default/files/publication/2023-05/Compendium%20MA%20complet_EN.pdf

Kádár, I. (2009). A talajszennyezés megítélése kutatói szemmel. *Agrokémia és Talajtan*, *58*(1), 149–168. https://doi.org/10.1556/Agrokem.58.2009.1.15

Kállay, M. (2010). *Borászati kémia*. Mezőgazda Kiadó.

Kment, P., Mihaljevic, M., Ettler, V., Šebek, O., Strnad, L., & Rohlová, L. (2005). Differentiation of Czech wines using multielemental composition – A comparison with vineyard soil. *Food Chemistry*, *91*(1), 157–165. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2004.06.006

Mosoni, P. (1999). *Borkultúra borászati alapokkal* [Egyetemi jegyzet]. Gödöllői Agrártudományi Egyetem, Mezőgazdaságtudományi Kar, Kertészeti Tanszék.

Murányi, Z. (2002). *Újabb eredmények a borok nyomelemtartalmáról* [Doktori disszertáció, Debreceni Egyetem].

Röber, R., & Schaller, K. (1985). *Pflanzenernährung im Gartenbau*. Verlag Eugen Ulmer.

Efficacy of photobiomodulation therapy for patients with diabetic foot syndrome

Ivan Savvidi[1], Oleksandr Lukash[1], Natalia Kurhaluk[2], Halina Tkaczenko[2]
[1]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
[2]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: lukash2011@ukr.net, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Introduction. Diabetic foot complications, particularly diabetic foot ulcers (DFUs), are among the most serious chronic complications of diabetes mellitus. They affect up to 15-25% of individuals with diabetes during their lifetime, often preceding amputation due to persistent infection and impaired healing [Dawi et al., 2025]. DFUs are associated with high morbidity and mortality rates, as well as substantial healthcare costs. They arise from a combination of peripheral neuropathy, microvascular dysfunction, and impaired wound healing, making them a major therapeutic and socioeconomic challenge in diabetes care [Akkus and Sert, 2022; Adity et al., 2025]. Photobiomodulation therapy (PBMT), historically known as low-level light therapy (LLLT), involves applying red and near-infrared light to biological tissues to stimulate cellular metabolism and healing pathways [Hamblin, 2017]. PBMT modulates mitochondrial activity, enhances microcirculation, and reduces inflammation. It has therefore gained interest as a non-invasive adjunctive treatment strategy for DFUs, diabetic peripheral neuropathy, and other diabetes-related complications [Chen et al., 2025].

PBMT exerts its biological effects by enhancing mitochondrial function and cellular bioenergetics. This promotes tissue regeneration and reduces chronic inflammation [Hamblin, 2018]. Red and near-infrared wavelengths are absorbed by mitochondrial chromophores, particularly cytochrome c oxidase, which increases adenosine triphosphate (ATP) production and accelerates cell proliferation and migration [Karu et al., 2004; Karu and Kolyakov, 2005]. It also modulates inflammatory signalling pathways. PBMT also influences the dynamics of reactive oxygen species (ROS) and nitric oxide (NO) photodissociation, both of which contribute to improved cellular signalling and microvascular perfusion. These mechanisms are particularly relevant for diabetic wounds, where hyperglycaemia impairs vascular responses, as well as the activity of keratinocytes and fibroblasts, and angiogenesis and extracellular matrix (ECM) remodelling [Wang et al., 2024].

PBMT also appears to promote focal adhesion-mediated cell migration and cytoskeletal reorganization, which are critical for effective re-epithelialisation and granulation tissue formation in chronic wounds [Leyane et al., 2021; Kim et al., 2025]. Studies using multispectral LED systems that combine red and near-infrared light have demonstrated enhanced keratinocyte and fibroblast adhesion, migration, and proliferation in vitro and accelerated diabetic wound closure in animal models [Choi et al., 2025]. Emerging clinical evidence suggests that PBMT may shorten healing time and reduce the risk of infection in DFUs when used alongside standard wound care, although the parameters of treatment remain inconsistent across studies [Sutton et al., 2021; Karkada et al., 2023; Lourenço et al., 2025; Choi et al., 2025].

Mechanisms Supporting Clinical Benefits. The multiple biological effects of PBMT support its therapeutic potential for treating diabetic foot conditions:

1) *Angiogenesis stimulation*. The modulation of vascular endothelial growth factor (VEGF), hypoxia-inducible factor-1 alpha (HIF-1α) and nitric oxide (NO) signalling pathways may enhance local blood flow and oxygen delivery, both of which are essential for wound healing. PBMT has been shown to enhance endothelial cell proliferation, capillary density and neovascularisation in preclinical models, providing a mechanistic basis for improved tissue perfusion [Torkaman et al., 2024].

2) *Anti-inflammatory modulation*. PBMT reduces pro-inflammatory cytokines (e.g. TNF-α and IL-6) and oxidative stress, thereby mitigating the chronic inflammation that impairs tissue repair. It also increases the production of anti-inflammatory mediators such as IL-10 and promotes the polarisation of macrophages towards the reparative M2 phenotype, thereby facilitating the resolution of chronic wounds [Chen et al., 2025].

3) *Cellular regeneration*. PBMT enhances the migration, adhesion and proliferation of keratinocytes and fibroblasts, which are central to re-epithelialisation and extracellular matrix (ECM) deposition. Furthermore, PBMT stimulates collagen synthesis and regulates matrix metalloproteinases, thereby supporting the structural remodelling of the wound bed [Choi et al., 2025].

4) *Neuropathic symptom relief*. Improved nerve conduction velocity, reduced neuropathic pain and modulation of sensory thresholds may promote better mobility and reduce repetitive pressure points that lead to ulcer formation. Preclinical evidence also suggests that PBMT may enhance Schwann cell activity and peripheral nerve regeneration, thereby contributing to long-term neuroprotection in cases of diabetic neuropathy [Korada et al., 2023].

Wound Healing in Diabetic Foot Ulcers. A randomised controlled trial (RCT) reported that PBMT delivered via a gallium-arsenide (Ga-As) laser (typically emitting near-infrared light at approximately 904 nm) significantly improved wound healing in patients with grade II diabetic foot ulcers (DFUs), as classified by the Wagner scale [Torkaman et al., 2024]. Compared to the placebo group, those receiving PBMT showed a significantly greater percentage decrease in wound surface area, which correlated with changes in vascular endothelial growth factor (VEGF), hypoxia-inducible factor-1 alpha (HIF-1α) and nitric oxide (NO) – biomarkers associated with angiogenesis and repair. These results support the proposed mechanism of PBMT, involving mitochondrial photostimulation (primarily via cytochrome c oxidase), increased ATP production, modulation of reactive oxygen species and the upregulation of pro-angiogenic signalling pathways [Torkaman et al., 2024].

Meta-analysis of randomised controlled trials, narrative and systematic reviews of PBMT in diabetic foot and lower leg ulcers suggest that it may be beneficial when used alongside standard wound care, including debridement, infection control, pressure offloading, glycaemic optimisation, and appropriate dressings [Tchanque-Fossuo et al., 2016a,b; Li et al., 2018; Huang et al., 2021; Sutton et al., 2021]. Despite methodological variability across studies (e.g. different wavelengths ranging from red to near-infrared spectra, energy densities, power outputs, irradiation times, and treatment frequencies), PBMT has been associated with enhanced granulation tissue

formation, reduced inflammation, and accelerated wound closure. However, heterogeneity in laser parameters and outcome measures limits direct comparison between trials and contributes to variability in reported effect sizes.

A recent meta-analysis comparing PBMT with other physical modalities, such as electrical stimulation, for the treatment of DFU suggests promise [Owliaee et al., 2025]. However, it also highlights the need for further high-quality randomised trials to confirm efficacy and optimal treatment parameters. Most analyses emphasise small sample sizes, short follow-up periods, and inadequate reporting of allocation concealment and blinding as common methodological limitations. Additionally, there is still no consensus regarding the optimal wavelength, fluence (J/cm²), treatment duration, or total number of sessions required to achieve sustained clinical benefit.

Combined Interventions and Functional Outcomes. A pilot randomised trial investigated the effects of PBMT combined with supervised resistance exercise in patients with DFUs and peripheral artery disease (PAD) [Chen et al., 2025]. PBMT involved the application of near-infrared laser irradiation (typically 810-904 nm) at energy densities ranging from 2-6 J/cm² three to five times per week for four to six weeks. While no significant differences were observed between groups, improvements in both wound healing and walking ability were noted compared to baseline measures. These improvements were quantified using validated tools such as wound surface area measurement, the six-minute walk test and plantar thermography. Post-treatment plantar skin temperature correlated with wound reduction, suggesting a positive physiological response to PBMT [Chen et al., 2025].

The combination of PBMT and exercise therapy is biologically plausible, as exercise can improve microcirculation, enhance endothelial nitric oxide production, promote angiogenesis and increase tissue perfusion. This could potentially synergise with PBMT-induced cellular activation via mitochondrial stimulation, ATP synthesis and modulation of inflammatory cytokines [Fritsch et al., 2019; Girasol et al., 2025; Chen et al., 2025].

Peripheral Neuropathy and Other Diabetic Foot Outcomes. Although studies dedicated specifically to PBMT in diabetic peripheral neuropathy (a key contributor to DFUs via altered sensation and gait abnormalities) are still emerging, systematic reviews suggest that PBMT may alleviate neuropathic pain, improve sensory and motor nerve conduction velocity, and normalise plantar pressure distribution – factors that contribute to ulcer formation and recurrence [Korada et al., 2023]. Clinical benefits have been measured using tools such as the Michigan Neuropathy Screening Instrument (MNSI), nerve conduction studies and plantar pressure mapping [Herman et al., 2012]. There is also emerging evidence that PBMT combined with standard foot care, glycemic control, and patient education has a preventive effect on ulcer recurrence [Lourenço et al., 2025], although larger, well-controlled trials are needed to establish optimal protocols.

Despite the encouraging results, the current evidence is limited by:

1) heterogeneity of treatment protocols; Differences in wavelengths (e.g. red: 600-700 nm vs. near-infrared: 780-904 nm), power output, energy density (fluence: J/cm²), frequency and treatment duration make direct comparisons difficult;

2) variability in laser type (e.g. Ga-As vs. diode lasers) and application technique (contact vs. non-contact; pulsed vs. continuous), which further complicates interpretation;

3) modest sample sizes. Many clinical trials to date have included relatively small numbers of participants (often fewer than 50 per group), which affects statistical power and limits the generalisability of results. This also increases the risk of type II errors in detecting clinically meaningful differences.

4) methodological variability. Variations in study design (e.g. parallel vs. crossover RCTs), outcome measures (e.g. wound area reduction, granulation tissue score, pain scales and nerve conduction studies) and patient populations (e.g. ulcer grade and comorbidities such as peripheral artery disease (PAD) or neuropathy) reduce confidence in the findings.

5) inconsistent endpoints. Few studies report long-term outcomes such as ulcer recurrence rates, infection rates, time to complete wound closure or reductions in amputations. Follow-up periods are often short (≤12 weeks), which limits the assessment of sustained clinical benefit.

Furthermore, recent umbrella reviews of PBMT for various health conditions, including diabetic foot ulcers, suggest that although beneficial effects are evident, the overall certainty of the evidence is moderate to low due to imprecision, risk of bias and heterogeneity in study protocols. Experts emphasise the need for standardised treatment parameters, larger multicentre trials and rigorous reporting of clinically relevant endpoints, in order to establish definitive guidelines for PBMT in diabetic foot care [Son et al., 2025].

Conclusions. Thus, thotobiomodulation therapy is a promising non-invasive approach that can be used alongside other treatments to manage diabetic foot complications, particularly diabetic foot ulcers (DFUs) and peripheral neuropathy. Clinical and preclinical evidence suggests that PBMT can accelerate wound healing and enhance angiogenic and cellular responses by upregulating VEGF, HIF-1α and NO signalling, as well as promoting fibroblast and keratinocyte proliferation and extracellular matrix deposition. It can also modulate inflammation by reducing pro-inflammatory cytokines and oxidative stress, while promoting reparative M2 macrophage polarisation. Furthermore, PBMT has the potential to improve functional outcomes such as walking ability and plantar pressure distribution.

However, limitations in study quality, modest sample sizes, heterogeneity of laser parameters (e.g. wavelengths, power, energy density, treatment duration and frequency) and variability in outcome measures highlight the need for larger, rigorously designed randomised controlled trials to establish the optimal PBMT protocols, long-term clinical benefits, recurrence prevention and cost-effectiveness. If these benefits are confirmed, PBMT could be incorporated into multidisciplinary diabetic foot care pathways, alongside standard wound care, glycemic control, pressure offloading and patient education, with the aim of reducing ulcer burden, minimising complications and enhancing quality of life for patients.

References

1. Aditya, C., Bukke, S. P. N., Anitha, K., Meeraraje, P., Goruntla, N., Yadesa, T. M., & Onohuean, H. (2025). A comprehensive review on diabetic foot ulcer addressing vascular insufficiency, impaired immune response, and delayed wound healing mechanisms. *Frontiers in pharmacology*, 16, 1622055. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1622055.
2. Akkus, G., & Sert, M. (2022). Diabetic foot ulcers: A devastating complication of diabetes mellitus continues non-stop in spite of new medical treatment modalities. *World journal of diabetes*, 13(12), 1106–1121. https://doi.org/10.4239/wjd.v13.i12.1106.
3. Chen, S. Z., Takahashi, T., Lai, H. J., Su, H. H., & Cheng, Y. J. (2025). Therapeutic Effects of Photobiomodulation Combined with Exercise on Patients with Peripheral Artery Disease Plus Diabetic Foot Ulcer: A Pilot and Feasibility Study. *Life (Basel, Switzerland)*, 15(9), 1391. https://doi.org/10.3390/life15091391.
4. Choi, J., Ban, M. J., Gil, C. H., Hur, S. S., Anggradita, L. D., Kim, M. K., Son, J. W., Kim, J. E., & Hwang, Y. (2025). Multispectral Pulsed Photobiomodulation Enhances Diabetic Wound Healing via Focal Adhesion-Mediated Cell Migration and Extracellular Matrix Remodeling. *International journal of molecular sciences*, 26(13), 6232. https://doi.org/10.3390/ijms26136232.
5. Dawi, J., Tumanyan, K., Tomas, K., Misakyan, Y., Gargaloyan, A., Gonzalez, E., Hammi, M., Tomas, S., & Venketaraman, V. (2025). Diabetic Foot Ulcers: Pathophysiology, Immune Dysregulation, and Emerging Therapeutic Strategies. *Biomedicines*, 13(5), 1076. https://doi.org/10.3390/biomedicines13051076.
6. Fritsch, C. G., Dornelles, M. P., Teodoro, J. L., da Silva, L. X. N., Vaz, M. A., Pinto, R. S., Cadore, E. L., & Baroni, B. M. (2019). Effects of photobiomodulation therapy associated with resistance training in elderly men: a randomized double-blinded placebo-controlled trial. *European journal of applied physiology*, 119(1), 279–289. https://doi.org/10.1007/s00421-018-4023-8.
7. Girasol, C. E., Caseiro Filho, L. C., Ferraz Moraes, J. M. A., Rinaldi, M. L., Papoti, M., & Guirro, R. R. J. (2025). Impact of Photobiomodulation Therapy Dosing Strategies on Strength, Clinical Outcomes, and Metabolic Responses: A Blinded Randomized Clinical Trial. *Journal of lasers in medical sciences*, 16, e14. https://doi.org/10.34172/jlms.2025.14.
8. Hamblin M. R. (2017). Mechanisms and applications of the anti-inflammatory effects of photobiomodulation. *AIMS biophysics*, 4(3), 337–361. https://doi.org/10.3934/biophy.2017.3.337.
9. Hamblin M. R. (2018). Mechanisms and Mitochondrial Redox Signaling in Photobiomodulation. *Photochemistry and photobiology*, 94(2), 199–212. https://doi.org/10.1111/php.12864.
10. Herman, W. H., Pop-Busui, R., Braffett, B. H., Martin, C. L., Cleary, P. A., Albers, J. W., Feldman, E. L., & DCCT/EDIC Research Group (2012). Use of the Michigan Neuropathy Screening Instrument as a measure of distal symmetrical peripheral neuropathy in Type 1 diabetes: results from the Diabetes Control and Complications Trial/Epidemiology of Diabetes Interventions and Complications.

Diabetic medicine: a journal of the British Diabetic Association, 29(7), 937–944. https://doi.org/10.1111/j.1464-5491.2012.03644.x.

11. Huang, J., Chen, J., Xiong, S., Huang, J., & Liu, Z. (2021). The effect of low-level laser therapy on diabetic foot ulcers: A meta-analysis of randomised controlled trials. *International wound journal*, 18(6), 763–776. https://doi.org/10.1111/iwj.13577.
12. Karkada, G., Maiya, G. A., Houreld, N. N., Arany, P., Rao Kg, M., Adiga, S., Kamath, S. U., & Shetty, S. (2023). Effect of photobiomodulation therapy on inflammatory cytokines in healing dynamics of diabetic wounds: a systematic review of preclinical studies. *Archives of physiology and biochemistry*, 129(3), 663–670. https://doi.org/10.1080/13813455.2020.1861025.
13. Karu, T. I., & Kolyakov, S. F. (2005). Exact action spectra for cellular responses relevant to phototherapy. *Photomedicine and laser surgery*, 23(4), 355–361. https://doi.org/10.1089/pho.2005.23.355.
14. Karu, T. I., Pyatibrat, L. V., & Kalendo, G. S. (2004). Photobiological modulation of cell attachment via cytochrome c oxidase. *Photochemical & photobiological sciences: Official journal of the European Photochemistry Association and the European Society for Photobiology*, 3(2), 211–216. https://doi.org/10.1039/b306126d.
15. Kim, J. H., Baatar, D., Ban, M. J., Son, J. W., Choi, J., Gil, C. H., Kim, M.-K., Hur, S. S., Kim, J. E., & Hwang, Y. (2025). Multispectral Pulsed Photobiomodulation Enhances Re-Epithelialization via Keratinocyte Activation in Full-Thickness Skin Wounds. *Cells*, 14(18), 1415. https://doi.org/10.3390/cells14181415.
16. Korada, H. Y., Arora, E., Maiya, G. A., Rao, S., Hande, M., Shetty, S., Gundmi, S., Anche, P., & Amravadi, S. (2023). Effectiveness of Photobiomodulation Therapy on Neuropathic Pain, Nerve Conduction and Plantar Pressure Distribution in Diabetic Peripheral Neuropathy – A Systematic Review. *Current diabetes reviews*, 19(9), e290422204244. https://doi.org/10.2174/1573399818666220429085256.
17. Leyane, T. S., Jere, S. W., & Houreld, N. N. (2021). Cellular Signalling and Photobiomodulation in Chronic Wound Repair. *International journal of molecular sciences*, 22(20), 11223. https://doi.org/10.3390/ijms222011223.
18. Li, S., Wang, C., Wang, B., Liu, L., Tang, L., Liu, D., Yang, G., & Zhang, L. (2018). Efficacy of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Diabetes research and clinical practice*, 143, 215–224. https://doi.org/10.1016/j.diabres.2018.07.014.
19. Lourenço, R., Perez, S. T., Motta, L. J., Duran, C. C. G., Padilha, A. R. S., Bussadori, S. K., Malavazzi, T. C. D. S., Horliana, A. C. R. T., Mesquita-Ferrari, R. A., & Fernandes, K. P. S. (2025). Effect of photobiomodulation as preventive treatment of diabetic foot ulcer: randomised, controlled, double-blind, clinical trial protocol. *BMJ open*, 15(1), e094594. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2024-094594.
20. Owliaee, P., Saeedi, S., Kouchaki, M., & Asadi, M. R. (2025). A comparative study of the efficacy of photobiomodulation and electrical stimulation on healing of

diabetic foot ulcer: A systematic review and meta-analysis. *Middle East Journal of Rehabilitation and Health Studies*, 12(3), e159265. https://doi.org/10.5812/mejrh-159265.

21. Son, Y., Lee, H., Yu, S., Kim, H. J., Park, J., Woo, S., Lee, H., Fond, G., Boyer, L., Rahmati, M., Smith, L., López Sánchez, G. F., Dragioti, E., Kang, J., Kim, T., & Yon, D. K. (2025). Effects of photobiomodulation on multiple health outcomes: an umbrella review of randomized clinical trials. *Systematic reviews*, 14(1), 160. https://doi.org/10.1186/s13643-025-02902-3.
22. Sutton, E., Ganie, S., Chan, C., Kaur, A., & Nussbaum, E. (2021). Photobiomodulation and diabetic foot and lower leg ulcer healing: A narrative synthesis. *Foot (Edinburgh, Scotland)*, 48, 101847. https://doi.org/10.1016/j.foot.2021.101847.
23. Tchanque-Fossuo, C. N., Ho, D., Dahle, S. E., Koo, E., Isseroff, R. R., & Jagdeo, J. (2016). Low-level Light Therapy for Treatment of Diabetic Foot Ulcer: A Review of Clinical Experiences. *Journal of drugs in dermatology: JDD*, 15(7), 843–848.
24. Tchanque-Fossuo, C. N., Ho, D., Dahle, S. E., Koo, E., Li, C. S., Isseroff, R. R., & Jagdeo, J. (2016). A systematic review of low-level light therapy for treatment of diabetic foot ulcer. *Wound repair and regeneration: official publication of the Wound Healing Society [and] the European Tissue Repair Society*, 24(2), 418–426. https://doi.org/10.1111/wrr.12399.
25. Torkaman, G., Hoseini-Sanati, M., Hedayati, M., Mofid, M., & Iranparvar Alamdari, M. (2024). Effects of Photobiomodulation Therapy on the Expression of Hypoxic Inducible Factor, Vascular Endothelial Growth Factor, and Its Specific Receptor: A Randomized Control Trial in Patients with Diabetic Foot Ulcer. *Photobiomodulation, photomedicine, and laser surgery*, 42(4), 275–284. https://doi.org/10.1089/photob.2023.0152.
26. Wang, K., Zhao, H., Zhao, X., Zhang, X., Zhang, W., Cheng, Y., & Ge, J. (2024). Photobiomodulation for diabetes and its complications: a review of general presentation, mechanisms and efficacy. *Annals of medicine*, 56(1), 2433684. https://doi.org/10.1080/07853890.2024.2433684.

From Recreational Consumption to Existential Being: A Paradigm Shift in Modern Wellness Tourism

Halyna Shchuka
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Berehove, Ukraine,
halina.shchuka@gmail.com

An analysis of the numerous consequences of the COVID-19 pandemic for the global tourism market allows for the identification of several dominant trends focused on in this study. Rapid intensification of demand for wellness tours and the acceleration of transformational processes in consumption patterns are key among them. Both phenomena are natural: the global crisis has actualized the need for humanity to reconsider its attitude toward its own homeostasis, ecosystems, and social interaction (Sheldon, 2020).

We proceed from the position that fundamental transformation is anthropocentric in nature: the personal changes of the individual become a determinant for improving the global environment (Soulard et al., 2019). In this context, travel serves as an effective tool for self-actualization. Wellness tourism possesses the highest transformational potential, as it is aimed at realizing the concept of "self-optimization" (becoming a better version of oneself) through the harmonization of physical and mental states (Smith & Konu, 2024).

However, today wellness tourism demonstrates a certain dichotomy of development. On the one hand, there is a pronounced market dynamic and quantitative growth of the segment stimulated by aggressive marketing. On the other hand, the industry is in a state of deep conceptual crisis. Traditional service models, oriented toward the passive consumption of health procedures (SPA, fitness, dietetics), provide only temporary restoration of physical strength without touching the deep structures of the personality. In the context of the transmodern turn, there is a clear demand from tourists to overcome "recreational automatism" and transition toward a search for meaning (Ateljevic, 2020). Transformative tourism is becoming not just a niche product but a new paradigm of the global tourism market.

The central contradiction lies in the gap between the service model of wellness tourism (oriented toward short-term relaxation) and the new existential demand of the consumer for deep personal transformation. Overcoming this dichotomy requires a revision of the very foundations of wellness service design. This becomes possible only with a deep understanding of how the content of the "wellness" concept has transformed over the last decade.

The concept of "wellness" emerged in the mid-20th century (thanks to the works of H. Dunn) and initially meant a state of satisfactory well-being and a harmonious combination of physical and mental health. However, in the process of evolution, the meaning of the term has significantly deepened. Currently, it is not merely the absence of disease (a passive state) or adherence to hygienic norms, but a proactive process of conscious choice aimed at achieving an optimal level of individual functioning (Smith & Konu, 2024; AlNujaidi et al., 2025).

The domains (spheres) of wellness are extremely diverse, but the main ones are:

- Physical: body care, balanced nutrition, and adequate physical activity.
- Emotional: the ability to understand one's own feelings, manage stress, and build psychological resilience.
- Intellectual: the continuous development of cognitive abilities, openness to new ideas, and creative self-realization.
- Social: building harmonious relationships with the environment and a sense of belonging to a community.
- Spiritual: the search for the meaning of life, the formation of a value system, and the achievement of inner peace (this domain is key for transformative tourism).
- Environmental: harmonious interaction with the environment and awareness of the interconnectedness between the health of the planet and the human being (Kauppi et al., 2025).

The complex impact of wellness practices covers all levels of human existence: from the biological ("body") to the metaphysical ("soul"). However, true transformation is not just a temporary improvement in well-being, but a fundamental change in worldview, value orientations, and behavioral patterns. It becomes possible only when internal shifts are integrated into daily habits and the individual's lifestyle (Davies et al., 2025).

Travel creates a unique precedent for personal reformatting due to the effect of liminality (from Latin *limen* — threshold). This is a special "threshold" state in which a person temporarily steps outside their usual social role, household duties, and cultural contexts. In the liminal space, old identity structures dissolve, creating plasticity for the acceptance of new meanings (Davies et al., 2025). Travel becomes a "safe laboratory" where the tourist can experiment with a new version of themselves.

However, the readiness of the person for change is not enough. The modern approach emphasizes "co-transformation" (Zhao & Agyeiwaah, 2023). Transformative experience requires a professionally designed environment and a qualified facilitator (guide) (Pung & Chiappa, 2020). A facilitator in wellness tourism is a specialist who does not simply provide a service but directs the tourist's reflection, helps interpret the experience gained, and ecologically overcomes internal resistance to change.

Without proper guidance, transformation can take on a destructive character. For example, it may cause an existential crisis, disorientation, or short-lived euphoria that quickly turns into disappointment after returning home (Teoh et al., 2023).

Consequently, the transition from recreational consumption to existential being requires a fundamental change in the KPIs (Key Performance Indicators) of the tourism industry: the success of a wellness product should be measured not by the number of procedures performed or the length of stay, but by the depth and stability of the client's worldview shifts. Social impact transformation becomes the final stage of the journey, where the transformed personality acts no longer as a consumer of resources but as an agent of change. Preparing facilitator-specialists capable of designing liminal experiences and ensuring the ecological integration of the changes gained into everyday life is a strategic priority for the sustainable development of the modern tourism market. Only under such conditions wellness tourism is able to fulfill its highest humanitarian mission - improving the world through the conscious transformation of an individual.

References

AlNujaidi, H. Y., Al-Rayes, S. A., & Alumran, A. (2025). The evolution of wellness models: Implications for women's health and well-being. International Journal of Women's Health, 17, 597–613. https://doi.org/10.2147/IJWH.S498027

Ateljevic, I. (2020). Transforming the (tourism) world for good and (re)generating the potential 'new normal'. Tourism Geographies, 22(3), 467–475. https://doi.org/10.1080/14616688.2020.1759134

Davies, R., Font, X., Jones, C. R., & Hehir, C. (2025). Changed by nature: conceptualising a model of transformational travel through the lens of identity change. Current Issues in Tourism, 1–17. https://doi.org/10.1080/13683500.2025.2572496

Kauppi, K. J., Roos, E. T., Borg, P. T., Cantell, K. S., & Torkki, P. M. (2025). What is wellness? Investigating the importance of different domains of wellness among laypeople and experts: A survey study. Scandinavian Journal of Public Health, 53(1), 23–31. https://doi.org/10.1177/14034948231217360

Pung, J., & Del Chiappa, G. (2020). An exploratory and qualitative study on the meaning of transformative tourism and its facilitators and inhibitors. European Journal of Tourism Research, 24, 2404. https://doi.org/10.54055/ejtr.v24i.406

Sheldon, P. J. (2020). Designing tourism experiences for inner transformation. Annals of Tourism Research, 83, Article 102935. https://doi.org/10.1016/j.annals.2020.102935

Smith, M. K., & Konu, H. (2024). Progress in tourism and wellbeing research. In H. Konu & M. K. Smith (Eds.), A Research Agenda for Tourism and Wellbeing (pp. 1–18). Edward Elgar Publishing. https://doi.org/10.4337/9781803924342.00007

Soulard, J., McGehee, N. G., & Stern, M. J. (2019). Transformative tourism organizations and glocalization. Annals of Tourism Research, 76, 91–104. https://doi.org/10.1016/j.annals.2019.03.007

Teoh, M. W., Kwek, A., & Wang, Y. (2023). An analytical autoethnographic study of culture's role in transformative tourism experiences. Tourism Management Perspectives, 46, 101097. https://doi.org/10.1016/j.tmp.2023.101097

Zhao, Y., & Agyeiwaah, E. (2023). Understanding tourists' transformative experience: A systematic literature review. Journal of Hospitality and Tourism Management, 54, 188–199. https://doi.org/10.1016/j.jhtm.2022.12.01

The Use of ChatGPT in Mathematics Teaching

Stoika Myroslav
Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University,
Beregszász, Ukraine
sztojka.miroszlav@kmf.org.ua

Recent studies indicate that artificial intelligence (AI)–based mathematics instruction at the basic level can adapt to learners' needs and support personality development within existing educational environments [1]. The integration of ICT and specialized software for visualization, modeling, and animation enhances students' imagination and problem-solving skills [2]. Since its inception, AI research has aimed to understand the nature of intelligence and create systems capable of demonstrating cognitive abilities such as reasoning, perception, and communication [3]. AI is commonly defined as the ability of computer systems to simulate human cognitive functions, including learning and problem-solving [4].

In education, AI has been associated with curriculum design, lesson planning, assessment, and school management [5]. Other researchers emphasize its role in personalized learning, early identification of students' needs, adaptive instruction, and automated assessment [6]. Large language models (LLMs), such as ChatGPT, are increasingly discussed as educational assistants capable of generating tasks, providing explanations, and supporting dialogue-based learning [7].

ChatGPT, developed by OpenAI in 2022, is optimized for conversational interaction and text generation through deep learning techniques. Previous research has explored its application in English language teaching, demonstrating its compatibility with communicative and task-based approaches, while also highlighting potential risks related to reduced critical thinking [8]. Studies on learning motivation show positive effects on reading and writing skills but limited influence on speaking and listening [9].

In science education, findings are mixed. In physics, ChatGPT has been shown to support critical thinking through guided analysis and comparison activities [10]. In mathematics, teachers report benefits such as immediate feedback and opportunities for individualization, alongside concerns about possible inaccuracies and superficial understanding [11]. Empirical testing has revealed that ChatGPT may produce logically consistent but conceptually incorrect solutions, particularly in geometry tasks [12, 13].

Considering these findings, this study investigates the potential of ChatGPT for Ukrainian-speaking mathematics teachers. The research aims to determine whether ChatGPT can effectively assist in lesson preparation, generate high-quality mathematical tasks, and support individualized learning.

The study combined:

Theoretical analysis of contemporary literature on AI in education.

Empirical experimentation, involving the generation of mathematical tasks in five thematic areas: direct proportion, combinatorics (permutations), algebra (special product formulas), first-degree equations, and the Pythagorean theorem.

Comparative analysis between AI-generated tasks and traditionally prepared materials.

The free version of ChatGPT-5.0 was used. Tasks were evaluated according to clarity, methodological appropriateness, alignment with the school curriculum, diversity, and potential for developing mathematical thinking.

The findings demonstrate that ChatGPT can successfully generate structured and contextually diverse mathematical problems across various topics. The generated tasks:

reflect real-life situations, enhancing students' engagement;
gradually increase in complexity;
promote logical, combinatorial, algebraic, and geometric reasoning;
allow for differentiation and individualization through prompt modification.

However, several limitations were identified:

the quality of output depends strongly on the clarity of prompts;
occasional computational or conceptual inaccuracies occur;
tasks often follow standard patterns and may lack originality.

Despite these limitations, ChatGPT significantly reduces teachers' preparation time and can serve as a supportive pedagogical assistant.

The study confirms the considerable potential of AI, particularly ChatGPT, in mathematics education. It enables partial automation of routine preparatory tasks, supports individualized learning trajectories, and provides instant feedback. However, AI should be regarded as a complementary tool rather than a substitute for the teacher. Effective implementation requires pedagogical oversight, critical evaluation, and thoughtful integration into instructional practice.

Future research should examine the long-term impact of ChatGPT on student achievement and motivation, develop criteria for evaluating AI-generated tasks, and explore integration with learning management systems.

Overall, AI represents a promising instrument for enhancing mathematics teaching efficiency and supporting innovative educational practices.

References

Wu, R. (2021). Visualization of basic mathematics teaching based on artificial intelligence. Journal of Physics: Conference Series, 1992(1), 042042.

Voskoglou, M. G., & Salem, A.-B. M. (2020). Benefits and limitations of artificial intelligence with respect to traditional learning of mathematics. Mathematics, 8(4), 611.

Chesani, F., Mello, P., & Milano, M. (2017). Solving mathematical puzzles: A challenging competition for AI. Association for the Advancement of Artificial Intelligence, 38(3), 83–96.

Copeland, B. J. Artificial Intelligence. Available at: https://tinyurl.com/yey3d9ny

Bosede, I. E., & Cheok, A. D. (2018). Why Not Robot Teachers: Artificial Intelligence for Addressing Teacher Shortage. Applied Artificial Intelligence, 32(4), 345–360.

Zhai, X. (2023). ChatGPT User Experience: Implications for Education. SSRN. https://doi.org/10.2139/ssrn.4312418

Kasneci, E., et al. (2023). ChatGPT for good? On opportunities and challenges of large language models for education (preprint). https://doi.org/10.35542/osf.io/5er8f

Hatmanto, E. D., & Sari, M. I. (2023). Aligning Theory and Practice: Leveraging ChatGPT for Effective English Language Teaching and Learning. E3S Web of Conferences, 440, 05001.

Ali, J. K. M., et al. (2023). Impact of ChatGPT on Learning Motivation: Teachers and Students' Voices. Journal of English Studies in Arabia Felix, 2(1), 41–49.

Bitzenbauer, P. (2023). ChatGPT in physics education: A pilot study on easy-to-implement activities. Contemporary Educational Technology, 15(3), ep430.

Wardat, Y., et al. (2023). ChatGPT: A revolutionary tool for teaching and learning mathematics. Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education, 19(7), em2286.

von Hippel, P. T. (2023). ChatGPT Is Not Ready to Teach Geometry (Yet). Available at: https://tinyurl.com/5n87kscr

Мар'єнко, М. В. (2024). Добір сервісів штучного інтелекту для використання у навчанні природничо-математичних предметів у закладах загальної середньої освіти. Наукові записки. Серія: Педагогічні науки, 214, 256–261.

Comparative legal frameworks governing blood donation and transfusion services in Ukraine and Poland

Yuliia Stupak[1], Małgorzata Gradziuk[2,3], Oleksandr Lukash[1], Natalia Kurhaluk[3], Halina Tkaczenko[3]

[1]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
[2]Regional Centre for Blood Donation and Blood Treatment named after John Paul II in Słupsk, Słupsk, Poland
[3]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: yuli.reb100@gmail.com, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Introduction. The development of voluntary, unpaid blood donation is a key public health objective. The World Health Organization (WHO) recognises voluntary, unpaid blood donation as the safest and most sustainable model for ensuring an adequate blood supply and minimising transfusion-transmitted infections [Gasparovic Babic et al., 2024]. A comprehensive legal framework is required to ensure safe and sufficient blood supplies, regulating donor eligibility, collection procedures, testing, processing, storage, distribution and post-transfusion surveillance. Such a framework is essential in order to guarantee the safety of donors and recipients, ensure the traceability of blood components, guarantee quality assurance and ensure compliance with bioethical standards [Sibinga, 2017].

Both Ukraine and Poland have established extensive regulatory systems governing blood donation and transfusion services. In Poland, the legal framework is primarily based on the Act of 22 August 1997 on the Public Blood Service and subsequent implementing regulations, which align with European Union blood legislation, including Directive 2002/98/EC and related technical directives. However, their legal architectures differ due to institutional design, historical development and international integration, particularly Poland's membership of the European Union. Ukraine's system, which has undergone significant reform in recent years (notably with the 2020 Law of Ukraine 'On the Safety and Quality of Donated Blood and Blood Components'), is progressively harmonising its standards with EU requirements as part of its broader European integration process. This paper aims to provide a systematic comparison of the two countries' legal frameworks, focusing on statutory foundations, regulatory oversight, quality systems, donor rights and international alignment.

Legal framework of blood donation in Ukraine. The cornerstone of Ukrainian blood donation law is the Law of Ukraine "*On Donation of Blood and Its Components*", which was adopted on 23 June 1995 (No. 239/95-BP). This Act was substantially updated by the 2020 Law of Ukraine "*On the Safety and Quality of Donated Blood and Blood Components*", which introduced a regulatory model modernised to align with European Union standards, and which strengthened state supervision, traceability and hemovigilance requirements. The Act regulates the following areas: the fundamental principles of blood donation; the rights and obligations of donors; the responsibilities of healthcare institutions; the financing of national and local programmes; quality and safety control mechanisms; the establishment of donor registries; and the exchange and

export of blood and blood components. The legislation establishes the principle of voluntary, unpaid blood donation as the foundation of the national blood system, and defines state guarantees for donor protection. These include medical examinations, insurance coverage in the event of donation-related complications, and social benefits.

The Ministry of Health of Ukraine is the central regulatory authority for transfusion medicine. Its responsibilities include establishing procedures for blood collection, determining maximum permissible donation volumes, defining medical examination standards, setting safety and quality indicators, supervising laboratory control and maintaining the National Donor Registry. The Ministry is also responsible for licensing blood establishments, approving clinical and technical standards, implementing hemovigilance procedures and ensuring compliance with international blood safety obligations. While this centralised governance model ensures uniformity, it also concentrates regulatory power within ministerial structures.

The Ukrainian system is characterised by extensive ministerial orders that regulate the following: the infectious safety of donor blood; screening for transfusion-transmissible infections; the quarantine storage of plasma; quality systems based on GMP and GLP; validation procedures; internal and external audits; donor eligibility criteria; and laboratory documentation standards. Technical regulations are becoming more aligned with EU Directive 2002/98/EC and associated implementation directives regarding quality systems, traceability (from donor to recipient and vice versa), notification of serious adverse reactions and events, and accreditation of blood establishments. Particular emphasis is placed on preventing the transmission of HIV, HBV, HCV and other haematologically transmissible infections through mandatory screening and strict quality control prior to clinical release. All donations are subject to laboratory testing using serological and nucleic acid amplification techniques (NAT), and blood components may only be released for clinical use after it has been confirmed that they comply with safety criteria and that the required documentation procedures have been completed.

Legal framework of blood donation in Poland. In Poland, the foundational legal act is the Public Blood Service Act of 22 August 1997 (consolidated text: Journal of Laws 2024, item 1782). The Act has undergone several amendments to align with EU requirements and modern quality standards. These include provisions for donor protection, hemovigilance, traceability of blood components and adherence to Good Manufacturing Practice (GMP) principles within blood establishments. The Act defines the organisation of the public blood service, the tasks of blood transfusion centres, donor rights and obligations, state supervision mechanisms and financing principles. It also establishes the principle of voluntary and unpaid donation as the cornerstone of the Polish blood system, thereby guaranteeing donor safety, confidentiality and access to medical care in the event of adverse effects resulting from donation.

Poland has developed a specialised, multi-level institutional system including: The National Blood Centre; regional blood transfusion centres; the Military Blood Donation and Transfusion Centre; and the National Council for Blood Donation and Transfusion Medicine (an advisory body). Collectively, these institutions implement quality management systems, accreditation procedures, laboratory control, donor

registries and haemovigilance programmes. This multi-level structure enables decentralised operational management while ensuring centralised oversight and compliance with national and EU standards.

As an EU Member State, Poland implements binding European legislation, including Regulation (EU) 2024/1938. Regulation (EU) 2024/1938; Directive 2002/98/EC; Commission Directives 2005/62/EC and 2005/61/EC; and Commission Directive 2004/33/EC. These acts establish EU-wide safety and quality standards. EU-wide safety and quality standards; traceability requirements; and reporting obligations for serious adverse events. They also establish quality management systems in blood establishments. Poland's legal framework incorporates these directives into national legislation, ensuring that blood establishments adhere to EU-mandated procedures regarding donor eligibility, infectious disease screening, laboratory test validation, quarantine, storage and distribution of blood components. Hemovigilance systems monitor and report adverse reactions and events, aligning Polish practice with international safety standards.

Thus, Poland operates within a supranational regulatory framework that guarantees legal and technical harmonisation across EU Member States, while preserving the administrative structures and operational autonomy of regional blood services at a national level.

Comparative analysis. Although both Ukraine and Poland have comprehensive blood donation regulations, their systems differ in terms of institutional architecture, degree of supranational integration and donor benefit schemes (Table 1). While both countries prioritise voluntary and unpaid blood donation, Poland's system benefits from closer alignment with European Union standards, a structured accreditation process, and a more extensive hemovigilance system. Ukraine, meanwhile, is in the process of aligning its national regulations with EU norms.

Table 1. Comparative overview of blood donation law in Ukraine and Poland

Dimension	Ukraine	Poland
Primary legislation	Law of Ukraine "*On Donation of Blood and Its Components*" (1995), updated by the 2020 Law on Safety and Quality of Donated Blood and Blood Components	Act on the Public Blood Service (1997), amended to incorporate EU directives and GMP compliance
Regulatory authority	Ministry of Health (centralized)	Ministry of Health + National Blood Centre, with multi-level oversight including regional centers and advisory council
Donor registry	National Donor Registry	Integrated traceability system compliant with EU law, ensuring full traceability from donor to recipient and vice versa

Quality system	National regulations; GMP/GLP-based	EU harmonized quality management system, including accreditation, validation procedures, internal/external audits, and compliance with ISO standards where applicable
Hemovigilance	National framework, recently strengthened under 2020 reforms	EU-compliant reporting system, covering serious adverse reactions and events, with systematic data collection and analysis
Donor privileges	Regulated but limited, mainly medical examination and basic protections	Extensive (leave from work, regenerative meal, tax deductions, honorary titles), reflecting both social and occupational benefits to incentivize donation
International integration	National legal framework, gradually aligning with EU standards	Full EU harmonization, including compliance with directives on quality, safety, traceability, and cross-border exchange of blood components

Ukraine and Poland have several key structural features in common in their blood donation systems. They are both statutory foundations supported by detailed executive acts, including ministerial orders and technical regulations that operationalise primary legislation. They both conduct mandatory infectious screening for HIV, HBV, HCV, syphilis and other transfusion-transmissible infections using serological and nucleic acid amplification techniques (NAT). They also have defined quality control procedures, including GMP- and GLP-based systems, validation of laboratory methods, and internal and external audits. Supervision at a national level by the Ministry of Health ensures compliance with safety, quality and ethical standards. They also protect donor confidentiality by securely handling personal and medical data and have legal provisions that safeguard donor privacy and consent. The national transfusion system is committed to the core principle of voluntary and unpaid blood donation, in line with WHO recommendations.

Despite these similarities, there are notable structural differences between the two systems. Poland is fully bound by EU regulations and directives, ensuring legal and technical harmonisation, traceability and cross-border exchange standards. Ukraine primarily operates under national law, with ongoing reforms (notably the 2020 Law on the Safety and Quality of Donated Blood and Blood Components) aimed at gradually aligning with EU norms.

Ukraine demonstrates stronger centralisation, with most regulatory and operational authority concentrated in the Ministry of Health. In contrast, Poland features coordinated decentralisation, with the National Blood Centre, regional transfusion centres and advisory bodies implementing multi-level oversight and operational autonomy.

Poland provides a wider range of statutory privileges and social recognition, including paid leave for donating blood, nutritious meals, tax deductions and honorary titles. Ukraine's donor incentives are more limited, primarily covering medical examinations and basic protections.

Poland follows standardised EU-wide traceability and adverse event reporting mechanisms, ensuring full traceability from donor to recipient, systematic collection of haemovigilance data, and compliance with international safety standards. Ukraine has a developing hemovigilance system which has been strengthened by recent reforms, but full alignment with EU traceability and reporting standards is still ongoing.

These differences reflect Poland's integration into the EU regulatory framework, with a focus on decentralisation and incentives, whereas Ukraine is modernising its centralised framework to meet international safety and quality benchmarks.

Thus, Ukraine and Poland have the same fundamental goal of ensuring that blood donations are safe, sufficient and voluntary. However, Poland's integration into the EU framework has resulted in a more standardised and harmonised system that is aligned with international regulations, whereas Ukraine is still modernising its regulatory, quality and hemovigilance systems to meet European standards. The comparison reveals disparities in donor incentives, institutional complexity, and the degree of legal alignment with supranational regulations.

Conclusions. The Ukrainian legal framework provides comprehensive regulation and robust ministerial oversight to ensure clear procedural standards, donor protection and infection control. Mandatory screening for HIV, HBV, HCV and other transfusion-transmissible infections, combined with GMP- and GLP-based quality systems, ensures a high level of clinical safety. However, the highly centralised structure may limit institutional flexibility, responsiveness and regional operational autonomy.

Poland's system benefits from EU harmonisation, enhancing cross-border compatibility, traceability and quality assurance mechanisms. The implementation of EU Regulation 2024/1938 and related directives introduces a unified approach to substances of human origin, standardising donor eligibility, haemovigilance reporting and quality management, while strengthening safety, interoperability and compliance with international norms.

From a comparative perspective, Ukraine's system reflects a sovereign regulatory model that emphasises administrative control and centralised decision-making, with gradual alignment to international standards. In contrast, Poland's framework represents a multilevel governance model that integrates national and supranational norms. This model combines decentralised operational management with EU-mandated harmonisation, multi-level oversight and extensive donor incentive schemes.

Acknowledgements. The authors wish to sincerely thank CRASP and Elsevier for providing scholarships that enhance the research capacity of Ukrainian Ph.D. students and academics. This support was crucial in enabling us to conduct the present study at the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk. We are very grateful for the opportunity to conduct our research in such a stimulating scientific environment, and for the institutional support that contributed greatly to the successful completion of this work.

References

1. Gasparovic Babic, S., Krsek, A., & Baticic, L. (2024). Voluntary Blood Donation in Modern Healthcare: Trends, Challenges, and Opportunities. *Epidemiologia (Basel, Switzerland)*, 5(4), 770–784. https://doi.org/10.3390/epidemiologia5040052.
2. Sibinga, C. T. (2017). Existing and recommended legislative framework for a national blood transfusion policy. *Global Journal of Transfusion Medicine*, 2(2), 89–96. https://doi.org/10.4103/GJTM.GJTM_35_17.
3. Law of Ukraine "On Donation of Blood and Its Components" No. 239/95-BP of 23 June 1995. Updated and supplemented by the Law of Ukraine "On the Safety and Quality of Donated Blood and Blood Components" (2020) to align with international standards and strengthen hemovigilance and traceability.
4. Act of 22 August 1997 on the Public Blood Service (consolidated text: Journal of Laws 2024, item 1782). Amended to incorporate European Union directives on blood safety, quality management, and donor protection.
5. Regulation (EU) 2024/1938 of the European Parliament and of the Council of 13 June 2024 on standards of quality and safety for substances of human origin intended for human application. Establishes unified EU-wide requirements for traceability, safety, and quality of blood and other human-derived substances.
6. Directive 2002/98/EC of the European Parliament and of the Council of 27 January 2003. Lays down standards of quality and safety for the collection, testing, processing, storage, and distribution of human blood and blood components.
7. Commission Directive 2005/62/EC of 30 September 2005. Specifies quality system requirements for blood establishments and detailed implementation measures under Directive 2002/98/EC.
8. Commission Directive 2005/61/EC of 30 September 2005. Establishes criteria for the selection of donors of blood and blood components to ensure safety of transfusion.
9. Commission Directive 2004/33/EC of 22 March 2004. Lays down technical requirements for blood and blood components, including donor eligibility, testing, and storage conditions.

A kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia* (L.) Rich.) populációökológiai vizsgálata nagydobronyi erdőfoltban

Szernyi István, Fülöp Máté, Gál Petra, Kohut Erzsébet
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Biológia és Kémia Tanszék
szernyi.istvan.b21bi@kmf.org.ua, *fulop.mate@kmf.org.ua*,
gal.petra.auguszta@kmf.org.ua, *kohut.erzsebet@kmf.org.ua*,

Bevezetés és a kutatás célja

A kutatás Kárpátalján, Nagydobrony község határában elterülő három erdőfolt egyikében zajlott. Ezek a területek kommunális tulajdonában vannak, és bár közel helyezkednek el a Nagydobronyi Vadvédelmi Rezervátumhoz, jelenleg nem állnak védettség alatt. Mivel a területen korábban sem botanikai, sem zoológiai feltárás nem történt, vizsgálatunk elsődleges célja az erdőfolt florisztikai adatainak gyűjtése, valamint az Ukrajnában védett kétlevelű sarkvirág (*Platanthera bifolia*) populációdinamikai felmérése volt. A kutatás eredményei alapul szolgálhatnak a terület későbbi védetté nyilvánításához.

A vizsgált faj taxonómiai és ökológiai jellemzése

A *Platanthera bifolia* eurázsiai elterjedésű, geophyta életformájú, ikergumós évelő növény, amely jellemzően 20–60 cm (ritkábban 75 cm) magasságot ér el. Szára karcsú, 2-3 tojásdad tőlevéllel és 4-5 kisebb szárlevéllel rendelkezik. Illatos, fehér vagy zöldesfehér virágai június-júliusban nyílnak, toktermése augusztus-szeptemberre érik be. (Дідух, 2009), (Molnár, 2011).

Kárpátalján a hegyvidéktől az alföldi régiókig elterjedt; megtalálható ritkás bükkösökben, gyertyános tölgyesekben, ligeterdőkben és mocsárréteken is. A talaj kémhatására nézve tág tűrésű (pH 4,6–8,0). Ukrajnában a Vörös Könyvben szereplő, védett faj, védettségi státusza: „be nem sorolt” (*неоцінений*). (Дідух, 2009) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#Text). Taxonómiai szempontból fontos megjegyezni, hogy a modern integratív kutatások a korábban hibridnek vélt változatokat ma már önálló fajként azonosítják. (Durka et al., 2017).

Anyag és módszer

A vizsgált erdőfolt kiterjedése 19 202,04 m². A kutatás 2024 és 2025 között zajlott, amely során egyedszám-számlálást és koreloszlás-vizsgálatot végeztünk. A populáció sűrűségének megállapításához 15 darab, véletlenszerűen kijelölt 1x1 méteres állandó kvadrátot alkalmaztunk, melyek helyzetét GPS-koordinátákkal rögzítettük. A koreloszlás-vizsgálat során négy korcsoportot különítettünk el: juvenilis (j), immatur (im), virginalis (v) és generatív (g). (Парнікоза et al., 2008)

Eredmények és értékelés

Denzitás és térbeli eloszlás. A 2024-es mintavétel során a 15 kvadrátból 9-ben találtunk egyedeket. A faj eloszlása a területen aggregált (csoportos), a becsült denzitás 1,5 egyed/m². Az egyedszám és a korcsoportok eloszlása jelentős varianciát mutatott: csupán három kvadrátban volt jelen egyszerre három különböző korcsoport.

Koreloszlás és populációszerkezet

A kvadrátokban talált egyedek korösszetétele a 2024-es mérések alapján:

- Juvenilis: (14%)
- Immature: (18%)
- Virginalis : (23%)
- Generatív: (45%).

Rabotanov (1964) korcsoport kategóriái alapján a populáció közel normál, kiegyenlített állapotúnak tekinthető, mivel a vegetatív (55%) és generatív (45%) egyedek aránya stabil reprodukciós bázist jelez.

Abszolút egyedszám és reprodukciós potenciál. A 2025-ös tavaszi vegetációs időszakban végzett teljes területbejárás során 1325 egyedet számláltunk össze. Megfigyelhető volt, hogy a legnagyobb egyedsűrűségű csoportosulások az idős vagy kivágott tölgyfák környezetében alakultak ki. A faj jelentős reprodukciós képességét támasztja alá a magszámlálás eredménye: egy vizsgált egyed 21 toktermésében összesen 6745 darab magot találtunk.

Következtetések

A kutatás igazolta, hogy a nagydobronyi erdőfolt jelentős természeti értékkel bír, és életképes *Platanthera bifolia* állománynak ad otthont. Az adatok alátámasztják a terület védetté nyilvánításának szükségességét. Emellett fontos feladat a helyi lakosság figyelmének felhívása e ritka orchideafaj megőrzésére.

Felhasznált irodalom

- ДІДУХ, Я. П. (szerk.) (2009): *Червона Книга України: Рослинний* – Глобалконсалтинг, Київ, 900.
- DURKA, , BAUM, A., MICHALSKI, SG& H. BAUM (2017): Darwin's legacy in *Platanthera*:are there than two more species in the *Platanthera bifolia/clorantha group ?* – Plant Systematics and Evolution 303: 419-431
- MOLNÁR, V. A. (2011): *Magyarország orchideáinak atlasza*. – Kossuth Kiadó, Budapest.
- ПАРНІКОЗА, І. Ю., ШЕВЧЕНКО, М. С., ІНОЗЕМЦЕВА, Д. М., ВАСИЛЮК, О. В., & ШЕВЧЕНКО, О. С. (2008): *Раритетна флора (Охорона, вивчення, реінтродукція) частина друга*. – Київ, 86.
- РАБОТАНОВ, Т. А. (1964): *Динаміка рослинних популяцій та віковий розподіл*. – Ботанічний журнал, 49(1), 1–10.
- Наказ Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ), та видів рослин та грибів, що виключені з Червоної книги України (рослинний світ) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0370-21#n17

A meteorológiai tényezők hatása a városi lepkefaunára: egy fénycsapdás vizsgálat eredményei

Sztankovics Anna-Mária, Kolozsvári István
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem
sztankovics.anna-maria.b19bi@kmf.org.ua, kolozsvari.istvan@kmf.org.ua

Bevezetés. A kutatásunk során Munkács városban (Kárpátalja, Ukrajna) végeztünk fénycsapdás lepkegyűjtéseket. A helyi lepkefauna diverzitásának vizsgálata mellett kiemelt figyelmet fordítottunk egy kis teljesítményű háztartási izzóval működtetett fénycsapda hatékonyságának felmérésére városi környezetben. Érdeklődésünk kiterjedt arra is, hogy az olyan kulcsfontosságú meteorológiai tényezők, mint a napi középhőmérséklet, napi minimum- és maximumhőmérséklet, relatív páratartalom és napi csapadék miként befolyásolják a begyűjtött példányok számát. Korábbi kutatások már rámutattak, hogy a táplálékkínálat és az antropogén zavarások mellett az időjárási viszonyok alapvetően meghatározzák számos rovarfaj repülési aktivitását és ezáltal a fénycsapdás gyűjtések eredményességét (Jonason et al., 2014; Steinbauer et al., 2011). Továbbá, sok rovarfaj számára az éjszakai megvilágítás spektrális összetétele biológiailag nagyobb jelentőséggel bírhat, mint maga a fényintenzitás (Longcore & Rich, 2004), ami kiemeli a fényszennyezés csökkentésének fontosságát mind az urbánus, mind a természetvédelmi területeken. Munkács ideális kutatási helyszín, mivel a Kárpátaljai-alföld és a hegyvidék határzónájában fekszik. A várost átszeli a Latorca folyó és a lakott területeket kiterjedt erdők, mezőgazdasági övezetek, valamint parkosított élőhelyek övezik. Bár a régió lepkefaunáját korábban többen is tanulmányozták (Geryak, 2010, 2012, 2021; Kanarskyi et al., 2011; Lyashenko, 2009; Matsiakh & Kramarets, 2020; Popov, 2004; Szanyi et al., 2015, 2018; Vass et al., 2023), magára a városra vonatkozó friss lepidopterológiai adatok eddig hiányoztak. A városi lepkefauna vizsgálata napjainkban egyre hangsúlyosabbá válik, mivel az éghajlatváltozás, az urbanizáció és a mesterséges fényforrások jelentős hatást gyakorolnak a lepkepopulációk dinamikájára (Vass et al. 2023). A fénycsapdák rovarfogási hatékonysága szorosan összefügg a meteorológiai viszonyokkal. A helyi városi mikroklíma ezeket a hatásokat tovább fokozhatja. A megbízható ökológiai következtetések levonása érdekében elengedhetetlen a meteorológiai körülmények komplex hatásainak figyelembevétele (Yela & Holyoak, 1997).

Anyag és módszer. Munkács Kárpátalja középső részén helyezkedik el, területe 27,9 km². A gyűjtési pont (koordináták: 48.451493, 22.727805) a Latorca folyó és a 10,9 hektáros Központi Park közelében található. A park növényzetét olyan fás szárú fajok alkotják, mint a japáncseresznye (*Prunus serrulata*), a magnólia (*Magnolia*), az alma (*Malus*), a tulipánfa (*Liriodendron tulipifera*), a nyír (*Betula*), a szivarfa (*Catalpa*) és különböző tölgyfajok (*Quercus*). A régió éghajlata a Köppen–Geiger osztályozás alapján (Kottek et al., 2006) meleg nyarú nedves kontinentális klímaként (Dfb) jellemezhető. Az éves középhőmérséklet 10,1 °C, ahol a leghidegebb hónap a január (-2,4 °C), a legmelegebb pedig a július (20,4 °C). Az évi átlagos csapadékmennyiség 710 mm, amely viszonylag egyenletesen oszlik el. A gyűjtéshez egy Jermy-típusú fénycsapdát használtunk a város északkeleti, főként lakóházakkal és kertekkel tarkított részén. A csapda 2 méteres magasságban helyezkedett el, fényforrásként pedig egy 100

W-os hagyományos izzó szolgált. Az üzemeltetés este 20:00 és reggel 05:00 óra között (CET) történt, 2024. áprilistól augusztusig, összesen 67 éjszakán át.

A statisztikai elemzéseket Microsoft Excel 2019 és a PAST 4.50 szoftver (Hammer et al., 2001) segítségével végeztük. A meteorológiai adatokat a II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Főiskola József Szikura Botanikus Kertjében (Nagybereg) található meteorológiai állomás méréseiből (MS-IIRFKMF) nyertük. A környezeti változók és a lepkefajok egyedszámának változása közötti kapcsolatokat redundanciaelemzéssel (RDA) (Legendre & Legendre, 1998), kanonikus korrespondenciaelemzéssel (CCA), egyutas varianciaanalízissel (ANOVA) és lineáris korrelációs tesztekkel elemeztük, míg az időbeli hatásokat keresztkorrelációs elemzéssel vizsgáltuk.

Eredmények és értékelésük. A fénycsapdás mintavétel során összesen 336 egyedet gyűjtöttünk be, amelyek 51 lepkefajt képviseltek. A regisztrált fajok listája a következő: *Acrocercops brongniardella*, *Achroia grisella*, *Agrotis exclamationis*, *Agriphila inquinatella*, *Anania verbascalis*, *Anticlea derivata*, *Apotomis lacunana*, *Argyresthia spinosella*, *Catoptria falsella*, *Celypha striana*, *Clepsis rurinana*, *Cydia pomonella*, *Ephestia kuehniella*, *Epermenia iniquella*, *Hedya ochroleucana*, *Hypsopygia costalis*, *Idaea dimidiata*, *Idaea politaria*, *Idaea seriata*, *Macdunnoughia confusa*, *Macrochilo cribrumalis*, *Mesoligia furuncula*, *Monopis obviella*, *Nomophila noctuella*, *Notocelia cynosbatella*, *Ochropleura plecta*, *Oligia latruncula*, *Oncocera semirubella*, *Orthotaenia undulana*, *Ostrinia nubilalis*, *Ostrinia scapulalis*, *Pandemis heparana*, *Parectopa robiniella*, *Patania ruralis*, *Pelosia muscerda*, *Peribatodes rhomboidaria*, *Phalonidia contractana*, *Phragmatobia fuliginosa*, *Platyedra subcinerea*, *Plutella xylostella*, *Pyrausta despicata*, *Pyrausta purpuralis*, *Rivula sericealis*, *Spilosoma lubricipeda*, *Syndemis musculana*, *Thisanotia chrysonuchella*, *Timandra comae*, *Tineola bisselliella*, *Yponomeuta irrorella*, *Yponomeuta plumbella* és *Yponomeuta sedella*. A legmagasabb előfordulási gyakoriságot a *Celypha striana*, a *Plutella xylostella*, az *Epermenia iniquella*, az *Apotomis lacunana*, az *Ostrinia nubilalis*, a *Cydia pomonella* és az *Orthotaenia undulana* fajok esetében jegyeztük fel. A redundanciaelemzés (RDA) alapján a vizsgált meteorológiai változók szignifikánsan, bár viszonylag kis mértékben magyarázták a lepkefauna napi variabilitását ($R^2 = 0,1453$; $F = 2,04$; $p = 0,002$). Bizonyos fajok (*Apotomis lacunana*, *Celypha striana*, *Ostrinia scapulalis*, *Plutella xylostella*, *Yponomeuta sedella*) markánsabban elkülönültek az ordinációs térben, ami azt jelzi, hogy előfordulásuk érzékenyebb a meteorológiai ingadozásokra. Az alacsony magyarázó erő utal arra is, hogy az időjáráson kívül egyéb ökológiai és biotikus faktorok is közrejátszanak a közösség struktúrájában. A kanonikus korrespondenciaelemzés (CCA) szintén szoros kapcsolatot tárt fel. Az első tengely (sajátérték = 0,322; $p = 0,042$) a nedves-hűvös és a száraz-meleg körülmények közötti gradienst mutatta be (pl. a *Pelosia muscerda* a melegebb időszakokhoz kötődött, míg a *Spilosoma lubricipeda* a hűvösebbekhez). A második tengely (sajátérték = 0,308; $p = 0,001$) a meleg-párás és a hűvös-száraz állapotok szerinti fajeloszlást jelenítette meg. A harmadik tengely gyengébb, komplexebb mintázatot jelzett. A varianciaanalízis (ANOVA) megerősítette, hogy az időjárási paraméterek kiemelkedő szerepet játszanak. A napi egyedszámok varianciájának több mint 95%-át az időjárás magyarázta ($\omega^2 = 0,954$, $p < 0,001$). A korrelációs elemzés szerint a napi középhőmérséklet ($r = 0,466$, $p < 0,01$), a maximumhőmérséklet ($r = 0,455$) és a minimumhőmérséklet ($r = 0,425$)

szignifikáns pozitív kapcsolatban állt a befogott egyedek számával. Ezzel szemben a napi csapadék szignifikáns negatív korrelációt mutatott ($r = -0{,}334$, $p < 0{,}05$). A keresztkorrelációs vizsgálatok előzetes eredményei arra utalnak, hogy a magasabb hőmérséklet rövid távon jelentősen növeli az aktivitást (lag = -18 és -21 nap), míg a hosszan tartó nedvességtartalom és csapadék késleltetett gátló hatást fejt ki a repülési dinamikára.

Következtetések. A munkácsi fénycsapdás vizsgálataink bizonyították, hogy egy hagyományos, háztartási fényforrással működő csapda alkalmas a városi lepkefauna alapvető struktúrájának felmérésére, azonban fogási hatékonyságát erősen befolyásolták az aktuális meteorológiai viszonyok. Összesen 51 lepkefajt rögzítettünk, köztük számos olyan fajt, amely kiválóan alkalmazkodott a városi környezethez, illetve jelentős agrárökológiai fontossággal bír (pl. *Cydia pomonella*, *Ostrinia nubilalis*, *Plutella xylostella*). Az ordinációs és varianciaanalízisek (ANOVA) eredményei rávilágítottak arra, hogy a meteorológiai paraméterek szignifikánsan, bár viszonylag kis mértékben magyarázzák a lepkefauna napi szintű változékonyságát. A hőmérséklettel összefüggő tényezők, különösen a minimum- és maximumhőmérséklet bizonyultak a legbefolyásosabbnak, míg a relatív páratartalom és a csapadék hatása mérsékeltebb volt. Eredményeink megerősítik, hogy a városi környezetben a fénycsapdás mintavétel hatékonyságát erőteljesen befolyásolják az aktuális időjárási viszonyok, amelyek rövid- és középtávon is determinálják a lepkék repülési aktivitását. Ez a tény aláhúzza annak fontosságát, hogy a városi lepkefauna ökológiai vizsgálata során, különösen az éghajlatváltozás és az urbanizáció növekvő hatásainak kontextusában figyelembe kell venni a helyi mikroklíma és a meteorológiai tényezők komplex kölcsönhatásait.

Irodalomjegyzék

Geryak, Y. (2010). The Noctuoidea (Insecta, Lepidoptera) of the Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology)*, *29*, 126–139.

Geryak, Y. (2012). New and little known species of the Noctuoidea (Lepidoptera, Insecta) for Ukrainian Carpathians. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology)*, *33*, 105–119.

Geryak, Y. (2021). *Ecological complexes of Noctuoid moths (Lepidoptera, Noctuoidea) of the Ukrainian Carpathians* (Kandidátusi értekezés). State Museum of Natural History, National Academy of Science of Ukraine, Lviv.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T., & Ryan, P. D. (2001). PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica*, *4*, 1–9.

Jonason, D., Franze, M., & Ranius, T. (2014). Surveying Moths Using Light Traps: Effects of Weather and Time of Year. *PLoS One*, *9*(3), e92453. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0092453

Kanarskyi, Y., Geryak, Y., & Lyashenko, E. (2011). Ecogeographic structure of the moth fauna (Lepidoptera, Drepanoidea, Bombycoidea, Noctuoidea) in upper Tisa river basin and adjacent areas (Ukraine). *Transylvanian Review of Systematical and Ecological Research, "The Upper Tisa River Basin"*, *11*, 143–168.

Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated. *Meteorologische Zeitschrift, 15*(3), 259–263. https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130

Legendre, P., & Legendre, L. (1998). *Numerical Ecology* (2. angol kiadás). Elsevier.

Longcore, T., & Rich, C. (2004). Ecological light pollution. *Frontiers in Ecology and the Environment, 2*(4), 191–198. https://doi.org/10.1890/1540-9295(2004)002[0191:ELP]2.0.CO;2

Lyashenko, E. K. (2009). Species composition, abundance and hawkmoths (Lepidoptera, Sphingidae) habitat distribution of Transcarpathian region. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology), 25*, 167–170.

Matsiakh, I., & Kramarets, V. (2020). Invasive phyllophagous insects in Ukraine. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, *20*, 11–25.

MS-IIRFKMF (2024). *Data from the Meteorological Station of the Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian College of Higher Education, Jozsef Szikura Botanical Garden, Velyki Berehy*. II. RF KMF. https://okt.kmf.uz.ua/bkt/oktat-bkt/Modszertani_kiadvanyok_2025/Hadnagy_Kopor_Kolozsv%c3%a1ri_Kohut_II_RF_KMF_meteorol%c3%b3giai_%c3%a1llom%c3%a1sa.pdf

Popov, S. (2004). Butterfly Species (Lepidoptera: Hesperioidea, Papilionoidea) Need Protection in the Zakarpatska province. *Scientific Bulletin of Uzhgorod University (Series Biology), 15*, 98–101.

Steinbauer, M. J., Haslem, A., & Edwards, E. D. (2011). Using meteorological and lunar information to explain catch variability of Orthoptera and Lepidoptera from 250 W Farrow light traps. *Insect Conservation and Diversity, 5*(5), 367–380. https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2011.00170.x

Szanyi, S., Nagy, A., & Varga, Z. (2015). Butterfly assemblages in fragmented meadow habitats of the Pre-Carpathian lowland (Bereg plain, SW Ukraine). *Applied Ecology and Environmental Research, 13*(3), 615–626. https://doi.org/10.15666/aeer/1303_615626

Szanyi, S., Nagy, A., & Varga, Z. (2018). Diversity and concordance in the composition of butterfly assemblages of the Transcarpathian (Bereg) plain (SW Ukraine). *Biologia, 73*(10), 951–964. https://doi.org/10.2478/s11756-017-0139-1

Vass, G., Hadnagy, I., Kohut, E., & Kolozsvári, I. (2023). Experience from a light trap Lepidoptera survey in a populated settlement: effects of meteorological factors and changes in lunar. *GEO&BIO*, *25*, 121–133. https://doi.org/10.53452/gb2509

Yela, J. L., & Holyoak, M. (1997). Effects of Moonlight and Meteorological Factors on Light and Bait Trap Catches of Noctuid Moths (Lepidoptera: Noctuidae). *Environmental Entomology*, *26*(6), 1283–1290. https://doi.org/10.1093/ee/26.6.1283

A sí turizmus fejlesztési lehetőségei Kárpátalján a háborús időszak és a posztkonfliktusos helyreállítás tükrében

Tarpai József
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
tarpai.jozsef@kmf.org.ua

A tanulmány Kárpátalja síturizmusának jelenlegi helyzetét és fejlesztési lehetőségeit vizsgálja a háborús időszak és a várható posztkonfliktusos helyreállítás kontextusában. A régió természeti adottságai – a Kárpátok hegyvidéki területei, kedvező domborzati viszonyok és téli klimatikus feltételek – jelentős potenciált biztosítanak a téli turizmus számára. A fegyveres konfliktus ugyanakkor számottevően visszavetette a nemzetközi turizmust, és a kereslet elsősorban belföldi látogatókra korlátozódott.

A kutatás célja annak feltárása, hogy milyen infrastrukturális, gazdasági és marketing eszközök járulhatnak hozzá a síturizmus versenyképességének növeléséhez Kárpátalján. A fejlesztési irányok között kiemelt szerepet kap a közlekedési infrastruktúra korszerűsítése, a szolgáltatási színvonal emelése, a négyévszakos turisztikai kínálat kialakítása, valamint a fenntartható és környezetbarát megoldások alkalmazása. A régió jövőbeni turisztikai sikere nagymértékben függ a politikai és gazdasági stabilitás helyreállításától és a versenyképes piaci pozíció kialakításától.

Theoretical foundations of fostering algorithmic thinking and cognitive interest through ICT-Supported computer science education

Temetev Adam, Stoika Myroslav

Ferenc Rakoczi II Transcarpathian Hungarian University, Beregovo, Ukraine,
adamtemeto11@gmail.com, sztojka.miroszlav@kmf.org.ua

Introduction and rationale

In recent decades, algorithmic thinking—often conceptualized as computational thinking—has emerged as a fundamental cognitive competence in contemporary education. The rapid digital transformation of society has reshaped not only labor market expectations but also everyday problem-solving practices, making structured and procedural reasoning essential for effective interaction with digital technologies. Consequently, educational systems worldwide have incorporated the development of algorithmic thinking into computer science curricula at different levels of schooling. [9-10, 12]

However, the successful development of algorithmic thinking is not determined solely by cognitive factors. Motivational components, particularly cognitive interest, play a decisive role in shaping students' engagement with complex intellectual tasks. Cognitive interest refers to learners' intrinsic motivation to explore challenging problems, persist in reasoning processes, and seek deeper understanding. In computer science education—where abstract concepts and formal logic may present significant difficulties—cognitive interest is crucial for sustaining meaningful learning. [12-13]

Algorithmic thinking as a multidimensional cognitive construct

Algorithmic thinking can be understood as a multidimensional construct encompassing problem decomposition, abstraction, algorithm design, debugging, iteration, and generalization. Although historically rooted in mathematics and computer science, contemporary psychological and educational research conceptualizes algorithmic thinking as a transferable cognitive competence applicable across domains. [10]

Modern theoretical frameworks emphasize that algorithmic thinking extends beyond procedural execution. It also involves reflective and metacognitive components, such as evaluating solution strategies and monitoring reasoning processes. From a cognitive psychology perspective, algorithmic reasoning relies heavily on executive functions, including working memory, cognitive control, and systematic analytical processing. Unlike intuitive or heuristic approaches, algorithmic problem solving requires deliberate, structured, and rule-based reasoning. [4, 13]

The role of cognitive interest in computer science learning

Cognitive interest represents a key motivational factor influencing learners' approaches to complex tasks. Students with a high level of cognitive interest are more likely to demonstrate sustained effort, apply deep-processing strategies, and tolerate cognitive challenges. In the domain of computer science, where algorithmic problem solving frequently involves iterative refinement and debugging, such persistence is essential. [4-6, 11]

Importantly, cognitive interest and algorithmic thinking are mutually reinforcing. Engaging in meaningful algorithmic activities can strengthen students' sense of

competence and intellectual curiosity, while heightened interest supports the sustained cognitive effort necessary for structured reasoning. This dynamic interaction is particularly relevant in school-based computer science education, where learners often encounter algorithmic concepts for the first time. [13]

The potential of ICT-Supported instructional methods

Information and Communication Technology (ICT)-supported instructional approaches provide powerful opportunities for simultaneously fostering algorithmic thinking and cognitive interest. Digital learning environments—such as block-based programming platforms, interactive simulations, and visual debugging tools can reduce extraneous cognitive load while maintaining conceptual rigor. [2-3]

Block-based programming environments are especially effective in primary and secondary education, as they allow students to focus on algorithmic logic without being overwhelmed by syntactic complexity. Immediate feedback, visualization of program execution, and opportunities for iterative modification enhance engagement and strengthen motivation. [2-3, 7]

Moreover, ICT-based instruction supports differentiated learning and self-regulation. Students can progress at their own pace, experiment with alternative solutions, and receive continuous formative feedback. Such conditions are conducive to maintaining cognitive interest and promoting the development of stable algorithmic thinking skills. [6-7]

The importance of assessment in development

The development of algorithmic thinking through ICT-supported instruction requires valid and reliable assessment tools capable of capturing both objective performance and learners' self-perceptions. Performance-based assessments provide measurable evidence of problem-solving competence, while self-report scales offer insight into students' perceived abilities and motivational orientations. [1, 8]

The combined application of these assessment approaches enables a more comprehensive understanding of algorithmic thinking development, particularly within ICT-rich educational contexts where motivational and affective dimensions significantly influence learning outcomes. [1, 8, 11]

Pedagogical implications

The integration of ICT-supported instructional methods with theoretically grounded assessment instruments holds substantial potential for enhancing computer science education. By intentionally fostering cognitive interest and systematically supporting algorithmic reasoning, educators can design learning environments that encourage active exploration, persistence, and reflective problem solving. [1, 8]

A deeper understanding of the interplay between cognitive interest and algorithmic thinking can inform the development of instructional interventions that are both intellectually rigorous and motivationally engaging. Such an approach contributes not only to improved learning outcomes but also to the cultivation of long-term digital competence. [11]

Conclusion

Algorithmic thinking constitutes a central cognitive competence in contemporary education. Its effective development depends not only on instructional design but also on learners' motivational engagement, particularly cognitive interest. ICT-supported

instructional strategies, combined with validated assessment tools, offer promising pathways for fostering algorithmic thinking in ways that are both theoretically grounded and pedagogically meaningful.

References

Aranyi et al. (2025). Az algoritmikus gondolkodás teszt és az algoritmikus gondolkodás skálák magyar nyelvű adaptációja. Magyar Pszichológiai Szemle, 80(2), 275–300. https://doi.org/10.1556/0016.2024.00132

Balanskat, A., & Engelhardt, K. (2014). Computing our future: Computer programming and coding – Priorities, school curricula and initiatives across Europe. European Schoolnet.

Bers et al. (2014). Computational thinking and tinkering: Exploration of an early childhood robotics curriculum. Computers & Education, 72, 145–157. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.10.020

Brennan, K., & Resnick, M. (2012). New frameworks for studying and assessing the development of computational thinking. In Proceedings of the 2012 Annual Meeting of the American Educational Research Association.

Dierbach, C., Brinda, T., Buchmann, J., & Schubert, S. (2011). Competencies for informatics systems and modelling: A K–12 approach. Informatics in Education, 10(2), 195–218.

Grover, S., & Pea, R. (2013). Computational thinking in K–12: A review of the state of the field. Educational Researcher, 42(1), 38–43. https://doi.org/10.3102/0013189X12463051

Hsu, T.-C., Chang, S.-C., & Hung, Y.-T. (2018). How to learn and how to teach computational thinking: Suggestions based on a review of the literature. Computers & Education, 126, 296–310. https://doi.org/10.1016/j.compedu.2018.07.004

Korkmaz, Ö., Çakir, R., & Özden, M. Y. (2017). A validity and reliability study of the Computational Thinking Scales (CTS). Computers in Human Behavior, 72, 558–569. https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.01.005

Manovich, L. (2013). Software takes command. Bloomsbury Academic.

Papert, S. (1980). Mindstorms: Children, computers, and powerful ideas. Basic Books.

Román-González, M., Pérez-González, J. C., & Jiménez-Fernández, C. (2017). Which cognitive abilities underlie computational thinking? Criterion validity of the Computational Thinking Test. Computers in Human Behavior, 72, 678–691. https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.08.047

Rushkoff, D. (2011). Program or be programmed: Ten commands for a digital age. OR Books.

Shute, V. J., Sun, C., & Asbell-Clarke, J. (2017). Demystifying computational thinking. Educational Research Review, 22, 142–158. https://doi.org/10.1016/j.edurev.2017.09.003

Balanced development of modern livestock production in the context of environmental safety

Olha Tertychna[1,2], Valeriy Pinchuk[1], Yuriy Podoba[1], Maksym Yakymovych[1]
[1] Institute of Agroecology and Environmental Management of NAAS, Kyiv, Ukraine
[2] Institute of Agricultural Microbiology and Agroindustrial Manufacture, Chernihiv, Ukraine
E-mail: olyater@ukr.net

In a well-integrated agricultural system, livestock represent an integral component of the nutrient cycle. However, in industrial production systems, this cycle is disrupted due to the transportation of resources, resulting in manure, by-products, and animal mortality being treated as waste. Waste management therefore becomes a critical issue. Guided by the principles of sustainable development, it is appropriate to propose an ecological paradigm of dynamic stabilization of agrobiogeocenoses, where farm animals occupy the trophic level of primary consumers. Livestock production should be considered a component of the biosphere; thus, the concept of manure as production waste is incorrect. Instead, it represents an essential organic resource for soil fertility restoration and reintegration into global biogeochemical cycles. Agriculture is a powerful driver of environmental transformation. Ukraine's transition toward sustainable development in the 21st century requires the adoption of sustainable agro-sphere management approaches, as agricultural land covers more than 70% of the national territory. Development and implementation of stable local and regional agroecosystems are therefore essential. The sustainability threshold of the agroecosystem corresponds to approximately 1% consumption of net primary biological production; however, current estimates indicate consumption levels of 7–12%, exceeding the biosphere's critical resilience limit and causing ecological imbalance.

Under natural conditions, ecological equilibrium is maintained through ecosystem self-regulation. In intensive livestock enterprises, relative ecological stability depends on environmentally balanced technological processes of animal production. The sustainability of livestock farming primarily reflects the stability of agrobiocenoses, determined by management technologies and resilience to external and internal stress factors while maintaining stable production output. Modern agriculture often simplifies ecosystems by replacing complex natural communities with simplified biogeocenoses dominated by limited plant or animal species.

Excessive release of chemical pollutants and xenobiotics associated with veterinary, preventive, and therapeutic measures in large-scale livestock production raises significant environmental concerns (Tertychna et al., 2021). Soil microbiocenosis represents an important environmental indicator. Microbiological analyses conducted in areas of intensive poultry production demonstrate significant transformations in microbial community structure depending on contamination sources (Demianiuk et al., 2017). These findings confirm significant microbial transformation caused by toxic impacts.

Proper manure management reduces mineral fertilizer application and decreases ammonia and greenhouse gas emissions associated with livestock waste, thereby contributing to climate change mitigation (Nweze et al., 2023).

Currently, Ukraine lacks a unified technology for livestock by-product utilization. Aerobic wastewater treatment technologies generating sludge remain widespread. Since sludge becomes a secondary by-product requiring disposal, adaptation of biological wastewater treatment technologies for producing granulated organic fertilizers from solid fractions represents a highly relevant scientific task.

Enhancing biological treatment efficiency promotes microbial assimilation of dissolved organic and mineral components and their transformation into separable solid fractions suitable for granulation. Biological purification processes enable intensive microbial conversion of nutrients into stabilized biomass applicable as secondary agricultural resources (van Loosdrecht et al., 2015). Increased treatment efficiency also facilitates nutrient concentration within biomass and sludge, forming the basis for producing organic and organo-mineral fertilizers within a circular bioeconomy framework (Chen et al., 2023).

Agricultural activity annually removes significant amounts of organic matter and nutrients from soils, causing imbalance in organic matter cycling, soil mineralization, and increased CO_2 emissions. Technologies enabling efficient recycling of organic by-products enhance nutrient circulation and expand fertilizer application potential (Pinchuk et al., 2025).

Another environmentally safe approach involves biotechnological processing of livestock waste using selected microbial strains, allowing both environmental risk reduction and production of high-quality organic fertilizers and biogas. Selection criteria for effective strains include: cellulolytic and proteolytic activity, degradation of complex polymers, thermotolerance (55–70°C), antagonistic activity against pathogens, nitrogen-fixation capacity.

Endogenous microbial strains demonstrate higher efficiency due to adaptation to regional waste composition. Application of selected microbial consortia reduces composting duration from 6–8 months to 35–45 days while ensuring complete substrate sanitization. Studies involving the biological preparation Komponaza containing Trichoderma viride, Trichoderma harzianum, Bacillus subtilis, Azotobacter chroococcum, Enterobacter, and Enterococcus faecium confirmed stabilization of ammonia compounds during composting, odor reduction, nutrient bioavailability improvement, and accelerated humified substrate formation (Yakymovych et al., 2025).

Thus, an essential stage in livestock ecologization involves improving technologies for by-product utilization aimed at complete recovery of manure nutrients. Such approaches reduce water contamination and decrease ammonia and greenhouse gas emissions. Future environmental research priorities include: biosafety under wartime conditions in Ukraine, remediation of contaminated soils, mitigation of antimicrobial resistance risks, optimization of livestock waste processing technologies, selection of efficient microbial degraders.

Environmental safety in modern livestock production requires harmonized development of the production–environment–human system. The ecological

imperative must guide livestock production expansion while preserving natural ecosystem integrity and ensuring sustainable human existence.

Livestock manure is often removed using hydraulic systems, forming wastewater containing manure, urine, feed residues, suspended solids, and water. Such substrates can serve as raw materials for organic fertilizers and bioenergy production while simultaneously enabling wastewater treatment. Effective manure management reduces mineral fertilizer use and greenhouse gas emissions (Nweze et al., 2023). Adaptation of biological wastewater treatment technologies to obtain granulated organic fertilizers from the solid fraction of treated effluents represents a promising direction. Biological treatment enhances microbial assimilation of dissolved organic and mineral compounds, converting them into stabilized solid biomass suitable for separation and granulation (van Loosdrecht et al., 2015; Chen et al., 2023).

Biotechnological processing of livestock waste using selected microbial strains represents another environmentally safe approach. Selection criteria include cellulolytic and proteolytic activity, thermotolerance, antagonism toward pathogens, and nitrogen fixation capacity (Nauanova et al., 2025). Application of microbial consortia significantly accelerates composting processes while ensuring substrate sanitation and nutrient stabilization.

Thus, improvement of livestock by-product utilization technologies aimed at full recycling of organic matter and nutrients contributes to reduced water pollution and decreased ammonia and greenhouse gas emissions. Future research should focus on biosafety challenges under wartime conditions, remediation of contaminated soils, mitigation of antimicrobial resistance risks, and development of efficient microbial destructor strains. Environmental safety of modern livestock production requires harmonization of the ‘production–environment–human’ system within the framework of ecological sustainability.

References

Chen, H., Wang, X., Zhang, Y., & Li, Z. (2023). Sustainable management and recycling of anaerobic digestate solid fraction: A review. *Bioresource Technology*, 369, 128466. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.128466

Demianiuk, O. S., Tertychna, O. V., Symochko, L. Yu., & Svaliavchuk, L. I. (2017). Features of soil microbiocenosis formation in industrial broiler production zones. *Scientific Reports of NUBiP of Ukraine*, 4(68). http://journals.nubip.edu.ua

Nweze, J. A., Gupta, S., Akor, J., Nwuche, C. O., Nweze, J. E., & Unah, V. U. (2023). Animal waste: An environmentally sustainable management approach. *Springer*. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26224-1

Nauanova, A., et al. (2025). Potential microbial strains for composting cattle and horse manure. *Brazilian Journal of Biology*, 85, e292065. https://doi.org/10.1590/1519-6984.292065

Pinchuk, V. O., Podoba, Y. V., & Tertychna, O. V. (2025). Environmental prospects for livestock wastewater utilization. *Ukrainian Journal of Natural Sciences*, 14, 347–358. https://doi.org/10.32782/naturaljournal.14.2025.32

Tertychna, O., Ryabukha, G., Pinchuk, V., Kichigina, O., & Horodyska, I. (2021). Regulatory framework analysis for broiler by-products treatment in Ukraine and the EU. *International Journal of Ecosystems and Ecology Science*, 11(4), 881–886.

van Loosdrecht, M. C. M., Brdjanovic, D., & de Kreuk, M. K. (2015). Biological wastewater treatment using granular sludge. *Water Research*, 75, 181–191. https://doi.org/10.1016/j.watres.2015.02.018

Yakymovych, M. V., Tertychna, O. V., & Pinchuk, V. O. (2025). Environmental impact and agronomic value of the Komponaza biopreparation in cattle manure composting. *Agroecological Journal*, 2, 134–141. https://doi.org/10.33730/2077-4893.2.2025.333837

Synergistic activation of Nrf2 by exercise-induced oxidative stress and antioxidant-enriched functional foods

Halina Tkaczenko, Natalia Kurhaluk
Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

The oxidative stress generated during exercise is a paradoxical yet essential component of metabolic adaptation. Skeletal muscle contraction produces reactive oxygen species (ROS) as a natural by-product of increased mitochondrial respiration and the enzymatic reactions associated with energy metabolism [Steinbacher and Eckl, 2015]. While excessive ROS accumulation can damage lipids, proteins and DNA, moderate and transient elevations in ROS act as vital signalling molecules that trigger adaptive responses. This concept is often described as 'exercise-induced hormesis' and reflects the capacity of biological systems to strengthen endogenous defence mechanisms and improve resilience to subsequent stressors in response to mild oxidative stress [Afzal et al., 2023; Sireno et al., 2026]. Exercise-induced ROS activate redox-sensitive pathways that enhance the expression of antioxidant enzymes, promote mitochondrial biogenesis and increase metabolic flexibility. This enables efficient switching between carbohydrate and lipid substrates in response to varying energetic demands [Bouviere et al., 2021].

Hypoxia preconditioning (HP) is another adaptive strategy associated with oxidative signalling. Short-term exposure to reduced oxygen availability induces protective molecular responses that improve tolerance to subsequent hypoxic or metabolic stress [Li et al., 2017]. In skeletal muscle, HP enhances exercise performance, mitochondrial efficiency, and antioxidant capacity, largely through the activation of redox-sensitive transcription factors, such as the nuclear factor erythroid 2-related factor 2 (Nrf2) [Wang et al., 2019; Kitaoka, 2021]. Experimental evidence demonstrates that Nrf2 plays an indispensable role in HP-induced adaptations. Wang et al. (2019) showed that Nrf2 deficiency abolished the performance benefits normally observed after HP, despite having no effect on baseline exercise capacity. These findings highlight Nrf2 as a master regulator of antioxidant defence and metabolic reprogramming during hypoxic and exercise-related stress (Fig. 1).

The Nrf2 pathway has emerged as a key mediator of the antioxidant adaptations induced by exercise. Acute bouts of physical activity stimulate Nrf2 activation, which leads to an increase in the expression of genes that encode cytoprotective enzymes such as superoxide dismutase (SOD), glutathione peroxidase (GPx), haem oxygenase-1 (HO-1) and NAD(P)H quinone dehydrogenase 1 (NQO1) [Souza et al., 2022; Martinez-Canton et al., 2024]. Repeated exercise enhances this response, strengthening systemic antioxidant defences in organs such as the heart as well as in skeletal muscle [Souza et al., 2022]. However, ageing reduces Nrf2 responsiveness. Ostrom and Traustadóttir (2020) demonstrated that older adults exhibit impaired Nrf2 signalling following acute exercise; however, eight weeks of moderate aerobic training was found to partially restore this response. Similarly, nuclear accumulation of Nrf2 and activation of downstream antioxidant genes are significantly reduced in older individuals compared with younger ones after submaximal exercise. These findings

highlight the importance of regular physical activity in offsetting the decline in redox homeostasis associated with ageing.

In addition to endogenous adaptations, dietary antioxidants derived from fruits, vegetables and functional foods contribute to redox balance during exercise recovery [Kalogerakou and Antoniadou, 2024]. Rather than simply suppressing ROS, an appropriate intake of antioxidants appears to complement exercise-induced hormesis by supporting mitochondrial integrity and preventing excessive oxidative damage [Yavari et al., 2015; Belviranli and Okudan, 2015]. This synergy highlights the need for balanced strategies that avoid over-supplementation while ensuring adequate nutrient support for adaptive responses.

Exercise also stimulates the release of myokines, notably irisin, which mediates systemic metabolic benefits. Irisin promotes the browning of white adipose tissue, enhances thermogenesis and has anti-inflammatory properties, modulating the differentiation of macrophages towards an M2 phenotype [Zhang et al., 2023; Gao et al., 2025]. Mechanistically, irisin activates the JAK2-STAT6 pathway, thereby increasing the transcription of PPAR-γ and Nrf2 and integrating metabolic and antioxidant signalling [Tu et al., 2023]. These findings demonstrate how exercise-induced molecular mediators coordinate redox balance and immune regulation (Fig. 1).



Fig. 1. Exercise-induced hormesis and Nrf2-mediated adaptive responses: integration of oxidative stress, mitochondrial biogenesis, and antioxidant support.

The synergy between antioxidant-rich functional foods and exercise extends beyond skeletal muscle to systemic metabolic health. Functional foods that are rich in polyphenols, flavonoids, carotenoids and vitamins can modulate redox-sensitive pathways, including Nrf2 and NF-κB, thereby reducing oxidative stress and inflammation [Tkaczenko and Kurhaluk, 2025; Bas, 2026]. For instance, soy isoflavones have been shown to improve endothelial function and reduce inflammatory

markers by upregulating Nrf2 [Bernatoniene et al., 2021], while hesperetin has been found to attenuate hepatic steatosis by activating the PI3K/Akt-Nrf2 pathway [Li et al., 2021]. Similarly, chicoric acid, gastrodin, cocoa flavanols and green propolis have demonstrated Nrf2-mediated antioxidant and anti-inflammatory effects in experimental models [Chagas et al., 2022; Xu et al., 2022]. However, not all interventions yield consistent outcomes: sulforaphane supplementation did not significantly alter Nrf2 expression or inflammatory biomarkers in haemodialysis patients, highlighting variability in clinical responsiveness [Ribeiro et al., 2024].

Exercise-induced reactive oxygen species (ROS) also activate AMP-activated protein kinase (AMPK), promoting mitochondrial biogenesis via peroxisome proliferator-activated receptor gamma coactivator 1-alpha (PGC-1α) signalling [Powers et al., 2024; Craige et al., 2024]. Mitochondrial transcription factor A (Tfam) coordinates mitochondrial DNA replication and transcription to support enhanced oxidative capacity [Canugovi et al., 2010]. There is evidence of a regulatory loop between Nrf2 and PGC-1α that integrates antioxidant defence with mitochondrial biogenesis [Gureev et al., 2019]. The consumption of antioxidant-rich foods containing coenzyme Q_{10}, α-lipoic acid, B vitamins and L-carnitine may further enhance mitochondrial efficiency, and these foods are therefore proposed as adjunctive therapies in the treatment of neurodegenerative disorders [Do et al., 2025].

Inflammatory regulation is another critical area of synergy. NF-κB, a key transcription factor that drives the production of pro-inflammatory cytokines, is activated under conditions of oxidative stress [Liu et al., 2017]. Chronic NF-κB activation contributes to obesity, insulin resistance and type 2 diabetes [Baker et al., 2011]. In contrast, Nrf2 counteracts this process by suppressing NF-κB activity and reducing inflammatory cytokine expression [Saha et al., 2020]. Therefore, exercise and antioxidant-rich diets cooperatively attenuate low-grade chronic inflammation, supporting metabolic homeostasis.

The phosphoinositide 3-kinase (PI3K)/Akt pathway further integrates redox regulation with insulin signalling. Activation of the PI3K/Akt pathway enhances Nrf2 activity, promoting glucose uptake, protein synthesis and cell survival [Huang et al., 2018]. In metabolic tissues, this interaction improves insulin sensitivity and mitochondrial function [Petersen and Shulman, 2018]. Combining regular exercise with an antioxidant-rich diet reduces fasting insulin levels and improves the homeostasis model assessment of insulin resistance (HOMA-IR), which are key indicators of metabolic health [Takami et al., 2019].

Reliable biomarkers are essential for evaluating the combined impact of exercise and functional foods. The NAD^+/NADH ratio reflects mitochondrial redox status and energy metabolism, with higher ratios indicating enhanced oxidative phosphorylation efficiency [Anderson et al., 2017]. Polyphenols such as resveratrol activate sirtuin-1 via NAD^+-dependent mechanisms, while exercise-induced ROS stimulate sirtuin activity. These processes work together to improve mitochondrial biogenesis and metabolic flexibility [Wu et al., 2022]. The glutathione (GSH/GSSG) ratio is an additional measure of cellular antioxidant capacity that reflects Nrf2-mediated upregulation of redox enzymes [Georgiou-Siafis and Tsiftsoglou, 2023].

Sestrin 2 (SESN2) is a stress-inducible protein that regulates mTOR signalling and autophagy. It increases in response to exercise and polyphenol intake, thereby promoting mitochondrial quality control and metabolic resilience [Lu et al., 2023]. Lipid peroxidation products, such as 4-hydroxy-2-nonenal (4-HNE), serve as markers of oxidative membrane damage. Reductions in 4-HNE adduct formation following combined exercise and antioxidant interventions indicate improved redox homeostasis [Li et al., 2022]. Inflammatory markers, including C-reactive protein (CRP), tumour necrosis factor-alpha (TNF-α) and interleukin-6 (IL-6), provide additional information on anti-inflammatory benefits [Phosat et al., 2017].

Emerging evidence highlights metabolic reprogramming as a protective mechanism mediated by Nrf2 activation. Pre-operative aerobic training reduces hepatic ischaemia-reperfusion injury through Nrf2-dependent modulation of Kupffer cell metabolism [Zhao et al., 2020]. Similarly, cardiac Nrf2 activation enhances pentose phosphate pathway activity, thereby improving glucose metabolism and reducing oxidative damage [Zoccarato et al., 2025]. These findings emphasise the systemic importance of coordinated redox and metabolic adaptations.

Polyphenol-rich dietary patterns, including moderate coffee and tea consumption, have been associated with reduced perceived stress and depressive symptoms in Mediterranean populations [Micek et al., 2023]. Coffee may have cardioprotective effects by preventing LDL oxidation and modulating gut microbiota diversity; however, excessive intake may increase cholesterol due to its diterpene content [Buelna-Chontal, 2024]. Such observations reinforce the principle that dose and context determine biological outcomes.

Despite the existence of compelling mechanistic evidence, the variability of human responses to Nrf2 activators remains a significant limitation. Genetic background, baseline metabolic status, lifestyle factors and dosing strategies can all influence outcomes, resulting in inconsistent clinical trial results, particularly in cancer prevention studies [Prasad, 2016]. Future research should prioritise high-risk populations, standardise biomarker measurements and combine interventions to enhance both endogenous antioxidant enzymes and dietary antioxidant availability.

To summarise, exercise-induced oxidative stress and antioxidant-enriched functional foods interact synergistically through interconnected pathways involving Nrf2, NF-κB, AMPK, PI3K/Akt and PGC-1α. This coordinated network enhances mitochondrial biogenesis, improves insulin sensitivity, reduces inflammation and strengthens cellular antioxidant capacity. Biomarkers such as the NAD+/NADH ratio, GSH/GSSG ratio, SESN2 expression, 4-HNE adducts, CRP, fasting insulin, HOMA-IR, PGC-1α and Tfam offer valuable insights into these adaptations. While further well-designed clinical trials are required to optimise dosing strategies and confirm long-term safety, the current evidence base supports the integrative use of moderate exercise and antioxidant-rich functional foods as a complementary approach to promoting metabolic resilience, preventing chronic disease and enhancing systemic health.

References

1. Afzal, S., Abdul Manap, A. S., Attiq, A., Albokhadaim, I., Kandeel, M., & Alhojaily, S. M. (2023). From imbalance to impairment: the central role of reactive oxygen species in oxidative stress-induced disorders and therapeutic exploration. *Frontiers in pharmacology*, 14, 1269581. https://doi.org/10.3389/fphar.2023.1269581.
2. Anderson, K. A., Madsen, A. S., Olsen, C. A., & Hirschey, M. D. (2017). Metabolic control by sirtuins and other enzymes that sense NAD+, NADH, or their ratio. *Biochimica et biophysica acta. Bioenergetics*, 1858(12), 991–998. https://doi.org/10.1016/j.bbabio.2017.09.005.
3. Baker, R. G., Hayden, M. S., & Ghosh, S. (2011). NF-κB, inflammation, and metabolic disease. *Cell metabolism*, 13(1), 11–22. https://doi.org/10.1016/j.cmet.2010.12.008.
4. Bas, T. G. (2026). Dietary Polyphenols (Flavonoids) Derived from Plants for Use in Therapeutic Health: Antioxidant Performance, ROS, Molecular Mechanisms, and Bioavailability Limitations. *International Journal of Molecular Sciences*, 27(3), 1404. https://doi.org/10.3390/ijms27031404.
5. Belviranli, M., & Okudan, N. (2015). Well-Known Antioxidants and Newcomers in Sport Nutrition: Coenzyme Q_{10}, Quercetin, Resveratrol, Pterostilbene, Pycnogenol and Astaxanthin. In: M. Lamprecht (Ed.), *Antioxidants in Sport Nutrition*. CRC Press/Taylor & Francis.
6. Bernatoniene, J., Kazlauskaite, J. A., & Kopustinskiene, D. M. (2021). Pleiotropic Effects of Isoflavones in Inflammation and Chronic Degenerative Diseases. *International journal of molecular sciences*, 22(11), 5656. https://doi.org/10.3390/ijms22115656.
7. Bouviere, J., Fortunato, R. S., Dupuy, C., Werneck-de-Castro, J. P., Carvalho, D. P., & Louzada, R. A. (2021). Exercise-Stimulated ROS Sensitive Signaling Pathways in Skeletal Muscle. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(4), 537. https://doi.org/10.3390/antiox10040537.
8. Buelna-Chontal M. (2024). Coffee: Fuel for Your Day or Foe for Your Arteries. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 13(12), 1455. https://doi.org/10.3390/antiox13121455.
9. Canugovi, C., Maynard, S., Bayne, A. C., Sykora, P., Tian, J., de Souza-Pinto, N. C., Croteau, D. L., & Bohr, V. A. (2010). The mitochondrial transcription factor A functions in mitochondrial base excision repair. *DNA repair*, 9(10), 1080–1089. https://doi.org/10.1016/j.dnarep.2010.07.009.
10. Chagas, M. D. S. S., Behrens, M. D., Moragas-Tellis, C. J., Penedo, G. X. M., Silva, A. R., & Gonçalves-de-Albuquerque, C. F. (2022). Flavonols and Flavones as Potential anti-Inflammatory, Antioxidant, and Antibacterial Compounds. *Oxidative medicine and cellular longevity*, 2022, 9966750. https://doi.org/10.1155/2022/9966750.
11. Craige, S. M., Mammel, R. K., Amiri, N., Willoughby, O. S., & Drake, J. C. (2024). Interplay of ROS, mitochondrial quality, and exercise in aging: Potential role of spatially discrete signaling. *Redox biology*, 77, 103371. https://doi.org/10.1016/j.redox.2024.103371.

12. Do, L. H., Da Costa, R. T., & Solesio, M. E. (2025). Effects of nutrients and diet on mitochondrial dysfunction: An opportunity for therapeutic approaches in human disease. *Biomedicine & pharmacotherapy = Biomedecine & pharmacotherapie*, 191, 118493. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2025.118493.
13. Gao, L., Sun, W., Shi, H., Zhu, W., Wang, H., & Wang, J. (2025). Irisin Research Landscape (2012-2024): A Bibliometric and Visual Analysis of Evolving Hotspots and Future Trends. *Biologics: targets & therapy*, 19, 595–611. https://doi.org/10.2147/BTT.S536800.
14. Georgiou-Siafis, S. K., & Tsiftsoglou, A. S. (2023). The Key Role of GSH in Keeping the Redox Balance in Mammalian Cells: Mechanisms and Significance of GSH in Detoxification via Formation of Conjugates. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(11), 1953. https://doi.org/10.3390/antiox12111953.
15. Gureev, A. P., Shaforostova, E. A., & Popov, V. N. (2019). Regulation of Mitochondrial Biogenesis as a Way for Active Longevity: Interaction Between the Nrf2 and PGC-1α Signaling Pathways. *Frontiers in genetics*, 10, 435. https://doi.org/10.3389/fgene.2019.00435.
16. Huang, X., Liu, G., Guo, J., & Su, Z. (2018). The PI3K/AKT pathway in obesity and type 2 diabetes. *International journal of biological sciences*, 14(11), 1483–1496. https://doi.org/10.7150/ijbs.27173.
17. Kalogerakou, T., & Antoniadou, M. (2024). The Role of Dietary Antioxidants, Food Supplements and Functional Foods for Energy Enhancement in Healthcare Professionals. *Antioxidants*, 13(12), 1508. https://doi.org/10.3390/antiox13121508.
18. Kitaoka Y. (2021). The Role of Nrf2 in Skeletal Muscle on Exercise Capacity. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 10(11), 1712. https://doi.org/10.3390/antiox10111712.
19. Li, J., Wang, T., Liu, P., Yang, F., Wang, X., Zheng, W., & Sun, W. (2021). Hesperetin ameliorates hepatic oxidative stress and inflammation via the PI3K/AKT-Nrf2-ARE pathway in oleic acid-induced HepG2 cells and a rat model of high-fat diet-induced NAFLD. *Food & function*, 12(9), 3898–3918. https://doi.org/10.1039/d0fo02736g.
20. Li, S., Hafeez, A., Noorulla, F., Geng, X., Shao, G., Ren, C., Lu, G., Zhao, H., Ding, Y., & Ji, X. (2017). Preconditioning in neuroprotection: From hypoxia to ischemia. *Progress in neurobiology*, 157, 79–91. https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2017.01.001.
21. Li, Y., Zhao, T., Li, J., Xia, M., Li, Y., Wang, X., Liu, C., Zheng, T., Chen, R., Kan, D., Xie, Y., Song, J., Feng, Y., Yu, T., & Sun, P. (2022). Oxidative Stress and 4-hydroxy-2-nonenal (4-HNE): Implications in the Pathogenesis and Treatment of Aging-related Diseases. *Journal of immunology research*, 2022, 2233906. https://doi.org/10.1155/2022/2233906.
22. Liu, T., Zhang, L., Joo, D., & Sun, S. C. (2017). NF-κB signaling in inflammation. *Signal transduction and targeted therapy*, 2, 17023–. https://doi.org/10.1038/sigtrans.2017.23.

23. Lu, C., Jiang, Y., Xu, W., & Bao, X. (2023). Sestrin2: multifaceted functions, molecular basis, and its implications in liver diseases. *Cell death & disease*, 14(2), 160. https://doi.org/10.1038/s41419-023-05669-4.
24. Martinez-Canton, M., Galvan-Alvarez, V., Martin-Rincon, M., Calbet, J. A. L., & Gallego-Selles, A. (2024). Unlocking peak performance: The role of Nrf2 in enhancing exercise outcomes and training adaptation in humans. *Free radical biology & medicine*, 224, 168–181. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2024.08.011.
25. Micek, A., Jurek, J., Owczarek, M., Guerrera, I., Torrisi, S. A., Castellano, S., Grosso, G., Alshatwi, A. A., & Godos, J. (2023). Polyphenol-Rich Beverages and Mental Health Outcomes. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 12(2), 272. https://doi.org/10.3390/antiox12020272.
26. Ostrom, E. L., & Traustadóttir, T. (2020). Aerobic exercise training partially reverses the impairment of Nrf2 activation in older humans. *Free radical biology & medicine*, 160, 418–432. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2020.08.016.
27. Petersen, M. C., & Shulman, G. I. (2018). Mechanisms of Insulin Action and Insulin Resistance. *Physiological reviews*, 98(4), 2133–2223. https://doi.org/10.1152/physrev.00063.2017.
28. Phosat, C., Panprathip, P., Chumpathat, N., Prangthip, P., Chantratita, N., Soonthornworasiri, N., Puduang, S., & Kwanbunjan, K. (2017). Elevated C-reactive protein, interleukin 6, tumor necrosis factor alpha and glycemic load associated with type 2 diabetes mellitus in rural Thais: a cross-sectional study. *BMC endocrine disorders*, 17(1), 44. https://doi.org/10.1186/s12902-017-0189-z.
29. Powers, S. K., Radak, Z., Ji, L. L., & Jackson, M. (2024). Reactive oxygen species promote endurance exercise-induced adaptations in skeletal muscles. *Journal of sport and health science*, 13(6), 780–792. https://doi.org/10.1016/j.jshs.2024.05.001.
30. Prasad K. N. (2016). Simultaneous Activation of Nrf2 and Elevation of Dietary and Endogenous Antioxidant Chemicals for Cancer Prevention in Humans. *Journal of the American College of Nutrition*, 35(2), 175–184. https://doi.org/10.1080/07315724.2014.1003419.
31. Ribeiro, M., Cardozo, L. F., Paiva, B. R., Baptista, B. G., Fanton, S., Alvarenga, L., Lima, L. S., Britto, I., Nakao, L. S., Fouque, D., Ribeiro-Alves, M., & Mafra, D. (2024). Sulforaphane Supplementation Did Not Modulate NRF2 and NF-kB mRNA Expressions in Hemodialysis Patients. *Journal of renal nutrition: the official journal of the Council on Renal Nutrition of the National Kidney Foundation*, 34(1), 68–75. https://doi.org/10.1053/j.jrn.2023.08.008.
32. Saha, S., Buttari, B., Panieri, E., Profumo, E., & Saso, L. (2020). An Overview of Nrf2 Signaling Pathway and Its Role in Inflammation. *Molecules (Basel, Switzerland)*, 25(22), 5474. https://doi.org/10.3390/molecules25225474.
33. Sireno, L., Dimauro, I., & Caporossi, D. (2026). Reactive oxygen species in exercise biology: from adaptive stress response to cell signaling and beyond. *Free radical biology & medicine*, 245, 447–462. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2025.12.044.

34. Souza, J., da Silva, R. A., da Luz Scheffer, D., Penteado, R., Solano, A., Barros, L., Budde, H., Trostchansky, A., & Latini, A. (2022). Physical-Exercise-Induced Antioxidant Effects on the Brain and Skeletal Muscle. *Antioxidants (Basel, Switzerland)*, 11(5), 826. https://doi.org/10.3390/antiox11050826.
35. Steinbacher, P., & Eckl, P. (2015). Impact of oxidative stress on exercising skeletal muscle. *Biomolecules*, 5(2), 356–377. https://doi.org/10.3390/biom5020356.
36. Takami, M., Aoi, W., Terajima, H., Tanimura, Y., Wada, S., & Higashi, A. (2019). Effect of dietary antioxidant-rich foods combined with aerobic training on energy metabolism in healthy young men. *Journal of clinical biochemistry and nutrition*, 64(1), 79–85. https://doi.org/10.3164/jcbn.18-40.
37. Tkaczenko, H., & Kurhaluk, N. (2025). Antioxidant-Rich Functional Foods and Exercise: Unlocking Metabolic Health Through Nrf2 and Related Pathways. *International journal of molecular sciences*, 26(3), 1098. https://doi.org/10.3390/ijms26031098.
38. Tu, Y., Liu, J., Kong, D., Guo, X., Li, J., Long, Z., Peng, J., Wang, Z., Wu, H., Liu, P., Liu, R., Yu, W., & Li, W. (2023). Irisin drives macrophage anti-inflammatory differentiation via JAK2-STAT6-dependent activation of PPARγ and Nrf2 signaling. *Free radical biology & medicine*, 201, 98–110. https://doi.org/10.1016/j.freeradbiomed.2023.03.014.
39. Wang, L., Yang, S., Yan, L., Wei, H., Wang, J., Yu, S., Kong, A. T., & Zhang, Y. (2019). Hypoxia preconditioning promotes endurance exercise capacity of mice by activating skeletal muscle Nrf2. *Journal of applied physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 127(5), 1267–1277. https://doi.org/10.1152/japplphysiol.00347.2019.
40. Wu, Q. J., Zhang, T. N., Chen, H. H., Yu, X. F., Lv, J. L., Liu, Y. Y., Liu, Y. S., Zheng, G., Zhao, J. Q., Wei, Y. F., Guo, J. Y., Liu, F. H., Chang, Q., Zhang, Y. X., Liu, C. G., & Zhao, Y. H. (2022). The sirtuin family in health and disease. *Signal transduction and targeted therapy*, 7(1), 402. https://doi.org/10.1038/s41392-022-01257-8.
41. Xu, W., Lu, H., Yuan, Y., Deng, Z., Zheng, L., & Li, H. (2022). The Antioxidant and Anti-Inflammatory Effects of Flavonoids from Propolis via Nrf2 and NF-κB Pathways. *Foods (Basel, Switzerland)*, 11(16), 2439. https://doi.org/10.3390/foods11162439.
42. Yavari, A., Javadi, M., Mirmiran, P., & Bahadoran, Z. (2015). Exercise-induced oxidative stress and dietary antioxidants. *Asian journal of sports medicine*, 6(1), e24898. https://doi.org/10.5812/asjsm.24898.
43. Zhang, Y., Wang, L., Kang, H., Lin, C.-Y., & Fan, Y. (2023). Unlocking the Therapeutic Potential of Irisin: Harnessing Its Function in Degenerative Disorders and Tissue Regeneration. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(7), 6551. https://doi.org/10.3390/ijms24076551.
44. Zhao, J., Lin, X., Meng, D., Zeng, L., Zhuang, R., Huang, S., Lv, W., & Hu, J. (2020). Nrf2 Mediates Metabolic Reprogramming in Non-Small Cell Lung Cancer. *Frontiers in oncology*, 10, 578315. https://doi.org/10.3389/fonc.2020.578315.
45. Zoccarato, A., Smyrnias, I., Reumiller, C. M., Hafstad, A. D., Chong, M., Richards, D. A., Santos, C. X. C., Visnagri, A., Verma, S., Bromage, D. I., Zhang, M., Zhang, X., Sawyer, G., Thompson, R., & Shah, A. M. (2025). NRF2 activation in the heart

induces glucose metabolic reprogramming and reduces cardiac dysfunction via upregulation of the pentose phosphate pathway. *Cardiovascular research*, 121(2), 339–352. https://doi.org/10.1093/cvr/cvae250.

Potential immune reactions associated with exposure to ingredients of Ukrainian-made contact hygiene products

Nataliia Tkachuk[1], Liubov Zelena[2], Ivan Shkardybarda[1], Dmytro Nikolaienko[1]

[1]T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine, e-mail: nataliia.smykun@gmail.com

[2]Zabolotny Institute of Microbiology and Virology of the National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine, e-mail: zelenalyubov@gmail.com

Wet wipes and wet toilet paper are popular contact hygiene products, as evidenced by their increasing number on the global market every year (Ramya & Amutha, 2021). However, these hygiene products can be dangerous to human health, as they may contain: 1) pathogenic microorganisms (Chong, 2016; Kang et al., 2023); 2) toxic compounds (Tkachuk & Zelena, 2023; Tkachuk & Hrytsenko, 2025); 3) immunosensitizing compounds (Warshaw et al., 2017; Warshaw & Aschenbeck, 2017). The aim of this study was to theoretically assess potential immune reactions associated with exposure to wet wipes and wet toilet paper of Ukrainian production, based on the analysis of their ingredient composition.

The study analyzed literature sources on the development of immune reactions under the influence of ingredients contained in wet wipes and wet toilet paper of Ukrainian production, freely available in the retail network. The composition of wet wipes (19 variants) and wet toilet paper (4 variants) was analyzed according to the manufacturer's information provided on the packaging.

It was found that all studied variants of the specified hygiene products contain at least one compound with allergen properties, namely: methylisothiazolinone, methylchloroisothiazolinone, ethylparaben, phenoxyethanol, benzalkonium chloride, cocamidopropyl betaine, 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol (bronopol), linalool, geraniol, coumarin, limonene, amylcinnamal, benzyl alcohol, benzyl salicylate. Information on the reactions of the immune system to the specified compounds is summarized in Table 1.

Table 1

Possible immune-mediated reactions to certain ingredients of wet wipes and wet toilet paper of Ukrainian production

Ingredient	Hygiene products, containing ingredient, %	Immune system reaction that may occur to an ingredient	References
1	2	3	4
Methylisothiazolinone	9	Allergic contact dermatitis	Burnett et al., 2010
Methylchloroisothiazolinone	4	Allergic contact dermatitis	Kazan et al., 2023
Parabens (ethylparaben)	22	Allergic contact dermatitis	Cordeiro et al., 2022
Phenoxyethanol	61	Allergic contact dermatitis	Kolodziej et al., 2022

Continuation of Table 1

1	2	3	4
Benzalkonium chloride	61	Sensitization; allergic contact dermatitis	Killian et al., 2016; Caron et al., 2025; Zhang et al., 2025
Cocamidopropyl betaine	91	Allergic contact dermatitis	de Groot et al., 1995; Yepes-Nuñez et al., 2012
2-Bromo-2-Nitropropane-1,3-Diol (Bronopol)	22	Allergic contact dermatitis	Storrs & Bell, 1983; ATAMAN Chemicals, n.d.).
Linalool	9	Allergic contact dermatitis	Sukakul et al., 2024
Geraniol	4	Allergic contact dermatitis	Aristizabal-Torres et al., 2025
Coumarin	4	Allergic contact dermatitis	Ng et al., 2025
Amyl Cinnamal	4	Sensitization	de Groot, 2020
Benzyl alcohol	9	Allergic contact dermatitis; contact urticaria	Shaw, 1999
Benzyl salicylate	4	Allergic contact dermatitis	de Frutos, 2018

Therefore, according to the results of the analysis of literary sources, the most likely, but not frequent, reaction of the immune system to individual ingredients of wet wipes and wet toilet paper is allergic contact dermatitis. Children and people with damaged skin are especially sensitive. Given the presence of these compounds in the composition of the studied hygiene products, it is possible to assume their potential contribution to the development of allergic reactions among the population of Ukraine.

References

Aristizabal-Torres, M. A., Bruce, C. J., Caruso, M. A., Wieczorek, M. A., Pacheco-Spann, L. M., Carter, R. E., Bruce, A. J., & Hall, M. R. (2025). Allergic contact dermatitis revisited: A comprehensive review. *JAAD Reviews*, *4*, 92–103. https://doi.org/10.1016/j.jdrv.2025.03.011

ATAMAN Chemicals. (n.d.). *2-Bromo-2-Nitropropane-1,3-Diol (Bronopol)* https://www.ataman-chemicals.com/en/products/2-bromo-2-nitro-13-propanediol-bronopol-6640.html

Burnett, C. L., Bergfeld, W. F., Belsito, D. V., Klaassen, C. D., Marks, J. G., Shank, R. C., … & Andersen, F. A. (2010). Final report of the safety assessment of methylisothiazolinone. *International journal of toxicology*, *29*(4 suppl), 187S-213S. https://doi.org/10.1177/1091581810374651

Caron, J., Libon, F., & Delebarre-Sauvage, C. (2025). Benzalkonium Chloride Allergy Mimicking Tattoo Infection. *Contact Dermatitis*, *93*(2), 174-176. https://doi.org/10.1111/cod.14798

Chong, M. (2016). Bacterial Contamination in Disposable Wet Wipes from General Restaurants. *J. Clin. Lab. Sci.*, *48*, 237-241. https://doi.org/10.15324/kjcls.2022.54.1.23

Cordeiro, A. C. F., Salvador, B., Szpak, R., Tonin, F. S., Borba, H. H. L., Maluf, D. F., … & Wiens, A. (2022). Allergic Contact Dermatitis after the Use of Cosmetics Containing Parabens: Systematic Review and Meta-analysis. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 65. https://doi.org/10.1590/1678-4324-2022210377

de Frutos, J., Andrés-Lencina, J., Prieto-Barrios, M., & Tous-Romero, F. (2018). Allergic contact dermatitis caused by benzyl salicylate in hair products. *Contact Dermatitis*, *79*(5), 310–311. https://doi.org/10.1111/cod.13038

de Groot, A. C., van der Walle, H. B., & Weyland, J. W. (1995). Contact allergy to cocamidopropyl betaine. *Contact Dermatitis*, *33*(6), 419-22. https://doi.org/10.1111/j.1600-0536.1995.tb02078.x

de Groot, A. C. (2020). Fragrances: Contact Allergy and Other Adverse Effects. *Dermatitis®*, *31*(1), 13-35. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000463

Kang, J., Sung, M., Kim, J. H., & Yoonm, Y. (2023). Pretreatments for Microbial Analysis and Evaluation of Hygiene of Wet Towels and Wet Wipes. *J. Pure Appl. Microbiol.*, *17*(2), 780-787. https://doi.org/10.22207/JPAM.17.2.03

Kazan, D., Odyakmaz-Demirsoy, E., Kiran, R., Şikar-Aktürk, A., Sayman, N., & Bayramgürler, D. (2023). Methyl(chloro)isothiazolinone contact allergy: a monocentric experience from Turkey. *Cutan. Ocul. Toxicol.*, *42*(3), 97-102. https://doi.org/10.1080/15569527.2023.2217244

Killian, J., Davis, M., Yiannias, J., & Wentworth, A. (2016). Benzalkonium Chloride: A Known Irritant and Novel Allergen. *Dermatitis*, *27*(1), 14-20. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000160

Kolodziej, M., Kiewert, A., Skudlik, C., & Brans, R. (2022). Allergic contact dermatitis to phenoxyethanol: A rare, but possible cause of hand dermatitis. *Contact Dermatitis*, *86*(4), 319-320. https://doi.org/10.1111/cod.14029

Ng, K. L., Tam, M.-M., & Nixon, R. (2025). Allergic contact dermatitis to coumarin in a tinted moisturiser containing *Melilotus officinalis* (sweet clover) extract. *Contact Dermatitis*, *93*(4), 341–343. https://doi.org/10.1111/cod.14836

Ramya, K., & Amutha, K. (2021). *Eco-friendly wet wipes - A review*. In *Proceedings of the International Conference on Advances in Technical Textiles (Sathyamangalam, Tamilnadu, India, October 2021).*

https://5.imimg.com/data5/SELLER/Doc/2023/9/343153030/WV/GB/VZ/140877384/baby-wet-wipes.pdf.

Shaw, D. W. (1999). Allergic contact dermatitis to benzyl alcohol in a hearing aid impression material. *American Journal of Contact Dermatitis*, *10*(4), 228–232. https://doi.org/10.1016/S1046-199X(99)90075-1

Storrs, F. J., & Bell, D. E. (1983). Allergic contact dermatitis to 2-bromo-2-nitropropane-1,3-diol in a hydrophilic ointment. *J. Am. Acad. Dermatol.*, *8*(2), 157-70. https://doi.org/10.1016/s0190-9622(83)70018-6

Sukakul, T., Bruze, M., Mowitz, M., Kiuru, A., & Svedman, C. (2024). Allergic contact dermatitis to linalool hydroperoxides: Pitfalls in the diagnostic process - Findings from a repeated open application test study. *Dermatitis*, *35*(4), 373–379. https://doi.org/10.1089/derm.2023.0286

Tkachuk, N., & Zelena L. (2023). Evaluation of the toxicity of wet wipes based on the growth test with *Lepidium sativum* L. *Eng. Proc.*, *56(*5). https://doi.org/10.3390/ASEC2023-15495

Tkachuk, N. V., & Hrytsenko, O. M. (2025). *Ecological and medical-biological risks of using antibacterial wet wipes*. In *Transformational approaches to sustainable development: environmental education, science and environmental practices for the reconstruction of Ukraine: Abstracts of the International Scientific and Practical Conference* (2025 Sep 22-26; Zhytomyr, Ukraine). Zhytomyr Polytechnic Institute. p. 38. https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2025/10/38.pdf

Warshaw, E. M., Aschenbeck, K. A., Zug, K. A., Belsito, D. V., Zirwas, M. J., Fowler, J. F. Jr., Taylor, J. S., Sasseville, D., Fransway, A. F., DeLeo, V. A., Marks, J. G. Jr., Pratt, M. D., Maibach, H. I., Mathias, C. G., & DeKoven, J. G. (2017). Wet Wipe Allergens: Retrospective Analysis From the North American Contact Dermatitis Group 2011-2014. *Dermatitis*, *28*(1), 64-69. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000248

Warshaw, E. M., & Aschenbeck, K. A. (2017). Allergenic Ingredients in Facial Wet Wipes. *Dermatitis*, *28*(6), 353–359. https://doi.org/10.1097/DER.0000000000000268

Yepes-Nuñez, J. J., Gómez Rendón, F. E., & Nuñez-Rinta, R. (2012). Allergic contact dermatitis to cocamidopropyl betaine in Colombia. *Allergol. Immunopathol.* (Madr), *40*(2), 126-8. https://doi.org/10.1016/j.aller.2011.02.006

Zhang, L., Wang, Y.-J., Ma, Y.-H., Zhao, G.-D., & Zhang, B.-X. (2025). Case Report: Systemic contact dermatitis caused by benzalkonium chloride in a family (a child and parents). *Front. Pediatr.*, *13*, 1531992. https://doi.org/10.3389/fped.2025.1531992

A település komfort mutatói a Bátyúi kistérségben (Kárpátalja, Beregszászi járás)

Tóth Lídia
II. Rákóczi Ferenc Kárpátaljai Magyar Egyetem, Beregszász, Ukrajna,
toth.lidia@kmf.org.ua

Absztrakt. A településkomfort viszonylag új és összetett fogalom ezért nehezen lehet jól meghatározni mit is értünk alatta, mivel több tényezőt foglal magában. Bár a fogalom új a mögötte álló tartalom – települések életminősége, infrastruktúrával, szolgáltatások színvonalával kapcsolatos kérdések – már hosszú ideje foglalkoztatja a kutatókat. Kárpátalja településeit jelentős mértékben fenyegeti a népesség csökkenése, egyrészt a jelenleg is folyó háború, másrészt a települések fejletlensége, amely szerepet kap mindebben. Kárpátalján kevés ilyen jellegű kutatás folyt, így alapkutatási és gyakorlati hasznossága egyaránt feltételezhető. A kutatás célja a Bátyúi kistérség településeinek értékelése településkomfort szempontjából. A kistérség kilenc településén összesen 193 kérdőívet sikerült kitöltetni. Emellett felkértem a kistérség vezetőjét, hogy értékelje a településeken működő szolgáltatások színvonalát. Az adatok feldolgozását és statisztikai elemzését az SPSS programcsomag segítségével hajtottam végre. Megvizsgáltam a települések lakosainak komfortérzetét befolyásoló tényezőket, valamint azok mennyiségi és minőségi mutatóit. A kérdőíves felmérés eredményei alapján megállapíthattam, hogy a települések milyen fejlettségi szinten vannak az egyes szolgáltatások működését illetően. A településekre bontva megvizsgáltam, melyek azok a tényezők, amik fejlesztésével sikerülne a településkomfortot előre mozdítani. A kérdőíves felmérést három mélyinterjús prominencia vizsgálattal, illetve objektív tényezőket felmérésével egészítettem ki. Ezeket az adatközlők véleményével összehasonlítottam. A válaszadók értékelése alapján elmondható, hogy a településeken a szolgáltatások alacsony szinten vannak. Ennek okai számos tényezőkben keresendő: állami támogatások hiánya, ésszerűtlen kihasználás, háborús helyzet. A válaszadók véleménye alapján a legkomfortosabb településnek Bátyú, Szernye és Kisharangláb bizonyult. A legalacsonyabb szinten a települések közül Barkaszó és Bótrágy volt. Az adatközlők szerint számos tényező közül a több munkalehetőségek, a tömegközlekedés fejlesztése és az ügyintézések gördülékenysége javítana legjobban saját településük komfortosságán. Az objektív tényezők eredményeiből kiderült, hogy egyes települések magasabb értékelésben részesültek az adatközlők és kistérségvezetőjének értékelésével szemben.

Kulcsszavak: Kárpátalja, Bátyúi kistérség, településkomfort, vidékfejlesztés

Bioremediation and Resource Potential of Integrated Cultivation of Aquatic Organisms

Alla Trofymchuk, Valentyna Oleshko, Leonid Heiko
Bila Tserkva National Agrarian University,
Bila Tserkva, Ukraine
trofalla@ukr.net

The bioremediation and resource potential of integrated multi-trophic cultivation of aquatic organisms in mariculture has been substantiated. It is demonstrated that the combination of filter-feeding mollusks and microalgae ensures the transformation of biogenic compounds into valuable biomass, reduces eutrophication risks, and enhances the resource efficiency of coastal water use. The results of predictive modeling confirm the possibility of obtaining biomass enriched with Omega-3 polyunsaturated fatty acids without expanding the farm area.

Keywords: *mariculture, integrated multi-trophic aquaculture (IMTA), bioremediation, microalgae, Omega-3, sustainable development strategy, aquatic organisms, cultivation, filter-feeding mollusks, eutrophication.*

The current state of coastal marine ecosystems is characterized by increasing anthropogenic pressure driven by the intensification of economic activities and climate change. One of the key environmental problems is eutrophication of water areas, resulting from excessive inputs of nutrients – primarily nitrogen and phosphorus compounds – from river runoff, urbanized territories, agricultural landscapes, and aquaculture facilities.

Rising water temperatures and changes in hydrodynamic regimes intensify phytoplankton development, including massive algal blooms, which are accompanied by decreased dissolved oxygen concentrations, degradation of benthic communities, and deterioration of aquatic biological resources. Under such conditions, traditional aquaculture practices based on monoculture cultivation of aquatic organisms may contribute to the local accumulation of organic waste and increased trophic loading on the ecosystem. This reduces the ecological resilience of water bodies and the long-term economic efficiency of production.

In this context, the need to implement integrated environmental management strategies becomes increasingly relevant. A promising approach is the concept of Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA), which involves combining organisms from different trophic levels within a single production system. This approach enables partial utilization of dissolved and suspended nutrients through biological uptake by algae and filter feeders, thereby reducing eutrophication risks and generating additional bioproductivity.

The aim of the study is to provide scientific substantiation and a predictive assessment of the potential of integrated mariculture systems as a tool for the bioremediation of coastal waters, based on the functional interaction of different trophic groups of aquatic organisms, while simultaneously generating high-value bioproducts, particularly sources of Omega-3 polyunsaturated fatty acids.

The methodological framework of the research was based on system analysis and elements of mathematical modeling of nutrient transformation processes under integrated cultivation conditions. The object of analysis comprised parameterized models of coastal ecosystems exposed to increased anthropogenic pressure. The assessment of resource potential was carried out through a comparative analysis of the lipid profiles of microalgae of the genera *Nannochloropsis* and *Phaeodactylum*, as well as by calculating the projected bioproduct yield depending on the intensity of nutrient assimilation. The calculations were based on the generalization of published experimental data and hydrochemical monitoring materials from the Azov–Black Sea region.

Based on the conducted analysis, it was established that the key factor in stabilizing the hydroecological status of coastal waters in integrated cultivation systems is the functional interaction of aquatic organisms from different trophic levels, which ensures the redistribution and transformation of nutrient flows within a unified ecosystem model.

The initial stage of bioremediation is associated with the activity of filter-feeding mollusks. Due to their high filtration intensity, they remove suspended organic matter, detritus, and excess phytoplankton from the aquatic environment, thereby reducing turbidity and limiting the development of massive algal blooms. At the same time, mollusks convert part of the organic matter into their own biomass and part into feces and pseudofeces that settle to the bottom. Metabolic processes are accompanied by the release of dissolved forms of nitrogen (mainly ammonium) and phosphorus, which, under monoculture conditions and insufficient water exchange, may increase the risk of local nutrient accumulation.

The final stage of remediation is associated with the functioning of photoautotrophic microalgae, which act as a biological sink for dissolved nutrients. By assimilating ammonium nitrogen and phosphates, they incorporate these compounds into primary production, generating additional biomass. This mechanism reduces the concentration of available nutrients in the aquatic environment and limits the development of undesirable or toxin-producing phytoplankton species. Under balanced cultivation densities, it also contributes to the stabilization of the oxygen regime through the combined effects of photosynthesis and the control of organic loading.

Thus, the integrated multi-trophic model forms a functionally closed cycle of matter transformation, in which by-products of one trophic level serve as resources for another. Such a system enhances the self-purification potential of coastal waters while simultaneously creating conditions for additional bioproduct generation without increasing environmental pressure.

In addition to its ecological effect, the proposed integrated cultivation model demonstrates economic feasibility through the conversion of excess nutrients into marketable biomass. During the assimilation of dissolved nitrogen and phosphorus compounds formed as a result of mollusk metabolism, marine microalgae (in particular, representatives of the genera *Nannochloropsis* and *Phaeodactylum*) actively synthesize intracellular lipids and other biologically valuable metabolites.

The results of predictive modeling indicate that under conditions of controlled nutrient loading and optimized cultivation parameters, the content of Omega-3

polyunsaturated fatty acids (PUFAs) in microalgal biomass can reach high levels. These genera are characterized by the accumulation of eicosapentaenoic acid (EPA), whereas docosahexaenoic acid (DHA) is typical mainly of certain other taxonomic groups of marine microalgae. Omega-3 PUFAs play a key role in marine trophic chains and represent an important raw material for the nutraceutical and pharmaceutical industries.

Thus, within an integrated multi-trophic aquaculture system, potential pollutants are transformed into value-added resources. The resulting microalgal biomass can be considered an alternative source of lipids for aquafeed production, partially replacing fish oil. This contributes to reducing the sector's dependence on the harvest of wild pelagic fish species, enhancing resource-use efficiency, and aligning with the principles of the circular economy and the development of the blue economy.

A comparative analysis of traditional monoculture farms and Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) systems demonstrates the advantages of the latter in terms of resource efficiency in the use of aquatic areas. The combination of organisms from different trophic levels within a single production space – taking into account vertical and horizontal distribution (cultivation of mollusks in the water column and placement of phototrophic components in well-lit layers or in separate photobioreactors) – creates the conditions for increasing the total yield of marketable biomass per unit area or volume.

In monoculture systems, part of the organic matter and nutrients accumulates in bottom sediments as a result of the sedimentation of feces and pseudofeces, which, at high stocking densities, may lead to local degradation of benthic communities and limit further production intensification. In the integrated model, a portion of these material flows is intercepted by organisms of other trophic groups, promoting more complete utilization of nutrient resources and reducing environmental pressure.

Model calculations and generalization of literature data indicate that optimization of the system's trophic structure can ensure an increase in overall bioproductivity (in terms of total biomass or economic return) without proportional expansion of the farm area. The specific magnitude of the increase depends on species composition, hydrological conditions, and system management parameters.

Enhancing the efficiency of coastal water use is of particular importance under conditions of climate change and growing demand for aquatic biological resources. Integrated systems are capable of providing protein and lipid raw materials, including sources of Omega-3 polyunsaturated fatty acids, with relatively lower specific environmental impact. In this context, the IMTA model is regarded as a promising tool for the adaptive and ecosystem-oriented development of modern fisheries and aquaculture.

Thus, the conducted scientific substantiation and the results of predictive modeling confirm the prospects of integrated multi-trophic cultivation of aquatic organisms as an ecosystem-oriented model for the development of mariculture under conditions of climate change.

The functional interaction between filter-feeding mollusks and photoautotrophic microalgae ensures the redistribution and biological transformation of suspended and

dissolved forms of nitrogen and phosphorus, enhancing the self-purification potential of coastal waters and reducing eutrophication risks.

Modeling demonstrates that optimization of the system's trophic structure makes it possible to convert excess nutrients into microalgal biomass – a renewable source of Omega-3 polyunsaturated fatty acids – and to increase overall bioproductivity without expanding the farm area.

Thus, Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA) combines bioremediation and resource potential, forming the basis for ecosystem-balanced and economically sustainable development of mariculture and aquaculture.

Further research will focus on the selection of microalgal strains with high Omega-3 accumulation, optimization of IMTA trophic models, and economic assessment of algal lipid production.

Mycotoxins in aquaculture: occurrence, emerging toxins, toxicological implications and food safety concerns

Maryna Yachna[1], Erzsébet Kohut[2], Natalia Kurhaluk[3], Halina Tkaczenko[3]
[1]Department of Ecology, Geography and Nature Management, T.H. Shevchenko National University "Chernihiv Colehium", Chernihiv, Ukraine;
[2]Department of Biology and Chemistry, Ferenc Rakoczi II Trancarpathian Hungarian University
[3]Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk, Słupsk, Poland;
e-mail: m_yachna@ukr.net, halina.tkaczenko@upsl.edu.pl, natalia.kurhaluk@upsl.edu.pl

Introduction. Mycotoxins are harmful secondary metabolites produced by filamentous fungi, such as *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* and *Alternaria*. These compounds are not essential for fungal growth, but are synthesised under favourable environmental conditions, particularly high humidity and temperature [Omotay et al., 2019; Lorusso et al., 2025]. Their biosynthesis is often triggered by plant stress factors, such as drought, insect damage and mechanical injury, which facilitate fungal colonisation in the field and during storage. Mycotoxins frequently contaminate cereals and plant-derived raw materials used for food and feed production, posing risks to animal and human health. Significant mycotoxins include aflatoxins, ochratoxin A, fumonisins, trichothecenes (e.g. deoxynivalenol and T-2 toxin) and zearalenone. Many of these exhibit hepatotoxic, nephrotoxic, immunosuppressive, teratogenic or carcinogenic properties [Awuchi et al., 2021].

It is estimated that globally, 60-80% of major crops contain detectable levels of mycotoxins and that approximately 20-25% exceed the regulatory limits established by the European Union or the Codex Alimentarius for certain regulated compounds [Eskola et al., 2020]. The European Union has set maximum levels for certain mycotoxins in food and feed (e.g. Commission Regulation (EC) No 1881/2006 and Directive 2002/32/EC for undesirable substances in animal feed), reflecting their recognised public health significance. Climate change, inadequate post-harvest management and suboptimal storage conditions have contributed to the increasing prevalence of contamination in recent decades [Casu et al., 2024]. Rising global temperatures and extreme weather events are expected to alter the geographical distribution of toxigenic fungi, potentially leading to an increased presence of aflatoxins and other heat-related toxins in temperate regions. In addition to well-characterised mycotoxins, modified ('masked') and emerging forms are increasingly being reported, often escaping routine detection [Berthiller et al., 2013]. These modified forms may be hydrolysed during digestion, thereby contributing to total dietary exposure and complicating risk assessment.

Aquaculture is one of the fastest-growing food production sectors worldwide and has experienced a marked increase in demand for formulated feeds. The gradual replacement of fishmeal and fish oil with plant-based ingredients, such as maize, wheat, barley and soybean meal, has inadvertently introduced new contamination risks [Oliveira and Vasconcelos, 2020]. Plant-derived feed ingredients are particularly susceptible to contamination by trichothecenes and fumonisins produced by *Fusarium*

species, as well as aflatoxins produced by *Aspergillus* species [Popescu et al., 2022]. Consequently, mycotoxin contamination poses a dual threat: it endangers the health and productivity of fish while raising concerns about its presence in edible tissues. Chronic exposure in fish has been linked to reduced growth, an impaired immune response, oxidative stress, and histopathological changes in liver and kidney tissues. It also increases susceptibility to infectious diseases, affecting aquaculture sustainability and food safety [Vulić et al., 2025].

Routes of mycotoxin contamination in aquaculture. Mycotoxin contamination in aquaculture can occur via three main routes: (i) feed-borne contamination (the primary and most significant route); (ii) environmental exposure via contaminated water and sediments; and (iii) post-harvest contamination during the processing and storage of fish products.

Feed as the primary source. Commercial aquafeeds frequently contain cereal and plant-based components that are susceptible to natural fungal colonisation. Raw materials such as maize, wheat, barley, soybean meal and oilseed by-products provide favourable substrates for toxigenic fungi, particularly under inadequate drying and storage conditions. Studies report that 75-100% of compound feeds contain multiple mycotoxins simultaneously [Koletsi et al., 2021; Vulić et al., 2025]. Co-occurrence is common and may lead to additive or synergistic toxic effects, even when individual toxin concentrations remain below regulatory limits. In freshwater species, the inclusion of wheat may reach 15-27% in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) diets and up to 70% in cyprinid feeds [Pietsch et al., 2013], thereby increasing the risk of exposure. The growing use of plant proteins as a replacement for fishmeal in modern aquaculture further amplifies the likelihood of chronic, low-dose exposure to mycotoxin mixtures.

Within the EU, maximum levels for mycotoxins in aquafeed are largely unregulated, except for the recommended limit of 10,000 µg/kg for fumonisins [European Commission, 2006]. Guidance values also exist for certain toxins, such as deoxynivalenol (DON), zearalenone (ZEN), aflatoxin B1 and ochratoxin A, in complete feedingstuffs for fish. However, specific binding legal limits for aquaculture remain limited compared to those for terrestrial livestock. Multimycotoxin contamination, particularly involving *Fusarium*-derived toxins such as DON, ZEN, fumonisins, enniatins and beauvericin (BEA), is frequently reported [Koletsi et al., 2021; Marín-Sáez et al., 2025]. Emerging mycotoxins, including enniatins and beauvericin, are not routinely regulated despite being increasingly detected in aquafeeds.

Environmental and post-production exposure. Environmental contamination may occur through agricultural runoff or wastewater discharge; DON and ZEN have been detected in surface waters, for example [Waśkiewicz et al., 2012]. Due to their relative chemical stability, mycotoxins may persist in aquatic environments, potentially accumulating in sediments and entering aquatic food webs. However, data on dermal or mucosal absorption in fish remain scarce. Although waterborne exposure is generally considered to be less significant than dietary intake, it can still contribute to background contamination in intensive aquaculture systems [Vulić et al., 2025]. Post-production contamination may arise during the handling, drying, smoking or storage

of fish products. Inadequate hygiene practices, high humidity and poor temperature control can encourage fungal growth on fish and processed products. Fungal genera such as *Aspergillus*, *Penicillium* and *Fusarium* have been identified in processed fish, particularly in dried products stored in humid conditions [Deng et al., 2020, 2021; Meucci et al., 2021]. Secondary contamination in such cases may result in the formation of aflatoxins, ochratoxin A, or other storage-associated mycotoxins, posing additional food safety concerns for consumers [Vulić et al., 2025].

Occurrence and carry-over in freshwater fish. Due to the high proportion of cereal-based ingredients in their formulated diets, freshwater fish species are particularly vulnerable to mycotoxin exposure. The principal route of exposure is chronic dietary intake, and bioaccumulation patterns depend on species-specific metabolism, lipid content, age, and duration of exposure. Numerous experimental and field studies have investigated the carry-over of aflatoxin B1 (AFB1) into edible muscle and metabolically active organs, such as the liver. Generally, the liver is the primary target organ for accumulation and biotransformation, whereas muscle tissue typically contains lower residue levels [Vulić et al., 2025; Lorusso et al., 2025].

Aflatoxins. AFB1 has been detected in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*), African catfish (*Clarias gariepinus*), rohu (*Labeo rohita*) and sterlet sturgeon (*Acipenser ruthenus*) following exposure to contaminated feed [Chávez-Sánchez et al., 1994; Sahoo et al., 2001; Abdel Rahman et al., 2017; Adeyemo et al., 2018]. Muscle concentrations ranged from 0.05 to 78 µg/kg, reflecting differences in species sensitivity, exposure levels, feeding duration and analytical methodology. Residue levels are generally correlated with dietary concentration and exposure time, although depuration may occur after contaminated feed is withdrawn [Huang et al., 2011; Ayyat et al., 2013; Hussain et al., 2017]. Documented effects include hepatotoxicity, immunosuppression, reduced growth performance, oxidative stress, histopathological liver alterations (including vacuolar degeneration and necrosis), and increased mortality. AFB1 is metabolised in the fish liver to produce reactive intermediates, including aflatoxin M1 (AFM1), which can also be found in tissues and poses an additional food safety risk [Rajeev Raghavan et al., 2011; Suzy et al., 2017; Gomes et al., 2021]. Although muscle residue levels are often low, even trace amounts are of toxicological concern due to the recognised carcinogenicity of AFB1, which has been classified as a Group 1 carcinogen by the International Agency for Research on Cancer (IARC).

Zearalenone and other regulated mycotoxins. Residues of zearalenone (ZEN) have been detected at low concentrations in the livers and ovaries of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) and common carp (*Cyprinus carpio*), though muscle levels were generally minimal [Woźny et al., 2013, 2020; Pietsch et al., 2015]. ZEN is known for its oestrogenic activity, and fish appear particularly sensitive to endocrine-disrupting compounds due to their reproductive physiology and exposure to the aquatic environment. Reproductive impairment, an altered gonadosomatic index, reduced fecundity and endocrine-disrupting effects have been observed [Woźny et al., 2013]. Other regulated mycotoxins, including deoxynivalenol (DON) and fumonisins, are primarily associated with reduced feed intake, impaired growth, intestinal damage and immune modulation, rather than significant tissue accumulation [Bittner et al., 2026].

Evidence suggests that many trichothecenes exhibit relatively low bioaccumulation potential in muscle tissue, yet they can still have chronic sublethal effects that compromise fish welfare and aquaculture productivity [Koletsi et al., 2021].

It should be noted that most experimental designs have employed single-toxin fortification under controlled laboratory conditions, whereas naturally contaminated feeds typically contain complex mixtures of mycotoxins. The potential for additive or synergistic interactions among co-occurring toxins in freshwater species remains insufficiently characterised. Furthermore, data on emerging, modified ('masked') or conjugated mycotoxins in freshwater fish tissues are scarce, which limits the ability to conduct a comprehensive risk assessment for consumers [Vulić et al., 2025; Lorusso et al., 2025].

Occurrence in marine fish and products. Fewer studies have addressed the occurrence of mycotoxins in marine aquaculture compared with freshwater species. However, the rapid growth of marine fish farming and the increasing use of plant-based ingredients in marine aquafeeds have raised concerns about long-term exposure and potential tissue residues. As in freshwater systems, dietary intake is the main exposure route.

Regulated mycotoxins. In European sea bass (*Dicentrarchus labrax*), concentrations of AFB1 up to 4.25 µg/kg were detected in muscle following experimental dietary exposure [El-Sayed and Khalil, 2009]. In Atlantic salmon (*Salmo salar*), deoxynivalenol (DON) was distributed across tissues (up to 28.6 µg/kg in the liver), while ochratoxin A (OTA) mainly accumulated in the liver and kidneys [Bernhoft et al., 2017]. These findings confirm that the liver remains the primary target organ for bioaccumulation and biotransformation, whereas muscle residues are generally lower but still of concern to consumers from a toxicological perspective.

Market surveillance studies generally report low detection frequencies in commercially available marine fish. However, some investigations have identified OTA levels exceeding 1 µg/kg. Although maximum residue limits (MRLs) for mycotoxins in fish muscle are not harmonised at EU level, the presence of detectable residues highlights the need for ongoing monitoring, particularly in intensively farmed species.

Chronic dietary exposure to mycotoxins in marine fish has been associated with reduced growth performance, oxidative stress, hepatocellular alterations and modulation of immune responses, even in the absence of high tissue accumulation [Vulić et al., 2025; Lorusso et al., 2025].

Emerging mycotoxins. Enniatins (ENNA, ENNA1, ENNB and ENNB1) and beauvericin (BEA) have been found in European sea bass, gilthead sea bream (*Sparus aurata*) and Atlantic salmon. ENNB often exhibited the highest prevalence, with tissue concentrations reaching 119 µg/kg in certain cases [Tolosa et al., 2014, 2017]. These cyclic hexadepsipeptide compounds are produced mainly by *Fusarium* species and are characterised by ionophoric activity, which may disrupt cellular ion homeostasis. Their lipophilic nature may explain their deposition in fatty tissues, such as those of salmon. Preliminary toxicological evidence suggests potential cytotoxic, immunomodulatory and pro-oxidative effects, although data on these effects in marine fish remain limited [Vulić et al., 2025; Lorusso et al., 2025]. Similarly, data on *Alternaria* toxins, such as

alternariol (AOH) and alternariol monomethyl ether (AME), in marine fish is extremely limited. In light of the growing presence of *Alternaria*-derived metabolites in plant-based feeds, further research is required to evaluate their potential for bioaccumulation, metabolic transformation, and the associated implications for the safety of marine aquaculture products [Scott et al., 2012; Marin et al., 2024].

Toxicological profile of emerging mycotoxins. Although *in vivo* data on fish are scarce, extensive *in vitro* studies provide valuable insight into the mechanisms of toxicity of emerging mycotoxins. Most of the available evidence comes from mammalian cell culture models. While these are not fully representative of aquatic species, they do allow the identification of conserved cellular targets, such as mitochondria, oxidative stress pathways and DNA integrity mechanisms. Notably, these compounds are often found together in feed, raising concerns about their combined toxicity.

Beauvericin (BEA). Beauvericin is a cyclic hexadepsipeptide primarily produced by *Fusarium* species. It exhibits strong cytotoxicity in multiple cell lines, including Caco-2, HepG2, Jurkat T-cells, dendritic cells and ovarian cells [Ferrer et al., 2009; Prosperini et al., 2013; Mallebrera et al., 2014]. IC_{50} values generally fall within the low micromolar range (1-12 µM), indicating considerable biological potency. Mechanisms of action include: generation of reactive oxygen species (ROS), lipid peroxidation, apoptosis and cell cycle arrest, and mitochondrial dysfunction [Lin et al., 2005; Wätjen et al., 2014; Juan-García et al., 2019]. BEA acts as an ionophore, forming complexes with cations (e.g. Ca^{2+}, Na^{+} and K^{+}) and thereby disrupting cellular ion homeostasis and mitochondrial membrane potential. The EFSA concluded that BEA is not directly genotoxic; the observed DNA damage appears to be a consequence of oxidative stress and indirect mechanisms [Knutsen et al., 2024]. However, uncertainties remain regarding chronic low-dose exposure and potential immunomodulatory effects, particularly in scenarios involving co-exposure to other *Fusarium* toxins.

Enniatins (ENNs). Structurally related to BEA, enniatins (ENNA, ENNA1, ENNB and ENNB1) demonstrate dose- and time-dependent cytotoxicity in intestinal, hepatic, immune and neural cell models [Meca et al., 2011; Prosperini et al., 2013; Fernández-Blanco et al., 2016]. ENNA1 generally exhibits the greatest potency. Reported IC_{50} values range from 2 to 12 µM, depending on the cell type and exposure duration. Mechanisms include ROS production, apoptosis induction and disruption of ion homeostasis [Jonsson et al., 2016; Krug et al., 2018]. Similar to BEA, enniatins exhibit ionophore properties, facilitating transmembrane cation transport and leading to mitochondrial depolarisation, ATP depletion and activation of the intrinsic apoptotic pathway [De Felice et al., 2023]. Additionally, there is evidence to suggest that they may modulate inflammatory signalling pathways and impair epithelial barrier integrity in intestinal models [Bertero et al., 2020]. Despite increasing detection in food and feed, no maximum levels have yet been specified in EU legislation due to limited *in vivo* toxicity data and insufficient exposure assessment.

Alternaria toxins (AOH and AME). Produced by *Alternaria* species, these toxins exert cytotoxic effects in both tumour and normal cell lines, including HepG2, Caco-2, GES-1 and PC-3 cells [den Hollander et al., 2022; Urbanek et al., 2023; Lin et al.,

2023]. AME is often more potent than AOH. The mechanisms involved include DNA strand breaks, topoisomerase inhibition, activation of the p53-mediated DNA damage response and oxidative stress [Mahmoud et al., 2021; Lin et al., 2023]. Both AOH and AME have demonstrated genotoxic potential *in vitro*, including clastogenic effects and interference with DNA repair processes. This raises concerns regarding long-term carcinogenic risk [Mahmoud et al., 2021; Urbanek et al., 2023; Lin et al., 2023]. However, human bioaccumulation data for *Alternaria* toxins are currently unavailable. Similarly, *in vivo* data in fish are extremely limited, preventing a robust characterisation of the risk to aquatic species and consumers. Further toxicokinetic, bioaccumulation and mixture toxicity studies are needed to clarify their safety profile in aquaculture contexts.

The toxicological relevance and regulatory oversight of mycotoxins detected in aquaculture can differ substantially depending on whether they are classified as regulated, emerging or *Alternaria*-derived compounds. The following comparative overview summarises the current knowledge gaps, regulatory status and evidence of carry-over into fish tissues within the context of the European Union (Table 1).

Table 1. Comparative overview of regulatory status, occurrence, carry-over, and toxicological evidence of regulated and emerging mycotoxins in aquaculture

Aspect	**Regulated Mycotoxins (AFB1, OTA, DON, ZEN)**	**Emerging Mycotoxins (BEA, ENNs)**	***Alternaria* Toxins (AOH, AME)**
Regulatory status (EU)	Partially regulated	Not regulated	Not regulated
Occurrence in aquafeed	Frequent	Increasingly reported	Limited data
Carry-over to fish	Documented	Species-dependent	Insufficient data
Toxicity evidence	*In vivo* and *in vitro*	Mostly *in vitro*	Mostly *in vitro*
Genotoxicity	AFB1: carcinogenic	Limited evidence	DNA damage mechanisms reported
Risk assessment	Partial	Insufficient data	Insufficient data

Mycotoxins such as aflatoxin B1, ochratoxin A, deoxynivalenol and zearalenone are regulated within the European Union, with maximum or guidance levels established for them in food and feed. AFB1 is strictly regulated due to its well-established carcinogenicity, while guidance values exist for DON, ZEN and fumonisins in feedstuffs, including fish feed. By contrast, emerging mycotoxins such as beauvericin and enniatins, and *Alternaria* toxins such as AOH and AME, are not currently regulated at EU level due to a lack of toxicological and exposure data [Vulić et al., 2025; Lorusso et al., 2025].

Conclusions. Contamination of aquaculture feed and fish products by mycotoxins represents an evolving and multifaceted food safety challenge. The growing global dependence on plant-based feed ingredients has exacerbated the risk of exposure to

multiple mycotoxins in both freshwater and marine aquaculture systems. Feed remains the main source of contamination, especially given the progressive replacement of fishmeal and fish oil with cereal- and oilseed-derived components.

The carry-over of regulated mycotoxins, especially aflatoxin B1 (AFB1), ochratoxin A (OTA), deoxynivalenol (DON) and zearalenone (ZEN), into fish tissues has been documented. However, residue levels are highly variable and are influenced by species, exposure duration, feed composition and metabolic capacity. The liver is consistently identified as the primary target organ, whereas muscle residues are generally lower, yet still relevant for assessing consumer exposure.

Emerging mycotoxins, including beauvericin (BEA) and enniatins (ENNs), are prevalent in aquafeeds and are occasionally detected in fish tissues. However, they remain unregulated at EU level. Their lipophilic and ionophoric properties, combined with evidence of cytotoxicity, oxidative stress induction and mitochondrial dysfunction, raise concerns regarding chronic low-dose exposure and potential mixture effects.

Currently, toxicological evidence is dominated by *in vitro* studies with limited *in vivo* validation in fish models. Long-term feeding trials, toxicokinetic investigations (absorption, distribution, metabolism and excretion) and mixture toxicity assessments are urgently needed to provide robust data for risk characterisation. The occurrence of masked or modified mycotoxins in fish tissues and their potential reconversion to parent toxins during digestion remain largely unexplored, constituting a major research gap.

The absence of harmonised maximum residue limits for mycotoxins in fish and fish products makes regulatory oversight more difficult. Although guidance values exist for certain mycotoxins in feed, the absence of specific limits for edible fish tissues creates a regulatory gap within the farm-to-fork continuum. To support future risk assessments and regulatory decision-making, harmonised monitoring strategies, validated multi-mycotoxin analytical methods (e.g. LC-MS/MS and HRMS) and integrated surveillance programmes are urgently required.

In light of the projected growth in global aquaculture, it is crucial to systematically investigate the occurrence of mycotoxins, their toxicokinetics, their potential for bioaccumulation, and their cumulative dietary exposure, in order to safeguard fish health, ensure the sustainability of the industry, and protect consumers. A coordinated approach that integrates feed control, environmental monitoring, toxicological research and regulatory harmonisation will be critical for the effective, long-term management of risks in the aquaculture sector.

Acknowledgements. The authors wish to sincerely thank CRASP and Elsevier for providing scholarships that enhance the research capacity of Ukrainian Ph.D. students and academics. This support was crucial in enabling us to conduct the present study at the Institute of Biology, Pomeranian University in Słupsk. We are very grateful for the opportunity to conduct our research in such a stimulating scientific environment, and for the institutional support that contributed greatly to the successful completion of this work.

References

1. Abdel Rahman, A. N., Abdellatief, S. A., & Mahboub, H. H. H. (2017). Protection of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from aflatoxin B1 toxicity by dietary supplementation with fennel essential oil and *Saccharomyces cerevisiae*. *Egyptian Journal of Aquatic Research*, 43, 235–240.
2. Adeyemo, B. T., Tiamiyu, L. O., Ayuba, V. O., Musa, S., & Odo, J. (2018). Effects of dietary mixed aflatoxin B1 and fumonisin B1 on growth performance and haematology of juvenile *Clarias gariepinus* catfish. *Aquaculture*, 491, 190–196.
3. Awuchi, C. G., Ondari, E. N., Ogbonna, C. U., Upadhyay, A. K., Baran, K., Okpala, C. O. R., Korzeniowska, M., & Guiné, R. P. F. (2021). Mycotoxins Affecting Animals, Foods, Humans, and Plants: Types, Occurrence, Toxicities, Action Mechanisms, Prevention, and Detoxification Strategies-A Revisit. *Foods (Basel, Switzerland)*, 10(6), 1279. https://doi.org/10.3390/foods10061279.
4. Ayyat, D. M., Abd Rhman, G. A., El-Marakby, H. I., Mahmoud, H. K., & Hessan, A. A. (2013). Reduction of aflatoxin toxicity in Nile tilapia fish. *Egyptian Journal of Nutrition and Feeds*, 16, 469–479.
5. Bernhoft, A., Høgåsen, H. R., Rosenlund, G., Ivanova, L., Berntssen, M. H., Alexander, J., Eriksen, G. H., & Fæste, C. K. (2017). Tissue distribution and elimination of deoxynivalenol and ochratoxin A in dietary-exposed Atlantic salmon (*Salmo salar*). *Food Additives & Contaminants: Part A*, 34(7), 1211–1224.
6. Bertero, A., Fossati, P., Tedesco, D. E. A., & Caloni, F. (2020). Beauvericin and Enniatins: *In Vitro* Intestinal Effects. *Toxins*, 12(11), 686. https://doi.org/10.3390/toxins12110686.
7. Berthiller, F., Crews, C., Dall'Asta, C., De Saeger, S., Haesaert, G., Karlovsky, P., Oswald, I. P., Seefelder, W., Speijers, G., & Stroka, J. (2013). Masked mycotoxins: A review. *Molecular Nutrition & Food Research*, 57(1), 165–186. https://doi.org/10.1002/mnfr.201100764.
8. Bittner, M., Brzuzan, P., & Woźny, M. (2026). Occurrence of mycotoxins in fish feed and its consequences for aquaculture with special regard to the role of insect products. *Mycotoxin research*, 42(1), 20. https://doi.org/10.1007/s12550-025-00628-8.
9. Casu, A., Camardo Leggieri, M., Toscano, P., & Battilani, P. (2024). Changing climate, shifting mycotoxins: A comprehensive review of climate change impact on mycotoxin contamination. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 23(2), e13323. https://doi.org/10.1111/1541-4337.13323.
10. Chávez-Sánchez, M. C., Martínez-Palacios, C. A., & Osorio-Moreno, I. (1994). Pathological effects on feeding young *Oreochromis niloticus* diets supplemented with different levels of aflatoxin B1. *Aquaculture*, 127, 49–60.
11. De Felice, B., Spicer, L. J., & Caloni, F. (2023). Enniatin B1: Emerging Mycotoxin and Emerging Issues. *Toxins*, 15(6), 383. https://doi.org/10.3390/toxins15060383.
12. den Hollander, D., Holvoet, C., Demeyere, K., De Zutter, N., Audenaert, K., Meyer, E., & Croubels, S. (2022). Cytotoxic Effects of Alternariol, Alternariol Monomethyl-Ether, and Tenuazonic Acid and Their Relevant Combined Mixtures on Human Enterocytes and Hepatocytes. *Frontiers in microbiology*, 13, 849243. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.849243.

13. Deng, Y., Wang, Y., Deng, Q., Sun, L., Wang, R., Wang, X., Liao, J., & Gooneratne, R. (2020). Simultaneous quantification of aflatoxin B1, T-2 toxin, ochratoxin A and deoxynivalenol in dried seafood products by LC-MS/MS. *Toxins*, 12(8), 488. https://doi.org/10.3390/toxins12080488.
14. Deng, Y., Wang, Y., Deng, Q., Sun, L., Wang, R., Ye, L., & Gooneratne, R. (2021). Fungal diversity and mycotoxin contamination in dried fish products in Zhanjiang market, China. *Food Control*, 121, 107614. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107614.
15. El-Sayed, Y. S., & Khalil, R. H. (2009). Toxicity, biochemical effects and residue of aflatoxin B1 in marine water-reared sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Food and Chemical Toxicology*, 47(7), 1606–1609. https://doi.org/10.1016/j.fct.2009.04.040
16. Eskola, M., Kos, G., Elliott, C. T., Hajšlová, J., Mayar, S., & Krska, R. (2020). Worldwide contamination of food-crops with mycotoxins: Validity of the widely cited "FAO estimate" of 25%. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 60(16), 2773–2789. https://doi.org/10.1080/10408398.2019.1658570.
17. European Commission. (2006). Commission Recommendation 2006/576/EC on the presence of deoxynivalenol, zearalenone, ochratoxin A, T-2 and HT-2 and fumonisins in products intended for animal feeding. *Official Journal of the European Union*, L229, 7–9.
18. Fernández-Blanco, C., Font, G., & Ruiz, M. J. (2016). Interaction effects of enniatin B, deoxinivalenol and alternariol in Caco-2 cells. *Toxicology letters*, 241, 38–48. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2015.11.005.
19. Ferrer, E., Juan-García, A., Font, G., & Ruiz, M. J. (2009). Reactive oxygen species induced by beauvericin, patulin and zearalenone in CHO-K1 cells. *Toxicology in vitro: an international journal published in association with BIBRA*, 23(8), 1504–1509. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2009.07.009.
20. Gomes, L. A., de Godoy, S. H. S., de Castro Burbarelli, M. F., Chaguri, M. P., de Sousa, R. L. M., & Fernandes, A. M. (2021). Fish feed mycobiota and aflatoxins in round fish tissue. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 102, 1391–1396.
21. Huang, Y., Han, D., Zhou, X., Yang, Y., Jin, J., Chen, Y., & Xie, S. (2011). Response and recovery of gibel carp from subchronic oral administration of aflatoxin B1. *Aquaculture*, 319, 89–97.
22. Hussain, D., Mateen, A., & Gatlin, D. M. (2017). Alleviation of aflatoxin B1 (AFB1) toxicity by calcium bentonite clay: Effects on growth performance, condition indices and bioaccumulation of AFB1 residues in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Aquaculture*, 475, 8–15.
23. Jonsson, M., Jestoi, M., Anthoni, M., Welling, A., Loivamaa, I., Hallikainen, V., Kankainen, M., Lysøe, E., Koivisto, P., & Peltonen, K. (2016). *Fusarium* mycotoxin enniatin B: Cytotoxic effects and changes in gene expression profile. *Toxicology in vitro: an international journal published in association with BIBRA*, 34, 309–320. https://doi.org/10.1016/j.tiv.2016.04.017.
24. Juan-García, A., Tolosa, J., Juan, C., & Ruiz, M. J. (2019). Cytotoxicity, Genotoxicity and Disturbance of Cell Cycle in HepG2 Cells Exposed to OTA and

BEA: Single and Combined Actions. *Toxins*, 11(6), 341. https://doi.org/10.3390/toxins11060341.

25. Knutsen, H. K., Åkesson, A., Bampidis, V., Bodin, L., Chipman, J. K., Degen, G., Hernández-Jerez, A., Hofer, T., Hogstrand, C., Landi, S., … (2024). Genotoxicity of beauvericin. *EFSA Journal*, 22, e9031.
26. Koletsi, P., Schrama, J. W., Graat, E. A. M., Wiegertjes, G. F., Lyons, P., & Pietsch, C. (2021). The Occurrence of Mycotoxins in Raw Materials and Fish Feeds in Europe and the Potential Effects of Deoxynivalenol (DON) on the Health and Growth of Farmed Fish Species – A Review. *Toxins*, 13(6), 403. https://doi.org/10.3390/toxins13060403.
27. Krug, I., Behrens, M., Esselen, M., & Humpf, H.-U. (2018). Transport of enniatin B and enniatin B1 across the blood–brain barrier and hints for neurotoxic effects in cerebral cells. *PLoS ONE*, 13, e0197406.
28. Lin, H. I., Lee, Y. J., Chen, B. F., Tsai, M. C., Lu, J. L., Chou, C. J., & Jow, G. M. (2005). Involvement of Bcl-2 family, cytochrome c and caspase 3 in induction of apoptosis by beauvericin in human non-small cell lung cancer cells. *Cancer letters*, 230(2), 248–259. https://doi.org/10.1016/j.canlet.2004.12.044.
29. Lin, H., Jia, B., & Wu, A. (2023). Cytotoxicities of Co-occurring alternariol, alternariol monomethyl ether and tenuazonic acid on human gastric epithelial cells. *Food and chemical toxicology : an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 171, 113524. https://doi.org/10.1016/j.fct.2022.113524.
30. Lorusso, P., Rusco, G., Manfredi, A., Iaffaldano, N., Di Pinto, A., & Bonerba, E. (2025). Emerging Mycotoxins in Aquaculture: Current Insights on Toxicity, Biocontrol Strategies, and Occurrence in Aquafeed and Fish. *Toxins*, 17(7), 356. https://doi.org/10.3390/toxins17070356.
31. Mahmoud, M. M., Abdel-Razek, A. S., Soliman, H. S. M., Ponomareva, L. V., Thorson, J. S., Shaaban, K. A., & Shaaban, M. (2021). Diverse polyketides from the marine endophytic *Alternaria* sp. LV52: Structure determination and cytotoxic activities. *Biotechnology reports (Amsterdam, Netherlands)*, 33, e00628. https://doi.org/10.1016/j.btre.2021.e00628.
32. Mallebrera, B., Font, G., & Ruiz, M. J. (2014). Disturbance of antioxidant capacity produced by beauvericin in CHO-K1 cells. *Toxicology letters*, 226(3), 337–342. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.02.023.
33. Marin, D. E., Grosu, I. A., Pistol, G. C., Bulgaru, C. V., Pertea, A. M., & Taranu, I. (2024). The Combined Effect of Two *Alternaria* Mycotoxins (Alternariol and Alternariol Monomethyl Ether) on Porcine Epithelial Intestinal Cells. *Agriculture*, 14(9), 1478. https://doi.org/10.3390/agriculture14091478.
34. Marín-Sáez, J., Álvarez-Romero, M., López-Ruiz, R., García-Campaña, A. M., Sáez, M. I., Gámiz-Gracia, L., Garrido Frenich, A., & Hernández-Mesa, M. (2025). Simultaneous determination of mycotoxins and pesticides by UHPLC-HRMS in aquaculture feed from intensive farms. *Microchemical Journal*, 219, 116043. https://doi.org/10.1016/j.microc.2025.116043.
35. Meca, G., Font, G., & Ruiz, M. J. (2011). Comparative cytotoxicity study of enniatins A, A_1, A_2, B, B_1, B_4 and J_3 on Caco-2 cells, Hep-G_2 and HT-29. *Food and*

chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association, 49(9), 2464–2469. https://doi.org/10.1016/j.fct.2011.05.020.

36. Meucci, V., Armani, A., Tinacci, L., Guardone, L., Battaglia, F., & Intorre, L. (2021). Natural occurrence of ochratoxin A (OTA) in edible and non-edible tissue of farmed gilthead seabream (*Sparus aurata*) and European seabass (*Dicentrarchus labrax*) sold on the Italian market. *Food Control*, 120, 107537. https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2020.107537.
37. Oliveira, M., & Vasconcelos, V. (2020). Occurrence of Mycotoxins in Fish Feed and Its Effects: A Review. *Toxins*, 12(3), 160. https://doi.org/10.3390/toxins12030160.
38. Omotayo, O. P., Omotayo, A. O., Mwanza, M., & Babalola, O. O. (2019). Prevalence of Mycotoxins and Their Consequences on Human Health. *Toxicological research*, 35(1), 1–7. https://doi.org/10.5487/TR.2019.35.1.001.
39. Pietsch, C., Kersten, S., Burkhardt-Holm, P., Valenta, H., & Dänicke, S. (2013). Occurrence of deoxynivalenol and zearalenone in commercial fish feed: An initial study. *Toxins*, 5(1), 184–192. https://doi.org/10.3390/toxins5010184.
40. Pietsch, C., Kersten, S., Valenta, H., Dänicke, S., Schulz, C., Burkhardt-Holm, P., & Junge, R. (2015). Effects of dietary exposure to zearalenone (ZEN) on carp (*Cyprinus carpio* L.). *Toxins*, 7, 3465–3480.
41. Popescu, R. G., Rădulescu, A. L., Georgescu, S. E., & Dinischiotu, A. (2022). Aflatoxins in Feed: Types, Metabolism, Health Consequences in Swine and Mitigation Strategies. *Toxins*, 14(12), 853. https://doi.org/10.3390/toxins14120853.
42. Prosperini, A., Juan-García, A., Font, G., & Ruiz, M. J. (2013). Beauvericin-induced cytotoxicity via ROS production and mitochondrial damage in Caco-2 cells. *Toxicology letters*, 222(2), 204–211. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.07.005.
43. Prosperini, A., Juan-García, A., Font, G., & Ruiz, M. J. (2013). Reactive oxygen species involvement in apoptosis and mitochondrial damage in Caco-2 cells induced by enniatins A, A_1, B and B_1. *Toxicology letters*, 222(1), 36–44. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2013.07.009.
44. Rajeev Raghavan, P., Zhu, X., Lei, W., Han, D., Yang, Y., & Xie, S. (2011). Low levels of aflatoxin B1 could cause mortalities in juvenile hybrid sturgeon, *Acipenser ruthenus* ♂ × *A. baeri* ♀. *Aquaculture Nutrition*, 17, e39–e47.
45. Sahoo, P. K., Mukherjee, S. C., Nayak, S. K., & Dey, S. (2001). Acute and subchronic toxicity of aflatoxin B1 to rohu, *Labeo rohita* (Hamilton). *Indian Journal of Experimental Biology*, 39, 453–458.
46. Scott, P. M., Zhao, W., Feng, S., & Lau, B. P. (2012). *Alternaria* toxins alternariol and alternariol monomethyl ether in grain foods in Canada. *Mycotoxin research*, 28(4), 261–266. https://doi.org/10.1007/s12550-012-0141-z.
47. Suzy, S. K., Thomas, E. E., Raphael, K. J., Christelle, T. T., Peguy, T. A., & Joseph, T. (2017). Effect of aflatoxin B1 on growth performance of *Clarias gariepinus* fry (Burchell, 1822) in West Cameroon. *International Journal of Agriculture and Agricultural Research*, 10, 33–41.

48. Tolosa, J., Font, G., Mañes, J., & Ferrer, E. (2014). Natural occurrence of emerging *Fusarium* mycotoxins in feed and fish from aquaculture. *Journal of agricultural and food chemistry*, 62(51), 12462–12470. https://doi.org/10.1021/jf5036838.
49. Tolosa, J., Font, G., Mañes, J., & Ferrer, E. (2017). Mitigation of enniatins in edible fish tissues by thermal processes and identification of degradation products. *Food and chemical toxicology: an international journal published for the British Industrial Biological Research Association*, 101, 67–74. https://doi.org/10.1016/j.fct.2016.12.039.
50. Urbanek, K. A., Kowalska, K., Habrowska-Górczyńska, D. E., Kozieł, M. J., Domińska, K., & Piastowska-Ciesielska, A. W. (2023). Revealing the Role of Alternariol in the Local Steroidogenesis in Human Prostate Normal and Cancer Cells. *International journal of molecular sciences*, 24(11), 9513. https://doi.org/10.3390/ijms24119513.
51. Vulić, A., Kudumija, N., Šegvić-Bubić, T., & Lešić, T. (2025). Mycotoxins in Fish Aquaculture-Occurrence and Future Perspective. *Foods (Basel, Switzerland)*, 14(24), 4301. https://doi.org/10.3390/foods14244301.
52. Waśkiewicz, A., Gromadzka, K., Bocianowski, J., Pluta, P., & Goliński, P. (2012). Zearalenone contamination of the aquatic environment as a result of its presence in crops. *Arhiv za Higijenu Rada i Toksikologiju*, 63(4), 429–434. https://doi.org/10.2478/10004-1254-63-2012-2183.
53. Wätjen, W., Debbab, A., Hohlfeld, A., Chovolou, Y., & Proksch, P. (2014). The mycotoxin beauvericin induces apoptotic cell death in H4IIE hepatoma cells accompanied by an inhibition of NF-κB-activity and modulation of MAP-kinases. *Toxicology letters*, 231(1), 9–16. https://doi.org/10.1016/j.toxlet.2014.08.021.
54. Woźny, M., Dobosz, S., Hliwa, P., Gomułka, P., Król, J., Obremski, K., Blahová, J., Svobodová, Z., Michalik, O., & Ocalewicz, K. (2020). Feed-borne exposure to zearalenone impairs reproduction of rainbow trout. *Aquaculture*, 528, 735522.
55. Woźny, M., Obremski, K., Jakimiuk, E., Gusiatin, M., & Brzuzan, P. (2013). Zearalenone contamination in rainbow trout farms in north-eastern Poland. *Aquaculture*, 416, 209–211.

Адвентивна флора Закарпаття: узгодження спірних питань підходів і методик для вивчення адвентивних фракцій регіональних флор

Єва Андрик[1], Іштван Гаднадь[1], Ержебет Когут[1], Степан Коложварі[1], Віра Протопопова[1], Габріелла Такач[1], Мирослав Шевера[2,1]

[1]Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II, Берегово, Україна,
andrik.eva@kmf.org.ua, hadnagy.istvan@kmf.org.ua, kohut.erzsebet@kmf.org.ua, kolozsvari.istvan@kmf.org.ua, takacs.gabriella@kmf.org.ua
[2]Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ, Україна,
shevera.myroslav@ukr.net

Вплив видів адвентивних рослин на природні компоненти екосистем визнано однією з серйозних загроз біорізноманіттю. Вивчення їхніх хорологічних та еколого-фітоценотичних особливостей на регіональному рівні є однією з необхідних умов для виконання Україною положень «Convention on Biological Diversity», «Global Strategy on Invasive Alien Species», «European Strategy on Invasive Alien Species» та інших міжнародних і національних природоохоронних документів. У зв'язку з цим актуальними є інвентаризаційні та моніторингові дослідження, спрямовані на з'ясування стану видів чужорідних рослин і розробку ефективних заходів їхнього контролю.

Закарпаття є одним із найбільш цікавих і флористично багатих регіонів України. Історія дослідження його рослинного покриву налічує понад 200 років. Отримані результати періодично узагальнювалися у флористичних зведеннях та визначниках, спеціальних наукових працях. Водночас адвентивна фракція флори регіону як окрема, найбільш динамічна група донині не була предметом спеціального комплексного дослідження.

Першим етапом з'ясування стану видів адвентивної фракції флори певного регіону є складання списків та/або анотованих конспектів, які ґрунтуються на єдиних методичних підходах із застосуванням уніфікованої термінології та класифікаційних схем. Такий підхід забезпечує стандартизацію відомостей і дозволяє здійснювати їхнє порівняння з даними інших регіонів, що має особливе значення для прикордонних територій. У 2025 р. авторським колективом розпочато спеціальне дослідження групи чужорідних видів регіону в межах виконання науково-дослідної теми «Створення анотованого кадастру чужорідних видів рослин Закарпаття як основа моніторингу та розробки заходів контролю», що реалізується в Закарпатському угорському університеті імені Ференца Ракоці II.

Збирається, узагальнюється та аналізуються вітчизняні та зарубіжні флористичні, геоботанічні та таксономічні публікації по флорі Закарпаття, в яких подана різноманітна інформація про види адвентивних рослин регіону. До аналізу залучено як ранні, так і сучасні флористичні праці, наприклад, Sadler, 1845; Kanitz, 1862; Kitaibel, 1865; Magocsy-Dietz, 1882; Маргіттай, 1923, 2010; Hrabar, 1940; Флора УРСР, 1935–1965; Simonkai, 1942; Ubrizsy, 1942; Попов, 1949; Руденко та ін., 1951, 1954; Игошина, 1955; Фодор, 1956, 1974; Комендар та ін., 1988, Пригара, 1995, Федорончук 2022–2025, а також загальноукраїнські та

регіональні зведення по флорі, наприклад, Визначник рослин України (1950, 1965), Бур'яни України (1970), Визначник рослин Українських Карпат (1977), Хорология флоры Украины (1986), Определитель высших растений Украины (1987), Vascular Plants of Ukraine: a nomenclatural checklist (Mosyakin, Fedoronchuk, 1999), Екофлора України (Дідух та ін., 2000–2010), Флора Українських Карпат (Чопик, Федорончук, 2015). Крім того, враховано спеціальні праці з проблематики адвентивної фракції флори України (Протопопова, 1991; Protopopova, Shevera, 2014, 2025), а також інші релевантні джерела. Джерельною базою дослідження стали також опрацьовані вітчизняні (KW, LWU, LWS, LWKS, UU, KMF, CHER) та зарубіжні (BP, PR, PRC, KRA, KRAM) гербарні колекції, у фондах яких зберігаються історичні матеріали з регіону дослідження. Крім того, узагальнюється інформація з відкритих електронних баз даних — iNaturalist, Global Biodiversity Information Facility (GBIF) та Ukrainian Biodiversity Information Network (UkrBIN).

На підставі результатів попередніх опрацювань узагальнено основну синоніміку таксонів аналізованої групи та сформовано попередній перелік видів судинних рослин адвентивної фракції флори Закарпаття. Узгоджено відомості про види аналізованої фракції флори Закарпаття з відповідними даними, наведеними у переліках чужорідних таксонів прикордонних із регіоном територій Східної Європи. Підставою для такого перегляду стало уточнення природних ареалів видів, їхньої екологічної та ценотичної приуроченості, аналіз археоботанічних матеріалів і сучасних даних щодо поширення, номенклатурні зміни, а також гармонізація їхнього статусу, хроноелементу та первинного ареалу відповідно до підходів, прийнятих у країнах, що межують з Україною (Tokarska-Guzik, 2010; Sîrbu, Oprea, 2011; Medvecká et al., 2012; Pyšek et al., 2022; Csiky et al., 2023; Kalusová et al., 2024). Зокрема переглянуто приналежність окремих видів, які раніше розглядалися у складі природної фракції флори (апофіти), та уточнено їхній сучасний статус. Назви таксонів (вид, підвид, різновидність, форма) та їхній обсяг стандартизовано відповідно до номенклатури електронного ресурсу «Plant of the World» (POWO).

Розроблено структуру бази даних «Адвентивна флора Закарпаття», яка містить наступні інформаційні блоки: назва виду, родина, хроноелемент, для кенофітів час первинної фіксації, первинний ареал (походження), спосіб занесення, ступінь натуралізації в регіоні, життєва форма, екологічна приуроченість, ступінь інвазійності, літературні джерела. База даних постійно поповнюється.

Антропогенна трансформація флористичного різноманіття арен річок Північного степового Придніпров'я

Борис Барановський**, Ліна Кармизова**, Олег Дідур**, Алла Кулік**, Ірина Іванько**, Микола Чабан**

**Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпро, Україна, boris.baranovski@ukr.net*

***Дніпропетровське відділення Українського ботанічного товариства, Дніпро, Україна, mycolach@ukr.net*

Сучасний стан рослинного покриву Степової зони України характеризується глибокою трансформацією під впливом інтенсивного антропогенного навантаження, що зумовлює необхідність детального аналізу динамічних процесів у вразливих екосистемах. Серед ландшафтів Північного Степового Придніпров'я особливе місце займають арени (піщані тераси) річок – специфічні екотопи з унікальними абіотичними умовами. Вони виконують функцію стратегічних екологічних коридорів в системі екомережі України. Актуальність дослідження антропогенної динаміки флори цих територій зумовлена необхідністю оцінки стійкості псамофітних комплексів в умовах сучасного техногенного, урбаністичного та мілітарного пресингу.

Особливий науковий інтерес становить порівняльний аналіз флористичного складу аренного ландшафту р. Самара (проєктованого НПП «Самарський бір»), що є мінімально антропогенно трансформованим, із флорою піщаних терас р. Дніпро у межах міста Дніпро (лівобережжя), які зазнали значного антропогенного впливу з другої половини XIX ст. Оскільки аренні ландшафти не зазнають впливу заплавного чинника (рівня та тривалості повені), можливим є порівняння флори біотопів арен середньої та великої річок.

Регіональна специфіка трансформації цих долин демонструє складну мозаїку чинників. Якщо для арени р. Самара останніми роками фіксується проникнення окремих адвентивних видів, то для урбанізованої арени р. Дніпро цей процес набув масштабного характеру, спричиняючи біологічне забруднення. Багаторічний антропогенний вплив призвів до істотного збіднення флористичного різноманіття, скорочення раритетної фракції та зростання частки адвентивних видів.

Ситуація з антропогенної трансформації флори ускладнюється прогресуючою кліматичною аридизацією регіону. У поєднанні з антропогенним пресингом та мілітарними порушеннями вона підсилює дефіцит вологи в біотопах арен, пришвидшує скорочення мезофітних елементів та сприяє ксерофітизації рослинного покриву. З огляду на те, що піщані тераси залишаються останніми резерватами для низки созологічно цінних псамофітів, вивчення їхньої динаміки є критично важливим для розроблення стратегій повоєнного відновлення ландшафтів.

Аналіз флори досліджених арен засвідчив, що найбільше флористичне різноманіття зафіксовано в борах (157 видів), луках (153 види) та піщаному степу (140 видів). Найбільша кількість видів на арені р. Самара відзначена в борах –

149 видів. Загалом флора арени р. Самара за видовим складом у більшості біотопів є багатша порівняно з флорою арени р. Дніпро (Таблиця 1).

Таблиця 1 – Порівняльний аналіз флори біотопів арен із різним ступенем антропогенної трансформації

Біотопи*	Бори Д2.2.4 G3.42	Осиково-березові ліси Д1.5.2 G1.9	Вільхові ліси Д1.7.1 G1.4	Піщаний степ Т1.1.2 Е1.9А	Луки Т1.1. Т1.9	Болота Б2.2.1 D5.1	Водойми В1.1.2 С1.2
Кількість видів на арені р. Самара	306	59	66	200	167	89	73
Кількість видів на арені р. Дніпро	175	32	41	149	176	58	55

Примітка. *Класифікація типів оселищ здійснена відповідно до систематики, запропонованої у працях Davies et al. (Davies C.E., Moss D. & Hill M.O. (2004). EUNIS habitat classification revised 2004. Available at: https://www.researchgate.net/publication/238708061_EUNIS_habitat_classification_revised_2004) та Національного каталогу біотопів України (2018).*

Раритетна фракція флори арени р. Самари налічує 99 видів. На арені р. Дніпро внаслідок багаторічної антропогенної трансформації збереглося лише 17 раритетних видів. Аналіз флори за раритетною складовою показав, що серед флори досліджених арен трапляються три види з Європейського Червоного списку: *Senecio borysthenicus* (DC.) Andrz. ex Czern., *Tragopogon ucrainicus* Artemcz. та *Rumex ukrainicus* Fisch. ex Spreng. Вид *Alyssum savranicum* Andz. ex Besser (Європейський Червоний список) виявлено лише на арені р. Дніпро, тоді як *Eremogone rigida* (M. Bieb.) Fenzl (Світовий Червоний список) – лише на арені р. Самара. Загалом на арені р. Самара зафіксовано 21 вид з Червоної книги України, тоді як на арені р. Дніпро – лише 2 види. До Червоного списку Дніпропетровської області належать 99 видів судинних рослин арени р. Самара та 17 видів арени р. Дніпро.

Адвентивна фракція флори складає 101 вид, з яких 76 видів зафіксовано на арені р. Самара та 91 вид – на арені р. Дніпро.

Інвазійні види (*Phalacroloma annuum* (L.) Dumort., *Solidago canadensis* L., *Elaeagnus angustifolia* L., *Amorpha fruticosa* L., *Ailanthus altissima* (Mill.) *Ulmus pumila* L. Swingle) поширені головним чином на арені Дніпро. Винятком є *Asclepias syriaca* L., який нині активно зустрічається і на арені р. Самара.

Таким чином, порівняльний аналіз флори біотопів арен із різним ступенем антропогенної трансформації засвідчив, що в умовах урбанізованого ландшафту (арена р. Дніпро) відбувається суттєве скорочення видового різноманіття майже в усіх біотопах, особливо в борах, осиково-березових та вільхових лісах.

Різноманіття раритетної фракції зменшується приблизно у шість разів, тоді як частка адвентивних видів зростає на 20 %.

Наукове значення роботи полягає у виявленні відмінностей між флористичним різноманіттям урбанізованих біотопів арени р. Дніпро та природних малотрансформованих територій долини р. Самара, що створює підґрунтя для прогнозування динаміки природних рослинних ресурсів і розвитку екомережі заповідних територій.

Водно-болотні угіддя Нижнього Дунаю для нашого майбутнього

Оксана Баштовенко
Ізмаїльський державний гуманітарний університет
м. Ізмаїл

Щороку людина крокує до обмеження своїх можливостей щодо екологічного використання природних ресурсів. Природне середовище і його різні осередки – потребують пильної уваги вже не задля використання, а для збереження. У лютому світова спільнота відзначає Всесвітній день водно-болотних угідь. Ця дата приурочена до підписання 2 лютого 1971 року в місті Рамсар міжнародної угоди – Рамсарська конвенція, яка стала фундаментальним міжнародним документом у сфері охорони та раціонального використання водно-болотних угідь (Convention on Wetlands, 2013). Основною метою Конвенції є збереження водно-болотних екосистем як середовищ існування водоплавних птахів та забезпечення їх сталого використання через поєднання місцевих, регіональних, національних і міжнародних заходів співпраці.

Відповідно до статті 1 Конвенції, водно-болотні угіддя – це райони маршів, боліт, драговин, торфовищ або водойм – природних чи штучних, постійних або тимчасових, стоячих чи проточних, прісних, солонкуватих або солоних, включаючи морські акваторії, глибина яких не перевищує шість метрів (Convention on Wetlands, 2013). Такий широкий підхід дозволяє охопити надзвичайно різноманітні екосистеми, які виконують критично важливі екологічні функції.

Екологічне та соціально-економічне значення водно-болотних угідь надзвичайно велике, оскільки вони є ключовими регуляторами гідрологічного режиму територій, забезпечують накопичення та очищення прісної води, фільтрацію поверхневого стоку, поповнення підземних водоносних горизонтів. Завдяки здатності акумулювати воду вони відіграють важливу роль у зменшенні ризиків повеней та посух, що особливо актуально в умовах глобальної зміни клімату (Convention on Wetlands, 2022).

Крім того, водно-болотні угіддя є потужними природними депо вуглецю, що сприяє зниженню концентрації парникових газів в атмосфері. Вони продукують кисень, підтримують біогеохімічні цикли та забезпечують стабільність кліматичних процесів. У глобальному масштабі ці екосистеми мають виняткове значення для підтримання біорізноманіття.

Соціально-економічна роль водно-болотних угідь також є надзвичайно важливою. Протягом тисячоліть вони використовуються для рибальства, аквакультури, сільського господарства, заготівлі природних ресурсів, рекреації та туризму. Значні бальнеологічні ресурси окремих угідь сприяють розвитку оздоровчої діяльності.

Разом із тим, за даними Глобального огляду стану водно-болотних угідь, з 1900 року світ втратив близько 64 % цих екосистем, а популяції прісноводних видів різко скоротилися (Convention on Wetlands, 2022). Деградація водно-болотних угідь призводить до втрати біорізноманіття, зменшення рибних ресурсів, погіршення якості води та зниження екосистемних послуг.

Оскільки Україна є Договірною Стороною Рамсарської конвенції та активно долучається до міжнародної системи охорони водно-болотних угідь, то на сьогодні до Переліку водно-болотних угідь міжнародного значення включено 33 українські об'єкти загальною площею близько 678 тис. га (Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України, 2021).

Особливе значення мають угіддя пониззя Дунаю, що розташовані в межах Дунайського біосферного заповідника в Одеській області. Цей регіон характеризується унікальним поєднанням заплавних озер, плавнів, гирлових систем та прибережних морських акваторій.

Заплавне озеро Картал розташоване в Ізмаїльському районі Одеської області у пониззі Дунаю входить до системи придунайських озер, що формують унікальний водно-болотний комплекс півдня України. Воно сполучене каналом із річкою Дунай, а протоками – з озерами Кугурлуй і Кагул, що забезпечує постійний водообмін, підтримання гідрологічного режиму та високу біопродуктивність екосистеми. Завдяки такому гідрологічному зв'язку озера відіграють важливу роль у регуляції рівня води під час весняних паводків і слугують природним буфером, який акумулює надлишкові води та зменшує ризики підтоплення прилеглих територій. Береги Карталу переважно низинні, заболочені, з добре розвиненою прибережно-водною рослинністю. Рослинні асоціації виконують не лише середовищетворювальну, а й водоочисну функцію, сприяють природній фільтрації води, осадженню завислих часток та акумуляції поживних речовин. Водночас густі зарості створюють оптимальні умови для нересту риб, розвитку безхребетних і гніздування водоплавних та навколоводних птахів.

Картал входить до зони міграційних шляхів птахів уздовж дельти Дунаю та є частиною екосистемного комплексу Дунайський біосферний заповідник. Тут гніздяться та зупиняються під час сезонних міграцій десятки видів птахів, зокрема чаплі, кулики, мартини, качині та крячки. Особливу увагу привертає крячок озерний (Sterna hirundo) – один із рекордсменів за дальністю міграцій серед птахів, що долає протягом року понад 70 000 км, здійснюючи трансконтинентальні перельоти між арктичними районами гніздування та зимівлею в Антарктиці. Така міграційна активність свідчить про глобальну екологічну цінність регіону, адже стан місцевих водно-болотних угідь безпосередньо впливає на популяції птахів міжнародного значення.

Заплавний характер водойми сприяє формуванню продуктивних кормових угідь для риби, особливо в період весняного розливу Дунаю.

Озеро Кугурлуй розташоване у цьому ж регіоні, має площу близько 82 км², середню глибину 0,8 - 1 м та максимальну – до 2,5 м. Воно належить до мілководних евтрофних водойм із повільною течією і значною площею заростей вищої водної рослинності, гідрологічно пов'язане з Дунаєм через систему протоків і каналів, що забезпечує сезонний водообмін та підтримує природну динаміку рівня води.

Береги Кугурлуя переважно низинні, заболочені, вкриті гідрофільною рослинністю, що виконує важливу екосистемну функцію: забезпечує природне

очищення води, стабілізує донні відклади, створює місця нересту риб та гніздування птахів, а також формує укриття для численних безхребетних.

Мілководдя та багата кормова база сприяють високій біопродуктивності озера, що історично зумовило його активне використання для рибальства.

Особливу природоохоронну цінність Кугурлуя становить єдина в Україні стабільна колонія червонокнижного кучерявого пелікана (Pelecanus crispus) – одного з найбільших літаючих птахів Європи з розмахом крил до 3 метрів.

Озеро також є місцем гніздування й міграційних зупинок для численних водоплавних, навколоводних птахів і виконує функцію важливого осередку підтримання біорізноманіття регіону та є складовою екологічної мережі дельти Дунаю, що входить до території Дунайського біосферного заповідника.

Кілійське гирло є одним із двох основних рукавів дельти Дунаю (поряд із Сулинським) і формує українську частину дельтової системи. Воно починається південно-західніше м. Ізмаїл у місці розгалуження русла Дунаю та впадає у Чорне море поблизу м. Вилкове. Гирло характеризується складною мережею проток, ериків, островів і заплавних ділянок, що створюють мозаїчну структуру біотопів – від відкритих водних плес до густих очеретяних масивів і піщаних кос. Долішня частина гирла входить до складу Дунайський біосферний заповідник, що має статус об’єкта міжнародного значення та є частиною світової мережі біосферних резерватів.

У Кілійському гирлі активне накопичуються алювіальні відкладення, утворення нових островів і прибережних територій. Регулярні паводки забезпечують оновлення ґрунтового покриву, насичення територій поживними речовинами та підтримання високої продуктивності екосистем. Завдяки цьому дельта Дунаю є однією з найдинамічніших і найпродуктивніших водно-болотних систем Європи.

Водно-болотні угіддя Кілійського гирла є місцем гніздування численних колоніальних птахів. Окрім гніздових популяцій, гирло є місцем формування великих кормових скупчень рожевого пелікана та інших водоплавних птахів. Мілководні ділянки, багаті на рибу й безхребетних, забезпечують стабільну кормову базу. Піщані коси та острови слугують безпечними місцями для відкладання яєць, оскільки ізольованість територій зменшує вплив хижаків і людського фактору.

Крім орнітологічного значення, Кілійське гирло має вагоме гідрологічне та кліматорегулювальне значення. Воно сприяє осадженню наносів, очищенню води перед її надходженням у Чорне море, підтримує стабільність берегової лінії та пом’якшує вплив штормових явищ. Заплавні території виконують функцію природного резервуара під час паводків, що знижує ризик підтоплення населених пунктів.

Станом на 2017 рік до Червоної книги України занесено 68 видів птахів. Багато з них охороняються Бернською, Боннською та Вашингтонською конвенціями. Таким чином, дельта Дунаю є одним із найцінніших орнітологічних регіонів Європи.

Попри високий природоохоронний статус, водно-болотні угіддя регіону зазнають значного антропогенного навантаження: рибальство, полювання, випас

худоби, рекреаційна діяльність. В умовах кліматичних змін і дефіциту прісної води значення цих екосистем для місцевого населення суттєво зростає. Зменшення стоку Дунаю, підвищення температури води та ерозійні процеси можуть впливати на структуру біотопів і чисельність видів. Тому збереження природної динаміки гирлової системи, посилення режиму охорони та проведення систематичного моніторингу біорізноманіття є необхідними умовами підтримання екологічної стійкості дельтової екосистеми Дунаю.

Таким чином, водно-болотні угіддя є важливим структурним елементом дельтової екосистеми Дунаю, виконують водорегулювальну, біоценотичну та кліматорегулювальну функції, а також мають міжнародне природоохоронне значення як осередок збереження мігруючих видів птахів.

Охорона, збереження та відновлення природного стану водно-болотних угідь є стратегічним завданням екологічної політики України. Реалізація принципів сталого використання, екологічна освіта населення та міжнародна співпраця мають стати основою довгострокового збереження цих унікальних природних комплексів.

Список використаних джерел

Convention on Wetlands. (2013). The Ramsar Convention manual: A guide to the Convention on Wetlands (Ramsar, Iran, 1971) (6th ed.). Ramsar Convention Secretariat. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/manual6-2013-e.pdf

Convention on Wetlands. (2022). Global wetland outlook 2022: Special edition. Ramsar Convention Secretariat. https://www.ramsar.org/resources/global-wetland-outlook-2022

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2021). Водно-болотні угіддя міжнародного значення в Україні. https://mepr.gov.ua

Дунайський біосферний заповідник. (2018). Літопис природи Дунайського біосферного заповідника. https://dbz.org.ua

Червона книга України. (2009). Тваринний світ. Глобалконсалтинг. http://redbook-ua.org

Емоційно сприятливе середовище як чинник збереження та зміцнення здоров'я дитини в ЗДО

Марина Бевзюк
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II
Берегове, Закарпаття, Україна, m.s.bevzyuk@gmail.com

Збереження та зміцнення здоров'я дитини є одним із пріоритетних завдань сучасної системи дошкільної освіти. У період дошкільного дитинства закладаються основи фізичного, психічного й соціального благополуччя особистості, формуються життєві цінності, моделі поведінки, ставлення до себе та оточуючого світу. Саме тому створення умов, що сприяють гармонійному розвитку дитини, набуває особливої актуальності в діяльності закладів дошкільної освіти.

Поряд із забезпеченням належного фізичного розвитку дедалі більшого значення надається психічному здоров'ю як невід'ємній складовій загального здоров'я людини. Позитивний емоційний стан, відчуття безпеки, довіри, підтримки та прийняття є важливими чинниками формування впевненої, життєрадісної особистості. Емоційно сприятливе середовище в закладі дошкільної освіти сприяє зниженню рівня тривожності, формуванню адекватної самооцінки, розвитку соціальних навичок і здатності до саморегуляції.

Вирішальна роль у створенні такого середовища належить педагогові, його професійній компетентності, гуманістичному світогляду, стилю спілкування з дітьми та вмінню враховувати їхні індивідуально-психологічні особливості. Атмосфера доброзичливості, поваги й емоційної підтримки в освітньому просторі є необхідною умовою не лише ефективного навчання й виховання, а й збереження та зміцнення здоров'я кожної дитини.

Піклування про здоров'я дитини, зміцнення її життєвих сил – найважливіше завдання дошкільного навчального закладу. Учені-медики констатують, що особливої уваги потребують діти дошкільного та молодшого шкільного віку, адже саме в цьому періоді закладається підґрунтя здоров'я дорослої людини.

У формуванні, збереженні та зміцненні здоров'я, окрім забезпечення гармонійного фізичного розвитку, виокремлюють психічне здоров'я, що передбачає позитивний емоційно-почуттєвий стан, оптимізм, життєрадісність, здатність бути щасливим, відчуття захищеності і потрібності людям.

Важливою умовою формування психічного здоров'я дітей є створення емоційно сприятливого середовища в дошкільному навчальному закладі. Сприятливе середовище забезпечує внутрішній психологічний комфорт, атмосферу довіри та доброзичливості, створює умови для самореалізації та самоствердження кожної дитини. За висловлюванням І.Д. Беха, «природним є бажання дорослих (батьків, педагогів) створити для дитини такі умови, за яких вона перебувала б у повній морально-психологічній безпеці, відчувала піклування, захист, мала б емоційно теплі, гуманні взаємини». Насичені емоційні контакти, під час яких дитина як особистість є об'єктом доброзичливого і водночас вимогливого ставлення дорослого, формує у неї впевнено-оптимістичні очікування, яким притаманне переживання можливого успіху, похвали, заохочення.

Несприятливе середовище, дефіцит людського тепла, ласки можуть спричинити тривожно-песимістичні очікування, невпевненість дитини, почуття незахищеності, іноді страх у зв'язку з імовірним негативним ставленням дорослого.

Створення емоційно сприятливого середовища в дошкільному навчальному закладі залежить, в першу чергу від вихователя, його професіоналізму та емоційності. Позитивний емоційний вплив вихователя на дітей виражається насамперед у любові до педагогічної діяльності та до дітей-вихованців. Важливими також є насичення спілкування емоційністю, морально-виховним змістом, повага до дитини як партнера по спілкуванню, прийняття її на особистісному рівні. Вихователь має бути порадником, помічником дитини; цілеспрямовано, послідовно, систематично виховувати у дітей такі якості, як життєлюбність, впевненість у собі, почуття власної гідності.

На створення емоційно сприятливого середовища впливає стиль спілкування вихователя з дитиною. Демократичний стиль дозволяє дитині перебувати у стані емоційної рівноваги, спокою, захищеності, задоволення своїм буттям. Як зазначає Т. І. Поніманська, «дитина тоді впевнена, коли відчуває підтримку, коли вона не боїться, що її не зрозуміють і покарають». Педагогічна авторитарність породжує у дітей дефіцит неординарності, невпевненість у собі, викликає відчуття тривоги і емоційного неблагополуччя.

Необхідною умовою, яка дає змогу сформувати сприятливе середовище в дошкільному навчальному закладі, є врахування індивідуально-психологічних особливостей дітей. Унікальним, неповторним є внутрішній світ кожного конкретного дошкільника, світ його емоцій і почуттів, характер соціальної адаптації до навколишнього середовища. Внаслідок цього педагогічний процес має здійснюватись у формі творчої співпраці вихователя і дитини у вирішенні життєвих проблем.

Отже, ми можемо стверджувати, що провідна роль у створенні емоційно сприятливого середовища належить вихователю дошкільного навчального закладу і це вимагає від нього гуманістичного світогляду, демократичного стилю спілкування з дітьми, врахування їхніх індивідуальних особливостей.

Список використаних джерел

1.Антипін, Є., & Савченко, Ю. (2024). Фактори психічного здоров'я дітей дошкільного віку в період вікової кризи. *Педагогічна освіта: теорія і практика. Психологія. Педагогіка, 42*(2), 95–101. https://doi.org/10.28925/2311-2409.2024.4212.

2.Бевзюк, М. С. (2025). Підготовка вихователів закладів дошкільної освіти до роботи з батьками в умовах інклюзивного освітнього середовища. *Вісник науки та освіти (Серія «Педагогіка»), 6*(36), 863–876. https://doi.org/10.52058/2786-6165-2025-6(36)-863-875.

3.Пасічніченко, А., & Ковальевська, Н. (2023). Психолого-педагогічні умови збереження психологічного здоров'я дошкільника. *Витоки педагогічної майстерності, 31*, 182–186. https://doi.org/10.33989/2075-146X.2023.31.283400.

Вплив техногенного навантаження на структуру мікробіоти ґрунту Закарпаття

Надія Бобрик, Марина Кривцова, Анатолій Рибець

ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна, e-mail: nadiia.bobryk@uzhnu.edu.ua

Сучасні глобальні виклики та геополітична нестабільність спричиняють масштабні трансформації довкілля, деградацію екосистем та виникнення критичних ризиків для здоров'я населення через забруднення ґрунтів токсичними сполуками (Leal Filho et al., 2024; Bilavska et al., 2024; Bonchkovskyi et al., 2025; Maslovska et al., 2025).

Зокрема, Закарпаття стає об'єктом зростаючого антропогенного тиску, зумовленого адаптацією економіки до нових реалій. В наших попередніх дослідженнях показано значні екологічні ризики регіону: надмірний вміст рухомих форм важких металів та деструкцію мікробних угруповань поблизу промислових об'єктів (Кривцова та ін., 2017), уздовж залізничних (Бобрик та ін., 2012; Бобрик, 2015; Бобрик та ін., 2016) та автомобільних магістралей (Kryvtsova et al., 2017). Сьогодні, попри відсутність безпосередніх воєнних дій, масова релокація промислових потужностей створює нові, малодосліджені виклики для екологічної безпеки краю. Це зумовлює необхідність зосередження зусиль дослідників на комплексній індикації стану довкілля регіону для своєчасного виявлення та мінімізації техногенних ризиків.

Мікроорганізми відіграють ключову роль у підтримці екосистемних функцій: вони відповідають за кругообіг речовин, розщеплення органіки та формування родючості. Проте під впливом техногенного навантаження відбувається деградація структури мікробних угруповань. Це проявляється у зниженні біорізноманіття, зміні співвідношення основних таксономічних груп та витісненні чутливих видів стійкими формами.

Ґрунтова метагеноміка є високоточним інструментом для комплексної оцінки екологічного стану територій, що дозволяє аналізувати структурно-функціональні зміни мікробного різноманіття під впливом антропогенного стресу. Метагеномний підхід дає змогу ідентифікувати специфічні мікробні маркери у відповідь на екстремальні чинники. Це робить метагеноміку незамінною для діагностики життєздатності екосистем у зонах з несприятливими умовами існування (Djemiel et al., 2022; Duque et al., 2023, Rodríguez et al., 2025).

Метою дослідження було виявити структурно-функціональні зміни у метагеномі ґрунтової мікробіоти, спричинених різними типами антропогенного тиску. Зокрема, проведено порівняльний аналіз мікробного різноманіття на територіях, прилеглих до лісохімічних підприємств та транспортних магістралей, відносно умовно чистої (контрольної) зони.

Об'єктами дослідження слугували зразки ґрунтів, відібрані у червні 2025 року з глибини 0–10 см відповідно до загальноприйнятих методик. Дослідні проби включали: ґрунти зони комплексного навантаження (50 м від Перечинського лісохімкомбінату та залізничних шляхів) та ґрунти під впливом лише промислових викидів комбінату (50 м). В якості контролю було обрано

ділянку, розташовану на відстані 250 м від джерел техногенного та транспортного впливу.

Проведено секвенування ампліконних бібліотек гена 16S рРНК (для визначення бактерій) та ITS регіону (для визначення грибів) на платформі Illumina з подальшим біоінформаційним аналізом. Для характеристики бактеріального різноманіття використовували аналіз операційних таксономічних одиниць (OTU) на основі гена 16S рРНК, тоді як для аналізу грибних угруповань застосовували секвенування ділянки внутрішнього транскрибованого спейсера (ITS).

За результатами високопродуктивного секвенування метагеному ґрунтових бактерій, ідентифіковані таксономічні одиниці були розподілені між 39 типами, 97 класами, 221 рядом, 347 родинами, 628 родами та 144 видами. Домінантне ядро бактеріому представлене типами *Actinomycetota* (33,5–47,4 %), *Pseudomonadota* (22,9–28,2 %) та *Acidobacteriota* (8,7–9,7 %), що є характерним для стабільних ґрунтових екосистем.

Аналіз техногенно змінених ділянок виявив суттєві трансформації структури бактеріоценозу. В ґрунтах техногенно змінених ділянок частка представників *Verrucomicrobiota* суттєво знижувалась і була представлена в невеликій кількості (0,4 та 0,5%). При цьому в контролі частка представників цього типу становила 14,2%. Згідно з літературними даними, бактерії типу *Verrucomicrobia* мають високу відносну чисельність у ґрунтах і постійно згадуються в літературі як один із трьох найпоширеніших типів ґрунтового бактеріому (Paul & Frey, 2023). Відносна чисельність *Pseudomonadota* зростала в контролі (28,2%) на відміну від ділянок зони техногенного навантаження (22,9; 24,9%). Натомість частка *Thermoproteota* у техногенних зонах зростала вдвічі (3,4–4,1 %) порівняно з еталонною ділянкою (1,8 %), що вказує на адаптивну перебудову угруповань у відповідь на стресові чинники.

Результати аналізу метагеному ґрунтової мікобіоти дозволили класифікувати таксономічні одиниці за багаторівневою структурою, що включає 15 типів, 102 порядки та 392 роди, досягаючи рівня деталізації у 473 види. У структурі мікоценозу домінували представники типу *Ascomycota*, що беруть участь в розкладанні органіки та ґрунтоутворенні. Дослідженнями інших авторів також відмічено *Ascomycota* як переважаючий тип ґрунтової мікобіоти (Egidi et al., 2019), навіть при забрудненні важкими металами (Yang et al., 2023). Висока стійкість аскоміцетів до антропогенного тиску підтверджується їх домінуванням у техногенних зонах (80,6–83,2%) порівняно з контролем (69,1%).

Водночас техногенне навантаження призвело до пригнічення менш стійких таксонів грибів. Зокрема, відмічено скорочення чисельності представників типів *Mortierellomycota* (удвічі) та *Rozellomycota* (у 2,5 рази) порівняно з контрольними показниками. Особливу увагу привертає повне зникнення представників типу *Zoopagomycota* у техногенно змінених ґрунтах (нижче порогу детекції), тоді як у контролі їх частка становила 1,2\%. Враховуючи роль *Zoopagomycota* як природних регуляторів чисельності фітопатогенних нематод (Davis et al., 2019), їх втрата свідчить про порушення трофічних зв’язків та зниження здоров’я досліджуваних ґрунтів.

За результатами дослідження встановлено, що техногенне навантаження (лісохімічне виробництво та транспортна інфраструктура) спричиняє перебудову ґрунтового мікробіому, що проявляється у зміні співвідношення ключових таксономічних груп бактерій та грибів порівняно з умовно чистими екосистемами. Отже, аналіз метагеному є високочутливим інструментом екологічного моніторингу, який дозволяє виявити зміни ще до появи видимих ознак руйнування ґрунтового покриву.

Список джерел

1. Biliavska, L., Iutynska, G., Loboda, M., Ropotilov, B., & Skrotskyi, S. (2024). Diagnostics and bioremediation of soils affected by military operations in Ukraine. *Biological Systems: Theory and Innovation, 15*(3), 67–78. https://doi.org/10.31548/biologiya/3.2024.67
2. Bobryk, N. Yu. (2015). Поширення та акумуляція важких металів у ґрунтах призалізничних територій. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія, 23*(2), 183–189.
3. Bobryk, N. Yu., Kryvtsova, M. V., & Nikolaichuk, V. I. (2012). Мікробоценоз ґрунту лучної екосистеми в умовах впливу залізничного транспорту. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія, 20*(2), 3–9. https://doi.org/10.15421/011221
4. Bobryk, N. Yu., Kryvtsova, M. V., Nikolaichuk, V. I., & Voloshchuk, I. (2016). Реакція мікробіоти грунту на дію важких металів у зоні впливу залізничного транспорту. *Вісник Дніпропетровського університету. Біологія. Екологія, 24*(1), 151–156.
5. Bonchkovskyi, O., Ostapenko, P., Bonchkovskyi, A., & Shvaiko, V. (2025). War-induced soil disturbances in North-Eastern Ukraine (Kharkiv region): Physical disturbances, soil contamination and land use change. *Science of The Total Environment, 964*, Article 178594. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2025.178594
6. Davis, W. J., Amses, K. R., Benny, G. L., Carter-House, D., Chang, Y., Grigoriev, I., Smith, M. E., Spatafora, J. W., Stajich, J. E., & James, T. Y. (2019). Genome-scale phylogenetics reveals a monophyletic Zoopagales (Zoopagomycota, Fungi). *Molecular Phylogenetics and Evolution, 133*, 152–163. https://doi.org/10.1016/j.ympev.2019.01.006
7. Djemiel, C., Dequiedt, S., Karimi, B., Cottin, A., Horrigue, W., Bailly, A., Boutaleb, A., Sadet-Bourgeteau, S., Maron, P.-A., Chemidlin Prévost-Bouré, N., Ranjard, L., & Terrat, S. (2022). Potential of meta-omics to provide modern microbial indicators for monitoring soil quality and securing food production. *Frontiers in Microbiology, 13*, Article 889788. https://doi.org/10.3389/fmicb.2022.889788
8. Duque Zapata, J. D., Muñoz Florez, J. E., & Lopez Alvarez, D. (2023). Metagenomics approaches to understanding soil health in environmental research - a review. *Soil Science Annual, 74*(1), Article 163080. https://doi.org/10.37501/soilsa/163080

9. Egidi, E., Delgado-Baquerizo, M., Plett, J. M., Wang, J., Eldridge, D. J., Bardgett, R. D., Maestre, F. T., & Singh, B. K. (2019). A few Ascomycota taxa dominate soil fungal communities worldwide. *Nature Communications, 10*(1), Article 2369. https://doi.org/10.1038/s41467-019-10373-z
10. Кривцова, М., Бобрик, Н., Сабов, М. та Сабов, М. (2017). Мікробіологічна індикація ґрунтів у зоні впливу Перечинського лісохімічного заводу. *Агробіорізноманіття для покращення харчування, здоров'я та якості життя, 1*, 258–263. https://doi.org/10.15414/agrobiodiversity.2017.2585-8246.258-263
11. Kryvtsova, M., Kolesnik, A., Ignatko, T., Bobrik, N., & Koguch, T. (2017, May 11–13). *Ecological state of urban ecosystems (on the example of lawns in Uzhhorod)* [Conference paper]. Ecology Symposium, Erciyes University, Kayseri, Turkey.
12. Leal Filho, W., Fedoruk, M., Eustachio, J. H. P. P., Splodytel, A., Smaliychuk, A., & Szynkowska-Jóźwik, M. I. (2024). The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. *Journal of Environmental Management, 364*, Article 121475. https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121475
13. Maslovska, O., Komplikevych, S., Zinchuk, D., Fedorenko, V., & Golembiovska, O. (2025). Bacteriome of the soil affected by hostilities as a source of isolation of plant growth-promoting metal-resistant bacteria. *Annals of Microbiology, 75*, Article 19. https://doi.org/10.1186/s13213-025-01807-9
14. Paul, E. A., & Frey, S. D. (Eds.). (2023). *Soil microbiology, ecology and biochemistry* (5th ed.). Academic Press. https://doi.org/10.1016/C2019-0-04976-X
15. Rodríguez del Río, Á., Scheu, S., & Rillig, M. C. (2025). Soil microbial responses to multiple global change factors as assessed by metagenomics. *Nature Communications, 16*, Article 5058. https://doi.org/10.1038/s41467-025-60390-4
16. Yang, R., Ma, G., Liu, C., et al. (2023). Effects of different heavy metal pollution levels on microbial community structure and risk assessment in Zn-Pb mining soils. *Environmental Science and Pollution Research, 30*, 52749–52761. https://doi.org/10.1007/s11356-023-26074-6

Розвиток зеленої яблуневої попелиці (*Aphis pomi* Deg.) та її вплив на біометричні показники яблуні в умовах Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України

Бойко Н.С., Дойко Н.М., Броун І.В.

Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України, м.Біла Церква, Україна, broun@ukr.net

Попелиці (*Aphidinea*) є досить поширеними фітофагами на території України. Вони у великій кількості зустрічаються в різних типах насаджень, зокрема плодових. Одним з найпоширеніших видів, який шкодить молодим та віковим яблуневим насадженням, є зелена яблунева попелиця (*Aphis pomi* Deg.).

Колекція історичних сортів яблуні Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України налічує біля 200 унікальних дерев та близько 100 старовинних сортів, серед яких, зокрема, Ренет Симиренко, ступінь заселення якого шкідником протягом 2025 року сягав високого рівня (рис. 1).



Рис. 1. Зелена яблунева попелиця (яблуня, сорт Ренет Симиренко, 2025 р.)

Через прохолодну погоду березня та першої половини квітня розвиток шкідника, зокрема відродження личинок та міграція фітофага по кормовим рослинам відмічались протягом ІІІ декади квітня – І декади травня, коли встановились сприятливі для цього умови (рис. 2).

Через підвищення температури повітря та достатню кількість опадів протягом травня розпочався інтенсивний ріст і розвиток яблуні і, відповідно, збільшення ступеня заселення культури *Aphis pomi*, який сягнув максимальних показників у період з ІІ декади червня по ІІ декаду липня. Помірні температури повітря та достатня вологозабезпеченість насаджень сприяли підтримці високого рівня наявності попелиці у саду. Появу яйцекладки було відмічено наприкінці ІІ – початку ІІІ декади жовтня.

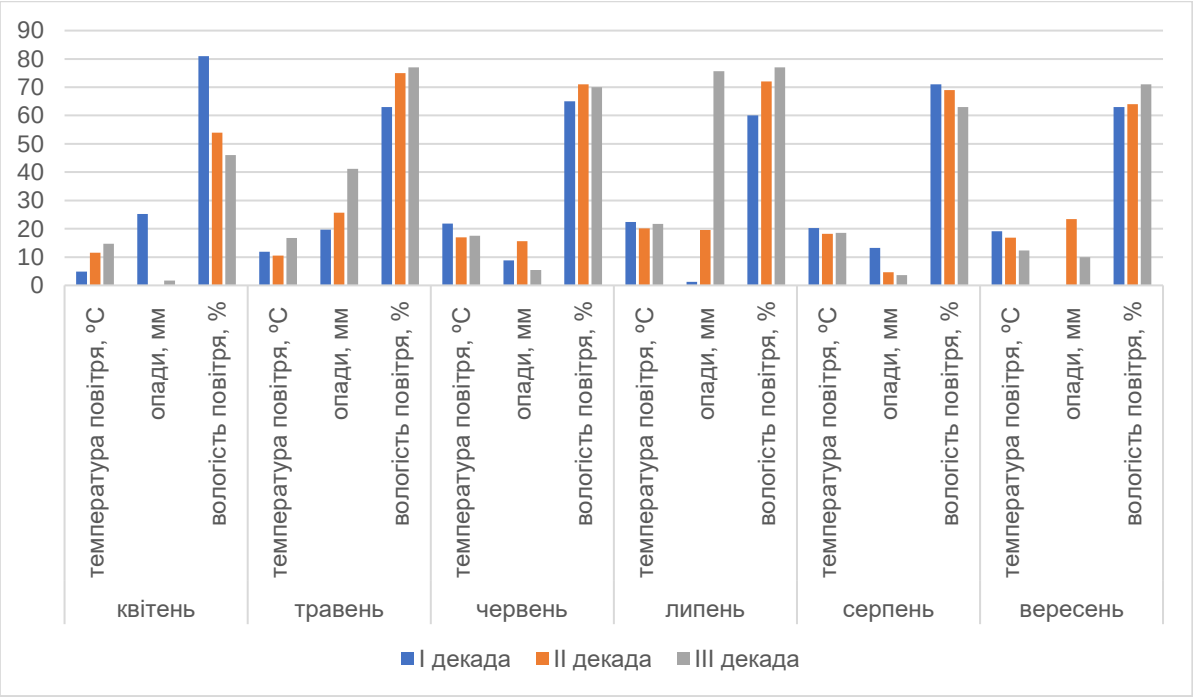


Рис. 2. Погодні умови вегетаційного періоду 2025 р.

Зелена яблунева попелиця, як і інші види підродини *Aphidinea*, негативно впливає на ріст і розвиток рослин, зокрема річний приріст пагонів. Дослідженнями встановлено, що цей показник за високого ступеня пошкодження фітофагом значно знижувався. Якщо довжина річного приросту не пошкоджених пагонів наприкінці вегетаційного періоду становила в середньому 47 см, то пагони з сильним ступенем заселення *Aphis pomi* мали довжину близько 32 см.

Дані проведених досліджень вказують на пряму залежність погодних умов та розвитку фітофага, коли помірні позитивні температури повітря наряду з достатньою кількістю опадів сприяють збільшенню його чисельності та поширенню. Результати метричних обліків річного приросту пагонів з високим ступенем заселення фітофагом показали, що їх довжина може зменшуватись в середньому на 30 % відповідно до непошкоджених.

Формування культури здоров'я дітей засобами здоров'язбережувальних технологій

Валентина Білан
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II
Берегове, Закарпаття. Україна, bilan.valentina@kmf.org.ua

У сучасних умовах розвитку суспільства питання збереження та зміцнення здоров'я дітей набуває особливої актуальності. Швидкий ритм життя, інформаційне перевантаження, збільшення психоемоційного навантаження на дитину ставлять перед педагогами завдання не лише навчати, але й формувати у дітей навички та цінності, що забезпечують фізичне, психологічне та соціальне благополуччя.

Стратегічними завданнями сучасної української дошкільної освіти, закріпленими у Законі України «Про дошкільну освіту» та Національній доктрині розвитку освіти України у XXI столітті, є не лише збереження та зміцнення здоров'я дітей, але й активне формування основ здорового способу життя з раннього віку. Реалізація цих завдань передбачає впровадження в практичну діяльність закладів дошкільної освіти сучасних здоров'язбережувальних технологій, які формують здоров'язбережувальне середовище на основі взаємозв'язку та взаємодії всіх факторів освітнього процесу, спрямованих на збереження та зміцнення здоров'я дошкільника на всіх етапах формування його компетентностей.

Питання впровадження та використання здоров'язбережувальних технологій активно досліджували численні науковці та практики, серед яких О. Ващенко, М. Гончаренко, О. Дубогай, С. Лупаренко, Т. Осадченко, Л. Рибалко, С. Свириденко, В. Сухомлинський та інші. У їхніх працях підкреслюється, що застосування здоров'язбережувальних технологій у закладах дошкільної освіти сприяє формуванню у дітей мотивації до здорового способу життя, засвоєнню корисних звичок і виробленню відповідального ставлення до власного здоров'я.

Здоров'язбережувальні технології інтегрують педагогічні, психологічні та медико-біологічні підходи до організації освітнього процесу. Формування культури здоров'я у дітей дошкільного віку передбачає не лише розвиток фізичної активності та загартування організму, а й виховання ціннісного ставлення до власного тіла, усвідомлення значення здорового способу життя та навичок саморегуляції.

Здоров'язбережувальні технології забезпечують безпечні та психологічно комфортні умови перебування дитини в закладі дошкільної освіти та спрямовані на раціональну організацію освітнього процесу з урахуванням вікових, індивідуальних і психофізіологічних особливостей дітей. Вони передбачають оптимальне співвідношення навчального, емоційного та рухового навантаження відповідно до можливостей дошкільників.

Під здоров'язбережувальними технологіями розуміють:

- створення сприятливих умов навчання (відсутність стресових ситуацій, адекватність вимог та методик навчання і виховання);

•оптимальну організацію освітнього процесу з урахуванням вікових, статевих та індивідуальних особливостей дітей, а також санітарно-гігієнічних норм;

•раціонально організований руховий режим.

До конкретних технологій належать:

•організація раціонального режиму дня;

•забезпечення достатньої рухової активності;

•створення сприятливого емоційного клімату в групі;

•організація збалансованого харчування;

•дотримання санітарно-гігієнічних вимог;

•профілактика психоемоційного перевантаження.

Однією з фундаментальних складових формування здорового способу життя дітей дошкільного віку є рухова активність, що виступає важливим компонентом фізичного та психосоціального розвитку особистості. Емпіричні дані свідчать про те, що регулярна фізична активність у ранньому віці сприяє поліпшенню фізичної підготовленості, розвитку моторних якостей, а також пов'язана з покращенням когнітивних функцій, включно з робочою пам'яттю, інгібіторним контролем та гнучкістю мислення в дошкільному віці.

В свою чергу, наукові дослідження вказують, що структуровані фізичні вправи, рухливі ігри, елементи спеціальних фізкультурних занять забезпечують значний приріст основних показників фізичного розвитку, зокрема сили, гнучкості, координації та витривалості у дітей 3–6 років.

Використання нетрадиційного фізкультурного обладнання (балансувальні доріжки, фітболи, ортопедичні килимки) в навчально-виховному процесі стимулює розвиток координації рухів, моторики та рівноваги, що сприяє формуванню фізичних здібностей та адаптаційних механізмів організму.

Значну увагу в науковій літературі приділено взаємозв'язку фізичної активності з психічним благополуччям дошкільників. Дослідження показують, що систематична рухова активність позитивно впливає на емоційно-вольову сферу, зменшує рівень тривожності, підвищує саморегуляцію, покращує соціальну взаємодію та здатність до адаптації в соціальному середовищі.

Важливим оздоровчим компонентом є загартування як комплекс профілактичних процедур, що підвищують адаптивні можливості організму до коливань зовнішніх чинників та сприяють формуванню ефективних фізіологічних реакцій. Загартовування включає повітряні ванни, водні процедури, контрастні обливання, що підсилюють захисні реакції організму й у цілому сприяють міцності імунної системи та зниженню захворюваності у дошкільників.

Раціональне харчування також є ключовим чинником здоров'язбережувальної політики в дошкільних закладах. Оскільки діти цього віку ще не здатні в повній мірі усвідомлювати значення харчових продуктів для функціонування організму, навчання їх здоровим харчовим звичкам відбувається через інтерактивні методи — тематичні заняття, бесіди, ігри, спільне приготування простих страв і перегляд освітніх матеріалів. Особлива

увага приділяється усвідомленню негативного впливу надмірного споживання цукру, газованих напоїв та продуктів швидкого приготування.

Психоемоційне благополуччя є невід'ємним компонентом загального здоров'я дошкільника. оскільки воно визначає здатність дитини адекватно реагувати на навколишнє середовище, регулювати власні емоції, встановлювати позитивні міжособистісні взаємодії та ефективно долати стресові ситуації. Дослідження свідчать, що низький рівень психоемоційного благополуччя у дітей дошкільного віку пов'язаний з підвищеною тривожністю, труднощами соціальної адаптації та порушеннями концентрації уваги

Формування емоційного здоров'я на ранньому етапі розвитку забезпечує базу для позитивного особистісного розвитку, розвитку емпатії та стійкості до стресу у подальшому навчанні та житті. У зв'язку з цим у практиці закладів дошкільної освіти особливу увагу приділяють застосуванню здоров'язбережувальних технологій, спрямованих на розвиток емоційного інтелекту та психоемоційної саморегуляції, таких як арт-терапія, музикотерапія, ігротерапія, релаксаційні вправи, медитації та дихальні техніки

Отже, використання здоров'язбережувальних технологій дозволяє створити середовище, в якому дитина активно набуває навичок здорового способу життя через ігрові, рухові, творчі та інтерактивні форми діяльності, з урахуванням індивідуальних особливостей кожного вихованця. Виступають ключовим засобом формування культури здоров'я у дітей дошкільного віку, інтегруючи фізичний, психоемоційний та соціальний аспекти розвитку дитини і забезпечуючи основу для формування її життєвої компетентності та готовності до свідомого підтримання власного здоров'я.

Список джерел

1.Zeng, N., Ayyub, M., Sun, H., Wen, X., Xiang, P., & Gao, Z. (2017). Effects of physical activity on motor skills and cognitive development in early childhood: A systematic review. *BioMed Research International*, 2017, https://doi.org/10.1155/2017/2760716

2.Захарасевич, Н. В., Кравець, Н. С., & Клевака, Л. П. (2024). Роль фізичної активності у формуванні здорового способу життя дітей дошкільного віку. *Академічні візії,* (38). https://www.academy-vision.org/index.php/av/article/view/1580.

3.Макобрей, Є. (2025). *Формування культури здорового способу життя у дітей дошкільного віку засобами здоров'язбережувальних технологій.* Матеріали науково-практичної конференції. https://dspace.hnpu.edu.ua/handle/123456789/19780

4.Пильтяй, О. (2024). Використання здоров'язбережувальних технологій як фактор формування культури здоров'я. *Актуальні проблеми гуманітарних наук,* 76(2). https://www.aphn-journal.in.ua/archive/76_2024/part_2/42.pdf

Металокомплекси куркуміну як перспективні інгібітори біоплівок

Білоусов В., Русакова М.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, м. Одеса, Україна
e-mail: yorvet6@gmail.com

В основі більшості бактеріальних інфекцій лежить процес утворення біоплівок мікроорганізмами, причому більше ніж 90 % випадків їх переходу до хронічного стану також зумовлено утворенням біоплівок (Fleming & Rumbaugh, 2017). Біоплівки являють собою складно організовані бактеріальні спільноти, що розвиваються за різних умов, зокрема в організмі людини та на поверхні медичних приладів. Вони формуються в межах захисної позаклітинної полімерної матриці, яка оточує клітини та значно ускладнює процеси лікування і діагностики (Zhao et al., 2023). Біоплівки також істотно підвищують резистентність бактерій до дії антибіотиків, що становить серйозну проблему для сучасної медицини (Singh et al., 2025). *Pseudomonas aeruginosa* є одним з ключових збудників інфекцій, асоційованих з біоплівками, зокрема респіраторних, ранових та інфекцій, пов'язаних з медичними імплантатами (Thi et al., 2020).

Куркумін, або диферулоілметан, ліпофільний поліфенол з широким спектром біологічної активності, включаючи антимікробними властивості, який виділяють із кореневищ *Curcuma longa* (Kocaadam & Şanlier, 2021). Фізико-хімічні обмеження куркуміну, зокрема його низька розчинність у воді та нестабільність за фізіологічних умов, створюють істотні перешкоди для його терапевтичного застосування (Hao et al., 2025). Відповідно до наявних даних літератури, утворення металокомплексів куркуміну зумовлює істотне покращення фармакокінетичних характеристик порівняно з вихідною сполукою (Hieu et al., 2019).

Дослідження зосереджувалося на виявленні впливу похідних куркуміну щодо біоплівок, які утворюються окремими штамами *Pseudomonas aeruginosa,* на різних етапах їх дозрівання.

Для проведення експериментальних досліджень використовували штами псевдомонад, а саме: *P. aeruginosa* ATCC 15692, *P. aeruginosa* ATCC 10145 та *P. aeruginosa* ATCC 9027. Антибіоплівкову активність визначали для серії металокомплексів куркуміну з Цинком, Ітербієм, Неодимом і Диспрозієм. Діапазон концентрацій від 5 мкМ до 50 мкМ відповідав раніше застосованим у літературі значенням для визначення протимікробної активності природних куркуміноїдів (Bonifácio et al., 2018).

Процес утворення біоплівок здійснювали у полістиролових планшетах впродовж 48 год. Для візуалізації та кількісної оцінки біоплівок застосовували метод забарвлення розчином кристалічного фіолетового (Kamimura et al., 2022).

Процес утворення біоплівки складається з окремих етапів, впродовж яких клітини мікроорганізмів характеризуються досить суттєвими розбіжностями. На ранніх стадіях формування біоплівки клітини лише починають прикріплюватися до поверхні та формувати колонії. Відомо, що на етапі первинних асоціацій клітини характеризуються збільшеною чутливістю до зовнішніх факторів – у них

відсутній захисний матрикс, також клітини демонструють інтенсивний метаболічний профіль, що обумовлено активним поділом клітин (Gu et al., 2019).

Модифікації куркуміну гальмували початковий етап утворення біоплівки *P. aeruginosa* ATCC 10145 та *P. aeruginosa* ATCC 9027. Особливо високою інгібуючою активністю відзначались сполуки з Цинком та Ітербієм. Найбільш ефективною виявилась концентрація на рівні 50 мкМ. Проте, клітини у складі асоціації *P. aeruginosa* ATCC 15692 у цьому випадку взагалі виявились не чутливими до дії відповідних речовин, окрім вихідного куркуміну. Вільний куркумін виявив пригнічуючий ефект, знижуючи інтенсивність формування біоплівки на 32-41 % у порівнянні з контролем. Очевидно, однією з причин цього є його здатність утворювати хелатні комплекси з іонами Феруму, які критично важливі для розвитку первинних асоціацій (Nosrati et al., 2018).

Клітини у складі зрілих біоплівок характеризуються наявністю матриксу − позаклітинних речовин, що синтезуються ними, вивільняються назовні та огортають сформовані угрупування. Саме матрикс стає бар'єром на шляху проникнення протимікробних речовин всередину біоплівки та обумовлює зниження їх ефективності (Gayani et al., 2019).

У зрілих біоплівках спостерігалась зниження ефективності протимікробної дії практично всіх досліджуваних сполук, що, можливо, відбувалось через бар'єрні властивості позаклітинного матриксу. Виключення склав штам *P. aeruginosa* ATCC 9027, який виявив більшу чутливість до куркумінових похідних, особливо до комплексу із Диспрозієм. Відповідна сполука знижувала кількість клітин у біоплівці на 32-37 % у порівнянні з контролем, проте, на початкових етапах біоплівкоутворення цей металокомплекс виявлявся удвічі ефективнішим.

Отримані результати свідчать про розбіжності чутливості штамів синьогнійної палички до дії похідних куркуміну. Найбільшу чутливість демонстрував *P. aeruginosa* ATCC 9027, дещо нижчу *P. aeruginosa* ATCC 10145, тоді як штам ATCC 15692 виявився найбільш стійким до більшості досліджуваних сполук. Також ефективність металокомплексів куркуміну суттєво залежала від етапу формування біоплівки.

Загалом дослідження демонструє доцільність подальшого вивчення механізмів дії та оптимізації складу куркумінових похідних, що може стати підґрунтям для створення нових ефективних протимікробних препаратів для впливу на біоплівки *Pseudomonas* spp. *in vivo*.

Список літератури

Thi, M. T. T., Wibowo, D., & Rehm, B. H. A. (2020). *Pseudomonas aeruginosa* Biofilms. *International Journal of Molecular Sciences*, *21*(22), Article 8671. https://doi.org/10.3390/ijms21228671

Kocaadam, B., & Şanlier, N. (2017). Curcumin, an active component of turmeric (Curcuma longa), and its effects on health. *Critical reviews in food science and nutrition*, 57(13), 2889–2895. https://doi.org/10.1080/10408398.2015.1077195

Górnicka, J., Mika, M., Wróblewska, O., Siudem, P., & Paradowska, K. (2023). Methods to Improve the Solubility of Curcumin from Turmeric. *Life*, 13(1), Article 207. https://doi.org/10.3390/life13010207

Hao, M., Zhang, C., Wang, T., & Hu, H. (2025). Pharmacological effects, formulations, and clinical research progress of curcumin. *Frontiers in Pharmacology*, 16, Article 1509045. https://doi.org/10.3389/fphar.2025.1509045

Hieu, T. Q., & Thao, D. T. T. (2019). Enhancing the Solubility of Curcumin Metal Complexes and Investigating Some of Their Biological Activities. *Journal of Chemistry*, 2019, 1–8. https://doi.org/10.1155/2019/8082195

Zhao, A., Sun, J., & Liu, Y. (2023). Understanding bacterial biofilms: From definition to treatment strategies. *Frontiers in cellular and infection microbiology*, 13, Article 1137947. https://doi.org/10.3389/fcimb.2023.1137947

Fleming, D., & Rumbaugh, K. P. (2017). Approaches to Dispersing Medical Biofilms. *Microorganisms*, 5(2), Article 15. https://doi.org/10.3390/microorganisms5020015

Singh, B., Dahiya, M., Kumar, V., Ayyagari, A., Chaudhari, D. N., & Ahire, J. J. (2025). Biofilm and Antimicrobial Resistance: Mechanisms, Implications, and Emerging Solutions. *Microbiology Research*, 16(8), Article 183. https://doi.org/10.3390/microbiolres16080183

Kamimura, R., Kanematsu, H., Ogawa, A., Kogo, T., Miura, H., Kawai, R., Hirai, N., Kato, T., Yoshitake, M., & Barry, D. M. (2022). Quantitative Analyses of Biofilm by Using Crystal Violet Staining and Optical Reflection. *Materials*, *15*(19), Article 6727. https://doi.org/10.3390/ma15196727

Bonifácio, D., Martins, C., David, B., Lemos, C., Neves, M. G. P. M. S., Almeida, A., Pinto, D. C. G. A., Faustino, M. A. F., & Cunha, Â. (2018). Photodynamic inactivation of Listeria innocua biofilms with food-grade photosensitizers: a curcumin-rich extract of *Curcuma longa* vs commercial curcumin. *Journal of applied microbiology*, 125(1), 282–294. https://doi.org/10.1111/jam.13767

Nosrati, A., Afifi, L., Danesh, M. J., Lee, K., Yan, D., Beroukhim, K., Ahn, R., & Liao, W. (2017). Dietary modifications in atopic dermatitis: patient-reported outcomes. *The Journal of dermatological treatment*, 28(6), 523–538. https://doi.org/10.1080/09546634.2016.1278071

Gu, H., Lee, S. W., Carnicelli, J., Jiang, Z., & Ren, D. (2019). Antibiotic Susceptibility of Escherichia coli Cells during Early-Stage Biofilm Formation. *Journal of bacteriology*, 201(18), Article e00034-19. https://doi.org/10.1128/JB.00034-19

Розробка та характеристика багатофункціональних нанокомпозитів на основі каолініту та рослинної сировини родин *Lamiaceae* і *Asteraceae* для потреб косметології та нутриціології

Анастасія Брязун, Юлія Буян
Український державний університет імені М. Драгоманова, Київ, Україна
21fpgoe.a.briazun@std.npu.edu.ua, 21fpgoe.yu.buian@std.npu.edu.ua

Сучасний етап розвитку нанотехнологій характеризується парадоксальним поєднанням стрімкого наукового прогресу та певного скептицизму з боку суспільства. Попри широке впровадження наноматеріалів у промисловість, термін «нано» досі асоціюється у значної частини споживачів із потенційною біологічною загрозою та браком прозорості щодо безпеки таких частинок. Ця упередженість зумовлена недостатньою проінформованістю про існування природних нанорозмірних об'єктів та можливості створення екологічно безпечних біоміметичних систем.

Одним із найбільш перспективних шляхів подолання цієї недовіри є розробка біоактивних нанокомпозитів на основі природних мінеральних матриць. Використання нанорозмірних форм каолініту дозволяє максимально розширити площу контакту з органічними компонентами, забезпечуючи високу біоактивність та функціональність кінцевого продукту.

Пріоритетним напрямом досліджень є вивчення композицій на основі каолініту та рослинної сировини представників родин *Lamiaceae* та *Asteraceae*. Ці рослини є джерелом біологічно активних сполук (фенольних кислот, терпенів, флавоноїдів), які при іммобілізації на поверхні нанокаолініту набувають підвищеної стабільності та пролонгованої дії.

Метою даної роботи є обґрунтування синтезу та дослідження властивостей багатофункціональних нанокомпозитів «каолініт-рослинна сировина» як безпечних компонентів для споживчого сектору. Практична значущість дослідження реалізована у розробці двох типів інноваційної продукції:

У косметології - розробка твердого крему на основі нанокомпозиту каолін/ромашка лікарська (*Chamomilla recutita*), де мінеральна матриця забезпечує структурну стійкість та посилену протизапальну дію (Брязун, 2025).

У харчовій індустрії - створення функціонального батончика з додаванням композиту каолін/м'ята перцева (*Mentha piperita*), що виступає як ентеросорбент та джерело антиоксидантів із покращеними органолептичними властивостями (Буян, 2025).

Такий підхід дозволяє не лише покращити якісні характеристики продуктів, а й продемонструвати безпечність та ефективність нанотехнологій, що базуються на синергії мінеральної та рослинної сировини.

Для підтвердження успішної іммобілізації біоактивних сполук на мінеральній матриці проводився аналіз вмісту хлорофілів і антоціанів. Експериментальні зразки готували шляхом поєднання рослинної сировини з каоліном у чітко визначених масових співвідношеннях. Тверду фазу композиту відокремлювали від надлишкового розчину методом центрифугування (8000 об/хв). Отриманий осад піддавали спектрофотометричному аналізу, вимірюючи

оптичну густину при довжинах хвиль, що відповідають максимумам абсорбції характерних пігментів (Kustovska A.V. et al., 2024; Kustovska A.V. et al., 2024; Брязун А.О. та ін., 2023).

Попередні етапи дослідження, висвітлені у наших працях, продемонстрували, що нанокомпозити на основі каолініту мають виражену бактеріальну дію (Брязун А.О. та ін., 2024). Зокрема, композит із ромашкою пригнічує ріст стафілококових культур, що робить його ідеальним компонентом для дерматологічних засобів.

На основі отриманих нанокомпозитів було розроблено та протестовано два типи продуктів:

Твердий крем - завдяки нанокомпозиту крем має щільну текстуру, яка тане при контакті зі шкірою. Каолініт забезпечує глибоке очищення пор, а іммобілізовані компоненти ромашки знімають запалення. Проведений антибактеріальний аналіз підтвердив високу стабільність продукту без використання синтетичних консервантів (Брязун А.О., 2025).

Функціональний батончик - унікальний харчовий продукт, де нанокомпозит виконує роль м'якого ентеросорбенту. Екстракт м'яти сприяє нормалізації травлення (Буян, 2025).

На поточному етапі працюємо над створенням ще потужніших композиційних систем. Метою є поєднання адсорбційних властивостей каолініту з новими компонентами.

Бамбукове вугілля додається для розширення спектра поглинання токсинів та надання композиту антиоксидантних властивостей.

Діатоміт - природна осадова порода, що складається з панцирів діатомових водоростей. Його мікропориста структура дозволяє створювати «депо» для лікарських речовин всередині нанокомпозиту.

Очікується, що такі трикомпонентні системи (мінерал-вугілля-екстракт) будуть ефективнішими як у косметології, так і в нутріціології.

Дослідження підтвердило, що нанокомпозити на основі каолініту та рослинної сировини родин *Lamiaceae* і *Asteraceae* є багатофункціональними та безпечними агентами. Спектрофотометричний аналіз довів високу концентрацію хлорофілів та антоціанів у структурі композиту. Успішне створення крему та енергетичного батончика демонструє готовність цих технологій до практичного застосування, а залучення бамбукового вугілля та діатоміту відкриває нові можливості для створення високоефективних еко-сорбентів.

Джерела інформації

A. Kustovska, V. Paientko, O. Pinchuk, Y. Buyan, A. Bryazun, E. Skwarek (2024). Study of the release of chlorophylls of the Lamiaceae family by the spectrophotometric method. 293-297. https://enpuirb.udu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/b8a9fab0-b70f-4ab7-b16e-ccf7d96768c7/content

Kustovska A.V., Buian Yu.A., Briazun A.O., Paientko V.V., Kozakevych R.B., Matkovsky O.K. (2024). Binary functional composites on the base of clays and plants for delivering biologically active substances on the surface of the skin. 193 p.

https://enpuirb.udu.edu.ua/server/api/core/bitstreams/d3b26354-c4b9-4e6a-a4bb-fdabe8563051/content

Брязун А.О. (2025). Виготовлення твердого крему з додаванням композиту білої глини та суцвіття *Chamomilla recutita* L. 83-84. https://doi.org/10.5281/zenodo.17969415

Брязун А.О., Буян Ю.А., Кустовська А.В. (2023). Дослідження вивільнення антоціанів з сировини видів родини *Lamiaceae* спектрофотометричним методом. 64-65 с. https://zenodo.org/doi/10.5281/zenodo.10433578

Брязун А.О., Буян А.Ю., Кустовська А.В. (2024). Дослідження лікарських властивостей *Chamomilla recutita* L. родини Айстрові (*Asteraceae*). 2-4 с.

Буян Ю.А. (2025). Розробка рецептури функціонального енергетичного батончика нового покоління з використанням наноструктурованих комплексів. 85-87. https://doi.org/10.5281/zenodo.17969415

Вплив органічних компонентів живильних середовищ на фосфатмобілізуючу активність представників роду *Bacillus* ізольованих з ґрунтів Одеської області

Васильєва Наталія, Анатій Владислав
Одеській національний університет імені І.І. Мечникова
Одеса, Україна, tatkamic@onu.edu.ua

Незважаючи на те, що загальний вміст фосфору в ґрунті є досить високим, його дефіцит для живлення рослин є поширеним явищем через низьку розчинність мінеральних форм. Залежно від типу ґрунтів, фосфор «законсервований» у різних сполуках: у кислих середовищах він міцно зв'язаний з іонами заліза та алюмінію, а в лужних та нейтральних — з кальцієм та марганцем. Ці сполуки утворюють важкодоступний пул, і лише завдяки метаболічній активності специфічних груп ґрунтових бактерій та грибів відбувається їхнє розчинення та перетворення на доступні для кореневого живлення ортофосфати.

Ефективним методом підвищення фосфорного живлення рослин в органічному землеробстві є інокуляція бактеріальними препаратами. Ці мікробні засоби сприяють солюбілізації (розчиненню) важкодоступних фосфатів, тим самим збільшуючи пул рухомих фосфорних сполук у ґрунті [1]. Ключовим механізмом, за допомогою якого мікроорганізми переводять важкодоступний фосфор у розчинний стан, є синтез та секреція низькомолекулярних органічних кислот. Фосфор-солюбілізуючі бактерії продукують широкий спектр таких кислот, зокрема глюконову, мурашину, лимонну, щавлеву, молочну, бурштинову, оцтову, гліколеву, 2-кетоглюконову та ізовалеріанову. Виділення цих метаболітів у навколишнє середовище призводить до локального зниження pH, що є прямим наслідком бактеріальної активності [3]. Важливо підкреслити, що процес генерації цих кислот тісно пов'язаний з окисленням вуглеводів (прямий шлях окислення) на клітинній мембрані, що дозволяє бактеріям швидко реагувати на наявність поживних речовин та ефективно вивільняти фосфор.

Саме тому метою роботи було визначення впливу органічних компонентів поживних середових на фосфатмобілізуючу активність представників роду *Bacillus* ізольованих з ґрунтів Одеської області

Об'єктом досліджень слугували штами *Bacillus megaterium 8009, Bacillus megaterium 5a1* та *Bacillus megaterium 5b2*, які є основою препарату «Фосфолайф» компанії LIFE BIOCHEM.

Для оцінки здатності бактерій мобілізувати фосфор використовували живильне середовище Pikovskaya Broth (PVK) з ортофосфатом кальцію [2].

Штами мікроорганізмів вирощували в колбах об'ємом 250 мл, які містили 100 мл живильного середовища. Культивування проводили протягом 14 днів на гойдалці при 180 оборотах і температурі 28^{0}C. Початковий титр штамів становив 2×10^7 КУО/мл.

Для визначення оптимальних органічних компонентів середовища використали глюкозу (10 гр/л), солодовий екстракт (10 гр/л), мелясу (15 гр/л) та комбінацію меляси і соєвого борошна (15 гр/л + 5 гр/л). Також з загального

складу середовища було вилучено дріжджовий екстракт та сульфат амонію з метою введення мікроорганізмів у стан голодування або **дерепресії метаболічних шляхів**. В цих умовах бактерії у відповідь на стрес активують «тихі» гени, зокрема ті, що відповідають за синтез органічних кислот, щоб отримати доступ до фосфору (який є у вигляді нерозчинного фосфату кальцію) та побудувати АТФ і ДНК.

За отриманими результатами (табл. 1-3) ми дослідили загальну тенденцію. Так, штам *Bacillus megaterium 5a1* демонструє максимум здатності до фосфат мобілізації на 7 добу при використанні середовища базового середовища PVK. На 14 добу культивування максимальну ступень розчинення ортофосфату кальцію реєстрували на модифікованому середовищі з додаванням меляси. Штам *Bacillus megaterium 5b2* максимально трансформує $Ca_3(PO_4)_2$ у розчинні форми на 14 добу культивування за умов використання модифікованого середовища з додаванням меляси або меляси і соєвого борошна. Саме для цих варіантів досліду спостерігали максимальне зменшення показника pH середовища (табл. 2). Динамика трансформації $Ca_3(PO_4)_2$ під впливом штаму *Bacillus megaterium* 8009 має аналогічну тенденцію, але зміна показника pH середовища не така радікальна.

Таблиця 1

Здатність до мобілізації фосфору при культивуванні на рідких середовищах штаму *Bacillus megaterium 5a1*

Середовища	Контроль фосфору мобільного (мг/л)	Фосфор мобільний (мг/л)	pH
Pikovskaya's Broth (7 діб)	0,6	12,4	7,6
Pikovskaya's Broth (14 діб)	5,9	2,9	7,2
Модфіковані середовища (7 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	0,3	6,6
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	0,2	6,5
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	6,2	8,3
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	2,9	8,4
Модфіковані середовища (14 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	0,6	6,7
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	0,3	6,7
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	11,1	6,3
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	10,0	6,5

Таблиця 2

Здатність до мобілізації фосфору при культивуванні на рідких середовищах штаму *Bacillus megaterium 5b2*

Середовища	Контроль фосфору мобільного (мг/л)	Фосфор мобільний (мг/л)	pH
Pikovskaya's Broth (7 діб)	0,6	13,9	5,7
Pikovskaya's Broth (14 діб)	5,9	9,2	5,7
Модфіковані середовища (7 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	0,4	6,0
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	0,9	6,0
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	139,1	4,8
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	119,1	4,8
Модфіковані середовища (14 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	0,8	6,7
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	1,4	6,1
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	152,5	4,8
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	125,5	4,7

Таблиця 3

Здатність до мобілізації фосфору при культивуванні на рідких середовищах штаму *Bacillus megaterium 8009*

Середовища	Контроль фосфору мобільного (мг/л)	Фосфор мобільний (мг/л)	pH
Pikovskaya's Broth (7 діб)	0,6	2,3	4,7
Pikovskaya's Broth (14 діб)	5,9	15,4	4,5
Модфіковані середовища (7 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	2,3	5.9
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	0,9	6,4
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	4,2	7,2
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	11,7	8,0
Модфіковані середовища (14 діб)			
Pikovskaya's Broth + глюкоза	0,6	0,9	6,9
Pikovskaya's Broth + солодовий екстракт	0,6	1,8	6,5
Pikovskaya's Broth + меляса	9,2	83,4	6,6
Pikovskaya's Broth + меляса і соєве борошно	3,4	18,2	6,6

Таким чином, боло показано, що усі використані штами мають високий рівень солюбилізації малорозчинного ортофосфату кальцію на 14 добу культивування. Найбільш активним серед вивчених культур був штам *Bacillus megaterium 5b2*. Досліджені модифікації складу базового середовища PVK дозволили з'ясувати, що найбільш оптимальним субстратом є меляса та комбінація меляси і соєвого борошна. Отримані результати слугують основою для подальшої оптимізації промислового середовища.

Список використаних джерел

1. Малиновська ІМ. Використання бактеріальних препаратів у органічному агровиробництві. Поєднання науки, освіти, практичного виробництва і реалізація якісної органічної продукції: матеріали IV Міжнародної науково-практичної конф., 26 червня 2013 р., Київ−Іллінці; за ред. д-ра с.-г. наук В.Ф. Камінського. ФОП «А.І.Каштелянов», 2013. С. 83−89

2. Nautiyal CS. (1999). An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiol Lett*. 170(1):265-70. doi: 10.1111/j.1574-6968.1999.tb13383.x.

3. Pande, A., Pandey, P., Mehra, S., Singh, M., Kaushik, S. (2017). Phenotypic and genotypic characterization of phosphate solubilizing bacteria and their efficiency on the growth of maize. *J Genet Eng Biotechnol*. 15(2), 379-391. doi: 10.1016/j.jgeb.2017.06.005

Щодо стану правозабезпечення зарезервованих цінних для заповідання територій та об'єктів в Україні: проблеми та шляхи вирішення

Микола Величко

ДУ «Інститут еволюційної екології НАН України» 03143, м. Київ, вул. Акад. Лебедєва, 37

e-mail: velychko54@ukr.net

У перші роки незалежності України поряд з політичними, економічними та безпековими питаннями вирішується і питання створення та розширення природно заповідного фонду держави як ключового інструменту збереження генофонду довкілля. З цією метою 10 березня 1994 року за № 79/74 було прийнято Указ Президента України «Про резервування для наступного заповідання цінних природних територій» (надалі – Указ).

Указ став правовим підґрунтям для реалізації пізніше прийнятої Верховною Радою України (далі – ВРУ) від 22 вересня 1994 № 177/94-ВР «Програми перспективного розвитку заповідної справи в Україні» (надалі – Програма) («Заповідники»).

У цьому Указі прописано зміст та ідеологія резервування територій під майбутнє заповідання.

В цей період вперше прийнятою Постановою ВРУ від 22.09.1994 № 177/94-ВР «Про Програму перспективного розвитку заповідної справи в Україні» (далі – Постанова) в Україні закладені перспективні нормативні показники заповідності для перспективного збільшення територій та об'єктів природно заповідного фонду (надалі – ПЗФ) як важливого екологічного показника. Зокрема у ст. 3 Постанови було передбачено таке: «Оптимізація мережі територій та об'єктів ПЗФ, подальший розвиток заповідної справи в Україні мають бути забезпечені на основі вирішення таких першочергових завдань: (...) збільшення площі територій та об'єктів ПЗФ як важливого інтегрального екологічного показника до 2000 року в цілому в Україні в межах 3 – 4 а в окремих регіонах 9 – 10 відсотків від загальної території».

Вже в грудні цього ж року було прийнято наступний Указ Президента України «Про створення заказників загальнодержавного значення» від 10.12.1994 р. № 750/94. на підставі якого іде активний процес створення нових об'єктів ПЗФ і вже через два роки Указом Президента України від 20.08.1996 р. № 715/96 «Про оголошення територій та об'єктів природно-заповідного фонду загальнодержавного значення» відбувається офіційне їх оголошення як таких, які на державному рівні підлягають охороні».

Паралельно Україна бере участь в 1995 році в роботі конференції на рівні міністрів довкілля країн Європи у Софії де була затверджена «Стратегія збереження біологічного та ландшафтного різноманіття». У наступні роки в Україні розроблено та прийнято чимало програмних, затверджених Верховною Радою або Урядом документів, спрямованих на поліпшення стану навколишнього середовища та впровадження раціонального природокористування на деяких зупинимося нижче

Серед них слід відмітити Постанову ВРУ від 05.03.1998 № 188/98-ВР « Про Основні напрями державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки». У 2000 році ВРУ приймає Закон України (далі – ЗУ) «Про Загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі на 2000– 2015 роки» (далі — ЗУ «Про екомережу») яким визначено, що до 2015 року площа ПЗФ України має становити у середньому 10, 4% від території держави (див. Додаток 2 Закону).

Одночасно у цьому ж 2000 році ВРУ прийняла ЗУ «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2020 року» (далі — ЗУ «Про стратегію екополітики») у якому зазначається, що частку площ природно-заповідного фонду в Україні необхідно збільшити до 15% як у більшості країн Європи.

Згодом, у 2019 році на заміну вище зазначеного ЗУ був прийнятий ВРУ новий, ЗУ «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року», що також успадкував цільовий показник 15% ПЗФ. Та його важливе значення в тому, що він став узагальненням та визначенням стратегічних цілей національної екологічної політики та основних засобів її реалізації з урахуванням відповідних положень Угоди про її асоціацію з Європейським Союзом.

До моменту передачі їх в ПЗФ: «… території, що резервуються з метою наступного заповідання, залишаються у віданні їх землевласників та землекористувачів і використовуються за цільовим призначенням із додержанням особливих вимог охорони навколишнього природного середовища та обмежень, що визначаються рішенням про резервування. Здійснення на таких територіях діяльності, що призводить до зміни угідь, на земельних ділянках усіх категорій земель (боліт, степів, сіножатей, пасовищ, земельних лісових ділянок) забороняється».

Створення територій природно-заповідного фонду за рахунок зарезервованого фонду регламентується Законодавством України (статті 51-54 ЗУ «Про природно-заповідний фонд України» та підкріпленням низки методик, затверджених наказами відповідних того часу міністерств Кабінету Міністрів України. Тож досягнення цілей, встановлених на державному або навіть міжнародному рівнях, потребує проходження всіх передбачених законодавством етапів затвердженої процедури погоджень. Як зазначено в Концепції адаптації природоохоронного законодавства України до екологічного надбання ЄС («THE EU ENVIRONMENTAL ACQUIS») на жаль, процедура має цілу низку недосконалих у нормативно-правовому регулюванні моментів, які створили умови на різних етапах суб’єктам погодження завадити прийняттю рішення про створення нових територій ПЗФ. Вся проблема у складній і недосконалій та тривалій за часом процедурі погоджень при створенні об’єкта ПЗФ.

Найбільш проблемний етап, на якому зупиняється створення більшості об’єктів ПЗФ – це погодження клопотання з землекористувачами. Цей етап виконує обласна державна адміністрація (далі – ОДА) або Міністерство економіки, довкілля та сільського господарстваУкраїни у співпраці з ОДА.

Ініціатори створення ПЗФ зазвичай не мають доступу до цього етапу і не можуть знати чи фігурують корупційні змови у випадках відмов.

Також суттєвою проблемою є отримання погодження з боку користувачів. Створення ПЗФ накладає на них низку обмежень, і у більшості випадків є економічно невигідним в короткостроковій перспективі для об'єднаної територіальної громади (далі – ОТГ) чи лісгоспу, які хочуть отримувати як найбільший прибуток від використання землі чи лісу, відповідно. Наприклад, найбільш поширеною проблемою в усіх регіонах є заборона полювання у всіх категоріях ПЗФ (запроваджено в 2010 році), що викликає протест в більшості громад і лісгоспів.

Норма законодавства про відсутність потреби в погоджені з боку місцевих громад на створення ПЗФ на переданих ОТГ під час земельної реформи землях не працює.

Найпоширенішою проблемою є те, що зазвичай створення ПЗФ виносять останнім питанням на останню сесію року або сезону. До таких питань просто не доходить черга і вони можуть переноситись роками на «наступну сесію».

Є проблеми і на останньому етапі. Офіс Президента підписує всі підготовлені проєкти Указів, але це може затягуватись на роки.

На сьогодення не працює подальша процедура резервування екологічно цінних територій для перспективного створення ПЗФ, бо якщо до 2021 року така процедура не вимагала розробки коштовних проєктів землеустрою, то з 2021 року така вимога стала обов'язковою. А коштів в держави, особливо в сучасних умовах воєнного стану, не вистачає тому вони для цих процедур у держбюджет навіть і не закладалися. Нам невідомо про жодний випадок такого резервування в останні роки.

Цим можна пояснити незначне збільшення площі територій та об'єктів ПЗФ за рахунок наявних з 1994 року резервів цінних для заповідання територій та об'єктів.

Хоча в Україні за цей час розроблено та прийнято чимало програмних, затверджених ВРУ або КМУ документів, спрямованих на поліпшення стану навколишнього середовища та впровадження раціонального природокористування, але механізм їх реалізації щодо відповідальності (дисциплінарна, адміністративна, кримінальна) суб'єктів в користуванні яких знаходяться зарезервовані цінні екологічні території та об'єкти за скоєні ними правопорушення наразі відсутній. Вказані території та об'єкти не мають такого охоронного статусу як об'єкти ПЗФ. А Закон України від 28.04.2021 № 1423-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення системи управління та дерегуляції у сфері земельних відносин» на сьогодні обмежив термін резервування цінних для заповідання територій та об'єктів п'ятирічним строком які 27.05.2026 року втратять статус правового захисту в якості зарезервованих.

Відсутність окремих статей щодо відповідальності за правопорушення землевласників та землекористувачів щодо використанням зарезервованих цінних для заповідання територій та об'єктів в Кодексі України про адміністративні правопорушення (далі - КУпАП) та Кримінальному Кодексі

України (далі - КК України) стала причиною того, що частина зарезервованих територій була забудована, або знищена в інший спосіб, внаслідок чого безповоротно втратила природну цінність та актуальність заповідання. Деякі територій були створені на меншій площі, ніж це планувалось, або були скасовані деякі рішення про резервування об'єктів ПЗФ до того, як було створено всі передбачені у них проєктовані ПЗФ. Для вирішення зазначеної проблеми нами пропонується:

- підготувати та внести до Верховної Ради України пропозиції щодо внесення змін до Закону України від 28.04.2021 № 1423-IX «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України щодо вдосконалення системи управління та дерегуляції у сфері земельних відносин» про відміну або збільшення обмеження терміну володіння статусом зарезервованих цінних для заповідання територій та об'єктів п'ятирічним строком які 27.05.2026 року втратять статус зарезервованих хоча б на 15 років;

- підготувати пропозиції та порушити питання перед ВРУ щодо внесення змін в КУпАП та КК України до них відповідних статей, які передбачають відповідальність в разі правопорушень із числа землекористувачів зарезервованих цінних для заповідання територій.

Змішані посадки нових плодових рослин *A. arguta* і *C. mas* для збереження агробіорізноманіття

Тетяна Венедиктова, Надія Скрипченко, Віта Книш
Національний ботанічний сад ім.М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна, 01014, e-mail: tatianaforest3@gmail.com

Для сучасного етапу розвитку садівництва України характерне не лише постійне вдосконалення сортименту традиційних плодових культур за рахунок створення нових високоврожайних імунних сортів, а й широке впровадження в культуру нетрадиційних ягідних рослин, які вирізняються скороплідністю, невимогливістю до умов зростання, стійкістю до шкідників та хвороб, забезпечують отримання екологічно чистої продукції з високим вмістом біологічно активних сполук. До таких належать нетрадиційні та малопоширенні плодові культури *Actinidia arguta(Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq.* та *Cornus mas L.*

Вивчення нетрадиційних для садівництва видів рослин має велике господарське та економічне значення, оскільки їх плоди використовують як у харчуванні, так і з лікувальною та декоративною метою, а впровадження видів в садівництво сприятиме збагаченню біорізноманіття та підвищенню стійкості садових ценозів С. В. Клименко (2000). Змішанні посадки культур сприяють функціональній диверсифікації, яка забезпечує більшу стабільность, що відмічається в природних умовах зростання цих рослин (Petchey & Gaston, 2002). Диверсифікація рослин за морфологічними ознаками, наприклад, різною висотою рослин, довжиною коренів, структурою рослин, текстурою листя, кольором тощо, формує різноманітне мікросередовище як на вертикальній, так і на горизонтальній поверхні, що допомагає використовувати весь простір і поживні речовини, доступні в різних місцях, створює несприятливе середовище для швидкого росту патогенів і шкідливих комах, доповнює окремі рослини, щоб впоратися з різними біотичними та абіотичними стресами. Тому метою досліджень було порівняльне вивчення особливостей накопичення фітомаси рослинами актинідії і кизилу за умов моно – та змішаної посадки їх у вегетаційних дослідах для оптимізації технології вирощування.

Дослідження проводили у відділі акліматизації плодових рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Як об'єкти дослідження були відібрані 2-річні рослини ліан актинідії с. Сентябрська *A. arguta* і сіянці кизилу *C. mas*. Дослідні рослини вирощували в контейнерах (Рис.1). Цей метод застосовують для вивчення взаємодії ґрунту і рослин, сам ґрунт у цьому випадку є також об'єктом дослідження. Експерименти проводилися в контрольованих умовах. Схема експерименту включала наступні варіанти: контроль - монопосадка рослин *A.arguta C. mas* і спільне вмрощування *A. arguta* і *C. mas* у співвідношенні 50%:50%; 67%:33%;33%:67%.

Повторність досліду-5-кратна. Спостереження проводили за загальноприйнятими методиками, які застосовуються у наукових дослідженнях у вітчизняній та міжнародній практиці у плодівництві (Марченко, 2005). У роботі

застосовано методи оцінювання біологічних показників за динамікою розвитку вегетативної маси і кореневої системи.



1



2

Рис. 1. Вирощування рослин *C. mas* в моно-(4) та в змішаній посадці з *A. arguta (*17) - у співвідношенні 33% *C. mas* :67% *A. arguta*;

Рис. 2. Коренева система *C. mas* в моно-(13) та в змішаній посадці з *A. arguta (*4) - у співвідношенні 67% *A. arguta* :33% *C. mas*.

Результати досліджень засвідчують, що за сумісного вирощування рослин актинідії і кизилу виявлено зростання ваги в 1,2 рази для рослин актинідії, в умовах сумісного зростання надземна вага актинідії вища за контроль у середньому на 2-19% (максимальне значення спостерігається в варінті *A.arguta 50%-C. mas 50%)*, а маса коренів перевищує контроль на 19-61% (максимальне значення спостерігається в варінті *A.arguta 33%-C. mas 67%* (Таб.1). Водночас виявлено зменшення показників надземної ваги рослин в 1,7 рази (на 20-40%) для кизилу, найменше значення спостерігається в варіанті *A.arguta 50%-C. mas 50%*. Маса коренів зменшується порівняно з контроль на 19-38% (найменше значення спостерігається в варіанті *A.arguta 67%-C. mas 33%* (Таб.1).

Варіанти досліду	Вага, г		
	Пагони	Корені	к\н
A.arguta	35,97±0,6	5,5±0,03	0,2±0,001
A.arguta 50%-C. mas 50%	42,93±0,27	8,86±0,23	0,21±0,004
A.arguta 33%-C. mas 67%	39,37±0,32	8,87±0,22	0,23±0,01
A.arguta 67%-C. mas 33%	36,82±0,29	6,59±0,31	0,18±0,001
НСР 0,05	2,07	1,9	0,12
C. mas	12,6±0,25	12,2±0,3	0,97±0,05
A.arguta 50%-C. mas 50%	7,49±0,29	8,59±0,19	1,28±0,06
A.arguta 33%-C. mas 67%	10,08±0,3	9,86±0,24	0,98±0,05
A.arguta 67%-C. mas 33%	8,01±0,21	7,52±0,18	0,94±0,04
НСР 0,05	2,55	2,46	0,64

Заслуговують на увагу результати з оцінювання коефіцієнта продуктивності, який визначається за співвідношенням маси підземної частини

(к) до надземної частини (н). З'ясовано, що найбільший коефіцієнт продуктивності для рослин актинідії спостерігається у варіантах *A.arguta 33%-C. mas 67%*, що складає 0,23.

Таб. 1.Біомаса надземної і підземної частини дослідних видів рослин за умов сумісного вирощування.

У результаті проведених досліджень встановлено, що змішані посадки *C. mas* та *A. arguta* більш сприятливі для актинідії порівняно з моно посадкою,. Найефективнішими співвідношеннями в модельних дослідах є варіанти *A. arguta* 33 % - *C. mas* 67%, які можна рекомендувати при створенні фермерських насаджень актинідії.

Список джерел

1. Клименко С.В.(2000) Культура кизила в Украине.Полтава: «Верстка», 80 с.
2. Марченко Л. вопросу о таксационных (сопутствующих) переменных / Л А. Марченко, Ф.А. Волков, Е С Фролова // Мониторинг и методика исследований в садоводстве в нестабильных экологических условиях сб науч. тр. международной науч -метод, конф (М., 24-25 ноября 2005 г). 2005. С 173-179
3. Petchey, O.L., KL Gaston K. L. 2002. Functional diversity, species richness and community composition. *Ecol. Lett*, 5 (3), 402-411. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x

Накопичення фітомаси рослинами рослин *A. arguta* і *C. mas* в моно- та змішаних посадках

Тетяна Венедиктова, Надія Скрипченко, Віта Книш
Національний ботанічний сад ім.М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна, 01014, e-mail: tatianaforest3@gmail.com

Для сучасного етапу розвитку садівництва України характерне не лише постійне вдосконалення сортименту традиційних плодових культур за рахунок створення нових високоврожайних імунних сортів, а й широке впровадження в культуру нетрадиційних ягідних рослин, які вирізняються скороплідністю, невимогливістю до умов зростання, стійкістю до шкідників та хвороб, забезпечують отримання екологічно чистої продукції з високим вмістом біологічно активних сполук. До таких належать нетрадиційні та малопоширенні плодові культури *Actinidia arguta* (Siebold & Zucc.) Planch. ex Miq). та *Cornus mas L*.

Вивчення нетрадиційних для садівництва видів рослин має велике господарське та економічне значення, оскільки їх плоди використовують як у харчуванні, так і з лікувальною та декоративною метою, а впровадження видів в садівництво сприятиме збагаченню біорізноманіття та підвищенню стійкості садових ценозів (Клименко, 2000). Змішанні посадки культур сприяють функціональній диверсифікації, яка забезпечує стабільность агроценозів, яка відмічається в природних умовах зростання цих рослин (Petchey & Gaston, 2002). Диверсифікація рослин за морфологічними ознаками, наприклад, різною висотою та структурою рослин, довжиною коренів, текстурою листя формує певне мікросередовище, що сприяє використанню всього простору і поживних речовин, доступних в різних місцях, створює несприятливе середовище для патогенів і шкідливих комах, підвищує стійкість окремих рослин до біотичних та абіотичних стресів. Тому метою досліджень було порівняльне вивчення особливостей накопичення фітомаси рослинами актинідії і кизилу за умов моно – та змішаної посадки для оптимізації технології вирощування.



1



2

Рис. 1. Вирощування рослин *C. mas* в моно-(4) та в змішаній посадці з *A. arguta (*17) у співвідношенні 33% *C. mas*:67% *A. arguta*;

Рис. 2. Коренева система *C. mas* в моно- (13) та в змішаній посадці з *A. arguta (*4) - у співвідношенні 67% *A. arguta* :33% *C. mas*

Дослідження проводили у відділі акліматизації плодових рослин Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України. Як об'єкти дослідження були відібрані 2-річні рослини ліан актинідії с. Сентябрська *A. arguta* і сіянці кизилу *C. mas*. Експерименти проводилися в контрольованих умовах, дослідні рослини вирощували в контейнерах (Рис.1). Схема експерименту включала наступні варіанти: контроль - монопосадка рослин *A.arguta C. mas* і спільне вмрощування *A. arguta* і *C. mas* у співвідношенні 50%:50%; 67%:33%;33%:67%.Повторність досліду-5-кратна. Спостереження проводили за загальноприйнятими методиками, які застосовуються у наукових дослідженнях у вітчизняній та міжнародній практиці у плодівництві (Марченко, 2005). У роботі застосовано методи оцінювання біологічних показників за динамікою розвитку вегетативної маси і кореневої системи.

Результати досліджень показали, що за сумісного вирощування рослин актинідії і кизилу відмічається зростання ваги фіто маси актинідії. Так в умовах сумісного зростання надземна вага актинідії вища за контроль у 1,2 рази, що на 2-19% більша порівняно з монопосадкою (максімальне значення спостерігається в варінті *A.arguta 50%-C. mas 50%).* Маса коренів рослин актинідії перевищує контроль на 19-61% (з максимальними значенняи в варінті *A.arguta 33%-C. mas 67%* (Таб.1). Водночас в змішаних посадках виявлено зменшення показників надземної ваги в 1,7 рази або на 20-40% для рослин кизилу,порівняно з рослинами моно посадки (найменше значення спостерігалось в варіанті *A.arguta 50%-C. mas 50%).* Маса коренів зменшилась при змішаному вирощуванні на 19-38% порівняно з контролем (найменше значення спостерігається в варіанті *A.arguta 67%-C. mas 33%* (Таб.1).

Таб. 1. Біомаса надземної і підземної частини дослідних видів рослин за умов сумісного вирощування

Варіанти досліду	Вага, г		
	Пагони	Корені	к\н
A.arguta	35,97±0,6	5,5±0,03	0,2±0,001
A.arguta 50%-C. mas 50%	42,93±0,27	8,86±0,23	0,21±0,004
A.arguta 33%-C. mas 67%	39,37±0,32	8,87±0,22	0,23±0,01
A.arguta 67%-C. mas 33%	36,82±0,29	6,59±0,31	0,18±0,001
НСР 0,05	2,07	1,9	0,12
C. mas	12,6±0,25	12,2±0,3	0,97±0,05
A.arguta 50%-C. mas 50%	7,49±0,29	8,59±0,19	1,28±0,06
A.arguta 33%-C. mas 67%	10,08±0,3	9,86±0,24	0,98±0,05
A.arguta 67%-C. mas 33%	8,01±0,21	7,52±0,18	0,94±0,04
НСР 0,05	2,55	2,46	0,64

Заслуговують на увагу результати з оцінювання коефіцієнта продуктивності, який визначається за співвідношенням маси підземної частини (к) до надземної частини (н). З'ясовано, що найбільший коефіцієнт продуктивності для рослин актинідії спостерігається у варіантах *A.arguta 33%-C. mas 67%*, що складає 0,23.

У результаті проведених досліджень встановлено, що змішані посадки *C. mas* та *A. arguta* більш сприятливі для рослин актинідії порівняно з моно посадкою. Найефективнішими співвідношеннями в модельних дослідах є варіант *A. arguta* 33 % - *C. mas* 67%, який можна рекомендувати при створенні фермерських насаджень актинідії.

Список джерел

1. Клименко С.В.(2000) Культура кизила в Украине.Полтава: «Верстка», 80 с.
2. Марченко Л. (2005) вопросу о таксационных (сопутствующих) переменных / Л А. Марченко, Ф.А. Волков, Е С Фролова // Мониторинг и методика исследований в садоводстве в нестабильных экологических условиях сб науч. тр. международной науч -метод, конф (М., 24-25 ноября 2005 г)., С 173-179.
3. Petchey, O.L., KL Gaston K. L. 2002. Functional diversity, species richness and community composition. Ecol. Lett, 5 (3), 402-411. https://doi.org/10.1046/j.1461-0248.2002.00339.x

Флора і рослинність Рамсарських угідь Карпатського біосферного заповідника: стан та стратегії збереження

Микола Волощук, Алла Козурак, Тетяна Антосяк
Карпатський біосферний заповідник м. Рахів, Україна,
voloschuk.mi@gmail.com

Карпатський біосферний заповідник (КБЗ) є найбільшою природоохоронною установою Закарпаття та одним із найпотужніших заповідних об'єктів України. Його територія загальною площею 66417,4 га охоплює репрезентативні природні комплекси Українських Карпат від низинних заплавних лук до високогір'я у межах висот 175–2061 м н. р. м. Територіальна структура КБЗ є кластерною і включає вісім відокремлених заповідних масивів (Гамор та ін., 2012). Заповідник розташований у найбільш зволоженому регіоні України з густою річковою мережею (1,8 км/км²), що є басейном річки Тиса (Покиньчереда та ін., 2016).

На території КБЗ представлені основні типи водно-болотних угідь (ВБУ), притаманні гірським ландшафтам: льодовикові озера, верхові сфагнові болота й торфовища, заплавні ліси та заболочені луки, витоки струмків, заводі, низинні лучно-болотні комплекси та підземні карстові печери. Узагальнені результати багаторічних комплексних досліджень біорізноманіття ВБУ, що охороняються на заповідній території, підтверджують їхню унікальність та міжнародне созологічне значення. У 2011 році, згідно з розпорядженнями Кабінету Міністрів України, трьом об'єктам КБЗ було погоджено надання статусу угідь міжнародного значення, а у 2019 році вони були офіційно включені до Списку водно-болотних Рамсарських угідь міжнародного значення (Конвенція..., 1971)».

ВБУ «Долина нарцисів» (сертифікат № 2390). Масив площею 256 га розташований у заплаві р. Хустець у межах Закарпатської низовини (175–185 м н. р. м.). Унікальність угіддя полягає в наявності найбільшої в Європі рівнинної популяції *Narcissus angustifolius* Curt., що охороняється на національному та міжнародному рівнях (Волощук та ін., 2021). Рослинність представлена угрупованнями з Зеленої книги України (2009) за участю нарцису вузьколистого, зокрема: *Narcissietum (angustifolii) moliniosum (caeruleae), Narcissietum (angustifolii) anthoxanthosum (odorati), Narcissietum (angustifolii) agrostidosum (tenuis)*.

На території заповідного урочища зафіксовано високе флористичне різноманіття – понад 500 видів вищих судинних рослин. З них 22 види включені до Переліку видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України, зокрема рідкісні представники родини *Orchidaceae*: *Anacamptis coriophora* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase, *Anacamptis palustris* (Jacq.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase, *Dactylorhiza incarnata* (L.) Soó, *Dactylorhiza majalis* (Rchb.) P.F. Hunt & Summerh., *Neotinea ustulata* (L.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase та ін. Також тут зростають *Iris sibirica* L., *Achillea setacea* Waldst. & Kit., *Anacamptis laxiflora* (Lam.) R.M. Bateman, Pridgeon & M.W. Chase, *Carex buxbaumii* Wahlenb., *Carex hartmanii* Cajander, які в Українських Карпатах мають вкрай обмежене поширення (Волощук та ін., 2021).

Загалом 199 місцевих видів мають різні природоохоронні статуси відповідно до міжнародних, національних і регіональних червоних списків, які є чинними для України (Волощук та ін., 2021). У флорі Долини нарцисів обліковано рідкісні гідро- та гігрофітні види рослин, що занесені до регіонального червоного списку: *Ranunculus circinatus* Sibth., *Comarum palustre* L., *Juncus atratus* Krock., *Potamogeton praelongus* Wulfen. (Козурак та ін., 2017).

Значні площі займають торф'янисті луки з асоціацією *Junco effusi-Molinietum caeruleae* Tüxen 1954. Вздовж водотоків поширені асоціації *Phragmitetum australis* Savich 1926, *Phalaridetum arundinaceae* Libbert 1931, *Lysimachio vulgaris-Filipenduletum* Balátová-Tuláčková 1978, *Scirpetum sylvatici* Ralski 1931. Обмежене поширення мають водно-болотні фітоценози: *Lemnetum minoris* Soó 1927, *Callitricho-Lemnetum minoris* Weber 1969, *Lemno-Utricularietum* Soó 1928, *Batrachietum circinati* Segal 1965, *Hottonietum palustris* Sauer 1947, *Potametum natantis* Hild 1959, *Potametum crispi* Soó 1927, *Myriophylletum spicati* Soó 1927, *Potametum praelongi* Hild 1959, *Glycerietum fluitantis* Nowiński 1928, *Leersietum oryzoidis* Eggler 1933, *Sagittario sagittifoliae-Sparganietum emersi* Tx. 1953, *Oenanthetum aquaticae* Soó 1927, *Eleocharitetum palustris* Savich 1926 (Дубина та ін., 2019). За останні 20 років площі цих угруповань значно скоротилися через експансію чагарників, зокрема *Salicetum cinereae* Zólyomi 1931, *Prunetum spinosae* Tx. 1952 та ін.

Головною екологічною загрозою є зміна гідрологічного режиму внаслідок кліматичних змін та проведеної у минулому меліорації. Поступова мезифікація, а на підвищених ділянках – ксерифікація біотопів сприяє інвазії чагарників, що витісняють рідкісні лучні види. Для стабілізації екологічної ситуації на території ВБУ «Долина нарцисів» науковцями КБЗ розроблено та впроваджено рекомендації з відновлення гідрологічного режиму. Зокрема, на основних водотоках встановлено систему шлюзів-регуляторів. Крім того, для підвищення рівня ґрунтових і поверхневих вод на колишніх меліоративних каналах облаштовано перепади з природних матеріалів – вербового гілля та оглеєного ґрунту. Завдяки функціонуванню цих гідротехнічних споруд вдалося суттєво підняти рівень залягання ґрунтових вод, що сприяло процесам відновлення водно-болотних рослинних угруповань та збільшенню частки раритетних гігрофітів у їхньому складі.

ВБУ «Озірний-Бребенескул» (сертифікат № 2394). Угіддя охоплює високогір'я Чорногірського масиву (956-2061 м н. р. м.) площею 1656,91 га (Волощук, 2019). Територія характеризується значною густотою річкової мережі: тут формуються витоки річок Говерла, Бребенескул, Бальцатул та Озірний, що є найбільшими притоками Білої Тиси. Близько 8% площі ВБУ є заболоченою – це переважно лісові та субальпійські оліготрофні осоково-сфагнові болота, високогірні озера, витоки струмків і заплавні береги гірських потоків (Микітчак та ін., 2014).

Масив включає близько 30 озер льодовикового походження, зокрема найвище озеро України – Бребенескул (1801 м н. р. м.) (Микітчак & Волощук, 2022).

Флора ВБУ відзначається високим біорізноманіттям і налічує понад 600 видів вищих судинних рослин. Значну частку флористичного ядра становлять рідкісні, реліктові та ендемічні види. У лентичних екосистемах (озерах та мікроводоймах) виявлено багатий склад водоростей, серед яких – занесена Переліку видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України водорость *Bambusina brebissonii* Kütz. У прибережних зонах лісових потоків зафіксовано популяції рідкісного моху *Hookeria lucens* (Hedw.) Sm. (Микітчак та ін., 2014).

Обмежене поширення мають рідкісні види, що зростають у складі водних і болотних рослинних угруповань: *Allium schoenoprasum* L., *Swertia perennis* L., *Swertia punctata* Baumg., *Dichodon cerastoides* (L.) Rchb., *Doronicum stiriacum* (Vill.) Dalla Torre, *Pinguicula alpina* L. та ін. Також обліковано гідро- та гігрофіти з регіонального червоного списку: *Aconitum hosteanum* Schur, *Juncus castaneus* Smith, *Menyanthes trifoliata* L., *Pulmonaria filarszkyana* Ják. (Козурак та ін., 2017).

Серед ендемічних рослин, що приурочені до заболочених місць, зустрічаються *Doronicum carpaticum* (Griseb. & Schenk) Nyman, *Carduus kerneri* Simonk., *Phyteuma vagneri* A. Kern., *Ranunculus malinovskii Elenevsky & Derv.-Sok.* На зволожених прибережних ділянках зростають представники родини *Orchidaceae*: *Dactylorhiza cordigera* (Fr.) Soó, *Neottia cordata* (L.) Rich., *Pseudorchis albida* (L.) Á. Löve & D. Löve.

Рослинність представлена угрупованнями, де домінують *Carex rostrata* Stokes, *Equisetum fluviatile* L., *Eriophorum vaginatum* L. Прибережну рослинність озер та боліт формують асоціації *Sphagno recurvi-Caricetum rostratae* Steffen 1931, *Carici rostratae-Drepanocladetum fluitantis* Hadač & Váňa 1967, *Eriophoro vaginati-Sphagnetum angustifolii* Hueck 1925. Спорадично зустрічається асоціація *Callitricho-Lemnetum minoris* Weber 1969.

На перезволожених заплавах та лучно-болотних комплексах поширені асоціації: *Brachythecio rivularis-Cardaminetum opizii* (Krajina 1933) Hadač 1983, *Saxifragetum stellaris* Deyl 1940, *Calthetum laetae* Krajina 1933, *Doronico-Cratoneuretum commutati* Pawłowski & Walas 1949, *Empetro nigri-Sphagnetum fusci* Osvald 1923, *Sphagnetum magellanici* (Malcuit 1929) Kästner & Flössner 1933, *Typhetum latifoliae* Soó 1927, *Menyantho trifoliatae-Sphagnetum teretis* (Warén 1926) Dierssen 1982. Вздовж гірських річок наявні *Petasitetum albi* Zlatník 1928, *Chaerophyllo-Petasitetum albi* Sýkora & Hadač 1984, *Caltho laetae-Alnetum* (Zarzycki 1963) Stuchlik 1968 (Дубина та ін., 2019; Микітчак та ін., 2014).

Рідкісними є фітоценози *Piceetum (abietis) pinetoso (mugi)–sphagnosum, Rhododendretum (kotschyi) sphagnosum*, *Salicetum (herbaceae) polytrichosum* (Зелена книга України, 2009). На днищах льодовикових цирків поширені мохово-лишайникові угруповання: *Polytrichetum sexangularis* Frey 1922, *Potentillo-Polytrichetum communis* Malinovskiy & Krichfalushiy 2000, *Polytricho-Poetum deylii* Malinovskiy & Krichfalushiy 2000 (Малиновський, 1980; Дубина та ін., 2019).

Найбільшими загрозами для високогірних ВБУ є зміна гідрологічного режиму через кліматичні зміни, зменшення опадів, замулення внаслідок ерозії та заростання деревно-чагарниковою рослинністю. Додатковими ризиками є

неконтрольований туризм, розбудова інфраструктури, надмірне водокористування та інтенсивне пасовищне господарство.

ВБУ «Печера Романія-Дружба» (сертифікат № 2396). Одна з найбільших підземних карстових печер Українських Карпат (загальна довжина досліджених коридорів – 980 м, глибина – 55 м) із підземною річкою. Площа 0,1375 га, об'єм – 5500 м^3. Об'єкт охороняється на території Угольського масиву КБЗ (Покиньчереда та ін., 2016). Це унікальне природне утворення накопичує значні об'єми води під час інтенсивних злив та активного сніготанення. Формування печери пов’язане з масивними вапняковими породами тектонічної зони Пенінінських стрімчаків. Угіддя є невід'ємною частиною об’єкта Всесвітньої спадщини ЮНЕСКО «Букові праліси і давні ліси Карпат та інших регіонів Європи».

Окрім унікальної троглобіонтної фауни і специфічної мікобіоти печера забезпечує гідрологічну стабільність прилеглих територій. Підземна річка виходить на поверхню і впадає у р. Мала Уголька, вздовж заплав якої сформовані асоціації *Alnetum incanae* Lüdi 1921, *Caltho laetae-Alnetum* (Zarzycki 1963) Stuchlik 1968 та *Petasitetum albi* Zlatník 1928 (Дубина та ін., 2019).

Нижня частина карстової системи межує з населеним пунктом, що створює значне антропогенне навантаження. Проблемою залишається захаращення входу до печери побутовими відходами місцевим населенням, а також неконтрольоване відвідування об’єкта спелеологами-аматорами. ВБУ потребує суворого режиму охорони та моніторингу антропогенного тиску.

Водно-болотні угіддя міжнародного значення на території КБЗ відіграють критичну роль у пом’якшенні наслідків паводків, регулюванні водного режиму річки Тиса та збереженні унікального фіторізноманіття регіону. Подальша стратегія їхнього збереження має базуватися на принципах активного менеджменту (відновлення гідрологічного режиму), обмеженні антропогенного впливу та посиленні еколого-просвітницької роботи серед відвідувачів та місцевих громад.

Література

Волощук, М. І., & Антосяк, Т. М. (2019). Рідкісна флора водно-болотного угіддя «Озірний-Бребенескул» Карпатського біосферного заповідника. У Функціонування природоохоронних територій в сучасних умовах: Матеріали міжнар. наук.-практ. конф. (с. 112–116). Синевир.

Волощук, М. І., Козурак, А. В., & Антосяк, Т. М. (2021). Раритетна флора водно-болотного угіддя «Долина нарцисів»: динамічні тенденції та рекомендації щодо збереження. Природа Карпат, (1), 15–26.

Гамор, Ф. Д., Волощук, М. І., Антосяк, Т. М., & Козурак, А. В. (2012). БЗ Карпатський. У Фіторізноманіття заповідників і національних парків України. Ч. 1 (с. 45–72). Фітосоціоцентр.

Дідух, Я. П. (Ред.). (2009). Зелена книга України. Альтерпрес.

Дубина, Д. В., Дзюба, Т. П., Ємельянова, С. М., та ін. (2019). Продромус рослинності України. Наукова думка.

Конвенція про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовище існування водоплавних птахів. (1971). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/995_031

Козурак, А. В., Антосяк, Т. М., & Волощук, М. І. (2017). Регіонально рідкісні види рослин та оселища Карпатського біосферного заповідника. Природа Карпат, (1), 17–27.

Малиновський, К. А. (1980). Рослинність високогір'я Українських Карпат. Наукова думка.

Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. (2021). Про затвердження переліків видів рослин та грибів, що заносяться до Червоної книги України (рослинний світ) (Наказ № 111).

Микітчак, Т., Решетило, О., Костюк, А., та ін. (2014). Екосистеми лентичних водойм Чорногори (Українські Карпати). ЗУКЦ.

Микітчак, Т. І., & Волощук, М. І. (2022). Водно-болотне угіддя «Озірний-Бребенескул»: сучасний стан, охорона та рекомендації щодо збереження. Природа Карпат, (1), 69–92.

Покиньчереда, В. Ф., Волощук, М. І., Піпаш, Л. І., & Папарига, П. С. (2016). Актуальні проблеми збереження водно-болотних угідь Карпатського біосферного заповідника. Природа Карпат, (1), 73–83.

Розвиток рекреаційного туризму в Державному дендрологічному парку «Олександрія» НАН України

Людмила Гандовська, Олена Согомонян

Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України, м. Біла Церква, Україна, e-mail:340551@ukr.net

В наші часи велика кількість історичних ландшафтів зберігається як об'єкт історичної та культурної пам'яті та все більше використовується суспільством для розвитку сфери туризму та відпочинку. Українці мають досить багату культурно-історичну спадщину, вивчення якої сприяє гармонійному духовному розвитку українського суспільства, забезпечує зв'язок із минулим та надає відчуття безперервності та ідентичності. Історичні ландшафти все більше приваблюють людей своєю пам'яттю про минуле, пропонуючи духовне збагачення та зв'язок із традиціями. Все більше значення для туриста набувають такі нематеріальні фактори, як атмосфера місця, його зв'язок із відомими людьми та подіями. Старовинні міста, замки, парки все частіше стають своєрідними туристичними «магнітами» для людей, що сприяє зростанню ролі культурного туризму як найбільшого сектору світового туризму.

За останні роки багато людей, зокрема українців, мають велике емоційне навантаження, постійну втому і, як наслідок, стрес та вигорання. Тому все більше стає популярним напрямок рекреаційного туризму, який сприяє відновленню духовних та фізичних ресурсів. Саме слово «рекреація», від латинського «recreatio», означає відновлення.

Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України – найстаріший та найбільший за площею (понад 400 га) в Україні ландшафтний парк, унікальна пам'ятка садово-паркового мистецтва кінця XVIII - початку XIX ст. національного значення, яка знаходиться у північно-східній частині Правобережного Лісостепу на околицях міста Біла Церква Київської області. Заснований він у 1788 році (Галкін, 2013).

Особливою цінністю дендропарку є старовікова діброва, на території якої і було створено парк «Олександрія» (Бойко та ін., 2020). Від засновників парку нам залишилася безцінна колекція вікових дерев. Не менш вражаючою є колекція архітектурних споруд «Олександрії» (кін. XVIII - поч. XIXст.). Особливої чарівності та романтизму додають дендропарку водні об'єкти – каскади ставків із граційними лебедями та яскаво-забарвленими дикими качками, прикрашені декоративними арочними містками, великі й малі водоспади, фонтани та струмки. Усі ці об'єкти з'єднані між собою мережею алей, які оминають велику кількість декоративних галявин.

З 1962 року в дендропарку працює музей, експозиція якого знайомить відвідувачів з історією родини графів Браницьких, засновників «Олександрії», архітектурними та меморіальними композиціями парку, колекціями мармурових скульптур та сучасного пейзажного живопису (Гандовська та ін., 2016). На базі музею проводить свою діяльність науково-просвітницький центр, одним із напрямків роботи якого є популяризація дендропарку та розвиток рекреаційного туризму. Для відвідувачів проводяться екскурсії, лекції та тематичні зустрічі.

До уваги відвідувачів дендропарку «Олександрія» запропоновано наступні тематичні екскурсії:

1. «Олександрія» – рукотворне диво» – 2 год. Знайомство з парком, як зразком ландшафтного паркобудування, його засновниками, природними пейзажами, архітектурними спорудами, ставками, водоспадами та місточками. Загальна історично-природнича екскурсія. Протяжність 3 км.
2. «Архітектура «Олександрії» – 2 год. Розповідає про малі архітектурні форми «Олександрії», пошук історичних об'єктів на території парку, їх відновлення, методи консервування та реставрації. Протяжність 3 км.
3. «Екологічною стежкою дендропарку «Олександрія» – 4 год. Пропонує відвідувачам ознайомитися з природними видами рослин Правобережного Лісостепу України та отримати багато цікавої інформації про умови їх зростання і багато іншого. Протяжність 7 км.
4. «Олександрія на світанку» – 2 год. Пропонує відвідувачам прогулятися парковими алеями та насолодитися ранковим співом птахів. Протяжність – 2 км.
5. «Зелені патріархи «Олександрії» – 2 год. Екскурсія знайомить з історією інтродукції деревних рослин в парку, висвітлює питання охорони і збереження старовікових дерев. Протяжність – 3 км.
6. «Палієва гора» – «Семен Палій та його слід в історії України» – 2 год. Знайомство з історичним минулим України, визвольною боротьбою козацтва на початку XVIII ст. на прикладі фастівського полковника Семена Палія.
7. «Музей живої природи, флори і фауни «Олександрія» – 2 год. Знайомить відвідувачів з дивовижним світом тварин та птахів.
8. «Сад Мур» – 1,5 год. Екскурсанти знайомляться з історією плодівництва в Україні в XIX - XX ст. та у дендропарку «Олександрія», історичними та сучасними сортами плодових та ягідних культур.

Кожного року на початку травня гостей дендропарку заворожує неймовірним ароматом та чарівною красою велика колекція бузку із моносаду «Сірінгарій», де на сьогоднішній день представлено 2 види та 53 сорти бузку (Дойко та ін., 2024). Окрім «Сірінгарію», бузками можна помилуватися, мандруючи романтичними духмяними алеями «Олександрії».

Також приваблює своєю красою, ароматом та безліччю форм і кольорів колекційно-експозиційна ділянка «Розарій», створена у 2008-2012 рр. (Галкін, 2013).

У 2004 - 2009 рр. в дендропарку було створено наукову колекційно-експозиційну ділянку «Коніферетум» (містить більш як 276 таксонів Голонасінних), яка активно використовується у еколого-просвітницькій діяльності для популяризації знань про Голонасінні рослини (Бойко та ін., 2023).

Одним із напрямків рекреаційної діяльності дендропарку «Олександрія» є допомога людям із соціально-вразливих груп населення, які потребують реабілітації. В рамках цієї діяльності – проведення благодійних прогулянок-екскурсій, а також – занять з «садової терапії» (Дойко та ін., 2024)

Науково-просвітницький центр продовжує свою роботу: постійно вивчаються нові матеріали, ведеться розробка нових екскурсійних маршрутів, проводяться лекції для екскурсоводів за для розширення їхньої бази знань.

Однією із перспектив подальшого розвитку рекреаційної діяльності в дендропарку є впровадження напрямків терапевтичної ботаніки для реабілітації психоемоційного стану відвідувачів.

Використані джерела

Бойко Н. С., Дойко Н. М., Кривдюк Л. М. (2023). Коніферетум дендропарку «Олександрія» НАН України: досвід та етапи створення. Досвід утримання колекцій голонасінних рослин в Україні: напрацювання, складнощі, перспективи. Біла Церква. С. 227-246.

Бойко Н. С., Дойко Н. М., Драган Н. В., Мордатенко І. Л. (2020). Зелені патріархи дендропарку «Олександрія». Довідник. Біла Церква.

Галкін С. І. (2013). Парк «Олександрія». Історія та сучасність. Біла Церква.

Гандовська Л. В., Шпильова А. П. (2016). Просвітницька діяльність державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України. Сучасні тенденції збереження, відновлення та збагачення фіторізноманіття ботанічних садів і дендропарків. Біла Церква. С. 89-91.

Дойко Н. М., Бойко Н.С., Кривдюк Л. М. (2024). Екологічна освіта у дендропарку «Олександрія». Біорізноманіття: теорія, практика та методичні аспекти вивчення у закладах освіти: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції, присвяченої 110 річниці заснування Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка. С. 83-85.

Дойко Н. М., Кривдюк Л. М., Довгалюк Н. І., Драган Н. В., Силенко О. В. (2024). Бузки Олександрії: каталог-довідник. Біла Церква.

Оцінка фунгіцидної активності мінерально-біологічних композитів на основі цеоліту та кремнезему

А.П. Головань, І.В. Сіора, Т.В. Крупська

Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України
вул. Олега Мудрака б.17, м.Київ, 03164, Україна alyusik2001@ukr.net

Пріоритетним завданням сучасного землеробства є оптимізація систем захисту рослин із мінімізацією екологічних ризиків. Це зумовлює високу актуальність розробки інноваційних біопрепаратів для пригнічення фітопатогенів та стимуляції росту сільськогосподарських культур [1]. Використання мінерально-біологічних композитів (мінеральний носій з мікроорганізмами) дозволяє розв'язати проблему вразливості біопрепаратів [2, 3]. Завдяки стабілізації мікробних агентів, такі системи забезпечують пролонгований контроль над патогенами та створюють надійний фундамент для здорового розвитку посівів [4].

Метою роботи була розробка мінерально-біологічних композитів на основі гідрофільного природного цеоліту або гідрофобного пірогенного кремнезему АМ-1-300 із мікроорганізмами *Bacillus subtilis* і *Trichoderma harzianum* та оцінка їхньої фунгіцидної активності й здатності стимулювати фізіолого-біохімічні показники проростання насіння та морфологічний розвиток проростків для створення ефективних екологічно безпечних засобів передпосівної обробки насіння.

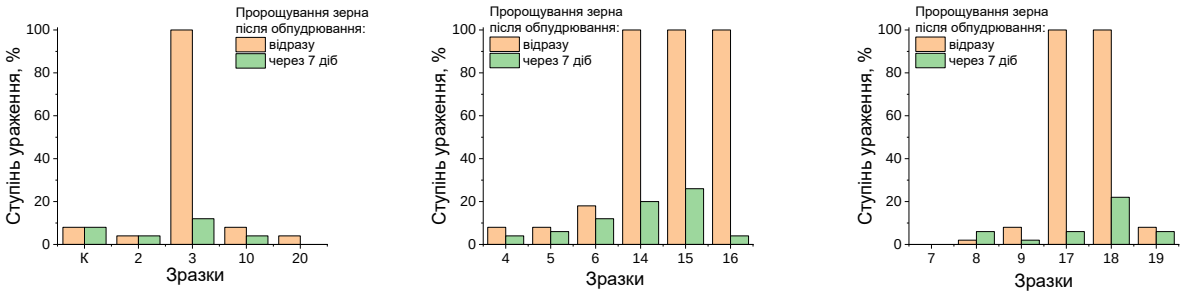
Для отримання композитних сумішей мінеральний носій (цеоліт/кремнезем) поєднували з порошкоподібними біопрепаратами методом розтирання у фарфоровій ступці до досягнення однорідності. Дозування біологічної складової відносно мінеральної основи становило 0,01:1; 0,05:1 та 0,1:1. У дослідженні проаналізовано всі зразки, наведені в таблиці 1.

Таблиця 1. Склад досліджуваних зразків

№	Мінеральний носій	Мікроорганізми	Співвідношення мікроорганізми: мінеральний носій, г/г		
Контроль (К)	–	–	–		
2	Цеоліт	–	0:100		
3	АМ-1-300				
4–6	Цеоліт	*B. subtilis*	0,01:1	0,05:1	0,1:1
7–9	АМ-1-300		0,01:1	0,05:1	0,1:1
14–16	Цеоліт	*T. harzianum*	0,01:1	0,05:1	0,1:1
17–19	АМ-1-300		0,01:1	0,05:1	0,1:1
10	–	*B. subtilis*	100:0		
20		*T. harzianum*			

Насіння пшениці сорту *Depot* обробляли порошкоподібними композитами за двома схемами. Перша передбачала посів зернівок безпосередньо після обпудрювання (припосівна обробка), друга – після семиденної витримки насіння в обробленому стані (передпосівна обробка). Пророщування здійснювали в чашках Петрі на зволоженому фільтрувальному папері за кімнатної температури.

Порівняльний аналіз варіантів обробки дозволив визначити вплив тривалості контакту композиту з насінням на його захисні властивості та оцінити доцільність передпосівної витримки.



а *б* *в*

Рис. 1. Ступінь зараження грибковими хворобами насіння пшениці після обробки композитами при двох підходах до протруювання: припосівному (пророщування відразу після обпудрювання) та передпосівному (пророщування через 7 діб). Ступінь зараження визначали на 7-му добу пророщування. Зразки: *а* – контроль (К), чисті носії (зразки 2 і 3) та мікроорганізми без носія (зразки 10 і 20); *б* – композити на основі цеоліту з *B. subtilis* (зразки 4–6) і *T. harzianum* (зразки 14–16); *в* – композити на основі АМ-1-300 з *B. subtilis* (зразки 7–9) і *T. harzianum* (зразки 17–19). Назви та склад зразків наведені у таблиці 1

Показано, що ступінь зараження вихідного насіння К (контролю) становив 8% (рис. 1 *а).* Використання чистого цеоліту дозволило знизити цей показник удвічі. Натомість кремнезем АМ-1-300 демонстрував нестабільність: при негайному висіві він провокував ріст грибів (до 100%), проте після 7-денної витримки оброблених зернівок рівень ураження знижувався до 12%. *B. subtilis* виявляли активність лише за умови передпосівної витримки (зниження ураження до 4%). *T. harzianum* продемонстрував вищу агресивність до патогенів, забезпечуючи повне пригнічення інфекції після тижневої адаптації.

Встановлено, що композитам на основі цеоліту з *B. subtilis* характерна дозозалежність при припосівній обробці, де високі концентрації бактерій (0,1 г) призводили до зростання зараження. Системи з *T. harzianum* при припосівній обробці демонстрували масове ураження (100%), що вказує на затримку проростання спор на поверхні цеоліту. Лише після 7-денної витримки рівень ураження в усіх композитах з цеолітом знижувався до 4 – 26%, що підтверджує необхідність часу для колонізації насіннєвої оболонки.

Виявлено, що кремнезем проявив себе як більш універсальний носій, проте з різним впливом на спори бактерій та грибів (рис.1 в). Композити з *B. Subtilis*

виявилися найбільш стабільними. Рівень ураження залишався низьким (до 8%) як при передпосівній обробці, так і при припосівній обробці. В той час як композити з *T. harzianum*, як і у випадку з цеолітом, проявляли затримку фунгіцидного ефекту при припосівній обробці, яка нівелювалася після семиденної витримки (зниження зараження до 6 – 22%).

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, про те що передпосівна обробка насіння пшениці композитами за 7 діб до посіву забезпечує більш ефективний захист від грибкових патогенів порівняно з припосівним опудрюванням Для композитів на основі гідрофобного кремнезему АМ-1-300 ступінь зараження мав дещо нижчі значення, порівняно з аналогічними композитами на основі цеоліту. Отже, розроблені композити на основі гідрофільного природного цеоліту або гідрофобного пірогенного кремнезему АМ-1-300 із мікроорганізмами *Bacillus subtilis* і *Trichoderma harzianum* є перспективними екологічно безпечними засобами передпосівної обробки насіння пшениці, з пролонгованою фунгіцидною дією.

Література

1. Jali P., Acharya S., Mahalik G. (2024). Antimicrobial efficacy of nano-particles for crop protection and sustainable agriculture. *Discover Nano*, 19(1), Article 117. https://doi.org/10.1186/s11671-024-04059-9
2. Dávila Costa J. S., Romero C. M. (2025). Nano-biofungicides and bio-nanofungicides: State of the art of innovative tools for controlling resistant phytopathogens. *Biophysica*, 5(2), Article 15. https://doi.org/10.3390/biophysica5020015
3. Karaca M. (2004). Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research*, 12, 183–189.
4. Md Nuruzzaman, Liu Y., Rahman M. M., Dharmarajan R., Duan L., Uddin A. F. M. J., Naidu R. (2019). Nanobiopesticides: Composition and preparation methods. *Nano-Biopesticides Today and Future Perspectives*, 69–131. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-815829-6.00004-8

Стійкість до шкідників і хвороб нових інтродукованих сортів ґрунтопокривних троянд роду *Rosa* L: оцінювання, апробація розробленої методики сезонної профілактики та лікування троянд

Євгенія Головко, Рита Бойко, Олена Ісаченко, Анастасія Никитіна
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка
Національної академії наук України, Київ, Україна
Комунальний позашкільний навчальний заклад
«Київська Мала академія наук учнівської молоді», Київ, Україна
e-mail: ecokman@gmail.com

Ґрунтопокривні троянди – це група троянд роду *Rosa* L., що мають сланку або розлогу форму крони куща (Бойко, 2019), (Мороз, Дениско, Банк, 2010). Такі ознаки відрізняють їх від інших садових груп. Завдяки тривалому цвітінні та невибагливості у догляді вони є універсальними для використання у ландшафтному дизайні (Рубцова, 2009).

Фахівцями з'ясовано, що основними причинами втрати декоративності, а іноді і повної загибелі троянд, є порушення агротехнічних умов вирощування рослин, а також їх ураження шкідниками та хворобами (Марченко, 2017), (Соболенко, Грамма, 2021). Тому важливим напрямком роботи є регулярне проведення первинного інтродукційного оцінювання сортів троянд, що обов'язково включає оцінювання їхньої стійкості до шкідників і хвороб.

Метою роботи було дослідження стійкості до шкідників і хвороб нових інтродукованих сортів ґрунтопокривних троянд роду *Rosa* L. та проведення аналізу сучасних методів профілактики і лікування троянд з розробкою власного методу.

За рекомендаціями по первинній інтродукційній оцінці на І етапі були проведені польові та камеральні дослідження трьох сортів: ´Медуза´ (´Medusa´), ´Роді´ (´Rody´), ´Перпл Рейн´ (´Purple Rain´), інтродукованих до Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України у 2015-2025 рр. Було досліджено вегетативні та генеративні органи обраних сортів. У результаті виявлено, що сорти різні за морфологічними ознаками.

ІІ етап роботи включав лабораторні дослідження зібраних зразків уражених частин рослин. Були виявлені хвороби: чорна плямистість, сіра гниль, молочний блиск, песталоція, пероноспороз, а також шкідник – зелена попелиця. За результатами обстежень проводили оцінювання стійкості за методикою С.О. Трибеля (Сігарьова, Секун, Іващенко та ін., 2001). Виявлено, що 'Роді' має середні або низькі показники ураження (2-3 бали). Тому оцінка стійкості сорту – «стійкий». 'Медуза' та 'Перпл Рейн' мають середні або високі показники ураження (3-4 бали), їх віднесено до нестійких сортів.

Незважаючи на різний ступінь ураження патогенами, усі сорти рекомендовано застосовувати в озеленення з дотримуванням певних агротехнічних заходів (впроваджувати санітарну обрізку, моніторинг за станом рослин, забезпечувати гарну циркуляцію повітря).

Проаналізовано сучасні методи профілактики та лікування троянд, а також проведено моніторинг сучасних препаратів. На базі опрацьованих даних розроблено авторську методику (рис. 1), яка враховує фенологічні фази розвитку

троянди упродовж сезону, перелік сучасних препаратів захисту та правила їх використання. За правилами необхідно враховувати погодні умови, температуру, дозування препарату, чергування препаратів протягом сезону. Методика універсальна, може використовуватись користувачами будь-якої кліматичної зони; вона є доповненням до існуючих методів та прийомів, є підґрунтям створення індивідуальних сезонних графіків обробок та внесення добрив для різних садово-паркових господарств, розплідників, утримувачів колекцій троянд. На території Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України на 2026 рік в період усього вегетаційного сезону запланована апробація. Запропоновану методику рекомендуємо використовувати для стабільного росту та декоративності троянд.

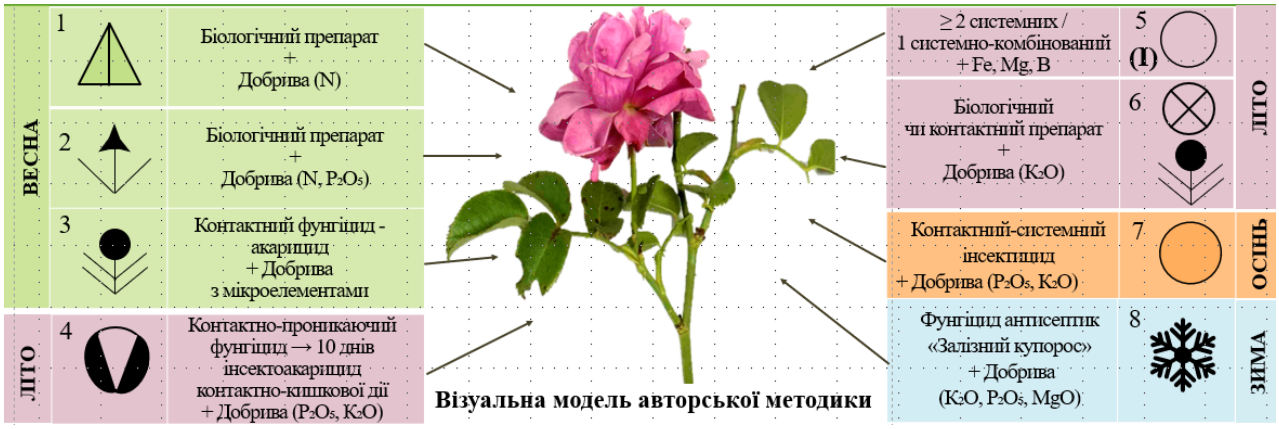


Рис.1. Візуальна модель авторської методики

Список використаних джерел

1. Бойко, Р. (2019). Історія створення та сучасні селекційні напрямки збагачення сортименту групи ґрунтопокривних троянд (*Rosa* L.). *Інтродукція рослин: сучасний стан, проблеми та перспективи* (с. 74–81). Колегіум.

2. Марченко, А. (2017). *Мікозні хвороби троянд: діагностика, етіологія, сортова стійкість, біозахист: Монографія* (ред. О.М. Слюсаренко). Біла Церква.

3. Мороз, О., Дениско, І., Банк, В. (2010). Колекція ґрунтопокривних троянд у Національному дендропарку «Софіївка» НАНУ. *Автохтонні та інтродуковані рослини*, 6, 108–111.

4. Рубцова, О. (2009). *Рід Rosa L. в Україні: генофонд, історія, напрями досліджень, досягнення та перспективи: Монографія*. Фенікс.

5. Сігарьова, Д., Секун, М., Іващенко, О. та ін (2001). *Методики випробування і застосування пестицидів* (ред. проф. С.О. Трибель). Світ.

6. Соболенко, Л., Грамма, А. (2021). Фітопатогенний моніторинг насаджень троянд на агробіостанції УДПУ. *Природничі науки і освіта: збірник наукових праць природничо-географічного факультету.* (с. 110–114). Видавничо-поліграфічний центр «Візаві» (Видавець «Сочінський»), https://surli.cc/lxdfxr

Оцінка токсичності ґрунтів колекції *Syringa vulgaris* L. Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України за допомогою рослинних біоіндикаторів

Наталія Довгалюк

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: nata_0305@ukr.net

Syringa vulgaris L. в колекційно-експозиційній ділянці «Сад бузків» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України представлено 98 сортами і вирощується як монокультура вже понад 75 років. Відомо, що бузок звичайний досить стійкий до багатьох чинників навколишнього середовища, проте багаторічне безмінне культивування сортів *S. vulgaris* та значне антропогенне навантаження під час їхнього масового цвітіння спричиняють ґрунтовтому, адже вона найбільш притаманна штучним фітоценозам, де створюються нетипові для природних угрупувань умови зростання рослин і викликають в рослинах різні морфометричні зміни, насамперед укорочення довжини суцвіть і пагонів, зменшення площі та зміну природного кольору листкової пластинки, зниження стійкість до хвороб тощо (Довгалюк, 2017). Тому ми спрямували наші дослідження на вивчення ґрунтових умов, так як ґрунт є основним джерелом води та поживних речовин, які необхідні для росту та розвитку рослин.

Перспективним методом оцінки екологічного стану ґрунтів є біотестування, яке допомагає порівняно швидко здобути інформацію про наявність у середовищі токсичних речовин (Григорчук, 2016).

Дослідження оцінки токсичності стану ґрунтового покриву колекції сортів *S. vulgaris* проводили в умовах термостата з використанням тест-культури *Lepidium sativum* L. Зразки ґрунту для досліду відбирали в різних місцях колекції. На основі отриманих даних визначали фітотоксичний ефект та порівнювали зі шкалою рівнів токсичності ґрунтів (Горова, Кулина, 2008).

Дані спостережень та їх обчислення показали, що у тій частині колекції, де рослини висаджувались на місце звільнене від старих кущів бузків рівень токсичності ґрунту вище середнього (фітотоксичний ефект коливається в межах 41,5 – 49%). У частині колекції, яка найбільше потерпає від антропогенного навантаження (витоптується відвідувачами під час масового цвітіння) зафіксовано високий рівень токсичності (фітотоксичний ефект в межах 61,3 – 71%).

Отже, наші дослідження показують, що багаторічне беззмінне культивування та антропогенне навантаження досить суттєво впливають на зміну стану ґрунтового покриву колекції сортів *S. vulgaris*, а отримані результати надають певні можливості оптимізувати впровадження заходів, які забезпечать поліпшення стану ґрунтового покриву і, відповідно, декоративного стану та довговічності колекційної ділянки.

Список джерел

Горова, А., Кулина, С.(2008). Оцінка токсичності ґрунтів Червоноградського гірничопромислового району за допомогою ростового тесту. *Вісник Львів. ун-ту. Серія біологічна,* 48, 189–194.

Григорчук, І.Д. (2016). Використання рослинних біоіндикаторів для оцінки токсичності ґрунтів на території м. Кам'янця-Подільського. *Біологічні системи,* 8 (2), 212–218.

Довгалюк, Н.І. (2017). Вплив кремнієвмісних сумішей на фізіологічний та фітопатологічний стан старих рослин колекції бузку звичайного. *Матеріали ІІІ Міжнар. наук.-практич. конференції «Актуальні проблеми озеленення населених місць: освіта, наука, виробництво, мистецтво формування ландшафту» (До 10-річчя відкриття напряму підготовки «Лісове та садово-паркове господарство»),* 46–47.

Реакція мікрофітобентосу на стрімке зниження рівня води у верхній частині Канівського водосховища (р. Дніпро, Україна)

Олег Давидов, Еліна Козійчук, Наіля Железняк
Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна,
elina.koziychuk@gmail.com

Одним з важливих абіотичних чинників, що визначає структурну організацію мікрофітобентосу у верхній частині Канівського водосховища є внутрішньодобові коливання рівня води, які обумовлені піковим режимом роботи Київської ГЕС (Oksiyuk, Davydov, & Karpezo, 2011).

Особливо чутливими до коливання рівня серед мікрофітобентосу виявляються донні альгоугруповання літоральної зони. За дотримання регламентованих величин внутрішньодобових коливань рівня води на дні мілководної зони формуються стабільні за структурою альгоугруповання (Oksiyuk, Davydov, & Karpezo, 2011).

Порушення гідрологічного режиму у верхній частині Канівського водосховища восени 2022 р., викликаного воєнними діями, призвело до чергування періодів стрімкого підняття, або ж зниження рівня води, величини якого суттєво перевищували регламентовані показники, характерні для осіннього сезону. Це зумовило ряд змін у кількісних показниках розвитку та структурі мікрофітобентосу, оскільки топічні умови у місцях його мешкання змінювались.

Мета роботи полягала у дослідженні впливу стрімкого зниження рівня води у верхній частині Канівського водосховища на кількісні показники розвитку та структуру мікрофітобентосу.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ-ТЄ в місцях вільних від заростей вищих водних рослин у верхній частині Канівського водосховища (в районі парку «Наталка» (50°29′53′′пн.ш., 30°31′23′′сх.д.)) за стабільного рівня води та у період стрімкого його зниження. У місцях відбору проб донні ґрунти представлені слабозамуленим піском. Відбір та камеральну обробку проб проводили за загальноприйнятою методикою (Романенко, 2006).

Встановлено, що після стрімкого зниження рівня води навіть на 0,5–0,7 м від величин регламентованих показників, чисельність мікрофітобентосу у мілководній зоні зменшилась у 2 рази (з 6877 до 3352 тис. кл/10см^2), а біомаса в 1,4 рази (з 2,27 до 1,57 мг/10см^2). Така різниця у величинах кількісних показників розвитку мікрофітобентосу зумовлена тим, що серед провідних відділів, які приймали участь у їх формуванні (Cyanobacteria та Bacillariophyta) відповідні показники зменшувались: зокрема чисельність Cyanobacteria у 3,4 рази (з 2249 до 667 тис. кл/10см^2), а біомаса в 1,6 рази (з 0,14 до 0,09 мг/10см^2).

Подібна тенденція була характерною і для Bacillariophyta – чисельність яких зменшилась в 1,7 рази (з 4573 до 2659 тис. кл/10см^2), а біомаса у 1,4 рази (з 2,10 до 1,47 мг/10см^2).

Варто відзначити, що за таких умов, роль Chlorophyta у формуванні загальних показників чисельності мікрофітобентосу, навпаки, зросла у 1,3 рази (з 20 до 26 тис. кл/10см^2).

Таким чином встановлено, що стрімке зниження рівня води негативно вплинуло на мікрофітобентос у мілководній зоні верхньої частини Канівського водосховища та призвело до суттєвих змін як у величинах показників рясності так і його структурі.

Список літератури

Романенко, В. Д. (Ред.). (2006). *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* Київ: ЛОГОС. 408 с.

Oksiyuk, O. P., Davydov, O. A., & Karpezo, Yu. I. (2011). Microphytobenthos as bioindicator of the state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*, 47(1), 72–85. DOI: 10.1615/HydrobJ.v47.i1.70

References

Romanenko, V. D. (Red.). (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod [Methods of hydroecological research of surface waters]*. Kyiv: LOHOS [in Ukrainian].

Oksiyuk, O. P., Davydov, O. A., & Karpezo, Yu. I. (2011). Microphytobenthos as bioindicator of the state of aquatic ecosystems. *Hydrobiological Journal*, 47(1), 72–85. [in English]. DOI: 10.1615/HydrobJ.v47.i1.70

Основні шкідники зернових та олійних культур в агрокліматичних умовах Одеської області

Ольга Делі [1], Ірина Сугак [2], Владислав Мацегора [3], Олександр Петрик [4]

[1]Одеський національний університет імені І. І. Мечникова, Одеса, Україна; старший науковий співробітник лабораторії захисту рослин, Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства смт. Хліодарське, Одеський район, Одеська область, Україна, delijka@ukr.net;

[2]завідувач лабораторії захисту рослин, Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства, смт. Хліодарське, Одеський район, Одеська область, Україна, 337896@ukr.net;

[3]фахівець лабораторії захисту рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства, смт. Хліодарське, Одеський район, Одеська область, Україна, 337896@ukr.net;

[4]молодший науковий співробітник лабораторії захисту рослин Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства, смт. Хліодарське, Одеський район, Одеська область, Україна, 337896@ukr.net

Україна – є однією з найбільших експортерів сільгосппродукції у світі. Україна посідає перше місце у світі з експорту соняшникової олії (близько 40% світового ринку), входить до трійки лідерів за експортом кукурудзи та ячменю.

В умовах зміни клімату значно збільшується загроза збільшення чисельності шкідників рослин. Це пов'язано з підвищенням температури та м'якими зимами, що сприяє прискореному розмноженню комах, їх швидшому життєвому циклу та розширенню ареалів проживання в нові регіони.

Високі температури прискорюють метаболізм комах, дозволяючи їм швидше проходити стадії розвитку та давати більше поколінь (Євтушенко та ін., 2018; Поліщук та ін., 2020).

Основними і найбільш небезпечними при вирощуванні зернових та олійних культур є комплекс комах-шкідників. Шкідники не лише призводять до значного недобору врожаю, але погіршують властивості зібраного врожаю та його посівні якості. В сільському господарстві використовують сучасні технології, які спрямовані на раціональне використання природних ресурсів географічної зони, в якій вирощують зернові та олійні культури та захист рослин від шкідливих організмів. Все це дає змогу зібрати більшу кількість якісного врожаю.

Дослідження проводились в 2025 році на полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства в с. Хліодарське, Біляївського району, Одеської області. Збір ентомофауни проводили методом ґрунтових пасток, косінням ентомологічним сачком (по 10 замахів у 10 місцях) та візуальний огляд. Обліки шкідників проводили на полях ячменю, пшениці, кукурудзи, соняшника.

В результаті дослідження в 2025 році на полях Інституту кліматично орієнтованого сільського господарства на посівах зернових та олійних культур було виявлено 42 види комах-шкідників з 17 родини. Ряд жуки (Coleoptera), характеризувався найбільшим видовим різноманіттям (12 видів з 10 родин) і був представлений родинами: скарабеїди (Scarabaeidae), листоїди (Chrysomelidae),

ковалики (Elateridae) та жужелиці (Carabidae). Їх частка в структурі ентомокомплексу становила 28 % від загальної кількості.

При вирощуванні зернових та олійних культур суттєву загрозу посівам становили: пшеничний трипс *Haplothrips tritici* Kurd. (Thysanoptera: Phloeothripidae); клопи (Hemiptera: Scuteleridae, Pentatomidae, Miridae, Lygus); злакові попелиці (Homoptera: Aphididae);злакові мухи (Diptera: Cecidomyidae та Cloripidae); жуки Coleoptera: хлібний жук кузька (*Anisoplia austriaca* Hrbst.), хлібна жужелиця (*Zabrus tenebrioides* Goeze.), п’явиці: синя і червоногруда (*Oulema lichenis* Voet., *O. elanopus* L.), смугаста блішка (*Phyllotreta vittula* Redt.).

Основні діючі речовини, які використовувались проти комах-шкідників на полях зернових та олійних культур досліджуваного регіону: Імідаклоприд, Тіаметоксам, Хлорперіфос, Лямбда-цигалотрин, Ацетаміприд, Альфацепермитрин, Абамектин, Біфентрин (Державний реєстр пестицидів…, 2026).

Спекотне та засушливе літо 2025 року сприяло розвитку павутинного кліща, чисельність якого була найбільшою на посівах соняшника.

Необхідно, зазначити, що окрім комах-шкідників великої шкоди при вирощуванні зернових та олійних культур завдають різні хвороби та бур'яни, що в свою чергу потребують моніторингу та боротьби з ними.

Література

Поліщук І. С., Поліщук М. І. (2020) Вплив біотичних та абіотичних чинників на польову схожість та збереження рослин сортів пшениці озимої залежно від попередників та строків сівби в умовах Лісостепу Правобережного України. *Annali d’Italia*. № 6. Vol 2. P. 18–26.

Державний реєстр пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні (оновлений) [Електронний ресурс] // Сайт 2026. https://eco.gov.ua/registers/perelik-pesticidiv-i-agrohimikativ-dozvolenih-dlya-vikoristannya (дата звернення 15.20.2026)

Сільськогосподарська ентомологія: назви основних шкідників сільськогосподарських культур і лісових насаджень (2018) / М. Д. Євтушенко, Г. В. Байдик, І.В. Забродіна, І.П. Леженіна, Л.Я. Сіроус, С.В. Станкевич, Л.В. Герман. Вид. 4-е, перероб. і доп. Х.: ФОП Бровін О.В. 152 с.

Комп'ютерне 3D-моделювання як інноваційний інструмент модернізації природничої освіти

Євгеній Дем'яненко[1,2], Вікторія Паєнтко[1], Андрій Бондаренко[3], Роман Атамась[4], Алла Кустовська[5,6]

[1] Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України, м. Київ, Україна, payentkovv@gmail.com

[2] Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України, м. Київ, Україна, demianenko_en@ukr.net

[3] Смілянська загальносвітня школа І-ІІІ ступенів №10 Смілянської міської ради Черкаської області, м. Сміла, Черкаського району, Черкаської області, Україна, bondarenko_andriy@ukr.net

[4] Сагунівський заклад загальної середньої освіти І-ІІІ ступенів Сагунівської сільської ради Черкаської області, с. Сагунівка, Черкаського району, Черкаської області, Україна, roman.info@sagun3.ukreducation

[5] Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна

[6] Спеціалізована школа І-ІІІ ст. № 91 з поглибленим вивченням інформатики Шевченківського району м. Києва, Україна, a.v.kustovska@udu.edu.ua

Сучасна природничо-наукова освіта знаходиться у стадії активної цифрової трансформації, що потребує впровадження інноваційних інструментів, здатних забезпечити наочність, міждисциплінарність та дослідницьку спрямованість навчання (Craig, P. A. et al. 2013). Одним із перспективних напрямів оновлення методики викладання є використання технологій тривимірного моделювання (Олефіренко, Т., Цвєткова, Г. 2020), що дозволяють візуалізувати об'єкти мікросвіту та формувати у учнів цілісне уявлення про структуру речовини.

В освітній практиці ми використовували програму Avogadro (Avogadro Development Team, n.d.) (Hanwell, M. D. et al. 2012) як цифровий інструмент інноваційного типу, що забезпечує побудову, аналіз та оптимізацію молекулярних моделей. Застосування цього програмного засобу здійснювалося у процесі викладання хімії, біології та інформатики, а також при організації проєктної та дослідницької діяльності учнів.

Метою роботи є узагальнення досвіду впровадження цифрового тривимірного моделювання, зокрема програми Avogadro (рис.1), у шкільний освітній процес та визначення його ролі як інноваційного компонента природничо-наукового навчання.

Інноваційність використання програми Avogadro (Rayan, B., Rayan, A. 2017) проявляється у кількох аспектах. По-перше, відбувається перехід від статичної візуалізації до інтерактивної взаємодії з моделлю. Учні як спостерігають готову схему, а й самостійно конструюють молекулу, змінюють її параметри, аналізують просторову конфігурацію. По-друге, цифрове середовище забезпечує варіативність рівнів складності – від побудови найпростіших молекул до аналізу стереоізомерії та оптимізації геометрії. По-третє, технологія дозволяє інтегрувати навчання з дослідницькою діяльністю.

Використання цифрового моделювання відповідає сучасним вимогам STEM-освіти (Олефіренко, Т., Цвєткова, Г. 2020), поєднуючи науковий аналіз, технологічні інструменти та елементи інженерного підходу.

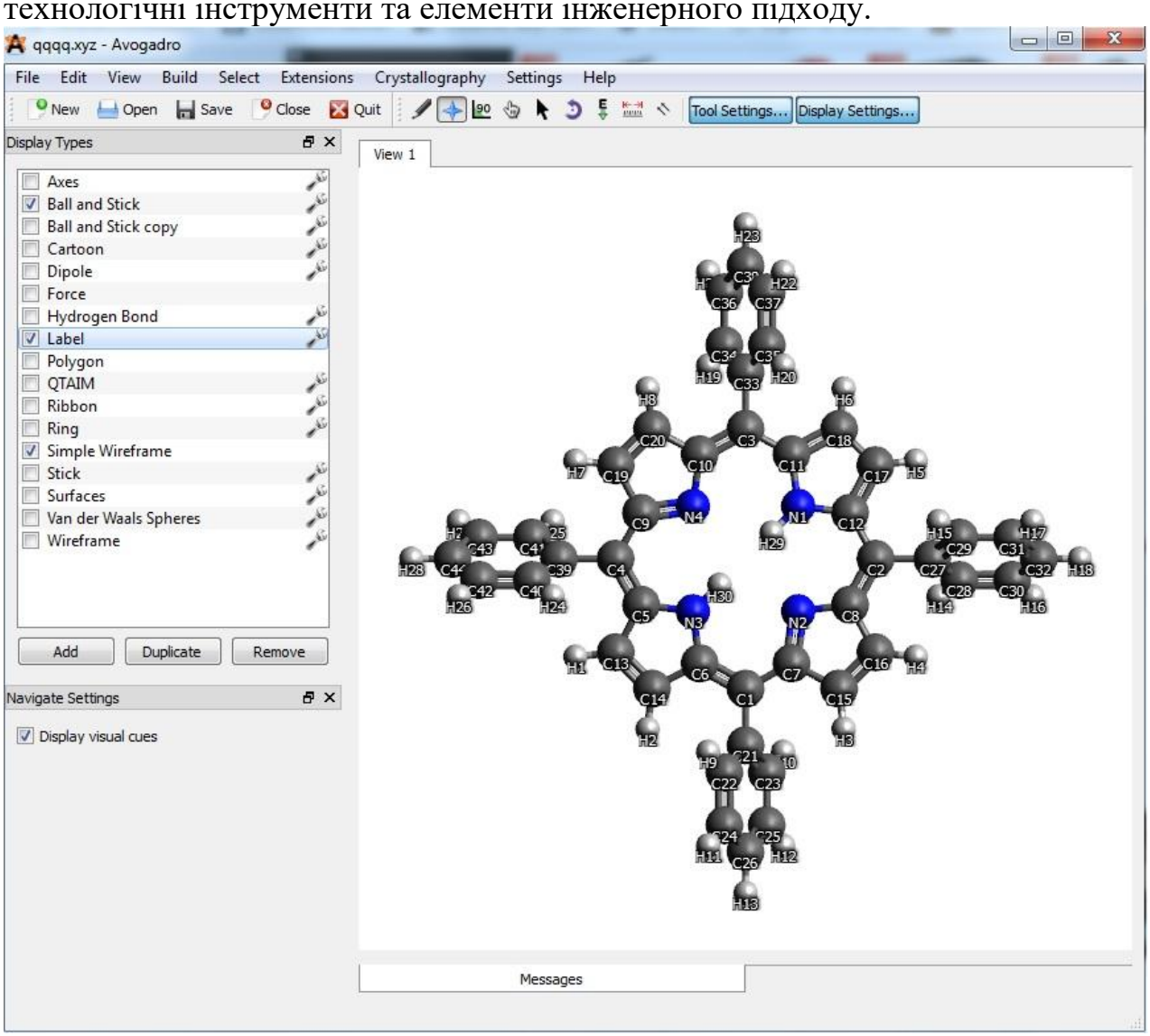


Рис.1. Інтерфейс програмного середовища з тривимірною моделлю (приклад навчальної візуалізації)

Використання програми Avogadro в освітній практиці дозволило реалізувати модель міждисциплінарної інтеграції, яка поєднує хімію, біологію, інформатику, фізику та математику в рамках єдиного цифрового освітнього простору.

У курсі хімії тривимірне моделювання застосовувалося щодо валентності, типів хімічного зв'язку, гібридизації орбіталей, просторової ізомерії та будови органічних сполук. Побудова молекулярних моделей супроводжувалася аналізом валентних кутів, порівнянням геометричних властивостей та інтерпретацією просторової зміни речовин.

У курсі біології моделювання застосовувалося щодо амінокислот і вуглеводів, що дозволяло встановити взаємозв'язок між хімічною будовою та біологічною функцією молекули.

Інформатика забезпечувала технологічну основу інтеграції: учні освоювали роботу з науковим програмним забезпеченням, аналізували формати молекулярних даних, готували цифрові звіти та презентації.

Таким чином, інноваційність підходу полягала не тільки у використанні цифрового інструменту, а й у створенні міждисциплінарного освітнього середовища, в якому природничо-наукові та математичні знання функціонують як взаємопов'язані елементи.

Впровадження цифрового тривимірного моделювання в освітній процес здійснювалося без збільшення навчального навантаження та без зміни кількості годин, передбачених діючими модельними навчальними програмами Міністерства освіти і науки України. Інтеграція цифрових інструментів проводилась у рамках чинного календарно-тематичного планування з хімії, розробленого на основі типових освітніх програм МОН України (МОН України, 2024).

У 5–6 класах (інтегрований курс «Пізнаємо природу») елементи тривимірної візуалізації використовувалися в рамках тем «Будова речовини» та «Атоми та молекули», передбачених модельними навчальними програмами НУШ (МОН України, 2024). Робота носила демонстраційний характер і була спрямована на формування первинних уявлень про будову речовини та мікросвіт.

У 7 класі, в рамках започаткування систематичного курсу хімії, цифрові моделі інтегрувалися у вивчення тем «Початкові хімічні поняття», «Атоми. Молекулі. Хімічні елементи», «Прості та складні речовини» (МОН України, 2023). Використання готових тривимірних моделей займало 10-15 хвилин навчального часу і не вимагало виділення окремої академічної години.

У 8 класі цифрове моделювання впроваджувалося у рамках тем «Будова атома», «Хімічний зв'язок», «Валентність». Практичні заняття фіксувалися у календарно-тематичному плануванні як «Практична робота. Моделювання молекул із різними типами хімічного зв'язку» (МОН України, 2023).

У 9 класі програма застосовувалася щодо розділів «Органічні сполуки», «Вуглеводні», «Ізомерія», що дозволяло демонструвати структурну та просторову ізомерію (бутан/ізобутан, алкені/циклоалкані) у візуалізованому форматі.

У 10–11 класах (стандартний та профільний рівні) елементи цифрового 3D-моделювання інтегрувалися до тем «Гібридизація атомних орбіталей», «Просторова ізомерія», «Біологічно важливі органічні сполуки», «Біомолекули: білки, вуглеводи, ліпіди». Методичні рекомендації щодо викладання предметів, які щорічно публікуються МОН України, передбачають використання цифрових освітніх ресурсів та інтерактивних технологій (МОН України, 2017).

Таким чином, комп’ютерне тривимірне моделювання органічно інтегрувалося в діюче календарно-тематичне планування без зміни обсягу навчального часу, забезпечуючи візуалізацію абстрактних понять у рамках уже передбачених програмою тем.

Використання тривимірного моделювання сприяло розвитку просторового та аналітичного мислення, формуванню дослідницької компетентності та підвищення мотивації до вивчення природничих наук.

Досвід запровадження програми Avogadro в освітній процес підтверджує її значний інноваційний потенціал. Тривимірне молекулярне моделювання забезпечує міждисциплінарну інтеграцію хімії, біології, фізики, математики та інформатики, органічно вбудовується у календарно-тематичне планування та розширює можливості дослідницької та конкурсної діяльності учнів.

Застосування цифрових інструментів наукового моделювання сприяє модернізації методики викладання природничих дисциплін та формуванню стійких предметних та метапредметних компетенцій.

Список використаних джерел

Avogadro Development Team. (n.d.). *Avogadro: An open-source molecular builder and visualization tool* (Version 1.2.0). http://avogadro.cc/

Craig, P. A., Michel, L. V., Bateman, R. C., & Luttikhedde, H. (2013). A survey of educational uses of molecular visualization. *Biochemistry and Molecular Biology Education*, *41*(4), 247–257. https://doi.org/10.1002/bmb.20693

Hanwell, M. D., Curtis, D. E., Lonie, D. C., Vandermeersch, T., Zurek, E., & Hutchison, G. R. (2012). Avogadro: An advanced semantic chemical editor, visualization, and analysis platform. *Journal of Cheminformatics*, *4*(1), 17. https://doi.org/10.1186/1758-2946-4-17

Міністерство освіти і науки України. (2017). *Навчальна програма з хімії для 10–11 класів (стандартний та профільний рівні)*. https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/programy-10-11-klas/2018-2019/ximiya-10-11-profilnij-riven.docx

Міністерство освіти і науки України. (2023). *Навчальна програма з хімії для 7–9 класів закладів загального середнього освіти*. https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/Navchalni.prohramy/2023/Model.navch.prohr.5-9.klas/Pryrodnycha.osvitnya.haluz.2023/Khimiya.7-9.klas.Lashevska.18.08.2023.pdf

Міністерство освіти і науки України. (2024). *Модельні навчальні програми для 5–9 класів НУШ*. https://mon.gov.ua/static-objects/mon/sites/1/zagalna%20serednya/programy-5-9-klas/2024/09.08.2024/typova-osvitnya-prohrama-dlya-5-9-klasiv-zzso-1120-vid-09082024.pdf

Олефіренко, Т., & Цвєткова, Г. (2020). Концептуальні засади розвитку STEM-освіти в Україні. *Вища освіта України*, *1*(76), 61–68. https://doi.org/10.31392/NPU-VOU.2020.1(76).09

Rayan, B., & Rayan, A. (2017). Avogadro program for chemistry education: To what extent can molecular visualization and three-dimensional simulations enhance meaningful chemistry learning? *World Journal of Chemical Education*, *5*(4), 136–141. https://doi.org/10.12691/wjce-5-4-4

Еластографічна оцінка змін печінки у щурів за умов дієто-стресового моделювання стеатозу та після періоду самовідновлення

Галінський Олексій, Галінська Анастасія, Діденко Володимир, Кислова Раїса

ДУ «Інститут гастроентерології НАМН України», Дніпро, Україна,
alexejgalinskij@gmail.com

Стеатотична хвороба печінки метаболічного походження (MASLD) належить до найпоширеніших хронічних уражень печінки та характеризується неухильним зростанням поширеності, що зумовлює значну медико-соціальну актуальність проблеми. Особливий інтерес становлять експериментальні моделі, які поєднують високожирове харчування, надлишок фруктози та хронічний стрес, оскільки вони найбільш наближено відтворюють метаболічні й морфофункціональні зміни, властиві стеатотичному ураженню печінки у людини. У цьому контексті перспективним є застосування неінвазивних ультразвукових методів, зокрема еластографії, що дає змогу оцінювати жорсткість печінкової тканини та коефіцієнт затухання ультразвуку як маркери стеатотичних змін.

Метою дослідження було оцінити зміни еластографічних показників печінки у щурів за умов моделювання стеатозу печінки та підшлункової залози шляхом аліментарного порушення раціону на фоні хронічного стресуючого впливу на 60-ту добу та після 30-добового періоду самовідновлення.

Дослідження виконано на 31 щурі, яких розподілили на три групи: I група – контрольна (n=8), II група – тварини після 60 діб моделювання стеатозу (n=16), III група – тварини після 60 діб моделювання та 30 діб самовідновлення (n=7). Стеатоз індукували високожировою дієтою, 10% розчином фруктози як єдиним джерелом пиття та хронічним стресом в умовах обмеженого простору. Формування стеатотичних уражень підтверджували патолого-гістологічним дослідженням біоптатів в лабораторії патоморфології ДУ «Інститут гастроентерології НАМН України». Стан печінки оцінювали зсувнохвильовою еластографією та стеатометрією на апараті Soneus P7 з визначенням середньої жорсткості тканини (E сер., кПа) та коефіцієнта затухання ультразвуку (КЗ, дБ/см). Статистичний аналіз проводили з урахуванням характеру розподілу даних: нормальність перевіряли за критерієм Шапіро–Вілка; результати подавали як M±m або Me (Q1–Q3); між групові відмінності оцінювали t-тестом Вельча або критерій Манна–Вітні залежно від типу розподілу. Різницю вважали статистично значущою при $p < 0,05$.

У тварин II групи встановлено виражене погіршення еластографічних показників порівняно з контролем. Показник жорсткості E сер. зріс із 5.27 (5.20–5.41) кПа до 7.67 (7.52–10.28) кПа ($p<0.001$) (табл.1).

Таблиця 1. Показники еластографії печінки щурів на 60 добу дієто-стресового моделювання стеатозу та після 30-добового самовідновлення

Показник, од. вим.	**I група (контроль), n=8**	**II група (60 діб), n=16**	**III група (60+30 самовідн.), n=7**

E сер., кПа	5.27 (5.20–5.41)	7.67 (7.52–10.28) ###	6.47 (6.40–6.50) ###
КЗ, дБ/см	2.65 ± 0.05	3.17 ± 0.06 ***	2.79 ± 0.03 *

Примітка. Дані подано як M ± m або Me (Q1–Q3) залежно від характеру розподілу. *p < 0.05; *** p < 0.001; ### p < 0.001 – статистично значуща різниця за непараметричним критерієм порівняно з контрольною групою (p < 0.001).

Показник КЗ також підвищився – з 2.65±0.05 до 3.17±0.06 дБ/см (p<0.001), що свідчило про значне посилення жирової інфільтрації та зміну біомеханічних властивостей печінкової тканини. У перерахунку у форматі «контроль/група» це становило 0.69 для E сер. та 0.84 для КЗ.

Після 30-добового самовідновлення в III групі спостерігалася часткова нормалізація досліджуваних показників, однак без повернення до рівня контролю. Значення E сер. знизилося до 6.47 (6.40–6.50) кПа, проте залишалося вірогідно вищим за контрольне (p<0.001). Показник КЗ зменшився до 2.79±0.03 дБ/см, але також зберігав статистично значущу різницю відносно контрольної групи (p=0.04). Відношення «контроль/група» становило 0.81 для E сер. та 0.95 для КЗ, що вказувало на неповну регресію сформованих змін.

Отримані результати свідчать, що 60-денне моделювання стеатозу печінки та підшлункової залози шляхом аліментарного порушення раціону на фоні хронічного стресуючого впливу спричиняє суттєве підвищення жорсткості печінки та коефіцієнта ультразвукового затухання, характерне для розвитку стеатотичного ураження. Період самовідновлення забезпечує лише часткове покращення еластографічних показників, що може вказувати на збереження залишкових стеатотичних і метаболічно зумовлених змін печінкової тканини. Отже, еластографія є чутливим неінвазивним методом моніторингу динаміки стеатозу та є інформативним інструментом для оцінки зворотності патологічного процесу.

Видовий склад мікрофітобентосу прибережжя середземного моря біля узбережжя Іспанії

[1,2]Валерій Герасимюк, [3]Наталя Герасимюк, [1]Ірина Рижко, [2]Сергій Хуторной, [4]Володимир Шишко

[1]Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, м. Одеса, Україна, gerasimyuk2007@ukr.net

[2]ДНУ "Інститут рибного господарства, екології моря та океанографії", с. Софіївська Борщагівка, Бучанський р-н, Київська обл., Україна, kalkan@ukr.net

[3]Одеський національний медичний університет, м. Одеса, Україна, nataliya1.gv@gmail.com

[4]Одеський державний університет інтелектуальних технологій і зв'язку, м. Одеса, Україна, vlpshishko@gmail.com

Гаряче південне сонце, золотисті піщані пляжі, загадкове підводне життя, субтропічна рослинність на березі, райська прохолода морського бризу вражають та привертають увагу багатьох мандрівників та дайверів на середземному узбережжі Іспанії. Вона відома своїми чудовими піщаними пляжами, які простягаються на сотні та тисячі кілометрів.

Середземне море – це найбільше міжконтинентальне море Атлантичного океану. З погляду географії воно знаходиться між двома материками: Євразією і Африкою та трьома частинами світу: Європою, Азією та Африкою. З Атлантичним океаном воно з'єднується Гібралтарською протокою, з Мармуровим – Босфором, з Червоним морем – Суецьким каналом.

Розміри Середземного моря вражають: довжина – 3700 км, ширина – 1600 км, довжина берегової лінії моря – 46 тис. км, площа поверхні – 2,5 млн км^2, об'єм води – 3839 тис. км^3, середня глибина – 1541 м, найбільша глибина – 5121 м. Припливи становлять майже 1 м. Прозорість води досягає 50-60 м, колір – інтенсивно синій. Температура води складала 12,6-28,4ºС, солоність – 38,4-38,7‰. Клімат моря субтропічний з м'якою вологою зимою та сухим спекотним літом.

В останній час води цього моря дуже забруднені. За даними ООН у Середземне море щорічно потрапляють 650 млн т стічних вод, 200 тис. т пластику, 129 т мінеральних олив, 6 т ртуті, 3,8 т свинцю.

Публікації про водорості Середземного моря нечисленні. Відомі роботи, які присвячені вивченню фітопланктону, перифітону та мікрофітобентосу Середземного моря (Margalef, 1969; Sournia, 1986; Delgato, Fortano, 1991; Witkowski et al., 2000; Vilicic et al., 2002; Abancini et al., 2006; Vilicic, 2008; Gerasimiuk, 2017).

Метою роботи було вивчення систематичного складу мікрофітобентосу іспанських прибережних вод Середземного моря.

Матеріалами слугували проби, які були відібрані з 26 листопада 2024 р. по 28 липня 2025 р. на наступних станціях прибережжя Іспанії: біля м. Малага, м. Фуенхірола, м. Таріфа, м. Торрев'єха. Проби відбирали на водоростях-макрофітах (*Ceramium virgatum* Roth, *Cladophora albida* (Nees) Kütz., *C. vagabunda* (L.) C. Hoek, *Corallina mediterranea* Aresch., *Dictyota dichotoma*

(Hudson) I.V. Lamouroux, *Rhizoclonium riparium* (Roth) Harvey, *Ulva clathrata* (Roth) C. Agardh, *U. lactuca* L., *U. prolifera* O.F. Müller та ін.), в обростаннях каменів, бетонних споруд, мідій (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck), на піщаних та мулистих ґрунтах. Відбір проб здійснювали за загальноприйнятими методиками. Усього було зібрано та оброблено 55 альгологічних проб.

Видовий склад водоростей вивчали за допомогою світлового мікроскопа XSP-104 (Збільшення 10 х 10; 10 х 40; 10 х100). Діатомові водорості підлягали спеціальній обробці – спалюванню органічної речовини за допомогою 50% розчину перекису водню. Після цього готували постійні препарати, за допомогою яких і відомих альгологічних визначників визначали видовий склад водоростей.

У результаті проведених досліджень знайдено і встановлено 73 види мікроскопічних водоростей, які належать до 43 родів, 32 родин, 19 порядків, 5 класів, 3 відділів, 2 царств та 2 доменів (табл.1).

Таблиця 1

Таксономічний спектр мікрофітобентосу Середземного моря біля узбережжя Іспанії

Назва			Кількість				
доменів	царств	відділів	класів	порядків	родин	родів	видів
Prokaryota	Bacteria	Cyanobacteria	1	3	4	7	11
Eukaryota	Chromi-sta	Heterokonto-phyta	3	15	27	35	61
		Dinoflagellata	1	1	1	1	1
Загалом	2	3	5	19	32	43	73

Згідно списку мікроскопічних водоростей іспанського прибережжя Середземного моря представники домену Eukaryota (62 види) переважали над такими з домену Prokaryota (11). Серед царств найбільше різноманіття зафіксовано у царстві Chromista (62 види). На долю царства Bacteria приходилося лише 11 видів (табл.1).

Характерною рисою альгологічного різноманіття було домінування відділу гетероконтофітових (Heterokontophyta) водоростей (61 вид) у видовому складі альгофлори Середземного моря. Інші відділи (Cyanobacteria – 11, Dinoflagellata – 1) у видовому відношенні були значно бідніші. За кількістю видів помітно виділявся клас Bacillariophyceae, який нараховував 56 видів. Друге місце посів клас Cyanophyceae, який був представлений 11 видами. Інші класи (Mediophyceae – 3, Coscinodiscophyceae – 2, Dinophyceae – 1 вид) важливої ролі у мікрофітобентосі не відігравали.

Основу видового багатства альгофлори формували таксони наступних провідних порядків: Naviculales (22 види), Licmophorales (8), Achnanthales (8), Oscillatoriales (7), Bacillariales (6) та Cymbellales (4).

Найвагоміший внесок до систематичного різноманіття водоростей Середземного моря внесли наступні провідні родини: Naviculaceae (8 видів), Bacillariaceae (6), Licmophoraceae (5), Catenulaceae (4), Oscillatoriaceae (4),

Cocconeidaceae (3), Diploneidaceae (3), Ulnariaceae (3), Microcoleaceae (3) та Pleurosigmataceae (3).

Роди *Navicula* Bory (7 видів), *Licmophora* C. Agardh (5), *Amphora* Ehrenb. ex Kütz. (4), *Nitzschia* Hassall (4), *Cocconeis* Ehrenb. (3), *Diploneis* Ehrenb. (3), *Pleurosigma* W. Sm. (3), *Planothidium* Round et Bukht. (2), *Halamphora* (Cleve) Levkov (2), *Oscillatoria* Vaucher ex Gomont (2) та *Tabularia* (Kütz.) D.M. Williams et Round (2) виявилися найбільш численними за видовим складом у бентосі іспанського прибережжя.

При вивченні видового складу мікрофітобентосу були знайдені рідкісні види гетероконтофітових (діатомових) водоростей для даного регіону досліджень. До них належали *Amphora spectabilis* W. Greg., *Biremis ridicula* (Giffen) D.G. Mann, *Hantzschia marina* (Donkin) Grunow, *Karayevia amoena* (Hust.) Bukht., *Planothidium dispar* (Kütz.) Round et Bukht., *Pleurosigma nicobaricum* Grunow та *Pinnularia quadratarea* (A.W.F. Schmidt) Cleve.

За рівнем організації мікроскопічні водорості є одноклітинними (36 видів), колоніальними (28) та багатоклітинними (9). Діатомеї виділяють слиз та мають різні вирости, за допомогою яких окремі клітини з'єднуються у колонії різноманітних форм. Види *Achanthes adnata* Bory, *Berkeleya rutilans* (Trentep.) Grunow, *Melosira monilliformis* (O. Müll.) C. Agardh, *Odontella aurita* (Lyngb.) C. Agardh, *Thalassiosira mediterranea* (Schröder) Hasle, *Tabularia tabulata* (C. Agardh) Snoeijs, *Rhoicosphenia abbreviata* (C. Agarth) Lange-Bert., *Thalassionema nitzschioides* (Grunow) Mereschk., *Grammatophora marina* (Lyngb.) Kütz. утворюють колонії нитчастої, віялоподібної, трубчастої та стрічкоподібної форм. За морфологічною диференціацією слані або формою талому траплялися кокоїдні (61 вид), нитчасті (9), пальмелоїдні (2) та монадні (1) форми.

За місцем зростання серед знайдених мікрофітів бентосні (62 види) переважали над планктонними (11) водоростями. До складу бентосних форм входили як донні (31), так і форми (31), що входили до обростань різних субстратів.

Згідно з типом субстрату розподіл мікроскопічних водоростей на іспанському прибережжі був наступним: в обростаннях каміння – 47; макроскопічних водоростей – 13, бетонних споруд – 10, мідій – 10, на піщаних ґрунтах – 28, на мулистих – 38 видів.

Екологічні особливості мікрофітобентосу іспанського прибережжя Середземного моря були вивчені за відношенням до таких екологічних чинників навколишнього середовища, як солоність (мінералізація), водневий показник (pH) та сапробність (органічне забруднення) води.

За відношенням до солоності води переважали морські (полігалобні) організми (42 види) над солонуватими (17) та прісноводними (14) формами. З останніх до галофілів належали 10, індиферентів – 4 види.

За відношенням до pH середовища домінують алкаліфіли, які складають 71 вид або 97,2 %. Індиференти нараховують усього 2 види. Ацидофілів знайдено не було.

За весь період досліджень виявлено 26 видів – індикаторів на органічне забруднення (сапробність) води. Серед них зареєстровано 16 видів β-мезосапробів, 6 – α-мезосапробів, 3 – олігосапробів та 1 – х-α-мезосапробів. Сапробний індекс виявлених водоростей акваторії іспанського прибережжя Середземного моря склав 1,84, що характеризує її як β-мезосапробну водойму.

Згідно фітогеографічного розподілу мікрофітобентос досліджуваної водойми був представлений космополітичною (48 видів) і бореальною (15) групами з аркто-бореальними (4), бореально-нотальними (4) та бореально-тропічними (2) елементами.

В обростаннях макроскопічних водоростей були знайдені види *Achnanthes adnata, Cocconeis scutellum* Ehrenb., *Grammatophora marina, Licmophora gracilis* (Ehrenb.) Grunow, *Tabularia fasciculata* (C. Agardh) D.M. Williams et Round, *T. tabulata.* Серед обростань каміння були виявлені *Lyngbya confervoides* C. Agardh ex Gomont, *Oscillatoria margaritifera* Kütz. ex Gomont, *Melosira moniliformis, Achnanthes adnata, Berkeleya rutilans, Climacosphenia moniligera* (Ehrenb.) Ehrenb., *Cocconeis costata* W. Greg., *C. scutellum, Licmophora ehrenbergii* (Kütz.) Grunow, *L. gracilis, Tabularia tabulata,* бетонних споруд – *Calothrix confervicola* C. Agardh ex Bornet et Flahault, *Achnanthes adnata, Tabularia tabulata.* Поверхні піщаних пляжів були вкриті мікроскопічними водоростями *Amphora arcus* W. Greg., *A. spectanilis, Cocconeis scutellum, Diploneis coffeaeformis* W. Greg., *D. chersonensis* (Grunow) Cleve, *Hantzschia marina, Navicula palpebralis* Breb., *Petroneis humerosa* (Breb. ex W. Sm.) Stickle et D.G. Mann, *Planothidium delicatulum* (Kütz.) Round et Bukht., *P. dispar, Pleurosigma nicobaricum.*

Список літератури

Abancini M., Cicero A.M., Di Girolamo I., Innamorati M., Magaletti E. & Zunini T. (2006). Guida al riconosci mento del plankton dei mari italiani, Roma: ICRAM. 503 p.

Delgato M., Fortano J.-M. (1991). Atlas de fitoplancton del mar mediterräneo. *Scientia Marina*. 55(1), 1–133.

Gerasimiuk V.P. (2017). Microphytobenthos of the Gulf of Tartus (Mediterranean Sea, Syria). *International Journal on Algae*. 19(3), 249-258. https://doi.org./10.1615/InterJAlgae.v19.i3.50

Margalef R. (1969). Composicion especifica del fitoplancton de la costa catalano-levantina (Mediterraneo occidental) en 1962-1967. *Inv. Plank. Res.* Vol. 33, 345-380.

Sournia A. (1986). Atlas du phytoplankton marin. Vol. 1. Introduction, Cyanophycees, Dictyochophycees, Dinophycees et Raphidophycees. Edition du Centre National de la Recherche Scientifique. Paris, France. 219 p.

Vilicic D., Marasovic I. & Miokovic D. (2002). Checklist of phytoplankton in the eastern Adriatic Sea. *Acta Botanica Croatia*. 61(1), 57–91.

Vilicic D. (2008). Fitoplankton Jadranskoga mora. Biologija i taksonomija. Zadar. 247 p.

Witkowski A., Lange- Bertalot H. & Metzeltin D. (2000). Diatom Flora of marine coast. 1. *In: Iconogr. Diatomol.* 7. Konigstein: A.R.G. Gantner Verlag. 925 p.

Вплив солей кадмію на проростання насіння конюшини лучної

Ганна Денчиля-Сакаль, Христина Сакаль
Відокремлений структурний підрозділ «Ужгородський торговельно-економічний фаховий коледж Державного торговельно-економічного університету»
м. Ужгород, annadencila@ukr.net

В умовах зростання техногенного навантаження на агроекосистеми проблема забруднення ґрунтів важкими металами набуває особливого значення. Одним із найнебезпечніших полютантів є кадмій, який характеризується високою рухливістю в ґрунті, здатністю до біоакумуляції та включення в трофічні ланцюги. Потрапляючи в рослини, кадмій порушує фізіолого-біохімічні процеси, знижує продуктивність культур і погіршує якість сільськогосподарської продукції, що становить потенційну загрозу для здоров'я людини.

Особливо чутливими до дії важких металів є бобові культури, які мають важливе агроекологічне значення завдяки здатності до симбіотичної азотфіксації та підвищення родючості ґрунтів. Серед них вагоме господарське значення має ***Trifolium pratense*** L. (конюшина лучна) – цінна багаторічна кормова рослина, широко поширена в агроценозах України.

Початкові етапи онтогенезу, зокрема проростання насіння, є найбільш чутливими до дії токсичних чинників. Тому вивчення впливу різних концентрацій солей кадмію на енергію проростання, лабораторну схожість і ріст проростків конюшини лучної є актуальним для оцінки стійкості культури до забруднення та розроблення підходів до екологічного моніторингу ґрунтів.

Об'єктом дослідження була конюшина лучна (***Trifolium pratense*** L. родини Fabaceae) –багаторічна бобова рослина з високою кормовою цінністю, яка за вмістом поживних речовин не поступається люцерні та є однією з найкращих культур для заготівлі сіна й силосування.

Ми вивчали вплив різних концентрацій (0,001 моль/л; 0,01 моль/л; 0,1 моль/л; 0,5 моль/л; 1моль/л) солей $CdSO4 \cdot 7H2O$ на енергію проростання, схожість насіння та ріст проростків конюшини. Насіння пророщували в чашках Петрі на фільтрувальному папері, зволоженому відповідними розчинами солі кадмію. Контролем служили рослини, вирощені на дистильованій воді. Пророщування здійснювали при температурі +24 °С за достатнього освітлення. Спостереження проводили щоденно протягом 12–16 діб. Підстилку весь час утримували у вологому стані. Енергію проростання насіння оцінювали на третю добу від початку пророщування. Вимірювали довжину кореня і стебла, отримані результати обробляли статистично.

Проведені дослідження показали, що полив розчинами різних концентрацій кадмію впливає на проростання насіння вже на початкових етапах онтогенезу. Перші проростки з'явилися на третю добу експерименту. Найбільша кількість проростків у цей період спостерігалася при концентрації 0,001 моль/л, тоді як у контролі насіння лише починало прокльовуватися.

На шосту добу проростки були зафіксовані в усіх варіантах експерименту. Максимальні показники кількості пророслого насіння спостерігалися при 0,001 моль/л, мінімальні — при 0,5 моль/л. У контрольному варіанті результати були нижчими, ніж у варіанті з мінімальною концентрацією кадмію, але перевищували показники середніх і високих концентрацій.

На 9–14 добу відзначено активізацію проростання, після чого процес припинявся, і спостерігалося переважно збільшення довжини проростків. Найвища інтенсивність проростання зберігалася при концентраціях 0,001 та 0,01 моль/л. Починаючи з 0,01 моль/л, проявлялися ознаки пригнічення, які посилювалися зі збільшенням концентрації.

Аналіз результатів показав, що концентрації 0,1-0,5 моль/л суттєво гальмують процеси проростання, знижуючи енергію та лабораторну схожість насіння. Надвисока концентрація (1 моль/л) практично повністю пригнічувала життєздатність насіння.

Водночас встановлено стимулювальний ефект низької концентрації (0,001 моль/л), яка перевищувала контроль за показниками енергії проростання та інтенсивності росту проростків. Це може свідчити про прояв явища гормезису – стимуляції фізіологічних процесів під дією малих доз токсичних речовин.

Одержані дані є свідченням того, що вплив сульфату кадмію на проростання насіння конюшини лучної має дозозалежний характер. Низька концентрація (0,001 моль/л) стимулює енергію проростання та інтенсивність розвитку проростків. Концентрації від 0,01 моль/л і вище пригнічують процеси проростання, а 1 моль/л практично повністю знижує життєздатність насіння.

Видовий склад і шкодочинність комах-філофагів старовікової діброви дендропарку „Олександрія“ НАН України

Григорій Драган, Ніна Драган
Державний дендрологічний парк «Олександрія», м. Біла Церква, Україна, ninapark@ukr.net

Старовікова природна діброва, головний ландшафт дендропарку „Олександрія“, внесена до об’єктів природної спадщини, що становлять національне надбання України. Протягом всього існування парку, як наукової установи, діброва завжди була центральною темою наукових досліджень, направлених на її охорону та збереження.

На життєздатність діброви впливає багато факторів як природного, так і антропогенного характеру. Серед перших важлива роль належить діяльності комах-філофагів. За певних обставин можуть відбуватися спалахи їх масового розмноження, що супроводжуються сильними пошкодженнями дерев дубу.

Останні такі спалахи (зеленої дубової листовійки і зимового п’ядуна) в старовіковій діброві дендропарку спостерігалися двічі поспіль у 70-80-х роках минулого сторіччя. При тому, перерва між ними була всього декілька років. Загальна їх тривалість складала понад 10 років, а ступень дефоліаціїї крон сягав більше ніж 80%. В осередку під час його останнього спалаху проводили обробку біопрепаратами (лепідоцид і бітоксібацилін), що дало позитивні і довготривалі наслідки. В діброві був організований періодичний лісопатологічний моніторинг, з метою встановлення видового складу шкідників дубу, а також спостереженнь за його динамікою і популяційною поведінкою окремих його представників, що здатні утворювати осередки масового размноження. За весь минулий с того часу період жодних суттєвих масових пошкоджень насаджень не спостерігалося.

У 2023 році керівництвом дендропарку було прийнято рішення про посилення робіт по лісопатологічному моніторингу насаджень дендропарку і, зокрема діброви. Результати проведеної роботи наведені нижче.

Всього на дубі звичайному виявлено 44 види комах-філофагів.

Найбільш чисельним елементом ентомофауни дубу виявились представники лускокрилих (Lepidoptera)**.** Вони представлені 20 видами:
листовійки (Tortricidae): *Ancylis mitterbacheriana* Schiff., *Cacoecia lecheana* L., *C.rosana* L., *C. podana* Sc., *C. crataegana* Hb., *C. xylosteana* L., *Pandemis ribeana* Hb., *Tmetocera acellana* F., *Tortrix ministrana* L., *T. viridana* L.
п’ядуни (Geometridae): *Erannis defoliaria* L., *Operophtera brumata* L.
молі-крихітки (Stigmellidae): *Stigmella sp*.
однокольорові молі-мінери (Tischeriidae): *Tischeria dodonea* Stt., *T. decidua* Wck.
молі-строкатки (Gracillariidae): *Coriscium brongniardellum* F.
совки (Noctuidae): *Acronicta psi* L., *Dichonia aprilina* L.,
еребіди (Erebidae): *Calliteara pudibunda* L.
чохлоноски (Coleophoridae): *Coleophora lutipennella* Zell.
Перетинчастокрилі (Hymenoptera***)*** представлені 18 видами:
пильщики-тентрединіди (Tenthredinidae): *Mesoneura opaca* F., *Profenusa pygmaea* Kl., *Caliroa cinxia* Kl., *Periclista pubescens* Zad.

горіхотворки (Cynipidae): *Andricus ostreus* Hart., *A. seminations* Gir., *A. curvator* Hart., *A. foecundtrix* Hart., *Biorrhiza pallida* Olsv., *Diplolepis divisa* Hart., *D. quercusfolii* L., *D. longiventris* Hart., *D. agama* Hart., *Neuroterus tricolor* Hart., *N. numismalis* Fourc., *N. albipes* Schlecht., *N. quercus-baecarum* L.
галиці (Cecidomyidae): *Macrodiplosis volvens* Kieff.
Напівжорсткокрилі (Hemiptera) представлені 6 видами:
Corytucha arcuata Say., *Lachnus roboris* L., *Tuberculatus annulatus* Hart., *Stomaphis quercus* L., *Thelaxes dryophila* Schr., *Acanthochermes quercus* Col.

Наявний список видів-філофагів, безумовно не є повним. В ньому відображені лише філофаги, які постійно зустрічались в насадженні під час проведення досліджень. В списку немає тих видів, які фіксувалися раніше, але не були знайдені на час проведення спостережень через свою рідкісність або міграцію з насаджень.

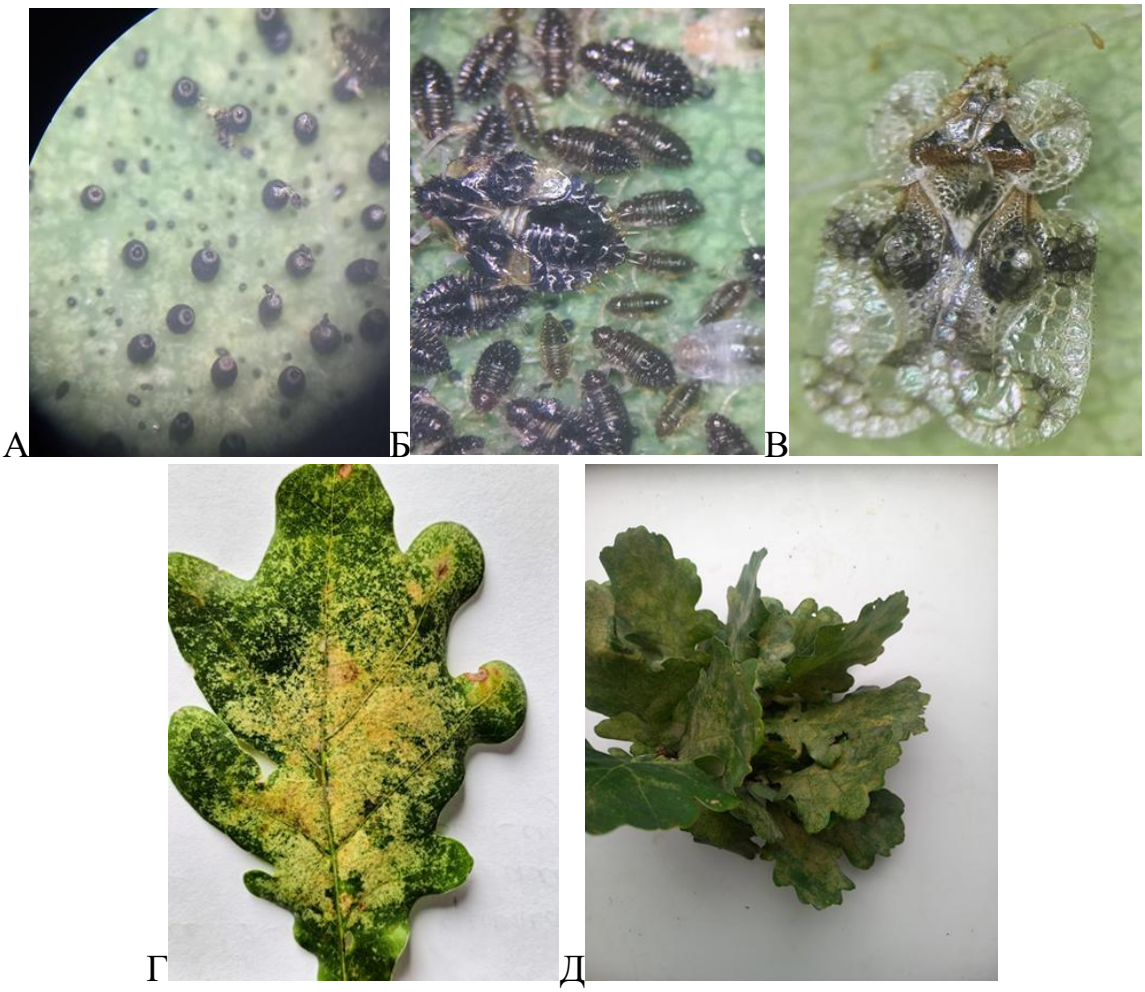


Рисунок 1. А – яйця. Б – личинки. В – імаго дубового мереживного клопа.
Г, Д – пошкодження листків дубу внаслідок смоктання їх шкідником

Протягом останніх трьох років чисельність жодного з представлених в списку видів, за одним виключенням, не досягала критичної величини (порогу спалаху), що є свідченням збалансованості трофічних зв'язків в біоценозі діброви.

Єдиним виключенням став дубовий мереживний клоп — алохтонний вид походженням з Північної Америки *(рис. 1 А, Б, В, Г, Д)*.

Інвазія цього шкідника в парковий біоценоз відбулася у 2022 році. Вже у 2024 році він зустрічався осередками на окремих старовікових деревах дубу по всій території дендропарку. При цьому, у деяких дерев спостерігалось 100 % пошкодження листя. Через сильну його дехромацію крони дерев набували світло-жовтого кольору. У 2025 році чисельність дубового мереживного клопа в насадженнях помітно знизилась, що відобразилось і на кольорі крон пошкоджених у минулому році дерев (рисунок 2 А, Б).



Рисунок 2. А – дерева дубу, пошкоджені дубовим мереживним клопом у 2024 році.
Б – тіж самі дерева з відновленими кронами у 2025 році.

Подальші спостереження за цим новим шкідником дубу дозволять зрозуміти наскільки небезпечною є дана інвазія для старовікової діброви.

Вплив екологічних чинників на функціонування водної екосистеми р. Десна

Алла Жиденко, Вікторія Паперник

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна, zaa2006@ukr.net

Екологічна система водного середовища України перебуває у кризовому стані через надмірне антропогенне навантаження, дефіцит водних ресурсів та інтенсивне забруднення. Особливе значення має стан водної екосистеми р. Десна, оскільки її ресурси є головним джерелом питного і господарського водопостачання м. Києва та інших населених пунктів. Постійний моніторинг її якості підтверджується численними публікаціями (Zhydenko & Papernyk, 2025; Chugai et al., 2021). У наукових працях висвітлено сезонні зміни концентрації забруднювачів у цей екосистемі, їх джерела, результати гідрохімічного моніторингу, а також зміни хімічного складу води під дією абіотичних і антропогенних чинників та їх вплив на іхтіофауну та здоров'я людей (Zhydenko & Papernyk, 2025; Zhydenko & Kryvopysha, 2013;). Менше уваги приділялося зовнішньому та внутрішньому водообміну річки Десна, хоча він є визначальним гідрологічним чинником функціонування будь-якої водної системи. Зовнішній водообмін залежить від інтенсивності притоку та витрат води, тобто від співвідношення складових водного балансу (Ivanova, 2015). Саме водний баланс є основою для обліку водних мас, розчинених і завислих речовин, біогенних елементів та гідробіонтів. Він також значною мірою визначає внутрішньоводоймову динаміку, яка, своєю чергою, є рушійною силою внутрішнього водообміну тобто обміну масами між окремими зонами водного об'єкту під дією течій та циркуляції, що забезпечує перерозподіл абіотичних умов по всій акваторії.

У «Концепції розвитку водного господарства України» (Постанова ВРУ № 1390-XIV від 14.01.2000 р. зазначено: «Гальмівним фактором використання водних ресурсів є їх мінливість у часі: в природних умовах на частку весняного стоку припадає 67% на півночі і північному сході та до 80-90% на півдні. За запасами місцевих водних ресурсів (1 тис. м^3 на 1 особу) Україна вважається однією з найменш забезпечених країн у Європі» (для порівняння: Швеція – 2,5 тис. м^3, Великобританія – 5, Франція – 3,5, Німеччина – 2,5) (Verkhovna Rada of Ukraine, 2000).

Метою роботи є характеристика водної екосистеми р. Десна та аналіз впливу внутрішньорічного розподілу її водності протягом 2025 року на зміни концентрації забруднювачів.

Система водозборів басейну р. Десна є найбільшою у Чернігівській області. Вона формує близько 22 % поверхневого стоку р. Дніпро та 15 % стоку усіх річок України. Тип живлення переважно сніговий та дощовий. Річка характеризується високою природною інтенсивністю переформування русла. Через меандрування та водну ерозію постійно відбувається розмив її берегів. Верхня та середня частини басейну Десни розташовані у зоні мішаних лісів, нижня – у лісостеповій. Заплава заболочена, з великою кількістю проток, стариць та озер. Русло Десни

звивисте: його ширина у верхній частині української ділянки становить близько 100 м, нижче м. Чернігова – 150 м, у пониззі – 200 м. Пересічна глибина 2–4 м, максимальна – 17 м. Похил річки 1 м/км. Десна є типовою рівнинною річкою з високим весняним водопіллям (березень-травень) та низькою літньою і зимовою меженню. Середньорічна витрата води в гирлі становить 361 $м^3/с$, поблизу м. Чернігова – 329 $м^3/с$ (10,4 $км^3$/рік), Коливання рівнів води сягають 3–4 м, а витрати варіюються від 29,4 $м^3/с$ (17.11.1897 р., 30.12.1921 – 01.01.1922 рр.) до 8090 $м^3/с$ (18.04.1917 р.). Льодостав зазвичай триває з грудня по березень–квітень. За даними багаторічних спостережень на гідрологічному посту в м. Чернігів (Khilchevskyi, 2026; Vyshnevskyi & Kutsyi, 2022) максимальні витрати води мають тенденцію до зменшення.

З 2018 року у щорічних «Доповідях про стан навколишнього природного середовища в Чернігівській області» Департаменту екології та природних ресурсів Чернігівської обласної державної адміністрації пункт 4.1.2 «Водозабезпеченість» перестав існувати. За даними 2017 року, ресурси річного стоку області за 50% забезпеченості становлять: приток – 26,12 $км^3$, місцевий стік – 3,45 $км^3$; у дуже маловодні роки (95% забезпеченості): приток – 17,35 $км^3$, місцевий стік – 1,91 $км^3$. Внутрішньорічні коливання водності, зумовлені сезонними змінами водного балансу, є критично важливими для моделювання та можливого запобігання негативного впливу на функціонування екосистеми р. Десна. Для аналізу середньомісячних показників за 2025 рік використано інформаційно-аналітичні огляди «Стан довкілля Чернігівської області» (Department of Ecology..., 2025).

Аналіз даних показав, що коливання рівнів води протягом 2025 року переважно становили 1–4 см на добу. Винятком стала перша половина березня, коли через руйнування льодового покриву інтенсивність коливань сягала 20 см/добу. У квітні тривав розвиток водопілля (+1–5 см/добу), у серпні спостерігалося зниження рівнів (–1–5 см/добу), а у листопаді – аналогічне підвищення. Найсуттєвіше зниження середньомісячного рівня зафіксовано у червні (–100 см, табл. 1), проте значна кількість опадів (123–210% від норми) нівелювала ризик критичного погіршення хімічного складу води. Найменша кількість опадів (15-22 мм, або 27-41%) та найменший рівень води (над нулем поста) спостерігалися у вересні. Це призвело до зростання показників $БСК_5$ (біохімічне споживання кисню) та $ХСК_{Mn}$ (хімічне споживання кисню). Перший показник відображає високий вміст органічних речовин у воді, що сприяє швидкому розмноженню аеробних бактерій і може призвести до різкого падіння концентрації кисню та заморів риби, особливо влітку, коли розчинність кисню у воді значно знижена. Другий показник є важливою санітарно-гігієнічною характеристикою, що відображає ступінь забруднення води внаслідок антропогенного впливу (стічні та сільськогосподарські води), недостатньо очищені промислові стоки, мінеральні речовини – сірководень, сульфіти, залізо (II) (Zhydenko & Papernyk, 2025).

Таблиця 1.

Характеристика середньомісячних показників р. Десна (2025 р.)

Місяць	Опади, **мм**	% від норми	Зміни рівня води, **см**	Рівень води, **см** над нулем поста	$БСК_5$ мг $O^2/дм^3$ (норма 2,5)	$ХСК_{Mn}$, мг $O^2/дм^3$ (норма 30,0)
Січень	15-29	41-56	+48	329	1,76-5,28	34,0
Лютий	6-12	87-126	-22	307	3,14-4,22	32,8
Березень	29-47	75-118	+15	328	4,22-14,5	31,0
Квітень	43-67	112-176	+54	382	5,12-14,0	32,0
Травень	33-69	51-110	-85	297	3,58-3,76	36,2
Червень	77-137	**123-210**	**-100**	197	3,56-14,05	41,7
Липень	88-133	117-180	-37	160	5,06-14,0	34,0
Серпень	23-42	46-73	-20	140	3,96-16,5	40,0
Вересень	**15-22**	**27-41**	**-25**	**115**	**14,0-16,5**	**68,0**
Жовтень	55-103	110-194	+61	176	3,05-15,5	31,0
Листопад	30-66	72-143	+48	227	4,36-15,0	32,0
Грудень	27-48	64-95	+3	230	3,70-15,5	34,0

Також зафіксовано перевищення концентрації загального заліза (Fe^{2+} і Fe^{3+}) у п’ять разів у створах поблизу м. Чернігова, особливо в літньо-осінній період (0,48-0,50 мг/$дм^3$). Це пов'язано як із природними чинниками, так і з поверхневим стоком з урбанізованих територій під час дощів (Zhydenko, A. O., & Papernyk, V. V., 2025; Zhydenko & Kryvopysha, 2013). Зниження рівня води над нулем поста, ймовірно, є наслідком зменшення притоку або збільшення частки місцевого стоку.

Висновки: Встановлено пряму залежність між зниженням рівня води та зростанням концентрації забруднювачів у річці Десна.

Список джерел

Zhydenko, A. O., & Papernyk, V. V. (2025). Monitoring of hydrochemical indicators of the Desna, Stryzhen, and Bilous rivers. *Hydrobiological Journal*, 61(4), 99–114. https://doi.org/10.1615/HydrobJ.v61.i4

Chugai, A., Hlod, A., & Pylypiuk, V. (2021). State and quality of water in the Desna river basin (within the Chernigiv region). *Journal of Environmental Problems*, 6(4), 226–232. https://doi.org/10.23939/ep2021.04.226

Zhydenko, A., & Papernyk, V. (2025). Seasonal monitoring of Desna river water during 2024. *Biota. Human. Technology*, (2), 67–77. https://doi.org/10.58407/bht.2.25.4 (in Ukrainian)

Zhydenko, A. A., & Kryvopysha, V. V. (2013). Sources of pollution of the Desna river within Chernihiv region and their impact on fish catch. In *Modern problems of theoretical and practical ichthyology: Proceedings of the VI International*

ichthyological scientific-practical conference (pp. 89–92). Ternopil: Vektor. (in Ukrainian).

Ivanova, N. O. (2015). Water exchange as a factor in the formation of modern conditions of functioning of the Sasik reservoir ecosystem. *Scientific Notes of Ternopil National Pedagogical University named after Volodymyr Hnatyuk. Series: Biology. Special Issue: Hydroecology*, 274–277. (in Ukrainian).

Verkhovna Rada of Ukraine. (2000). Resolution on the Concept of development of water management of Ukraine (No. 1390-XIV, January 14, 2000). *Bulletin of the Verkhovna Rada of Ukraine*, 8, 54. Retrieved February 17, 2026, from https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1390-14#Text

Khilchevskyi, V. K. (2026). Desna (tributary of the Dnipro). *Great Ukrainian Encyclopedia*. Retrieved February 17, 2026, from https://vue.gov.ua/Десна_(притока_Дніпра) (vue.gov.ua in Bing) (in Ukrainian).

Vyshnevskyi, V. I., & Kutsyi, A. V. (2022). *Long-term changes in the water regime of rivers of Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka. (in Ukrainian).

Department of Ecology and Natural Resources of Chernihiv Regional State Administration. (2025). *Information-analytical data of environmental monitoring 2025. State of the environment of the region*. Retrieved February 17, 2026, from https://eco.cg.gov.ua/index.php?id=15801&tp=1&pg

Імунні механізми непереносимості пластмасових та металевих зубних протезів

Ілля Заячук
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна,
illya.zayachuk@uzhnu.edu.ua

Використання у стоматологічному протезуванні новітніх матеріалів і технологій часто стає причиною непередбачуваних клініко-технологічних невідповідностей (за показниками фізико-механічних, токсикологічних та інших властивостей) між матеріалами, з яких виготовляються зубні протези, та спричиненими ними реакціями непереносимості [6]. Це зумовлює потребу розуміння патофізіологічних основ даних процесів для успішного підбору максимально неалергенних та безпечних матеріалів для виготовлення зубних протезів.

Перші повідомлення про патологічні реакції на зубні протези, виготовлені на основі акрилових полімерів, з'явилися у 30-ті роки минулого століття, коли дані матеріали були упроваджені в стоматологічну практику. Акрилові пластмаси здатні викликати алергічні і токсичні стоматити. Реакції на алергени, що містяться в акрилатах, протікають згідно з атопічним (реагіновим) типом, і є надто рідкісними. В основному реакція проходить за сповільненим типом розвитку контактної алергії. Основна роль в механізмі цієї реакції належить утворенню сенсибілізованих Т-лімфоцитів [1, 2, 5].

Окрім цієї реакції, акрилові протези можуть викликати алергічні реакції I типу. Продуцентами антигенів при цьому служать грибки виду *Candida albicans*. Для них під протезами створюються сприятливі умови життєдіяльності: акрилові протези під час використання поглинають воду, що сприяє розпушенню пластмаси і утворенню пор. Шершавість, пористість, поганий догляд за протезами сприяють проникненню мікроорганізмів ротової порожнини в базис з утворенням на ньому нальоту, в якому є вуглеводи, білки, клітини злущеного епітелію, лейкоцити тощо [1, 2, 3, 5].

Металеві сплави через свою неоднорідність підлягають в ротовій порожнині електрохімічній корозії [4]. Такі стани позначаються термінами гальванізм ротової порожнини, гальваноз, металоз та ін. Тут можливі три основні типи патологічної дії на організм людини: хіміко-токсичний, електрогальванічний та алергічний.

Алергія на зубні протези із кобальто-хромового сплаву проявляється місцево (папульозна висипка під протезом, катаральний, ерозивний або язвовий стоматит) та на віддалі від місця контакту (дерматит, екзема). Користування протезів із нікелю також супроводжується алергічними реакціями у вигляді запалення та гіперплазії слизової оболонки, вогнищевого пародонтиту, червоного плоского лишаю на слизовій оболонці ротової порожнини. Реакції гіперчутливості можуть розвиватися і на золото, що проявляється гіперемією, набряком тканин, ерозіями, язвами, а також печією в ротовій порожнині [2, 4, 5].

Щодо амальгам (сплавів, до складу яких входить ртуть) – то в таких випадках ртуть зв'язується з білками через сульфгідрильні групи і змінює

структуру білкової молекули. Модифікація білка може бути настільки значною, що він набуває властивостей антигену. Також парами ртуті активуються Т-хелпери і в такій комбінації викликається індукція В-лімфоцитів, що може служити пусковим механізмом реакцій гіперчутливості I, II, III типів [2, 4, 5].

Таким чином, при застосуванні протезів, виготовлених із різних матеріалів, імунологічні механізми – реакції гіперчутливості всіх чотирьох типів – є фактично основою виникнення і розвитку клінічної картини. Ці процеси завжди комбінуються з об'єктивними змінами слизової оболонки ротової порожнини (крапкові крововиливи, вогнищевий пародонтит) та суміжних ділянок і навіть шкіри (риніт, кропивниця, дерматит, екзема).

Список джерел

1.Бєліков, О.Б., Рощук, О.І., Гавалешко, В.П., Караван, Я.Р. (2023). Сучасні підходи до діагностики негативного впливу незнімного зубного протезування на тканини пародонта та його профілактики (огляд літератури). Клінічна Стоматологія, (1), 17–23. https://doi.org/10.11603/2311-9624.2023.1.13844

2.Гризодуб, Д. (2024). Визначення індивідуальної непереносимості або чутливості до стоматологічних матеріалів: комплексний підхід, обґрунтування. Харківський стоматологічний журнал, 1(2), 116-127. https://doi.org/10.26565/3083-5607-2024-2-02

3.Давиденко, В.Ю., Дворник, В.М., Давиденко, Г.М. (2012). Алергічні та токсичні реакції на різні види зубних протезів у пацієнтів із захворюваннями шлунково-кишкового тракту. Актуальні проблеми сучасної медицини: Вісник української медичної стоматологічної академії, 4(40), 15-16.

4.Кордіяк, А.Ю. (2012). Реакції несприйняття зубних протезів зі сплавів металів серед основних – за визначенням МКХ-10 – станів як одна з причин звертання пацієнтів за стоматологічною допомогою. Вісник стоматології, 1, 75-77.

5.Соколовська, В.М., Цветкова, Н.В. (2022). Прояви непереносимості стоматологічних матеріалів у порожнині рота (клінічний випадок). Український стоматологічний альманах, 4, 48-52.

6.Ярина, І.М. (2018). Аналіз обстеження пацієнтів із незадовільними результатами ортопедичного лікування дефектів твердих тканин зубів і зубних рядів незнімними конструкціями зубних протезів. Український стоматологічний альманах, 4, 38-43.

PhET-симуляції як інтерактивний засіб формування дослідницької мотивації учнів у природничій освіті НУШ

Віра Іванова[1], Наталія Іванова[2]

[1] Приморський заклад загальної середньої освіти Вилківської міської ради Ізмаїльського району Одеської області, Україна, ivanovaveran@gmail.com

[2] Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна, ivanova_n_a@ukr.net

Окрім викладачів та методів, навчальні засоби також суттєво впливають на потенційний успіх процесу навчання та освіти (Heo, 2009). Вибір навчальних засобів повинен відповідати потребам учнів, тому педагоги мають враховувати різні аспекти, такі як здатність учнів до критичного мислення, рівень розуміння, інтелектуальні здібності та соціальні умови (Khofifah et al., 2023).

У сучасній педагогічній практиці інтерактивні симуляції набувають особливої актуальності як ефективний засіб підвищення якості викладання природничих дисциплін. Вони забезпечують краще розуміння абстрактних наукових концепцій, сприяють формуванню дослідницьких умінь та активізації пізнавальної діяльності здобувачів освіти. Одним із провідних ресурсів цього типу є міжнародна платформа PhET Interactive Simulations (PhET, n.d), що містить понад 160 інтерактивних моделей з фізики, хімії, біології, математики та наук про Землю, доступних безкоштовно та перекладених більш ніж 114 мовами, включно з українською.

Симуляції PhET – це інтерактивне програмне забезпечення, що відтворює лабораторне обладнання та пропонує віртуальний досвід, наближений до реального життя (Sari et al., 2017). Ці симуляції можуть бути використані як при поясненні нової теми, закріпленні знань на заняттях, так і для самостійного опрацювання учнів і студентів різних вікових груп.

За результатами мета-аналізу 10 наукових публікацій щодо використання PhET-симуляцій при викладанні фізики в середній школі США (Khofifah et al., 2023) показано 92 % позитивного впливу на розуміння фізичних концепцій порівняно з традиційними методами.

В Україні також вже активно використовуються симуляційні моделі. Наприклад, в роботі (Ткаченко, Жадан, 2024) представлена розроблена лабораторна робота з фізики для 11 класу з використанням PhET. А за даними (Okrepka, 2020) дослідження ефективності використання практичних робіт на PhET–тренажері для вивчення загальної хімії курсу «Загальна та неорганічна хімія» (тема «Будова атома») студентами показало, що його використання сприяло підвищенню якості знань на 20% - з 52% у контрольних групах до 72%. При чому при використанні симуляцій збільшилась кількість студентів, які засвоїли тему на високому та середньому рівні знань.

Такі дані підтверджують доцільність і наукову обґрунтованість впровадження симуляційних технологій у програму нової української школи (НУШ) як інструмента візуалізації, моделювання та проактивного дослідження природничих явищ.

Використання симуляції PhET на уроках біології, хімії, фізики та курсу «Пізнаємо природу» в 5-8 класах Приморського ЗЗСО Вилківської міської ради,

яке активно впроваджується з 2022 року, також показує покращення рівня знань учнів та підвищення їх зацікавленості темою занять.

Наприклад, у 5 класі в курсі «Пізнаємо природу» при ознайомленні з поняттям молекула використовуємо PhET-симуляцію «*Побудуй молекулу*», в якій діти спочатку за зразком складають молекули, а потім самостійно вибирають різні кульки-атоми на спостерігають за тим, чи з'являється назва речовини, чи існує така молекула. Таким чином учні засвоюють, що певна речовина складається із молекул певного складу. Цю симуляцію також використовуємо на уроках хімії в різних класах, якщо теми пов'язані з будовою молекул (прості та складні речовини, органічні речовини, ізомери, просторова будова органічних молекул тощо).

Для розуміння процесу дифузії у 5 класі є симуляція «*Дифузія*», де необхідно обрати частинки речовини, прибирати перетинку та спостерігати за явищем. Діти із задоволенням біжать до дошки, щоб змінити умови – розмір частинок, їхню масу, температуру. Таким чином засвоюємо що таке дифузія та викликаємо інтерес досліджувати і аналізувати змінність умов, які впливають на цей процес.

У 6 класі при ознайомленні з електричними явищами дітям цікаво спостерігати, як виникає заряд на поверхні кульки та як вона притягується до светра, який отримає при терті позитивний заряд (симуляція «*Повітряні кульки та статична електрика*»). А при вивченні взаємозв'язків у природі – діти спостерігають, як зайці з'їдають кущі, а вовки – зайців, як змінюється їх чисельність у популяції при різних умовах (літо, зима) в симуляції «*Природній добір*». Тобто, вже в курсі «Пізнаємо природу» (5-6 класи) можна використовувати прості сценарії симуляцій, що допомагає формувати дослідницьку мотивацію учнів і вчить аналізувати взаємозв'язки.

Таблиця

Приклади PhET-симуляцій, які можна використовувати на заняттях природничого циклу у середніх класах за програмою НУШ

Клас	Тема занять	Симуляція PhET
Курс «Пізнаємо природу»		
5	Пізнаємо будову речовини	Побудуй молекулу Дифузія Стан речовини: базові поняття
6	Теплові явища	Стан речовини: базові поняття
	Електричні явища	Будуємо атом Повітряні кульки та статична електрика
	Пізнаємо взаємозв'язки у природі	Природній добір

Продовження табл.

Фізика		
7	Методи пізнання природи. Фізика як природнича наука	Побудуй молекулу Дифузія
	Механічний рух	Лабораторія маятника Енергетичний скейт-парк
	Взаємодія тіл. Сили в природі	Лабораторія зіткнень; Щільність; Сили та рух: основи; Закон Гука ; Маси та пружини: основи; Тертя; Властивості газу; Під тиском; Плавучість: основи
8	Момент сили. Механічна робота та енергія	Закон про балансування Енергетичний скейт-парк
	Внутрішня енергія. Теплові явища	Стан речовини: базові поняття Форми та зміни енергії
	Електричні явища. Електричний струм	Будуємо атом; Повітряні кульки та статична електрика Заряди та поля Комплект для створення схеми постійного струму Комплект для конструювання схем: DC-віртуальна лабораторія Закон Кулона; Закон Ома; Опір у дроті
Хімія		
7	Досліджуємо й класифікуємо речовини	Будуємо атом Збалансування хімічних рівнянь
8	Досліджуємо хімічні реакції	Будуємо атом Молекули та світло *(розклад молекули озону при дії ультрафіолету)*
	Досліджуємо й упорядковуємо хімічні елементи	Будуємо атом Побудуйте ядро Ізотопи та атомна маса
	Досліджуємо зв'язки між атомами, молекулами, йонами	Атомні взаємодії; Побудуй молекулу; Форми молекул; Полярність молекули
Біологія		
7	Життєдіяльність тварин	Природний добір
8	Будова й функції дихальної системи людини	Властивості газу
	Будова й функції нервової системи людини, сенсорних систем	Нейрон Кольоровий зір

Приклади симуляцій, які апробовані авторами на власних уроках і рекомендовані до використання на заняттях природничого циклу у 5-8 класах НУШ, наведено у таблиці.

Також варто підкреслити, що важливими аспектами для учителів-практиків є *інтерактивність* і *етапна універсальність*, тобто PhET можна інтегрувати на будь-якій стадії заняття (актуалізація, вивчення нового, усвідомлення, повторення тощо); *офлайн-автономність* (дистанційне навчання, в укритті під час тривог); *лінгвістична універсальність* (більшість симуляцій перекладені, але й англомовні легко сприймаються учнями) та інше.

Не слід забувати ще, що використання інтерактивних симуляцій не має заміняти реальний експеримент з реальним обладнанням у шкільній лабораторії, але при неможливості його проведення (наприклад, дистанційне навчання чи тривога) симуляції є чудовим доповненням. І особливо під час тем, де неможливо наочно представити фізично процес чи структуру (наприклад, «*будова атома*», «*нейрон*»). Інтеграція даного інструменту в освітній процес таким чином сприятиме кращому розумінню предмету та формуванню дослідницького інтересу у здобувачів освіти різних вікових груп.

Отже, впровадження PhET-симуляцій у природничу освіту НУШ доцільно розглядати не лише як цифрове доповнення або альтернативу традиційному обладнанню, а як інтерактивний дидактичний ресурс, що сприяє формуванню дослідницької мотивації учнів. Використання симуляційного середовища забезпечує можливість моделювання процесів мікро- та макрорівня, створюючи умови для активної пізнавальної діяльності, експериментування та самостійного висунення гіпотез, що відповідає компетентнісній парадигмі Нової української школи.

Список джерел

Ткаченко, В., Жадан, О. (2024). Використання інтерактивних симуляцій на уроках фізики у старшій школі: методика навчання фізики та астрономії в закладах загальної середньої та вищої освіти. *Збірник наук. праць фіз.-матем. факультету ДДПУ*, (14), 148–153. https://doi.org/10.31865/2413-26672415-3079142024311518

Heo, M. (2009). Digital storytelling: An empirical study of the impact of digital storytelling on pre-service teachers' self-efficacy and dispositions towards educational technology. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 18(4), 405-428.

Khofifah, K., Yuliani, H., Santiani, S. (2023). Meta-analysis: The effect of phet simulation media on enhancing conceptual understanding in physics learning. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Fisika*, 7(3), 532-543.

Okrepka, H. (2020). Using of PhET –interactive simulation in teaching of general chemistry to pharmaceutical students in higher education establishment. *Educological Discourse*, (3), 206-219. https://doi.org/10.28925/2312-5829.2020.3.12

PhET Interactive Simulations. (n.d.). *About PhET*. University of Colorado Boulder. Retrieved from https://phet.colorado.edu

Sarı, U., Hassan, A. H., Güven, K., Şen, Ö. F. (2017). Effects of the 5E teaching model using interactive simulation on achievement and attitude in physics education. *Intern. Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 25(3).

Цифрова ідентичність і публікаційна стратегія дослідника як чинники успішності екологічних наукових проєктів

Наталія Іванова

Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна, ivanova_n_a@ukr.net

У сучасній науковій екосистемі цифрові інструменти формують не лише видимість дослідника, а й безпосередньо впливають на конкурентоспроможність наукових проєктів. Традиційно наукометричні показники розглядалися як інструмент оцінки результативності публікацій, проте нині вони трансформуються в стратегічний ресурс, який дозволяє керівникам і науковим командам планувати публікаційну активність, формувати проєктні команди та підвищувати шанси на успіх у грантових дослідженнях.

Цифрова наукова ідентичність дослідника включає сукупність наукометричних профілів, унікальних ідентифікаторів та цифрових слідів публікаційної активності, зокрема ORCID ID, Scopus Author ID, Web of Science (WoS) ResearcherID, Google Scholar (GS) і ResearchGate (RG). Ця ідентичність слугує інструментом управління видимістю дослідника, підтримки міжнародної інтеграції та формування цифрового портфоліо, яке враховується під час експертної оцінки грантових заявок.

Наприклад, для переважної більшості конкурсів, які проводить національний фонд досліджень України (НФДУ) в останні роки для потенційних керівників наукових проєктів обов'язковим критерієм участі були індекс Гірша більше 6 для профілю дослідника, або наявність публікації з понад 100 цитуваннями, або 3 публікації, кожна з яких цитується понад 30 разів в базі даних Scopus (Умови.., 2025). Ще однією умовою участі стала наявність мінімум 4 публікацій у профільних журналах, що належать до 1 і 2 квартилів за рейтинговою системою Scimago, які були опубліковані протягом останніх 5 рків. Такі умови участі значно обмежили коло потенційних керівників проєктів, зокрема в природничих і біологічних науках. Окрім цього експерти багатьох національних (НФДУ, МОН, НАНУ та інші) і міжнародних (HORIZON, LIFE) конкурсів звертають увагу на цифрові профілі дослідників, які входять до складу виконавців і відповідність тем публікацій завданням проєкту. Тому на сьогодні важливо не лише публікуватись, а й слідкувати й заповнювати профілі, особливо ORCID ID, де можна самостійно корегувати актуальні дані, наприклад, про публікації, які не входять в бази даних Scopus та Web of Science.

Інколи через різницю транслітерації кирилиці в прізвищі з'являються «цифрові двійники» і профілі дослідника дробляться, за чим треба слідкувати й за потребою їх об'єднувати, що можливо в Scopus. Тенденція впровадження ORCID як міжнародного стандарту в багатьох країнах (Коломієць, 2025) допоможе зняти дану проблему, але наразі не всі публікації все ж потребують даного ідентифікатору.

В профілі Google Scholar, наприклад, є можливість об'єднання публікацій, що важливо у випадку наявності перекладів. На сьогодні деякі журнали біологічного і природничого профілю, які видаються в Україні і входять до

переліку фахових, перевидаються іноземними видавництвами (зокрема Begell House), що створює прецедент дублювання публікацій. В такому випадку функція поєднання виключає штучне підвищення наукометричних показників (кількість публікацій, індекс Гірша).

Ведення профілю в ResearchGate наразі не оцінюється при поданні проєктів на конкурси або при атестації науковців, але дає можливість підвищити видимість дослідника, так як дозволяє завантажувати не лише статті, а тези конференцій, презентації та препринти. Це є важливим в розрізі тенденції впровадження ширшого оцінювання роботи науковця, а не лише за виключно індексом Гірша як універсальним наукометричним показником.

Схожі висновки представлені в роботі (Коломієць, 2025), де зазначено, що профілі дослідників в цифрових базах даних наразі не лише презентують індивідуальні досягнення, а й стають основою для оціночних процедур, грантової підтримки, академічної мобільності та міжнародної наукової комунікації. При чому зазначено, що в країнах Східної Європи існує тенденція до офіційної інтеграції Scopus, WoS та ORCID у національних системах наукової оцінки та звітності. В Україні ж наразі триває етап формування цифрової наукової ідентичності, розпочата робота з впровадження ORCID у національну систему URIS (Портал NAUKA).

Варто також зауважити, що остання загальна атестація науково-освітніх і наукових установ, проведена МОН України в 2025-му році вже відбувалась із залученням системи URIS. Важливими тоді виявились наявність цифрового ідентифікатора DOI в публікаціях, за допомогою якого система автоматично розпізнавала та оцінювала роботи в списку публікацій установ і відділів. Тому при виборі журналів для представлення результатів власних досліджень варто звертати увагу на наявність DOI. Таким чином цифрова ідентичність і публікаційна активність дослідника пов’язані не лише на індивідуальному рівні, а й на інституційному.

Публікаційна стратегія дослідника є логічним продовженням цифрової ідентичності. Вона включає планування публікацій у виданнях із різними рівнями індексації, квартилями та відкритим доступом, узгоджених із цілями державної теми або грантового проєкту. Так як тенденція розвитку наукової діяльності полягає в тому, що індикаторами виконання тем і проєктів стають не наукові звіти, а саме публікації у рецензованих виданнях, то запровадження публікаційної стратегії є одним з варіантів управління ризиками (Іванова та ін., 2023).

Ймовірність виникнення ризиків завжди обумовлена однією чи більше причинами і може призводити більше, ніж до одного наслідку. Зальними (зовнішніми) ризиками є вплив, що може виникнути з незалежних від учасників проєкту причин, а індивідуальними (внутрішніми) проєктними ризиками є події чи умови, які можливо відкорегувати власне учасникам проєкту (Іванова та ін., 2023). Наприклад, при плануванні проєкту варто враховувати, що публікація результатів досліджень у виданнях 1 та 2 квартилів за Scimago, що відносяться до природничих, екологічних і біологічних наук, з моменту подачі першого варіанту статті найменше займатиме біля 2 місяців. Але найчастіше збір

інформації триватиме не менше року з вибіркою по сезонах або аналізом наявних джерел. Також стаття, яку не відхилить одразу редактор, має бути комплексною та ґрунтовною, що потребує командної роботи співаторів, і найчастіше вона також триватиме понад декілька місяців. Рецензування, а часто у висококвартильних журналах до нього доєднуються від 2 до 5 рецензентів, може тривати в декілька етапів і займає від двох тижнів. Таким чином публікаційна стратегія в межах проєкту включає не лише вибір тем публікацій, а й має враховувати усі можливі зовнішні і внутрішні ризики і терміни.

Ще одним аспектом є згадані вище умови участі науковців у конкурсах, а саме наявність публікацій за останні 5/10 років. Тобто задля можливості участі в конкурсному відборі, дослідник має розробити і власну публікаційну стратегію, яка б враховувала необхідність безперервної публікаційної активності. Таким чином системний підхід до публікацій дозволяє підвищити шанси на успіх у конкурсах та забезпечує прозорість і вимірюваність результатів проєкту.

Водночас домінування кількісних наукометричних показників породжує ризики, а саме стимулювання публікаційної активності без реальної наукової цінності, переорієнтація на журнали з високими показниками без урахування тематики, нерівність між дисциплінами та формалізація оцінки наукового внеску. Тому управління грантовими проєктами потребує поєднання кількісної наукометрії з експертною оцінкою, впровадженням результатів і суспільним впливом досліджень.

Таким чином, цифрова наукова ідентичність та публікаційна стратегія є ключовими чинниками успішності наукових проєктів, зокрема у природничій сфері, підвищують прозорість та конкурентоспроможність наукових результатів і водночас потребують критичного і стратегічного підходу при плануванні та реалізації наукових досліджень.

Список джерел

1. Іванова, Н. О., Білоус, О. П., Незбрицька, І. М. (2023). Ризики реалізації наукових проєктів молодих вчених. *Сучасна гідроекологія: місце наукових досліджень у вирішенні актуальних проблем: матеріали VI наук.- практ. конф. молодих вчених* (Київ, 10–11 жовтня 2023 р.). Київ, 2023. С. 14–17.
2. Коломієць, Н. (2025). Цифрова ідентифікація сучасного науковця в країнах Європи та в Україні. *Grail of Science*, (55), 206–218. https://doi.org/10.36074/grail-of-science.22.08.2025.022
3. Портал реєстрів у сфері науки України. NAUKA. URL: https://nauka.gov.ua/
4. Умови проведення Національним фондом досліджень України конкурсу проєктів з виконання наукових досліджень «Передова наука в Україні 2026-2028». (2025). URL: https://nrfu.org.ua/wp-content/uploads/2025/04/ umovi_peredova_nauka_2025.pdf

Декоративно-квітучі макрофіти малих річок пониззя Десни

Тетяна Івусь, Юрій Карпенко
НУ «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна,
e-mail: tanya-ivus@ukr.net; yuch2011@i.ua

Малі річки пониззя Десни є складовими басейнової системи річки Десна та характеризуються різноманітністю руслових, заплавних і заболочених біотопів. Просторова диференціація глибини, швидкості течії, гідрологічного режиму та ґрунтово-субстратних умов зумовлює формування різних типів водної та прибережно-водної рослинності. Серед структурних компонентів цих екосистем важливе місце посідають декоративно-квітучі макрофіти — види з добре розвиненими генеративними органами, що формують виразні фенологічні аспекти та відіграють істотну ценотичну роль.

Метою дослідження є встановлення видового складу декоративно-квітучих макрофітів та оцінка їх ресурсного потенціалу з урахуванням екологічних, ценотичних і созологічних характеристик. Дослідження проводилися шляхом маршрутних флористичних обстежень і аналізу участі видів у формуванні рослинного покриву різних типів біотопів.

Сучасний етап розвитку ботанічного ресурсознавства характеризується переходом від описового підходу до комплексного аналізу рослин як багатофункціональних природних ресурсів. Рослини розглядаються не лише як джерело матеріальної продукції, а як ключовий компонент екосистем, що забезпечує стабільність біогеохімічних циклів, підтримання біорізноманіття, формування ландшафтної структури та задоволення соціальних потреб суспільства. У цьому контексті особливого значення набуває систематизація знань про напрями використання рослин, що дозволяє оцінювати їхній інтегральний ресурсний потенціал і формувати науково обґрунтовані підходи до раціонального природокористування.

Однією з найбільш визнаних універсальних систем є «Economic Botany Data Collection Standard», розроблена у 1995 році міжнародною групою фахівців під керівництвом F. E. M. Cook у межах діяльності Taxonomic Databases Working Group на базі Королівських ботанічних садів К'ю (Велика Британія) (Cook, 1995). Його методологічною основою є ієрархічний принцип організації даних із трирівневою структурою, що забезпечує поєднання узагальнених категорій використання з детальними підрозділами, що дозволяє враховувати багатофункціональність видів і забезпечує порівнюваність даних у глобальному масштабі.

На найвищому рівні класифікації виділено тринадцять основних груп використання рослин, серед яких харчові, кормові, лікарські, медоносні, технічні, енергетичні, соціально значущі, отруйні, декоративні, фітомеліоративні види та дикорослі родичі культурних рослин. Особливістю стандарту є те, що один і той самий вид може одночасно належати до кількох функціональних груп, що відображає реальну поліфункціональність рослин у природних і господарських системах. Таким чином, класифікація виступає не лише інструментом систематизації, а й методологічною основою для оцінки ресурсного потенціалу рослинних угруповань.

Для ресурсної характеристики макрофітів регіону досліджень нами запропоновано інтегральну еколого-ресурсну класифікацію макрофітів, яка базується на поєднанні трьох ключових критеріїв: типу ресурсної цінності виду; ступеня антропотолерантності; созологічного статусу.

Застосування такого підходу дозволяє не лише систематизувати значний за обсягом видовий склад, а й виявити функціональні групи макрофітів, що відіграють провідну роль у формуванні екологічного стану малих річок пониззя Десни.

I. Ключові еколого-ресурсні стабілізатори водних екосистем

До першої інтегральної групи віднесено види з високою екосистемною та біопродукційною цінністю, які формують значну фітомасу, характеризуються відносно високою антропотолерантністю та відіграють провідну роль у стабілізації водних і прибережно-водних екосистем. Цю групу репрезентують насамперед вищі гідрофіти та гелофіти, зокрема *Phragmites australis* (Cav.) Trin. ex Steud., *Typha latifolia* L., *T. angustifolia* L., *Glyceria maxima* (C. Hartm.) Holmb., *G. fluitans* (L.) R. Br., *Phalaris arundinacea* L., *Carex riparia* Curt, *C. vulpina* L., *Schoenoplectus lacustris* (L.) Palla та *Scirpus sylvaticus*. L. Зазначені види характеризуються високою здатністю до акумуляції біогенних елементів, формування щільних заростей та стабілізації берегової лінії. Їх угрупування виконують функцію природних біофільтрів, зменшуючи надходження зважених часток і поживних речовин у водне середовище. Таким чином, дані види мають ключове значення для підтримання гідрохімічної рівноваги малих річок пониззя Десни.

II. Структуроутворювальні та ценозоутворювальні макрофіти

Другу інтегральну групу становлять види, що визначають просторову та фітоценотичну структуру водної рослинності й є діагностичними для ряду угруповань, занесених до ЗКУ. До цієї групи належать *Nuphar luteum* (L.) Smith (угруповання формації *Nuphareta luteae*), *Nymphaea alba* L. (угруповання формації *Nymphaeeta albae*), *Nymphaea candida* J. Presl. (угруповання формації *Nymphaeeta candidae*), *Sagittaria sagittifolia* L. (угруповання формації *Sagittarieta sagittifoliae*), *Myriophyllum alterniflorum* (угруповання формації *Myriophylleta alterniflori*), а також *Stratiotes aloides* L. і *Hydrocharis morsus-ranae* L. Ці макрофіти формують добре структуровані угруповання, які відіграють важливу роль у підтриманні біорізноманіття. Їх ресурсна цінність полягає не у прямому використанні, а у здатності забезпечувати цілісність і функціональну стабільність водних екосистем.

III. Біоіндикаторно-чутливі та охоронні види

Окрему інтегральну групу становлять види з високою індикаторною та созологічною цінністю, що характеризуються низькою антропотолерантністю та приурочені до відносно природних, слабо порушених ділянок водних екосистем.

До цієї групи належать *Salvinia natans* (L.) All. (занесена до ЧКУ та Додатку I Бернської конвенції; угруповання формації *Salvinieta natantis*), *Iris sibirica* L., *Dactylorhiza incarnata*(L.) Soó, *D. maculata* (L.) Soó (ЧКУ, Додаток II CITES), *Gentiana pneumonanthe* L., *Menyanthes trifoliata* L. та *Hottonia palustris* L. (Ivus, 2018). Вони мають особливу цінність як біоіндикатори стану малих річок пониззя Десни та потребують пріоритетної охорони.

IV. Види-індикатори евтрофікації та деградаційних стадій екосистем

До четвертої групи віднесено макрофіти, що активно реагують на порушення гідрологічного режиму, евтрофікацію та застій води. Їх масовий розвиток є характерною ознакою трансформації водних екосистем. Типовими представниками цієї групи є *Lemna minor* L., *L. gibba* (угруповання формації *Lemneta gibbae*), *L. trisulca*, *Spirodela polyrrhyza (*L.) Schleid., *Wolffia arrhizal* (L.) Horkel ex Wimm., *Ceratophyllum demersum* L., *C. submersum* L.та *Elodea canadensis* Michx. Ресурсна цінність цих видів полягає у їхній здатності швидко формувати значну біомасу та слугувати індикаторами надлишкового надходження біогенів. Водночас масовий розвиток даних макрофітів часто призводить до спрощення фітоценотичної структури та зниження біорізноманіття.

V. Прибережно-водні макрофіти поліфункціонального ресурсного значення. П’яту групу утворюють види з поєднанням екосистемної та соціально-господарської цінності, які широко представлені у прибережно-водних біотопах. До неї належать *Acorus calamus* L., *Althaea officinalis* L., *Valeriana officinalis* L., *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim., *Lythrum salicaria* L., *Mentha aquatic* L., *Angelica archangelica* L., *Eupatorium cannabinum* L. та *Inula helenium* L. Ці види виконують важливі екологічні функції та водночас мають лікарське або інше господарське значення, що потребує особливо зваженого підходу до їх використання у межах природних екосистем.

VI. Адвентивні та трансформуючі види прибережно-водної флори

Окремо виділено групу адвентивних і експансивних видів, які здатні істотно змінювати структуру прибережно-водних фітоценозів. До цієї групи належать *Asclepias syriaca* L,. *Ambrosia artemisiifolia* L., *Solidago canadensis* L., *Impatiens glandulifera* Royle, *I. parviflora* DC та *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A. Gray. Хоча ці види не мають «позитивної» ресурсної цінності, їх присутність є важливою з позицій оцінки трансформації рослинного покриву та антропогенного тиску.

Запропонована інтегральна еколого-ресурсна класифікація дозволяє комплексно оцінити ресурсно цінні види макрофітів малих річок пониззя Десни, поєднуючи екологічні, фітоценотичні та созологічні аспекти. Такий підхід забезпечує перехід від формального переліку видів до аналізу їх функціональної ролі в екосистемах та може бути використаний як наукова основа для розроблення заходів охорони і сталого використання водних і прибережно-водних біотопів регіону.

У межах зазначеного підходу можемо ще виділити декоративно-квітучі макрофіти як багатофункціональний ресурс, який поєднує екологічну, ландшафтно-естетичну та созологічну складові.

Ця група макрофітів складає 10 родин, 12 родів, 15 видів. Нижче наводимо характистику окремих представників .

Провідне ценотичне значення у складі досліджуваної флори мають представники родини *Nymphaeaceae*: *Nymphaea alba, N. candida* та *Nuphar luteum*. Вони формують стійкі ценопопуляції у слабопроточних ділянках і заплавних водоймах, характеризуються значним проективним покриттям і високою продуктивністю біомаси. Розвинена листкова поверхня сприяє регуляції світлового режиму та температури водного середовища, а коренева система забезпечує стабілізацію донних субстратів. Тривалий період цвітіння та великі актиноморфні квітки формують домінуючий декоративний аспект у літній період. Окремі види

(*Nymphaea alba*, *N. candida*) мають охоронний статус і є чутливими до змін гідрологічного режиму.

У прибережних зонах періодичного підтоплення поширені *Iris pseudacorus* L. та *I. sibirica* L., вид занесений до ЧКУ, що підкреслює созологічну цінність досліджуваних біотопів. Ці види створюють виразний ландшафтний ефект у період масового цвітіння. Значну участь у формуванні сезонних аспектів також беруть *Butomus umbellatus* L., *Menyanthes trifoliata*, *Lythrum salicaria*, *Sagittaria sagittifolia*, *Alisma plantago-aquatica*, *Hottonia palustris*, *Caltha palustris*, *Hydrocharis morsus-ranae* L., *Caltha palustris* L. Їхня участь у рослинному покриві варіює від домінантної до супутньої, проте в період цвітіння вони істотно підвищують естетичну цінність заплавних ландшафтів.

Особливу наукову й природоохоронну значущість мають представники родини *Orchidaceae*: *Dactylorhiza incarnata* L. та *D. maculata* L., занесені до Червоної книги України та включені до міжнародних охоронних списків. Їх наявність свідчить про збереженість природного гідрологічного режиму та відносну стабільність екосистем малих річок.

З позицій економічної ботаніки декоративно-квітучі макрофіти можуть бути віднесені до групи рослин, що впливають на довкілля, однак їхній потенціал не обмежується декоративною функцією. Вони виконують фітомеліоративну роль, беруть участь у підтриманні екологічної рівноваги водних екосистем, їх ресурсний потенціал має інтегральний характер і поєднує екологічні, естетичні та созологічні компоненти.

Отже, поєднання сучасних класифікаційних підходів з регіональними флористичними дослідженнями дозволяє розглядати декоративно-квітучі макрофіти (15 видів) як поліфункціональний природний ресурс. Висока декоративність, ценотична роль і наявність охоронюваних видів визначають необхідність збереження природного гідрологічного режиму, регулювання антропогенного навантаження та впровадження принципів сталого використання заплавних територій.

Список джерел

Cook, F. E. M. (1995). *Economic botany data collection standard*. Prepared for the International Working Group on Taxonomic Databases for Plant Sciences (TDWG). Royal Botanic Gardens, Kew.

Ivus, T. I. (2018). Resource significance of macrophytes of small rivers in the lower Desna. *Biological Research – 2018: materials of the IX All-Ukrainian Scientific and Practical Conference (Zhytomyr, March 14–16, 2018)*, 174–175. (in Ukrainian)

Флористичні особливості рослинних угруповань за участі *Hordeum murinum* L.

Ганна Казарінова, Юрій Гамуля
Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, Харків, Україна
e-mail: hanna.kazarinova@karazin.ua

Hordeum murinum L. є адвентивним археофітом, представником родини *Poaceae*, який з таксономічної точки зору розглядається як складний комплекс, широко поширений серед видів роду *Hordeum* L. Природний ареал виду охоплює Середземноморський регіон та простягається на схід до Пакістану, Кашміру, Казахстану та на північ до Центральної Європи. Завдяки своїй високоефективній системі інбридингу та поширенню зоохорією, деякі таксони цього комплексу зараз трапляються в більшій частині територій з помірним кліматом, де вони є шкідливими бур'янами (Jacobsen, Bothmer, 1995).

Hordeum murinum класифікують як термофільний вид, який з'являється в містах у їхніх тепліших, центральних частинах, розвивається в умовах низької конкуренції та зникає з рослинних угруповань при домінуванні високих багаторічних рослин (Błońska, Kompała-Bąba, 2009).

Метою цього дослідження є встановлення флористичних особливостей рослинних угруповань, у яких з високою постійністю трапляється *Hordeum murinum.*

Матеріалами є геоботанічні описи, зібрані авторами на території міста Харкова впродовж 2020-2021 рр.

Камеральна обробка матеріалів здійснювалась з використанням пакетів програм Turboveg 2.85 та Juice 7.1 (Tichý et al., 2011). Інтерпретація отриманих одиниць рослинності проводилась відповідно до сучасних зведень (Дубина та ін., 2019).

Під час дослідження у складі описаних рослинних угруповань було виявлено 73 види судинних рослин. За систематичним складом переважають представники *Asteraceae* – 23 види, на другому місці *Poaceae* – 10 видів, третє місце посідає *Brassicaceae* з 9 видами. Такий розподіл відповідає систематичній структурі рудеральних угруповань та сегетальних угруповань занедбаних орних ділянок. В екологічній структурі за відношенням до зволоження переважають мезофіти – 61 вид, значно менше субксерофітів – 10 видів, субмезофітів – 4 види.

Серед виявлених видів судинних рослин 26 є адвентивними, серед яких за часом занесення переважають археофіти (17), за способом занесення – аколютофіти (17), за ступенем натуралізації – епекофіти (9). За гемеробією найбільше виявлено мезо- та еугемеробів – 33 види та полігемеробів – 14 видів, тобто видів угруповань, що знаходяться під постійним і сильним антропогенним впливом.

За результатами проведеного аналізу геоботанічних матеріалів рослинні угруповання за участі *Hordeum murinum* з проективним покриттям від 10 до 50% представлені ксерофітною рослинністю рудеральних місцезростань, садів, узбічь полів, доріг союзу *Hordeion murini* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1936 (*Hordeetum murini* Libbert 1932, *Xanthietum strumarii* Paucă 1941, *Brometum tectorum* Bojko 1934), а

також рудеральними угрупованнями звалищ, смітників, занедбаних садів, городів союзу *Sisymbrion officinalis* Tx. et al. ex von Rochow 1951 (*Ivaetum xanthiifoliae* Fijałkowski 1967), союзу *Polygono-Chenopodion* Koch 1926 (*Ambrosio artemisiifoliae-Chenopodietum albi* Marjushkina et Solomakha 1985).

Список джерел

Jacobsen, N., Bothmer, R. von. (1995). Taxonomy in the Hordeum murinum complex (Poaceae). *Nordic Journal of Botany, 15*, 449–458.

Błońska, A., Kompała-Bąba, A. (2009). Phytosociological and ecological spectrum of occurrence of Hordeum murinum (Poaceae) in the Silesian Upland in comparison to chosen regions of Poland. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica, 16*(2), 325–338.

Tichý, L., Holt, J., Nejezchlebová, M. (2011). *JUICE program for management, analysis and classification of ecological data. (2nd ed. of the Program Manual, 1st part)*. Brno: Masaryk University, Vegetation Science Group, 65 p.

Дубина, Д., Дзюба, Т., Ємельянова, С. та ін. (2019). *Продромус рослинності України*. Київ: Наукова думка, 784 с.

Біотопічне різноманіття дендрологічного парку «Олександрія» НАНУ

Людмила Калашнікова, Юлія Дорошенко
Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України, м. Біла Церква, Україна, kalashnikovaluda@gmail.com

Одним із провідних напрямів наукових досліджень на територіях об'єктів Природно-заповідного фонду залишається комплексна охорона складових біорізноманіття: збереження середовища існування, підтримка едафічних та мікрокліматичних умов, які сприятимуть повноцінному існуванню видів та фітоценозів. Тому визначення біотопів в межах дендропарку «Олександрія» забезпечує проведення моніторингу і збереження типових екосистем.

В результаті натурних обстежень згідно з класифікацією біотопів для лісової та лісостепової зон нами укладено схему класифікації біотопів дендропарку «Олександрія» (Didukh, Ya. P., Fitsailo, T. V., Korotchenko, I. A., Iakushenko, D.M., Pashkevych, N. A. (2011). Biotopes of the forest and forest-steppe zones of Ukraine. Kyiv: «Makros». 288 p.).

Територія дендрологічного парку «Олександрія» за «Геоботанічним районуванням України (Didukh, Ya. P., Shelyag-Sosonko, Yu. R. (2003). Ukrainian Botanical Journal, 60(1): 6-17) належить до Київського правобережного округу грабово-дубових, дубово-соснових лісів заплавних луків і евтрофних боліт Східноєвропейської провінції хвойно-широколистяних і широколистяних лісів Європейської широколистяної зони лісів. За фізико-географічним районуванням вона розташована у Європейсько-Сибірській Лісостеповій області Центральноєвропейської провінції Середньоруської Лісостепової підпровінції Старокостянтинівсько-Білоцерківського району дубових лісів широколистяно-лісової і лісостепової зони Подільської височини. В умовах лісостепової зони України переважаючими типами природної рослинності є зональні типи – лісова і лучно-степова.

На території дендропарку виявлено 5 типів біотопів найвищого рангу: G, E, C, D, H. Біотопи категорії G: біотопи фанерофітного типу (ліси і чагарники): G 1: Листяні листопадні ліси; G 1.21: Дубові ліси: G 1.215: Субконтинентальні грабово-дубові ліси.

Біотопи категорії E, сформовані злаково-трав'яними мезо- та ксерофітними угрупованнями з домінуванням гемікріптофітів в умовах помірного або недостатнього зволоження (луки, степи, пустоші); E 1: Біотопи злаковників гігромезофітного, мезофітного та ксеромезофітного типу, що формуються в умовах достатнього зволоження (луки) (*Molinio-Arrhenatheretea*);

E 1.2: Мезофітні справжні луки та різнотравні угруповання на помірно зволожених лучних грунтах (*Arrhenatheretalia elatioris*);

E 1.21: Свіжі низькотравні луки;

E 1.22: Луки на багатих дерново-глейових, лучних грунтах (*Festucion pratensis, Arrhenatherion elatioris*);

E 1.3: Ксеромезофітні різнотравні луки;

E 1.31: Луки на збіднених дерново-підзолистих грунтах на піщаних відкладах;

E 2: Трав'яні ксеротермні біотопи (степи);

E 2.1: Лучно-степові біотопи, що формуються на рендзинах та чорноземах (*Festuco-Brometea*);

E 2.12: Лучно-степові біотопи лісостепової зони на збагачених карбонатами грунтах (*Fragario viridis-Trifolion montani*);

E 2.121: Угруповання *Carex humilis* лісостепової зони на сухих збагачених карбонатами грунтах;

E 2.122: Різнотравні злакові угруповання лучно-степової рослинності на чорноземах (*Festuco-Brometea*);

E 2.124: Біотопи з домінуванням *Stipa capillata* на змитих чорноземах;

E 2.1311: Типові степові угруповання на рівнинних ділянках та схилах різної експозиції з домінуванням дернинних злаків;

E 2.22: Ксеротичні біотопи на відкладах кристалічних порід;

E 2.221: Угруповання з домінуванням різнотрав'я;

E 2.23: Ксеротичні угруповання на лісових відкладах;

Біотопи категорії C: Біотопи континентальних водойм; C 1: Непроточні та проточні прісноводні водойми;

C 1.3: Прикріплені до дна макрофіти з плаваючим на поверхні листям (аерогідатофіти);

C 1.31: Багаторічні макрофіти з кореневищами (*Nymphaeion albae*);

C 1.32: Однорічні макрофіти з плаваючим на поверхні води листям (*Trapetum natantis*);

Біотопи категорії D: Перезволожені біотопи трав'яного типу (болотна та прибережно-водна рослинність); D 1: Прибережно-водні угруповання в умовах достатнього обводнення на мулистих та піщаних відкладах (*Phragmition communis*) з різкою змінністю зволоження;

D 1.1: Густі зарості рослин, які формують густий шар кореневищ або купини;

D 1.11: Зарості високотравних гелофітів, в яких стоячи стебла перезимовують у засохлому вигляді (*Phragmitetalia*: *Scirpetum lacustris*, *Typhetum angustifoliae*, *Phragmitetum communis*);

D 1.2: Угруповання повітряно-водних гелофітів, що не мають потужних кореневищ і формуються на мулистих грунтах;

D 1.12: Угруповання середньовисоких гелофітів з відмираючими на зиму полеглими стеблами (*Nasturtio-Glycerietalia*);

D 1.21: Розріджені угруповання повітряно-водних багаторічних гелофітів часто із морфологічними ознаками адаптованності до водного середовища (*Oenanthion aquaticae*);

D 1.221: Угруповання терофітів зі стеблами ортотропного типу на мулистих та піщаних відкладах (*Bidention tripartite*);

Біотопи категорії H: Біотопи, розвиток яких спричинений геоморфологічними та акумулятивними процесами;

H 1.11: Хазмофітні біотопи, які формуються на відслоненнях Українського кристалічного щита;

14.21: Паркові насадження, деревний ярус яких штучно сформований природними та інтродукованими видами дерев та груповими композиціями чагарників з декоративною метою за участю як листяних, так і хвойних видів;

15.2: Клумби декоративних видів рослин, альпінарії;

16: Штучні водні споруди;

16.2: Ставки із суттєвою біотичною компонентою фітопланктонного типу.

Аналіз природних та штучних фітоценозів вказує на перевагу лісових біотопів з домінуванням *Quercus robur* L. Біотопи типів E, до яких входять лучні та лучно-степові угруповання, що формуються в умовах помірного або недостатнього зволоження, трапляються на галявинах, схилах та гранітних відслоненнях. Біотопи типів C і D формують угруповання на прибережно-водних ділянках р. Рось та ставках.

Відповідно до «Зеленої книги Україні» (Green Book of Ukraine. Kyiv: Alterpress, 2009. 448 p.), Директиви Ради 92/43 ЕЄС від 21 травня 1992 р. (Council Directive 92/43 EEC dsl 21 May 1992 https// www.zakon.rada.gov.ua/go/987_004-92) та Резолюції № 4 Бернської конвенції (Interpretive Guide to Resolution No. 4 Habitats https//www.researchgate.net/publication/321588641) під охороною знаходяться біотопи G 1.21, G 1.215, H 1.11, E 2.1, E 2.121, E 2.124, C 1.31, C 1.32, D 1.11, D 1.12 D 1.21. Біотопи 14.21 охороняються як об’єкти державного та місцевого значення.

Екологічні параметри та компоненти довкілля як базова основа менеджментної діяльності при проведенні процедури стратегічної екологічної оцінки документів планувального характеру територіальних громад

Карпенко Юрій, Свердлов Володимир
НУ «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна,
e-mail: yuch2011@i.ua, vovasv8989@ukr.net

Сучасний етап розвитку територіальних громад України характеризується суттєвими трансформаційними процесами, пов'язаними з реформою децентралізації, розширенням повноважень органів місцевого самоврядування та переходом до нових моделей управління територіальним розвитком. Передача значної частини адміністративних, економічних і природоресурсних функцій на місцевий рівень зумовила необхідність формування ефективних механізмів оцінювання діяльності громад, які б враховували не лише фінансово-економічні результати, але й екологічний стан територій та якість життєвого середовища населення.

У сучасній практиці управління ефективність функціонування територіальної громади традиційно оцінюється за показниками бюджетної спроможності, інвестиційної активності, розвитку інфраструктури та соціальних послуг. Водночас екологічна складова часто залишається другорядною або розглядається фрагментарно, що не дозволяє об'єктивно оцінити реальний рівень сталості розвитку території. Ігнорування стану довкілля у системі управлінського аналізу призводить до накопичення екологічних ризиків, деградації природних ресурсів, погіршення санітарно-гігієнічних умов проживання населення та зростання витрат на ліквідацію екологічних наслідків у майбутньому.

Особливої актуальності проблема набуває в умовах посилення антропогенного навантаження на природні екосистеми, що проявляється у забрудненні атмосферного повітря, виснаженні водних ресурсів, деградації земель, скороченні площ зелених насаджень та накопиченні побутових і промислових відходів. Значна частина територіальних громад стикається з проблемами неефективного поводження з відходами, зношеністю інженерної інфраструктури, порушенням режимів водокористування та недостатнім рівнем екологічного контролю. У таких умовах управлінські рішення потребують науково обґрунтованої інформаційної бази, сформованої на основі комплексного аналізу компонентів довкілля.

Відповідно до вимог Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні» органи місцевого самоврядування відповідають за забезпечення раціонального використання природних ресурсів та охорону навколишнього природного середовища на підвідомчій території. Положеннями Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища» та «Про стратегічну екологічну оцінку» визначають необхідність здійснення системного моніторингу стану довкілля та впровадження природоохоронних заходів. Крім того, інтеграція України до європейського екологічного простору передбачає адаптацію місцевого управління

до принципів екосистемного та басейнового підходів, екологічної відповідальності та сталого розвитку територій.

Важливим чинником є також зростання впливу глобальних екологічних змін, зокрема кліматичних трансформацій, які проявляються у зміні гідрологічного режиму, підвищенні температурних показників, збільшенні частоти екстремальних природних явищ та погіршенні стану природних екосистем. Для територіальних громад це означає необхідність адаптації систем просторового планування, управління водними та земельними ресурсами, розвитку зеленої інфраструктури та підвищення екологічної стійкості територій.

Разом із тим на практиці спостерігається відсутність уніфікованих підходів до інтеграції екологічних показників у систему менеджменту діяльності громади. Наявні статистичні дані часто мають розрізнений характер, не забезпечують комплексного бачення стану довкілля та не пов'язуються безпосередньо з оцінкою управлінської ефективності. Це створює суперечність між потребою у стратегічному екологічно орієнтованому управлінні та недостатнім використанням результатів екологічного аналізу у процесах прийняття рішень.

Загалом, виникає об'єктивна необхідність розгляду аналізу компонентів довкілля як ключової передумови формування сучасної системи менеджменту оцінювання діяльності територіальної громади. Комплексне дослідження стану атмосферного повітря, водних ресурсів, земель, біорізноманіття та систем поводження з відходами дозволяє сформувати інтегральну характеристику екологічної спроможності території, що виступає важливим критерієм ефективності місцевого управління та основою реалізації принципів сталого розвитку.

Територіальна громада у сучасних умовах розглядається як відкрита соціо-еколого-економічна система, функціонування якої визначається взаємодією природних ресурсів, господарської діяльності та управлінських механізмів. Ефективність діяльності органів місцевого самоврядування дедалі більше залежить від здатності забезпечувати екологічно збалансований розвиток території, що передбачає збереження природного потенціалу поряд із соціально-економічним зростанням. У цьому контексті аналіз компонентів довкілля виступає базовою передумовою формування сучасної системи менеджменту оцінювання діяльності територіальної громади.

Комплексне дослідження стану довкілля дозволяє визначити екологічну спроможність території, яка характеризує здатність природних систем витримувати антропогенне навантаження без втрати своїх відновлювальних функцій. Саме показники екологічної спроможності стають важливим індикатором управлінської ефективності, оскільки нераціональне використання ресурсів у короткостроковій перспективі може супроводжуватися економічним зростанням, проте призводить до довгострокових екологічних та соціальних втрат.

Аналіз атмосферного повітря в межах громади дозволяє оцінити рівень урбанізаційного та виробничого навантаження, визначити зони підвищеного екологічного ризику та встановити взаємозв'язок між господарською активністю й станом здоров'я населення. Важливим аспектом є врахування впливу транспортної інфраструктури, локальних стаціонарних котелень, інших об'єктів енергетики та

малого промислового виробництва, які часто формують основне джерело забруднення у громадах середнього та малого розміру. Отримані результати можуть використовуватися при розробленні програм покращення якості повітря, оптимізації транспортних потоків і плануванні зеленої інфраструктури.

Водні ресурси становлять стратегічну основу життєзабезпечення територіальної громади, тому їх екологічний аналіз охоплює не лише оцінювання якісних показників води, а й ефективність функціонування систем централізованого водопостачання та водовідведення. Значна зношеність інженерних мереж, втрати води під час транспортування, недостатній рівень очищення стічних вод створюють додаткове навантаження на природні водні об'єкти. Урахування принципів інтегрованого управління водними ресурсами відповідно до Водної рамкової директиви ЄС дозволяє здійснювати оцінювання стану водних екосистем з позицій довгострокового екологічного балансу та ресурсної безпеки території.

Земельні ресурси громади виконують одночасно економічну, екологічну та просторово-планувальну функції. Аналіз структури землекористування дає можливість визначити рівень антропогенної трансформації території, ефективність використання сільськогосподарських угідь, ступінь урбанізованості та збереженість природних ландшафтів. Особливого значення набуває оцінювання деградатаційних процесів, включаючи ерозію ґрунтів, підтоплення територій, техногенне забруднення та порушення природного водного режиму. Результати таких досліджень використовуються під час розроблення комплексних планів просторового розвитку громади.

Стан біорізноманіття та зелених зон виступає важливим показником екологічної якості середовища проживання населення. Зелені насадження виконують функції природного очищення повітря, регуляції мікроклімату, зниження шумового навантаження та забезпечення рекреаційних потреб населення. Аналіз екосистемних послуг дозволяє оцінити внесок природних територій у соціальне благополуччя громади та визначити необхідність розвитку екологічного каркасу території, включаючи парки, прибережні захисні смуги та природоохоронні об'єкти. Саме ці компоненти формують екологічний потенціал території, визначають можливості господарського використання природних ресурсів та рівень комфортності проживання населення. У цьому контексті природно-заповідний фонд виконує не лише природоохоронну, а й соціально-економічну, рекреаційну та освітню функції, забезпечуючи збереження природних ландшафтів і підтримання екологічної рівноваги.

Об'єкти природно-заповідного фонду в межах територіальних громад представлені різними категоріями. Їх наявність свідчить про високий рівень природної цінності території та водночас накладає певні обмеження щодо господарської діяльності, землекористування та містобудівного розвитку.

Збереження об'єктів природно-заповідного фонду є важливою передумовою ефективного екологічного менеджменту громади. Вони виконують функції природних регуляторів кліматичних процесів, сприяють очищенню атмосферного повітря, підтримують гідрологічний режим територій, запобігають деградації ґрунтів і втраті біорізноманіття. Особливого значення набуває охорона водно-

болотних угідь, лісових масивів та природних екосистем, які забезпечують стабільність водного балансу, що є критично важливим для громад із розвиненою системою водопостачання та водовідведення.

Раціональне управління територіями природно-заповідного фонду передбачає здійснення системного моніторингу їх екологічного стану, розроблення програм збереження природних комплексів, обмеження антропогенного навантаження та впровадження заходів екологічного відновлення порушених екосистем. Важливим напрямом є інтеграція природоохоронних територій у стратегії розвитку громад, зокрема через формування екологічної мережі, розвиток екологічного туризму та рекреаційної інфраструктури без порушення природних процесів.

Важливою складовою екологічного аналізу є оцінювання системи управління відходами, яка відображає рівень організаційної зрілості місцевого менеджменту. Зростання обсягів твердих побутових відходів, недостатній розвиток інфраструктури сортування та перероблення, наявність несанкціонованих сміттєзвалищ створюють значні екологічні ризики. Впровадження принципів ієрархії поводження з відходами (запобігання утворенню, повторне використання, перероблення та утилізація) дозволяє зменшити навантаження на довкілля та підвищити ресурсну ефективність громади.

Сучасний менеджмент територіальних громад дедалі більше ґрунтується на використанні цифрових технологій управління даними довкілля. Застосування геоінформаційних систем, дистанційного моніторингу, автоматизованих станцій спостереження та екологічних баз даних забезпечує оперативність отримання інформації та підвищує прозорість управлінських процесів. Формування екологічного паспорта громади, який акумулює дані про стан природних ресурсів і рівень антропогенного впливу, дозволяє створити ефективний інструмент підтримки управлінських рішень.

Управлінський ефект від аналізу компонентів довкілля проявляється у можливості прогнозування екологічних ризиків, оптимізації використання природних ресурсів, підвищення інвестиційної привабливості території та покращення якості життя населення. Екологічно орієнтований менеджмент сприяє переходу громад від реагування на наслідки екологічних проблем до їх попередження шляхом стратегічного планування.

Таким чином, аналіз екологічних параметрів та компонентів довкілля набуває статусу системоутворювального елементу управління територіальною громадою, що забезпечує інтеграцію екологічних, соціальних та економічних параметрів розвитку. Його використання у процесі оцінювання діяльності громади створює передумови для впровадження принципів сталого розвитку, підвищення екологічної відповідальності місцевого управління та формування довгострокової моделі збалансованого територіального розвитку.

Електрогенна активність окремих штамів псевдомонад – основа можливості їх застосування у мікробно-паливних елементах.

Квасниця А., Русакова М.
Одеський національний університет імені І. І. Мечникова
вул. Всеволода Змієнка, 2, м. Одеса, 65082, Україна
e-mail: kvasart@gmail.com

Електрогенна активність представників роду *Pseudomonas*, особливо у таких видів, як *Pseudomonas aeruginosa* та *Pseudomonas putida*, привертає все більшу увагу завдяки їх здатності до позаклітинного переносу електронів. На відміну від класичних екзоелектрогенних мікроорганізмів, зокрема таких, як *Geobacter* spp. та *Shewanella* spp., псевдомонади переважно використовують опосередковані механізми переносу електронів (Yong et al., 2017). Ці бактерії виробляють редокс-активні вторинні метаболіти, у тому числі феназини (наприклад, піоціанін та феназин-1-карбоксамід), які функціонують як ендогенні «електронні човники», що сприяють транспорту електронів з клітини до зовнішніх акцепторів (електродів). Ця метаболічна пластичність сприяє виживанню *Pseudomonas* spp. у різноманітних аеробних та анаеробних середовищах, одночасно сприяючи біоелектрохімічній активності (Jin et al., 2016).

Застосування *Pseudomonas* spp. для створення мікробно-паливних елементів (МПЕ) на тлі їх здатності секретувати саморегулюючі окисно-відновні медіатори, які посилюють генерацію струму без необхідності екзогенних добавок, також підтверджується властивістю щодо утворення стабільних біоплівок на поверхні електродів. Дослідження показали, що штами *P. aeruginosa*, які продукують феназинові похідні, значно збільшують щільність потужності в системах МПЕ порівняно з мутантами за їх дефіцитом, що підтверджує центральну роль цих метаболітів в ефективності переносу електронів (Price-Whelan et al., 2007). Більше того, деякі дослідження, спрямовані на інтенсифікацію біосинтезу феназинів та підвищення здатності до утворення біоплівок окремими штамами псевдомонад, ще більше покращили електрохімічні характеристики, підкреслюючи біотехнологічний потенціал цих мікроорганізмів (Yue et al., 2019).

Окрім виробництва електроенергії, МПЕ на основі *Pseudomonas* spp. мають перспективи щодо застосування в очищенні стічних вод, біосенсорики та біоремедіації. Метаболічна адаптивність представників цього роду дозволяє їм розкладати широкий спектр органічних субстратів, включаючи вуглеводні та ксенобіотики, одночасно виробляючи електричний струм. Нещодавні дослідження підкреслюють інтеграцію *Pseudomonas* spp. у змішані мікробні консорціуми для підвищення стабільності подібних систем. (Logan et al., 2019) (Singhania et al., 2022).

Отже, електрогенні властивості *Pseudomonas* spp. можуть стати ключовою основою для розвитку технологій сталої біоенергетики та розробки біоелектрохімічних систем наступного покоління.

Метою роботи було визначення редокс-потенціалу та здатності до продукції феназинових похідних окремими представниками роду *Pseudomonas*.

Для дослідження було використано таких представників роду *Pseudomonas*, як *P. aeruginosa* ATCC 27853, ATCC 15692, *P. chlororaphis* ONU 111 та *P. fluorescens* ONU

110. Всі мікроорганізми було отримано з колекції мікроорганізмів кафедри мікробіології, вірусології та біотехнології Одеського національного університету імені І. І. Мечникова. Культивування мікроорганізмів здійснювали у стерильних полістиролових планшетах у рідкому середовищі Кінга впродовж двох діб. Кожні 4 год відбирались зразки для проведення відповідних досліджень.

Для визначення редокс-потенціалу досліджуваних мікроорганізмів був використаний DREAM-метод (моніторинг активності переносу електронів на основі відновлення барвника) з використанням метиленової сині (Vishwanathan et al., 2015).

Дослідження спектру феназинових похідних, що можуть слугувати медіаторами в окисно-відновлювальних процесах, здійснювалось на спектрофотометрі «Specord M40» у діапазоні від 300 нм до 600 нм. Виділення окремих фракцій феназинових похідних проводилось за Chang P. C. (Chang, Blackwood, 1969). Продукцію окремих фракцій феназинів обчислювали виходячи з коефіцієнтом поглинання при відповідній довжині хвилі на 10^9 клітин досліджуваних мікроорганізмів.

При порівняльному аналізі результатів вимірювань використовувався t- критерій Ст'юдента. Достовірною вважалася різниця при показнику $p \leq 0,05$ (Mavrodi et l., 2006).

В ході проведеного дослідження було визначено, що використані мікроорганізми здатні продукувати сполуки, які приймають участь у окисно-відновних реакціях. При цьому, вже на першому етапі експерименту, за 4 години від початку, було зафіксовано різницю у інтенсивності відповідного процесу. Штами *P. aeruginosa* ATCC 27853, ATCC 15692 та ATCC 10145 характеризувались практично у 4,6-5,8 разів більшим показником DREAM-коефіцієнту порівняно з *P. chlororaphis* ONU 111 і *P. fluorescens* ONU 110.

З часом, як на першу, так і на другу добу відбувалось збільшення рівня редокс-активності мікроорганізмів. Отримані значення DREAM-коефіцієнту свідчать про те, що досліджувані штами псевдомонад можуть генерувати редокс-активні сполуки, таким чином, відновлюючи метиленову синю до безбарвної лейко-форми. Максимальна інтенсивність спостерігалася для *P. aeruginosa* ATCC 27853: відповідне значення у 3-8 разів перевищувало такі для інших культур.

Як було визначено, досліджувані представники роду *Pseudomonas* здатні продукувати феназинові похідні, проте їхній спектр мав видоспецифічний характер. Серед всіх штамів максимальну продукцію феназин-1-карбонової кислоти, вихідного похідного феназинового ряду, було зафіксовано для *P. aeruginosa* ATCC 27853, тоді як інші штами показали значно меншу інтенсивність накопичення цієї сполуки.

Сумарна продукція окислювальних форм феназинів виявилася більш інтенсивною у випадку *P. aeruginosa* ATCC 15692. Загалом, за співвідношенням окислювальних та відновлювальних форм досліджені мікроорганізми можна розташувати у наступній послідовності: *P. aeruginosa* ATCC 27853 >> *P. fluorescens* ONU 111 > *P. aeruginosa* ATCC 15692 > *P. aeruginosa* ATCC 10145 >> *P. fluorescens* ONU 110, де перший зі штамів характеризувався найбільшою інтенсивністю продукції відновлювальної форми феназинів та, таким чином, найвищим редокс-потенціалом.

Отже, в ході проведеного дослідження за рівнем редокс-активності культури псевдомонад було розподілене на дві групи: для представників першої з них (*P.*

aeruginosa ATCC 15692, ATCC 27853 та ATCC 10145) відповідний показник суттєво перевищував значення для другої (*P. chlororaphis* ONU 111 та *P. fluorescens* ONU 110). Всі досліджувані штами псевдомонад синтезували феназин-1-карбонову кислоту, піоціанін та оксіхлорорафін. *P. fluorescens* ONU 110 утворювала також аеругінозин.

Список джерел

Chang, P. C., & Blackwood, A. C. (1969). Simultaneous production of three phenazine pigments by Pseudomonas aeruginosa Mac 436. *Canadian Journal of Microbiology*, *15*(5), 439–444. https://doi.org/10.1139/m69-077

Jin, X.-J., Peng, H.-S., Hu, H.-B., Huang, X.-Q., Wang, W., & Zhang, X.-H. (2016). iTRAQ-based quantitative proteomic analysis reveals potential factors associated with the enhancement of phenazine-1-carboxamide production in Pseudomonas chlororaphis P3. *Scientific Reports*, *6*(1), 27393–27393. https://doi.org/10.1038/srep27393

Logan, B. E., Rossi, R., Ragab, A., & Saikaly, P. E. (2019). Electroactive microorganisms in bioelectrochemical systems. *Nature Reviews Microbiology*. https://doi.org/10.1038/s41579-019-0173-x

Mavrodi, D. V., Blankenfeldt, W., & Thomashow, L. S. (2006). Phenazine Compounds in Fluorescent Pseudomonas Spp. Biosynthesis and Regulation. *Annual Review of Phytopathology*, *44*(1), 417–445. https://doi.org/10.1146/annurev.phyto.44.013106.145710

Price-Whelan, A., Dietrich, L. E. P., & Newman, D. K. (2007). Pyocyanin Alters Redox Homeostasis and Carbon Flux through Central Metabolic Pathways in Pseudomonas aeruginosa PA14. *Journal of Bacteriology*, *189*(17), 6372–6381. https://doi.org/10.1128/jb.00505-07

Singhania, R. R., Guo, W., de Souza Vendenberghe, L. P., Mannina, G., & Kim, S.-H. (2022). Bioresource technology for bioenergy, bioproducts & environmental sustainability. *Bioresource Technology*, *347*, 126736. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2022.126736

Vishwanathan, A. S., Devkota, R., Siva Sankara Sai, S., & Rao, G. (2015). DREAM Assay for Studying Microbial Electron Transfer. *Applied Biochemistry and Biotechnology*, *177*(8), 1767–1775. https://doi.org/10.1007/s12010-015-1852-3

Yong, X.-Y., Yan, Z.-Y., Shen, H.-B., Zhou, J., Wu, X.-Y., Zhang, L.-J., Zheng, T., Jiang, M., Wei, P., Jia, H.-H., & Yong, Y.-C. (2017). An integrated aerobic-anaerobic strategy for performance enhancement of Pseudomonas aeruginosa-inoculated microbial fuel cell. *Bioresource Technology*, *241*, 1191–1196. https://doi.org/10.1016/j.biortech.2017.06.050

Yue, S.-J., Huang, P., Li, S., Jan, M., Hu, H.-B., Wang, W., & Zhang, X.-H. (2019). Enhanced Production of 2-Hydroxyphenazine from Glycerol by a Two-Stage Fermentation Strategy in *Pseudomonas chlororaphis* GP72AN. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *68*(2), 561–566. https://doi.org/10.1021/acs.jafc.9b05033

Екологічні сади навколо водойм, як один з прикладів розвитку екотуризму

Анна Клименко
Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна, e-mail: klimat13@gmail.com

Останнім часом за кордоном та в Україні зростає популярність екологічних парків та екологічних садів, які за принципом проектування близькі до природних об'єктів. Це пов'язано зі швидким скороченням природних території і деградацією аборигенної рослинності. На їх місці з'являються техногенні території: підприємства, торговельно-розважальні центри (ТРЦ), складські та гаражні кооперативи, сміттєзвалища.

Повернення занедбаних та відпрацьованих земель назад в природне середовище набуває все більшої актуальності. Ліпшою стала ідея створення на місці відпрацьованих земель екологічних садів та парків. Ця ідея вперше з'явилася в Європі у середині 20 століття та була пов'язана з рухом захисників природи, у зв'язку з перетворенням природних ландшафтів в техногенний урболандшафт. Найбільш важливим стало відновлення території під екопарки, які були створені на місцях колишніх сміттєзвалищ, відвалів промислових підприємств, багаточисленних кар'єрів. В Сеулі стару естакаду перебудували в повітряний екопарк з безліччю сходів, містків, лавок, дерев, кущів та квітників, а на пагорбі колишнього звалища був побудований різнокольоровий екосад з декоративних трав та квітів, який підсвічується лампочками у темряві.

Особливо важливим є створення озер та ставків на місці колишніх кар'єрів, розчищених та поглиблених заболочених територій, бо це нові перспективні рекреаційні зони відпочинку для населення та об'єкти екотуризму. Територія Києва багата водоймами, приблизна кількість яких дорівнює 200.

Нами було обстежено декілька водойм в кожному районі Києва, які знаходяться у вільній зоні доступу. Досліджено стан водойм, рельєф та ландшафтні особливості територій навколо, основні рослинні угрупування, наявність захисної зеленої зони.

Території навколо водойм ми умовно поділили на декілька зон з характерною для них рослинністю. Усього було виділено 5 зон: 1 – акваторія та глибоководна, 2 – мілководдя, 3 – болітця, 4 – волога галявина, або прибережна, 5 – берег водойми. Як результат проведеного нами 5-тирічного дослідження був представлений асортимент рослинних популяцій, який найчастіше зустрічається біля водойм на території Києва та може підійти для створення водно-прибережних садів вздовж набережних, озер та каналів.

Рослини для акваторії та глибоководної зони відрізняються в залежності від призначення водойми. На водній поверхні більшості обстежених водойм ростуть глечики жовті, водяний горіх плаваючий, ряска мала, жабурник звичайний, сальвінія плавуча. (Каталог рослин, 1997). Рідше зустрічаються латаття біле (водяні лілії) та його різні сорти, які були відмічені нами на озерах Голубе та Тельбин.

Нещодавно була проведена реконструкція озера Синього, що кілька років знаходився в незадовільному стані. Території навколо цього озера знаходяться в

лісопарку, де проходять велосипедні доріжки, є мангали, бесідки, навіси від палючого сонця та дощу.

Водна поверхня великого озера в парку імені Шухевича за останні 5 років зазнала змін, а саме: на поверхні озера мала однорічна теплолюбна водяна папороть сальвінія плавуча (Каталог рослин, 1997) змінювала свою територію кілька разів. В 2023 році вона зайняла біля 0,5 га території водної гладі озера, в 2024 році її кількість значно зменшилася, а в 2025 році рослина зовсім зникла з поверхні озера. Зникла сальвінія плавуча також з поверхні протоки Дніпра, де вона розповсюдилася між намивним острівком та новою набережною в парку „Веселка" (Лівобережний житловий масив). Помітно зменшилася кількість ряски малої на поверхні багатьох водойм в Києві.

На поверхні водної гладі одного з озер в парку з Водними об'єктами в 2023 році з'явилася незвичайна для відкритих водойм теплолюбна однорічна рослина – пістія плаваюча (Каталог рослин, 1997), яка за вегетаційний період створила популяцію на цьому озері. Пістія є природним фільтром, вона очищає воду від органічних відходів, перешкоджає розвитку шкідливих водоростей, які захопили значну частину озера. Завдяки пістії вода в озері була очищена від цих водоростей. Нажаль пістія плаваюча загинула з початком холодів, вона є рослиною зимових садів оранжереї та не зимує у відкритих водоймах в умовах Києва. В 2024 році велика кількість пістії з'явилася на поверхні Русанівського каналу вздовж набережної Флоренції, вона була привезена та висаджена для очищення води. Рослини швидко розрослися влітку того ж року та утворили кілька яскравих композицій разом з глечиками жовтими та водяним горіхом плаваючим на водної гладі каналу. Але взимку 2024-2025 років ця популяція пістії загинула від холоду.

Також добре прикрашає водойми та очищає воду жабурник звичайний (водокрас) (Каталог рослин, 1997). Зимує на дні ставка. Розмножується, як і пістія, вусами. Рослина перешкоджає розвитку шкідливих водоростей. Зустрічається в парку „Веселка" на водній гладі річки Дніпро, де вода майже стояча та добре прогрівається.

Водяний горіх плаваючий створює яскраві композиції з іншими рослинами на поверхні води. Хоча рослина має охоронний статус, але у водоймах Києва її дуже багато. Добре розповсюджується в теплій стоячій воді.

Під водою частіше зустрічаються: елодея канадська (водяна чума), рдесник блискучий, кушир занурений. (Каталог рослин, 1997). В парку „Веселка" зменшили свою кількість ряска мала, жабурник звичайний. Після зникнення сальвінії плавучої в 2024 році її місце зайняла популяція водяного горіха плаваючого.

В зоні Мілководдя (зона з постійним рівнем води) на глибині від 10 до 40 см ростуть рослини, які займаються фільтрацією води. Це очерет звичайний, куга озерна (схеноплектус озерний), рогоз широколистий, рогоз вузьколистий. (Каталог рослин, 1997). Ці рослини зустрічаються у всіх водоймах, серед них селяться водоплавні птахи, водні ссавці та черепахи. Велику територію займає рогіз та очерет в парку імені Шухевича, в екопарку „Троєщина", на озері Райдуга, на озері Вирлиця. В меншій кількості зустрічаються ситник сизий, ситник

розлогий, їжача голівка проста, сусак зонтичний, болотниця болотяна, стрілиця звичайна (стрілолист), півники болотяні, частуха подорожникова, вербозілля звичайне(Каталог рослин, 1997). Ці рослини можна побачити на каналі-ставку в парку „Перемога”, у фітнес-парку з озером Лебедине, на Русанівському каналі, в парку „Веселка”, в парку з озером Райдуга. На мокрому піску та в калюжах ростуть ситники та очерет звичайний.

На мілководді останнім часом розповсюджується висока рослина лепешняк великий. Вона швидко розростається, її можна побачити в парках „Перемога”, та імені Шухевича. В парку „Перемога”, багато куги озерної (схеноплектусу озерного). Ця рослина також широко представлена на мілководді інших озер та ставків в Києві.

На великих озерах: Райдуга, Вирлиця, Сонячне живуть лисухи. В парку з Водними об’єктами є малий островок з очеретом, на якому відпочивають качки та водяні курочки. На островах та в заростях очерету водоплавні птахи почуваються в безпеці.

Рослини для болітця ростуть на території, яка то затоплюється, то пересихає, вода досягає рівня не більше 10 см. Рівень вологості непостійний. В цих умовах ліпше ростуть плакун (дербенник) прутяний, плакун верболистий, вербозілля звичайне, півники болотяні, рутвиця вузьколиста (блискуча), череда трироздільна, очеретянка звичайна, валер’яна лікарська, калюжниця болотяна, м’ята водяна, осока побережна, осока пухирчаста, хвощ багновий, оман високий, жовтець їдкий, чистець болотяний. На вологому піску та галечнику росте тонконіг болотяний (Каталог рослин, 1997).

Рослини для вологої галявини (прибережної зони) ростуть на території з постійним рівнем вологості без підтоплення. В цій зоні добре розростаються півники сибірські, рутвиця жовта (таликтрум), первоцвіт (примула) весняний, незабудка болотна, гадючник (лабазник) в’язолистий гадючник звичайний, конвалія травнева, гравілат річковий, вербозілля звичайне, вербозілля лучне, шоломниця звичайна, вероніка довголиста, вероніка джерельна (прибережна), мильнянка лікарська, або собаче мило лікарське, конюшина повзуча (біла), конюшина гібридна (рожева), конюшина лугова (червона), мати й мачуха (підбіл звичайний), плакун прутяний, плакун верболистий, алтея лікарська (Каталог рослин, 1997). Вербозілля звичайне – універсальна рослина, яка може рости на мілководді, в умовах болітця та на вологій галявині, вона прикрашає кожну з цих зон. Плакун (дербенник) прутяний та плакун верболистий – також універсальні рослини.

Рослини, що ростуть по берегам водойм. Рослини цієї зони повинні об’єднати усі зони разом та прикрасити берегову лінію водойми. Для рішення цього питання слід використовувати яскраво-квітучі вологолюбні рослини: таволжник звичайний, міскантус китайський, астильбу гібридну, різні види лілійників, люпин багатолистий, орлики звичайні, ліхніс халкедонський, різні види хости (Каталог рослин, 1997) та інші.

Вологі берега озер, каналів та проток річок Десни, Десенки та Дніпра швидко заростають різними видами верби, тополь, аморфою кущовою, дівочим виноградом п’ятилисточковим (Каталог рослин, 1997), які являють собою

загрозу біорізноманіттю рослин, тому що витісняють трав'янисті вологолюбні рослини, що нездатні протистояти будь-якій експансії: череду трироздільну, стрілицю звичайну, сусак зонтичний, їжачу голівку просту, які зазвичай ростуть на мілководді у самого берега, де вода добре прогрівається сонцем. Тому важливо постійно проводити моніторингові дослідження та своєчасно виявляти території, що захаращені та потребують очищення для збереження цінних рослинних популяції. Зволікання з проведення робіт з розчищення захаращених територій призводить до втрати цінних рослин. Це стосується ділянок в парку „Наталка", в парку „Веселка", на Русанівському каналі, на Дніпровській, Оболонській та Русанівській набережних, на озерах в житловому мікрорайоні Троєщина, навколо озера Біле та на інших територіях.

Деякі міські парки Києва можна відносити до екопарків, це парк „Райдуга", парк навколо озера Біле, парк Партизанської слави, парк з озером Гнилуша, парк ім. Шухевича, парк „Веселка". Але в Києві багато озер та протікає річка Дніпро, тому є можливість реконструкції та створення нових екологічних парків, садів та зелених зон. Екологічних парків та садів з озерами на території Києва повинно бути більше: по декілька в кожному районі або мікрорайоні, де є водойми. Вони потрібні перш за все для зручного проживання різних птахів: водоплавних, болотних та перелітних, для їх зимівлі або перельоту, для проживання тварин, що мешкають у воді та біля неї, для зручного відпочинку городян. Тому необхідно створити мережу екологічних парків з озерами, що сприятиме екотуризму.

Список використаних джерел

Каталог рослин Центрального ботанічного саду ім. М.М. Гришка / Під ред. М.А. Кохна – К.: Наук. думка, 1997. – с. 435 [С. 127, 168, 169, 175, 196, 197, 206, 238, 262, 334, 342, 348 та інші]

Кизил лікарський (*Cornus officinalis Sieb. et Zucc.*) – нова плодова і лікарська рослина для садівництва України: інтродукція, еколого-біологічні, біохімічні особливості, культивування

Світлана Клименко[1], Алла Кустовська[2]

[1]НБС ім. М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна e-mail: cornusklymenko@gmail.com,

[2]УДУ імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна, e-mail: a.v.kustovska@udu.edu.ua

Вступ – Ботанічні сади, як центри первинної інтродукції рослин, вирішують теоретичні питання збереження і використання біологічного різноманіття світової флори і практичні – введення в культуру цінних видів рослин. Досягнення Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (НБС) в інтродукції і селекції, впровадженні нових видів рослин в культуру підтверджують важливість таких досліджень.

Мета дослідження – висвітлити 30 річний досвід інтродукції і адаптації кизилу лікарського (*Cornus officinalis* Sieb. et Zucc.) – цінної і плодової і лікарської рослини в умовах Правобережного Лісостепу України, проаналізувати біоекологічні особливості, оцінити біохімічні властивості, опрацювати основні агротехнічні прийоми вирощування і перспективи культивування.

Кизил лікарський (*Cornus officinalis*) – нова для України плодова культура. В Європі він відомий лише у колекціях ботанічних садів.

У Національному ботанічному саду імені М. М. Гришка (НБС) НАН України кизил лікарський досліджується вже понад 30 років (Klymenko et al., 2017; Лямічева та Клименко, 1999). Дворічні рослини були одержані з розсадника Northwoods Wholesale Nursery, Molalla (штат Орегон, США) у 1993 році.

Відтоді у відділі акліматизації плодових рослин НБС проводяться всебічні інтродукційні та еколого - біологічні дослідження цього виду.

В НБС вже є успішний досвід селекції і впровадження в культуру генетично близького європейського виду – *Cornus mas* L. – цінної плодової і лікарської рослини, яку оцінюють наразі, як “superfood”- важливе джерело біологічно активних речовин для людини.

Ці два види кизилу з поліморфної родини *Cornaceae* Bercht. et J. Presl (Деренові, Кизилові) дуже подібні за морфолого-біологічними і екологічними ознаками. Один вид – *C. mas* – Євроазійський, він же – Європейсько-Кавказький, інший – *C. officinalis* – Східноазійський.

C. officinalis – абориген Японії, Північно-Східного Китаю, Кореї – найцінніший представник родини, місцева назва Sandzaki, широко культивується на батьківщині заради смачних плодів, використовується в консервній і кондитерський промисловостях та в медицині (Cao et al., 2016; Huang et al., 2018). Плоди, листки, пагони володіють сечогінною, гіпотензивною, антибактеріальною, протигрибковою, антигістамінною, протипухлинною, тонізуючою дією (Pharmacopoeia of the People's Republic of China, 2000).

Сушені плоди кизилу (Fructus corni) - найважливіший традиційний китайський лікарський засіб, є частиною одних з кращих тонізуючих ліків Китаю – «Сен-де-Хуан». Для країн Східної Азії виділено 31 лікарську рослину і найчастіше з них використовується кизил лікарський (Liu & Xu, 2003).

Основні морфологічні дескриптори

В наших умовах кизил лікарський – кущ чи дерево до 5 м заввишки з тріщинуватою корою (рис.1а,1в). Листкорозташування супротивне, листки яйцеподібні чи еліптичні, довжиною від 7,8 до 13,7 мм (середнє – 10,9±1,0), вони дещо менші, ніж у кизилу звичайного, ширина – 4,8–8,0 мм (середнє – 6,29±0,66), на верхівці загострені, з черешком довжиною від 5,6 до 13,6 мм (середнє – 9,8±1,56). Зверху листки темно-зелені, у пазухах жилок з густими іржавими волосками, зібраними в пучки.

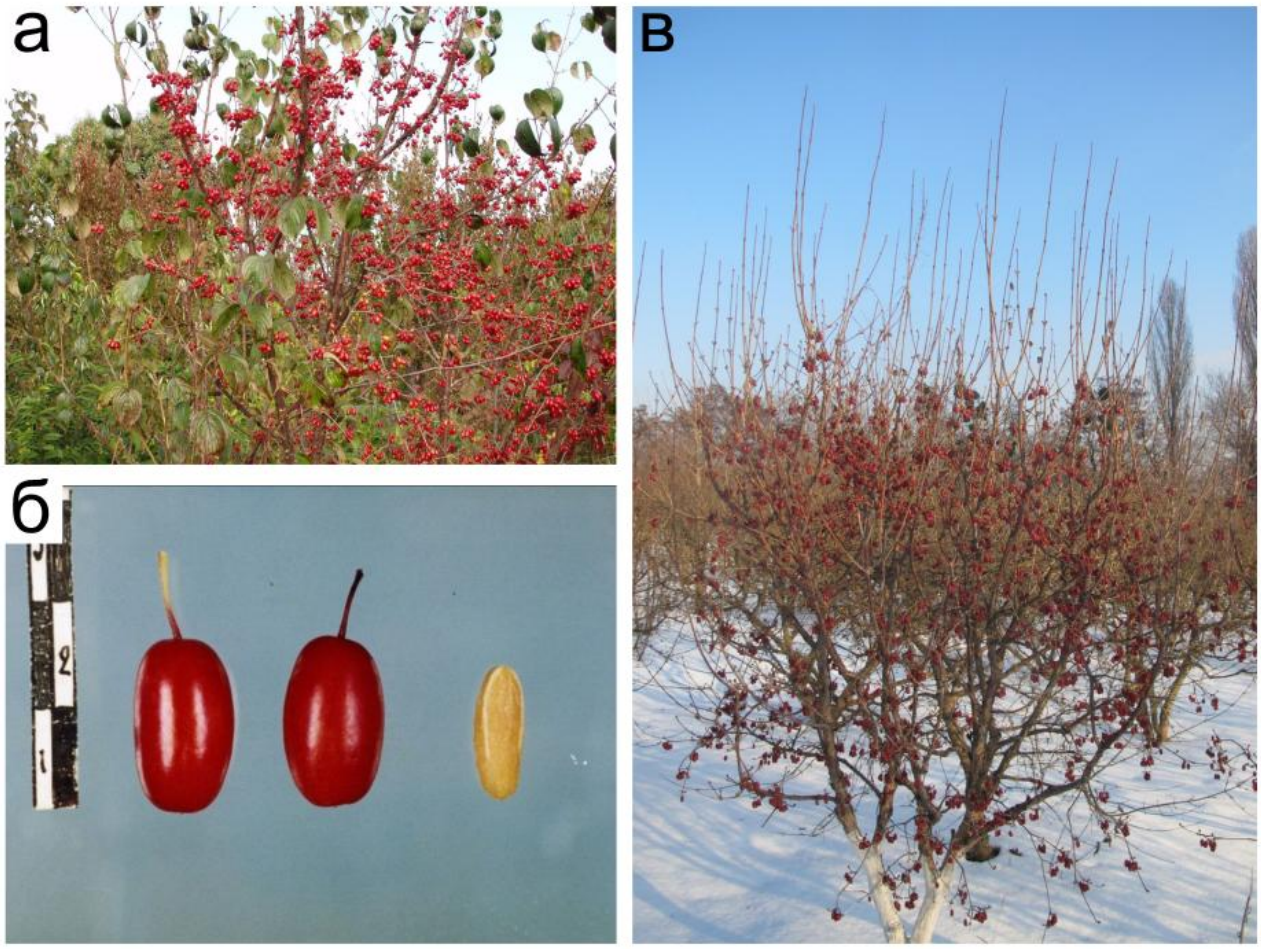


Рис. 1. *Cornus officinalis* на ділянці Відділу акліматизації плодових рослин НБС імені М.М. Гришка НАН України (а – плодоношення у жовтні 2020 року; б - плоди та ендокарп; в – плоди на дереві у грудні 2015 року після тривалої теплої осені)

Квітки жовті в зонтикоподібних багатоквіткових (до 35 шт.) суцвіттях, оточених обгорткою, пелюстки ланцетно-трикутні, 2,5–3 мм завдовжки, з гострими кінчиками, після цвітіння відігнуті донизу, зав’язь оберненоконічна, 0,5–7,5 мм завдовжки. Плоди – яскраво-червоні, еліпсоподібні кістянки, солодко-кислі, з гірчинкою, яка зникає у

процесі зберігання плодів (рис.1б). Вони невеликі, з масою від 0,70 до 1,60 г (середнє – 1,07±0,16), довжина 13,3–18,1 мм (середнє – 15,6±0,89), ширина – 6,7–11,1 мм (середнє – 9,21±0,67), довжина плодоніжки – 3,8–13,4 мм (середнє – 9,23±1,30). Маса ендокарпа – від 0,10 до 0,30 г, що становить 17–18% від маси плоду, як у дикого кизилу звичайного, в той час як у культурного дерена кісточка - 9 –11% від маси плоду.

Біоекологічні особливості

В умовах Києва цвітіння кизилу лікарського спостерігається у ті ж строки, що і у кизилу звичайного – рано навесні, до розпускання листя, залежно від погодних умов, 15 березня – 15 квітня, але завжди на 3–4 дні раніше і закінчується цвітіння на 3–4 дні пізніше, ніж у кизилу звичайного. Цвітіння триває 2–3 тижні (іноді довше, за умов аномальних весен). Початок достигання плодів – перша декада вересня, повне достигання – початок жовтня, на 3-4 тижні пізніше *Cornus mas*. Вони довго не опадають, залишаючись на дереві після опадання листків ще протягом жовтня-листопада. У 2013–2015 рр. за тривалої теплої осені плоди залишалися на дереві до кінця грудня (рис.1в).

За світловим режимом кизил лікарський належать до факультативних геліофітів. Він посухостійкий, що пов’язано з будовою і опушенням листків, а також неглибоким заляганням кореневої системи. За вимогами до температури рослини *C. officinalis* належать до мезотермних теплолюбних рослин, які добре витримують тимчасове похолодання. За температури -37°С іноді гине надземна частина, і рослина відновлюється порослю. Завдяки добре розгалуженій поверхневій кореневій системі, (у горизонті 20–50 см), кизил здатен економно використовувати вологу в ґрунті. За спекотної погоди листки піднімають доверху краї, утворюючи «човники» для економії випаровування.

Біохімічний склад плодів і листків

Наші дослідження біохімічного складу плодів кизилу лікарського і гібриду між ним і кизилом звичайним проведені у Вроцлавському природничому університеті, показали, що за невисокої кількості цукрів (у гібриду він вищий), плоди багаті на каротин і пектинові речовини, органічні кислоти (Klymenko et al., 2017). Щодо вмісту фенольних сполук у пагонах їх - 6,45–17,97 мг/г, у листках – від 38,0 до 59,14 мг/г; дубильних речовин– 10,52%; флавоноїдів - 1,75 - 6,99 мг/г.

Встановлено наявність 40 летких речовин в листках і 52 речовин в плодах кизилу, з яких спільними для листків і плодів виявилися 20 речовин – деякі вуглеводні, фурфурол, 2-метокси-4-вінілфенол, евгенол, капрінова, лауринова, миристинова і ліноленова кислоти, сквален. У складі летких сполук листків домінують ефіри 5-етініл-3-піридинкарбонової кислоти (23,29 мг), в плодах кизилу знайдено пальмітинову кислоту (4,29 мг%). Основні жирні кислоти плодів кизилу – лінолева і олеїнова, причому вміст лінолевої кислоти вище у ендокарпі, ніж в м'якоті (Cao et al., 2016; Huang et al., 2018).

Основи культивування рослин

У культивуванні кизил лікарський такий же, як і кизил звичайний, зимостійкий, посухостійкий і може рости на ґрунтах з широкою амплітудою кислотності (pH) – від кислих до лужних, добре росте на різних за механічним складом ґрунтах, сприяє розвитку мікрофауни.

Кизил лікарський належить до симбіотичних рослин, тому для хорошого росту і розвитку потребує своєї, специфічної мікрофлори у кореневому шарі, для збереження якої при пересаджуванні кореневу систему рослини треба брати з невеликою кількістю ґрунту.

За нашими дослідженнями, на родючих ґрунтах площа живлення має бути 5х4 м, на бідних ґрунтах і на богарі – 4х4; 4х3; 4х2,5 м. Посадкові ями глибиною 70–80 см і діаметром 80–100 см треба заправляти родючою землею, змішаною з перегноєм чи компостом.

Вегетативне і насінне розмноження: насіння (яке зберігає схожість 4-5 років) потребує тривалої стратифікації, але вихід сіянців високий – до 80–85%. Найефективніше вегетативне розмноження літнім щепленням (окуліруванням) - вихід саджанців - 85–90%, вони вступають у плодоношення вже на 2–3-й рік. Як підщепу використовуємо сіянці *Cornus mas*, сумісність хороша.

Перспективи культури кизилу лікарського

Кизил лікарський – рентабельна рослина, зважаючи на невибагливість до умов вирощування, невеликі затрати з догляду і можливість вирощування за безпестицидною технологією завдяки високій стійкості до шкідників і хвороб. Це культура сьогодення – для органічного садівництва - одержання екологічно чистої продукції. Кизил лікарський має ще й інші унікальні генетичні особливості – стиглі плоди тривалий час не опадають. Це дуже цінна особливість для створення гібридів *Cornus officinalis x Cornus mas* і - сортів з крупними плодами і подовженими строками їх використання свіжими.

Перспективи впровадження кизилу лікарського в культуру - створення ресурсного потенціалу цінної харчової і лікарської рослини.

Список джерел інформації

Cao, B., Bai, C., Zhang, L., Li, G., & Mao, M. (2016). Modeling habitat distribution of *Cornus officinalis* with Maxent modeling and fuzzy logics in China. *Journal of Plant Ecology*, *9*(6), 742–751. https://doi.org/10.1093/jpe/rtw009

Huang, J., Zhang, Y., Dong, L., Gao, Q., Yin, L., Quan, H., Chen, R., Fu, X., & Lin, D. (2018). Ethnopharmacology, phytochemistry, and pharmacology of *Cornus officinalis* Sieb. et Zucc. *Journal of Ethnopharmacology*, *213*, 280–301. https://doi.org/10.1016/j.jep.2017.11.010

Klymenko, S., Grygorieva, O., & Brindza, J. (2017). *Less known species of fruit crops*. Slovak University of Agriculture in Nitra. https://doi.org/10.15414/2017.fe-9788055217659

Liu, H., & Xu, H. Q. (2003). Advancement in research of Fructus corni officinalis and its main component. *Nanjing Zhongyiyao Daxue Xuebao*, *19*, 254–256.

Pharmacopoeia of the People's Republic of China (English ed., Vol. 1). (2000). Beijing. (pp. 359–369).

Лямічева, А., та Клименко, С. (1999). Інтродукція видів родини *Cornaceae* Dumort. в Україні та перспективи їх використання. *Інтродукція рослин*, *2*, 32–36. https://doi.org/10.5281/zenodo.3366204

Ремедіаторна активність лепехи звичайної і горіху водяного та вплив важких металів на каталазну активність їх коренів

Софія Козачук, Ганна Мегалінська
КНУ ім. Михайла Драгоманова, м. Київ, kozacoksofochka@gmail.com

Актуальність дослідження:

Забруднення водних екосистем важкими металами є однією з найскладніших екологічних проблем сучасності. Іони свинцю, цинку та хрому здатні накопичуватися в організмах, порушувати клітинний метаболізм і викликати оксидативний стрес. Їх токсична дія пов'язана з індукцією активних форм кисню та порушенням ферментативних процесів (Ali et al., 2024). Тривале збереження металів у водному середовищі ййстворює ризики для гідробіонтів і людини.

Серед сучасних підходів до відновлення забруднених водойм важливе місце посідає фіторемедіація — використання рослин для вилучення або стабілізації токсичних елементів. Природні біоремедіаційні механізми розглядаються як екологічно безпечна альтернатива традиційним фізико-хімічним методам очищення (Zhang & Wang, 2025).

Acorus calamus характеризується здатністю активувати фізіолого-біохімічні механізми захисту у відповідь на дію забруднювачів, що підтверджено дослідженнями його реакції на комбіноване токсичне навантаження (Tao et al., 2025). Водночас порівняльна оцінка його ефективності з *Trapa natans* щодо свинцю, цинку та хрому потребує експериментального аналізу.

Мета дослідження:

Метою роботи було визначення здатності *Acorus calamus* та *Trapa natans* знижувати концентрації іонів Pb, Zn і Cr у модельному водному середовищі та оцінка змін каталазної активності їх коренів як показника адаптивної реакції на металеве навантаження.

Матеріали та методи:

Експеримент проводили в модельних умовах. У лабораторних судинах створювали розчини солей свинцю, цинку та хрому у співвідношенні 0,03 мг металу на 1 г біомаси рослин. Початкові концентрації визначали до внесення рослин.

Acorus calamus експонували 7 і 14 діб, *Trapa natans* — 7 діб. Кінцеві концентрації іонів визначали методом вольтамперометрії, що дозволяє кількісно оцінити вміст металів за електрохімічними характеристиками розчину.

Ремедіаторну активність обчислювали як відсоток зниження концентрації після експозиції.

Каталазну активність визначали спектрофотометрично за швидкістю розкладу пероксиду водню в екстрактах кореневих тканин. Підвищення активності каталази відображає активацію антиоксидантного захисту у відповідь на утворення активних форм кисню (Tao et al., 2025).

Результати дослідження:

Ремедіаторна ефективність *Acorus calamus*

Після 7 діб експозиції концентрація свинцю зменшилася більш ніж на 40%, цинку — приблизно на 50%, хрому — понад 60%. Подовження експозиції до 14 діб спричинило подальше зниження вмісту металів, що свідчить про пролонгований характер очищення.

Ремедіаторна ефективність *Trapa natans*

Trapa natans продемонструвала інтенсивне поглинання вже протягом першого тижня. Концентрація цинку знизилась майже на 80%, хрому — понад 70%, свинцю — більш ніж на 50%. Така динаміка свідчить про високу швидкість первинної акумуляції.

Порівняльний аналіз:

Отримані результати підтверджують, що різні види можуть реалізовувати відмінні стратегії ремедіації: швидке початкове вилучення або поступове стабільне очищення. Подібна варіабельність відповідає сучасним уявленням про природні механізми біоремедіації (Zhang & Wang, 2025).

Експозиція важких металів супроводжувалася зростанням каталазної активності. Найбільш виражена реакція спостерігалася при дії свинцю, що узгоджується з даними про його високий рівень токсичності та здатність індукувати оксидативний стрес (Ali et al., 2024).

Підвищення активності каталази свідчить про активацію адаптивних механізмів, спрямованих на зниження рівня перекисних сполук у клітинах (Tao et al., 2025).

Висновки:

Acorus calamus та *Trapa natans* ефективно знижують концентрацію іонів свинцю, цинку та хрому у водному середовищі.

Trapa natans характеризується швидким початковим поглинанням металів, тоді як *Acorus calamus* забезпечує стабільний довготривалий ефект очищення.

Свинець чинить найсильніший стресовий вплив на рослини, що проявляється підвищенням каталазної активності.

Отримані результати підтверджують перспективність використання обох видів у технологіях фіторемедіації водних екосистем.

Список використаних джерел

Ali, S., Khan, M. A., & Ahmad, R. (2024). Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: Soil, plants and human food chain. *Heliyon, 10*(4), e09438.

Tao, G., Zhang, Z., Sun, S., & Zheng, Y. (2025). The impact of *Acorus calamus* on the removal of cadmium-sulfamethoxazole combined pollution in wetlands and its physiological and biochemical responses. *Discover Applied Sciences, 7*, 543.

Zhang, L., & Wang, H. (2025). Heavy metal pollution and transformation in soil: A comprehensive review of natural bioremediation strategies. *Environmental Science and Pollution Research, 32*(5), 1234–1256.

Діагностичні види мікрофітобентосу затоки Собаче Гирло (р. Дніпро, Україна)

Еліна Козійчук, Олег Давидов, Наіля Железняк
Інститут гідробіології НАН України, м. Київ, Україна,
elina.koziychuk@gmail.com

Визначення складу діагностичних видів мікрофітобентосу у різнотипних водних об’єктах України є важливим завданням при проведенні ценологічного аналізу та їх екологічній характеристиці (Oksiyuk, Davydov, & Karpezo, 2009).

Серед сукупності водоростей, які зустрічаються на дні водних об'єктів, саме діагностичні види досить показово виявляють приналежність до конкретного біотопу, який характеризується певними екологічними умовами, і зустрічаються частіше у ньому та з більшою рясністю ніж у інших. Склад діагностичних видів дозволяє проаналізувати структуру альгоугруповань та використати їх при виділенні альгоценозів.

Метою роботи було визначення складу діагностичних видів мікрофітобентосу мілководної зони затоки Собаче Гирло.

Затока Собаче Гирло – важливий елемент придаткової мережі річкової ділянки Канівського водосховища, яка знаходиться в межах м. Києва.

Проби мікрофітобентосу відбирали мікробентометром МБ-ТЄ на глибині 0,5–1,0 м у червні 2022 р. при стабільних внутрішньодобових коливаннях рівня води у русловій ділянці верхньої частини Канівського водосховища. У місцях відбору проб донні ґрунти представлені слабозамуленим піском. Камеральну обробку проб виконано за загальноприйнятою методикою (Романенко, 2006). Для визначення діатомових водоростей виготовляли постійні препарати (Топачевський, & Оксіюк, 1960) з використанням синтетичної смоли Naphrax з показником заломлення світла 1,74.

Приналежність до еколого-морфологічних груп серед діатомових опрацьована відповідно до підходів, викладених у (Oksiyuk, Davydov, & Karpezo, 2009).

За результатами досліджень встановлено комплекс діагностичних видів мікрофітобентосу у мілководній зоні затоки Собаче Гирло. Основними у ньому є представник еколого-морфологічної групи літоральних евритопних діатомових – *Staurosira binodis* (Ehrenberg) Lange-Bertalot., та еколого-морфологічної групи мілких та середніх діатомових – *Navicula reinhardtii* (Grunow) Grunow.

Серед константних видів, які зустрічаються з доволі високою постійністю, а часом і рясністю у більшості біотопів, які досліджувались, відмічені *Melosira varians* C.Agardh., *Cymbella lanceolata* C.Agardh., *Aulacoseira granulata* (Ehrenberg) Simonsen., *Oscillatoria ucrainica* Vladimirova.

Таким чином, встановлення діагностичних видів у мілководній зоні затоки Собаче Гирло дозволяє виділити альгоценоз *Staurosira binodis* + *Navicula reinhardtii*, який приурочений до слабозамулених ґрунтів на глибині 0,5–1,0 м при регламентованих (стабільних) внутрішньодобових коливаннях рівня води, які обумовлені піковим режимом роботи Київської ГЕС.

Список літератури

Романенко, В. Д. (Ред.). (2006). *Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод.* Київ: ЛОГОС. 408 с.

Топачевський, О. В., & Оксіюк, О. П. (1960). *Діатомові водорості – Bacillariophyta. Визначник прісноводних водоростей Української РСР.* Київ: Наукова думка,. Вип. 9. 411 с.

Oksiyuk, O. P., Davydov, O. A., & Karpezo, Yu. I. (2009). Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiological Journal*, 45(2), 13–23. [in English]. DOI: 10.1615/HydrobJ.v45.i2.20.

References

Romanenko, V. D. (Red.). (2006). *Metody hidroekolohichnykh doslidzhen poverkhnevykh vod [Methods of hydroecological research of surface waters]*. Kyiv: LOHOS [in Ukrainian].

Topachevskyi, O.V., & Oksiiuk, O.P. (1960). *Diatomovi vodorosti – Bacillariophyta. Vyznachnyk prisnovodnykh vodorostei Ukrainskoi RSR (Vyp. 9) [Diatoms – Bacillariophyta. Identification guide on freshwater algae of Ukrainian SSR (Issue 9)]*. Kyiv: Naukova dumka [in Ukrainian].

Oksiyuk, O. P., Davydov, O. A., & Karpezo, Yu. I. (2009). Ecological and morphological structure of microphytobenthos. *Hydrobiological Journal*, 45(2), 13–23. [in English]. DOI: 10.1615/HydrobJ.v45.i2.20.

Внутрішньовидова біохімічна варіабельність *Potentilla erecta* (L.) Raeusch. у високогірних екосистемах Українських Карпат

Анжела Колесник[1], Олег Колесник[1], Юдіт Чобої[2]
[1]ДВНЗ «УжНУ», Ужгород, Україна, angela.kolesnyk@uzhnu.edu.ua
Університет Ніредьгази, Ніредьгаза, Угорщина, csabai.judit@nye.hu

Перстач прямостоячий (*Potentilla erecta* (L.) Raeusch.) належить до цінних лікарських рослин, включених до Державної фармакопеї України (та фармакопей ряду інших країн. Лікарською сировиною є кореневища (*Potentillae erectae rhizomata*), які характеризуються високим вмістом біологічно активних речовин, насамперед дубильних сполук і флавоноїдів, що зумовлюють фармакологічну активність виду.

Препарати на основі *P. erecta* широко використовуються у медичній практиці різних країн у вигляді відварів, настоїв, компонентів рослинних зборів та мазей. Рослина проявляє протизапальні, кровоспинні, в'яжучі, антибактеріальні та противірусні властивості, що підтверджено численними фармакологічними дослідженнями (Лікарські рослини, 1992; Tomczyk, Latté, 2009).

Зростання поширеності хронічних ран та інфекцій, резистентних до антибактеріальних препаратів, обумовлює необхідність пошуку нових ефективних засобів лікування, зокрема серед природних джерел біологічно активних сполук. Одним із перспективних напрямів є виявлення нових хемотипів добре вивчених лікарських рослин та їх селекція на основі природних популяцій. У цьому контексті *P. erecta* становить значний інтерес завдяки широкому екологічному діапазону поширення, здатності зростати на різних висотних рівнях і в різноманітних рослинних угрупованнях, що свідчить про високу екологічну пластичність виду (Leht, Paal, 2004).

Гірські екосистеми розглядаються як осередки підвищеного біорізноманіття, де поєднання різких екологічних градієнтів та ізоляційних процесів сприяє формуванню внутрішньовидової мінливості, зокрема біохімічної, що створює передумови для відбору цінних форм рослин.

Метою дослідження був пошук цінних хемотипів *P. erecta* для подальшого введення в культуру та використання у генетико-селекційних роботах в умовах високогір'я Українських Карпат.

Дослідження проведено в основних гірських масивах української частини басейну р. Тиси: Вулканічних, Полонинсько-Чорногірських та Вододільно-Верховинських Карпатах, зокрема на хребтах Бескиди, Боржавські полонини, Горгани, Красна, Свидовець і Чорногора. Відбір зразків здійснювали на різних висотних рівнях високогір'я, а також у межах висотного градієнта басейну р. Уж для порівняльного аналізу (табл. 1).

Збір рослинної сировини проводили відповідно до вимог Державної фармакопеї України. Кількісне визначення дубильних речовин здійснювали методом тонкошарової хроматографії (у перерахунку на катехін), флавоноїдів — методом спектрофотометрії (у перерахунку на гіперозид) згідно фармакопейних методик.

Таблиця 1.

Точки відбору проб *P.erecta* з гірських масивівУкраїнських Карпат, в межах басейну р.Тиса

№ п/п	Пункт відбору проб (Локалітет)	Висота м н.р.м.
1.	Заказник місцевого значення "Остра" с. Кам'яниця Ужгородського р-ну	250
2.	Схил відрогів хр. Синаторія між м. Перечин та с. Сімер	180
3.	г. Анталовецька поляна (хр. Синаторія)	968
4.	г. Лютянська Голиця (західна частина Полонинського хребта)	1375
5.	г. Полонина Руна (західна частина Полонинського хребта)	1479
6.	околиці с. Ужок (Ужгородського р-ну)	600
7.	г. Пікуй (хр. Західні Бескиди)	1408
8.	г. Стой (хр. Боржавські полонини)	1681
9.	г. Дарвайка (хр. Пішконя)	1502
10.	г. Топас (хр. Красна)	1548
11.	г. Сиглянський (хр. Красна)	1563
12.	г. Темпа (західна частина масиву Свидовець)	1634
13.	г. Близниці (східна частина масиву Свидовець)	1883
14.	г. Шешул (західна частина масиву Чорногори)	1726
15.	г. Петрос (хр. Чорногора)	2020

Проведені дослідження кількісного вмісту дубильних речовин у кореневищах *Potentilla erecta* представлені на рисунку 1. Отримані результати свідчать про наявність вираженої міжпопуляційної мінливості показника в межах досліджених локалітетів. Сумарний вміст дубильних речовин, у перерахунку на катехін, варіює від 15,57% у популяції №1 до 31,82% у популяції №13, що вказує на більш ніж двократну різницю між мінімальними та максимальними значеннями показника.

Загалом встановлений діапазон концентрацій дубильних сполук відповідає літературним даним, отриманим для природних популяцій *P. erecta* в інших частинах ареалу виду (Tomczyk, Latté, 2009; Uysal та ін., 2019), що підтверджує репрезентативність досліджених вибірок. Водночас варіація показників між окремими популяціями може свідчити про вплив локальних екологічних умов зростання, характерних для гірських екосистем.

Аналіз внутрішньопопуляційної мінливості показав, що коефіцієнт варіації знаходиться в межах 3,5–10,5%, що відповідає низькому та середньому рівню варіабельності кількісних біохімічних показників. Найменші значення коефіцієнта варіації зафіксовано у популяціях із високим середнім вмістом дубильних речовин (№8, №12, №13), тоді як відносно більша мінливість спостерігалася у популяціях із нижчими концентраціями досліджуваної ознаки.

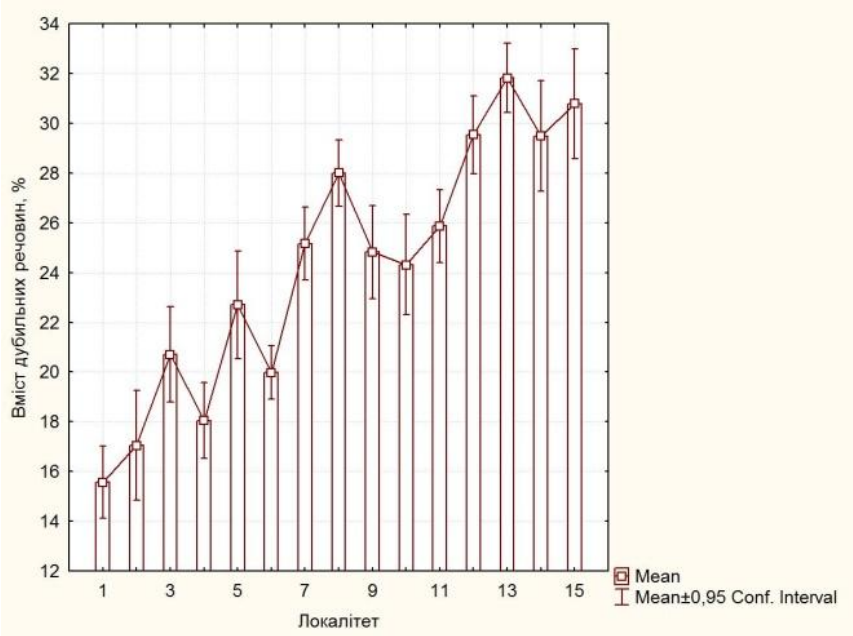


Рис. 1. Граф вмісту дубильних речовин, в перерахунку на катехін, в досліджених локалітетах *P.erecta*. Зображено середнє значення та 95% довірчий інтервал.

Результати визначення сумарного вмісту флавоноїдів у кореневищах *Potentilla erecta*, представлені на рис 2, свідчать про відносно стабільний рівень внутрішньопопуляційної мінливості досліджуваної ознаки. Коефіцієнт варіації показника (у перерахунку на гіперозид) коливається в межах 4,1–9,2%, що відповідає низькому та середньому рівню варіабельності кількісних біохімічних характеристик.

Отримані значення є співставними з аналогічними показниками варіації вмісту дубильних речовин, визначених для тих самих популяцій, що може свідчити про подібний характер формування внутрішньопопуляційної мінливості вторинних метаболітів у досліджуваного виду. Найнижчі значення коефіцієнта варіації зафіксовані у популяціях із відносно високими середніми концентраціями флавоноїдів (зокрема №8, №9, №13), тоді як максимальні значення спостерігалися у популяціях із нижчими або проміжними рівнями накопичення сполук.

Коефіцієнт кореляції між показниками «вміст дубильних речовин» та «висота над рівнем моря» становить r = 0,88, тоді як для пари ознак «сумарний вміст флавоноїдів» – «висота над рівнем моря» значення коефіцієнта кореляції дорівнює r = 0,84. Отримані значення коефіцієнтів кореляції характеризуються як високі позитивні зв’язки, що свідчить про суттєву залежність накопичення досліджуваних біологічно активних речовин від висотних умов зростання рослин.

Отримані результати свідчать про наявність чітко вираженої тенденції до зростання концентрації досліджуваних сполук із підвищенням висоти над рівнем моря. Середній рівень внутрішньопопуляційної варіабельності досліджених біохімічних показників, імовірно, має спільну природу та може бути пов’язаний

із біологічними особливостями виду, зокрема домінуванням апоміктично-вегетативного способу відновлення популяцій, а також впливом природного добору в умовах високогірних екосистем. Поєднання зазначених чинників може сприяти стабілізації кількісних ознак у межах локальних популяцій при збереженні міжпопуляційних відмінностей.

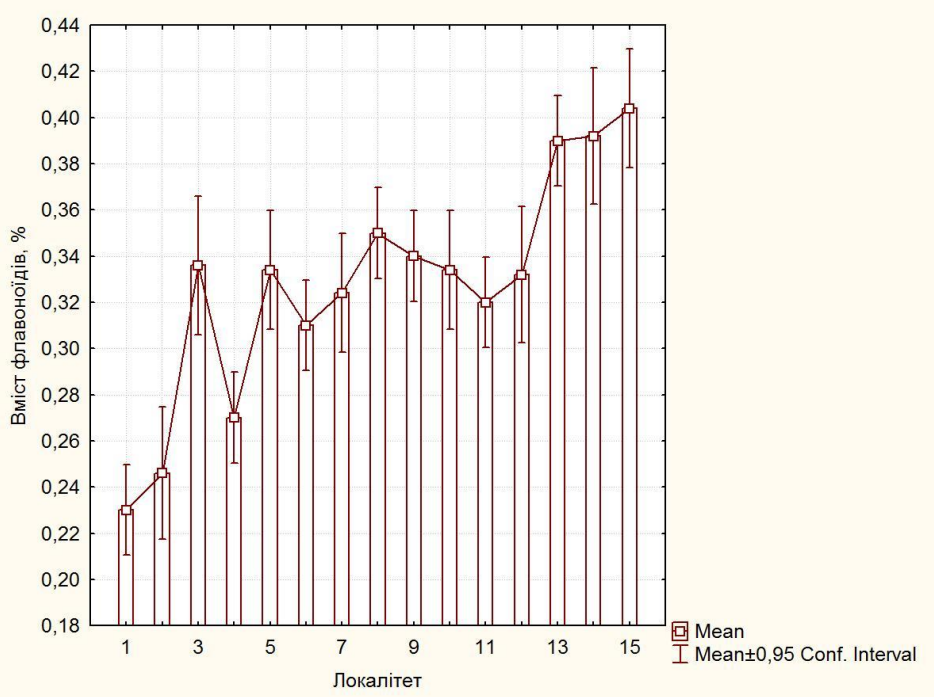


Рис. 2. Граф сумарного вмісту флавоноїдів, в перерахунку на гіперозид, в досліджених локалітетах *P.erecta*. Зображено середнє значення та 95% довірчий інтервал.

Таким чином, висота місцезростання може розглядатися як один із важливих екологічних факторів, що асоційований із рівнем накопичення дубильних речовин і флавоноїдів у кореневищах *P. erecta*, що має значення для пошуку популяцій із підвищеним вмістом біологічно активних сполук.

Разом із тим наведене припущення потребує подальшої експериментальної перевірки. Для встановлення відносного внеску генетичних і екологічних факторів доцільним є проведення досліджень із вирощуванням рослин у контрольованих умовах (common garden experiment), що дозволило б мінімізувати вплив чинників середовища.

Встановлений біохімічний поліморфізм популяцій *P. erecta* свідчить про можливість відбору перспективних культиварів для введення в культуру та використання у селекційних програмах. Широкий висотний діапазон поширення виду та його здатність зростати у різних біоценозах визначають *P. erecta* як перспективну лікарську культуру для вирощування у гірських регіонах Українських Карпат, зокрема на територіях зі складними кліматичними умовами та деградованих землях.

Список джерел

1. Державне підприємство «Український науковий фармакопейний центр якості лікарських засобів». (2014). *Державна фармакопея України* (2-ге вид., Т. 3).
2. Гродзінський, А. М. (Ред.). (1992). *Лікарські рослини: енциклопедичний довідник*. Українська енциклопедія ім. М. П. Бажана; Олімп.
3. Leht, M., & Paal, J. (2004). Variation of *Potentilla* sect. *Potentilla* (Rosaceae) in Estonia and neighbouring countries. *Annales Botanici Fennici, 41*, 53–61.
4. Tomczyk, M., & Latté, K. P. (2009). *Potentilla*—A review of its phytochemical and pharmacological profile. *Journal of Ethnopharmacology, 122*, 184–204.

Спектр мікроорганізмів та їхня антибіотикочутливість при ускладненнях бойових ран

Олександра Колесник, Марина Кривцова
ДВНЗ «УжНУ», Ужгород, Україна, oleksandra.kolesnyk@uzhnu.edu.ua

Вступ. Сучасні бойові травми характеризуються високою частотою інфекційних ускладнень, що значною мірою зумовлено масивним мікробним контамінаційним навантаженням, наявністю некротизованих тканин та порушенням локального кровообігу. На сьогодні проблема інфекцій ран у військовослужбовців в Україні набула особливої медико-соціальної значущості, оскільки такі ускладнення подовжують терміни лікування, збільшують ризик сепсису, інвалідизації та летальності.

Додатковим ускладнювальним чинником є стрімке зростання антибіотикорезистентності збудників ранової інфекції. Нераціональне або емпіричне застосування антимікробних препаратів без урахування локальних даних щодо чутливості мікроорганізмів сприяє селекції полірезистентних штамів, створює умови для розвитку панрезистентності та знижує ефективність терапії.

Відомо, що мікробіота бойових ран може суттєво відрізнятися залежно від етапу медичної евакуації, умов надання допомоги та госпітального середовища. Саме тому визначення спектру збудників ранових ускладнень у військових та аналіз їхнього профілю антибіотикочутливості є критично важливими для формування обґрунтованих схем емпіричної терапії, оптимізації антибактеріальної політики закладів охорони здоров'я та стримування подальшого поширення резистентності.

Таким чином, дослідження етіологічної структури ранових інфекцій і моніторинг антибіотикорезистентності збудників є необхідною передумовою підвищення ефективності лікування бойової травми та збереження життя і здоров'я військовослужбовців.

Матеріали та методи. Відбір клінічного матеріалу з ран здійснювали із застосуванням стерильних транспортних систем виробництва FLmedical (Italy). Отримані зразки піддавали первинному бактеріологічному дослідженню шляхом висівання на поживні середовища секторним методом за Голдом.

Для ізоляції та культивування різних груп мікроорганізмів використовували диференційно-діагностичні та селективні середовища. Зокрема, середовище Сабуро застосовували для виділення мікроскопічних грибів; кров'яний агар (м'ясо-пептонний агар із додаванням 5% крові) – для виявлення представників родів *Streptococcus* та *Neisseria*; середовища Ендо та Левіна (Farmaktiv, Ukraine) – для ентеробактерій; жовтково-сольовий агар із манітом (Biolif-Italia) – для культивування бактерій роду *Staphylococcus*.

Ідентифікацію виділених ізолятів проводили на підставі оцінки їх морфологічних, тинкторіальних та біохімічних характеристик із використанням стандартних тест-систем для мікробіологічної діагностики.

Визначення чутливості бактерій та мікроскопічних грибів до антимікробних препаратів здійснювали диско-дифузійним методом відповідно до рекомендацій

EUCAST (European Committee on Antimicrobial Susceptibility Testing). Для дослідження застосовували стандартні паперові диски з антибактеріальними препаратами.

Інокулюм готували з 24-годинної культури мікроорганізмів шляхом суспендування колоній у стерильному фізіологічному розчині до щільності, що відповідала 0,5 стандарту МакФарланда ($1,5 \times 10^8$ КУО/мл). Оптичну густину контролювали за допомогою денситометра. Отриману суспензію в об'ємі 100 мкл рівномірно розподіляли по поверхні середовища Мюллер-Хінтон (для бактерій) або Сабуро (для мікроскопічних грибів).

Після нанесення дисків чашки інкубували за відповідних температурних режимів: бактерії – при 37 ± 2 °C упродовж 24 годин, мікроскопічні гриби – при 35 ± 2 °C до 48 годин. Ефективність антимікробних засобів оцінювали шляхом вимірювання діаметрів зон інгібування росту навколо дисків (у мм) з подальшою інтерпретацією результатів згідно з чинними критеріями EUCAST.

У дослідженні аналізували чутливість ізолятів до представників груп цефалоспоринів, макролідів, фторхінолонів, карбапенемів, сульфаніламідів та лінкозамідів. Окремо визначали сприйнятливість мікроскопічних грибів до протигрибкових препаратів.

Результати. Проведений аналіз продемонстрував суттєві відмінності у профілях антибіотикочутливості збудників залежно від виду мікроорганізму та форми його виділення. Загалом встановлено тенденцію до зростання рівня резистентності у складі мікробних асоціацій порівняно з монокультурами.

Серед грампозитивних коків ізоляти *Staphylococcus aureus* зберігали відносно високий рівень чутливості до фторхінолонів та препаратів резерву (глікопептидів, оксазолідинонів), тоді як ефективність окремих цефалоспоринів була нижчою. Натомість *Staphylococcus epidermidis* характеризувався значно гіршим профілем чутливості: більшість ізолятів демонструвала множинну резистентність, а штами, виділені у складі асоціацій, мали ознаки панрезистентності.

Ізоляти *Enterococcus faecalis* у монокультурах переважно зберігали сприйнятливість до пеніцилінів і препаратів резерву, проте виявляли стійкість до частини інших груп. У складі мікробних асоціацій чутливість до основних β-лактамів залишалася високою, тоді як ефективність карбапенемів була обмеженою.

Серед *Streptococcus pyogenes* виявлено значну частку панрезистентних штамів, що свідчить про формування несприятливих тенденцій навіть серед традиційно чутливих збудників.

Грамнегативні бактерії продемонстрували найбільш виражену мультирезистентність. Для *Pseudomonas aeruginosa* та *Acinetobacter baumannii* характерним був високий рівень стійкості до більшості досліджених груп антибактеріальних препаратів із поодиноким збереженням чутливості до окремих засобів. Подібна тенденція простежувалася і серед представників родини Enterobacterales – *Klebsiella pneumoniae* та *Enterobacter xiangfangensis*, особливо у випадках їх виділення в асоціаціях, що супроводжувалося погіршенням профілю чутливості.

На цьому тлі ізоляти *Escherichia coli* характеризувалися відносно вищою сприйнятливістю до окремих препаратів, зокрема карбапенемів та аміноглікозидів, однак демонстрували резистентність до цефалоспоринів і частини фторхінолонів.

Таким чином, отримані результати засвідчують значне поширення мультирезистентних і панрезистентних штамів серед збудників ранових інфекцій у військовослужбовців. Особливо несприятливий профіль чутливості відзначається при формуванні мікробних асоціацій, що ускладнює вибір ефективної емпіричної терапії та підкреслює необхідність постійного локального мікробіологічного моніторингу.

Висновки. Отримані результати свідчать про циркуляцію широкого спектра збудників ранових інфекцій у військовослужбовців із високою часткою мультирезистентних і панрезистентних штамів, особливо серед грамнегативних бактерій та мікроорганізмів, виділених у складі мікробних асоціацій. Виявлені відмінності у профілях антибіотикочутливості підкреслюють обмеженість емпіричного підходу до антибактеріальної терапії без урахування локальних мікробіологічних даних. Це зумовлює необхідність систематичного моніторингу етіологічної структури збудників і їхньої чутливості до антимікробних препаратів, а також подальших досліджень, спрямованих на вивчення динаміки резистентності та оптимізацію схем лікування. Розширення таких досліджень є важливою передумовою формування ефективної антимікробної стратегії та стримування поширення антибіотикорезистентності в умовах військової медицини.

Лісова рослинність заплави р. Прип'ять у межах Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника

Віталій Коломійчук
Ботанічний сад ім. акад. О.В. Фоміна КНУ ім. Тараса Шевченка, м. Київ
Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник,
м. Іванків, Україна, vkolomiychuk@uk.net

Серед різноманіття лісової рослинності Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника заплавні (прирічкові) ліси займають незначні площі але разом з тим характеризуються значним різноманіттям і є цінними екосистемами як оселища типової та раритетної зообіоти, так званого водно-болотного комплексу. Ці ліси охороняються на європейському рівні (**Резолюція 4 Бернської конвенції**: G1.11 Riverine Salix woodland / Прирічкові вербові ліси).

Синтаксономічна схема заплавних лісів у межах заповідника виглядає наступним чином:

Salicetea purpureae Moor 1958
Salicetalia purpureae Moor 1958
Salicion albae Soó 1951
Salicetum albae Issler 1926
Salici-Populetum (Tx. 1931) Meijer-Drees 1936
Salicetum triandrae Malcuit ex Noirfalise in Lebrun et al. 1955
Alnetea glutinosae Br.-Bl. et Tx ex Westhoff et al. 1946
Alnetalia glutinosae Tx 1937
Alnion glutinosae Malcuit 1929
Ribo nigri-Alnetum Solińska-Górnicka (1975) 1987
Carici acutiformis-Alnetum Scamoni 1935
Urtico dioicae-Alnetum glutinosae (Scamoni 1935) Fukarek 1961

Найбільші площі у межах заплави займають вільхові ліси (включаючи березово-вільхові), які притаманні болотистим зниженням заплави з мінералізованими болотними оглеєними ґрунтами. Деревостан цих лісів формує *Alnus glutinosa* (покриття – 0,2-0,5) за участі *Betula pendula*, *Salix alba*, *Populus nigra* та *P. tremula*. Чагарниковий ярус виражений слабо. В його утворенні приймають участь *Frangula alnus* та *Rubus caesius*. У травостої цих лісів переважають лучні і болотні види – злаки (*Calamagrostis epigejos*, *Deschampsia cespitosa*, *Molinia caerulea*, *Poa palustris*), осоки (*Carex acuta, C. acutiformis, C. riparia*), *Scirpus sylvaticus*, нерідко також папороті, здебільшого *Thelypteris palustris*. У профілі на островах Прип'яті заболочені низькі ділянки займають вільшняки комишеві та в. папоротеві; середньозаплавні екотопи – вільшняки кропивові; на високих елементах заплави поширені вільшняки куничникові.

Вербові ліси у межах заповідника тяжіють до узбережжя річки Прип'ять (вкл. береги островів) та її притоки Уж. Вони також поширені на островах верхів'я Київського моря. Сформувались ці ліси на багатих на поживні речовини, глибокосуглинистих болотних або супіщаних дерново-глейових ґрунтах.

Характерними видами вербових лісів є *Acer negundo, Calystegia sepium, Galium aparine, Glechoma hederacea, Humulus lupulus, Phalaroides arundinacea, Populus alba, P. nigra, Salix alba, Salix fragilis, Urtica dioica*. Домінантами деревного ярусу найчастіше виступають *Salix alba, S. × rubens, Populus alba, P. nigra*. У чагарниковому ярусі наявні *Rubus caesius та Frangula alnus*. Трав'яний ярус формують переважно осоки – *Carex acuta, C. acutiformis, C. riparia. У якості співдомінантів виступають Phragmites australis, Thelypteris palustris, Urtica dioica. Звичайними видами цих угруповань є Calamagrostis epigejos, Humulus lupulus, Glechoma hederacea, Symphytum officinale*.

Вербово-тополеві як і вільхові лісові угруповання сформовані видами дерев, які здатні витримувати часте і тривале затоплювання поверхневими або ґрунтовими водами. Одним з основних факторів їх розвитку є значне щорічне відкладення наносів, внаслідок весняних повеней.

До основних загроз, що впливають на структуру та стійкість цих лісів в межах заповідника віднесено зміну гідрологічного режиму внаслідок гідробудівництва в минулому та сучасну експансію інвазивних видів рослин (*Acer negundo, Amorpha fruticosa, Echinocystis lobata та ін.*).

Польове (outdoor) навчання як інструмент формування фахових компетентностей майбутніх вчителів географії

Катерина Колота, Аліна Слюта
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, Чернігів, Україна, sliuta.alina@ukr.net

Сучасна трансформація вищої освіти України та реалізація концепції Нової української школи зумовлюють потребу у підготовці вчителя географії, здатного організовувати навчання в різних освітніх середовищах, зокрема поза межами аудиторії. Польове (outdoor) навчання не є новою педагогічною концепцією, однак у сучасних умовах набуває нового змістового наповнення як інструмент компетентнісної підготовки майбутнього педагога. Його сутність полягає в організації освітнього процесу в природному або урбанізованому середовищі, де довкілля виступає не лише об'єктом вивчення, а й дидактичним ресурсом і співорганізатором навчальної діяльності.

Ідейні витоки outdoor learning сягають праць Ж.-Ж. Руссо, Й.-Г. Песталоцці та Дж. Дьюї, які обґрунтовували необхідність чуттєвого, діяльнісного пізнання світу. У сучасній педагогіці польове навчання розглядається як інтеграційний механізм поєднання когнітивного, емоційного та діяльнісного компонентів професійної підготовки.

Вагомим теоретичним підґрунтям є методика Flow Learning Джозефа Корнелла, представлена у праці *Sharing Nature with Children* (Cornell, 1998). Flow Learning (Потокове навчання) – це покрокова модель навчання через природу, що складається з чотирьох послідовних етапів: пробудження ентузіазму (Awaken Enthusiasm), зосередження уваги (Focus Attention), безпосередній досвід (Direct Experience) та обмін враженнями (Share Inspiration) (Cornell, 1998). Принципова ідея методики полягає в тому, що природне середовище є не лише фоном, а активним учасником освітнього процесу, який органічно веде студентів від поверхневого сприйняття до глибокого розуміння.

Концепція Flow Learning добре узгоджується з теорією досвідного навчання Д. Колба: цикл «конкретний досвід → рефлексивне спостереження → абстрактна концептуалізація → активне експериментування» що реалізується в польовому занятті значно органічніше, ніж у класі (Kolb, 1984). Важливою теоретичною основою є також теорія потокового стану (Flow Theory) М. Чіксентміхаї: систематичний огляд досліджень у галузі комп'ютерних та освітніх систем підтвердив, що стан «потоку» – повного занурення в діяльність – позитивно впливає на мотивацію, задоволеність та навчальні результати (dos Santos et al., 2018). У польовому навчанні досягти цього стану значно легше, ніж в аудиторних умовах, оскільки природне середовище може забезпечити необхідний баланс між рівнем складності завдання та здібностями учня.

Для підготовки майбутніх вчителів географії польове навчання набуває особливого значення, оскільки воно відповідає самій природі географічної науки: спостереження, картографування, польові виміри та аналіз ландшафтів є ключовими методами дослідження географічного простору. Перебування в природному середовищі суттєво підвищує мотивацію та когнітивну активність

студентів порівняно з традиційним аудиторним навчанням (Cornell, 1998). Польові заняття сприяють розвитку критичного мислення, здатності до самостійного прийняття рішень і командної взаємодії, тоді як аудиторне навчання забезпечує систематизацію та теоретичне узагальнення знань (Dychkivska, 2004). Оптимальним вважається їхнє поєднання в освітньому процесі.

Ефективна організація польового заняття вимагає дотримання низки принципів: чіткого визначення цілі відповідно до компетентнісних результатів навчання; детального планування маршруту та завдань; матеріально-технічного забезпечення (польові щоденники, вимірювальні прилади, засоби зв'язку); дотримання правил безпеки та екологічної етики (Shyshchenko & Munich, 1990). Серед методів польового навчання виокремлюють: безпосереднє спостереження і фіксацію об'єктів; дослідницькі завдання з елементами проблемного навчання; картографічні практикуми (орієнтування, зйомка місцевості); інтерактивні й ігрові форми (квести, рольові ситуації). Ці методи активізують пізнавальну діяльність студентів і розвивають їхні фахові вміння (Cornell, 1998). Невід'ємною складовою сучасного outdoor learning є використання ГІС-технологій: застосування Google Earth, Google MyMaps та QGIS дозволяє студентам поєднувати польові спостереження з геопросторовим аналізом та створювати тематичні карти безпосередньо під час практики (Longley et al., 2015).

Практичне втілення концепції outdoor learning реалізується в системі навчальних практик, передбачених освітньою програмою спеціальності «Середня освіта: Географія» Національного університету «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка. На першому курсі студенти проходять «Навчальну практику з картографії з основами топографії» та «Навчальну практику із землезнавства», формуючи базові навички роботи з картами, компасом, здійснення глазомірної зйомки місцевості та польових спостережень (Longley et al., 2015). На другому курсі проводяться «Навчальна практика з ботаніки та зоології», «Навчальна практика з географії ґрунтів» та «Педагогічна (пропедевтична) практика», яка є першим досвідом перебування в школі у ролі спостерігача-педагога. Третій курс передбачає інтегровані «Комплексну практику з біології» і «Комплексну практику з економічної та соціальної географії» із застосуванням ГІС-технологій для опрацювання польових даних. Набутий досвід стає основою для «Виробничої (педагогічної) практики» на старших курсах, під час якої студенти вже готові організовувати для учнів як урізноманітнену аудиторну діяльність, так і за можливості організовують для учнів позааудиторну навчальну діяльність: картографування пришкільної ділянки, спостереження за погодою та ландшафтом.

Узагальнення досвіду проведення навчальних практик засвідчує зростання здатності студентів до самостійного планування польових досліджень, інтерпретації результатів та їх педагогічного осмислення. Перспективними напрямами розвитку є розширення цифрового супроводу польових досліджень, розроблення міждисциплінарних модулів та систематичне впровадження рефлексивних практик.

Отже, польове (outdoor) навчання виступає інтегративним інструментом формування професійної готовності майбутнього вчителя географії. Поєднання концепції досвідного навчання, теорії потокового стану та методики Flow Learning у системі наскрізних практик забезпечує формування дослідницьких, методичних і цифрових компетентностей, необхідних для реалізації сучасної шкільної географічної освіти.

References

Forest Agency of Ukraine. (n.d.). Uroky na svizhomu povitri: tse tsikavo ta suchasno [Lessons outdoors: it is interesting and modern]. https://forest.gov.ua/news/uroky-na-svizhomu-povitri-tse-tsikavo-ta-suchasno

Cornell, J. B. (1998). Sharing nature with children: A classic parents' & teachers' nature awareness guidebook. Dawn Publications. https://www.dawnpub.com/books/sharing-nature-with-children/

Kolb, D. A. (1984). Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice-Hall. https://learningfromexperience.com/research-library/experiential-learning-theory/

dos Santos, W. O., Bittencourt, I. I., Dermeval, D., Isotani, S., Marques, L. B., & Silveira, I. F. (2018). Flow theory to promote learning in educational systems: Is it really relevant? Revista Brasileira de Informática na Educação (RBIE), 26(2), 29–59. https://doi.org/10.5753/RBIE.2018.26.02.29

Dychkivska, I. M. (2004). Innovatsiini pedahohichni tekhnolohii [Innovative pedagogical technologies]. Akademvydav.

Shyshchenko, P. H., & Munich, N. V. (1990). Prykladna fizychna heohrafiia [Applied physical geography]. Vyshcha shkola.

Longley, P. A., Goodchild, M. F., Maguire, D. J., & Rhind, D. W. (2015). Geographic information science and systems (4th ed.). Wiley. https://www.wiley.com/enus/Geographic+Information+Science+and+Systems%2C+4th+Edition-p-9781118676950

Агробіологічна оцінка нових генотипів *Lophanthus anisatus* Benth. Як чинник стійкого розвитку агрофітоценозів

Світлана Кормош [1], Інна Митенко [2], Ірина Повлін [3]

[1]Інститут аграрних ресурсів та регіонального розвитку НААН, Велика Бакта, Україна, E-mail: korsveta1967@ukr.net

[2]Інститут овочівництва і баштанництва НААН, Селекційне, Україна E-mail: mytenko.iob@gmail.com

[3]Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II E-mail: polin.iren@kmf.org.ua

У сучасних умовах глобальних екологічних трансформацій збереження та раціональне використання генетичних ресурсів стає стратегічним пріоритетом для сталого розвитку сільського господарства. Стан світового агробіорізноманіття потребує негайних заходів щодо мобілізації та адаптації генофонду культурних рослин для забезпечення продовольчої безпеки (FAO, 2019). Особливо гостро ця проблема постає для ефіроолійних та лікарських культур, таких як лофант ганусовий (*Lophanthus anisatus* Benth.), які мають високу біологічну та економічну цінність.

Процес збагачення вітчизняного генофонду неможливий без залучення нових інтродуцентів. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні, розроблені Рахметовим (2011), вказують на те, що успішна акліматизація нових видів є базою для створення декоративних та адаптованих сортів. Проте сучасні звіти IPCC (2022) попереджають про посилення негативних тенденцій у зміні кліматичних умов, що безпосередньо впливає на життєздатність інтродукованих зразків.

Дослідження фітохімічного складу роду *Agastache*, проведені Malarz et al. (2020), підтверджують значну варіабельність вторинних метаболітів залежно від генотипу та умов вирощування, що робить цей рід перспективним об'єктом для фармакології (Shanaida et al., 2020). Історичний аналіз поширення цих рослин у культурі свідчить про їх високий потенціал як садових та ефіроолійних форм (Widrlechner, 2015).

Важливим чинником збагачення сортового складу є інтродукція нових зразків світової флори. Колекція ІАРРР НААН постійно поповнюється новими інтродуцентами роду Agastache, а саме: A. rupestris, A. rugosa, A. tibeticus. Попри значний потенціал, колекція ІАРРР НААН у період 2021–2023 років зазнала суттєвих втрат через кліматичну невідповідність окремих інтродуцентів. Повна загибель таких зразків, як *Little adder, Korean Zest* та *Agastache tibetica*, свідчить про обмежену екологічну пластичність іноземних сортів.

На початок 2025 року в колекційно-інтродукційному розсаднику збереглося лише 9 зразків, зокрема сорти *Початок, Лелека, Синій велетень, Alabaster, Apache Sunset, Black adder, Tangerine Dream* та форми *ЛАМ-1, ЛАМ-2*. Для розширення та збереження видового і сортового складу в умовах агрокліматичних змін головним етапом є порівняльна оцінка адаптивності та продуктивності інтродукованих та наявних генотипів лофанту ганусового.

Важливим напрямом у селекції *з лофантом ганусовим* є створення форм з подовженим періодом до фази цвітіння, що дозволило б сформувати повноцінний урожай продуктивної сировини. Тому для розширення і збереження, як видового так і сортового складу рослин, що використовуються у селекції з метою отримання декоративних і адаптованих до умов агрокліматичних зон сортів – інтродукція ароматичних та ефіроолійних рослин є надзвичайно важливим чинником.

Аналіз результатів фенологічних спостережень свідчить про суттєвий вплив гідротермічних умов періоду вегетації на темпи онтогенезу дослідних зразків. Значна амплітуда коливань денних та нічних температур спричинила порушення фізіологічних процесів, що проявилося у пролонгації етапу кущіння та компенсаторному скороченні репродуктивних фаз – формування та достигання насіння.

Встановлено, що терміни відновлення весняної вегетації залежали від генотипових особливостей зразків. Найбільш раннє відростання (26–28 березня) зафіксовано у сорту *Black adder*, який також характеризувався мінімальною тривалістю періоду до початку цвітіння – 81 доба, що на 7 діб менше за показник стандарту ($НІР_{05}$ = 2,3 доби). Для більшості інших зразків фаза відростання наступала у другій та третій декадах квітня.

За тривалістю міжфазного періоду «відростання – початок цвітіння» дослідні зразки були диференційовані на три групи: скоростиглі (до 90 діб)**:** *Black adder, Tangerine Dream* та *Синій велетень*; середньостиглі (96–98 діб): сорт *Лелека* та місцеві генотипи (*ЛАМ-1, ЛАМ-2*), показники яких знаходилися на рівні контролю й пізньостиглі (понад 100 діб): нові інтродуценти *Alabaster* та *Apache Sunset*. Початок їхнього квітування припадав на кінець серпня – початок вересня (108–113 діб від початку вегетації).

Характерною особливістю пізньостиглих зразків (*Alabaster, Apache Sunset*) було критичне скорочення тривалості генеративного періоду, що обмежувало загальну тривалість вегетації до 132–136 діб. Найбільш стислим повним циклом розвитку відзначилися сорти Синій велетень (127 діб) та Лелека (132 доби).

Отримані дані підтверджують, що скорочення тривалості формування насіння у пізньостиглих інтродуцентів є адаптивною реакцією на зниження середньодобових температур у кінці сезону, що може обмежувати їхню насіннєву продуктивність у північних регіонах України.

За результатами досліджень встановлено специфіку репродуктивної біології інтродуцентів в умовах низинної зони Закарпаття. Зокрема, зразки *Apache Sunset* та *Tangerine Dream* за даної лімітації гідротермічних умов не формують життєздатного насіння, що зумовлює можливість їхнього відтворення виключно вегетативним способом.

При формуванні продуктивності виявлено зворотну кореляцію між скоростиглістю та виходом біомаси: ранньостиглі форми характеризуються короткими термінами накопичення сировини за відносно низької врожайності, тоді як пізньостиглі генотипи мають пролонгований період формування товарної маси з високими показниками виходу продукції. Попередній аналіз гібридного матеріалу свідчить, що при схрещуванні контрастних за стиглістю форм домінує

тенденція до формування ранньостиглих нащадків із проміжною продуктивністю. Це відкриває перспективи цілеспрямованого добору пізньостиглої батьківської компоненти для скорочення вегетаційного періоду за окремими міжфазними етапами у потомстві.

Попри складні кліматичні умови останніх 5-ти років, досліджувані зразки виявили високий рівень адаптивності, сформувавши компактні, добре облистяні кущі. За морфо-біологічними ознаками генофонд диференційовано на дві групи: 1) **колекційні адаптовані зразки (вітчизняні сорти та місцеві форми):** характеризуються потужним габітусом. Висота рослин варіювала від 78,9 см (с. *Початок*) до 101,4 см (*ЛАМ-1*), діаметр куща – від 39,3 до 51,8 см. Показник багатостебловості досягав 5 шт. (*ЛАМ-1, Лелека, Синій велетень*); 2) **декоративні інтродуценти:** відзначаються компактністю (висота 63,5–80,0 см) та інтенсивним пагоноутворенням. Особливістю цієї групи є видовжена ланцетоподібна форма листкової пластинки із зелено-сірим забарвленням та збільшена кількість суцвіть першого порядку (до 10 шт. у *Apache Sunset*).

За результатами багатофакторного аналізу морфологічних ознак виділено групу лідерів, що поєднують максимальну кількість позитивних селекційних характеристик, а саме: серед колекційних зразків: *Лелека* та *Синій велетень* (8 ознак), *ЛАМ-1* (7 ознак); серед декоративних інтродуцентів: *Apache Sunset* (9 ознак) та *Tangerine Dream* (6 ознак).

Таблиця 1 – Продуктивність ароматичної сировини різних видів роду Agastache L., середнє за 2021–2025 рр.

Зразок (форма)	Урожайність, т/га	Маса рослини, г	Вихід листків і суцвіть, %	
Початок (St)	5,4	113,5	56,4	
ЛАМ-1	7,2	146,0	60,3	
ЛАМ-2	7,6	189,3	54,3	
Лелека	6,8	158,0	50,2	
Синій велетень	7,9	159,9	52,0	
Alabaster	5,8	100,8	49,1	
Apache Sunset	4,2	80,7	43,6	
Black adder	3,8	78,1	45,9	
Tangerine Dream	4,3	78,3	40,7	
$НІР_{05}$	0,52	6,52		

Аналіз кількісних показників продуктивності (табл. 1) свідчить про суттєву генотипову диференціацію зразків за основними господарсько-цінними ознаками. Усереднені дані за 2021–2025 рр. відображають вплив агрокліматичних умов періоду досліджень на формування біомаси та структуру врожаю.

Показник індивідуальної продуктивності зразків варіював у широкому діапазоні: маса однієї рослини становила від 78,1 г/росл. (у сорту *Black adder*) до

189,3 г/росл. (у форми *ЛАМ-2*). Відповідно, урожайність ароматичної сировини корелювала з масою рослин і знаходилася в межах від 3,8 т/га до 7,9 т/га. Максимальні показники врожайності зафіксовано у вітчизняних та місцевих генотипів. За масою однієї рослини переважав зразок *ЛАМ-2* (189,3 г), що забезпечило врожайність на рівні 7,6 т/га. Найвищу врожайність у досліді продемонстрував сорт *Синій велетень* (7,9 т/га) при масі рослини 159,9 г. Генотип *ЛАМ-1* також виявив стабільно високий результат: урожайність 7,2 т/га при масі рослини 146,0 г, що достовірно перевищує показники стандарту (сорт *Початок*) на 33,3% ($НІР_{05}$ = 0,52 т/га). Такі результати свідчать про високий адаптивний потенціал цих зразків та їхню здатність до інтенсивного накопичення вегетативної маси в умовах Закарпаття.

Іноземні інтродуценти (*Apache Sunset, Black adder, Tangerine Dream*) продемонстрували найнижчу продуктивність у досліді. Їхня врожайність варіювала в межах 3,8–4,3 т/га, що суттєво нижче за стандарт (5,4 т/га). Маса однієї рослини у цих зразків не перевищувала 80,7 г.

Особливу увагу приділено структурі врожаю, зокрема виходу продуктивної частини (суцвіття та листки), що коливався від 40,7% до 60,3%. Встановлено, що декоративні форми характеризуються достовірно нижчим вмістом корисної фракції порівняно з колекційними зразками. Це зумовлено їхніми морфологічними особливостями: наявністю дрібних листкових пластинок та формуванням суцвіть за типом волоті або китиці (*Tangerine Dream* – 40,7%, *Apache Sunset* – 43,6%, *Black adder* – 45,9%).

За сукупністю показників урожайності та накопичення біомаси виділено групу найбільш перспективних генотипів: Синій велетень (7,9 т/га; 159,9 г/росл.); **ЛАМ-2** (7,6 т/га; 189,3 г/росл. 54,3%); **ЛАМ-1** (7,2 т/га; 146,0 г/росл., 60,3%). Серед інтродукованого декоративного матеріалу відносно кращі результати продемонстрували зразки *Alabaster* (5,8 т/га, 100,8 г/росл., 49,1%) та *Black adder* (3,8 т/га, 78,1 г/росл., 45,9%).

Адаптивність генотипів є фундаментальним показником їхньої селекційної цінності, оскільки здатність рослин нівелювати вплив лімітуючих факторів довкілля визначає стабільність майбутніх сортів. У зв'язку з цим, подальший етап селекційної роботи з лофантом ганусовим передбачає комплексний аналіз параметрів адаптивності за наступними критеріями: коефіцієнт екологічної пластичності (b_i); специфічна адаптивна здатність (САЗ) і загальна селекційна цінність генотипу (СЦГ).

Комплексна оцінка адаптивного потенціалу за ознакою «урожайність ароматичної сировини» дозволила диференціювати досліджувані зразки за їхньою реакцією на мінливість умов довкілля і виділити групу генотипів з високою екологічною стабільністю (b_i<1). Найменшу чутливість до лімітуючих факторів середовища виявили: генотип *ЛАМ-1* (b_i = 0,44) та сорти *Синій велетень* (b_i = 0,75), *Лелека* (0,84) та інтродуцент *Black adder* (0,87), що свідчить про їхню здатність зберігати стабільну продуктивність у стресових агрокліматичних умовах і є цінними для селекції на адаптивність. Найвищі значення САЗ зафіксовано у зразків *Alabaster* (1750,5), *ЛАМ-2* (1471,8) та *Tangerine Dream* (1216,9). Висока САЗ вказує на значний генетичний потенціал цих форм, який

найповніше розкривається при оптимізації технології вирощування. Інтегральна оцінка СЦГ дозволила визначити зразки з найбільш вдалим поєднанням високої середньої врожайності та стабільності.

Отже, пріоритетне значення для подальшого залучення у селекційний процес мають: *Apache Sunset* (СЦГ = 33,6) – лідер за інтегральним показником; *Початок* (СЦГ = 23,0) – стабільний стандарт; *ЛАМ-1* (СЦГ = 18,4) та *Black adder* (СЦГ = 17,8).

References

1. FAO. (2019). *The state of the world's biodiversity for food and agriculture*. FAO Commission on Genetic Resources for Food and Agriculture Assessments. Rome.
2. IPCC. (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation and Vulnerability*. Contribution of Working Group II to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge University Press.
3. Malarz, J., Stojakowska, A., & Smaidor, J. (2020). Variation in secondary metabolite profile of *Agastache rugosa* (Fisch. & C.A. Mey.) Kuntze accessions. *Molecules*, 25(11), 26-34. https://doi.org/10.3390/molecules25112634
4. Rakhmetov, D. B. (2011). *Teoretychni ta prykladni aspekty introduktsii roslyn v Ukraini* [Theoretical and applied aspects of plant introduction in Ukraine]. Agrar Media Group.
5. Shanaida, M., Golembiovska, O., Hudz, N., & Wieczorek, P. P. (2020). Phenolic compounds of *Lophanthus anisatus* Benth. as a promising source for drug development. *PharmacologyOnLine*, 1, 1-10.
6. Widrlechner, M. P. (2015). History of the introduction and development of *Agastache* as a garden plant in North America. *Acta Horticulturae*, 1087, 363-370. https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1087.47

Територіальна та функціональна структура інвестицій у природоохоронну діяльність в Україні як індикатор трансформації екологічних систем

***Марина Кривцова*[1], *Вероніка Ганусич*[2]**

[1]*д.б.н., професор, ДВНЗ «Ужгородський національний університет», м. Ужгород, Україна, maryna.krivcova@uzhnu.edu.ua*

[2]*к.е.н, доцент, Закарпатський угорський університет ім. Ф.Ракоці II, м. Берегове, Україна, hanuszics.veronika@kmf.org.ua*

Сучасний етап розвитку суспільства характеризується посиленням антропогенного впливу на природні екосистеми, що проявляється у деградації ґрунтів, забрудненні водних ресурсів, накопиченні відходів, зміні кліматичних параметрів та скороченні біорізноманіття. У цих умовах обсяг і структура капітальних інвестицій у природоохоронну діяльність можуть розглядатися як кількісний індикатор реакції суспільства та бізнесу на екологічні виклики.

Метою дослідження є аналіз динаміки та структури капітальних інвестицій у сферу охорони навколишнього природного середовища в Україні та визначення їхнього значення для стабілізації екологічних систем.

На рис 1. відображено Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища в Україні за 2006-2024 роки.

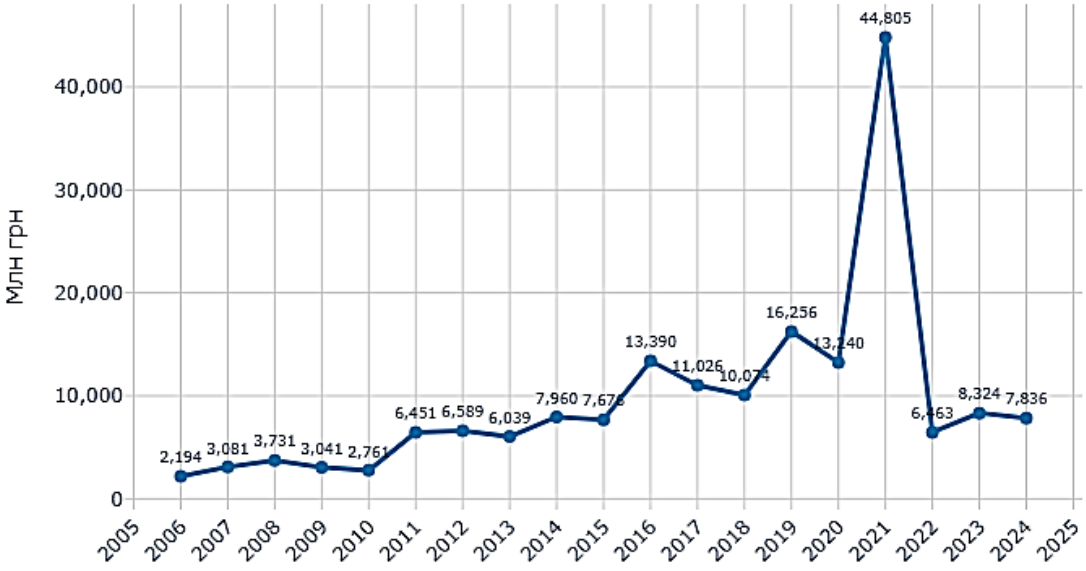


Рис. 1. Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища в Україні за 2006-2024 роки.

Джерело: Державна служба статистики України[1]

[1] Держстат. (2025) Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища. URL: https://stat.gov.ua/uk/explorer?urn=SSSU%3ADF_COSTS_OF_ENVIRONMENTAL_PROTECTION%28~%29&filter=CAP_INV_ENV_PROT

Загальний обсяг капітальних інвестицій у 2021 році становив 44,8 млрд грн, що є піковим значенням за досліджуваний період (рис. 1). У 2022 році зафіксовано різке скорочення до 6,46 млрд грн, у 2023 році відбулося часткове відновлення інвестицій (8,32 млрд грн). У 2024 році показник дещо скоротився та становив 7,84 млрд грн. Така волатильність відображає чутливість фінансування екологічних проектів до загальноекономічних і соціальних трансформацій.

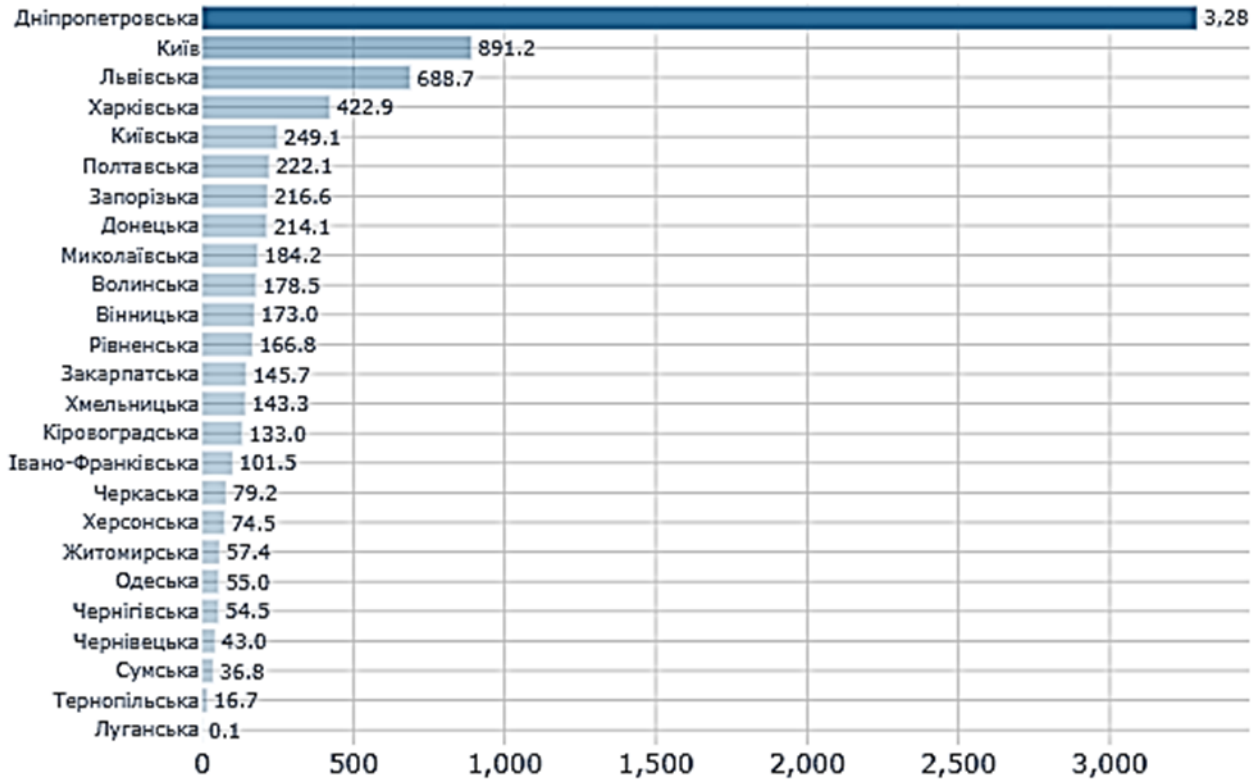


Рис. 2. Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища по областях України за 2024 рік.

Джерело: Державна служба статистики України

Регіональний аналіз (рис. 2) засвідчив високу концентрацію інвестицій у промислово розвинених областях. Найбільші обсяги стабільно припадають на Дніпропетровську область, що свідчить про значне техногенне навантаження на території з розвиненою гірничо-металургійною та хімічною промисловістю. Значні показники також характерні для м. Києва, Харківської, Запорізької та Львівської областей. Така територіальна нерівномірність вказує на диференційований рівень екологічного тиску на геосистеми та необхідність регіонально орієнтованої природоохоронної політики.

Таблиця 1

Капітальні інвестиції на охорону навколишнього природного середовища по напрямам природоохоронної діяльності в Україні за 2021-2024 рік

Напрям	2022, тис. грн	% 2022	2023, тис. грн	% 2023	2024, тис. грн	% 2024
Поводження з відходами	2796999.9	43.3	3231917.7	38.8	3516887.0	44.9
Очищення зворотних вод	756874.3	11.7	1720091.1	20.7	1930849.8	24.6
Охорона атмосферного повітря і проблеми зміни клімату	1600788.6	24.8	1508973.9	18.1	1117845.4	14.3
Захист і реабілітацію ґрунту, підземних і поверхневих вод	992570.5	15.4	1385950.4	16.7	1014486.0	12.9
Збереження біорізноманіття та середовища існування	194402.5	3.0	297878.1	3.6	202634.6	2.6
Радіаційна безпека	3627.0	0.1	142268.8	1.7	20820.2	0.3
Інші напрями природоохоронної діяльності	59683.3	0.9	11985.7	0.1	17962.8	0.2
Науково-дослідні роботи природоохоронного спрямування	6459.5	0.1	11920.8	0.1	11623.9	0.1
Зниження шумового та вібраційного впливу	51360.7	0.8	12720.2	0.2	3116.7	0.0
Загалом	6462766.3	100.0	8323706.7	100.0	7836226.4	100.0

Джерело: Державна служба статистики України

Структурний аналіз інвестицій за напрямами природоохоронної діяльності (табл. 1) показав, що найбільша частка фінансування протягом 2022–2024 рр. припадає на поводження з відходами (38–45 %). Це свідчить про актуальність проблеми накопичення твердих побутових і промислових відходів, що є одним із ключових факторів деградації ландшафтів та забруднення ґрунтів і водних об'єктів. Другим за значущістю напрямом є очищення зворотних вод, частка якого зросла з 11,7 % у 2022 році до 24,6 % у 2024 році. Збільшення інвестицій у цей сегмент свідчить про посилення уваги до якості водних ресурсів, що є критично важливими для підтримання функціонування гідроекосистем та забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки.

Інвестиції у сферу охорони атмосферного повітря та заходи, пов'язані зі зміною клімату, демонструють тенденцію до зниження частки у структурі витрат з 24,8 % у 2022 році до 14,3 % у 2024 році. З огляду на зростаючі кліматичні ризики, така динаміка може свідчити про потребу у стратегічному перегляді пріоритетів екологічної політики.

Фінансування заходів із захисту та реабілітації ґрунтів, підземних і поверхневих вод становить 13–17 % загального обсягу інвестицій, що відображає поступове усвідомлення масштабів деградації земельних ресурсів. Натомість частка інвестицій у збереження біорізноманіття залишається відносно низькою (2–4 %), що

може свідчити про недостатню увагу до екосистемних функцій природних територій.

Окремої уваги заслуговує вкрай низька питома вага інвестицій у науково-дослідні роботи природоохоронного спрямування. Як свідчать дані таблиці, протягом 2022–2024 рр. фінансування цього напряму стабільно становить лише 0,1 % загального обсягу капітальних інвестицій у сфері охорони довкілля. В абсолютному вимірі це 6,5 млн грн у 2022 році, 11,9 млн грн у 2023 році та 11,6 млн грн у 2024 році. Порівняно з витратами на поводження з відходами або очищення зворотних вод, які вимірюються мільярдами гривень, частка фінансування екологічних наукових досліджень є статистично незначною.

Така структура інвестицій свідчить про переважання реактивної моделі екологічної політики, орієнтованої насамперед на ліквідацію наслідків антропогенного впливу, а не на його попередження через інноваційні технології, екосистемні підходи та наукове прогнозування. Недостатнє фінансування досліджень у сфері екології, збереження біорізноманіття, відновлення ґрунтів, водних екосистем та кліматичної адаптації обмежує можливості розроблення природозберігаючих технологій і стратегій довгострокової екологічної стабілізації.

У контексті функціонування біологічних та екологічних систем це створює ризик збереження фрагментарного підходу до охорони довкілля, коли інвестиції спрямовуються переважно на інженерні рішення, але не підкріплюються достатньою науковою базою. Водночас саме фундаментальні й прикладні екологічні дослідження формують підґрунтя для розроблення ефективних механізмів відновлення екосистем, впровадження циркулярних моделей використання ресурсів та адаптації до змін клімату.

З огляду на це актуальним є посилення фінансування природоохоронних наукових тем як на державному рівні, так і в межах міжнародних та регіональних програм співпраці. Розширення підтримки екологічних досліджень дозволить перейти від компенсаційної моделі екологічної політики до превентивної, заснованої на науково обґрунтованих рішеннях, що сприятимуть збереженню природного капіталу та підвищенню стійкості біо- та геосистем України.

Отримані результати дозволяють зробити висновок, що капітальні інвестиції у природоохоронну діяльність виступають не лише економічним показником, а й важливим екологічним маркером стану взаємодії системи «людина – техносфера – природа». Територіальна концентрація інвестицій у промислових регіонах підтверджує кореляцію між рівнем техногенного навантаження та потребою у компенсаційних природоохоронних заходах. Водночас структурний аналіз свідчить про домінування реактивних інструментів (ліквідація наслідків забруднення) над превентивними (збереження біорізноманіття, наукові дослідження). У контексті функціонування біологічних та екологічних систем інвестиційна активність у сфері охорони довкілля може розглядатися як інтегральний індикатор адаптаційної здатності суспільства до екологічних викликів та як чинник стабілізації природного капіталу України в умовах зростаючого антропогенного впливу.

Міжмолекулярна взаємодія кверцетину та вітаміну С

Крупська Т.В., Теребінська М.І., Ткачук О.І., Дацюк А.М., Туров В.В.
Інститут хімії поверхні ім. А.А. Чуйко Національної академії наук України,
вул. Олега Мудрака, 17, Київ, 03164, Україна, e-mail: terebinska@ukr.net

Поліфенольні антиоксиданти рослинного походження є ключовими кандидатами для створення сучасних фармацевтичних композицій. Одним із найактивніших представників цієї групи є кверцетин — флавонол із розвиненою π-кон'югованою системою та п'ятьма гідроксильними групами, що забезпечують його виражені редокс-властивості.

Водночас кверцетин схильний до автоокиснення з утворенням семіхінонових і хінонових форм («парадокс кверцетину»), які можуть проявляти прооксидантну активність. Відомо, що вітамін С виступає ефективним донором електронів, здатним відновлювати окиснені форми кверцетину, підтримуючи його антиоксидантний потенціал.

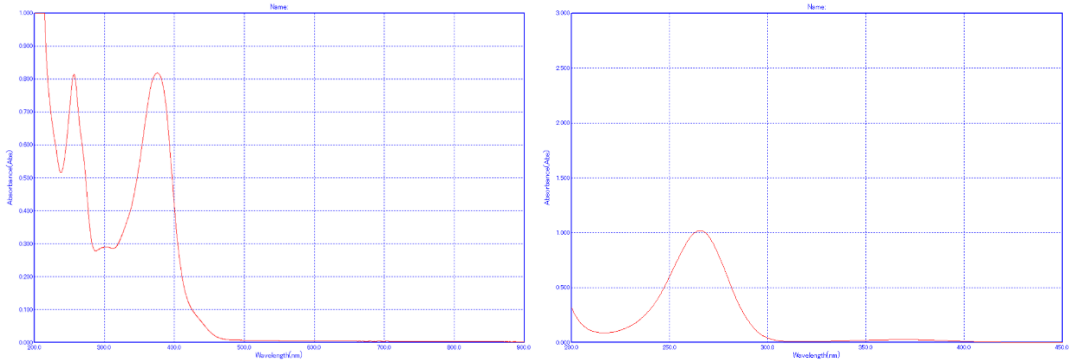
З огляду на це, фундаментальний інтерес становить встановлення:

- природи міжмолекулярної взаємодії кверцетину та аскорбінової кислоти,
- термодинамічної стабільності можливого комплексу,
- впливу цієї взаємодії на спектральні характеристики системи,
- перспектив використання композитів кверцетин–кремнезем для контрольованого вивільнення.

Метою роботи було комплексне експериментально-теоретичне дослідження взаємодії кверцетину та вітаміну С в розчинах і на поверхні кремнезему з використанням УФ-спектроскопії та квантово-хімічного моделювання.

Досліджено композитні системи, одержані шляхом механічної обробки та інпрегнування гідроущільненого кремнезему А-300 розчином (2–20%) кверцетину. Встановлено, що десорбція кверцетину у чистий спирт здійснюється дуже швидко. У водно-спиртових розчинах десорбція стає контрольованою. Так, у випадку 50% водно-спиртового розчину до 80 % кверцетину десорбується протягом перших 10 хвилин, що вказує на переважно фізичний характер адсорбції (за рахунок водневих зв'язків та слабких електростатичних взаємодій).

Кверцетин характеризується двома основними електронними переходами: 256 нм (π→π* бензоїдна система), 370–376 нм (π→π* кон'югована система кільця B–C) (рис. 1). Аскорбінова кислота має максимум поглинання при 265 нм.



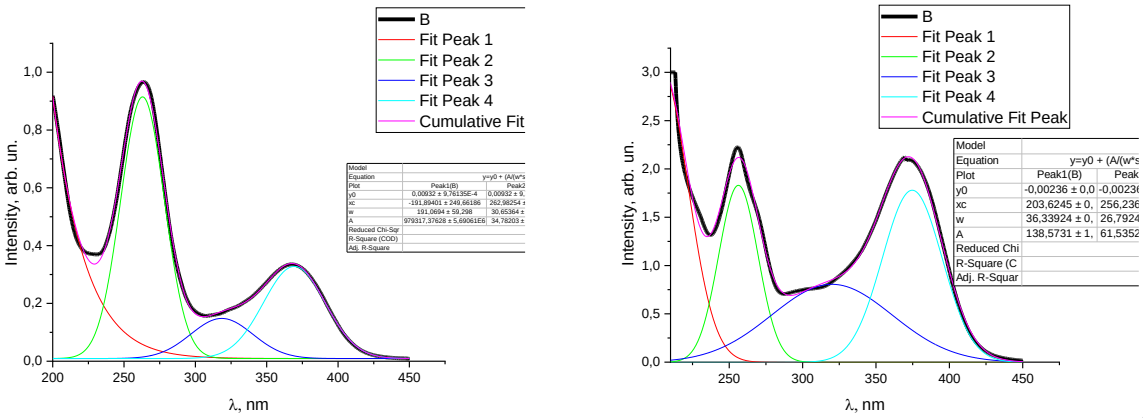
аб

Рис. 1 — УФ-спектри кверцетину (а) та вітаміну С (б)

При варіюванні співвідношення компонентів встановлено:

- гіпохромний ефект для смуги 370 нм при надлишку аскорбату?;
- розширення смуг у ділянці 270–320 нм;
- відсутність значного батохромного зсуву.

Гаусівський розклад спектрів показав наявність додаткових слабоінтенсивних смуг поглинання, що свідчить про можливість комплексоутворення рис. 2.



а б

Рис. 2. Розклад на компонентти УФ-спектрів розчинів вітаміну С та кверцетину.

Спектральні зміни відповідають утворенню нековалентного асоціату без формування нових хромофорів.

Було змодельовано кілька можливих орієнтацій комплексу кверцетин-вітамін С: mirror, parallel, perpendicular, shifted. Після повної оптимізації встановлено, що найбільш стабільною є parallel-конфігурація рис. 3.

Різниця енергій між parallel та іншими конфігураціями становить:

ΔE≈35 кДж/моль яка значено: перевищує RT при 298 K (~2.5 кДж/моль) і відповідає енергії сильного водневого зв’язку, що свідчить про термодинамічну перевагу саме такої конфігурації комплексу, при цьому енергію зв’язування визначали як:

$$E_{bind}=E_{complex}-(E_{Qw}+E_{VitC})$$

Отримане негативне значення E_{bind} підтверджує термодинамічну ефективність утворення комплексу. Аналіз оптимізованої геометрії показує: можливість формування декількох Н-зв’язків (О–Н···О), крім того міжплощинне перекриття π-систем, може створювати внесок від донорно-акцепторної взаємодії.

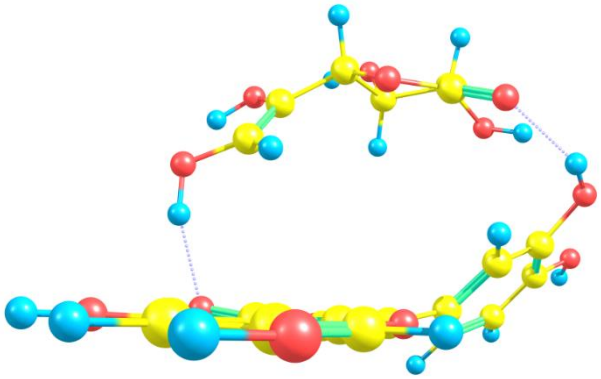


Рис. 3 — Оптимізована структура parallel-комплексу

Стабілізація ~35 кДж/моль свідчить про кооперативний характер взаємодії (H-bond + дисперсія + π-stacking).

Таким чином, встановлено, що аскорбат не лише виконує редокс-функцію, але й здатний формувати просторово впорядкований комплекс із кверцетином. Підтверджено формування міжмолекулярного комплексу кверцетин–вітамін С. Встановлено термодинамічно переважну parallel-конфігурацію. Енергетична стабілізація (~35 кДж/моль) свідчить про кооперативну природу взаємодії. Спектральні зміни узгоджуються з результатами DFT-аналізу. Отримані дані є підґрунтям для розробки комбінованих антиоксидантних препаратів та композитних систем із контрольованим вивільненням.

Катіонний та аніонний склад водозаборів селищ Чернігівського району

Андрій Котельчук, Олена Бондар, Ірина Курмакова, Леонід Котельчук
Національний університет "Чернігівський колегіум" ім. Т.Г.Шевченка, м. Чернігів, Україна, i.kurmakova@gmail.com

Питання моніторингу якості питної води є надзвичайно актуальним, оскільки склад питної води впливає на організм і здоров'я людини (Luvhimbi et al., 2022). Так, катіони важких металів, зокрема свинцю, кадмію та ртуті, мають токсичний кумулятивний ефект (Kapoor et al., 2024). Відхилення від нормативного показника фторид йонів призводить у разі недостачі до карієсу, у разі перебільшення до хронічного отруєння організму (Srivastava & Flora, 2020).

Водна стратегія України до 2050 року вимагає забезпечення рівного доступу населення до якісної та безпечної питної води в достатній кількості, реконструкцію систем водопостачання та водовідведення, впровадження сучасних методів очищення стічних вод.

Для створення ефективної системи водопідготовки необхідно знати точний хімічний склад води, тому цьому питанню приділяється увага (Kotelchuk et al., 2025).

Мета роботи дослідити катіонний та аніонний склад водозаборів селищ Чернігівського району, які зазнали підвищеного техногенного впливу пов'язаного з активними бойовими діями.

Дослідження проводили загальноприйнятими аналітичними методами.

Результати фізико-хімічного аналізу зразків води (відібрані в осені 2025 р.) у порівнянні з нормативними значеннями наведені в табл. 1 та 2.

Вміст катіонів у досліджених зразках води

Вміст йонів, мг/дм^3	с. Ягідне	с. Кувечичі	с. Великі Осняки	ДСанПін 2.2.4-171-10
Mg^{2+}	28,58	33,44	24,32	-
Ca^{2+}	107,0	60,92	97,09	-
Fe^{2+}, Fe^{3+}	3,24	1,35	1,31	≤ 0,2
Mn^{2+}	0,22	0,44	0,38	-
Zn^{2+}	0,25	0,373	0,142	≤ 1,0
Cu^{2+}	0,02	0,02	0,03	≤ 1,0
Al^{3+}	0,044	<0,03	0,074	< 0,2
Mo^{2+}	< 0,0025	< 0,0025	< 0,0025	≤ 0,07
Na^+, K^+	7,0	27,87	28,09	≤ 200,0
NH_4^+	0,7	0,73	0,18	≤ 0,5

Примітка: «-» показник не входить до ДСанПін 2.2.4-171-10

Результати дослідження вказують, що за вмістом катіонів спостерігається значне (у 6,55 – 16,2 рази) перевищення концентрації загального заліза та у с. Ягідне та с. Кувечичі перевищення в 1,4 рази йонів амонію.

Таблиця 2

Вміст аніонів у досліджених зразках води

Вміст йонів, мг/дм^3	с. Ягідне	с. Кувечичі	с. Великі Осняки	ДСанПін 2.2.4-171-10
HCO_3^-	470,5	414,9	476	-
SO_4^{2-}	0,27	0,84	6,65	≤ 250,0
Cl^-	15,60	6,00	4,00	≤ 250,0
NO_2^-	< 0,003	< 0,003	< 0,003	≤ 0,5
NO_3^-	< 0,001	< 0,001	<0,001	≤ 50,0
Поліфосфати, PO_4^{3-}	< 0,01	< 0,01	< 0,01	≤ 3,5
F^-	0,89	0,44	0,43	0,7…1,2

Примітка: «-» показник не входить до ДСанПін 2.2.4-171-10

Враховуючи результати особливо небезпечним є перевищення вмісту заліза, що може викликати алергічні реакції, призвести до його накопичення в печінці, нирках, підшлунковій залозі та серці, порушувати баланс міді та цинку в організмі людини. Щодо аніонного складу викликає занепокоєння низький вміст фторид йонів у с. Кувечичі та с. Великі Осняки. В будь-якому разі досліджена вода потребує очищенню. В якості ефективних методів в даному випадку можуть бути запропоновані йонообмінний метод, що дозволить також здійснити зниження йонів кальцію та магнію, або зворотний осмос, які забезпечують високий ступінь очищення. При цьому слід враховувати, що системи зворотного осмосу видаляють до 90-95% фтору з води, яка очищується. Вирішити проблему можна шляхом встановлення картриджу-мінералізатору**,** який повертає частину корисних іонів у воду.

В с. Ягідне та с. Великі Осняки для очищення води встановлені установки Антарес 777 (рис.).



Рисунок. Установки Антарес 777 встановлені для очищення води у с. Ягідне та с. Великі Осняки (Чернігівський район, Чернігівська область)

Використання представлених установок дало змогу зменшити кількість загального заліза до 0,1 та забезпечити нормативні показники якості води.

Список літератури

Luvhimbi, N., Tshitangano, T.G., Mabunda, J.T., Olaniyi, F.C. & Edokpayi, J. N. (2022). Water quality assessment and evaluation of human health risk of drinking water from source to point of use at Thulamela municipality, Limpopo Province. Scientific Reports, 12, 6059 https://doi.org/10.1038/s41598-022-10092-4

Kapoor, K., Kumar, S., Vishwakarma, D. K., Obaidullah, A. J., & Yadav, K. K. (2024). Health risk assessment of heavy metals in groundwater sources: carcinogenic and non-carcinogenic evaluation. *Journal of Water and Health*. https://doi.org/10.2166/wh.2024.243

Srivastava, S., & Flora, S. J. S. (2020). Fluoride in Drinking Water and Skeletal Fluorosis: a Review of the Global Impact. *Current environmental health reports*, *7*(2), 140–146. https://doi.org/10.1007/s40572-020-00270-9

Котельчук, А., Бондар, О. Савченко, О., Курмакова, І., Котельчук Л., Рибалочко, О. & Руденко, А. (2025). Якість підземних вод Кіптівської сільської територіальної громади (Чернігівська область). *Biota. Human. Technology*, (2), 85–94. https://doi.org/10.58407/bht.2.25.6

Геоінформаційне моделювання впливу кліматичних і військово-техногенних чинників на стан природних ресурсів та перспективи розвитку органічного землеробства

Кузьменко І.С.[1], Нечипорук К.А.[2], Кирильчук А.М.[3], Сябренко Р.О.[4]

[1]заступник завідувача відділу землевпорядних робіт ті оцінки земель, ДУ «Держгрунтохорона»,

[2] заступник завідувача лабораторії геоінформаційних систем,обробки інформації та експеременталь них досліджен, ДУ «Держгрунтохорона»,

[3] канд. с.-г. наук, старший науковий співробітник, Український інститут експертизи сортів рослин,

[4] завідувач лабораторії геоінформаційних систем,обробки інформації та експеременталь них досліджень, ДУ «Держгрунтохорона»

e-mail: nessi_ku@ukr.net

Трансформаційні процеси у природних системах України, спричинені одночасним впливом кліматичних змін і військово-техногенного навантаження, вимагають переосмислення підходів до просторового аналізу, моніторингу та управління природними ресурсами. В умовах гібридного антропогенного тиску традиційні методи оцінки втрачають ефективність, що зумовлює необхідність переходу до інтегрованих систем геоінформаційного моделювання, заснованих на даних дистанційного зондування Землі (ДЗЗ), супутникової аналітики, машинного навчання та багаторівневої оцінки екосистемних сервісів.

За оцінками експертів ФАО, сучасний розвиток сільського господарства у світі відбувається в умовах зростаючих ризиків, серед яких — повені, водний дефіцит, посухи, зниження врожайності культур, скорочення біорізноманіття та загальне погіршення стану довкілля [1]. Особливої актуальності набувають наслідки бомботурбацій, які призводять до механічного порушення ґрунтового профілю, руйнування його генетичних горизонтів, змішування шарів і формування техногенно змінених субстратів. Такі процеси супроводжуються локальним забрудненням важкими металами та вибуховими речовинами, погіршенням фізичних властивостей ґрунту, зниженням його водоутримувальної здатності та біологічної активності.

Метою дослідження є розробка та подальша апробація методичного підходу до просторово-часового моделювання стійкості природних ресурсів під впливом кліматичних змін та воєнних чинників із визначенням територій, придатних для розвитку органічного землеробства.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких завдань: формування інтегрованої геопросторової бази даних, що поєднує матеріали дистанційного зондування Землі, метеорологічні показники, результати ґрунтово-агрохімічних обстежень і дані щодо військово-техногенних порушень; визначення системи індикаторів оцінювання стійкості природних ресурсів; розроблення алгоритму багатокритеріального просторового аналізу з урахуванням кліматичних трендів, рівня антропогенного навантаження та екологічних ризиків.

Методичний підхід ґрунтується на застосуванні геоінформаційних технологій для інтеграції різнорідних даних, їх просторової інтерполяції, нормалізації показників та побудови інтегрального індексу стійкості територій. У межах дослідження передбачається здійснення сценарного моделювання змін агроекологічного стану земель з урахуванням варіантів кліматичної динаміки та різного ступеня військово-техногенного впливу.

Проблематика розвитку аграрного сектору та становлення органічного виробництва в сучасних умовах залишається у центрі наукової уваги як зарубіжних, так і вітчизняних дослідників. Питання стану й перспектив органічного землеробства в Україні всебічно розглянуто у працях С.С. Антонця, В.І. Артиша, М.І. Кобця, А.С. Лук'яненко, Є.В. Милованова, П.В. Писаренка, Т.О. Чайки, В.О. Шлапака, В.А. Чудовської, Т.Р. Стефановської, Л.В. Малинка, К.І. Шишкіна, І.М. Дідура та інших учених [2; 3; 4; 5].

Широке використання супутникових знімків для дослідження екологічних процесів у різних природних зонах висвітлено у працях Білятинського А., Сорокіної К., Мамонова К., Коваленка Л. [6], де обґрунтовано ефективність дистанційних методів для оцінювання стану екосистем і прогнозування трансформацій землекористування. Лю Ч., Лі Х., Сюе Ю., Лу В. та Чжан Ч. [7] наголошують на аналітичних можливостях спектральних індексів, зокрема NDVI, як інструменту кількісної оцінки стану рослинного покриву та ідентифікації деградованих територій. Водночас Фостер А., Рахімзаде-Байгіран П., Дайно А., Вайскіттель А. [8] демонструють, що застосування лазерного сканування (LiDAR) для побудови високоточних цифрових моделей рельєфу істотно розширює можливості аналізу природних процесів, зокрема ерозійних явищ, зсувів і підтоплення.

Результати наведених досліджень засвідчують, що інтеграція супутникових даних, спектральних індексів та LiDAR-моделювання формує надійну методологічну основу для комплексного просторового аналізу природних процесів. Поєднання цих інструментів у межах єдиної геоінформаційної системи забезпечує можливість оперативного моніторингу, оцінювання ризиків і прогнозування трансформацій природних ресурсів, що створює підґрунтя для подальшого обґрунтування напрямів екологічно безпечного землекористування та розвитку органічного виробництва.

Кліматичні чинники (підвищення середньорічної температури, зростання частоти екстремальних погодних явищ, нерівномірність розподілу опадів) зумовлюють зміни водного режиму ґрунтів, активізацію ерозійних процесів, деградацію гумусового стану та трансформацію агроекологічного потенціалу територій. За допомогою ГІС-технологій здійснюється просторовий аналіз багаторічних метеорологічних рядів, індексів посушливості, вегетаційних індексів (NDVI, EVI), що дозволяє моделювати сценарії зміни продуктивності агроекосистем та прогнозувати ризики деградації земель.

Військово-техногенні чинники мають локалізований, але висококонцентрований вплив на довкілля. У зонах бойових дій спостерігається механічне порушення ґрунтового профілю, ущільнення, руйнування структури, а також хімічне забруднення важкими металами, нафтопродуктами та залишками

вибухових речовин. Геоінформаційне моделювання дозволяє інтегрувати дані дистанційного зондування Землі, результати польових обстежень і лабораторного аналізу з метою картографування осередків забруднення, визначення градієнтів поширення полютантів і встановлення пріоритетності рекультиваційних заходів. Застосування методів просторової інтерполяції (IDW, kriging), багатокритеріального аналізу та геостатистичного моделювання забезпечує обґрунтовану оцінку екологічного ризику для агровиробничого використання земель.

У післявоєнний період ГІС-технології стають ключовим інструментом для моніторингу, планування рекультивації деградованих земель і формування збалансованих агроекологічних систем. Їх застосування сприяє реалізації принципів сталого природокористування, підвищенню ефективності управлінських рішень і створенню науково обґрунтованої основи для екологічного відновлення аграрного сектору України.

У дослідженні обґрунтовано ефективність інтегрованого геоінформаційного підходу до оцінки стійкості природних ресурсів в умовах поєднання впливу кліматичних змін і військово-техногенного навантаження. Синтез ДЗЗ, спектрального аналізу, LIDAR-моделювання, метеорологічних параметрів і ґрунтових обстежень забезпечить комплексну характеристику трансформації природних систем і суттєво підвищить точність прогнозування екологічних ризиків.

Встановлено, що кліматичні чинники спричиняють поступові зміни водного режиму, гумусового стану та біопродуктивності агроландшафтів, тоді як військово-техногенні впливи мають локальний, але інтенсивний і тривалий характер, викликаючи механічну деградацію та хімічне забруднення ґрунтів. Їхня сукупна дія формує осередки екологічної вразливості, що потребують пріоритетного моніторингу та відновлення.

Запропонований метод просторово-часового моделювання дає змогу розробити алгоритм інтегральної оцінки стійкості територій і систему зонування для визначення ділянок, придатних до органічного землеробства та рекультивації. Геоінфоормаційне моделювання підтверджено як ефективний інструмент підтримки управлінських рішень у сфері сталого природокористування та післявоєнного відновлення територій України.

Список літератури

1. FAO. Ukraine. Impact the war on agricultural enterprises.Findings of a nationwide survey of agricultural enterprises with land up to 250 hectares, January–February 2023. Rome, 2023. 44 pp.
   URL: https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/8c2a59a8-50b3-4e6b-9605-e005a4f28c1c/content
2. Буга Н.Ю., Яненкова І.Г. Перспективи розвитку органічного виробництва в Україні. Актуальні проб-леми економіки. 2015. No2 (164). С. 117–125
3. Дивнич О.Д. Передумови та принципи переходу до органічного землеробства в сільськогосподарських підприємствах України. Глобальні та національні проблеми економіки. 2014. No 2. С. 504–509.

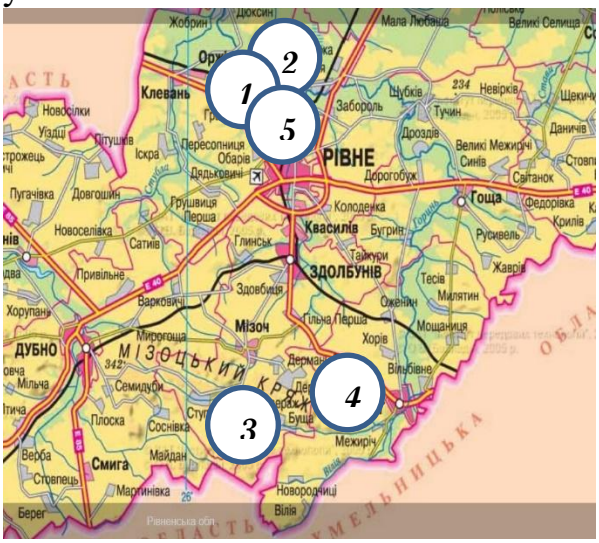
4. Малинка Л.В., Шишкіна К.І., Дідур І.М. та ін. Стан та виробництво органічної продукції в Україні. Вирощування гречки за застосування біопрепаратів. Агробіологія. 2020. No 2. С. 90–97.
5. Поліщук А.Б. Органічне землеробство в Україні: історія та сучасність. Фізична географія та гео-морфологія. 2015. No 1(77). С. 55–63.
6. Bieliatynskyi A., Sorokina K., Mamonov K., Kovalenko L. Geoecological monitoring of regional land use: definition and directions of formation. E3S Web of Conferences. 2023. Vol. 452. P. 03002. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345203002
7. Liu C., Li X., Xue Y., Lu W., & Zhang C. Development and applications of an integrated space-air-ground observation network in natural resource monitoring and supervision. E3S Web of Conferences. 2024. No 520. 04018. DOI: https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452004018
8. Foster, A., Rahimzadeh-Bajgiran, P., Daigneault, A., & Weiskittel, A. (2024). Cost-effectiveness of remote sensing technology for spruce budworm monitoring in Maine, USA. Forests Monitor, 1(1), 66–73. DOI: https://doi.org/10.62320/fm.v1.i1.14

Гриби-деструктори відмерлої деревини дубово-грабових лісів Рівненського району Рівненської області

Ірина Куроченко, Варвара Рискова
Рівненський міський Палац дітей та молоді, м. Рівне, Україна,
ecopdm1@ukr.net

Гриби-деструктори – еколого-трофічна група гетеротрофних організмів, що спричиняють ферментативне розщеплення відмерлої деревини та зумовлюють кругообіг речовин у лісових біогеоценозах.

Мета дослідження полягала у з'ясуванні сучасного таксономічного складу грибів-деструкторів відмерлої деревини та особливостей їх поширення у складі дубово-грабових лісів Рівненського району Рівненської області.



Таксономічні дослідження були здійснені на п'яти ділянках дубово-грабових лісів в межах трьох природних областей Рівненської області: Волинська височина (ділянки №№ 1, 4, 5 – біля с. Городок, с. Верхів, с. Шпанів), Волинське Полісся (ділянка № 2 – біля с.Волошки), Північно-Подільська височина (ділянка №3 – біля с. Мости-Буща).

Дослідження проводили з вересня 2022 року по жовтень 2025 року методом маршрутних обстежень. В польових умовах визначали склад деревних рослин, виявляли відмерлу деревину та гриби-ксилотрофи, визначали стадію деструкції деревини. Визначення видів дереворуйнівних грибів проводили за «Визначником грибів України», «Атласом грибів України» (М.Я. Зерова), за інтернет-визначником (електронний фотокаталог) «Світ грибів України», Національною мережею інформації з біорізноманіття «UKR.bin». Стадії деструкції деревини визначали за методикою Гордієнко, (Gordienko, 1979).

Впродовж дослідницького періоду ми виявили та ідентифікували 89 видів грибів-ксилотрофів, які належать до 3 відділів, 7 класів та 41 родини (систематичний список наведений у табл. 1, окремі види грибів на рисунках 1-6). Найбільшим видовим складом представлений відділ *Basidiomycota* – 70 видів, які належать до 3 класів та 30 родин, серед яких 67 видів належить до класу *Agaricomycetes*. Найбільш чисельними є родини *Polyporaceae* – 10 видів, *Fomitopsidaceae, Hymenochaetaceae та Mycenaceae* – по 4 види. Інші 24 родини налічують 1-3 види. Відділи *Ascomycota* та *Myxomycota* представлені 12 та 7 видами відповідно. На кожній з ділянок зростали ксилотрофи, які відносяться до трьох відділів.

У лісових масивах у межах Волинської височини біля сс. Городок, Верхів та Шпанів на відмерлій деревині ідентифіковано 40, 42 та 22 видів грибів відповідно. У лісовому масиві біля с. Волошки (Волинське Полісся)

ідентифіковано 51 вид грибів. В межах Північно-Подільської височини біля сс. Мости-Буща зростали 46 видів.

Таблиця 1.Таксономічний склад грибів-ксилотрофів на ділянках досліджень

№ з/п	**Назва виду**	№ з/п	**Назва виду**
1.	*Trametes hirsuta*	45.	*Psathyrella piluliformis*
2.	*Trametes ochracea*	46.	*Coprinellus micaceus*
3.	*Trametes suaveolens*	47.	*Coprinellus disseminatus*
4.	*Trametes gibbosa*	48.	*Artomyces pyxidatus*
5.	*Trametes versicolor*	49.	*Flammulina velutipes*
6.	*Daedaleopsis tricolor*	50.	*Armillaria mellea*
7.	*Trichaptum biforme*	51.	*Crepidotus crocophyllus*
8.	*Trichaptum abietinum*	52.	*Crepidotus applanatus*
9.	*Fomes fomentarius*	53.	*Tubaria furfuracea*
10.	*Cerioporus squamosus*	54.	*Pleurotus cornucopiae*
11.	*Fomitopsis betulina*	55.	*Pleurotus ostreatus*
12.	*Laetiporus sulphureus*	56.	*Macrotyphula fistulosa*
13.	*Fomitopsis pinicola*	57.	*Auricularia auricula-judae*
14.	*Ischnoderma resinosum*	58.	*Auricularia mesenterica*
15.	*Phellinus nigricans*	59.	*Phyllotopsis nidulans*
16.	*Phellinus igniarius*	60.	*Ramaria flava*
17.	*Inocutis rheades*	61.	*Coniophora puteana*
18.	*Hymenochaete rubiginosa*	62.	*Chondrostereum purpureum*
19.	*Hapalopilus rutilans*	63.	*Schizophyllum commune*
20.	*Steccherinum ochraceum*	64.	*Thelephora terrestris*
21.	*Irpex lacteus*	65.	*Heterobasidion annosum*
22.	*Stereum hirsutum*	66.	*Plicaturopsis crispa*
23.	*Stereum rugosum*	67.	*Tremella mesenterica*
24.	*Stereum subtomentosum*	68.	*Tremella encephala*
25.	*Panellus stipticus*	69.	*Calocera viscosa*
26.	*Xeromphalina campanella*	70.	*Hypoxylon Fragiforme*
27.	*Mycena tintinnabulum*	71.	*Hypoxylon fuscum*
28.	*Mycena inclinata*	72.	*Xylaria hypoxylon*
29.	*Ganoderma lucidum*	73.	*Xylaria polymorpha*
30.	*Ganoderma applanatum*	74.	*Nectria cinnabarina*
31.	*Exidia glandulosa*	75.	*Nectria peziza*
32.	*Exidia recisa*	76.	*Ascocoryne sarcoides*
33.	*Exidia nigricans*	77.	*Ascocoryne inflata*
34.	*Hyphodontia arguta*	78.	*Bisporella citrina*
35.	*Hyphodontia barba-jovis*	79.	*Chlorociboria aeruginascens*
36.	*Phlebia tremellosa*	80.	*Peziza varia*
37.	*Phlebia radiata*	81.	*Sarcoscypha coccinea*
38.	*Bjerkandera adusta*	82.	*Lycogala epidendrum*

Продовження таблиці

39.	*Peniophora incarnata*	83.	*Stemonitis fusca*
40.	*Peniophora quercina*	84.	*Leocarpus fragilis*
41.	*Cyathus striatus*	85.	*Fuligo septica*
42.	*Lycoperdon pyriforme*	86.	*Fuligo cinerea*
43.	*Hypholoma fasciculare*	87.	*Metatrichia vesparium*
44.	*Hypholoma lateritium*	88.	*Trichia decipiens*
45.	*Pholiota squarrosa*		

На всіх п’ятьох ділянках зростало 11 видів: *Trametes versicolor, Daedaleopsis tricolor, Trichaptum biforme, Fomes fomentarius, Fomitopsis pinicola, Irpex lacteus, Fomitopsis betulina, Ganoderma applanatum, Schizophyllum commune, Xylaria polymorpha, Nectria cinnabarina*. Сорок видів зустрічалися лише на одній із ділянок досліджень, найбільше в лісовому масиві біля с. Волошки – 18 видів.

Серед виявлених грибів 61 вид (68%) належить до групи сапротрофів, 28 видів (32%) належать до сапротрофів і паразитів та за відсутності відмерлої деревини у лісових екосистемах можуть розвиватися на живих деревах.

Під час досліджень виявлено зростання дереворуйнівних грибів на відмерлій деревині 15 видів деревних рослин: *Carpinus betulus, Betula pendula, Quercus robur, Acer platanoides, Pinus sylvestris, Tilia cordata, Populus nigra, Prunus avium, Ulmus glabra, Picea abies, Acer pseudoplatanus, Quercus petraea, Populus tremuloides, Corylus avellana* та *Sambucus nigra*.



Крепідот шафранно-пластинчатий (*Crepidotus crocophyllus*)



Хлороциборія синьо-зеленувата (*Chlorociboria aeruginascens*)



Б’єркандера обвуглена (*Bjerkandera adusta*)

Рис. 1-3. Гриби-ксилотрофи на ділянках досліджень (автор І.І.Куроченко)

Найбільше видів грибів-ксилотрофів зростали на відмерлій деревині *Carpinus betulus, Betula pendula* та *Quercus robur* – 35, 31 та 29 видів відповідно. По одному виду грибів виявлено на *Ulmus glabra – Flammulina velutipes, Acer pseudoplatanus – Schizophyllum commune, Quercus petraea – Peniophora quercina, Populus tremuloides – Artomyces pyxidatus, Sambucus nigra – Auricularia auricula-judae*.

Результати досліджень показали, що *Trametes hirsuta* зростав на відмерлій деревині 4 видів деревних рослин – *Betula pendula, Carpinus betulus, Quercus robur* та *Prunus avium*. На трьох видах деревних рослин зростали 13 ксилотрофів – *Trametes ochracea, Trametes gibbosa, Trametes versicolor, Bisporella citrina,*

Nectria cinnabarina, Tremella mesenterica, Schizophyllum commune, Hyphodontia arguta, Armillaria mellea, Stereum hirsutum, Hapalopilus rutilans, Fomitopsis pinicola та *Xylaria polymorpha*.

Субстратом для грибів слугував деревний відпад вищезазначених видів дерев у вигляді сухостійних та повалених стовбурів, пнів, опалих гілок різних розмірів. Більшість повалених стовбурів та пеньків знаходилися у II-III стадіях деструкції деревини, більшість стоячих стовбурів у I та II стадіях, опалі гілки – I-III стадіях. Ксилотрофні гриби відділу *Basidiomycota* та Аскомікотові *Ascomycota* зростали на відмерлій деревині усіх трьох стадій деструкції, відділу *Myxomycota* – на відмерлій деревині I та II стадій. Найбільше видів зростали на повалених стовбурах деревних рослин – 42 види, на пеньках та опалих гілках – 31 та 26 видів відповідно, на сухостійних стовбурах – 19 видів.

У межах Волинського Полісся виявили 2 види – *Ramaria flava* та *Phyllotopsis nidulans*, для яких не характерне поширення на території Полісся.

Висновки. Біоценози дубово-грабових лісів Рівненського району характеризується високою таксономічною різноманітністю грибів-ксилотрофів, які представлені 89 видами із 3 відділів, 7 класів та 41 родини. Субстратом для грибів-ксилотрофів слугує деревний відпад та пеньки, які знаходяться у різних стадіях деструкції деревини від «слабкої» до «сильної». Значна кількість видів (68%) належить до групи сапротрофів та виступає редуцентами відмерлої деревини, забезпечує формування гумінових кислот та підвищує родючість ґрунту. Значний об’єм відмерлої деревини у лісах забезпечує середовище існування для 32% видів, які проявляють себе як сапротрофи і паразити, що стримує їх розповсюдження на живі дерева.



Келишок смугастий (*Cyathus striatus*)



Рогатик дудчастий (Macrotyphula fistulosa)



Аурикулярія вухоподібна (*Auricularia auricula-judae*)

Рис. 4-6. Гриби-ксилотрофи на ділянках досліджень (автор І.І. Куроченко)

Список джерел

1. Дудка І. О., Придюк М. П., Голубцова Ю. І. (2009). *Гриби та грибоподібні організми Національного природного парку «Деснянсько-Старогутський».* Університетська книга. https://www.botany.kiev.ua/doc/mycology2009.pdf
2. Зерова М. Я. (1979). *Визначник грибів України* (томи 1-5). Видавництво «Наукова думка».
3. Зерова М. Я.(1974). *Атлас грибів України*. Видавництво «Наукова думка».
4. Національна мережа інформації з біорізноманіття. https://ukrbin.com/index.php?action=about&lang=2
5. Світ грибів України. Електронний фотокаталог. http://gribi.net.ua/uk/1-2/
6. Сухомлин М.М., Джаган В.В. (2013). *Гриби України : Атлас-довідник*. КМ Publishing.

Інвазійні види рослин на території міста Рівне та їх вплив на місцеве біорізноманіття

Ірина Куроченко, Варвара Рискова
Рівненський міський Палац дітей та молоді, м. Рівне, Україна,
ecopdm1@ukr.net

Деградації природних екосистем та зниження рівня біорізноманіття визнано однією із глобальних екологічних проблем. Одним із п'яти ключових чинників того, що на планеті зберіглося лише 40 % природних екосистем є поширення інвазійних видів, які трансформують цілі екосистеми та роблять їх бідними на біорізноманіття, витісняючи природні види.

Для застосування дійових заходів щодо збереження біорізноманіття від впливу інвазійних видів рослин важлива організація систематичних досліджень із їх виявлення, вивчення масштабів поширення та розробка ефективних заходів боротьби та контролю.

Інвазійні види на території міста Рівне вивчені ще недостатньо, присутні окремі відомості про зростання карантинного виду *Ambrosia artemisiifolia* та *Heracleum sosnowskyi*. Відомі результати досліджень адвентивних видів міста та регіону, серед яких окремі інвазійні види («Адвентивні види у складі аборигенної флори Волинського Полісся» (Ойцюсь Л.В., 2023р.), «Адвентивна фракція флори міста Рівне» (Гуцман С.В., 2014 р.) та результати досліджень інвазійних видів в межах області «Види інвазійних рослин Рівненської області» (Л.Ойцюсь, І.Шашок. 2023 р.).

Мета досліджень полягала у з'ясуванні сучасного складу, масштабів поширення та впливу на місцеве біорізноманіття інвазійних видів рослин на території м. Рівного та прилеглих територіях.

Результати вивчення видів інвазійних рослин базуються на оригінальних матеріалах польових досліджень проведених авторами протягом 2023-2025 років на території міста Рівне та прилеглих територіях маршрутним способом з подальшим камеральним опрацюванням матеріалів. Загалом було здійснено 16 маршрутів, під час яких виявляли інвазійні види, описували їх місця зростання та масштаби поширення. В камеральний період провели структурний аналіз та визначили ранг впливу інвазійних видів на місцеве біологічне різноманіття за Протоколом «An invasive species assessment protocol evaluating non-native plants for their impact on biodiversity (Version1).

В ході досліджень нами було виявлено 32 види інвазійних рослин, які відносяться до 17 родин (таблиця 1). Найбільшою кількістю видів була представлена родина *Asteraceae* – 10 видів та *Fabaceae* – 4 види.

За життєвими формами серед виявлених видів 9 належали до листопадних дерев, 17 видів до трав'янистих рослини, 4 види – чагарники, 2 види – ліани. За походженням 25 видів рослин з Північної Америки, 7 видів – зі Східної Азії.

За відношенням до освітленості види відносились до геліофітів та сціогеліофітів, серед яких 23 види геліофіти – *Solidago canadensis, Solidago gigantea, Erigeron canadensis, Asclepias syriaca*. За відношенням до багатства грунту 15 видів відносилися до мезотрофів (*Galinsoga parviflora, Heracleum*

sosnowskyi, Erigeron nnuus, Portulaca oleracea та інші), 8 видів – оліготрофи (*Quercus rubra, Parthenocissus inserta, Physocarpus opulifolius*), 4 види – евтрофи (*Heliopsis tuberosus, Cyclachaena xanthifolia*), 5 видів – до мезооліготрофів та мезоевтрофів. За відношенням до вологості грунту найчисельніша група мезофітів – 18 видів (*Gleditsia triacanthos, Paulownia tomentosa, Acer negundo*).

Таблиця 1. Видовий склад інвазійних видів рослин за родинами

Родина	Вид
Asteraceae	*Ambrosia artemisiifolia* L., *Solidago canadensis* L., *Solidago gigantea* Aiton, *Heliopsis helianthoides* (L.) Sweet, *Bidens frondosa* L., *Heliopsis tuberosus* L., *Cyclachaena xanthifolia* (Nutt.) Fresen., *Galinsoga parviflora* Cav., *Erigeron canadensis* L., *Erigeron annuus* (L.) Pers.
Paulowniaceae	*Paulownia tomentosa* (Thunb.) Steud.
Bignoniaceae	*Catalpa bignonioides* Walt.
Sapindaceae	*Acer negundo* L.
Fagaceae	*Quercus rubra* L.
Apiacea	*Heracleum sosnowskyi* Manden.
Apocynacea	*Asclepias syriaca* L.
Anacardiaceae	*Rhus typhina* L.
Cucurbitaceae	*Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A.Gray
Vitaceae	*Parthenocissus quinquefolia* (L.) Planch., *Parthenocissus inserta* (A.Kern.) Fritsch
Fabaceae	Robinia pseudoacacia L., *Robinia viscosa* Vent., *Amorpha fruticosa* L., *Gleditsia triacanthos* L.
Simaroubaceae	*Ailanthus altissima* (Mill.) Swingle
Portulacaceae	*Portulaca oleracea* L.
Polygonaceae	*Fallopia sachalinensis* (F.Schmidt) Nakai
Balsaminaceae	*Impatiens parviflora* DC., *Impatiens glandulifera* Royle
Rosales	*Physocarpus opulifolius* (L.) Maxim., *Sorbaria sorbifolia* (L.) A.Braun
Caprifoliaceae	*Symphoricarpost albus* (L.) S.F.Blake

Ambrosia artemisiifolia, яка зростає на території міста на декількох локаціях належить до інвазійних та карантинних видів.

Для всіх виявлених видів провели розрахунок підрангів та рангів впливу на місцеве біологічне різноманіття за Протоколом «An invasive species assessment protocol evaluating non-native plants for their impact on biodiversity (Version1). У таблиці 1 наведені результати розрахунку підрангів та рангів для *Ambrosia artemisiifolia*, у таблиці 2 – зведені результати значення підрангів та рангів для усіх виявлених інвазійних видів.

Таблиця 1. Протокол визначення впливу *Ambrosia artemisiifolia* на місцеве біорізноманіття.

Фактори	Діапазон	Бальний показник	Сума балів	Значення підрангу	Значення рангу
Екологічний вплив					
Вплив на процеси екосистеми	ВС	17	57	Середній	Середній
Вплив на структуру екологічного співтовариства	А	18			
Вплив на екологічний склад спільноти	А	18			
Вплив на окремі види рослин або тварин	Д	0			
Природоохоронне значення місцевих видів, які перебувають під загрозою	СД	4			
Поточний розподіл і чисельність					
Поточний розмір діапазону в регіоні	Д	0	20	Середній	
Частка поточного ареалу, де види негативно впливають на біорізноманіття	А	15			
Частка заселених одиниць території	А	3			
Різноманітність середовищ існування або екологічних систем, у які потрапив вид	ВС	2			
Тенденція поточного розподілу і чисельності					
Поточна тенденція загального ареалу в регіоні	ВС	9	34	Середній	
Частка потенційного діапазону, зайнятого на даний момент	А	3			
Потенціал розповсюдження на великі відстані в межах регіону	А	9			
Розширення місцевого ареалу	ВС	3			
Внутрішня здатність потрапляння в заповідні зони та середовища існування інших місцевих видів	СД	1			
Подібні середовища в інших місцях	-	-			
Репродуктивні характеристики	А	9			
Складність управління					
Загальні труднощі управління	ВС	9	17	Низький	
Мінімальний час	ВС	8			
Вплив управління на місцеві види	Д	0			
Доступність захоплених територій	Д	0			

Інвазійні види за Протоколом відносилися до чотирьох рангів впливу на місцеве біорізноманіття (І-Ранги), серед них 41% видів мали «середній» ранг (*Bidens frondosa, Asclepias syriaca, Rhus typhina, Robinia viscosa)*, 31% видів мали «низький» ранг (*Heliopsis tuberosus, Impatiens glandulifera, Quercus rubra, Parthenocissus inserta*). «Високий» ранг впливу мали 4 види, або 13% (*Parthenocissus quinquefolia, Solidago canadensis, Heliopsis helianthoides, Heracleum sosnowskyi*).

Таблиця 2. Ранги впливу інвазійних видів рослин на місцеве біорізноманіття

Назва виду	Ранг	Назва виду	Ранг
Erigeron annuus	Середній	*Robinia viscosa*	Середній
Galinsoga parviflora	Низький	*Paulownia tomentosa*	Незначний
Erigeron canadensis	Низький	*Rhus typhina*	Середній
Parthenocissus quinquefolia	Високий	*Ambrosia artemisiifolia*	Середній
Parthenocissus inserta	Середній	*Acer negundo*	Середній
Fallopia sachalinensis	Середній	*Ailanthus altissima*	Низький
Catalpa bignonioides	Незначний	*Echinocystis lobata*	Середній
Gleditsia triacanthos	Незначний	*Robinia pseudoacacia*	Середній
Solidago gigantea	Середній	*Quercus rubra*	Низький
Solidago canadensis	Високий	*Heracleum sosnowskyi*	Високий
Sorbaria sorbifolia	Низький	*Impatiens parviflora*	Низький
Portulaca oleracea	Низький	*Impatiens glandulifera*	Низький
Amorpha fruticosa	Середній	*Asclepias syriaca*	Середній
Heliopsis helianthoides	Високий	*Heliopsis tuberosus*	Низький
Physocarpus opulifolius	Незначний	*Cyclachaena xanthifolia*	Низький
Symphoricarpost albus	Незначний	*Bidens frondosa*	Середній

Висновки. Дослідженнями встановлено зростання 32 інвазійних видів на території м. Рівного та прилеглих територіях, що свідчить про існування сприятливих умов для їх зростання та поширення. У структурі життєвих форм переважали трав'янисті рослини.

Інвазійні рослин із «високим» та «середнім» рангами становлять серйозну та помірну загрозу для місцевих видів і екологічних спільнот та мають підлягати контролю поширення. Для контролю та боротьби із інвазійними видами у місті важливо дотримуватися природоорієнтованих підходів у розбудові та управлінні зеленими насадженнями; проводити комплексні біотехнічні заходи із знищення та моніторинг поширення; організовувати широкі просвітницькі кампанії на усіх рівнях у співпраці із Департаментом житлово-комунального господарства, енергетики та енергоефективності Рівненської ОДА.

Список літературних джерел

Бурда Р.І., Протопопова В.В., Шевера М.В. (2015). *Чужорідні види у флорі України: роки і автори. Бібліографічний покажчик.* Вип. 3. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. https://www.botany.kiev.ua/doc/bibliograf2.pdf

Бурда Р.І., Протопопова В.В., Шевера М.В., Кучер О.О. (2017). *Чужорідні види флори України: роки і автори. Бібліографічний покажчик.* Вип. 6. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. https://www.botany.kiev.ua/doc/bibliograf6.pdf

Протопопова В.В., Мосякін С.Л., Шевера М.В. (2002). *Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє*. Інститут ботаніки НАН України. https://botany.kiev.ua/doc/shevera38.pdf

An invasive species assessment protocol evaluating non-native plants for their impact on biodiversity (Version1) URL: https://bit.ly/4u4N8uT

Антагоністична активність чорноморських бактерій роду *Bacillus* щодо фітопатогенних мікроміцетів

Кур'янінов Є.Л., Зінченко О.Ю.
Одеський національний університет імені І.І. Мечникова, Одеса, Україна e-mail: ozinchenko@onu.edu.ua

У сучасних умовах кліматичних змін та зростання антропогенного навантаження актуальним є пошук екологічно безпечних біологічних засобів захисту сільськогосподарських культур від фітопатогенних грибів. Перспективним джерелом нових біотехнологічно цінних штамів є морські екосистеми, зокрема Чорне море.

Деякі представники спороутворюючих бактерій роду *Bacillus* тривалий час розглядаються як перспективні антагоністи фітопатогенів бактеріальної та грибкової природи. Представники роду *Bacillus* давно відомі як активні продуценти широкого спектру антибіотичних речовин.

Показано, що не лише *B. subtilis* і *B. pumilus*, а й споріднені біоконтрольні види комплексу *Bacillus* (зокрема *B. velezensis* та *B. amyloliquefaciens*) ефективно пригнічують широкий спектр фітопатогенних грибів завдяки синтезу циклічних ліпопептидів (ітурини, фенгіцини, сурфактини), летких сполук та індукції системної резистентності рослин.

Бактерії роду *Bacillus* вважаються одними з найперспективніших біотехнологічних об'єктів завдяки їх ґрунтовній вивченості, безпечності більшості видів для людини та теплокровних тварин, здатності до спороутворення та невибагливості до умов культивування.

Метою роботи було дослідження антагоністичної активності спороутворюючих бактерій, ізольованих із донних відкладень та гідробіонтів Чорного моря, щодо фітопатогенних грибів.

У роботі досліджено 48 штамів спороутворюючих бактерій, ізольованих із донних осадів, губок та мідій. Антагоністичну активність визначали щодо *Fusarium oxysporum*, *Rhyzoctonia cerealis* та *Alternaria alternata* методом агарових блоків.

За результатами дослідження встановлено, що з 48 досліджених культур 39 продукували антибіотичні сполуки, що пригнічували ріст *Fusarium oxysporum,* 21 культура пригнічувала ріст *Rhyzoctonia cerealis* та 24 – ріст *Alternaria alternata*.

Найбільшу частку активних антагоністів виявлено серед представників *Bacillus subtilis*. Окремі штами *B. megaterium*, *B. pumilus* та *B. atrophaeus* також проявили виражені антифунгальні властивості. Найактивнішими були культури, виділені з мідій.

Висока антагоністична активність штамів, ізольованих із мідій, ймовірно зумовлена особливостями їх екологічної ніші. Як фільтруючі організми мідії постійно контактують із різноманітною мікробіотою, що створює умови жорсткої конкуренції та сприяє відбору бактерій із підвищеною здатністю до синтезу антимікробних метаболітів.

Отримані результати підтверджують перспективність використання морських *Bacillus* spp. як джерела біоагентів для створення екологічно безпечних засобів захисту рослин. Запропонований підхід сприяє збереженню агробіорізноманіття, зменшенню застосування хімічних фунгіцидів та підвищенню стійкості агроекосистем.

Місто Ніжин як об'єкт туристичної привабливості: історико-культурний та гастрономічний аспекти

Валерія Лупинос, Олександр Лукаш
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка;
leralupynosl@gmail.com, lukash2011@ukr.net

Вступ. У сучасному науковому дискурсі питання розвитку внутрішнього туризму в Україні посідає чільне місце, оскільки малі міста з багатошаровою історією стають ключовими точками культурної регенерації. Місто Ніжин постає як унікальний живий простір, де козацька історія, купецькі традиції та студентська енергія переплітаються в єдину соціокультурну тканину. За визначенням дослідників, Ніжин є містом-музеєм, де кожен архітектурний об’єкт є частиною ширшого національного наративу (Морозов, 2007).

Сакральна архітектура Ніжина є домінантою туристичного простору. Ніжин історично сформувався як «місто храмів». У XVII–XVIII століттях тут діяло понад сто церков, що відображало не лише духовні потреби, а й статус міста як найбільшого торговельного вузла Лівобережжя.

Серцем сакральної архітектури є Миколаївський собор (1658 р.), збудований коштом ніжинських козаків. Як зазначають історики архітектури, його п’ятибанна композиція та монументальність форм є еталонним зразком українського бароко, що символізував самоствердження козацької верхівки (Вечерський, 2002). Незважаючи на репресії радянського періоду, собор зберіг свою автентичність і сьогодні є головним магнітом для поціновувачів старовини.

Благовіщенський монастир, заснований наприкінці XVII століття, залишається духовним центром, де архітектура поєднує риси бароко й традиційного українського будівництва. Атмосфера монастиря дозволяє розвивати напрям паломницького та споглядального туризму.

Церква Іоанна Богослова (1752 р.) – рідкісний двоповерховий храм відображає перехід від бароко до раннього класицизму. Функціональний поділ на «теплу» зимову та «літню» церкви, а також участь у будівництві грецького мецената Івана Тернавіота, робить об’єкт унікальним для європейського контексту. Дослідники припускають, що до проєктування міг бути залучений видатний архітектор Іван Григорович-Барський (Самойленко & Самойленко, 2010).

Ніжинський державний університет імені Миколи Гоголя, заснований у 1805 році як Гімназія вищих наук, є «інтелектуальним серцем» міста. Наявність у його структурі Музею рідкісної книги та картинної галереї дозволяє формувати комплексні науково-пізнавальні тури. Постать Миколи Гоголя, чиє становлення відбулося саме в Ніжині, створює навколо міста особливу ауру літературної містики.

Туристична привабливість Ніжина неможлива без його гастрономічної складової. Гастрономічний брендом міста є феномен «Ніжинського огірка», який є першим в Україні прикладом успішної територіальної брендизації на основі локального продукту. Поява цього бренду пов’язана з грецькою громадою XVII ст., яка привезла секрети соління, що в поєднанні з місцевим хімічним складом

води дали унікальний хрускіт та смак. Продукція ніжинських заводів постачалася до багатьох королівських дворів Європи, що створює чудову базу для розробки «маршрутів смаку».

Як зазначає М. Потапенко (2021), зародження бренду «Ніжинський огірок» датується кінцем XVII століття й обумовлювалося, принаймні, трьома чинниками. По-перше, у Ніжині, як найбільшому місті Лівобережної України, значного поширення набуло городництво, яке оперативно забезпечувало містян овочами, в тому числі й огірками. До середини XIX століття Ніжин потопав у сірості калюж й зелені садів та городів. По-друге, соління огірків неможливе без солі, а в Ніжині її було більш, ніж достатньо. Місцевий Всеїдний ярмарок (напередодні Великого Посту) був чи не найбільшим в Лівобережній Україні торгом балканською бакалією, астраханською рибою, середземноморським восьминогом та іншими ласощами. Незмінним супутником цих делікатесів була сіль. У 70–80-ті роки XVIII століття Ніжин став значним осередком оптової торгівлі сіллю – колодязною в стовпиках із Галичини, окницькою земляною з Молдавії, елтонівською земляною з Поволжя, нарешті – кримкою з Кримського ханства. Через це в місті процвітало соляне консервування – тут, окрім огірків, солили гриби, вишні, сливи та груші. Навіть виноград привозили з Півдня для соління. По-третє, солоний огірок був невід'ємним елементом раціону людини, яка значну частину життя проводила в подорожі. Найперше йдеться про купців, які займалися транзитною торгівлею, а в Ніжині ця справа майже повністю перебувала в руках греків. Мабуть звідси й бере початок легенда про те, що секрет соління огірків належав грекам, яким вони поділилися з місцевим населенням лише на початку XIX ст. (Потапенко, 2021). Початок XX століття став часом небувалого піднесення виробництва ніжинського огірка.

Пам'ятник огірку, встановлений у 2005 році, став обов'язковою точкою для відвідування, стимулюючи розвиток селфі-туризму та подієвого менеджменту (зокрема, проведення фестивалів огірка).

Для повної реалізації потенціалу Ніжина необхідна цифровізація туристичних послуг. На базі Плану відновлення та розвитку Ніжинської територіальної громади на 2024–2027 рр. передбачено створення інтерактивних мап та оновлення транспортної інфраструктури, що дозволить зробити місто доступнішим для іноземних та внутрішніх туристів (Ніжинська міська рада, 2023).

Отже, Ніжин має всі передумови для трансформації у провідний туристичний хаб Північної України. Поєднання автентичної архітектури, глибоких освітніх традицій та впізнаваного гастрономічного коду забезпечує місту стійку конкурентну перевагу на ринку туристичних послуг.

Список використаних джерел

Вечерський, В. В. (2002). *Втрачені об'єкти архітектурної спадщини України*. Головкиївархітектура.

Морозов, О. (2007). Археологічні пам'ятки Ніжина та околиць (за матеріалами досліджень Ніжинського краєзнавчого музею). *Ніжинська*

старовина. Ніжинознавчі студії № 1: Історико-культурологічний збірник, 3, 5–23. http://ndu.edu.ua.

Ніжинська міська рада. (2023). *Стратегія розвитку Ніжинської міської територіальної громади на 2023-2027 рр.* Офіційний сайт Ніжинської міської ради. https://www.nizhynrada.gov.ua/nmr/miska-gromada/gromadski-obgovorennya/strategiya-rozvitku-nizhinskoji-miskoji-teritorialnoji-gromadi-na-2023-2027-rr

Потапенко, М. (2021). *Curriculum vitae ніжинського огірка*. їzhakultura. https://yizhakultura.com/material/20210901_0744.

Самойленко, Г. В., & Самойленко, О. Г. (2010). *Ніжин – європейське місто*. Видавець Лозовий В. М.

Перебудова вуглеводного метаболізму коропа лускатого за дії мікотоксинів як індикатор токсичності водного середовища

Руслан Любчиков
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, Чернігів, Україна
lubchikovr@gmail.com

Сучасні водні екосистеми дедалі частіше піддаються впливу антропогенних забруднювачів, серед яких особливу небезпеку становлять мікотоксини, здатні накопичуватися у воді та тканинах гідробіонтів. Їх дія спричиняє порушення обмінних процесів і дестабілізацію гомеостазу риб. У коропа лускатого мікотоксикоз супроводжується змінами показників енергетичного обміну, що відображає розвиток адаптивних реакцій (Symonova et al., 2018). Вуглеводний обмін є центральною ланкою енергозабезпечення організму, особливо за умов екологічного стресу (Zhidenko et al., 2007). Дослідження активності ферментів гліколізу, циклу трикарбонових кислот та пентозофосфатного шляху дозволяє оцінити характер біохімічних перебудов у тканинах риб (Mekhed et al., 2004; Yakovenko et al., 2018).

Метою роботи було з’ясувати вплив різних концентрацій мікотоксину Т2 на метаболічні показники дворічок коропа та визначити їх значення для біоіндикації.

Встановлено, що активність лактатдегідрогенази залишалася відносно стабільною, що свідчить про її резистентність до токсичного впливу (Yakovenko et al., 2018). Водночас у зябрах за високих концентрацій токсину спостерігалося різке зростання активності ізоцитратдегідрогенази, що вказує на посилення аеробного енергетичного обміну. У печінці та м’язах також відмічено підвищення активності ІЦДГ залежно від дози токсиканту, що пов’язано з інтенсифікацією циклу Кребса (Martseniuk et al., 2018).

У мозку зафіксовано зростання активності глюкозо-6-фосфатдегідрогенази, що свідчить про активацію пентозофосфатного шляху та посилення синтезу NADPH. У білих м’язах, навпаки, активність цього ферменту знижувалася, що може відображати тканинну специфічність реакцій. Концентрація глюкози в крові змінювалася незначно, підтримуючи гомеостаз, тоді як у печінці спостерігалося зменшення вмісту глікогену, що свідчить про мобілізацію енергетичних резервів. Отримані результати демонструють переорієнтацію метаболічних потоків у напрямку глюконеогенезу та компенсаторного посилення енергетичного забезпечення організму.

Таким чином, зміни активності ферментів вуглеводного обміну мають виражений тканинно-специфічний характер і залежать від концентрації мікотоксину Т2 (Mekhed, 2024).

Виявлені біохімічні зрушення можуть розглядатися як чутливі маркери токсичного навантаження у водних екосистемах. Їх використання є перспективним для екологічного моніторингу та оцінки стану рибних господарств.

Література

1.Martseniuk, V. M., Potrokhov, O. S. & Zinkovskiy, O. G. (2018). Energy metabolism in organs and tissues of perch Perca fluviatilis under changes of water temperature. *Hydrobiological Journal*, 54(4), 85–94.

2. Mekhed, O. (2024). Changes in the biochemical indicators of hydrobionts in response to the toxic effect of mycotoxin T2. *One World – One Health,* Słupsk, 263–266.

3. Mekhed, O. B., Yakovenko, B. V., & Zhidenko, A. A. (2004). Activity of some enzymes of carbohydrate metabolism in tissues of yearlings and two-years-old carps in the autumn time. *Hydrobiological Journal*, 40 (5), 77–84.

4.Symonova, N. A., Mekhed, O. B., Kupchyk, O. Y., & Tretyak, O. P. (2018). Toxicants in the degradation of lipids in the organism of scaly carp. *Ukrainian Journal of Ecology,* 8(4), 6-10.

5.Yakovenko, B. V., Tretyak, O. P., Mekhed, O. B. & Iskevych, O.V. (2018). Effect of herbicides and surfactants on enzymes of energy metabolism of the *Cyprinus carpio*. Ukrainian Journal of *Ecology,* 8 (1). 948 – 952

Наукова істина в епоху «постправди»: розвиток критичного мислення в процесі вивчення природничих дисциплін

Надія Маринець, Катерина Шовш
Закакрпатський угорський університет ім.Ф.Ракоці ІІ, м.Берегове, Україна,
marynets2020@gmail.com, soos.katalin@kmf.org.ua

Сучасна доба «постправди» характеризується не стільки дефіцитом інформації, скільки розмиванням меж між реальністю та вигадкою, де об’єктивний факт втрачає свою вагу, поступаючись місцем зручним інтерпретаціям. Це створює специфічний виклик для природничої освіти: у сучасному дискурсі неможливо обмежитися лише трансляцією суми фактів, оскільки вони постійно викривляються псевдонауковими теоріями, які сіють сумніви там, де насправді існує доведена істина. З філософської точки зору, вивчення біології та хімії сьогодні має ґрунтуватися на епістемології. Згідно з концепцією Карла Поппера, фундаментальною ознакою наукового знання є принцип фальсифікованості: наукова теорія обов'язково повинна передбачати можливість свого спростування через експериментальну перевірку. Псевдонаука, навпаки, є догматичною і завжди знаходить «підтвердження» власним тезам, ігноруючи факти. Серед завдань освітнього процесу є формування навичок ідентифікації меж між науковим методом та маніпулятивною теорією.

Дж. Хейбер підкреслює, що “в міру того, як формування критичного мислення ставало освітнім пріоритетом, вчителі, політики та науковці намагалися осягнути критичне мислення так сам, як уже усталені навчальні дисципліни, де процес засвоєння навичок на кшталт читання й письма (…) вимагає покрокового набуття вмінь і розуміння сукупності знань, із яких складається кожен предмет” [4, с. 19].

Природничі науки виявляються особливо вразливими до дезінформації саме через їхню внутрішню складність. Ця складність нерідко сприймається індивідом як акт «когнітивного насильства», від якого він шукає порятунку в "когнітивній легкості" (за Д. Канеманом) — прийнятті спрощених, але психологічно комфортних фальсифікацій. Така "ілюзія розуміння" дозволяє Системі 1 ігнорувати складні наукові консенсуси на користь доступних. Яскравим прикладом є маніпуляції навколо «вбивчого складу» харчових добавок Е-серії, де часто ігнорується той факт, що навіть звичайне яблуко містить складний набір хімічних сполук (зокрема Е296 — яблучну кислоту). Філософський аспект даної проблеми полягає у подоланні наївного дуалізму «природне — добре, штучне — погано». При вивченні дисциплін природничого спрямування важливо донести до здобувачів освіти, що токсичність залежить не від того, чи молекула створена людиною, чи природою, а виключно від її кількості та того, як вона взаємодіє з організмом.

Для ефективної реалізації цих завдань найбільш доцільним є застосування методу "Case Study", що базується на "наборі для виявлення нісенітниць" (К. Сагана, 2023). Цей інструментарій дозволяє перетворити пасивне споживання інформації на активне наукове розслідування. Наприклад, замість традиційного

викладу властивостей води, викладач пропонує студентам аналіз медійного феномену «структурованої води» або концепції її «пам'яті». Такий підхід дозволяє не лише закріпити знання про молекулярну будову H_2O, а й наочно продемонструвати, як псевдонаука використовує академічну термінологію для легітимізації маніпулятивного контенту. Під час такого аналізу студентам пропонується алгоритм верифікації, що включає перевірку експертності джерела (наявність профільної освіти та наукового ступеня у автора публікації), оцінку валідності методології (наявність плацебо-контролю й рецензування у фахових виданнях), виявлення конфлікту інтересів та аналіз стилістичних маркерів дезінформації (емоційні заклики, «сенсаційність», риторика «змови корпорацій»).

Виховання критичного мислення при вивченні природничих дисциплін виходить далеко за межі суто пізнавальних навичок, оскільки воно містить глибоку етичну складову. В умовах, коли інформація визначає те, як ми діємо, наукова грамотність стає важливою частиною соціальної відповідальності особистості. Адже, взаємодія з інформаційними потоками сьогодні становить собою особистий свідомий ціннісний вибір. Поширення неперевірених тез не є невинною інтелектуальною розвагою — це акт інтелектуальної недбалості, що призводить до критичної дезорієнтації особистості.

Отже, формування культури інформаційної гігієни є невід'ємною частиною сучасної природничої освіти. Вона має сформувати у здобувачів розуміння того, що бути науково грамотним — означає бути безпечним для себе та оточуючих. Це шлях становлення інтелектуальної автономії особистості, де науковий метод слугує не лише інструментом пізнання всесвіту, а й гарантом збереження здоров'я та життя в умовах маніпулятивних стратегій епохи «постправди».

Літературні джерела

Канеман Д. 2017, *Мислення швидке й повільне*. Пер. з англ. М. Яковлєва. — К.: Наш Формат, 2017. 480 с. URL: https://nashformat.ua/products/myslennya-shvydke-j-povilne-703355

Саган К. 2023, *Світ, повний демонів. Наука як свічка у пітьмі*. Пер. з англ. М. Кузнецової. — Х.: КСД, 2023. 384 с. https://www.yakaboo.ua/ua/svit-povnij-demoniv-nauka-jak-svichka-u-pit-mi.html

Поппер К. Р. 1994, *Логіка наукового дослідження*. Пер. з англ. — К.: Абрис, 1994. 448 с.

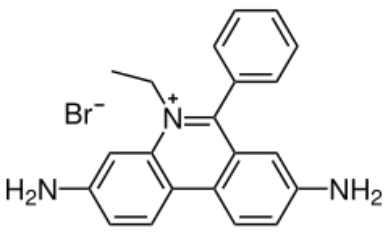
Хейбер, Дж 2023, *Критичне мислення. Твій бронік проти інформаційної зброї*, перекл. з анг. Бойченко, О, Київ: Вид-во "ArtHuss", 198 с. https://bookinstein.ua/kritichne-mislennya?srsltid=AfmBOoobmBB4dBv2ej2Mk-FUjlc5pfvcTTw0VPypq8-99w15xbYglfJt

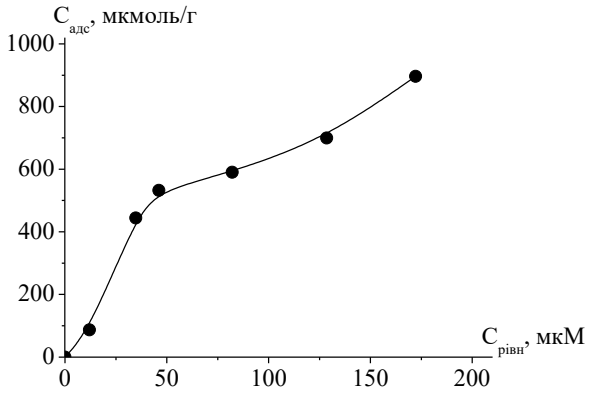
Розрахунок параметрів адсорбції етидіум броміду на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану

Ольга Маркітан
Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ
kammar@ukr.net

Функціоналізація нанорозмірних оксидів сприяє створенню матеріалів, які мають велику спорідненість з біологічними та природними системами. Перспективним для розробки модельних систем та нових терапевтичних засобів є нанокристалічний діоксид титану. Він має низьку токсичність, стабільність фізико-хімічних параметрів та високу біосумісність, використовується в біомедицині, може слугувати носієм біологічно активних речовин. Домінуючою молекулою в нанобіотехнологічних дослідженнях та генній інженерії в останні роки стала дезоксирибонуклеїнова кислота (ДНК). Протягом останніх десятиліть методом підбору адаптованих послідовностей нуклеїнових кислот з'явилася можливість створювати штучні наноструктури. Такі синтетичні наноструктури ДНК здатні слугувати платформами та активними компонентами нанобіотехнологічних досліджень, оскільки є програмованим матеріалом.

У роботі досліджено адсорбційну взаємодію дезоксирибонуклеїнової кислоти, іммобілізованої на поверхні нанокристалічного діоксиду титану, з етидій бромідом (ЕТ) та розраховано її кількісні й термодинамічні параметри. Етидій бромід – біологічно активна речовина, яка використовується в молекулярній біології як флуоресцентний барвник для візуалізації нуклеїнових кислот, а також є яскравим представником для моделювання механізмів взаємодії молекул речовин з ДНК, будучи потенційним інтеркалятором (рисунок , *а*).





а *б*

Рисунок – Структурна формула етидій броміду (*а*) та залежність величини його адсорбції на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану від концентрації сорбату (*б*). Вміст ДНК на поверхні діоксиду ($C_{ОКС}$= 1г/л) титану 0,03 г/л при $C_{ЕТ}$=20–200 мкМ.

Сорбційну взаємодію етидій броміду на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану було досліджено в залежності від вихідної концентрації біологічно

активної речовини при pH=5 (рисунок, *б*) та проаналізовано отримані результати з використанням різних ізотермічних моделей (таблиця). Роль сорбенту у цій взаємодії виконує дезоксирибонуклеїнова кислота, іммобілізована на поверхні діоксиду. Оскільки молекули етидій броміду в досліджуваному інтервалі pH перебувають у протонованій формі, то рушійною силою адсорбції на початковому етапі є електростатична взаємодія, яка спрямовує молекулу ЕТ до того чи іншого центру зв'язування.

Величина кореляції лінійних залежностей (R^2 = 0,97–0,99) вказує на те, що результати розрахунків за використаними моделями можуть бути застосовані для характеристики процесу адсорбції.

Таблиця – Кількісні параметри адсорбції у системі TiO_2–ДНК–ЕТ

Модель адсорбції	**Параметри моделі**	**Значення параметрів**
		pH = 5
Ленгмюра	$log\ K_L$ A_{max}, ммоль/г $\Delta\ G°$, кДж/моль R_L, (C_0, моль/л) R^2	5,52 1,73 -30,99 0,13 0,9955
Фрейндліха	K_F, г/ммоль $1/n$ R^2	14,25 0,34 0,9524
Дубінін-Радушкевича	A_{max}, ммоль/г E, кДж/моль R^2	10,72 9,54 0,9657
Тьомкіна	$log\ K_T$ B_T, кДж/моль R^2	5,32 11,137 0,9945

Ізотермічна крива в області менших концентрацій задовільно описується рівнянням Ленгмюра. При підвищенні концентрації сорбату крива залежності поступово зростає. Початкова гілка ізотерми відповідає процесу проникнення молекул адсорбату у жолобки з наступною напів- чи повною інтеркаляцією, враховуючи електростатичну складову на початковому етапі взаємодії, наступне зростання кривої – електростатичному зовнішньому зв'язуванню, оскільки тип процесу взаємодії залежить від співвідношення $C_{ДНК}/C_{ET}$. Не виключено, що при подальшому підвищенні концентрації можлива взаємодія між молекулами адсорбату, коли попередньо сорбована молекула етидій броміду з ДНК слугує центром зв'язування для кожної наступної.

Величина вільної енергії Гіббса ($\Delta G°<0$), розрахована на основі константи Ленгмюра, свідчить про самовільність процесу. Константи адсорбційної рівноваги, розрахована за рівнянням Ленгмюра та Тьомкіна показують, що зв'язування ЕТ з ДНК–вмісним діоксидом титану є досить сильним і проходить самовільно за іонообмінним механізмом, оскільки значення енергії адсорбції,

розраховані за моделями Дубініна-Радушкевича та Тьомкіна, знаходяться в межах 8<E<16 кДж/моль. Параметри міри інтенсивності сорбції *1/n* та R_L, розраховані за моделями Фрейндліха та Ленгмюра відповідно, вказують на сприятливий характер адсорбції ЕТ на поверхні ДНК-вмісного діоксиду титану.

Такі гібридні органо-мінеральні сорбенти можуть слугувати модельними системами для дослідження ефективного та направленого транспортування молекул біологічно активних речовин до потрібної ділянки або вилучення їх надлишкових кількостей з метою зменшення побічних ефектів при використанні даних сполук.

Значимість природоохоронних об'єктів для розвитку екологічної освіти в Україні

Раїса Матяшук, Любов Губарь, Ірина Ткаченко, Ігор Тесленко
Державна установа «Інститут еволюційної екології НАН України», м. Київ, Україна, e-mail: raisakiev2015@gmail.com, ogubar@gmail.com, irina_tkachenko77@ukr.net, piterkozlevic@gmail.com

Територія України відзначається значною кількістю об'єктів природно-заповідного фонду (ПЗФ) різнопланового призначення. Всі ПЗФ характеризуються високим рівнем біорізноманіття, особливу цінність мають об'єкти, які розташовані поблизу місць проживання людей та можуть бути не лише місцем відпочинку, а й слугувати безцінним джерелом отримання екологічних знать. Екологічна освіта та екологічна культура є основами гармонійного розвитку людини, формування свідомої і відповідальної особистості зі знаннями й навичками щодо самостійних і колективних дій для збереження та поліпшення стану живої природи. Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення «Феофанія» (далі – ППСПМ «Феофанія») входить до складу ПЗФ України і є наймолодшим та найперспективнішим місцем відпочинку киян та гостей столиці. Ця територія також є вдалим об'єктом для проведення навчальних заходів та освітньо-просвітницької діяльності. Для цих завдань актуальною є реалізація проєктів із забезпечення безбар'єрного доступу до еко-освітньої інформації, зокрема щодо відомостей про види, форми і сорти рослин, які зібрані в єдину ландшафтну композицію парку (Matyashuk et al., 2021, Matyashuk et al., 2023). Зокрема, за результатами моніторингових досліджень біорізноманіття цієї території та розробки наукових засад збереження її природних комплексів виокремлений фонд декоративно-цінних багаторічних трав'яних рослин місцевої флори (Радченко та ін., 2019; Matyashuk et al., 2021). Задля акцентування уваги на цінності природної спадщини краю, репрезентування унікальних природних комплексів створена дизайнерська ландшафтна композиція з використанням декоративно-естетичного потенціалу різноманіття трав'янистих багаторічників спонтанної флори урочища Феофанія. Створена дизайнерська композиція, окрім естетичної функції також виконує важливе просвітницьке призначення і слугує фондом розмноження перспективних видів, форм та сортів. При створенні композиції було передбачене певне тематичне планування – виокремлені ділянки ранньоквітучих рослин, ароматичних видів, медоносів, локація видів і сортів чебрецю, зібрання 5 видів полину, осередки рідкісних рослин та декоративних злаків. Зібрання видів з різним спектром життєвих форм, життєвого циклу, типів кореневої системи, типів надземних та підземних пагонів, типів вегетації тощо дозволяє водночас виявити загальні риси їх морфологічної та екологічної адаптації до середовища вирощування.

Розширенню можливостей наукових досліджень, підвищенню ефективності природоохоронної та екологічної освіти, отриманню більш якісних рекреаційних послуг сприяє все ширше використання сучасних інформаційно-комунікаційних технологій в усіх сферах життя людства. Саме на організацію

безбар'єрного середовища і вдосконалення природоохоронної та освітньої функцій парку також спрямована ця розробка. У результаті виконання проєкту передбачене використання сучасних технічних засобів для безбар'єрного доступу до відомостей про залучені до дизайнерської композиції рослини. Через сканування QR-коду на встановлених табличках можна отримати доступ до основної інформації та додаткових фотоматеріалів про понад 90 видів багаторічних трав'янистих фітоавтохтонів Київщини (Авторське свідоцтво на науковий твір, 2024). Завдяки компактному розташуванню рослин з можливістю ознайомлення з кожним елементом композиції (через додані таблички з назвами рослин) і науковою інформацією про кожен вид із онлайн бази відвідувачі можуть отримати комплексні знання про фіторізноманіття краю, не порушуючи природні місцезростання видів. Проєкт сприяє наданню відвідувачам цілісних екологічних знань, розвитку екологічного мислення та свідомості, вихованню екологічної культури, що ґрунтуються на бережливому ставленні до природи.

Актуальність питання організації безбар'єрного простору в Україні стрімко зростає з кожним днем війни. Вкрай важливо підтримати всі конструктивні зусилля задля зменшення перешкод у вільному доступі людей з функціональними обмеженнями до всіх життєвих ресурсів. Об'єкти живої природи, парки, зони родинного відпочинку є важливою складовою цих ресурсів, а гарденотерапія визнана інноваційним та ефективним методом реабілітації людей (Матяшук, Войтюк, 2022). Окремим елементом створення безбар'єрного середовища на об'єктах живої природи і можливості отримання реабілітаційних послуг став реалізований проєкт мультисенсорної локації на території ППСПМ «Феофанія». Для забезпечення мультисенсорного контакту з рослинами додатково облаштовані зони дотикової стимуляції, зокрема у вигляді міні-клумб висотою 1,0-1,2 м. Організовані зони реалізації повного спектру сенсорних можливостей – тактильних, колористичних, звукових, застосована ароматерапевтична композиція рослин (Matyashuk et al., 2024, Matyashuk et al., 2025). На дотримання вимог інклюзивності проєктом передбачений доступ до інформації про окремі види рослин через аудійовані матеріали, доступ до яких забезпечують сучасні технічні засоби.

Започаткований створення на території ППСПМ «Феофанія» локацій з урахуванням суспільних потреб і комунікативних можливостей людей та сучасних технічних можливостей важливе як для освітньо-інформаційної діяльності, так і для поглиблення природотерапевтичних технік відновлення людини. Доповнення рекреаційних зон існуючих об'єктів природи компонентами для сенсорної стимуляції сприятиме ширшому впровадженню Національної стратегії зі створення безбар'єрного простору в Україні та цілям екологічної освіти загалом.

Список джерел інформації

Matyashuk, R. K. Gubar, L. M. Pirko, I. F. (2021) Essay on the prospects for the use of decorative perennials of the spontaneous flora of the local landscape Feofaniya. Plant Introduction, 91/92, 54–63. https://doi.org/10.46341/PI2021013

Matyashuk, R. K. Pirko, I. F. Gubar, L. M. Tkachenko, I. V. (2023) Decorative

perennials of the regional flora for recreation landscapes in the forest-steppe zone. Biosystems Diversity, 31(3), 319–326. https://doi.org/10.15421/012337

Радченко, В. Г. Бурда, Р. І. Пашкевич, Н. А. Конякін, С. М. Крахмальний, О. Ф. Гапонова, Л. П. Матяшук, Р. К. Шупова, Т. В. Дубровський, Ю. В. (2019) Парк-пам'ятка садово-паркового мистецтва Феофанія – осередок біотичного різноманіття урбаноекосистеми Києва. Екологічні науки. Науково-практ. журнал, 2(25), 138–146. https://doi.org/10.32846/2306-9716-2019-2-25-22

Авторське свідоцтво на науковий твір «База даних багаторічних трав'янистих фітоавтохтонів Київщини» (2024). Матяшук, Р. К. Ткаченко, І. В. Крилов, Я. І. Губарь, Л. М. No 132494 від 30.12.2024 р.; заявка No 202409162 від 06.11.2024 р. Авторське право і суміжні права: Офіц. Бюлетень, 85, 702–703. https://ukrpatent.org/uk/articles/bulletin-copyright

Матяшук, Р. К. Войтюк, Ю. О. (2022) Безбар'єрне середовище на об'єктах живої природи (досвід та подальші наміри на його розвиток). Круглий стіл «Європейська практика соціальних інновацій в освіті та суспільстві» (18 травня) і Круглий стіл «Соціальні та культурні Європейські Студії» (19 травня), 167–170. http://enpuir.npu.edu.ua/handle/123456789/37652

Matiashuk, R. Gubar, L. Krylov, Ya. Tkachenko, I. (2024) Prospects of formation therapeutic locations on the base of species of local flora. Book of Abstracts of the 6 th International Scientific Conference Agrobiodiversity for Improving the Nutrition, Health, Quality of People Life and Nature. September 8, P. 89. https://doi.org/10.15414/2024.9788055227702

Matiashuk, R. Gubar, L. Kolesnichenko, O. Krylov, Ya. Radionov, R. Kozachuk, T. Tkachenko, I. (2025) Searching for opportunities to adapt green infrastructure for creating a barrier-free environment in living nature sites. Plant Introduction, 107, 48–61. https://doi.org/10.46341/PI2025014

Антибактеріальна активність деяких водних рослин

Мегалінська Г.П., Білик Ж.І., Шимон Т.Т., Кондратюк Д. С.
Український державний університет імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна
Anna.megalin@ukr.net

Проблема очищення води є актуальною проблемою сьогодення, особливо поблизу великих міст, де у природні водойми скидають промислові та побутові стоки.

Природні води, які містять органічні та мінеральні речовини можуть бути середовищем для розмноження мікроорганізмів, що веде до бактеріального забруднення водойм. В залежності від типу забруднення в акваторії розмножуються як алохтонні, так і автохтонні мікроорганізми.

Процеси самоочищення водойм залежать від різноманітності екологічно складу водних рослин в водних ценозах. Тому одним з перспективних і екологічно безпечних методів очищення є метод фіторемедіації. Вищі водні рослини завдяки своїм морфологічним особливостям здатні по-різному абсорбувати бактерії та інші види забруднюючих факторів на своїй поверхні. В той же час біохімічна будова рослин з джерелом активних хелатоутворювачів, здатних взаємодіяти з важкими металами. Як правило для очищення стічних вод використовують такі види вищих водних рослин як комиш, очерет озерний, рогіз вузьколистий і широколистий, рдест гребінчастий і кучерявий, спіродела багатокоренева, елодея канадська, водяний гіацинт, сусак зонтичний, стрілолист звичайний, уруть кільчаста (Мегалінська, 2022)

Метою представленого дослідження було порівняння антибактеріальної активності гіацинта водяного, пістії шаруватої та кушира зануреного. Гіацинт водяний та пістія шарувата – адвентивні рослини, які потрапляють у водойми України внаслідок антропічного впливу людини. Ці види мають декоративну цінність і використовуються для присадибних штучних водойм, звідки і потрапляють у акваторію річок. Кушир занурений аборигенна рослина водойм України.

Для вивчення і порівняння антибактеріальної активності обраних фіторемедіаторів використали диско-дифузійний метод (Valgas, 2007). Тестовими мікроорганізмами були *Escherichia coli* (Migula 1985) Castellani and Chalmeres 1919 ATCC 25922 (кишкова паличка), *Proteus vulgaris* Hauser, 1885 ATCC 6896 (протей звичайний), *Pseudomonas aeruginosa* Schroeter 1872, Migula 1900 ATCC 9027 (синьогнійна паличка), *Staphylococcus aureus* УКМ В-919 (стафілокок золотистий), *Candida albicans* (кандида біліюча).

Результати дослідження представлені в таблиці 1.

Як свідчать представлені в таблиці данні найбільшу антибактеріальну активність відносно кишкової палички виявив гіацинт водяний. На стафілокок золотистий і пістія шарувати, і гіацинт водяний діють однаково. Синьогнійна паличка виявилася найбільш чутливою до пістії шаруватої.

Таблиця 1.

Антибактеріальна активність водних витяжок з пагонів досліджуваних рослин

Тестовий мікроорганізм	Зона гальмування в мм		
	Eichornia crassipes (MART) Splms	*Pistia stratiotes* L.	*Ceratophyllum demersum* L.
Escherichia coli Кишкова паличка	11,0±0,8	10,8±0,7	10,3±0,9
Staphylococcus aureus Стафілокок золотистий	12,8±1,1	12,8±1,1	11,0±1,2
Pseudomonas aeruginosa Синьогнійна паличка	10,4±0,7	11,2±0,7	10,0±0,8
Proteus vulgaris Протей звичайний	10,7±0,8	8,0±0,9	10,0±0,4
Candida albicans Кандида біліюча	-	8,0±0,6	10,0±1,8

Ці дослідження можуть бути використаними для діагностики екосервісного стану ценозів при проведені рекреаційної роботи в умовах акваторії.

Список джерел інформації

Мегалінська Г. П., Страшко С. В., Білик Ж. І., Даниленко Є. В., Давидова Д. О. (2022) Антибактеріальна активність деяких водяних рослин. *Вістник проблем біології і медицини*. 1 (163). С. 93-96.

Valgas C. (2007) Screening methods to determine antibacterial activity of natural products. Brazilian Journal of Microbiology. 38 (2). P. 369–380.

Еколого-ботанічні стежки як засіб екологічної освіти та природоохоронної діяльності

Володимир Мерених, Гаднадь Іштван, Сікура Аніта
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II, м. Берегове, Україна,
merenics.volodimir.b23bi@kmf.org.ua , szikura.anita@kmf.org.ua

Розглянуто значення еколого-ботанічних стежок як ефективного засобу екологічної освіти та формування екологічної свідомості населення. Окреслено їхні освітні, виховні, пізнавальні та рекреаційні функції, висвітлено історію розвитку екологічних стежок у світі й Україні. Проаналізовано принципи створення та організації маршрутів, інформаційного забезпечення, а також вимоги до їхнього природоохоронного та естетичного оформлення. Обґрунтовано доцільність створення еколого-ботанічної стежки на території села Велика Бакта (Закарпатська область).

Ключові слова: еколого-ботанічна стежка, екологічна освіта, природоохоронна діяльність, біорізноманіття, екологічна культура, екологічний туризм.

У сучасних умовах екологічної нестабільності зростає потреба у формуванні екологічної свідомості населення, важливу роль у чому відіграють еколого-ботанічні стежки як ефективний засіб екологічної освіти та природоохоронної діяльності. Вони є спеціально організованими маршрутами, що поєднують освітню, виховну, пізнавальну та рекреаційну функції, спрямовані на ознайомлення з рослинним світом і збереження біорізноманіття.

На відміну від звичайних туристичних маршрутів, еколого-ботанічні стежки мають чітку освітню мету — формування екологічно відповідального ставлення до природи через безпосередній контакт із природним середовищем. Їх розвиток у світі бере початок у XIX–XX століттях і пов’язаний із діяльністю національних парків, заповідників і ботанічних садів у країнах Європи та Північної Америки. В Україні активне створення екологічних стежок розпочалося у другій половині XX століття та посилилося після здобуття незалежності, коли екологічна освіта стала одним із пріоритетів державної політики.

Еколого-ботанічні стежки виконують важливу освітньо-виховну функцію, сприяючи розвитку екологічної культури, навичок спостереження, аналізу природних процесів і відповідальної поведінки людини у природному середовищі. Вибір території для створення стежки базується на оцінці її екологічної цінності, рівня біорізноманіття, доступності, безпеки та відповідності природоохоронним вимогам.

Відбір об’єктів екскурсійного маршруту здійснюється з урахуванням їх екологічної, освітньої та естетичної цінності, а також можливості організації інтерактивного навчання. Планування маршруту передбачає врахування логістики, безпеки, доступності для різних груп населення та мінімізації впливу на навколишнє середовище. Важливим складником є інформаційне забезпечення еколого-ботанічних стежок — анотації, стенди, путівники, мультимедійні ресурси, що підвищують пізнавальну цінність і ефективність екологічної освіти.

Дотримання естетичних і природоохоронних вимог забезпечує гармонійне поєднання діяльності людини з природним середовищем і сприяє збереженню природної спадщини. Створення еколого-ботанічної стежки на території села Велика Бакта є доцільним з огляду на її природний потенціал, багатство біорізноманіття та можливості розвитку екологічного туризму й екологічної освіти.

Отже, еколого-ботанічні стежки виступають важливим інструментом формування екологічної культури суспільства, поєднуючи освітню, виховну та природоохоронну функції й сприяючи збереженню природного середовища.

Інноваційні підходи у викладанні фізики в умовах цифрової трансформації освіти

Месарош Лівіа Василівна
Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II, Берегово, Україна, meszaros.livia@kmf.org.ua

Високі темпи збільшення потоку інформації суттєво впливають на повсякденне життя людини. За допомогою штучного інтелекту можна персоналізувати навчання, адаптувати матеріали до індивідуальних потреб здобувачів та забезпечити ефективніший процес засвоєння знань. Із розвитком інформаційних систем також змінюється нове покоління освітян, для яких стандартні освітні програми, які були розробленні десятиліттями назад, уже є неактуальними та незаохотливими (Цюпаченко & Василенко, 2024). Запровадження комплексу освітніх інновацій має бути випуск кваліфікованого фахівця, який здатен не лише ефективно виконувати свої функціональні обов'язки, а й продукувати та запроваджувати інноваційні технології у сфері своєї професійної діяльності. Від запровадження певної інноваційної педагогічної технології до отримання дієвих результатів цієї технології може пройти десяток років, чи навіть і більше. І саме тому в освіті конче потрібно запровадження найактуальніших і найновіших інновацій (Легенький, 2017).

Після пандемії 2019 року стрімкого розвитку набули технології дистанційного навчання, а також процеси впровадження візуалізації знань, спрямовані на покращення їх засвоєння, що зумовило необхідність використання інструментів комп'ютерної підтримки. На сьогодні невід'ємною складовою розвитку технологій та освітньої сфери є штучний інтелект, так як виступає потужним інструментом підтримки навчальної та науково-дослідницької діяльності у сфері природничих наук, у тому числі фізики, поєднуючи обчислювальні можливості, аналітичні методи та засоби візуалізації.

Автори (Салтикова та ін., 2025) зазначають, що інтерактивні дошки та мультимедійні ресурси дозволяють проводити обговорення, спільно розв'язувати задачі та аналізувати проблеми, залучати усіх студентів до процесу. Проєктна діяльність, що включає інтерактивні технології, дає можливість працювати над реальними проблемами, використовуючи фізичні принципи, це змушує студентів аналізувати, планувати і реалізовувати свої ідеї; онлайн-дослідження, які використовують інтернет-ресурси, допомагають студентам збирати дані, порівнювати різні джерела інформації та оцінювати їх достовірність; відео та анімації є чудовими інструментами для демонстрації складних фізичних процесів. Після перегляду відео викладач може організувати обговорення, у якому студенти аналізують побачене, а через онлайн тести можна оцінити рівень розуміння матеріалу та адаптувати навчальний процес відповідно до потреб студентів.

У процесі викладання фізики у закладах вищої освіти виявляється низка проблемних питань, які суттєво знижують ефективність навчання та зумовлюють потребу в упровадженні інноваційних педагогічних підходів. Передусім це пов'язано зі зростанням вимог до рівня професійної підготовки

випускників, здатних до аналітичного мислення, творчого застосування знань та адаптації до швидких змін у професійному середовищі.

Навчання фізики у професійній підготовці майбутніх учителів природничих дисциплін має комплексний характер і спрямоване на формування предметних, методичних та дослідницьких компетентностей. Реалізація міждисциплінарного підходу, поєднання теорії з практикою, орієнтація на професійну діяльність і використання дослідницьких методів навчання забезпечують підготовку конкурентоспроможного фахівця, здатного ефективно працювати в умовах сучасної освіти.

Підвищення ефективності навчання зумовлює необхідність використання сучасних підходів, які дещо відрізняються від традиційних форм організації і спрямовані не лише на засвоєння академічних знань, а й на формування навичок XXI століття, таких як: швидка орієнтація у цифровому середовищі, навчання впродовж життя, підготовка до реальних життєвих викликів. Реалізація зазначених завдань потребує модернізації змісту й технологій навчання у закладах вищої освіти.

Стратегічними чинниками формування інноваційних підходів у природничій освіті, зокрема у викладанні фізики, є впровадження сучасних педагогічних технологій, заснованих на особистісно орієнтованому та компетентнісному навчанні, проблемно-орієнтованих і дослідницьких методах, проєктній діяльності та активному використанні сучасних цифрових освітніх середовищ, зокрема комп’ютерного моделювання, візуалізації та систем штучного інтелекту. Такий підхід забезпечує для студентів закладів вищої освіти не лише глибоку фундаментальну підготовку, але й визначає стан готовності до продуктивної діяльності в умовах цифрової трансформації освіти та суспільства.

Бібліографічний список

Легенький, М. І. (2017). Інноваційні технології у сфері освіти: організаційно-правовий аспект. *Актуальні питання адміністративного права та процесу*. № 1 (17) 103-110.

Салтикова, А.І., Салтиков, Д.І., Завражна, О.М., & Голубков, В.М. (2025). Шляхи розвитку критичного мислення студентів в освітньому процесі з фізики. *Інноваційна педагогіка*. В.88. 55-61.

Цюпаченко, Ю.С. & Василенко, В.Ю. (2024). Використання штучного інтелекту в навчальному процесі. *Прикладні аспекти сучасних міждисциплінарних досліджень.* 54-55.

Біохімічна та морфофункціональна оцінка сумісної дії іонів важких металів і поверхнево-активних речовин на організм коропових риб

Ольга Мехед

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Чернігів, Україна, mekhedolga@gmail.com

Інтенсивна урбанізація та розвиток промисловості суттєво трансформують природні екосистеми, порушуючи сформовані міжвидові зв'язки та знижуючи біорізноманіття. Водні екосистеми зазнають особливо високого антропогенного навантаження, оскільки використовуються для енергетики, транспорту, сільського господарства та промисловості. Унаслідок цього у водойми надходять нові ксенобіотики або зростає концентрація вже наявних токсичних сполук. Серед найпоширеніших забруднювачів провідне місце посідають іони важких металів та поверхнево-активні речовини. Їх одночасна присутність у водному середовищі фіксується дедалі частіше (Ніколаєнко та ін., 2023).

Важкі метали здатні викликати глибокі біохімічні та фізіологічні порушення, що відображається на функціонуванні енергетичних і пластичних процесів. Поверхнево-активні речовини, зокрема лаурилсульфат натрію, порушують цілісність біомембран, змінюють активність ферментних систем та впливають на обмін речовин. Сукупна дія цих чинників може мати синергічний характер і посилювати токсичний ефект.

Метою дослідження було з'ясувати особливості окремого та комбінованого впливу іонів Zn^{2+}, Cd^{2+} та лаурилсульфату натрію на вміст енергетичних субстратів і вологи в тканинах дворічок коропа (*Cyprinus carpio*). Експеримент тривав 14 діб у модельних умовах із дотриманням стабільного гідрохімічного режиму.

У процесі дослідження виявлено морфологічні зміни: пошкодження плавців, ерозії шкіри, посилене виділення слизу та утворення пухирців, що особливо проявлялося за дії лаурилсульфату натрію. Подібні морфофункціональні зрушення в організмі коропових риб за токсичного навантаження описані раніше (Polotnianko & Mekhed, 2024; Желай та ін., 2023).

Аналіз вмісту глюкози показав її зниження в печінці та м'язах під впливом як окремих токсикантів, так і їх комбінацій. Найбільш виражене зменшення зафіксовано в печінці за одночасної дії Zn^{2+} та лаурилсульфату натрію. За впливу Cd^{2+} також спостерігалася тенденція до зниження рівня глюкози. Зменшення цього показника може свідчити про посилення глюконеогенезу та інтенсифікацію використання глюкози в енергетичних процесах, що узгоджується з даними про перебудову аденілатної системи за токсичного впливу (Матюшко & Мехед, 2024).

Вміст загального білка в печінці був вищим, ніж у м'язах, однак за дії токсикантів відзначалася тенденція до його зниження. Найбільші зміни спостерігалися у м'язовій тканині за комбінованого впливу, що може свідчити про напруження білкового обміну та активацію катаболічних процесів. Подібні адаптивні реакції організму коропових риб за дії токсинів описані в іхтіологічних дослідженнях (Желай та ін., 2023).

Істотних змін у вмісті вологи в тканинах не встановлено, що вказує на відносну стабільність осморегуляторних механізмів у межах дослідного періоду. Аналіз ліпідного обміну засвідчив зниження загального вмісту ліпідів у печінці та м'язах за дії більшості токсикантів. Винятком була комбінація лаурилсульфату натрію з іонами свинцю, за якої відзначено підвищення ліпідонакопичення в печінці. Це може свідчити про порушення транспорту ліпідів у складі ліпопротеїнів і формування ознак жирової дистрофії.

Отримані результати демонструють, що глюкоза є більш чутливим показником токсичного навантаження, ніж загальний білок. Біохімічні зміни супроводжуються морфологічними ушкодженнями та відображають складний характер адаптаційних реакцій організму. Наявність багаторівневої системи клітинного захисту забезпечує підтримання метаболічної рівноваги, проте за комбінованого впливу токсикантів компенсаторні можливості можуть виснажуватися.

Таким чином, показники вуглеводного, білкового та ліпідного обміну можуть бути рекомендовані як інформативні маркери моніторингу стану водних екосистем із використанням коропових риб. Комплексна оцінка впливу важких металів і поверхнево-активних речовин є важливою для прогнозування ризиків для іхтіофауни та забезпечення екологічної безпеки водойм.

Література

Желай, М., Ячна, М., Мехед, О., Третяк, О. (2023). Адаптивні зміни іхтіологічних показників коропових риб за дії мікотоксину Т2. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату*. Десна-Поліграф. 77-78.

Желай, М. В., Полотнянко, Л. В., Ячна, М. Г., Мехед, О. Б., Третяк, О. П. (2023). Вплив мікотоксину Т2 на іхтіологічні показники коропових риб. *Наукові записки Тернопільського національного педагогічного університету імені Володимира Гнатюка. Серія: Біологія*. 84 (1). 35-40 https://doi.org/10.25128/2078-2357.24.1.5

Матюшко, С., Мехед, О. (2024). Зміни вмісту аденілатів в тканинах коропа за дії мікотоксину Т2. *Biota. Human. Technology*. 3. 78-83. https://doi.org/110.58407/bht.3.24.5

Ніколаєнко, Т., Іващенко, М., Іващенко, Н., Мехед, О. (2023). Адаптивні зміни показників крові коропа лускатого (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) як відповідь на забруднення води. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату.* Десна-Поліграф. 99-100

Polotnianko, L., & Mekhed, O. (2024). Changesin the morphological indicators of carp under the action of mycotoxin T2. *Biota. Human. Technology*, (3), 69-76. https://doi.org/10.58407/bht.3.24.4

Педагогічні аспекти популяризації природничих знань у контексті глобальних екологічних викликів

***Джосія Молнар-Бабіля*[1,2], *Єва Бак*[1]**

[1]*Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II,м.Берегово, Україна, molnar-babilya.dzsoszia@kmf.org.ua*

[2]*Мукачівський державний університет, м.Мукачево, Україна, d.molnar@mail.msu.edu.ua*

Сучасний світ характеризується загостренням глобальних екологічних викликів, серед яких зміна клімату, деградація екосистем, втрата біорізноманіття, забруднення довкілля та виснаження природних ресурсів. Ці проблеми мають не лише природничий, а й соціальний вимір, оскільки безпосередньо впливають на якість життя людства та перспективи розвитку суспільства.

У таких умовах зростає роль освіти як провідного чинника формування екологічно відповідальної поведінки та наукового світогляду. Популяризація природничих знань стає важливим педагогічним завданням, спрямованим на підвищення рівня природничої грамотності молоді, розвиток екологічної культури та здатності приймати рішення на основі наукових фактів.

Потреба в популяризації природничих знань обумовлена тим, що сучасне суспільство стикається з інформаційними викликами: поширенням псевдонаукових уявлень, недостатнім рівнем екологічної обізнаності населення, споживацьким ставленням до природи. Освіта повинна реагувати на ці виклики шляхом оновлення методологічних підходів до викладання природничих дисциплін, активізації пізнавальної діяльності студентів та формування екологічної компетентності.

Таким чином, педагогічні аспекти популяризації науки набувають особливого значення у формуванні покоління, здатного діяти відповідально щодо довкілля, усвідомлювати наслідки антропогенного впливу та підтримувати принципи сталого розвитку.

Метою дослідження є обґрунтування педагогічних підходів до популяризації природничих знань у контексті глобальних екологічних викликів.

Основними завданнями є визначення ролі природничої освіти у формуванні екологічної свідомості, аналіз ефективних педагогічних методів популяризації природничих знань, окреслення інноваційних освітніх технологій у контексті сталого розвитку.

Наукова новизна дослідження полягає в тому, що запропоновано педагогічну модель популяризації природничих знань, яка інтегрує екологічний зміст, міждисциплінарний підхід та цифрові освітні інструменти. Обґрунтовано необхідність поєднання традиційних методів навчання з сучасними формами наукової комунікації, такими як STEM-освіта, проєктна діяльність, інтерактивні освітні платформи. Визначено, що популяризація природничих знань має здійснюватися не лише в межах навчальних дисциплін, а й через формування соціально-екологічних практик студентської молоді.

Популяризація природничих знань у педагогічному контексті передбачає створення умов для усвідомлення здобувачами освіти взаємозв’язку між

природними процесами та діяльністю людини. Це потребує застосування сучасних методів навчання, які активізують пізнавальну діяльність і сприяють розвитку критичного мислення.

Одним із важливих напрямів є міждисциплінарний підхід, що забезпечує інтеграцію знань із біології, хімії, географії, екології та соціальних наук. Завдяки цьому формується цілісне бачення проблем довкілля та розуміння їхнього впливу на суспільство.

Ефективним засобом популяризації природничих знань виступає проєктно-дослідницька діяльність. Вона дає змогу студентам брати участь у практичних екологічних дослідженнях, аналізувати локальні проблеми та пропонувати шляхи їх вирішення. Така діяльність сприяє розвитку навичок наукового пошуку та підвищує мотивацію до навчання.

Особливу роль відіграє STEM-освіта як інноваційний напрям, що поєднує природничі науки, технології, інженерію та математику. STEM сприяє формуванню компетентностей, необхідних для адаптації до екологічних викликів сучасності, а також стимулює інтерес молоді до природничих дисциплін.

Не менш важливими є цифрові технології навчання, зокрема використання онлайн-платформ, віртуальних лабораторій, інтерактивних симуляцій. Вони підвищують доступність природничих знань і сприяють їх популяризації серед широкого кола здобувачів освіти.

Таким чином, педагогічні технології популяризації науки повинні орієнтуватися на активну взаємодію студентів з природним середовищем та суспільством, формуючи відповідальне ставлення до довкілля.

Популяризація природничих знань у контексті глобальних екологічних викликів є важливим педагогічним завданням сучасної освіти. Вона спрямована на формування екологічної компетентності, наукового світогляду та відповідальної поведінки молоді.

Наукова новизна дослідження полягає у розробленні педагогічної моделі популяризації природничих знань, що базується на міждисциплінарності, використанні цифрових технологій та впровадженні проєктної діяльності.

Подальші дослідження можуть бути спрямовані на розробку практичних методичних рекомендацій для закладів освіти щодо ефективного впровадження екологічно орієнтованих освітніх програм у контексті сталого розвитку.

Ось повний приклад списку **використаних джерел до тез доповіді** “Педагогічні аспекти популяризації природничих знань у контексті глобальних екологічних викликів” у форматі **ДСТУ 8302:2015**, включно з монографіями та статтями 2023–2026 рр.

Література

1. Савченко О. Я. Педагогічні технології формування екологічної компетентності здобувачів освіти: монографія. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2022. 214 с.

2. Бондар О. І. Екологічна освіта та формування культури сталого розвитку молоді в умовах сучасних викликів // Педагогіка і психологія. 2023. № 2. С. 39–47.

3. Мельник Л. Г., Шевченко І. М. Педагогічні підходи до розвитку екологічної компетентності студентів у контексті глобальних екологічних проблем // Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія: Педагогічні науки. 2024. № 1. С. 65–73.
4. Савченко О. Я. Цифрові технології як засіб популяризації природничих знань та екологічної свідомості здобувачів освіти // Науковий вісник Ужгородського університету. Серія: Педагогіка. Соціальна робота. 2025. № 1. С. 101–109.

Урочища «Гайок», як новий елемент екотуризму

Мордатенко І.Л., Дойко Н.М.
Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України,
м. Біла Церква, Україна
mangust012@ukr.net

Дендропарк «Олександрія» належить до історичних парків і видатним пам‘ятником садово-паркового мистецтва України. Площа парку з роками, на відміну від інших дендропарків, значно збільшилася в останні роки.. До 1998 року площа парку становила 201,5 га. В 1998 році до цієї території було приєднано 95,5 га лісових культур (урочище «Гайок») вздовж річки Рось на захід від Палієвої гори до с. Чмерівка. У 2008 році було приєднано ще 103,7 га території, яка розташована на правому боці р. Рось навпроти парку, і яка має історичну назву урочище «Голендерня». На сьогоднішній день загальна площа дендропарку становить – 400,7 га.

Останнім часом у зв’язку з збільшенням потоку туристів (щорічно парк відвідує близько 500 тис. чоловік), постала задача зменшити рекреаційне навантаження на «ландшафтне ядро парку», його історичну частину (201,5 га). Крім цього актуальним залишається питання збільшення науковою установою видового та культиварного складу дерев та кущів. Проведення таких робіт на історичній території обмежене через загрозу руйнування вже створеного ландшафту та паркових композицій.

Для реалізації цієї мети вбачаємо за необхідність проведення на території урочища «Гайок» заходів по оптимізації існуючих насаджень, створення умов для відпочинку відвідувачів, в тому числі і активного. Для цього запропоновано створити на території урочища «Гайок», на площі 95,5 га нові багатопрофільні ділянки парку з елементами екотуризму та виділити окремі території для створення науково-дослідних об’єктів, на яких будуть представлена типова рослинність для Правобережного Лісостепу України: лісова, степова та лучна (широколистяні ліси, кам’янистий степ та надрічкові заплавні луки). Також запроектовано створити: колекційні ділянки трьох родових комплексів: *Alnus, Populus, Salix*; невеликі ділянки з залученням інтродукованих лісоутворюючих деревних порід, які характеризують ліси Східної Азії та Північної Америки.

Другою важливою складовою освоєння території урочища «Гайок» є створення тут на обмеженій площі зони активного відпочинку. Вона складається з: 1) зони водного відпочинку 2) пішохідна доріжка терренкур. Найбільшою є пляжна зона яка простягається вздовж р. Рось і має площу ≈ 5,8 га. Вона складатиметься двох окремих пляжів, дитячого майданчика, станції прокату човнів, волейбольного майданчика та дерев’яних альтанок для відпочинку (рис.).

На крутих схилах двох невеликих балках разпланировано велотраса та альпін парк. Велотраса розташована на півночі ділянки, а альпін парк – на півдні території

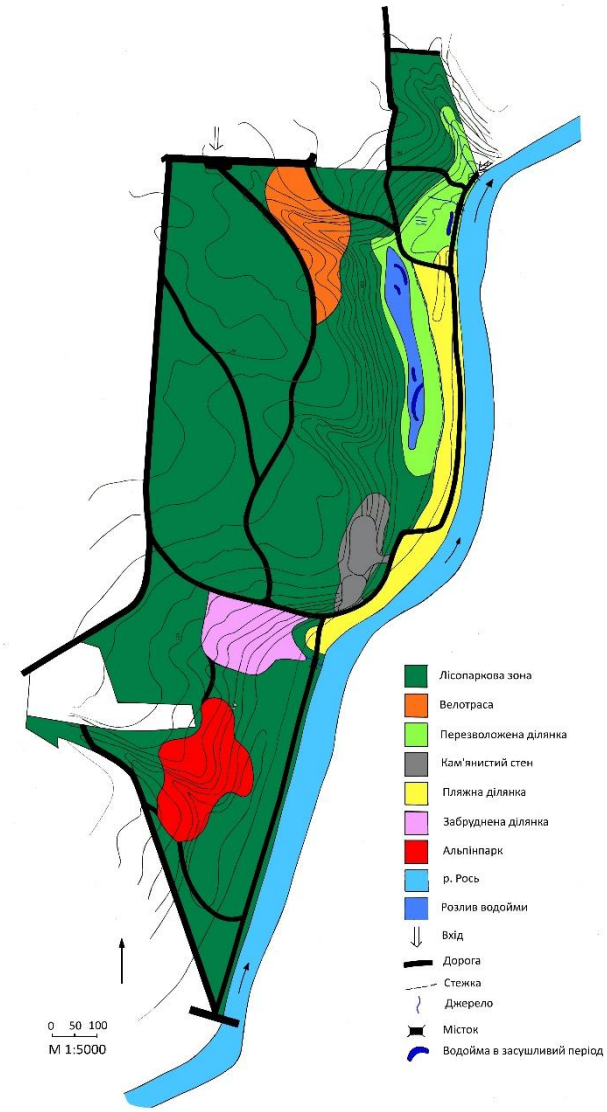


Рис. Функціональне зонування урочища «Гайок»

Сучасні насадження цієї території знаходиться в край незадовільному стані. При проектуванні ми намагались максимально зберегти зелені насадження що тут існують. Залишали дерева здорові, з гарно розвиненою кроною і головним чином це насадження з клена гостролистого, вільхи чорної, липи дрібнолистої, тощо.

Просторово-часовий скринінг екосистем як інтегрована методологія діагностики та управління екологічними ризиками

Тетяна Морозова

Державна наукова установа «Інститут екологічного відновлення та розвитку України», м. Київ, Україна tetiana.morozova@ukr.net

Ключові слова: просторово-часовий скринінг, біомоніторинг, біоіндикація, стехіометрія, ГІС, екологічні ризики, модель «Джерело–Стан–Ризик».

В умовах екологічної нестабільності, кліматичних змін, деградації земель і урбанізаційних процесів актуалізується потреба оновлення підходів до екологічного аналізу стану екосистем. Традиційні системи екологічного моніторингу залишаються фрагментарними та слабко інтегрованими в просторово-часовому вимірі, що ускладнює ранню ідентифікацію екологічних загроз і формування управлінських рішень.

Метою дослідження було формування інтегрованої просторово-часової системи діагностики екосистем, яка поєднує біологічні, фізико-хімічні та геоінформаційні параметри в єдину аналітичну модель. Запропоновано концепцію просторово-часового скринінгу екосистем як базового діагностичного етапу екологічного аналізу, що формує логіку подальших індикаторних, індексних і прогнозних рівнів.

Розроблено багаторівневу архітектуру скринінгу, яка інтегрує біотестовий, біоіндикаційний, стехіометричний, фотометрично-індексний, мікрокосмний і просторово-аналітичний модулі. Біотестування на модельних організмах Arabidopsis thaliana та Drosophila melanogaster забезпечує ранню ідентифікацію токсичних і генотоксичних ефектів. Біоіндикаційний модуль відображає реалізацію стресу на рівні організмів, популяцій і угруповань, включно з морфо-функціональними реакціями та популяційною мінливістю.

Стехіометричний підхід використано для аналізу потоків C, N і P та виявлення фонового екосистемного стресу, тоді як мікрокосмні моделі застосовано для експериментальної верифікації реакцій екосистем на абіотичні та техногенні чинники. Інтеграція біологічних даних із ГІС-аналізом і супутниковими індексами NDVI та GCI формує просторово-типологічну картину екосистемних ризиків.

Запропоновано інтегральну модель «Джерело–Стан–Ризик», яка поєднує антропогенне навантаження, біотичні реакції та інтегральні індекси екологічної безпеки. Модель апробовано в регіональних умовах, що підтверджує її універсальність для різних типів екосистем.

Запропонований підхід формує структуровану систему просторово-часового скринінгу екосистем і створює наукову основу для інтегрованого екосистемного управління, територіального планування та прогнозування екологічної стійкості.

Дослідження багаторічної динаміки зооперифітону Канівського водосховища та випробування необростаючих захисних покриттів

Морозовська І.О.,[1] Протасов О.О.,[1] Рогальський С.П.[2]
[1]Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна
labtech-hb@ukr.net
[2]Інститут біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України, Київ, Україна
sergey.rogalsky@gmai.com

Дослідження динаміки розвитку угруповань зооперифітону Канівського водосховища було розпочато на експериментальних субстратах у 1970-ті роки. (Протасов, 1994). Метод експериментальних субстратів (ЕС) дозволяє отримувати унікальні дані, які складно одержати для інших екотопічних груп гідробіонтів (Романенко, 2006, Cairns, 1982). Зокрема, метод ЕС дає можливість вивчити особливості мікросукцесій та динаміку процесів взаємодій в угрупованнях гідробіонтів і простежити за рядом послідовних станів угруповання від ювенільних, (на нових субстратах) до клімаксних, характерних для даних умов. Якість субстрата має важливе значення для формування угруповань перифітону, бо саме від характеру субстрата залежить склад і структуру цих угруповань. (Протасов, 1994, Tarkowska-Kukuryk et.el., 2012). Крім того, саме за допомогою методу експериментальних субстратів можна провести випробовування різних антиобростаючих покриттів з метою визначення їх ефективності як антифоулянтів.

Нашою метою було: дослідити багаторічну динаміку угруповань зооперифітону в умовах Канівського водосховища та провести оцінку ефективності розроблених необростаючих покриттів.

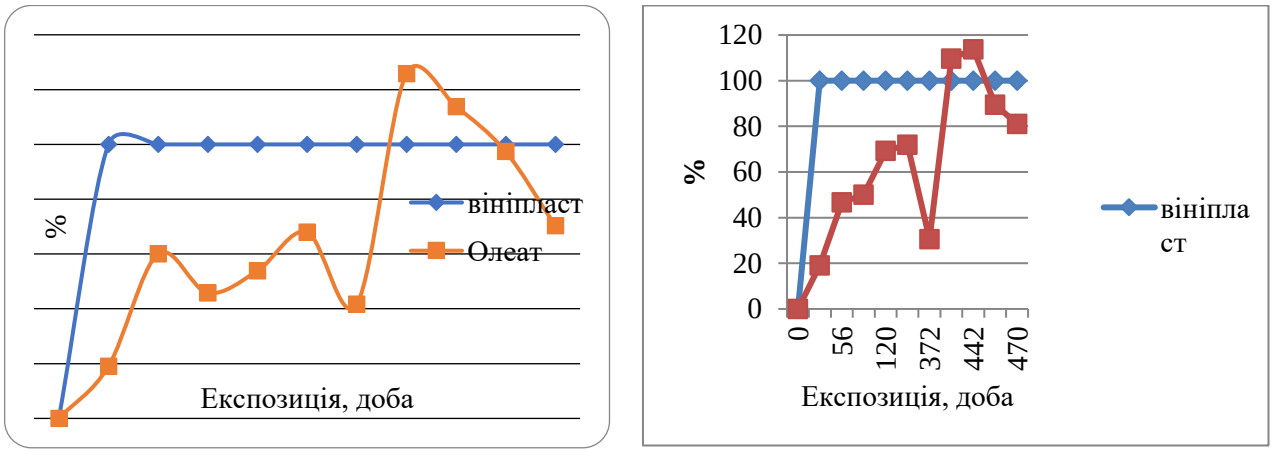
Протягом багатьох років дослідження перифітону на ЕС проводили в затоці Старик Канівського водосховища, нижче за течією від м. Київ. Субстрати експонували у західній частині основної акваторії затоки, стенди закріплювали з борту баржі. У 2025 р. експеримент проводили також у частково відокремленій частині затоки. Стенди для експонування пластин являли собою металеву рамкову конструкцію з клітинками розміром 10 х 10 см, в кожній з яких було закріплено по три експериментальних субстрати розміром 2,5 х 8 см.

Дослідження перифітону на ЕС проводили серіями в межах одного-двох років, починаючи з 2010 по 2025 рік, за виключенням 2017-2018 та 2022 років. За цей період було досліджено 20 серій ЕС, було проведено 64 зйомки, як тільки з фотофіксацією, так і з відбором проб. Субстрати встановлювали в кінці квітня – на початку червня. Протягом 2010-2012 рр. експозиція витримувалась від 4 місяців до 1 року, в наступні роки зйомки проводили майже кожного місяця впродовж року. Останні зйомки проводили в кінці жовтня-листопада. Дві серії мали експозиції більше року.

Було досліджено наступні серії покриттів: стальні пластини, пофарбовані поліуретановою емаллю (ЕМПУ), наповненої оксидом хрому як пігментом, з домішками цинку та антисептику; ЕС, пофарбовані поліуретановим лаком (ПУ-лак УР-167) з домішками цинку та антисептику; покриття з домішками срібла,

хрому та титану (ці покриття були розроблені в Інституті хімії високомолекулярних сполук НАН України). Також проводили дослідження з покриттями, розробленими в Інституті біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря НАН України: ЕС, пофарбовані емаллю ХС-413 з біоцидними домішками; ЕС, покриті порошковою поліамідною фарбою з біоцидною домішкою; ЕС, покриті епоксидним лаком з додаванням гідрофобних катіонних біоцидів. Також було протестовано покриття на основі промислової корабельної алкідної емалі ПФ-167, модифікованої катіонними біоцидами, покриття на основі емалі ПФ-115 з домішками жирних кислот (олеїнова кислота, ундеценова кислота і деканова кислота), які відомі своєю активністю проти бактерій, грибів, водоростей.

В якості контролю використовували пластини з інертного матеріалу – вініпласту, а також з оцинкованої сталі (навпаки, мають значні антифоулянтні властивості).



а б

Рис.1. Порівняння інтенсивності обростання субстратів з антиобростаючим покриттям та вініпласту: а – покриття $PyrC_{12}$-олеат, б – покриття $PyrC_{12}$-ВЕНР з інтенсивністю обростання на вініпласті у 2019-2020 рр.

За період досліджень було протестовано 61 покриття, з них достатньо ефективними виявилися: ПУ-емаль+Zn, ПУ-емаль+Zn+антисептик1234, ПУ-лак УР167 Cr+Ti+перхлорвініловий полімер, Cr+Ti+Zn, Cr+Ti+Si, Cr+Ti+Ag, емаль ХС-413, модифікована гідрофобними катіонними біоцидами тетрафторборатом 1,3-дидодецилімідазолію і 1-додецилпіридиній олеатом ($PyrC_{12}$-олеат), а також ундеценовою кислотою. Меншу ефективність мали покриття на основі поліуретанової емалі з домішками Zn+Cr, ПУ-лак УР167+цинк, ПУ-лак УР167+цинк+антисептик 1234, а також покриття на основі емалі ХС-413 та катіонного біоциду 1-додецилпіридиній біс(2-етилгексил)фосфату ($PyrC_{12}$-ВЕНР). Високу необростаючу активність встановлено для покриттів на основі корабельної фарби, модифікованої полімерним біоцидом молібдатом полігексаметиленгуанідину (ПГМГ) (Рогальський, 2020).

Ефективність захисної дії покриття визначали оцінюючи динаміку обростання на кожному покритті в порівнянні з вініпластом, де інтенсивність обростання, оцінена в балах, була взята за 100%.

Динаміка оцінки ефективності покриттів, які містили PyrC_{12}-олеат (5%) та PyrC_{12}-ВЕНР (15%) показала, що інтенсивність обростання в перший рік експонування субстратів була нижчою, ніж на інертному субстраті, що може свідчити про біоцидну дію домішок, які не давали розвиватися в повній мірі обростанню (рис.1). Але на наступний рік, починаючи з 400 доби експонування, обростання було більшим, ніж на вініпласті, що свідчить про втрату біоцидної активності покриттів.

Багаторічні дослідження динаміки обростання на експериментальних субстратах показали, що сукцесія в угрупованнях перифітону може відбуватися кількома шляхами. Перший етап (експозиція 30-50 діб) характеризувався тим, що на субстратах не було масивних колоній макроформ. Лише в одиничній кількості зустрічалися хатинки волохокрильців та личинки хірономід, а також невеликі особини дрейссенід. На другому етапі сукцесія формування угруповань проходила двома шляхами. В одному випадку на пластинах оселялась дрейсена (частіше *Dreissena polymorpha* Pall., рідше *Dreissena bugensis* Andr.), яка поступово формувала угруповання з великою біомасою впродовж всього експонування субстратів (до 80-100% домінування). Так, у 2024 році з кінця серпня по листопад формувалися дрейсенові угруповання з домінуванням *D. polymorpha* з біомасою від 1525,8 до 4951,7 г/м^2. Біомаса *D. polymorpha* перевищувала біомасу *D. bugensis*: у вересні (1525,8 г/м^2 проти 0,2 г/м^2), у листопаді (4951,7 г/м^2 проти 15,0 г/м^2). У другому варіанті сукцесійних змін спостерігали розвиток колоній мохуваток (в основному – *Plumatella fungosa* Pall.), які пригнічували молоді особини дрейсенід і не давали осідати новим велігерам дрейсени. До початку серпня на субстратах формувалися масивні колонії мохуваток, що покривали субстрат на 90–100 %. Біомаса *P. fungosa* в цих угрупованнях досягала 13900 г/м^2. Після відмирання колоній мохуватки відбувалася заміна домінанта і на пластинах розвивалися угруповання з домінуванням дрейсени. Слід відзначити, що у 2024 році на пластинах був присутній інвазивний вид мохуватки – *Pectinatella magnifica* Leidy.

На розвиток угруповань зооперифітону впливають не тільки якість субстрату, а й інші умови середовища. У 2025 році дослідження проводили на ділянці з високою трофністю (показники якості води за вмістом сполук азоту та фосфору були на рівні значного забруднення, євтрофні води), де було встановлено інший хід сукцесії. Протягом одного місяця, в червні, лише на деяких пластинах спостерігали розвиток двомірних колоній мохуваток. В липні на субстраті формувалися масивні тривимірні колонії *P. fungosa*. Також були відмічені колонії мохуваток *Crystatella mucedo* Cuvier. Наприкінці липня практично всі колонії мохуваток *P. fungosa* були відмерлими і вся значна площа субстрату була вкрита рухомими колоніями мохуватки *C. mucedo*.

Таким чином, результати проведених досліджень свідчать про певні закономірності формування угруповань зооперифітону в умовах Канівського водосховища. Встановлено, що в останні роки з кінця липня до початку вересня

формуються угруповання з домінуванням мохуваток. Після відмирання мохуваток формуються угруповання з домінуванням дрейсенід. Порівняння даних досліджень з результатами таких, що були кілька десятиліть тому, дають можливість зробити припущення щодо подальшого розвитку зооперифітону у водосховищі. У 1970-х роках рясні колонії мохуваток було зареєстровано саме у зонах скиду підігрітих вод електростанції. При змінах кліматичних умов, зокрема, підвищенні температури води та трофності вод, можна очікувати більш інтенсивного розвитку саме угруповань з домінуванням мохуваток, а не дрейсенід. Поява нових інвазивних видів мохуваток та їх інтенсивний розвиток можуть бути зумовлені зростанням як температури води, так і трофності. Дослідження більше 60 захисних необростаючих покриттів показало високу ефективність 12 з них, розробки в цьому напрямку буде продовжено.

Список літератури

1. Протасов А.А. (1994). Пресноводный перифитон. Наук. думка.
2. Рогальський С.П., Тарасюк О.П., Метелиця Л.О., Копернік І.М., Калашнікова Л.Е., Джужа Д.В. Протасов О.О., Морозовська І.О., Чернявська Т.В. (2020). *Полімерний біоцид для корабельних фарб з антиобростаючими властивостями*. (Патент України № 122352). ДП «Український інститут інтелектуальної власності».
https://www.researchgate.net/publication/345358973_POLIMERNIJ_BIOCID_DLA_KORABELNIH_FARB_Z_ANTIOBROSTAUCIMI_VLASTIVOSTAMI.
3. Романенко В.Д. (ред). (2006). *Методи гідробіологічних досліджень поверхневих вод.* Логос.
4. Cairns J (edd.). (1982). *Artificial substrates*. Ann Arbor Scie. Publ. 279 p.
5. Tarkowska-Kukuryk M., Mieczan T. (2012). Effect of substrate on periphyton communities and relationships among food web components in shallow hypertrophic lake. *J. Limnol*. 71(2). 279-290.

Геоморфологічні та кліматичні чинники формування та оптимізації мережі зеленої інфраструктури міста Чернігова

Віталій Морський[1], Максим Аравін[1], Ірина Морська[2], Олександр Лукаш[1]
[1]Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка,
[2]Комунальний заклад «Позашкільний навчальний заклад «Центр роботи з дітьми та молоддю за місцем проживання» Чернігівської міської ради
Чернігів, Україна
vitaliymorskoy.cn@gmail.com, maxwins1995@gmail.com, lukash2011@ukr.net

В Україні на законодавчому рівні визначено правові, економічні, екологічні, соціальні та організаційні засади благоустрою населених пунктів і спрямований на створення умов, сприятливих для життєдіяльності людини (Верховна рада України, 2025). Важливою складовою благоустрою населених пунктів є їх озеленення. Сучасний етап розвитку урбанізованих територій вимагає переходу від концепції фрагментарного озеленення до створення цілісних мереж зеленої інфраструктури (ЗІ) – це стратегічно спланованої мережа природних та напівприродних територій, що розроблена для надання широкого спектра екосистемних послуг (EUR-Lex, n.d.). Для міста Чернігова, що має унікальне географічне розташування в межах Полісся, формування такої мережі жорстко детерміноване природно-кліматичними умовами: геоморфологічною основою, гідрологічним режимом та динамікою кліматичних показників, що останніми десятиліттями демонструють виразні ознаки аридизації.

Геоморфологічна будова Чернігова є первинним фактором, що визначив просторову конфігурацію зелених зон міста. Місто розташоване на правому високому березі р. Десни, що зумовило значний перепад висот та складну розчленованість рельєфу, що наклало відбиток на складові мережі ЗІ міста.

У мережі ЗІ ми відділяємо мережеві вузли («ядра») першого порядку (природні лісові масиви з високим ступенем збереженості природних компонентів, що приурочені до ключових геоморфологічних об’єктів), рекреаційні вузли («секундарні ядра») другого порядку (гаї, що збереглися серед житлової забудови як залишки природних лісів) та сполучні території («коридори»), що забезпечують зв’язність мережі.

Мережеві вузли першого порядку. Основу ЗІ складають природні лісові масиви, приурочені до борових терас та ерозійних форм. На південно-східній околиці це Болдині гори (листяні угруповання) та урочище Святе. Особливу цінність має Маліїв яр – термофільна багатовікова діброва, де мікроклімат, сформований глибоким розчленуванням рельєфу, дозволяє зберігати високе біорізноманіття попри антропогенний тиск. В центрі міста рельєф представлений Єлецькими горами, де переважають чагарникові угруповання. Західний та меридіональний вектори мережі представлені Подусівським лісом та урочищем Ялівщина. Рельєф Ялівщини, що лежить уздовж лівого берега р. Стрижень, вирізняється хвилястістю, наявністю піщаних пагорбів моренно-льодовикового походження та мережею ярів. Саме така геоморфологічна різноманітність дозволила в минулому створити тут ботанічний сад, що залишив після себе

багатий фонд інтродуцентів. Східний вектор представлений урочищем Кордівка з заплавними вербово-тополевими лісовими угрупованнями.

До рекреаційних вузлів другого порядку гаї, що збереглися серед житлової забудови як залишки природних лісів. Наприклад, Березовий гай та Мар'їн гай, які слугують «кроковими» хабами для міської фауни та місцями щоденного відпочинку.

Сполучні території зеленої інфраструктури м. Чернігова становлять центральний парковий антракт (Вал (Дитинець), сквер Магдебурзького права, сквер Богдана Хмельницького, Алея героїв (Арт Авеню)), сквери у мікрорайонах (наприклад, сквер Трампа), набережна р. Стрижень та прибережні захисні смуги, а також техногенні коридори: вуличне озеленення вздовж магістралей (наприклад, проспект Миру, проспект Левка Лук'яненка), що виконують роль захисних екранів та транзитних шляхів для біоти.

Гідрологічна мережа Чернігова виконує роль сполучних територій та екологічних коридорів. Річка Стрижень (права притока Десни, довжина 32,4 км) є центральною віссю ЗІ. Незважаючи на значну антропогенну трансформацію (зарегульованість греблями, вирівнювання берегів), руслові ставки в межах Ялівщини (площею ~35 га) є ключовими кліматичними регуляторами. Вони забезпечують зволоження прилеглих територій та знижують температуру в літній період.

Річка Десна є головним гідрографічним об'єктом, що формує південний та південно-східний межі ЗІ міста. весняного водопілля та високий рівень ґрунтових вод у заплаві зумовлюють існування гігроморфних екосистем. Це унеможливлює капітальну забудову і сприяє збереженню великих масивів — урочища Кордівка та мережі заплавних озер (наприклад, оз. Млиновище). Заплава р. Десни та урочище Кордівка представляють собою гідроморфні ядра мережі міської ЗІ. Насиченість вологою заплавних ділянок визначає домінування тополево-вербових угруповань, що є природною адаптацією до режиму паводків, тоді як на борових терасах Стрижня (Ялівщина, Подусівка) гідрологічний режим сприяє розвитку соснових та мішаних лісів. В умовах змін клімату ці зони стають критично важливими «губками», що утримують вологу та підтримують рівень ґрунтових вод усього міста.

Аналіз даних (зокрема за системою MERRA-2 (GMAO, n.d.) та регіональними спостереженнями) показує, що з 1991 року клімат Чернігова зазнав суттєвих трансформацій. Середньорічна температура зросла на ~2.8°C, а кількість спекотних днів ($t > +30°C$) збільшилася у 4–5 разів (таблиця 1). Хоча річна сума опадів залишається відносно стабільною (550–660 мм), їх розподіл став вкрай нерівномірним. Частішими стали інтенсивні зливи, що чергуються з тривалими бездощовими періодами. Для оцінки зволоження території Чернігова використано гідротермічний коефіцієнт (ГТК) Селянінова, який дозволяє простежити динаміку аридизації регіону. Результати наведені у таблиці 1. Згідно з розрахунками за методикою Адаменко (2014), спостерігається стійке зниження ГТК у зоні Полісся з 1.4 до 0.8–0.9, що відповідає умовам недостатнього зволоження. Зниження гідротермічного коефіцієнта (ГТК) з 1.5 (зона Полісся) до 0.8 (зона Лісостепу/Степу) свідчить про глибоку юридизацію. Це призводить до

фізіологічного стресу автохтонних видів (всихання сосни та берези) та вимагає перегляду підходів до вибору рослин для оптимізації ЗІ.

Таблиця 1. Динаміка температури та опадів у м. Чернігові (1961–2023 рр.)

Період	Середня річна температура, °C	Річна сума опадів, мм	К-ть днів з опадами >10 мм (зливи)	Гідротермічний коефіцієнт (ГТК)*	Тип зволоження території
1961–1990	6.7	605	12–15	1.4–1.5	Надлишкове
1991–2000	7.5	590	16	1.2–1.3	Достатнє
2001–2010	8.2	615	18	1.1	Помірно-достатнє
2011–2020	9.1	560	22	0.8–0.9	Недостатнє
2021–2023	9.5	545	24	0.7–0.8	Посушливе

*Примітка: ГТК < 1.0 свідчить про початок посушливих умов; ГТК < 0.7 — про сильну посуху.

З одного боку, незважаючи на те, що загальна кількість опадів зменшилася лише на 10–15%, їх ефективність впала катастрофічно. Через зростання температури (і, відповідно, випаровуваності), волога швидше покидає ґрунт. З іншого болку, збільшення кількості днів з інтенсивними зливами (з 15 до 24 днів) означає, що вода не встигає всмоктуватися в ґрунт (наприклад, Подусівського лісу, Ялівщини, Болдиної гори), а просто стікає схилами у кращих випадках у Стрижень та Десну, вимиваючи яри (яри Ялівщини, Маліїв яр, Яцеве). Через зростання інтенсивності злив, схили Болдиних та Єлецьких гір потребують посилення фітомеліорації (висадка чагарників із глибокою кореневою системою) для запобігання розмиванню ярів. Отже, під час оптимізації ЗІ міста необхідно переходити від «відведення води» (каналізації) до її «затримання» (створення мікроводойм у зелених ядрах). У зв’язку з цим заплавні території Десни стають критично важливими як природні губки, що підтримують рівень ґрунтових вод для всього міста.

Додатковим фактором, що впливає на міську ЗІ, є вітровий режим. Збільшення частоти суховіїв південно-східного напрямку та шквалистих поривів вітру (>15-20 м/с) посилює випаровування та спричиняє вітровали в ослаблених масивах Ялівщини та Болдиних гір. Використання лінійних насаджень вздовж магістралей для пом'якшення суховіїв, які стають дедалі характернішими для літнього періоду в регіоні.

Оптимізація мережі має відбуватися через посилення її адаптивності. Пріоритетом стає використання декоративних акліматизованих інтродуцентів, які демонструють вищу стійкість до термічного стресу та дефіциту опадів. Рекреаційні вузли та секундарні ядра (Березовий гай, Мар’їн гай) пропонується

доповнювати видами, що формують щільну багатоярусну структуру. Серед дерев: дуб червоний, липа повстиста, катальпа бігноніеподібна. Для чагарникового ярусу – пухиреплідник калинолистий та бирючина звичайна, що створюють вітрозахисні бар'єри.

Оскільки сполучні території (наприклад, набережна Стрижня чи сквери у центрі) виконують роль вентиляційних каналів, вони мають бути стійкими до суховіїв, то тут доцільно використовувати посухостійкі види клену, гінкго дволопатеве та багаторічні посухостійкі трави (перовскія, ехінацея).

Нові елементи ЗІ мають передбачати дощові сади: Створення в понижених освітлених ділянках рельєфу (особливо біля ярів) зон із гігрофітами (півники сибірські, міскантус), які затримуватимуть зливові стоки. Висадка щільних куртинових насаджень на південно-східних околицях міста необхідне для перехоплення суховіїв.

Отже, геоморфологічна основа Чернігова є ідеальним фундаментом для формування безперервної мережі ЗІ. Проте стрімка аридизація клімату та зміна вітрового режиму вимагають активного втручання в її структуру. Оптимізація ЗІ має базуватися на збереженні заплавних територій як природних гідро регуляторів, впровадженні інноваційних елементів («місто-губка»), трансформації видового складу на користь акліматизованих інтродуцентів, що здатні виконувати екосистемні послуги в умовах лісостепового клімату.

Список використаних джерел

Адаменко Т. І. (2014). *Агрокліматичне зонування території України з урахуванням зміни клімату* (Ред. А. М. Цвєткова. «РІА» БЛІЦ. https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cee_files/idmp-cee/idmp-agroclimatic.pdf

Верховна рада України (2025). *Закон України Про благоустрій населених пунктів* (документ 2807-IV, чинний, поточна редакція від 30.08.2025, підстава – 4579-IX). Верховна рада України. https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2807-15#Text

EUR-Lex (n.d.). Document 52013DC0249. Communication from the commission to the European Parliament, the council, the European economic and social committee and the committee of the regions. Green Infrastructure (GI) – Enhancing Europe's Natural Capital [Access to European Union law]. *European Union*. https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:52013DC0249

GMAO. (n.d.). MERRA-2: Modern-era retrospective analysis for research and applications, version 2. *NASA Global Modeling and Assimilation Office*. https://gmao.gsfc.nasa.gov/gmao-products/merra-2/

Рекреаційно-туристична діяльність Мезинського національного природного парку як модель взаємодії біосфери та соціуму

Алла Наливайко

Мезинський національний природний парк, с. Деснянське, Чернігівська область, Україна, mezinpark@gmail.com

Сучасний розвиток природоохоронних територій базується на переході від концепції ізольованої охорони природи до інтегративної моделі сталого розвитку. Національні природні парки (НПП) розглядаються як соціоекосистеми, де природні процеси взаємодіють із соціальними структурами.

Мезинський національний природний парк розташований у північно-східній частині Чернігівської області на площі 31 035,2 га. Територія входить до Новгород-Сіверського фізико-географічного району та характеризується поєднанням лісових масивів, заплавних екосистем, лесових островів і унікальних археологічних пам'яток верхнього палеоліту (Мізинська стоянка). Це створює підґрунтя для розвитку пізнавального, екологічного та культурного туризму.

Актуальність дослідження зумовлена необхідністю пошуку ефективних механізмів гармонізації взаємодії «біосфера – соціум» в умовах трансформації сільських територій та зростання ролі внутрішнього туризму.

Методологічну основу становлять системний, ландшафтно-екологічний та соціоекологічний підходи. Використано методи аналізу статистичних даних відвідуваності за матеріалами Літопису природи Мезинського НПП за 2024 р., структурно-функціонального аналізу видів рекреації, польових спостереженнях, узагальнення, оцінки рекреаційного навантаження.

Концепція екосистемних послуг розглядає природні екосистеми як джерело матеріальних і нематеріальних благ. Для природоохоронних територій особливе значення мають:

- культурні послуги (естетичні, духовні, рекреаційні);
- регулюючі послуги (водоочищення, кліматорегуляція);
- підтримуючі послуги (біорізноманіття);
- освітні послуги.

Рекреаційна діяльність виступає механізмом трансформації природного потенціалу у соціальні цінності.

Нижче опишемо природно-ресурсну базу рекреації Мезинського НПП.

Горизонтальне розчленування рельєфу сягає 1356 м/км², вертикальне – 40-60 м/км². За бальною оцінкою ландшафтно-естетична цінність становить 2,7 бала.

У межах парку протікає 53 км р. Десна, налічується 17 озер (≈1500 га), 6 джерел. Води належать до гідрокарбонатно-кальцієвого типу, характеризуються низьким рівнем забруднення. Гідрологічна цінність оцінена у 3 бали.

Флора – понад 900 видів (17 занесені до Червоної книги України). Фауна – понад 2400 види (93 червонокнижних).

Ліси займають 13 224,8 га (42,6 % території), луки – 16 %, водойми – 4,8 %, болота – 1 %. Флористично-фауністична цінність оцінена у 3 бали.

Територія включає пам'ятки архітектури XVIII-XIX ст., Пустинно-Рихлівський монастир (1654 р.), палац Румянцева-Задунайського (1787 р.), Мізинську палеолітичну стоянку (≈18 тис. років до н.е.). Щільність історико-культурних об'єктів забезпечує 3 бали потенціалу.

Функціональне зонування як основа регулювання рекреації:

- заповідна зона – 7,9 %
- регульованої рекреації – 27,3 %
- стаціонарної рекреації – 0,4 %
- господарська – 64,4 %

Таке співвідношення забезпечує баланс між охороною природи та використанням території.

У 2024 році парк відвідало 2272 особи, проведено 218 екскурсій. Реалізовано 30 музейних просвітницьких заходів, понад 100 екологічних уроків, природотерапевтичні програми. Рекреаційна діяльність забезпечує комплекс культурних та освітніх екосистемних послуг, сприяє формуванню екологічної культури та зміцнює взаємодію між природоохоронною установою і громадами.

Основні рекреаційні локації:

– Мезинський археологічний музей та філіал;
– еколого-освітній центр у с. Деснянське;
– екологічні стежки «Рихлівська дача», «Забілина криниця» й ін.;
– оглядові точки лесових островів;
– заплава річки Десна.

Кожна локація поєднує природні та культурні компоненти. Тож рекреаційна діяльність генерує культурні екосистемні послуги, підвищує екологічну обізнаність населення та стимулює розвиток малого підприємництва (див. Табл. 1).

Табл. 1. Екосистемні послуги та соціальний ефект

Локація	Тип екосистемних послуг	Соціальний ефект
Археологічний музей	культурні, освітні	формування історичної ідентичності
Екостежки	культурні, регулюючі	екологічна освіта, розвиток туризму
Заплава Десни	регулюючі, рекреаційні	природотерапія, естетична цінність
Лесові останці	культурні	туристична привабливість

Також в Мезинському НПП розвиваються напрями: екологічний туризм; сільський зелений туризм; водний та пішохідний туризм; освітній і науковий туризм (Рис.1).

Загальний показник комплексної оцінки екотуристичного потенціалу за нашими підрахунками становить 12,7 балів (із 18). Коефіцієнт рекреаційно-туристської цінності – 2,12. Найслабшою ланкою є транспортна доступність та інфраструктура.

Рекреація в межах Мезинського НПП виступає каналом комунікації між природою і суспільством, забезпечуючи екологічну освіту, культурну

ідентичність та економічні можливості. Тому запропоновано триблокову модель взаємодії «біосфера – соціум»:

1. Природний блок – екосистеми, біорізноманіття, ландшафти.
2. Соціальний блок – громади, туристи, освітні заклади.
3. Комунікаційний механізм – рекреація як інтегруючий інструмент.





Рис. 1 - Учасники екскурсій екологічними стежками Мезинського НПП під час ознайомлення з ландшафтами долини Десни

Отримані результати підтверджують гіпотезу про те, що рекреаційно-туристична діяльність може бути інструментом гармонізації екологічних і соціально-економічних інтересів. За умови зонування території та екологічного моніторингу рекреаційне навантаження не призводить до деградації природних комплексів.

У сучасних умовах національний парк виступає центром екологічної комунікації регіонального рівня, демонструючи високий природно-ресурсний потенціал при недостатньому рівні інфраструктурного забезпечення, що потребує вдосконалення без порушення екологічних обмежень.

Раритетні види рослин на ботаніко-географічній ділянці «Середня Азія» Національного ботанічного саду імені М.М. Гришка НАН України (м. Київ)

Юлія Неграш[1], Олександр Шиндер[2]

Національний ботанічний сад імені М.М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна, вул. Садово-ботанічна, 1

[1]julie_nm@ukr.net, [2]shinderoleksandr@gmail.com

Ботанічні сади відіграють важливу роль у збереженні рослинного різноманіття, зокрема шляхом охорони рідкісних і зникаючих видів *ex situ*. У Національному ботанічному саду імені М.М. Гришка НАН України змодельовано ботаніко-географічні ділянки різних регіонів помірної смуги Євразії з метою вивчення флори в умовах інтродукції та охорони рідкісних, реліктових і ендемічних рослин.

Однією з таких ботаніко-географічних ділянок є «Середня Азія», де представлено значну кількість інтродукованих видів природної флори Центральноазійського регіону. Ділянка закладена у 1953 р. на площі 3,5 га. Основний посадковий матеріал був зібраний під час 11 експедицій в 50-80 рр. XX ст. до країн Центральної Азії (Sikura, 1982; Nehrash & Shynder, 2021). З моменту її заснування було інтродуковано та вивчено в первинній культурі 1029 видів рослин центральноазійської флори (Sikura, 1972). Однак акліматизація різних інтродукованих рослин середньоазійської флори не зажди була успішною через невідповідність їх природних умов місцезростань еколого-кліматичним особливостям у новому місці інтродукції в Середньому Придніпров'ї. Нині колекційний фонд природної флори Середньої Азії на ділянці налічує 183 види і підвиди вищих судинних рослин (Shynder & Negrash, 2022).

Особливий інтерес становить раритетна фракція інтродуцентів, представлена низкою видів, що мають міжнародний та національний (у країнах походження інтродукованих рослин) охоронний статус. Серед видів природної флори, інтродукованих на ділянці «Середня Азія», рідкісних видів, які оцінені у Світовому Червоному списку (IUCN) – 15: *Allium ramosum* (LC), *Allium schoenoprasum* (LC), *Arundo donax* (LC), *Fraxinus sogdiana* (LC), *Juglans regia* (NT), *Juniperus sabina* (LC), *Malus niedzwetzkyana* (EN), *Malus sieversii* (VU), *Picea schrenkiana* (NT), *Tulipa bifloriformis* (LC), *Tulipa fosteriana* (LC), *Tulipa kaufmanniana* (EN), *Tulipa micheliana* (VU), *Tulipa praestans* (VU), *Tulipa urumiensis* (LC).

Рідкісних рослин, занесених до Червоних книг країн Центральної Азії – 24. Зокрема, до Червоної книги Казахстану (Baitulin, 2014) занесені: *Juniperus excelsa* subsp. *polycarpos*, *Picea schrenkiana*, *Allium aflatunense*, *Tulipa kaufmanniana*, *T. suaveolens*, *T. undulatifolia* var. *micheliana*, *T. urumiensis*, *Arum korolkowii*, *Celtis caucasica*, *Lonicera tatarica*, *L. tatarica* var. *micrantha*, *Silene coronaria*, *Fraxinus sogdiana*, *Crataegus ambigua*, *M. niedzwetzkyana*, *M. sieversii*, *M. sieversii* var. *kirghisorum*, *Prunus armeniaca*.

До Червоної книги Киргистану (Davletkeldiev et al., 2006) занесені: *M. niedzwetzkyana*, *M. sieversii*, *M. sieversii* var. *kirghisorum*, *T. kaufmanniana*.

До Червоної книги Таджикистану **(**Rahimi et al., 2017) занесені: *Allium rosenbachianum, A. stipitatum, T. bifloriformis, T. kaufmanniana, T. praestans, T. undulatifolia* var. *micheliana.*

До Червоної книги Туркменістану (Annabayramov, 2011) занесені: *Juglans regia, M. sieversii, M. sieversii* var. *kirghisorum*.

До Червоної книги Узбекистану *(Khassanov, 2019)* занесені: *A. aflatunense, Eremurus fuscus, Tulipa bifloriformis, T. kaufmanniana, T. undulatifolia* var. *micheliana.*

Таким чином інтродуценти на ботаніко-географічній ділянці «Середня Азія» мають важливе фітосозологічне значення. Багато рідкісних рослин на ділянці сформували інтродукційні популяції, що свідчить про вдалий досвід охорони біорізноманіття *ex situ*.

References

Sikura, Y.Y. (1982). *Relocation of plants of the natural flora of Central Asia to Ukraine.* Naukova Dumka.

Nehrash, Yu.M., Shynder, O.I. (2021). Results of the inventory of the species composition of vascular plants in the botanical and geographical plot "Central Asia" (M.M. Gryshko National Botanical Garden). *Proceedings of the Third All-Ukrainian Scientific and Practical Conference "European Integration of the Environmental Policy of Ukraine"*. Odesa. pp. 49-52.

Sikura I.I. (1972). Introduction of plants of Central Asia (1972). In Kharkevych, S.S. (Ed.). *Introduction in Ukraine of useful plants of the natural flora of the USSR*. (pp/ 40-68). Naukova Dumka.

Shynder, O. & Negrash, J. (2022). Flora of the phytogeographical plot “Central Asia” in the M.M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Plant Introduction*, 95-96: 3-43. https://doi.org/10.46341/PI2022010

Baitulin, I.O. (Ed.). (2014). *The Red Data Book of Kazakhstan.* (Vol. 2. P.2. Plants. 2nd ed., revised and enlarged).Apr Print XXI.

Davletkeldiev, A.A., Shukurov, E.D., Chynkojoev, A.T., Burhanov, A.M., Mamatov, S.M. (Eds.). (2006). *The Red Book of the Kyrgyz Republic*. (Ed. 2.). State agency on environment protection and forestry under the Government of Kyrgyz Republic. Institute for Biology and Pedology of National Academy of Sciences of Kyrgyz Republic. Ecological Movement “Aleine” of Kyrgyzstan.

Rahimi, F., Ibodzoda, K., Abdusalyamov, I. (Eds.). (2017) *The Red Data Book of the Republic of Tajikistan.* Vol. 1. Flora.

Annabayramov, B. (Ed.). (2011). *The Red Book of Turkmenistan.* Vol. 1: *Plants and fungi.* 3rd ed. Publishing House “Turkmenistan”.

Khassanov, F.O. (Ed.). (2019). *The Red Data Book of the republic of Uzbekistan. 1. Plants.* Chinor ENK Press.

Формування екологічної свідомості майбутніх фахівців з водних біоресурсів та аквакультури: від теорії до професійної етики

Валентина Олешко, Алла Трофимчук, Леонід Гейко
Білоцерківський національний аграрний університет
м. Біла Церква, Україна
valentyna.oleshko@btsau.edu.ua

Ключові слова: водні біоресурси та аквакультура, фахівці зі спеціальності, екологічна свідомість, професійна етика, навчальні програми, сталий розвиток, практичні компетентності.

Досліджено процес формування екологічної свідомості майбутніх фахівців зі спеціальності H5 «Водні біоресурси та аквакультура». Проаналізовано теоретичні підходи, практичні методи навчання та інтеграцію професійної етики у освітній процес. Використання інтерактивних методів, практичних занять у виробничих умовах сприяє підвищенню екологічної компетентності студентів, формуванню професійних навичок та відповідального ставлення до водних ресурсів. На основі отриманих даних запропоновано шляхи удосконалення освітніх програм та методів оцінки ефективності навчання.

Формування екологічної свідомості майбутніх фахівців з водних біоресурсів та аквакультури є актуальним завданням сучасної професійної освіти в умовах глобальних змін навколишнього середовища та зростаючого антропогенного навантаження на водні екосистеми. Екологічна свідомість виступає ключовим чинником, що забезпечує раціональне використання природних ресурсів, дотримання принципів сталого розвитку та інтеграцію етичних норм у професійну діяльність. У цьому контексті особливе значення набуває поєднання теоретичних знань, практичних навичок і етичних підходів, що сприяють формуванню відповідальної позиції фахівця у сфері водних біоресурсів. Тому метою даного дослідження є аналіз сучасних підходів до розвитку екологічної культури студентів та визначення перспектив інтеграції професійної етики у навчальний процес.

Дослідження проведено на базі освітніх програм спеціальності H5 «Водні біоресурси та аквакультура» на бакалаврському та магістерському рівнях підготовки Білоцерківського національного аграрного університету. Матеріалом дослідження виступали навчальні дисципліни, що викладаються в межах зазначених освітніх програм, а також результати спостережень, анкетування та участі студентів у практичних і польових заняттях.

Для оцінки рівня екологічної свідомості та формування професійної етики застосовано комплекс методів: аналіз науково-методичної літератури щодо екологічної освіти, сталого розвитку водних екосистем та аквакультури, а також принципів професійної етики; соціологічні методи: анкетування та опитування студентів щодо знань, ставлення та практичних навичок у сфері охорони водних ресурсів і ведення аквакультурної діяльності; методи педагогічного експерименту: проведення інтерактивних лекцій, кейс-стаді, моделювання екосистем, польових практик та обговорення етичних дилем у професійній

діяльності; статистичний аналіз отриманих даних для виявлення тенденцій у формуванні екологічної культури та професійної етики майбутніх фахівців.

Результати анкетування свідчать, що більшість студентів спеціальності H5 «Водні біоресурси та аквакультура» демонструють достатній рівень знань щодо базових понять екології та охорони водних ресурсів. Зокрема, понад 80 % респондентів правильно визначають основні функції водних екосистем, їх значення для підтримання біорізноманіття, регулювання гідрологічних процесів та забезпечення сталого розвитку аквакультурних систем.

Водночас отримані дані виявили певні прогалини у розумінні конкретних екологічних стандартів, нормативів та регуляторних вимог, що застосовуються у практичній діяльності водних господарств та аквакультурних підприємств. Це стосується, зокрема, знання правил водокористування, допустимих рівнів антропогенного навантаження та методів оцінки якості води. Виявлена диспропорція між теоретичними знаннями та практичними аспектами підготовки студентів підтверджує необхідність поглибленого вивчення дисциплін, що безпосередньо пов’язані з регулюванням антропогенного впливу на водні екосистеми, управлінням водними ресурсами та раціональним використанням біоресурсів.

У науково-педагогічному контексті ці результати свідчать про актуальність комплексного підходу до формування екологічної свідомості, що передбачає поєднання теоретичної підготовки з практичними завданнями, інтеграцію міждисциплінарних знань і розвиток критичного мислення. Високий рівень базових знань студентів створює фундамент для подальшого вдосконалення компетентностей у сфері сталого водокористування та професійної етики, що є ключовим для підготовки фахівців, здатних приймати обґрунтовані та екологічно відповідальні рішення у практичній діяльності.

Оцінка результатів участі студентів у практичних і польових заняттях свідчить, що інтерактивні методи навчання – зокрема кейс-стаді, моделювання водних екосистем та польові дослідження – суттєво підвищують ефективність засвоєння теоретичного матеріалу та формування професійних компетентностей. Студенти, які активно брали участь у виробничих процесах і польових практиках, демонстрували значно вищі навички у плануванні експериментальних робіт, оцінці стану водних екосистем та прийнятті обґрунтованих рішень щодо сталого використання водних ресурсів.

Порівняльний аналіз результатів показав, що поєднання практичних занять на виробництві з інтерактивними методами навчання підвищує рівень екологічної компетентності майбутніх фахівців на 15–20 % порівняно з традиційним лекційним форматом. Крім того, спостереження та анкетування засвідчили, що інтеграція міждисциплінарних практик сприяє розвитку критичного мислення, здатності до аналізу екологічних ризиків і прийняття комплексних рішень, що враховують як біологічні, так і соціальні аспекти водокористування.

Ці дані підтверджують, що сучасна підготовка фахівців з водних біоресурсів та аквакультури потребує комплексного поєднання теоретичних знань із практичними навичками та активним залученням студентів до реальних

виробничих процесів. Такий підхід не лише підвищує ефективність навчання, але й сприяє формуванню професійної відповідальності та екологічної свідомості майбутніх спеціалістів.

Вивчення професійної етики показало, що студенти усвідомлюють необхідність інтеграції етичних принципів у практичну діяльність. При обговоренні реальних професійних ситуацій більшість респондентів демонстрували здатність до самостійного прийняття рішень, які враховують як екологічні, так і соціальні аспекти. Водночас спостерігалися випадки недостатньої уваги до довгострокових наслідків рішень для екосистем, що свідчить про потребу у систематичній роботі над формуванням етичного мислення та стратегічного бачення.

Результати дослідження підтверджують, що ефективне формування екологічної свідомості неможливе без інтеграції теоретичних знань, практичних навичок і професійної етики. Студенти, які демонстрували високий рівень знань з екології та водних біоресурсів, водночас краще виконували практичні завдання і приймали етичні рішення. Це свідчить про тісний взаємозв'язок між освітньою підготовкою та формуванням професійних компетентностей, необхідних для відповідальної роботи в аквакультурі та водному господарстві.

Аналіз отриманих даних дає змогу зробити кілька ключових висновків щодо оптимізації навчального процесу:

- Використання інтерактивних методів навчання та кейс-стаді значно підвищує практичну готовність студентів до професійної діяльності.

- Інтеграція етичних дилем і моделювання реальних ситуацій сприяє розвитку професійної етики та стратегічного мислення.

- Необхідна систематична робота над поглибленням знань студентів щодо нормативних та регуляторних аспектів охорони водних ресурсів, оскільки ці знання безпосередньо впливають на здатність приймати екологічно відповідальні рішення.

- Поєднання практичних занять у виробничих умовах та виробничих практик продемонструвало високу ефективність у розвитку комплексної компетентності студентів, що охоплює теоретичні знання, практичні навички та формування професійної етики.

Отже, на підставі отриманих даних можна виокремити кілька ключових напрямів удосконалення освітнього процесу спеціальності H5 «Водні біоресурси та аквакультура». По-перше, доцільним є розширення практичних модулів та виробничих стажувань, що сприяють формуванню у студентів реальних професійних компетентностей, які охоплюють теоретичні знання, практичні навички та професійну етику. По-друге, ефективним є активне використання міждисциплінарних підходів, що інтегрують аквакультуру, охорону водних ресурсів та екологічну етику, що забезпечує комплексне формування екологічної свідомості та готовності до відповідальної професійної діяльності. По-третє, важливим є впровадження регулярного моніторингу рівня екологічної свідомості та етичної компетентності студентів, що дозволяє оцінювати ефективність освітніх програм та вчасно коригувати навчальні стратегії.

Таким чином, реалізація цих заходів сприятиме підвищенню якості підготовки майбутніх фахівців з водних біоресурсів та аквакультури, забезпечить ефективне поєднання теоретичних знань і практичних навичок та формування стійких професійних цінностей, що відповідають принципам сталого розвитку та екологічної безпеки.

Подальші дослідження передбачають розробку інтерактивних та практично орієнтованих методик формування екологічної свідомості і професійної етики, а також оцінку їх впливу на професійну готовність студентів до сталого управління водними ресурсами.

Порівняльний аналіз денних температур повітря Ічнянського та Галицького НПП та їх вплив на біорізноманіття (за метеоданими грудня 2025 року)

Олександр Пархоменко, Леся Ковальська
Ічнянський національний природний парк (м. Ічня), Україна,
sasho1979turizm@ukr.net
Галицький національний природний парк (м. Галич), Україна,
lesia.kovalska@cnu.edu.ua

Температурний режим метеорологічних зим є одним із визначальних абіотичних чинників, що впливають на функціонування природних екосистем і збереження біорізноманіття в межах територій природно-заповідного фонду. Коливання середньодобових температур у грудні визначає умови переходу екосистем до стану зимового спокою, впливає на фенологічні процеси, життєдіяльність тварин, формування снігового покриву, гідрологічний режим та стійкість рослинних угруповань до морозних стресів. У цьому контексті особливої уваги потребує аналіз температури повітря в межах Ічнянського та Галицького НПП, які репрезентують різні природно-кліматичні умови України.

Впродовж кількох років поспіль грудень місяць характеризувався нестійким температурним режимом, інколи аномальними додатними температурними показниками. Такі коливання суттєво впливали на фізіологічні ритми рослин і тварин. Нестійкий сніговий покрив або його відсутність впливали на зміни теплового режиму ґрунту й, відповідно, на активність ґрунтової біоти.

Порівняльний аналіз денних температур повітря Ічнянського та Галицького НПП у грудні 2025 р дозволяє виявити хід природних процесів у західній та північно-східній частинах України і встановити відмінності у термінах й швидкості формування зимового періоду (метеорологічної зими 2025–2026 рр.) (рис. 1).

Встановлено, що протягом грудня 2025 р. спостерігалося поступове зниження від додатних значень температур на початку місяця до стійких мінусових наприкінці місяця. Коливання температури мали хвилеподібний характер з короткочасними потеплінням. Впродовж першої декади місяця (1– 10 грудня) в Ічнянському та Галицькому НПП переважали додатні показники. В Ічнянському НПП температура коливається від +2°С до +6°С, а у Галицькому – дещо вище, з максимумом +7,5°С (05 та 12 грудня). Короткочасне потепління спостерігалося 10 грудня в обох природоохоронних об’єктах (в Ічнянському – +6,0°С, у Галицькому – +7,0°С).

У другій декаді (11–20 грудня) спостерігався нестійкий температурний режим із чергуванням потеплінь і похолодань. Зокрема, в Ічнянському НПП з 13 грудня зафіксовано зниження денних температур повітря до –1,0…–2,0°С, а у Галицькому НПП – 17 та 19 грудня спостерігалося -1,5°С. У другій декаді місяця в межах Ічнянського НПП скоріше відзначено перехід до зимового режиму.

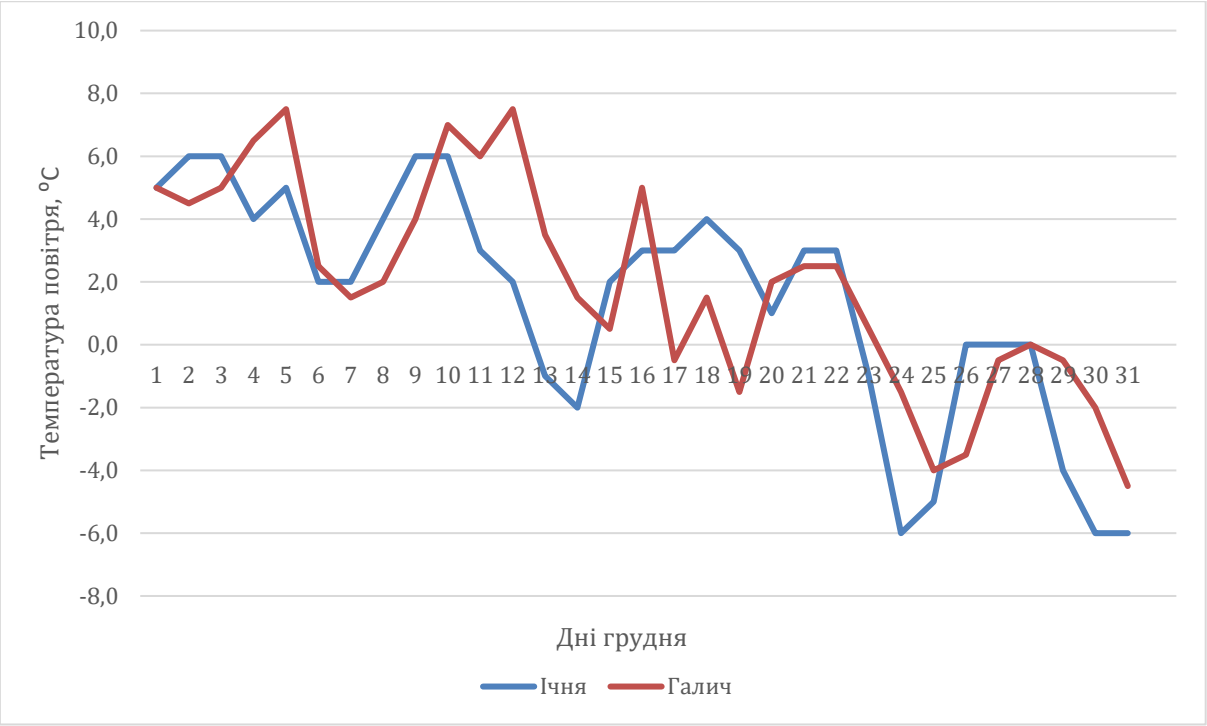


Рис. 1. Денні температури грудня 2025 р.

Впродовж третьої декади (21–31 грудня) в обох НПП спостерігалося стійке похолодання. В Ічнянському НПП мінімальні показники становили -6,0°С (24, 30, 31 грудня), а у Галицькому НПП – -4,5°С (31 грудня). В обох НПП з 24 грудня спостерігається чітка тенденція до зниження денних температур повітря, а наприкінці місяця в Ічнянському НПП вона була холодніша у порівнянні з Галицьким НПП приблизно на 1,0–2,0°С.

Денна температурна динаміка грудня 2025 р. в межах Ічнянського та Галицького НПП засвідчила поступовий перехід від додатних значень на початку місяця до формування стійкого режиму від'ємних температур повітря. Такі зміни мали комплексний вплив на структурно-функціональну організацію екосистем і стан біорізноманіття. В межах Ічнянського НПП раніше спостерігалися зниження температури повітря (з 13 числа місяця зафіксовано від'ємні показники) та нижчі мінімальні показники (-6,0°С – 30 та 31 грудня), що визначили стійкий перехід рослинності у фазу глибокого зимового спокою і таким чином зменшили ризик повторної вегетаційної активації під час короткочасних відлиг. Стійкі морози наприкінці місяця вплинули й на ґрунтову мікробіоту, сповільнивши процеси мінералізації органічної речовини.

В межах Галицького НПП спостерігався відносно довший поступовий перехід до зимового метеорологічного періоду. Тут температурний режим у І половині грудня ще сприяв біологічній активності окремих груп організмів. Перехід денних температур повітря нижче 0,0°С відбувся 23 грудня. Проте, незважаючи на відмінності у строках встановлення зимового періоду (у порівнянні з Ічнянським НПП) метеорологічна зима 2025–2026 рр. відбулася на відміну від попередніх двох років.

Отже, на території Галицького НПП протягом більшої частини грудня спостерігалися додатні денні (добові) температурні показники повітря та Ічнянський НПП вирізнявся більш різкими коливаннями та нижчими мінімальними значеннями денних температур повітря. Амплітуда коливань температури повітря однакова: в Ічнянському НПП від +6,0°С до –6,0°С (≈12°) та у Галицькому НПП – від +7,5°С до –4,5°С (≈12°).

Таким чином, грудень 2025 р. як у західній так і у північно-східній частинах України характеризувався поступовим переходом до морозної погоди наприкінці місяця й зафіксував настання метеорологічної зими.

Література

1. Метеорологічні дані за 2025 рр. URL: https://meteopost.com/ua/pogoda/chortkov/
2. Ічнянський національний природний парк. URL: http://ichn-park.in.ua/
3. Ковальська Л. В., Михайлюк А. Р. Сезонні особливості клімату у межах Галицького Національного природного парку (впродовж 2006–2023 рр.). Природоохоронні території Карпат: виклики та перспективи сталого розвитку: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (15–16 травня 2025) м. Косів, Івано-Франківська область. 2025. С. 114–118.
4. Пархоменко О. Г., Ковальська Л. В. Вплив кліматичних змін на гідрологічний режим поверхневих вод Ічнянського національного природного парку. *Матеріали науково-практичної конференції, присвяченої 35-річчю природного заповідника «Дніпровсько-Орільський» 15–16 вересня 2025 року*, м. Дніпро. Дніпропетровська область. 2025. С. 23–27.
5. Пархоменко О. Г., Лисенко Г. М. Зміни кліматичних умов території Ічнянського НПП на Чернігівщині та їх вплив на збереження біорозмаїття. *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «Природоохоронні території Карпат: виклики та перспективи сталого розвитку»* (15–16 травня 2025) м. Косів, Івано-Франківська область. 2025. С. 157–160.

Історико-культурна спадщина як основа сталого розвитку туризму (на прикладі археологічних артефактів Берегівського району Закарпатської області)

Павло Пеняк
ДВНЗ «Ужгородський національний університет», Ужгород, Україна,
penyak.pavlo@gmail.com

Як відомо, історико-культурна спадщина є основою сталого розвитку туризму, яка забезпечує збереження як матеріальних (археологічні, історичні, архітектурні пам'ятки, пам'ятки монументального мистецтва, місця та об'єкти, що пов'язані з життям відомих людей), так і нематеріальних цінностей (традиції, ремесла). Об'єкти історико-культурної спадщини формують багатогранний туристичний продукт, який дозволяє краще пізнати минуле та сьогодення тієї чи іншої місцевості.

У 2020 р., після проведення адміністративної реформи, Берегівський район за своїм історико-культурним потенціалом зайняв одне з чільних місць на Закарпатті. Тут зосереджено значну кількість пам'яток історії та культури, добре збереглися своєрідний фольклор, народні звичаї, обряди, художні промисли, цікаві археологічні артефакти. На жаль, останні практично не використовуються для цілей туризму, але, як показує міжнародний досвід, вміла організація їх показу та широка інформація дали б значний економічний ефект. Нині на території району взято на облік 171 археологічну пам'ятку, які охоплюють період від кам'яного віку до раннього середньовіччя.

Старожитності раннього (верхнього) палеоліту представлені стоянкою в Королеві. За кількістю нашарувань часу ашель-мустьє, чіткістю геологічної стратиграфії вона не має собі рівних у Європі. Тут існували дві окремі групи артефактів: майстерні і стоянки-майстерні. Ашельські комплекси Королева складають єдину у територіальному і техніко-типологічному відношенні групу пам'яток, найближчі аналогії яким простежуються у Чехії й Словаччині.

Опорним пунктом мустьєрської доби залишається стоянка Королево, де стратиграфічно вище шарів з ашельськими виробами залягало шість культурних горизонтів мустьє. Також можна назвати такі пам'ятки, як Виноградово, Берегово III, Новоселиця, Чорна, Хижа, Шаланки (Солдатенко,1982, с. 73 – 83). Вони належали спорідненій групі населення, яка була генетично пов'язана з більш ранніми ашельськими поселенцями Королева. Серед старожитностей пізнього палеоліту виділяються декілька груп артефактів. До першої належать кам'яні індустрії Королева II (два пізньопалеолітичні комплекси), Королева (Гострий Верх – Ia). Інша група найбільш поширена за територією, до неї відносяться місцезнаходження Берегово I, II, V, Мужієво I, Бене I, Великі Ком'яти, Вербовець, Хижа, Чорна, Шаланки (Ткаченко,1995, с. 22 – 36).

Артефакти неолітичної епохи зафіксовано у таких пунктах, як Велика Паладь, Неветленфолу, Пийтерфолво, Запсонь, Рафайлово. Поселення займали від 1 до 3 га площі. Більшість з них багатошарові, бо їх мешканці обирали придатні для довготривалого осілого життя місцевість. Основні форми кераміки представлені горщиками, мисками і сковорідками. Так, на поселенні біля с. Неветленфолу

було виявлено залишки житла неправильної форми, заглибленого в материк від 0,1 до 0,3 м, розвал шести глинобитних печей, з яких три розташовувалися поза житлом, дві господарські ями. Зібрано фрагменти кераміки від невеликих сферичних горщиків та посудин на піддонах блідого, червонуватого та рожевого кольору. Також було зафіксовано жіночі статуетки з виразно підкресленою тазовою частиною тулуба, конуси та глиняне намисто (Потушняк, 1979, с. 71 – 73).

Мідно-кам'яний вік (енеоліт) на території району представлений поселеннями у Пийтерфолво, Дийді, Неветленфолу, Чопівці, Тисобикені, Берегові (урочище Ардівське Поле). На останньому було зафіксовано дві напівземлянки і декілька ям, що входили в єдиний житлово-господарський комплекс (Пелещишин, 1979, с. 83 – 94). Переважна більшість поселень цього періоду розташовувалась на рівнині й на останніх південних відрогах Карпат, де вони займають береги річок й озер. Житла представляли собою споруди зі стовповою конструкцією стін, обплетених лозою і обмазаних глиною.

Серед старожитностей всіх епох найбільша кількість припадає на епоху бронзи. Якщо раніше цей період був відомий лише за знахідками бронзових скарбів, то сьогодні стали відомі десятки пунктів, значна частина яких досліджувалася. Це, наприклад, поселення у Великій Бийгані, Квасові, Берегуйфолу, Батьові, Вовчанському, городище Товвар у Дийді (Балагури, 2001). Артефакти епохи ранньої бронзи представлені поселенням у Бобовому, курганним могильником у Медведівцях. Період середньої бронзи (XV - XIII ст. до н.е.) репрезентують артефакти отоманської культури. На даний час відкрито ряд поселень у селах Неветленфолу, Великій Паладі, Заболотті. Епоху пізньої бронзи представляють старожитності групи Беркес-Демечер та культури Ґава. У ній виділяються два етапи: ранній - XII – VIII ст. до н.е., що належав ще до пізньої бронзи і пізній (VIII – перша половина VI ст. до н.е.), що вже припадає на ранній етап залізного віку. Для першого притаманним є високий розвиток бронзоливарної справи, про що свідчать десятки бронзових скарбів: Неветленфолу, Боржавське, Олешник, Велика Бийгань, Велика Паладь, тощо (Пеняк,С., Пеняк,П., 2013 с. 95). Вони свідчать про високий ступінь розвитку бронзоливарної справи у трансільвансько-верхньопотиському металургійному центрі, перетворення краю у транзитну територію, через яку пролягали торгові шляхи між Східною і Центральною Європою. Поселення епохи пізньої бронзи виявлено у Сасові, Чепі, Тисобикені, Вербовці. Серед цікавих знахідок епохи бронзи не можна не згадати про відкриття двох колодязів у кар'єрі Берегівського цегельного заводу № 2. У ствол першого колодязя був опущений дерев'яний суцільний дубовий зруб довжиною 1,2 м, діаметром 1 м, з товщиною стінок 10 – 12 см. Другий колодязь виявився без стовбура-кадуба, але його стінки були обшиті дубовими дошками (Потушняк, 1958, с. 89).

До гальштатського періоду ранньозалізного віку зараховано поселення у Виноградові, Сасові, Пийтерфолво, Астеї. Вони невеликі, площею від 2,5 до 4 га, навколо яких не виявлено жодних укріплень. Культурний шар залягав на глибині 0,3-0,4 м і часто порушувався оранкою (Пеняк, С., Пеняк,П., 2013 с. 129). Житла в основному наземного й напівземлянкового типу. Епоха латену (V – I ст. до н.е.),

носіями якої вважаються племена кельтів, репрезентована селищами у притиській зоні: Велика Бакта, Яноші, Дийда, Верхні Ремети, Олешник, Чепа, Велика Паладь, Королево та ін. Переважна більшість поселень – це невеликі осередки землеробів, що займають площу, яка коливається від 0,8 до 2 га (Пеняк,С., Пеняк,П., 2013, с. 148). На цей період припадає бурхливий розвиток металургії та металообробки, виникнення окремих центрів і цілих районів, які спеціалізуються на добуванні заліза. Такі залізоробні центри зафіксовані біля сіл Неветленфолу, Нове Клиново, Тисобикень.

Старожитності змішаної кельто-дакійської культури знайшли своє відображення у дакійському городищі Мала Копаня, загальна площа якого близько 5 га. Воно мало штучно створену систему оборонних споруд із трьох валів. Останні були споруджені на кам'яній основі гори, досягаючи в даний час від 0,4 до 1,6 м висоти, шириною в основі 1,5 – 3,5 м. У давнину вали укріплювалися палісадами та ескарпами. У результаті розкопок тут було виявлено 51 житло (11 середньовічних), 107 будівель, 37 вогнищ і печей поза житлами, сотні стовпових і господарських ям (Котигорошко, 2008, с. 177). Синхронні малокопанському городищу поселення, на яких проводилися розкопки, як правило, багатошарові, на них засвідчено по кілька споруд з дакійським горизонтом. Це Дийда, Егреш, Підвиноградово, Пийтерфолво та ін. Тут наявними були два типи жител: наземні й заглиблені. Перші мали прямокутну форму з каркасно-глинобитними конструкціями стін, площею 17 – 31 м², по периметру розташовувалися від 4 до 8 стовпових ям. Заглиблені були фігурної або прямокутної форми площею 8 – 21 м² (Пеняк,С., Пеняк, П., 2013, с. 165).

До кола старожитностей першої половини I тис. н.е. зараховано також пам'ятки пшеворської й культури карпатських курганів. Картографування артефактів останньої засвідчило, що вони розташовані на схід від річки Боржава, на притиській рівнині. Це Ботар, Велика Паладь, Матієво, Егреш, Оросієво, Пийтерфолво. Основним типом жител були чотирикутні напівземлянкові житла площею від 8 до 22 м². Вони опалювалися глинобитними печами або вогнищами, які обкладалися каменями. Поблизу жител зафіксовано господарські та виробничі споруди (Пеняк,С., Пеняк П., 2013 с. 169). До пам'яток пшеворської культури (II – IV ст. н.е.) включено поселення в Бовтраді, Батьові, Астеї, Берегові (урочища Моріцлаз й Кіральгід), Квасові, некрополі в Ботарі і Квасові.

На території району виявлено та досліджено ряд ранньослов'янських пам'яток: Берегово (урочище Моріцлаз), Перехрестя (урочища Шампогоня й Бортотаг), Пийтерфолво, Чепа, Яноші. Наприклад, на поселенні в Берегові було виявлено два напівземлянкових житла розміром 4,3 х 4,2 м й 3,5 х 3,2 м, глибиною 0,4 – 0,6 м. У кутах засвідчено ямки від стовпів й печі-кам'янки. Заповнення жител супроводжувалося фрагментами ліпної кераміки, на основі чого їх датовано кінцем VI ст. н.е. Знахідки з Берегова відносяться до празької культури, яку прийнято датувати V – VII ст. н.е., вони представляють найбільш ранні достовірні слов'янські старожитності краю. У своїй подальшій генезі празька культура стала підгрунтям для формування слов'янських артефактів VII – IX ст., що отримали назву пам'яток типу Луки-Райковецької. На більшості поселень цього типу (Перехрестя, Пийтерфолво, Чепа, Яноші) засвідчено співіснування

ліпного й гончарського посуду. Останній виготовлявся під впливом подунайських гончарських майстерень і поступово набирав подунайських форм та орнаментації.

Берегівський район є скарбницею археологічних пам'яток, тут представлені всі епохи від кам'яного віку до середньовіччя. Артефакти давніх епох не були відкриті лише там, де не проводилися пошукові роботи. На часі все більш широке залучення археологічної спадщини району до туристично-рекреаційної сфери.

Література

Балагури Э. (2001). Население Верхнего Потисья в эпоху бронзы. Ужгород: УжНУ. 392 с.

Котигорошко В.Г. (2008). Верхнє Потисся в давнину. 1 млн. років тому - X ст. н.е. Ужгород: Карпати. 430 с. Пеняк С.І., Пеняк П.С. (2013). Археологія Закарпаття: історія дослідження. Ужгород: Краєвиди Карпат. 256 с.

Пелещишин М.А. (1979). Енеолітичне поселення поблизу м. Берегово. *Археологія.* Т. XXIX. С. 83 – 94.

Потушняк Ф.М. (1958). Археологічні знахідки бронзового та залізного віку на Закарпатті. Ужгород: УжДУ. 144 с.

Потушняк М.Ф. (1979). Неолітичне поселення Дяково I на Закарпатті. *Археологія.* Т. XXX. С. 57 – 74.

Солдатенко Л.В. (1982). Мустьєрські пам'ятки Закарпаття. *Археологія*. Т. XXXVII. С. 73 – 83.

Ткаченко В.І. (1995). Про культурні особливості розвитку пізнього палеоліту Закарпаття. *Проблеми археології Східних Карпат.* Ужгород: МПП «Гражда». С. 22 – 36.

Вилучення диклофенаку з водних розчинів функціоналізованими кремнійорганічними матеріалами

Володимир Петришин[1], Наталія Столярчук[2], Вероніка Томіна[2], Інна Мельник[2,3]

[1]Національний університет «Києво-Могилянська академія», Київ, Україна, volodymyr.pertryshyn@ukma.edu.ua

[2]Інститут хімії поверхні ім.О.О.Чуйка НАН України, м. Київ, Україна, w.w.tomina@gmail.com; stonata@ukr.net;

[3]Інститут геотехніки САН, м. Кошице, Словаччина, melnyk@saske.sk

Широке використання фармацевтичних препаратів у системі охорони здоров'я зумовлює надходження значних кількостей цих сполук до навколишнього середовища. Диклофенак належить до найпоширеніших нестероїдних протизапальних препаратів. Його широко застосовують завдяки вираженим аналгетичним, протизапальним і жарознижувальним властивостям. У водне середовище він потрапляє переважно з побутовими, лікарняними та фармацевтичними стоками, оскільки на традиційних очисних спорудах видаляється не повністю. У водних екосистемах диклофенак може чинити токсичний вплив на гідробіонтів, порушуючи їхні фізіологічні функції. Отже, актуальним є пошук ефективніших технологій очищення стічних вод і підходів екологічного контролю, спрямованих на мінімізацію фармацевтичного забруднення. Перспективність кремнійорганічних матеріалів для вилучення складних органічних сполук, зокрема диклофенаку, зумовлена можливістю цілеспрямовано регулювати хімічну природу поверхні, високою концентрацією функціональних груп і розвиненою пористою структурою. У цій роботі синтезовано та досліджено сорбційні властивості зразків із четвертинними амонієвими функціональними групами (таблиця).

Таблиця. Деякі характеристики синтезованих матеріалів

Зразки	$C_{ф.гр.}$, ммоль/г	$S_{пит}$, $м^2/г$	Адсорбція диклофенаку, мг/г	
SiEN1	2,2	5	40	
SiEN2	1,4	381	104	
SiBN1	1,8	13	58	
SiBN2	1,2	287	49	
SiN1	2,6	43	66	
SiN2	1,8	183	10	

За результатами кінетичних досліджень зразок SiEN2 найефективніше сорбує диклофенак: ступінь вилучення становить понад 90 % (від $C_{вих}$) уже через 10 хв, тоді як для SiEN1 за той самий час цей показник становить лише близько 20 %. Подібну тенденцію за швидкістю вилучення спостерігали і для зразків

SiBN1 та SiBN2 - близько 20 % і 50 % відповідно. Наведені результати свідчать, що швидкість досягнення адсорбційної рівноваги значною мірою пов’язана з особливостями поруватої структури сорбентів, тоді як сорбційна ємність визначається сукупним впливом структурних характеристик матеріалу та вмісту функціональних груп. Отже, отримані зразки є перспективними адсорбентами для очищення водного середовища від диклофенаку.

Біохімічні індикатори токсичного впливу мікотоксинів та адаптаційних перебудов у ставкових риб

Лідія Полотнянко

Чернігівська регіональна державна лабораторія Державної служби України з питань безпечності харчових продуктів та захисту споживачів

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Чернігів, Україна, chreglab@vetmed.gov.ua

Мікотоксини є поширеними контамінантами кормів для гідробіонтів і становлять суттєву загрозу для ставкової аквакультури. Особливу небезпеку для риб мають афлатоксин B1 і T-2 токсин, які характеризуються гепатотоксичною та прооксидантною дією. Їх накопичення в тканинах риб, зокрема у м'язах коропа лускатого, підтверджено експериментально (Полотнянко & Мехед, 2023). Порушення морфофункціонального стану органів за дії T-2 токсину також встановлено для коропа (Polotnianko & Mekhed, 2024; Sevi et al., 2016).

Одним із провідних механізмів мікотоксичної дії є розвиток оксидативного стресу, що проявляється посиленням перекисного окиснення ліпідів (ПОЛ). Зростання інтенсивності ПОЛ у тканинах карася звичайного за дії афлатоксину B1 описано у роботі Симонової та Мехед (2025a). Аналогічні закономірності встановлено для печінки коропа лускатого за впливу токсикантів різної природи (Симонова & Мехед, 2025b). Підвищення рівня ТБК-активних продуктів свідчить про ушкодження клітинних мембран і зниження їх функціональної стабільності.

Метою дослідження було визначити інформативні біохімічні маркери токсичного навантаження та адаптаційних реакцій у коропа лускатого (*Cyprinus carpio*) та карася звичайного (*Carassius carassius*) різного віку за дії афлатоксину B1 і T-2 токсину. У процесі експерименту оцінювали показники енергетичного обміну (АТФ, АДФ, АМФ), аденілатний енергетичний заряд, інтенсивність ПОЛ і зміни фосфатного обміну.

Встановлено, що мікотоксичне навантаження супроводжується зниженням вмісту АТФ і зростанням концентрацій АДФ та АМФ, що свідчить про напруження енергетичного метаболізму клітин. Зменшення аденілатного енергетичного заряду вказує на порушення процесів аеробного енергозабезпечення. Найбільш виражені зміни спостерігалися у цьоголіток і у карася звичайного, що свідчить про вікову та міжвидову чутливість до токсинів.

Паралельно зафіксовано достовірне підвищення рівня малонового діальдегіду в печінці та м'язах риб, особливо за дії T-2 токсину. Це підтверджує розвиток оксидативного стресу як універсальної ланки токсичного процесу. Посилення ліпопероксидації узгоджується з даними щодо впливу афлатоксину B1 на тканини карася (Симонова & Мехед, 2025a).

Виявлені зміни мають комплексний характер і поєднують ознаки ушкодження з адаптаційними реакціями. Перерозподіл енергетичних ресурсів і зміна співвідношення аденілових нуклеотидів можна розглядати як механізм підтримання клітинного гомеостазу. Проте тривале токсичне навантаження

призводить до виснаження резервів і зниження функціональної стабільності організму.

Отже, показники енергетичного обміну та інтенсивності ПОЛ є чутливими біохімічними маркерами мікотоксичного впливу. Їх комплексна оцінка дозволяє визначити ступінь токсичного навантаження, рівень адаптаційних можливостей та потенційні ризики для безпеки продукції аквакультури. Контроль контамінації кормів мікотоксинами розглядається як ключовий елемент забезпечення якості продукції тваринного походження. Використання запропонованих маркерів є перспективним для моніторингу стану ставкових екосистем і підвищення біобезпеки у рибництві.

Література

Симонова, Н. А., Мехед, О. Б. (2025a). Вплив афлатоксину В1 на інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у тканинах карася звичайного (*Carassius carassius*). *Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки*. 2. 65–69.

Симонова, Н. А., Мехед, О. Б.(2025b) Вплив токсикантів різної хімічної природи на інтенсивність перекисного окиснення ліпідів у печінці коропа лускатого (*Cyprinus carpio*). *Природнича освіта і наука.* 4. 171–180.

Полотнянко, Л., Мехед, О. (2023). Накопичення мікотоксинів у м'язах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) при згодовуванні корму, контамінованого Т2-токсином. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату*. 105–106.

Polotnianko, L., & Mekhed, O. (2024). Changes in the morphological indicators of carp under the action of mycotoxin T2. *Biota. Human. Technology*, (3), 69–76. https://doi.org/10.58407/bht.3.24.4 (in Ukrainian).

Sevi, A., Marino, R., Lorenzo, J. M., et al. (2016). Strategies to improve meat quality and safety. *The Scientific World Journal*, Article ID 9523621. https://doi.org/10.1155/2016/9523621

Сучасний стан заповідного лісового урочища «Бармаківське» Рівненської області.

Варвара Рискова, Ірина Куроченко
Рівненський міський Палац дітей та молоді, м. Рівне, Україна,
ecopdm1@ukr.net

Збереження біологічного різноманіття є однією з головних проблем сучасності, адже кожен вид рослин є унікальним за своїм науковим і практичним значенням, а тому й втрата кожного з них є непоправною. Основні причини збіднення біорізноманіття – це втрата, деградація, фрагментація середовища існування. В зв'язку з цим все більшої актуальності набувають завдання збереження, охорони та відновлення оселищ й окремих видів за допомогою природоохоронних заходів.

Територія заповідного лісового урочища «Бармаківське» знаходиться на відстані 1 км на північний схід від міста Рівне, площею 22,4 га. Це виразна у рельєфі балка з плескатим дном та крутими залісненими схилами і ярами, у яких спостерігаються відслонення лесоподібних суглинків та крейди.

У лісовій частині деревний ярус формують *Carpinus betulus, Populus nigra, Populus tremula* та *Acer platanoides*. Підріст дерев майже відсутній, відмічені поодинокі молоді дерева *Acer platanoides, Quercus robur, Quercus rubra, Picea abies, Populus alba* та *Acer negundo*. На грунті, пеньках, стовбурах дерев зростають мохи та лишайники родів *Parmelia* та *Xanthoria*. Великий об'єм відмерлої деревини різних стадій деструкції створює притулок чисельним видам комах та інших тварин, на ній зростають дереворуйнівні гриби *Trametes versicolor, Daedaleopsis tricolor, Lycogala epidendrum*, які завдяки своїй життєдіяльності збагачують грунт.

На крейдяних схилах сформувалися своєрідні лучно-степові угруповання рослин, нетипові для Рівненської області: *Verbascum phoeniceum, Vincetoxicum hirundinaria, Stachys recta, Eryngium planum, Viscaria vulgaris, Potentilla reptans, Salvia pratensis, Tragopogon dubius, Knautia arvensis* та інші. На їх фоні зростають кущі та низькі дерева: *Chamaecytisus ruthenicus, Rosa canina, Prunus spinosa, Rubus caesius, Crataegus sanguinea, Ligustrum vulgare, Cornus sanguinea.* На окремих ділянках пагорбів спостерігалося щільне розростання *Chamaecytisus ruthenicus* та *Cornus sanguinea*.

Тваринний світ урочища представлений чисельними комахами, які відносяться до різних рядів. Звичайні для урочища види жуків: *Dorcadion holosericeum, Lethrus apterus* та *Opatrum sabulosum*. Серед метеликів поширені види родини *Lycaenidae*, часто зустрічаються *Aglais io, Vanessa atalanta, Colias hyale, Coenonympha pamphilus*, зрідка – *Papilio machaon, Iphiclides podalirius, Macroglossum stellatarum, Melanargia galathea*. Територія урочища – середовище існування черевоногих, павукоподібних, плазунів (*Lacerta agilis*), птахів (*Pica, Dendrocopos major, Accipiter nisus, Cuculus canorus, Columba palumbus, Chloris chloris, Perdix perdix, Crex crex, Poecile montanus, Phylloscopus collybita*) та звірів (*Talpa europaea, Lepus europaeus, Sciurus vulgaris* та *Erinaceus europaeus*).

Мета досліджень полягала у з'ясуванні сучасного стану заповідного лісового урочища «Бармаківське».

У 2022-2025 роках ми провели польові дослідження на території урочища методом маршрутного обліку. За досліджуваний період здійснили 12 маршрутів у різні пори

року, під час яких проводили виділення та ідентифікацію окремих оселищ урочища (за консультаціями к.б.н., професора кафедри агрохімії, ґрунтознавства та землеробства НУВГП, Володимирця В,О,), описували рослинність та представників тваринного світу; виявляли раритетні та інвазійні види рослин; описували видів господарської діяльності.

Визначення сучасного стану урочища проводили за критеріями: наявність різних оселищ; зростання раритетних видів рослин; наявність факторів негативного впливу та їх дія.

Згідно «Національного каталогу біотопів України» (за ред. А. А. Куземко, Я. П. Дідуха, В. А. Онищенка, Я. Шеффера) на території урочища виявлені шість типів оселищ та пов'язані з ними угруповання у вигляді відносно великих суцільних ділянок або розосереджених фрагментів:

1. Петрофітні степи на крейді – T1.2.4 (Petrophyte steppe on chalk); EUNIS: E1.13 Continental dry rockysteppic grasslands and dwarf scrub on chalk outcrops (Континентальні остепнені трав'яні і чагарничкові угруповання на відслоненнях крейди).

Резолюція 4 Бернської конвенції: E1.13 Continental dry rocky steppic grasslands and dwarf scrub on chalk outcrops (Континентальні остепнені трав'яні і чагарничкові угруповання на відслоненнях крейди).

Зелена книга України: 102. Угруповання формації осоки низької (*Cariceta humilis*).

2. Лучні степи на рендзинах – T1.3.1 (Meadow steppes on calcareous soils (rendzina); EUNIS: E1.23: Meso-xerophile subcontinental meadow-steppes (Cirsio-Brachypodion) (Мезо-ксерофільні субконтинентальні лучні степи (Cirsio-Brachypodion).

Резолюція 4 Бернської конвенції: E1.2 Perennial calcareous grassland and basic steppes (Багаторічні трав'яні кальцифітні угруповання та степи).

UkrBiotop: E2.112 Угруповання Carex humilis центральноєвропейського типу на сухих збагачених карбонатами ґрунтах (рендзинах); E2:121 Угруповання *Carex humilis* лісостепової зони на сухих збагачених карбонатами ґрунтах; E:2.211 Угруповання з домінуванням різнотрав'я на карбонатних відкладах.

Зелена книга України: 102. Угруповання осоки низької (*Cariceta humilis*).

3. Термоксерофільні узлісся та галявини (окремими фрагментами) – T5.1 (Thermo-xerophilous fringes); EUNIS: E5.21 Xero-thermophile fringes (Ксеротермофільні узлісся).

UkrBiotop: E:4.12 Термофільні узлісні біотопи на достатньо багатих ґрунтах.

4. Мезофільні узлісся та галявини на нейтральних і слабколужних ґрунтах (окремими фрагментами) – T5.2.1 Mesophilous fringes and glades on neutral and base-rich soils); EUNIS: E5.22 Mesophile fringes (Мезофільні узлісся).

UkrBiotop: E:4.13 Різнотравні післялісові біотопи.

5. Мезофільні і ксеромезофільні чагарники – Ч4.1 (Mesophilous and xeromesophylous shrubs); EUNIS: F3.241 Central European subcontinental thickets (Центральноєвропейські субконтинентальні чагарникові зарості).

Резолюція 4 Бернської конвенції: F3.241 Central European subcontinental thickets (Центральноєвропейські субконтинентальні чагарникові зарості).

UkrBiotop: F:3.313 (G:1.33) Мезоксерофільні тернові зарості; F:3.1321 Мезотермофільні чагарникові зарості.

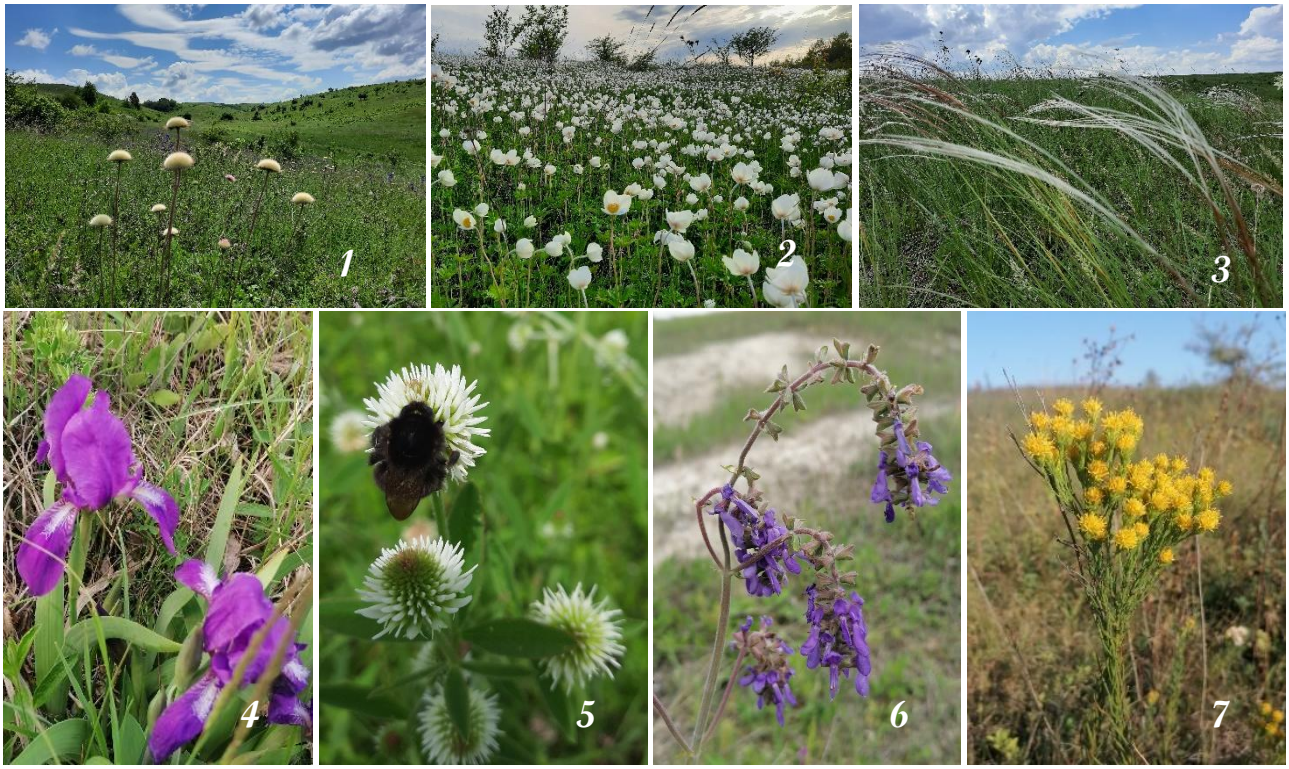
6. Східноєвропейські мезофільні евтрофні широколистяні ліси лісостепової і степової зон (окремими фрагментами) – Д1.2.3 (Eastern European mesic eutrophic broad-

leaved forests of the forest-steppe and steppe zones); EUNIS: G1.A Meso – and eutrophic *Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus* and related woodland (Мезо- і евтрофні ліси з домінуванням *Quercus, Carpinus, Fraxinus, Acer, Tilia, Ulmus* і споріднені ліси; G1.9 Non-riverine woodland with *Betula, Populus tremula* or *Sorbus aucuparia* (Незаплавні ліси з домінуванням *Betula, Populus tremula* або *Sorbus aucuparia*.

Резолюція 4 Бернської конвенції: G1.A1 *Quercus – Fraxinus – Carpinus betulus* woodland on eutrophic and mesotrophic soils / Ліси *Quercus – Fraxinus – Carpinus betulus* на евтрофних і мезотрофних ґрунтах.

Рис. 1-7. Раритетні види рослин на території урочища: 1 – *Jurinea calcarea*, 2 – *Anemone sylvestris*, 3 – *Stipa pulcherrima*, 4 – *Iris hungarica*, 5 – *Trifolium montanum*, 6 – *Salvia nutans*, 7 – *Galatella linosyris* (автор Варвара Рискова).

На території урочища зафіксовано зростання шести інвазійних видів рослин України, які створюють потенційні небезпеки типовим видам заповідної території: *Solidago canadensis, Erigeron annuus, Symphyotrichum salignum, Helianthus tuberosus, Acer negundo ma Quercus rubra*. У 2021 році окремі рослини



У флорі урочища виявлені раритетні види: регіонально рідкісні рослини Рівненської області (18 видів) – *Helianthemum nummularium, Polygala comosa, Anemone sylvestris, Trifolium montanum, Bothriochloa ischaemum, Carlina vulgaris, Onobrychis arenaria, Jurinea calcarea, Linum flavum, Iris hungarica, Prunella grandiflora, Salvia nutans, Galatella linosyris, Thesium linophyllon, Thymus marschallianus, Phleum phleoides, Carex humilis, Telekia speciosa*; та п’ять видів, які знаходяться під охороною ЧКУ (2021 р.) – *Carlina onopordifolia, Adonis vernalis, Stipa pennata, Stipa pulcherrima* та *Stipa capillata* (рис.1-7).

Solidago canadensis зростали на межі урочища і стихійних городів. Дослідження восени 2025 року показали значне розширення території зростання цього виду – наразі

вид зростає майже у всіх частинах території. Зафіксовані також інвазійні види тварин – *Harmonia axyridis* та *Arion vulgaris*.

Територія урочища слугує місцем активного відпочинку мешканців міста. Тут збирають квіти на букети, розводять багаття, влаштовують траси з трамплінами для велосипедистів, катаються на квадроциклах та сноубордах, залишають сміття (бите скло, пластик, поліетилен, автомобільні шини).

По межі урочища є охоронні знаки, які встановлені неякісно, більшість з них не виконують своєї функції, частина з них розбита. По межі урочища відсутня буферна зона. З двох сторін впритул підходять ділянки ріллі, де вирощують просапні культури. Протягом вегетаційного періоду посіви неодноразово обробляються отрутохімікатами, які можуть згубно впливати на різноманітність комах урочища та інших живих організмів.

Висновки. Заповідне лісове урочище «Бармаківське» має рідкісну для Західного Лісостепу ділянку із лучно-степовою рослинністю, що має велику созологічну цінність для України, оскільки збереглася на вкрай незначних територіях. Тут виявлені шість типів оселищ із 23 видами раритетних видів рослин, які відіграють важливу роль у збереженні біорізноманіття.

Урочище представляє велику ландшафтну, ботанічну та ентомологічну цінність, проте знаходиться під значним антропогенним тиском, який спричиняє руйнування природного рельєфу, стрімке поширення інвазійних видів рослин, збіднення рослинного різноманіття, виступає як потужний фактор турбування тварин та може призвести до втрати його унікальності.

Для збереження заповідної території важливо визначити буферну зону із деревно-чагарниковою смугою, контролювати поширення *Solidago canadensis* та *Symphyotrichum salignum*, провести біотехнічні заходи із видалення кущів *Chamaecytisus ruthenicus* та *Cornus sanguinea* на схилах південної експозиції, рекомендувати аграріям перехід на вузькорядні посіви культур поруч, підтримувати у належному стані державні штандарти, запровадити контроль рекреаційного навантаження, провести прибирання території від сміття.

Список джерел інформації.

Департамент екології та природних ресурсів Рівненської облдержадміністрації. (2021). Регіонально рідкісні рослини Рівненської області. https://www.ecorivne.gov.ua/reserve/?sid=366

Куземко А. А., Дідух Я. П., Онищенко В. А., Шеффер Я. (2018). *Національний каталог біотопів України.* ФОП Клименко Ю. А.

Морозюк С.С., Протопопова В.В. (2007) *Трав'янисті рослини України. Атлас-визначник.* Навчальна книга – Богдан.

Онищенко В.А. (2016). *Оселища України за класифікацією EUNIS.* Фітосоціоцентр. https://www.botany.kiev.ua/doc/onysh_2016.pdf

Фітоценотичні особливості газонних травостоїв урбоекосистеми міста Рівне

Варвара Рискова, Ірина Куроченко
Рівненський міський Палац дітей та молоді, м. Рівне, Україна,
ecopdm1@ukr.net

В умовах зміни клімату, коли посухи стають все більш поширеним явищем, є рішення, які дозволяють містам залишатися комфортними і безпечними для мешканців. Серед них – управління трав'яним покривом та підтримка міського різнотрав'я – різновиду газону, який складається переважно з лучних рослин та являє собою альтернативу традиційним газонним сумішам. Різнотравний покрив у містах вирішує проблеми локального нагрівання території, запобігає затопленню завдяки затриманню вологи, підтримує біорізноманіття та очищує повітря, має економічні переваги в утриманні, а також значний освітній, естетичний та психологічний потенціал. Для зміни традиційних підходів в управлінні трав'янистим покривом міст важливо вивчати умови та видовий склад спонтанної рослинності, яка зростає на газонних ділянках.

Мета досліджень полягала у з'ясуванні особливостей газону із спонтанним трав'янистим покривом та розробці пропозицій природоорієнтованого догляду.

Дослідження проводилось в період з травня по вересень 2024 та 2025 років на ділянці вздовж проїжджої частини вул. Романа Шухевича у м. Рівному.

Вулиця Романа Шухевича прокладена приблизно в кінці 80-х років XX століття, проходить впоперек схилу південно-західної експозиції. До початку будівництва тут були суходільні луки, які використовувалися як пасовища для великої рогатої худоби. Природні грунти розвивалися на основі лесових суглинків, які залягають на покладах крейди. Наразі вулиця має асфальтоване покриття, чотири смуги руху, велике транспортне навантаження. Ділянка виконує розмежувальну функцію між проїжджою частиною та тротуаром.

Ділянка характеризується високим рівнем сонячного освітлення та нагрівання. Вуличні деревні насадження зранку та ввечорі створюють умови напівзатінення. Основу грунту становить штучно насипаний технозем, за основним складом подібний до лесових суглинків, у верхній частині якого сформувався спонтанний напівприродній грунтовий шар потужністю до 15 см.

Вулиця з обох сторін має деревні насадження, сформовані у три ряди: перший – насадження *Carpinus betulus* віком 6-8 років, другий та третій – *Populus pyramidalis* віком 30-35 років висотою 15-20 м. Ширина газону вздовж вулиці неоднакова – мінімальна ширина складає 3 м, максимальна – 6 м (рис.1).





Рис. 1. Газон вздовж вулиці Р. Шухевича у Рівному (автор. В.В.Рискова)

Згідно «Національного каталогу біотопів України» (за ред. А. А. Куземко, Я. П. Дідуха, В. А. Онищенка, Я. Шеффера) ділянка належить до газонів (С.2.2.2). EUNIS: I2.11 Park flower beds, arbours and shrubbery / Паркові клумби, альтанки та чагарники. UkrBiotop: I:5.2 Клумби декоративних видів рослин, альпінарії (біотопи Лісової і Лісостепової зон України); I3.13 Декоративні штучні біотопи (газони та клумби); I:3.131 Газони (Біотопи Гірського Криму).

Протягом вегетаційних періодів 2024-2025 років на газоні спонтанно зростали 105 видів трав'янистих рослин, які відносились до 28 родин. Провідними виступали чотири родини*: Asteraceae* – 26 видів, *Poaceae* та *Brassicaceae* – по 11 видів, *Fabaceae* – 12 видів (таблиця 1).

Таблиця 1. Видовий склад різнотравного покриву газону

Родина	**Вид латинською**	**Родина**	**Вид латинською**
Caryophyllaceae	*Melandrium*	*Polygona-ceae*	*Polygonum aviculare*
	Stellaria media		*Rumex confertus*
	Stellaria graminea		*Rumex obtusifolius*
Chenopodiaceae	*Chenopodium album*		*Cerastium arvense*
Urticaceae	*Urtica dioica*		*Cerastium sylvaticum*
Apiaceae	*Eryngium planum*	*Asteraceae*	*Achillea millefolium*
Malvaceae	*Malva sylvestris*		*Arctium lappa*
Crassulaceae	*Sedum acre*		*Inula helenium*
Orchidaceae	*Epipactis helleborine*		*Artemisia coarctata*
Hypericaceae	*Hypericum perforatum*		*Leucanthemum vulgare*
Violaceae	*Viola arvensis*		*Artemisia absinthium*
Brassicaceae	*Camelina microcarpa sylvestris*		*Scorzoneroides autumnalis*
	Capsella bursa-pastoris		*Artemisia citriodora*
	Barbarea vulgaris		*Carduus acanthoides*
	Berteroa incana		*Cichorium intybus*
	Lepidium ruderale		*Cirsium arvense*
	Raphanus raphanistrum		*Sonchus arvensis*
	Sinapis arvensis		*Crepis tectorum*
	Thlaspi arvense		*Erigeron canadensis*
	Armoracia rusticana		*Hieracium canadense*
	Alliaria officinalis		*Lactuca serriola*
	Bunias orientalis		*Senecio jacobaea,*
Euphorbiaceae	*Euphorbia virgata*		*Senecio vulgaris*
Rosaceae	*Fragaria vesca*		*Solidago canadies*
	Geum urbanum		*Taraxacum officinale*
Fabacea	*Medicago sativa*		*Tragopogon dubius*
	Melilotus officinalis		*Erigeron annuus.*
	Medicago lupulina		*Centaurea stoebe*

Fabacea	*Vicia cracca*		*Bellis perennis*
	Vicia tetrasperma		*Ambrosia artemisiifolia*
	Trifolium pratense		*Galinsoga parviflora*
	Trifolium repens	*Poaceae*	*Elymus repens*
	Trifolium arvense		*Lolium perenne*
	Astragalus albidus		*Dactylis glomerata*
	Lathyrus tuberosus		*Poa pratensis*
	Lathyrus pratensis		*Poa annua*
	Lotus corniculatus		*Setaria pumila*
Geraniaceae	*Geranium pusillum*		*Arrhenatherum elatius*
	Geranium pratense		*Beckmannia eruciformis*
Apiaceae	*Daucus carota*		*Hordeum murinum*
	Pastinaca sylvestris		*Geum urbanum*
	Heracleum sosnowskyi		*Phleum pratense*
Rubiaceae	*Galium aparine*	*Lamiaceae*	*Lamium purpureum*
	Galium verum		*Lamium amplexicaule*
Convolvulaceae	*Calystegia sepium*		*Ballota nigra*
	Convolvulus arvensis		*Marrubium vulgare*
Primulaceae	*Anagallis arvensis*		*Glechoma hederacea*
Scrophulariaceae	*Verbascum thapsus*		*Prunella vulgaris*
Amaranthaceae	*Amaranthus retroflexus*	*Plantaginaceae*	*Linaria vulgaris*
Papaveraceae	*Fumaria officinalis*		*Veronica arvensis*
	Papaver rhoeas		*Plantago major*
Boraginaceae	*Anchusa officinalis*		*Plantago lanceolata*
	Cynoglossum officinale		

На ділянці зростала *Epipactis helleborine* – Червона книга Уаїни (2021р.) та *Inula helenium* – Список регіонально рідкісних рослин Рівненської області.

Проекційне покриття травостою на газоні – 80-90%, висота травостою 10-50 см, окремі рослини до 70-80 см. Рослинне угруповання має три яруси. І ярус формують *Geranium pusillum, Viola arvensis, Lysimachia arvensis , Prunella vulgaris, Veronica arvensis;* ІІ ярус – *Leucanthemum vulgare, Capsella bursa-pastoris, Thlaspi arvense, Camelina silvestris, Barbarya vulgaris, Senecio vulgaris, Trifolium pratense*; ІІІ ярус – *Cichorium intybus, Rumex confertus, Daucus carota, Dactylis glomerata.*

За відношенням до багатства грунту найбільше рослин мезотрофів - 45 видів. Типові представники цієї групи – *Barbarea vulgaris, Berteroa incana, Trifolium pratense.* Групи мезоевтрофів та евтрофів складають по 29 та 23 види відповідно. За відношенням до освітленості найбільше геліофітів – 71 вид. До цієї групи належать такі рослини – *Daucus carota, Medicago sativa, Trifolium arvense*. Екологічні групи сціогеліофітів та геліосціофітів налічують 17 та 15 видів відповідно. За відношенням до вологості грунту найбільше мезофітів – 66 видів (63%) – *Chenopodium album, Raphanus raphanistrum, Viola arvensis.* Група ксеромезофітів налічує 32 види, серед яких *Eryngium armatum, Setaria pumila.*

Майже 50% рослин мають стрижневу кореневу систему (*Artemisia vulgaris, Verbascum thapsus, Malva sylvestris),* 31% – кореневище – *Trifolium repens, Solidago canadensis, Bellis perennis, Lathyrus tuberosus, Lathyrus pratensis.*

За тривалістю життя найбільше багаторічних рослин – 64 види або 61%. Понад 60% видів розмножуються насінням за допомогою вітру, води, тварин, людини та сили тяжіння – *Bellis perennis, Leucanthemum vulgare*. За походженням 60% рослин відноситься до аборигенних видів. Серед них *Verbascum thapsus, Rumex confertus, Achillea millefolium*. Серед адвентивних видів *Erigeron canadensis, Solidago canadensis, Erigeron annuus, Raphanus raphanistrum.*

За особливостями господарського використання значна частка рослин належить до медоносних та декоративних. Десять видів отруйних рослин – *Sedum acre, Fumaria officinalis, Euphorbia virgata*. Вісім видів – інвазійні рослини, серед них карантинний вид – *Ambrosia artemisifolia.*

Висновки. Досліджуваний газон вирізняється багатим видовим складом, на якому спонтанно зростали 105 видів рослин із 28 родин. Більшість виявлених рослин пристосовані до умов повного освітлення, середнього та недостатнього рівня зволоження та середнього рівня багатства грунту на мінеральні речовини. Особливості газонного травостою відповідають екологічним умовам ділянки, що відкриває можливості мінімізувати заходи з управління на користь саморегуляції трав'янистого угруповання протягом багатьох років.

Виражена ярусна структура, висока площа проективного покриття, домінування у травостої багаторічних місцевих рослин, серед яких багато медоносів та декоративних рослин, сприяє створенню різноманітних екологічних ніш, створює умови для підтримки біорізноманіття та підвищення естетичного вигляду міського простору. Для підтримки стану газону важливо оптимізувати технологію та зменшити частоту скошування аби дати можливість дозріти насінню для самовідновлення рослин та упередженню поширення інвазійних видів, проводити підсів насіння рослин, що утворюють дернину. Для зменшення впливу інвазійних видів на місцеве різноманіття, вони потребують контролю поширення, *Ambrosia artemisifolia* – повного знищення.

Список використаних джерел

Вагалюк Л.В.,. Лісовий М.М. (2023). *Біорізноманіття і його збереження*. НУБіП України. https://bit.ly/3MLR5nm

Гриник О. М. (2011). Екологічна характеристика газонотвірних трав'яних рослин паркової зони Львова. *Науковий вісник НЛТУ України,* 22, 58–65. https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2011/21_9/58_Gry.pdf

Марутяк С.Б. (2003). Формування газонів у зонах інтенсивного антропогенного навантаження. Науковий вісник УкрДЛТУ, 13.5, 326 –331. https://bit.ly/4rHfBoX

Морозюк С.С., Протопопова В.В. (2007). *Трав'янисті рослини України. Атлас-визначник*. Навчальна книга – Богдан.

Протопопова В.В. (1991). *Синантропная флора Украины и пути ее развития.* Наукова думка.

Чоха О.В. (2005). *Газонні покриття м. Києва*. Фітосоціоцентр. https://bit.ly/4qTHZmB

Синтез Co-вмісних цеолітних імідазолятних структур з різною морфологією частинок

Роїк Н.В., Трофимчук І.М.
Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка НАН України, Київ, Україна,
roik_nadya@ukr.net

Цеолітні імідазолятні структури (ZIF) – це металоорганічні сполуки, що складаються з тетраедрично координованих іонів перехідних металів (Fe^{2+}, Co^{2+}, Cu^{2+}, Zn^{2+}) та імідазолятних лінкерів. Завдяки таким перевагам, як велика питома площа поверхні, регульована пористість, висока гідролітична, хімічна та термічна стійкість, велика кількість активних поверхневих центрів, ZIF знайшли застосування в сорбції та фотодеградації, розділенні та зберіганні газів, доставці ліків, каталізі тощо. Серед різноманітних підходів, що використовуються для одержання ZIF, увагу привертає простий у реалізації сольвотермальний синтез. Формування кристалічної структури та морфології частинок відбувається під впливом таких ключових факторів, як мольне співвідношення компонентів реакційної суміші, початкові концентрації розчинів, джерело катіонів металу, температура тощо. Згідно з літературними даними синтез ZIF-67 можна здійснити без використання високотоксичних реагентів, розчинників, допоміжних речовин, нагрівання реакційної суміші, а шляхом перемішування водних розчинів солі кобальту та 2-метилімідазолу (2-мІМ) за кімнатної температури [1]. Було показано, що збільшення вмісту імідазолятного ліганду, введеного під час синтезу, приводить до поступового перетворення двовимірної кристалічної структури у тривимірну [1]. Однак формування кристалів ZIF з чіткою ромбододекаедричною морфологією та содалітною топологією при змішуванні водних розчинів реагентів відбувається лише при великому мольному надлишку 2-мІМ відносно солі металу (1:70).

Нами було запропоновано новий підхід щодо синтезу Co-вмісних цеолітних імідазолятних структур різної морфології, що полягає у крапельному додаванні розчину солі металу до розчину ліганду. За таких умов експерименту швидка координація катіонів металу з присутньою у реакційному середовищі надлишковою кількістю 2-мІМ запобігає утворенню побічних продуктів і сприяє росту кристалів ZIF. Морфологію, кристалічну та пористу структуру частинок Co-ZIF, синтезованих у водному середовищі при різному вихідному мольному співвідношенні реагентів, було детально досліджено за допомогою скануючої електронної мікроскопії (СЕМ), рентгенівської дифракції та низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту. Візуалізація металоорганічних частинок методом СЕМ доводить, що варіювання складу реакційної суміші у поєднанні з крапельним додаванням металевого прекурсору відкриває нові можливості для одержання Co-ZIF з листоподібною, кубоїдною, кактусоподібною та ромбододекаедричною морфологією. Еволюція дво- та тривимірних кристалографічних структур, яка відбувається при поступовому збільшенні мольного співвідношення імідазолятного ліганду до металевого прекурсора, була підтверджена рентгеноструктурним аналізом. Згідно з результатами низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту структурна

трансформація супроводжується суттєвим збільшенням питомої площі поверхні та об'єму пор синтезованих Co-ZIF (Таблиця).

Таблиця

Структурні параметри *Co-ZIF за даними низькотемпературної адсорбції-десорбції азоту*

Морфологія частинок Co-ZIF	$S_{БЕТ}$, м^2/г	$S_{зовн}$, м^2/г	$S_{мікро}$, м^2/г	$V_{заг}$, см^3/г	$V_{мікро}$, см^3/г	*D*, нм
листоподібна	2.5	2.5	–	0.02	–	–
кубоїдна	558	29	529	0.25	0.19	1.56
кактусоподібна	1272	36	1236	2.26	0.40	1.56
ромбододекаедрична	1834	61	1773	0.71	0.63	1.56

Таким чином, було запропоновано новий синтетичний підхід до одержання Co-вмісних цеолітних імідазолятних структур із можливістю ефективного контролю морфології, кристалічної та пористої структури частинок у водному середовищі за м'яких умов.

Список використаних джерел

Zhang, J., Zhang, T., Yu, D., Xiao, K., & Hong, Y. (2015). Transition from ZIF-L-Co to ZIF-67: a new insight into the structural evolution of zeolitic imidazolate frameworks (ZIFs) in aqueous systems. *CrystEngComm*, *17*(43), 8212–8215. https://doi.org/10.1039/c5ce01531f

Субспонтанні інтродуковані види плодово-ягідних культур підродини *Maloideae* в урбанізованому середовищі Чернігівської області

Оксана Сагач, Олександр Яковенко, Євгеній Кошовець
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна
e-mail: Oksmos78@ukr.net, ajakov2@gmail.com

Підродина *Maloideae* C. Web. родини *Rosaceae* Juss. об'єднує численні плодово-ягідні та декоративні рослини, серед яких значне місце посідають інтродуковані види з Північної Америки та Азії. У 1970–1990-х роках ці культури активно використовувалися в озелененні міст Чернігівщини, на дачних і присадибних ділянках. Упродовж останніх 25–30 років інтерес до них помітно знизився: нові насадження закладаються рідко, частина видів фактично вийшла з активного використання в садівництві та озелененні. Разом із тим колишні осередки культивування стали джерелом субспонтанного поширення: рослини натуралізувалися, дають самосів і дедалі частіше трапляються у складі рудеральної флори регіону (Кошовець та ін., 2025; S.V., K., & O.M., N., 1999).

Інвентаризацію субспонтанних насаджень інтродукованих видів підродини *Maloideae* та оцінку ступеня їх натуралізації і поширення здійснено на території населених пунктів Чернігівської області. Обстеження охоплювали різні функціональні та просторові елементи урбанізованого середовища міста Чернігова, а також населених пунктів Чернігівського, Прилуцького й Новгород-Сіверського районів. Відібрані локації характеризуються контрастними ландшафтними умовами та різним рівнем антропогенного навантаження. Польові дослідження проводилися упродовж 2023–2025 рр. із використанням маршрутних флористичних обстежень і порівняльно-морфологічного аналізу.

За результатами обстежень зафіксовано насадження п’яти інтродукованих видів підродини *Maloideae*: аронії чорноплідної (*Aronia melanocarpa* (Michx.) Elliott), хеномелесу китайського (*Chaenomeles chinensis* (Dum.Cours.) Koehne), хеномелесу японського (*Ch. japonica* (Thunb.) Lindl. ex Spach), ірги кровавочервоної (*Amelanchier sanguinea* (Pursh) DC.) та піраканти яскраво-червоної (*Pyracantha coccinea* M. Roem.). Усі види були цілеспрямовано введені в культуру на Чернігівщині переважно у другій половині XX ст., однак нині нові посадки практично не закладаються, а існуючі здебільшого є залишками колишніх насаджень (Кошовець та ін., 2025).

Aronia melanocarpa є ергазіофітом і колонофітом – відносно стійко закріпилася в місцях колишнього культивування, утримуючи осередки поблизу занедбаних присадибних ділянок і покинутих поселень, яких на Чернігівщині чимало (Кошовець та ін., 2025). Серед досліджуваних видів аронія демонструє найвищу здатність до вторинного поширення.

Chaenomeles japonica є найпоказовішим прикладом субспонтанізації. Масово висаджуваний на дачах, квітниках і в присадибних садах, нині фіксується як представник спонтанної флори антропогенно порушених фітосистем Лівобережного Полісся. Зафіксовано численні самосіви у лісосмугах і на узліссях (Кошовець та ін., 2025). Новопосаджені рослини в міському

озелененні практично відсутні, що свідчить про його фактичне виключення з асортименту сучасного садівництва регіону.

Amelanchier sanguinea – вид із найвищим рівнем натуралізації серед досліджуваних: самовідновлюється повсюдно у природних і напівприродних місцезростаннях завдяки високому адаптивному потенціалу та регенераційній здатності [1].

Chaenomeles chinensis зберігся лише поодинокими екземплярами в старих декоративних насадженнях обласного центру; нові посадки не виявлені, самосів не спостерігається. *Pyracantha coccinea* поки що трапляються в контрольованих насадженнях (Кошовець та ін., 2025).

Отже, досліджувані субспонтанні інтродуковані види підродини *Maloideae* є живими свідками озеленювальної практики другої половини XX ст. Їхня натуралізація підтверджує успішну адаптацію до умов Чернігівщини, а поширення самосівом свідчить про стійке закріплення в регіональній флорі. Найвищий ступінь субспонтанізації демонструють *Aronia melanocarpa* і *Chaenomeles japonica*, що зумовлено їхньою зимостійкістю, невибагливістю та тривалою присутністю в регіоні. Вивчення цих видів є важливим як для розуміння динаміки міської флори, так і для оцінки потенційних інвазійних ризиків.

Список використаних джерел:

Кошовець, Є., Кирієнко, С., & Яковенко, О. (2025). Інтродуковані види дерев і чагарників підродини Maloideae C. Web. (Rosaceae Juss.) у флорі Чернігівської області. У *Молодь і поступ біології* (с. 98–99). Галич-Прес.

S.V., K., & O.M., N. (1999). Flowering quince: introduction, present condition and prospects of the culture. *Plant Introduction, 3-4*, 125–134. https://doi.org/10.5281/zenodo.3365324

Сучасні підходи до вирощування мікрозелені як елемент сталого агровиробництва

Анастасія Самкова
УДУ імені Михайла Драгоманова, Київ, Україна, nastya122004 @ukr.net
Науковий керівник : к.б.н., доцент Кустовська Алла Валентинівна

В умовах світових кліматичних трансформацій, урбанізації та зростання потреби населення у якісних і безпечних продуктах харчування особливої актуальності набуває впровадження принципів сталого аграрного виробництва. Сучасне сільське господарство повинно забезпечувати продовольчу безпеку, одночасно мінімізуючи негативний вплив на довкілля та раціонально використовуючи природні ресурси. Тому, сьогодні одним із перспективних напрямів є вирощування мікрозелені (мікрогріну) — молодих проростків овочевих культур, що готові до вживання на ранніх етапах росту. Мікрогрін характеризується коротким вегетаційним періодом, високою поживною цінністю та можливістю вирощування в контрольованих умовах впродовж року. Крім того, на відміну від зрілих овочів, майже не утворює харчових відходів під час приготування їжі. Можливість вирощування в умовах обмеженого простору, квартирах, ресторанах, навчальних закладах або на міських фермах сприяє скороченню логістичних ланцюгів та зменшенню втрат під час транспортування. Локальне виробництво дозволяє забезпечити споживачів свіжою продукцією.

Сучасні технологічні підходи до вирощування мікрозелені ґрунтуються на використанні інноваційних систем контрольованого середовища. Найбільш поширеними є гідропонні та субстратні технології, що дозволяють мінімізувати використання ґрунтових ресурсів і забезпечити точний контроль за живленням рослин. Активно розвиваються вертикальні ферми з багаторівневим розміщенням посівів, що значно підвищує продуктивність з одиниці площі. Використання енергоефективного освітлення з регульованим спектром дає можливість впливати на морфогенез рослин.

Одним із способів вирощування рослин без ґрунту, де корені отримують поживні речовини через розчин є гідропоніка. Такі системи особливо ефективні для мікрогріну через короткий цикл росту, малу кореневу систему та здатність розвиватися в контрольованому середовищі. **Вертикальні ферми** — це багаторівневі установки, у яких рослини вирощуються в рядах чи стелажах під штучним освітленням, без традиційного ґрунту. Сьогодні такі ферми стали одним із ключових шляхів промислового виробництва, особливо в міських умовах. У 2016 році компанія AeroFarms інвестувала близько 30 млн доларів у створення масштабної вертикальної ферми в Ньюарку. Проєкт передбачає використання аеропонної технології — вирощування рослин у багатоярусних конструкціях без ґрунту та природного освітлення, із подачею поживних речовин у вигляді туману. Запланована потужність виробництва становить до 907 185 кг листової зелені на рік. Компанія має на меті підвищити врожайність на обмеженій площі, зменшити екологічне навантаження та забезпечити населення локальною продукцією без пестицидів (Guardian staff reporter, 2016).

Для вирощування мікрозелені найкраще використовувати низькі харчові лотки або спеціальні ємності. Субстрат повинен бути стерильним, добре пропускати повітря і рівномірно зволожуватись. Для більшості культур ефективні лляні килимки, які

забезпечують швидке проростання та рівномірне зволоження. Важливо використовувати екологічно чисті матеріали.

Суттєвою перевагою мікрозелені є економія природних ресурсів. Приблизно 70% світового використання прісної води припадає на аграрний сектор. Щороку для зрошення сільськогосподарських угідь у світі витрачається близько 2600 кілометрів кубічних води, що становить майже дві третини всього обсягу водозабору людством (Food and Agriculture Organization [FAO], n.d.). Очікується, що ці показники й надалі зростатимуть у зв'язку зі збільшенням чисельності населення, підвищенням доходів домогосподарств і зміною структури харчування. За результатами дослідження, проведеного Carolyn F. Weber, виявилось, що молоді проростки броколі (*Brassica oleracea var. Italic*a Plenck) потребують у 158–236 разів менше води порівняно з традиційним польовим вирощуванням даної культури (Weber, 2017).

З економічної точки зору таке виробництво є вигідним, оскільки короткий цикл вирощування, який становить до 14 днів та високий попит на продукцію забезпечують швидку окупність витрат. Відносно низький поріг входу робить цей напрям привабливим, як для малого, так і для середнього бізнесу, стартапів, соціальних ініціатив. З точки зору харчової безпеки та здоров'я населення, мікрогрін характеризується високою концентрацією вітамінів, каротиноїдів, мінеральних елементів та інших біоактивних речовин. У ряді досліджень зазначається, що вміст окремих поживних компонентів у мікрозелені може перевищувати їх концентрацію у дорослих рослинах. «Було встановлено, що мікрозелень *Fagopyrum esculentum* Moench містить 19,0 мг/г аскорбінової кислоти, тоді як *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr. — 5,86 мг/г. У дорослих рослин *Brassica pekinensis* (Lour.) Rupr. вміст аскорбінової кислоти становить 0,45 мг/г, тоді як у *Fagopyrum esculentum* Moench цей вітамін практично відсутній (Самкова & Кустовська, 2025)». Отримані результати свідчать про інтенсивне накопичення аскорбінової кислоти на ранніх етапах онтогенезу.

Таким чином, поєднання високої врожайності, мінімального споживання ресурсів, швидкого обороту продукції та значної поживної цінності визначає мікрозелень як важливий елемент сучасного сталого агровиробництва.

Література

Самкова, А. М., & Кустовська, А. В. (2025, 28–29 січня). Використання мікрозелені для створення сучасної системи оздоровчого харчування українців. У PLANTA+. Наука, практика та освіта: збірник матеріалів V Міжнародної науково-практичної конференції (с. 132–134). Видавництво Паливода.

Food and Agriculture Organization of the United Nations. (n.d.). AQUASTAT - FAO's Global Information System on Water and Agriculture. Retrieved February 23, 2026, from http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm

Guardian staff reporter. (2016). World's largest vertical farm grows without soil, sunlight or water in Newark. the Guardian. https://www.theguardian.com/environment/2016/aug/14/world-largest-vertical-farm-newark-green-revolution

Weber, C. F. (2017). Broccoli Microgreens: A Mineral-Rich Crop That Can Diversify Food Systems. Frontiers in Nutrition, 4. https://doi.org/10.3389/fnut.2017.00007

Особливості та підходи до викладання дисципліни «Екологія» для студентів освітньої програми «Водні технології. Водопостачання та водовідведення» (на прикладі реалізації програми у Національного університету «Чернігівський колегіум» імені Т.Г.Шевченка)

Свердлов Володимир

НУ «Чернігівський колегіум» ім. Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна,
e-mail: vovasv8989@ukr.net

Стан водних ресурсів України впродовж останніх десятиліть характеризується поєднанням системних екологічних і техногенних викликів: високим рівнем антропогенного навантаження на басейни річок, зношеністю інфраструктури централізованого водопостачання та водовідведення, недостатньою ефективністю окремих очисних споруд, а також зростанням ризиків вторинного забруднення поверхневих і підземних вод. Урбанізаційні процеси, аграрна інтенсифікація та промислові викиди формують стійкі осередки хімічного і біогенного навантаження, що спричиняють деградацію водних екосистем, евтрофікацію, накопичення токсикантів та погіршення санітарно-епідеміологічних показників питної води.

У контексті імплементації положень Водної рамкової директиви ЄС, гармонізації національного законодавства з європейськими стандартами та реалізації норм Водного кодексу України, підвищуються вимоги до екологічної обґрунтованості технічних рішень у сфері водних технологій.

Досягнення Цілей сталого розвитку, визначених United Nations, зокрема цілі 6 «Чиста вода та санітарія», передбачає формування нової генерації фахівців, здатних забезпечувати екологічно збалансоване управління водними ресурсами. Перехід до басейнового принципу управління, запровадження інтегрованого моніторингу та необхідність досягнення «доброго екологічного стану» водних масивів актуалізують потребу у фахівцях, які володіють не лише інженерними розрахунковими методами, а й системним екологічним мисленням.

Додатковим фактором ускладнення ситуації є фізичний та моральний знос значної частини водогосподарської інфраструктури, що призводить до втрат води у мережах, несанкціонованих скидів та зниження ефективності очищення стічних вод.

В умовах кліматичних змін посилюється нерівномірність стоку, зростає частота гідрологічних екстремумів (посух, паводків), що безпосередньо впливає на режими експлуатації систем водопостачання і водовідведення. Це вимагає від фахівців здатності прогнозувати екологічні ризики та адаптувати технологічні рішення до змінних природних умов.

Освітня програма «Водні технології. Водопостачання та водовідведення» за спеціальністю G19 «Будівництво та цивільна інженерія» орієнтована на підготовку фахівців, які здійснюватимуть проєктування, модернізацію та експлуатацію водогосподарських систем. Однак традиційне викладання екології як фундаментальної природничої дисципліни часто не забезпечує належного рівня професійної інтеграції знань. Відсутність чіткої прикладної спрямованості, недостатній зв’язок із профільними інженерними курсами та обмежене

використання кейсів реальних водогосподарських об'єктів знижують ефективність формування екологічних компетентностей майбутніх спеціалістів.

Таким чином, виникає суперечність між зростаючими вимогами до екологічної безпеки водогосподарської діяльності та традиційними підходами до викладання дисципліни «Екологія». Необхідним є переосмислення змісту, структури та методичного інструментарію курсу з урахуванням галузевої специфіки, принципів сталого розвитку, сучасних нормативно-правових вимог і потреб практики водопостачання та водовідведення. Саме це зумовлює актуальність дослідження особливостей викладання екології для студентів відповідної освітньої програми.

Специфіка викладання дисципліни «Екологія» для студентів освітньої програми «Водні технології. Водопостачання та водовідведення» визначається необхідністю поєднання фундаментальної екологічної підготовки з чітко вираженою галузевою орієнтацією.

У структурі професійної освіти майбутнього бакалавра з гідротехнічного будівництва, водної інженерії та водних технологій екологія виконує методологічну, світоглядну та прикладну функції, формуючи підґрунтя для прийняття технічно обґрунтованих і водночас екологічно безпечних рішень.

Зміст дисципліни доцільно структурувати за логікою переходу від загальноекологічних закономірностей до спеціалізованих аспектів функціонування гідроекосистем.

На початковому етапі навчання розглядаються біогеохімічні цикли речовин, енергетичні потоки в екосистемах, механізми саморегуляції та гомеостазу природних систем. Подальше вивчення матеріалу концентрується на специфіці водних екосистем, де аналізуються процеси розчинення та міграції хімічних компонентів, роль гідродинамічних факторів у формуванні якості води, закономірності розвитку фітопланктону та бактеріальних угруповань у контексті антропогенного навантаження.

Особливу увагу слід приділяти екологічній інтерпретації технологічних процесів водопідготовки та очищення стічних вод. Наприклад, вивчення коагуляції та флокуляції має супроводжуватися аналізом екотоксикологічних наслідків використання реагентів; дослідження біологічного очищення – розглядом мікробіологічних механізмів нітрифікації, денітрифікації та біологічного видалення фосфору; питання знезараження – оцінюванням ризиків утворення побічних продуктів хлорування. Такий підхід забезпечує інтеграцію екологічних і технологічних знань у єдину систему.

Вагомим компонентом курсу є розгляд систем управління водними ресурсами на басейновому рівні відповідно до принципів Водної рамкової директиви ЄС. Студенти повинні розуміти концепцію «доброго екологічного стану» вод, критерії його оцінювання, роль біологічних, гідроморфологічних та фізико-хімічних показників у класифікації водних масивів. Поряд із цим вивчаються положення Водного кодексу України, що регламентують спеціальне водокористування, нормування скидів і відповідальність за порушення екологічних вимог. Така нормативна інтеграція формує правову компетентність майбутніх інженерів.

Окрему увагу необхідно приділяти проблематиці якості води. Майбутні фахівці повинні опановувати методи оцінювання фізико-хімічних та біологічних показників: вміст розчиненого кисню, біохімічне споживання кисню ($БСК_5$), хімічне споживання кисню (ХСК), концентрації сполук азоту та фосфору, важких металів, нафтопродуктів. Вивчення індексних методів (інтегральний індекс забруднення, сапробіологічні індекси) дозволяє сформувати навички комплексного аналізу стану водних об'єктів. До навчального процесу доцільно включати розрахункові завдання з визначення гранично допустимих скидів та моделювання розповсюдження забруднювальних речовин у водному потоці.

З огляду на посилення кліматичних змін, у межах дисципліни необхідно розглядати адаптаційні стратегії водогосподарських систем до екстремальних гідрометеорологічних явищ (паводки, посухи, підвищення температури води). Інженер має розуміти, що зміна температурного режиму впливає на розчинність кисню, швидкість біохімічних процесів і структуру гідробіоценозів. У цьому контексті доцільно інтегрувати питання кліматичної адаптації та екологічної стійкості гідротехнічних споруд.

Сучасний етап розвитку водогосподарської галузі зумовлює необхідність включення до курсу питань цифровізації екологічного моніторингу. Методичний інструментарій викладання повинен передбачати застосування сучасних цифрових технологій.

Використання геоінформаційних систем (ГІС) дозволяє аналізувати басейнову структуру водозборів, визначати зони ризику підтоплення, моделювати сценарії зміни якості води. Застосування гідродинамічних і екологічних моделей сприяє розвитку прогностичних компетентностей та формуванню навичок роботи з великими масивами даних. Такі підходи відповідають міжнародним рекомендаціям у сфері екологічної освіти, що реалізуються в рамках програм United Nations та United Nations Environment Programme.

Суттєвим елементом професійної підготовки є опанування процедур оцінки впливу на довкілля (ОВД) для гідротехнічних проєктів. Студенти повинні вміти визначати просторові межі впливу, оцінювати кумулятивні ефекти, аналізувати альтернативні варіанти розміщення об'єктів і розробляти компенсаційні заходи. Практичні заняття можуть включати підготовку фрагментів звіту з ОВД для умовного водосховища або реконструкції системи водовідведення.

Важливою складовою є екологічний моніторинг гідротехнічних об'єктів. Майбутні фахівці повинні розуміти принципи організації систем спостережень, періодичність відбору проб, методи статистичної обробки результатів. Доцільним є ознайомлення з автоматизованими системами контролю якості води та дистанційним зондуванням Землі як інструментами оперативного екологічного аналізу.

Інтеграція дисципліни «Екологія» з фаховими курсами забезпечує формування системного підходу до прийняття інженерних рішень. Наприклад, при розгляді питань гідравлічного розрахунку водоскидних споруд доцільно аналізувати їхній вплив на ерозійні процеси та стан прибережних екосистем; при вивченні технологій водоочищення – оцінювати утворення та утилізацію осадів;

при проєктуванні систем водопостачання – враховувати екологічну ємність водозабору.

Не менш важливою є гуманітарна складова екологічної підготовки, що передбачає формування екологічної культури, професійної відповідальності та етики інженерної діяльності. Майбутні фахівці повинні усвідомлювати соціальне значення забезпечення населення якісною питною водою, потенційні ризики для здоров'я у разі порушення технологічних регламентів та роль інженера у збереженні водних ресурсів для майбутніх поколінь.

Таким чином, викладання дисципліни «Екологія» в межах реалізації освітньої програми «Водні технології. Водопостачання та водовідведення» має здійснюватися на засадах глибокої міждисциплінарної інтеграції, професійної спрямованості та інноваційності. Ефективність викладання забезпечується поєднанням теоретичних знань із практичними, лабораторними та проєктними формами роботи, а також орієнтацією на сучасні нормативні вимоги та екологічні виклики. Розширення змісту курсу за рахунок сучасних нормативних, технологічних та цифрових компонентів забезпечує формування фахівця нового покоління, здатного реалізовувати принципи екологічної безпеки та сталого розвитку у практиці водогосподарської діяльності.

Література

Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення, Закон України № 2918-III (2025).https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text

Про охорону навколишнього природного середовища, Закон України № 1264-XII (1991) https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text

Про оцінку впливу на довкілля, Закон України № 2059-VIII (2017). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2059-19#Text

Водний кодекс України, Кодекс України № 213/95-ВР (1995). https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр#Text

Клименко, М. О., Прищепа, А. М., & Вознюк, Н. М. (2018). *Екологія* [Підручник]. Київ: Центр учбової літератури.

European Parliament & Council. (2000). *Directive 2000/60/EC establishing a framework for Community action in the field of water policy.* https://eur-lex.europa.eu

Окисний стрес і динаміка перекисного окиснення ліпідів у тканинах карася звичайного за дії Т-2 токсину

Наталія Симонова

Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Чернігів, Україна, sna_1994@ukr.net

Перекисне окиснення ліпідів є фундаментальним клітинним процесом, який відображає баланс між утворенням активних форм кисню та ефективністю антиоксидантного захисту. У фізіологічних умовах цей процес має регуляторне значення, однак його надмірна активація призводить до ушкодження мембран і порушення клітинного метаболізму. Порушення рівноваги між прооксидантними та антиоксидантними системами є типовою реакцією риб на дію токсикантів (Symonova et al., 2018).

Одним із чинників, що здатний індукувати окисний стрес, є мікотоксин Т-2 — високотоксичний трихотеценовий метаболіт мікроскопічних грибів (Błajet-Kosicka et al., 2024). Його наявність у кормах для аквакультури створює потенційні ризики для гідробіонтів (Bashorun et al., 2023). Відомо, що Т-2 токсин спричиняє метаболічні зрушення та біохімічні порушення в організмі риб (Мехед, 2024), а також може викликати морфологічні зміни у тканинах (Polotnianko & Mekhed, 2024).

Метою роботи було оцінити інтенсивність процесів перекисного окиснення ліпідів у тканинах карася звичайного (*Carassius carassius*) за 14-добового впливу Т-2 токсину у концентрації 2,0 мкг/л. Досліджували печінку, зябра, мозок і скелетні м’язи дворічок. Оцінювали рівень малонового діальдегіду (МДА) та дієнових кон’югатів (ДК), а також активність антиоксидантних ферментів — супероксиддисмутази (СОД), каталази (КАТ) і глутатіонпероксидази (ГП).

Отримані результати свідчать про виражену органоспецифічну реакцію. Найбільші зміни зафіксовано в печінці: активність СОД зросла з 2,7 до 4,3 Од/мг білка, КАТ — з 1,6 до 2,5 ммоль H_2O_2/хв·мг білка, а ГП — з 46,0 до 69,3 нмоль/хв·мг білка ($p<0,05$). Паралельно рівень МДА підвищився з 2,1 до 3,6 нмоль/мг білка, а ДК — з 0,38 до 0,55 ум. од./мг білка. Це свідчить про інтенсивний розвиток окисного стресу в головному органі детоксикації.

У зябрах також відзначено достовірне зростання активності СОД і ГП та підвищення рівнів МДА і ДК, що підтверджує їх роль як первинного бар’єра на шляху надходження токсиканта. Такі результати узгоджуються з даними про участь зябер у швидкій адаптаційній відповіді на ксенобіотики (Symonova et al., 2018).

У мозку та скелетних м’язах зміни мали характер тенденції без статистично значущих відмінностей, що може свідчити про відносно кращий захист або менше тканинне навантаження.

Важливо зазначити, що активація ПОЛ тісно пов’язана зі станом енергетичного метаболізму. Порушення вмісту аденілових нуклеотидів за дії Т-2 токсину, описане для коропа, свідчить про дестабілізацію клітинного енергозабезпечення (Матюшко & Мехед, 2024). Зниження енергетичного

потенціалу створює умови для посилення вільнорадикальних процесів і поглиблення мембранних ушкоджень.

Таким чином, 14-добовий вплив Т-2 токсину спричиняє інтенсивний окисний стрес у тканинах карася звичайного, що проявляється підвищенням рівня продуктів ПОЛ та активацією антиоксидантних ферментів. Найбільш чутливими до токсичного навантаження виявилися печінка і зябра. Отримані показники можуть бути використані як інформативні біохімічні маркери стану водних екосистем та ефективності систем біобезпеки в аквакультурі.

Література

Bashorun, A., Hassan, Z. U., Al-Yafei, M. A., and Jaoua, S. (2023). Fungal contamination and mycotoxins in aquafeed and tissues of aquaculture fishes and their biological control. *Aquaculture* 576, 01–08. doi: 10.1016/j.aquaculture.2023.739892

Błajet-Kosicka, S., Turek, J. T., Szyper-Matiaszek, J. A., Szymański, R. W., Szołtysik, A., Mikołajczak, A., Kowalski, P., & Szymański, P. R. (2024). T-2 Toxin—The Most Toxic Trichothecene Mycotoxin: Metabolism, Toxicity, and Decontamination Strategies. *Toxins*, 16(1). https://doi.org/10.3390/toxins16010041

Polotnianko, L., & Mekhed, O. (2024). Changesin the morphological indicators of carp under the action of mycotoxin T2. *Biota. Human. Technology*, (3), 69-76. https://doi.org/10.58407/bht.3.24.4

Symonova, N. A., Mekhed, O. B., Kupchyk, O. Y., & Tretyak, O. P. (2018). Toxicants in the degradation of lipids in the organism of scaly carp. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 6-10.

Матюшко, С., Мехед, О. (2024). Зміни вмісту аденілатів в тканинах коропа за дії мікотоксину Т2. *Biota. Human. Technology*. 3. 78-83. https://doi.org/110.58407/bht.3.24.5

Мехед, О. Б. (2024). Вплив мікотоксину Т2 на деякі біохімічні показники гідробіонтів. *Молюски: результати, проблеми і перспективи досліджень*. Житомир: Євро-Волинь, 19-21. https://tinyurl.com/4umjzxt5

Нутріціологічний потенціал видів роду *Ribes* L. у контексті збереження здоров'я людини

Вікторія Сергіївна Солошенко, Наталія Сергіївна Бойко
Державний дендрологічний парк «Олександрія» НАН України,
м. Біла Церква, Київська область, Україна
e-mail: miss456@ukr.net, e-mail: index_bc@ukr.net

За своїми лікувальними та поживними властивостями, види роду *Ribes* L. визнані одними з найбільш високоцінних ягідних культур у світі. У сучасній нутріціології вони займають стратегічне місце завдяки унікальному біохімічному складу, який включає широкий спектр нутрієнтів необхідних для збалансованого функціонування організму людини. Сучасні науково обґрунтовані норми раціонального харчування передбачають щорічне споживання до 4–5 кг ягід таких видів, як *Ribes nigrum* L., *Ribes rubrum* L. та *Ribes uva-rispa* L. Такий обсяг споживання дозволяє забезпечити організм необхідною кількістю антиоксидантів і вітамінів у свіжому та переробленому вигляді (Bordonaba & Terry, 2008).

Особлива цінність плодів родини *Grossulariaceae* DC. полягає у високому вмісті органічних кислот та дубильних речовин. Зокрема, значна концентрація фолієвої кислоти (вітаміну B_9) відіграє критичну роль у процесах кровотворення та сприяє мінімізації негативних наслідків радіаційного впливу на організм. Окрім того, біологічно активні сполуки, що містяться в ягодах, виявляють виражену антибактеріальну дію, ефективно знищуючи патогенну мікрофлору та віруси. Комплексний хімічний аналіз плодів, екстрактів та ефірних олій свідчить про наявність вітамінів групи В (B_1, B_2, B_3, B_5, B_6, B_{12}), а також вітамінів С, Е та РР. Наявність флавоноїдів, мікроелементів, цукрів (сахарози, фруктози, глюкози) та пектинових речовин робить ці рослини незамінними для підтримки гомеостазу (Nour et al., 2011).

На окрему увагу, в контексті превентивної медицини, заслуговує сік смородини. Завдяки високій концентрації полісахаридів і поліфенолів, він має доведений імуностимулюючий та протипухлинний вплив. Пектини, які у великій кількості містяться у ягодах *R. rubrum*, виконують функцію природних сорбентів: вони ефективно виводять «поганий» холестерин, очищують судини, запобігають розвитку атеросклерозу та серцево-судинних патологій. Ці речовини також здатні зв'язувати та виводити з організму солі важких металів та інші ендотоксини (Liu & Li, 2016).

Найбільш унікальним комплексом біологічно активних речовин характеризується *R. nigrum*. Вміст вітаміну С у її плодах досягає 300 мг %, що є рекордно високим показником серед ягідних культур (Bishayee et al., 2010; Kaijalainen et al., 2009). Разом із антоціанами, кількість яких становить близько 270 мг на 100 г свіжої сировини, вітамін С формує потужний антиоксидантний бар'єр. Важливо зазначити, що індивідуальний склад антоціанів у плодах є видоспецифічною ознакою, що зумовлює вибіркову терапевтичну дію кожного окремого виду роду *Ribes*. У народній медицині та фітотерапії, листя та плоди *R.*

nigrum традиційно використовують у вигляді відварів для лікування цукрового діабету, хронічного гастриту та анеміях різного генезу.

Смакові та ароматичні якості ягід зумовлені переважно органічними кислотами та спиртами (40–60 %), а також альдегідами та ефірами (Huebbe et al., 2012; Khan et al., 2014). Цікавою є динаміка кислотності плодів у процесі дозрівання: якщо у зелених плодах переважає щавлева кислота, то у стані повної стиглості вона практично зникає, поступаючись лимонній кислоті, частка якої сягає 98–100 % від загальної кількості кислот. Це робить стиглі ягоди безпечними для споживання та корисними для стимуляції травлення.

Для сучасної медицини також великий інтерес представляє насіння плодів *Ribes* spp. Встановлено, що олія насіння смородини є одним із найбагатших природних джерел ω-3 поліненасичених жирних кислот (до 15 % за масою) та γ-ліноленової кислоти (до 19 %). Ці сполуки є незамінними для регенерації клітинних мембран та підтримки когнітивних функцій людини. Повний вміст ліпідів у насінні може становити до 30,5 %, що відкриває широкі перспективи для фармацевтичної промисловості (Zheng et al., 2009).

Нами було проведено біохімічні дослідження з колекції дендропарку «Олександрія» НАН України, яка нараховує 8 видів, які ростуть у кварталах парку, на колекційній ділянці «Фрутіцетум», на колекційній ділянці «Сад Мур».

Встановлено, що найбільший вміст аскорбінової кислоти за результатами наших досліджень (185,4 мг/100 г) зафіксовано у *Ribes nigrum*. Найвищий вміст карбогідратів зафіксовано у виду *Ribes aureum* (9,7±0,6 %) (Galkina, 2016; Soloshenko, 2025).

Широкий спектр використання плодів різних видів роду *Ribes* - від вживання у свіжому та замороженому вигляді до виготовлення функціональних продуктів (мармеладу, киселів, морсів) - дозволить забезпечити вітамінну підтримку здоров’я людини упродовж року. Поглиблене вивчення та впровадження нових видів роду *Ribes* у культуру в умовах Правобережного Лісостепу України - є актуальним завданням для забезпечення громадського здоров’я та профілактики широкого спектра захворювань в Україні.

Бібліографічний опис

1. Bishayee, A., Háznagy-Radnai, E., Mbimba, T., & et al. (2010). Anthocyanin-rich black currant extract suppresses the growth of human hepatocellular carcinoma cells. *Natural Product Communications*, *5*(10), 1613–1618.
2. Bordonaba, J. G., & Terry, L. A. (2008). Biochemical profiling and chemometric analysis of seventeen UK-grown black currant cultivars. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, *56*(16), 7422–7430.
3. Cinkmanis, I., Vucane, S., & Cakste, I. (2014). Food for consumer well-being. In *9th Baltic Conference on Food Science and Technology*. Jelgava, 184-187.
4. Huebbe, P., Giller, K., de Pascual-Teresa, S., & et al. (2012). Effects of blackcurrant-based juice on atherosclerosis-related biomarkers in cultured macrophages and in human subjects after consumption of a high-energy meal. *British Journal of Nutrition, 108*(2), 234–244.

5. Kaijalainen, R., Anttonen, M., Saviranta, N., Hilz, H., & et al. (2009). A review on bioactive compounds in black currants (*Ribes nigrum* L.) and their potential health-promoting properties. *Acta Horticulturae, (839)*, 301–307.
6. Khan, F., Ray, S., Craigie, A. M., & et al. (2014). Lowering of oxidative stress improves endothelial function in healthy subjects with habitually low intake of fruit and vegetables: A randomized controlled trial of antioxidant- and polyphenol-rich blackcurrant juice. *Free Radical Biology and Medicine*, *(72)*, 232–237.
7. Liu, B., & Li, Z. (2016). Black currant (*Ribes nigrum* L.) extract induces apoptosis of MKN-45 and TE-1 cells through MAPK- and PI3K/Akt-mediated mitochondrial pathways. *Journal of Medicinal Food*, *19*(4), 365–373.
8. Nour, V., Trandafir, I., & Ionica, M. E. (2011). Ascorbic acid, anthocyanins, organic acids and mineral content of some black and red currant cultivars. *Fruits*, *66*(5), 353–362.
9. Zheng, J., Kallio, H., & Yang, B. (2009). Effects of latitude and weather conditions on sugars, fruit acids and ascorbic acid in currant (*Ribes* spp.) cultivars. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, *89*(12), 2011–2023.
10. Soloshenko, V. (2025). Comparative assessment of the content of vitamin C and carbohydrates in the fruits of species of the genus *Ribes* L. *Plant Introduction*, *58*, 15–20.
11. Galkina, V. (2016). Little known species of currant (*Ribes* L.) as a perspective vitamin and medicinal plants in the Forest Steppe of the Right-Bank of the Ukraine. *The scientific proceedings of the International network AgroBioNet*, 91–94.

Особливості будови кори *Ulmus pumila* L. у захисних смугах уздовж залізничних шляхів м. Чернігів

Юлія Ступак
Національний університет "Чернігівський колегіум" ім. Т.Г. Шевченка, м. Чернігів, Україна, yuli.reb100@gmail.com

Кора є важливою захисною тканиною та вегетативним органом деревних рослин (Wen et al., 2022), що забезпечує ізоляцію стовбура від механічних ушкоджень, температурних коливань, дефіциту вологи та негативного впливу техногенного середовища. За даними досліджень, структурні характеристики кори (товщина, ступінь тріщинуватості, щільність) безпосередньо пов'язані зі стійкістю дерев до абіотичних стресів (Paine et al., 2010; Rosell, 2016).

Одним із видів, що демонструє високу екологічну пластичність в умовах антропогенного навантаження, є *Ulmus pumila* L. Його успішне функціонування у призалізничних насадженнях зумовлює необхідність аналізу морфологічних структур, зокрема кори, як складової адаптаційної стратегії виду.

У захисних смугах уздовж залізничних шляхів м. Чернігів *U. pumila* формує стовбури з добре розвиненою, глибоко тріщинуватою корою темно-сірого або сіро-бурого кольору. Поверхня характеризується чітко вираженими поздовжніми гребенями з глибокими міжгребеневими борознами. Гребені мають нерівномірну товщину та місцями утворюють пластинчасті виступи з тенденцією до часткового відшарування. Така морфоструктура збільшує рельєфність поверхні стовбура та сприяє формуванню мікроніш, у яких накопичується волога й органічні частки. У нижній частині стовбура відзначається більша глибина тріщин, що може відображати вікову динаміку та адаптивну реакцію на механічні й температурні впливи. На окремих ділянках кори зафіксовано розвиток мохів та інших епіфітних організмів, що свідчить про формування стабільних мікробіотопів на поверхні стовбура.

Під час польових обстежень не зафіксовано виражених ознак патологічних змін кори *U. pumila*, зокрема некротичних уражень, інтенсивного деструктивного відшарування чи глибоких пошкоджень. Кора зберігає характерну борознистість і пластинчасту організацію без ознак масового ослаблення дерев, що свідчить про задовільний фітосанітарний стан насаджень на досліджуваній ділянці.

Умови захисних смуг уздовж залізничних шляхів характеризуються підвищеним антропогенним навантаженням, включно з вібраційним впливом, перепадами температур та забрудненням повітря. Встановлено, що товста та добре розвинена кора сприяє термічній ізоляції й зменшенню ушкоджень камбію під дією екстремальних факторів (Paine et al., 2010). Виявлені морфологічні особливості кори *U. pumila* можуть розглядатися як прояви адаптивної стратегії виду в умовах антропогенного навантаження.

Таким чином, глибока тріщинуватість, пластинчаста структура та виражена борознистість кори *U. pumila* у захисних смугах уздовж залізничних шляхів м. Чернігів підтверджують її важливу роль у забезпеченні механічної та екологічної стійкості виду.

Джерела інформації

Wen, N., Liu, Y., Tan, C., Wang, Y., Liu, J., Zhao, X., Jiang, Z., & Jia, Z. (2022). Characteristics and factors driving the variations in bark thickness of major woody plants in China. *Ecological Indicators, 144*, 109447. https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2022.109447

Rosell, J.A. (2016). Bark thickness across the angiosperms: more than just fire. *New Phytol, 211*, 90-102. https://doi.org/10.1111/nph.13889

Paine, C.E.T., Stahl, C., Courtois, E.A., Patiño, S., Sarmiento, C. and Baraloto, C. (2010). Functional explanations for variation in bark thickness in tropical rain forest trees. *Functional Ecology, 24*, 1202-1210. https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2010.01736.x

Вплив на довкілля заборонених хімічних агентів у збройних конфліктах XXI століття

Валентина Толмачова, Христина Карпенко, Тетяна Храновська
Український державний університет імені Михайла Драгоманова, м. Київ, Україна
tolmachova@ukr.net

У XXI столітті, попри дію Конвенція про заборону хімічної зброї (Chemical Weapons Convention, CWC), у низці збройних конфліктів зафіксовано застосування хімічних агентів.

Використання заборонених хімічних речовин під час воєнних дій становить вагому загрозу не лише для здоров'я населення, але й для стану довкілля.

Потрапляючи у природні екосистеми, токсичні хімікати здатні до тривалого зберігання в різних компонентах навколишнього середовища, зумовлюючи комплексні екологічні наслідки негативного характеру.

На сьогодні проблема екологічних чинників використання хімічних агентів набуває особливої актуальності у зв'язку з локальними військовими конфліктами, зокрема в Сирії, Іраці, Ємені, Ефіопії, а також в умовах російсько-української війни.

До найбільш поширених хімічних речовин, які у XXI столітті використовуються як хімічна зброя за твердженнями Організації із заборони хімічної зброї, Організації Об'єднаних Націй, Організації з прав людини, належать сполуки нервово-паралітичної (зарин, VX), шкірно-наривної (іприт) дії, задушливі (хлор, хлорпікрин), подразнювальні (CS, CN), нові нервово-паралітичні («Новачок) агенти.

Однією з особливостей багатьох токсичних хімічних агентів є їх здатність до зберігання у навколишньому середовищі впродовж тривалого часу, і тому екологічні наслідки можуть проявлятися навіть через роки після завершення бойових дій.

До довготривалих екологічних впливів належать утворення локальних зон хімічного забруднення, деградація природних екосистем, зниження біорізноманіття, накопичення токсичних речовин у трофічних ланцюгах. Подібні явища у майбутньому будуть потребувати проведення тривалого екологічного моніторингу та застосування заходів з рекультивації забруднених територій.

Одним із основних наслідків застосування токсичних хімічних агентів є забруднення ґрунтів. Потрапляючи у ґрунтовий покрив, хімічні речовини можуть адсорбуватися на мінеральних частинках і органічних речовинах, що сприяє їх накопиченню у верхніх горизонтах ґрунту і призводить до порушення його фізико-хімічних та біологічних властивостей. Грунтові мікроорганізми, які відіграють важливу роль у процесах колобігу речовин, зазнають при цьому негативного впливу. Зниження мікробіологічної активності ґрунту призводить до погіршення його родючості та може спричиняти деградацію агроекосистем. Крім того, токсиканти здатні накопичуватися в рослинах, що створює ризик їх подальшого потрапляння у харчові ланцюги.

Під час застосування хімічних агентів або внаслідок руйнування промислових об'єктів токсичні речовини можуть потрапляти у поверхневі та підземні води. Це становить неабияку загрозу для водних екосистем і може призводити до масової загибелі водних організмів. У водному середовищі токсичні сполуки здатні впливати на хімічний склад води, порушувати біогеохімічні цикли та накопичуватися в тканинах гідробіонтів. Особливо небезпечним є процес біоакумуляції, за якого концентрація токсичних речовин поступово зростає у організмах вищих трофічних рівнів.

Хімічні агенти можуть спричиняти значний негативний вплив на рослинний і тваринний світ. Ураження рослинності проявляється у пригніченні фотосинтетичної активності, пошкодженні тканин та загибелі рослин. Тварини можуть зазнавати токсичного впливу через інгаляцію, контакт із забрудненими поверхнями або споживання контамінованої води та їжі. У деяких випадках спостерігається порушення репродуктивних функцій, зниження життєздатності потомства та скорочення чисельності популяцій. Особливо чутливими до токсичних речовин є амфібії, комахи-запилювачі та ґрунтові безхребетні організми, які відіграють важливу роль у підтриманні екологічної рівноваги.

Застосування заборонених хімічних агентів у збройних конфліктах становить суттєву загрозу для життя і здоров'я людини. Токсичні речовини можуть потрапляти в організм через дихальні шляхи, шкіру або шлунково-кишковий тракт, викликаючи гострі або хронічні інтоксикації. Характер і ступінь ураження залежать від типу хімічної речовини, концентрації, тривалості впливу та індивідуальних особливостей організму.

Залежно від типу хімічного агента можуть спостерігатися різні симптоми гострого отруєння. До найбільш характерних проявів належать ураження дихальної системи (кашель, задуха, набряк легень), порушення роботи нервової системи (судоми, параліч, втрата свідомості), хімічні опіки шкіри та слизових оболонок, подразнення очей і втрата зору.

Гострі отруєння також можуть призводити до летальних наслідків. Особливо небезпечними є нервово-паралітичні агенти, які блокують фермент ацетилхолінестеразу та спричиняють порушення передачі нервових імпульсів.

На молекулярному рівні токсична дія багатьох бойових хімічних агентів пов'язана з порушенням функціонування ферментних систем, окисно-відновного балансу клітин та процесів клітинного метаболізму. Це зумовлює розвиток оксидативного стресу, ушкодження клітинних мембран та порушення біохімічних механізмів регуляції життєво важливих функцій організму.

Навіть після короткочасного контакту з токсичними речовинами можливі віддалені наслідки для здоров'я людини. До них належать хронічні захворювання дихальної системи, ураження нервової системи, порушення функцій печінки та нирок, імунні порушення, канцерогенні ефекти, генетичні та репродуктивні зміни. Такі наслідки можуть проявлятися після взаємодії з токсичними агентами та становлять значну проблему для системи охорони здоров'я.

Під час російсько-української війни (особливо після 2022 р.) міжнародні організації, розвідки та українські служби фіксують використання токсичних хімічних речовин і боєприпасів з хімічними компонентами.

Міжнародні експерти, які представляють Організацію із заборони хімічної зброї – OPCW, неодноразово виявляли у боєприпасах (гранати типу RG-Vo або K-51) і пробах ґрунту, переданих Україною, наступні речовини, а саме CS (2-хлоробензиліденмалонітрил) – сльозогінний газ з подразнювальною дією. Крім того, засвідчено використання CN-газу (хлорацетофенону) з сльозогінним ефектом, але більш вираженою цитотоксичною дією, ніж у CS-газу.

Доведено, що з метою витіснення українських військових із окопів і укриттів застосовується хлорпікрин, який належить до задушливих токсичних речовин.

Відомо про використання фосфорних боєприпасів – білого фосфору як запалювальної хімічної речовини, здатного до самозаймання під час контакту з киснем і спричинення термічних та хімічних опіків.

Таким чином, розглянуті хімічні агенти характеризуються різною токсичною дією. Сльозогінні речовини (CS та CN) спричиняють переважно гостре подразнення слизових оболонок, тоді як хлорпікрин належить до легеневих токсикантів, що уражають дихальну систему. Білий фосфор виявляє комбіновану термічну та хімічну токсичність, що зумовлює тяжкі ураження тканин з системною інтоксикацією.

CS- і CN-гази, хлорпікрин, білий фосфор обмежені міжнародним правом щодо використання під час воєнних дій.

Порівняльний аналіз токсичності свідчить про значну небезпеку цих речовин для здоров'я людини та довкілля.

Зазначено, що найшвидший ефект подразнювальної дії спостерігається у сльозогінних агентів (CS і CN). CN-газ вважається більш токсичним, ніж CS, оскільки може спричиняти хімічні опіки рогівки та шкіри (для CS-газу $LC_{50} \approx 25–150$ мг·хв/м^3; для CN-газу $LC_{50} \approx 20–40$ мг·хв/м^3).

Хлорпікрин ($LC_{50} \approx 150–200$ мг·хв/м^3) діє повільніше, але має значно небезпечніший системний ефект, оскільки викликає набряк легень і порушення газообміну.

Білий фосфор (LD_{50} (перорально, людина оцін.) ≈ 1 мг/кг) виявляє інший механізм ураження — поєднання термічної та хімічної дії, що призводить до глибоких некротичних уражень тканин.

Найбільш стійким у довкіллі є CN-газ, він досить повільно розкладається на відміну від CS-газу, який поступово гідролізує та фотодеградує.

Для хлорпікрину характерна помірна стійкість і здатність до швидкого випаровування. Білий фосфор легко окиснюється на повітрі.

CS здатний накопичуватися у верхніх шарах ґрунту і спричиняти тимчасове пригнічення мікрофлори. CN – токсичний для грунтових бактерій і грибів; хлорпікрин знищує ґрунтові мікроорганізми; білий фосфор спричиняє хімічні забруднення, що пов'язані з утворенням фосфатів.

Всі ці хімічні агенти характеризуються негативним впливом на водні ресурси, зокрема CS утворює токсичні продукти гідролізу, CN і хлорпікрин

виявляють небезпечні для водних організмів; білий фосфор утворює фосфати, які призводять до евтрофікації водойм.

Вищерозглянуті токсиканти викликають пригнічення активності ґрунтових мікроорганізмів (CS), подразнення тваринних організмів (CS, CN, хлорпікрин); вони токсичні для риб, птахів і ссавців, можуть накопичуватись у тканинах.

Міграція токсичних речовин у довкіллі відбувається через взаємодію між основними компонентами екосистем: атмосферою, ґрунтами та водними ресурсами. Під час біоакумуляції токсиканти можуть накопичуватися в організмах живих істот і передаватися трофічними ланцюгами, що підвищує ризик їх потрапляння до організму людини.

Таким чином, застосування хімічних агентів створює комплексні екологічні та медичні ризики, які можуть зберігатися впродовж тривалого часу.

Застосування заборонених хімічних агентів у сучасних збройних конфліктах створює суттєву загрозу для довкілля та здоров’я людини. Токсичні речовини здатні тривалий час зберігатися у ґрунтах і водних екосистемах, мігрувати між компонентами довкілля та накопичуватися у трофічних ланцюгах. Це призводить до деградації екосистем, зниження біорізноманіття та виникнення довготривалих екологічних ризиків. Отже, актуальним є проведення екологічного моніторингу забруднених територій і розроблення заходів щодо мінімізації наслідків хімічного забруднення.

Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. (1993). *Convention on the prohibition of the development, production, stockpiling and use of chemical weapons and on their destruction (Chemical Weapons Convention).* OPCW.

Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons. (2024). *Report of the OPCW fact-finding mission in Ukraine regarding incidents involving toxic chemicals.* OPCW.

United Nations Environment Programme. (2009). *Protecting the environment during armed conflict: An inventory and analysis of international law.* UNEP.

United Nations Environment Programme. (2018). *Environmental consequences of armed conflicts: A review of the evidence.* UNEP.

World Health Organization. (2009). *Public health response to chemical incidents.* WHO.

Созофіти та оселища урочища Карачуни (м. Кривий Ріг, Дніпропетровська обл.)

Тротнер Вікторія Василівна
Криворізький професійний гірничо-металургійний ліцей, м. Кривий Ріг, Україна,
trotnerv@gmail.com

Урочище Карачуни розташоване в долині річки Інгулець, в Центрально-Міському районі м. Кривого Рогу Дніпропетровської області. Займає площу близько 38 га та має протяжність 2,2 км, включаючи в себе заплаву річки Інгулець та два затоплені гранітні кар'єри по обох берегах річки.

Згідно сучасного геоботанічного районування урочище Карачуни знаходиться в межах Бузько-Дніпровського (Криворізького) округу різнотравно-злакових степів, байрачних лісів та рослинності гранітних відслонень.

В урочищі представлені різноманітні флористичні комплекси – лісовий, чагарниковий, лучний, болотний, водний, псамофітно-степовий, справжньо-степовий, солончаковий та синатропний. Важливість цієї території полягає (Залучення громадськості.., 2017) ще і в тому, що тут поширені майже зниклі в регіоні різнотравно-типчаково-ковилові степи з комплексом рідкісних видів рослин і тварин. Особливу цінність ця територія відіграє як стабілізуючий елемент в надмірно антропогенно трансформованому регіоні.Велике ценотичне різноманіття має вища водна рослинність. Це обумовлює надзвичайне флористичне багатство цієї місцевості, яке потребує подальшого дослідження.

Флору і рослинність цієї території свого часу частково вивчали В.В.Кучеревський(2004) і В.В.Тарасов(2005). Але, ці дослідження були фрагментарними і не тривалими. Натомість урбанофлора м. Кривого Рогу вивчена досить докладно – на сьогодні в ній нараховується 1084 види рослин, з яких 157 занесено до Червоних книг України та Дніпропетровщини і різних охоронних списків (Chervona...,2009), (Chervona...,2010).

Метою нашого дослідження було – з'ясувати флористичний склад урочища Карачуни, виявити рідкісні види рослин та основні типи оселищ.

Польові дослідження проводилися маршрутним методом протягом вегетаційних періодів у 2016-2024 р.р. Номенклатуру таксонів подано за базою даних Plants of the World Online (http://www.plantsoftheworldonline.org/). Описи ділянок рослинності за участю рідкісних видів проводили згідно із загальноприйнятими методиками. Типи оселищ визначали за Національним каталогом біотопів України (2019). Деякі гербарні зразки, зібрані під час цих досліджень, передані до гербаріїв: Інституту ботаніки імені М.Г. Холодного НАН України (*KW*), Дніпровського національного університету ім. О.Гончара (*DSU*). Частина гербарних зразків зберігається у власному гербарії автора.

Досліджувана територія – геологічна пам'ятка природи **Карачунівські граніти,** простягається від греблі Карачунівського водосховища до автомобільного мосту за селищем КДЗ. По обидва боки від водостічного каналу від Карачунівського водосховища на р. Інгульці, в вигляді мальовничих скель з порогами і невеликими водоспадами, відслонюються сірі і рожево-сірі плагіограніти та плагіомігматити інгулецького комплексу верхнього архею.

Вони являють собою біотитові і амфібол-біотитові плагіограніти і мігматити. Серед плагіогранітів зустрічаються релікти амфіболітів.Гранітоїди перетинають численні жили пегматоїдних гранітів та дайки діабазів. Абсолютний вік діабазів становить 2750 млн. років. Карачунівські граніти являють собою чудове облицювальне каміння, яке розроблялося ще з 1945 р., але тільки на бут і щебінь. Абсолютна висота: 60,0 м. Природоохоронний статус: не має(Манюк, 1998,2002).

Урочище репрезентує Смарагдову мережу Дніпропетровської області – сайт «Долина середнього Інгульця» (Middle Inhulets river valley) UA0000310 та «Басейн річки Саксагань» (Saksahan river basin) UA0000406 (Updated list…, 2019); Emerald Network Ukraine, 2020). Режим охорони повністю відсутній.

Розробники стандартної форми даних сайту UA0000310 (EMERALD - STANDARD DATA FORM,2018-08) наводять для нього типи оселищ, згідно з Резолюцією №4: C1.222, C1.32, C1.33, C2.27, C2.28, C2.33, C2.34, E1.11, E1.2, F3.247, F9.1, G1.11, H3.1, X18. Важливість збереження території: Середня течія долини р. Інгулець характеризується наявністю значних площ, зайнятих природною рослинністю, в першу чергу – степовою, що є важливим з огляду на великий відсоток розораності степів регіону, а також значну ізольованість та фрагментованість ділянок з нетрансформованою і слаботрансформованою природною рослинністю. Тут виявлено 16 видів рослин, занесених до Червоної книги України, а також низку регіонально-рідкісних видів.

Під час власних польових досліджень в межах урочища Карачуни ми виявили значну кількість созофітів – 32 види рослин.

Зокрема, ми виявили і описали(Тротнер, 2019, 2020)такі рослини **Червоної книги України**(Червона книга України,2009) (8 видів): голонасінник (оставник) одеський *Gymnospermium odessanum* (DC.) Takht., горицвіт весняний *Adonis vernalis* L., сон лучний *Pulsatilla pratensis* (L.)Mill.s.l.(одна особина), ковила волосиста *Stipa capillata* L., ковила Лессінга *Stipa lessingiana* Trin. et Rupr., рястка Буше *Ornithogalum boucheanum* (Kunth) Asch.(чисельна популяція), тюльпан бузький *Tulipa hypanica* Klokov et Zoz, шафран сітчастий *Crocus reticulatus* Steven ex Adams.

Також нами зафіксовані і описані (Тротнер,2019,2020) **рослини Червоної книги Дніпропетровської області** (Червона книга Дніпропетровської..,2010) (22 види): астрагал блідий *Astragalus pallescens* M.Bieb., белевалія гарна (сарматська) *Bellevalia speciosa* Woronow ex Grossh., берізка лінійнолиста *Convolvulus lineatus* L., волошка східна *Centaurea orientalis* L., гадюча цибулька занедбана *Muscari neglectum* Guss. ex Ten.(площею близько 40 м^2), гіацинтик блідий *Hyacinthella leucophaea* (K.Koch) Schur, ефедра двоколоса *Ephedra distachya* L, калина цілолиста *Viburnum lantana* L.,кизильник чорноплідний *Cotoneaster melanocarpus* G.Loddiges, козлятник лікарський *Galega officinalis* L., маршанція мінлива *Marchantia polymorpha* L., мигдаль степовий *Prunus tenella* Batsch, оман високий *Inula helenium* L., півники карликові *Iris pumila* L., проліска дволиста *Scilla bifolia* L., родовик лікарський *Sanguisorba officinalis* L., рястка Коха *Ornithogalum kochii* Parl., хвощ річковий *Equisetum fluviatile* L., цибуля жовтіюча *Allium flavescens* Besser, цибуля подільська *Allium podolicum* (Asch, et

Graebn.) Blocki ex Racib**,** шавлія австрійська *Salvia austriaca* Jacq., юрінея вапнякова *Jurinea calcarea* Klokov.

Також нами в 2016 році тут виявлений і описаний 1 новий для природної флори України вид – міскантус цукроквітковий *Miscanthus sacchariflonis* (Maxim.) Benth.(Тротнер 2016).

В межах урочища зростає єдина в цьому регіоні популяція рослини, яку ми пропонуємо внести до списку регіонально рідкісних видів рослин – дрік фарбувальний *Genista tinctoria* L.

В березні 2017 році нами вперше виявлено новий і єдиний локалітет *Gymnospermium odessanum* в долині р.Інгулець в межах Дніпропетровської області(Тротнер,2017).

Під час польових досліджень території урочища Карачуни нами виявлено 18 класів і 70 типів оселищ: 59 природних та 11 типів синантропних біотопів.

Типи біотопів урочища Карачуни:

Постійні водойми - В1.1.1, В1.1.2, В1.2. Тимчасові водойми - В2.1.1, В2.1.2, В2.1.3, В2.2.1. Водотоки - В3.2, В3.2.1, В3.2.2. Прибережні біотопи - В4.1.2, В4.1.3, В4.1.4,В4.1.5, В4.1.6.В4.2, В4.2.2,В4.2.3, В4.3. Болота, що формуються по берегах джерел та струмків- Б1.1, Б1.1.1, Б1.1.2. Евтрофні болота - Б2.2.2, Б2.2.3. Мезотрофні болота. Сухі трав'яні біотопи - Т1.1.2, Т1.2,Т1.2.1, Т1.2.2 , Т1.3,Т1.3.2, Т1.4, Т1.6. Мезофітні трав'яні біотопи - Т2.1. Вологі трав'яні біотопи -Т3.1, Т3.2, Т3.3.1. Трав'яні узлісся та галявини -Т5.1, Т5.2, Т5.2.1. Галофітні трав'яні біотопи -Т6.1, Т6.3.2, Т6.3.3. Чагарникові та чагарничкові біотопи -Ч4, Ч4.1, Ч4.2, Ч4.3. Ч6, Ч7, Ч7.2, Ч7.3, Ч7.4, Ч8. Лісові біотопи -Д1.3, Д1.4.2, Д1.6,Д1.6.1, Д1.8. Кам'янисті відслонення та інші біотопи зі слаборозвиненим рослинним покривом -К1.3, К3.4. Рудеральні біотопи -С1.1.1, С1.1.2, С1.2, С1.2.1, С1.2.2, С1.2.3. С.1.2.4 .Культивовані біотопи -С3.2, С3.3, С3.5, С3.6.

Найбільшою кількістю представлені водні та прибережно-водні біотопи – 19 типів. Заболочені оселища представлені 6 типами. Біотопи м'яководних та жорстководних джерел і струмків потребують додаткового уточнення для типіфікації. Сухі трав'яні біотопи представлені 8 типами, а саме: псамофітними трав'яними біотопами на нейтральних субстратах, петрофітними степами на силікатних субстратах (на гранітах), петрофітними степами на карбонатних субстратах рівнинних регіонів, лучними степами,а також незначними ділянками справжніх різнотравно-типчаково-ковилових та типчаково-ковилових степів. Мезофітні трав'яні біотопи представлені ксеромезофітними алювіальними луками.Зафіксовано 3 типи вологих трав'яних біотопів. Трав'яні узлісся та галявини представлені 3 типами оселищ.Також виявлені 3 типи галофітних трав'яних біотопів. Значним різноманіттям представлені чагарникові біотопи – 10 типів, в тому числі зарості ожини і аморфи кущової. Лісові біотопи представлені 5 типами, в тому числі антропогенними широколистяними лісонасадженнями. Біотопи кам'янистих відслонень представлені силікатними скелями та осипищами Українського кристалічного щита (рослинність гранітних відслонень) та лесовими відслонення(розкривні породи). Значна кількість

різноманітних рудеральних оселищ – 7 типів. Культивовані біотопи представлені 4 типами.

Серед цих типів рідкісними є оселища із резолюцій 4 Бернської конвенції – Е1.2 (Резолюція № 4,1996).

Таким чином, в межах урочища ми зафіксували 31 рідкісний вид рослин різних созологічних статусів, і один новий для флори України та Правобережного Степового Придніпров'я вид. На території урочища Карачуни було виявлено 18 класів і 70 типів оселищ: 59 природних та 11 типів синантропних біотопів. Тут відмічено ряд рідкісних видів та оселищ, індексованих в Резолюції 4 Бернської конвенції.

Отже, урочище Карачуни являє собою територію, яка характеризується унікальним біорізноманітям та має важливе природоохоронне значення. За межами природно-заповідних територій ці види созофітів зазнають негативного антропогенного впливу, що призводить до зменшення їхньої чисельності. Тому необхідно виявити і взяти під охорону всі місцезнаходження цих рослин, контролювати стан їх популяцій, а також створити для їхнього ефективного збереження нові природно-заповідні об'єкти. Значна естетична, природоохоронна та рекреаційна цінності урочища дозволяє оцінити територію як перспективну для створення об'єкту природно-заповідного фонду місцевого значення – ландшафтного заказника «Карачунівські граніти».

Список посилань

1. Червона книга України. Рослинний світ. (2009). Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг.
2. Залучення громадськості та науковців до проектування мережі Емеральд (Смарагдової мережі) в Україні (2017).Полянська К.В., Борисенко К.А., Павлачик П. (Paweł Pawlaczyk), Василюк О. В., Марущак О. Ю., Ширяєва Д. В., Куземко А. А., Оскирко О. С. та ін. під ред. д.б.н. А.Куземко. Київ.
3. Кучеревський В.В. (2004). Конспект флори Правобережного степового Придніпров'я. Дніпропетровськ.
4. Манюк В.(1998).Геологічні пам'ятки природи Дніпропетровщини. Бористен. 2. 2-4.
5. Манюк В.В.(2002). Геологічні пам'ятки Дніпропетровщини у природному середовищі та житті людини. Січеславщина: Краєзнавчий альманах. Вип.4. Скарби Придніпровського степу. За ред. Г.К.Швидько. Дніпропетровськ, 5-31.
6. *Національний каталог біотопів України.*(2018). За ред. А.А. Куземко, ЯЛ. Дідуха, В.А. Онищенка, Я. Шеффера. К.: ФОП Клименко Ю.Я.,442.
7. Тарасов В. В.(2005). Флора Дніпропетровської і Запорізькоі областей. Судинні рослини. Біолого-екологічна характеристика видів : монографія. Дніпропетровськ. 276.
8. Території, що пропонуються до включення у мережу Емеральд (Смарагдову мережу) України («тіньовий список», частина 3) кол. авт., за ред. Василюка О.В., Куземко А.А., Коломійчука В.П., Куцоконь Ю.К., (2020). Чернівці: Друк Арт. 408.

9. Тротнер (Приймачук) В.В.(2016). Знахідки рідкісних видів рослин на Криворіжжі. Питання степового лісознавства та лісової рекультивації земель: наук. Журнал. редкол. В.М.Зверковський та ін.Д.: ЛІРА, 45.60-67.
10. Тротнер (Приймачук)В.В.(2017).Нова знахідка *Gymnospermium odessanum* (DC.) Takht. (Berberidaceae) у флорі Дніпропетровщини. XIV з'їзд Українського ботанічного товариства. м. Київ., 25-26 квітня. 27.
11. Тротнер В.В.(2019). Знахідки деяких регіонально рідкісних видів рослин в Дніпропетровській області. Біорізноманіття степової зони України: вивчення, збереження, відтворення (з нагоди 10-річчя створення національного природного парку «Меотида»): праці науково-технічної конференції (с.Урзуф, 16-18 жовтня 2019 року).Серія «Conservation Biology in Ukraine».13, Слов'янськ: Друкарський двір, 247-252.
12. Тротнер (Приймачук) В.В.(2019). Знахідки рідкісних видів рослин в степових областях України.Знахідки рослин і грибів Червоної книги та Бернської конвенції (Резолюція 6).Т.1 (Серія: «Conservation Biology in Ukraine»./наук.ред. А.А.Куземко. Київ-Чернівці: Друк Арт, 358-371.
13. Тротнер В.В.(2020). Знахідки червонокнижних видів рослин та грибів в степових областях України в 2019-2020 рр. Знахідки видів рослин, тварин та грибів, що знаходяться під охороною, в Україні. Серія: «Conservation Biology in Ukraine». 19. Київ,544-574.
14. Червона книга Дніпропетровської області. Рослинний світ. (2010). Б.О. Барановський, В. В. Тарасов, під ред. А. П. Травлєєва. Д, 500.
15. EMERALD NETWORK OF UKRAINE. Emerald – Natura 2000 in Ukraine. Смарагдова мережа України. Режим доступу: https://cartolab.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=1cbd73653a3a405b9702625c839b93f4
16. EMERALD - STANDARD DATA FORM. SITE UA0000310. SITENAME Middle Inhulets river valley. Available at: https://drive.google.com/file/d/1qdI33iZoGcjik0mV-u7LwY0TygJhbEFV/view
17. Plants of theWorld Online. Available at: http://www.plantsoftheworldonline.org/taxon/urn:lsid:ipni.org:names:140808-1(Accessed: March 15, 2021).

Визначний український біохімік та нейрохімік професор В.О. Березін

Тротнер Марина Володимирівна
студентка 1 курсу групи БТ-25 1/9
Дніпровський політехнічний фаховий коледж, м. Дніпро, Україна,
trotnermarina@gmail.com



ВОЛОДИМИР ОЛЕКСАНДРОВИЧ БЕРЕЗІН
(13.03.1945-14.02.2016)
Вчений-біохімік, нейрохімік, нейрофізіолог

Народився 13.03.1945 р. у м.Москві в сім'ї військовослужбовця. В 1964 р. закінчив Криворізьку школу №95, в цьому ж році вступив до Дніпропетровського державного університету на спеціальність «Біохімія». У липні 1969 р. отримав диплом з відзнакою і вже восени був зарахований до аспірантури ДДУ, а у 1973 р. захистив кандидатську дисертацію на тему: "Ефект загального рентгенівського опромінення на активність кислих протеїназ у різних відділах мозку котів" під науковим керівництвом проф. Реви О.Д. З 1972 р. працював асистентом кафедри біофізики та біохімії ДДУ. З 1975 по 1986 рр. обіймав посаду доцента цієї кафедри. З 1989 по 1993 рр. Березін В.О. очолював кафедру біофізики та біохімії ДДУ, був головою Спеціалізованої ради по захисту кандидатських дисертацій за спеціальністю біохімія у ДДУ, вченим секретарем ДДУ, головою Дніпропетровського відділення Українського біохімічного товариства. Березін В.О. був не тільки талановитим науковцем, але й чудовим викладачем, його лекції з "Біохімії", "Еволюційної біохімії", "Ензимології", "Нейрохімії" та спецкурс "Основи біотехнології" були завжди насичені, цікаві, яскраві та збирали повні аудиторії слухачів. Березін В.О. підготував багато не тільки спеціалістів-біохіміків, а й нейрохіміків вищої кваліфікації. Однак, попри успішну наукову кар'єру, як єврей він зазнавав утисків від Радянської влади через свою національність

Протягом 1980 р. проходив підвищення кваліфікації у лабораторії білка Копенгагенського університету під науковим керівництвом професора Елізабет Бок. Після повернення зі стажування активно займався розвитком та

впровадженням імунохімічних методів дослідження нейроспецифічних білків в нормі та при патологіях, заклав великий потенціал у розвиток кафедри. У 1986 р. у Ленінграді захистив докторську дисертацію “Нейроспецифічні білки в патології”. У 1990 р. була опублікована монографія проф. В.О. Березіна та відомого нейрохіміка проф. Я.В. Бєліка «Специфічні білки нервової тканини» (Київ: Наукова думка , 1990. — 264 с.).

Під його науковим керівництвом до 1993 р. в Україні були захищені 12 кандидатських дисертацій (Гайдар Л.О., Руденко О.А., Недзвецький В.С., Кривко І.М., Ушакова Г.О., Горіла М.В., Долженко М.І. та ін.) з напрямку дослідження мозку. Очолювана ним кафедра проводила дослідження за новою тематикою у співдружності з Київським НДІ нейрохірургії, Інститутом фізіології ім. акад. А. А. Богомольця АН України, Інститутом молекулярної біології і генетики АН України, Інститутом морфології людини АН Росії, Копенгагенським університетом (Данія), Тюбінгенським університетом (ФРН), Марсельським університетом (Франція). Отримані співробітниками кафедри моноспецифічні антисироватки та моноклональні антитіла до деяких нейроспецифічних білків знайшли досить широке впровадження в нейробіологічних і нейроонкологічних дослідженнях (НДІ нейрохірургії, НДІ кріобіології і кріомедицини АМН України, Інститут фізіології ім. акад. О. О. Богомольця АН України, Центр психічного здоров’я та Кардіоцентр (Росія, м. Москва), Тюбінгенський університет (ФРН).

Член Російського біохімічного товариства, Міжнародного нейрохімічного товариства, Данського біохімічного товариства, Товариства нейронаук.

Автор більше 180 статей у провідних міжнародних виданнях: Journal of Neurochemistry, European Journal of Neuroscience, Journal of Neuroscience Research, Proceedings of the National Academy of Sciences of USA (PNAS), Nature тощо.

Залишився на постійне проживання і роботу в Данії з 1993. Повернувсись через кілька років як запрошений дослідник, оплачуваний грантом ЄС. Через кілька років роботи в лабораторії білка Березін отримав посаду доцента, а потім став професором регенеративної медицини Копенгагенського університету. Його наукові досягнення з нейробіології представлені в багатьох статтях у міжнародних виданнях (Eur. J. Neurosci.,J. Neurosci. Res., Oncogene, J. Cell Sci., та ін.). Крім того, він був винахідником, мав понад двадцяти патентних заявок.

З 1993 р і до останнього дня Березін В.О. працював у Копенгагенському університеті, лабораторії білка інституту молекулярної патології, активно продовжував нейрохімічні дослідження адгезивних процесів у нервовій тканині.

Володимир Олександрович був не лише визначним науковцем та викладачем, а й дуже доброю людиною, сповненою ідей, завжди готовою допомогти, але при цьому вельми скромною. Він працював цілодобово, і його завжди можна було знайти в лабораторії по неділях. Жодного дня не минало без захопливих наукових дискусій, що переривалися щирими сміхом.

Він був талановитим піаністом, мав великий репертуар і із задоволенням грав на прохання своїх улюблених композиторів Рахманінова та Шопена..

Завдяки зв'язкам Володимира Березіна з колишнім Східним блоком, лабораторія приваблювала багатьох талановитих молодих дослідників з цих регіонів, створюючи творче та захопливе середовище.

Березін був провідним дослідником, опублікувавши велику кількість статей у провідних світових журналах, керував кількома дисертантами та аспірантами. За даними бібліометричного аналізу, він постійно входив до числа провідних дослідників кафедри.

Він помер у 14 лютого 2016 року, у віці 69 років, від раку легень.

Список літератури

1. Презентація “Вклад Березіна В.О. у розвиток кафедри біофізики та біохімії ДНУ”. https://www.biochemistry-dnu.dp.ua/wp-content/downloads/conferences/Berezin%20VA%202016.pdf
2. Професори Дніпропетровського національного університету імені Олеся Гончара : Біобібліограф. Довідник. Голова редкол. проф. М. В. Поляков. (2008). 2-е вид., перероб. і доп. Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту. 39-40. https://www.dnu.dp.ua/docs/dnu/profesorsdnu.pdf
3. Професори Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара: біобібліографічний довідник (2018). 3-тє вид., перероб. і доп. Дніпро: ЛІРА, 6-27.
4. Mindeord: Vladimir Berezin.Campus. (2016) 19. februar, Elisabeth Bock, professor i cellebiologi, Institut for Neurovidenskab og Farmakologi. https://uniavisen.dk/mindeord-vladimir-berezin/

Ольга Броварець: геніальна українська дослідниця ДНК світового рівня

Тротнер Марина Володимирівна
студентка 1 курсу групи БТ-25 1/9
Дніпровський політехнічний фаховий коледж, м. Дніпро, Україна,
trotnermarina@gmail.com



ОЛЬГА ОЛЕКСАНДРІВНА БРОВАРЕЦЬ
(10.10.1986-14.07.2022)
Вчена-біофізик, дослідниця

Народилася 10.10.1986 р. у місті Ніжині Чернігівської області, в сім'ї викладачів. Закінчила Ніжинську гімназію №1, після дев'ятого класу вступила в Ніжинський ліцей ради при НДУ імені М.Гоголя з фізико-математичним напрямком, який закінчила із золотою медаллю. Вступила в Київський національний університет імені Тараса Шевченка на фізичний факультет**,** на спеціальність: «Фізика» зі спеціалізацією: «Медична фізика», поза конкурсом, маючи безліч перемог в олімпіадах з фізики. Бакалаврську роботу Ольга писала в Інституті Амосова – досліджувала серцеві ритми в контексті діагностики раннього інсульту та інфаркту. І вже на той час мала 7 публікацій. Навчалася в магістратурі на фізичному факультеті КНУ імені Тараса Шевченка. Після магістратури пішла в аспірантуру при Інституті молекулярної біології і генетики НАН України, в якому залишилася працювати у відділі молекулярної та квантової біофізики.

Захистила кандидатську дисертацію у 2011 році на тему «Фізико-хімічна природа спонтанних та індукованих мутагенами транзицій і трансверсій» (науковий керівник Д. М. Говорун). Докторську дисертацію захистила 29 грудня 2015 року на тему «Мікроструктурні механізми виникнення спонтанних точкових мутацій» й на початку 2016 року стала наймолодшим доктором фізико-математичних наук України у віці 29 років.

Лауреатка премії Scopus Awards Ukraine 2016 року в номінації «Найкращий колектив вчених, який досяг значних наукових результатів без західних колаборацій» (разом з Дмитром Говоруном); премії «Лідер науки України 2016. Web of Science Award»; премії Президента України для молодих вчених (2010);

Премія Верховної Ради України для найталановитіших молодих вчених у галузі фундаментальних і прикладних досліджень і науково-технічних розробок (2012); Премія Кабінету Міністрів (Уряду) України за видатні досягнення молоді у розвитку України (2012); Премія Національної академії наук України для молодих вчених (2013); Перша премія ІМБГ НАНУ у конкурсі публікацій молодих вчених (2013); Премія Голосіївської районної державної адміністрації в місті Києві «Жінка 2014 року» у номінації «Жінка – вчений року» (2014) Премія мера Києва Віталія Кличка за видатні досягнення молоді у розвитку столиці України – міста-героя Києва у номінації «Наукові досягнення» (2016); «Лідер науки в Україні. Web of Science Award 2016» («Clarivate Analytics»; «Thomson Reuters») у номінації «За видатні досягнення в молекулярній біології» (2016).

Стипендіатка: 2011-2012 – Академічна стипендія Президента України для аспірантів; 2010-2012 – Стипендія Національної академії наук України; 2012 – Стипендія Київського міського голови для талановитої молоді; 2014-2016 – Стипендія Президента України для молодих вчених; 2017 – Персональна стипендія Верховної Ради України для найталановитіших молодих вчених у 2017 році та 2019 році.

Член Європейської федерації медичної хімії – 2019. Українського біохімічного товариства – 2016, Королівського хімічного товариства – 2016, Біофізичного товариства – 2018, Українського біофізичного товариства – 2018.

Авторка понад 340 накових праць, опублікованих переважно у провідних міжнародних виданнях, і які досі цитуються. Одна з таких співавторських праць — це стаття, що була опублікована 10 липня 2018 року в найпрестижнішому науковому журналі Nature. Її назва: *Non-dissociative structural transitions of the Watson-Crick and reverse Watson-Crick A·T DNA base pairs into the Hoogsteen and reverse Hoogsteen forms*, яка наразі має 30 цитувань.

Має високі наукометричні показники: індекс Гірша 34 у Scopus (2458 цитувань, 71 документ), 36 у Google Scholar (2921 цитувань), 35 у ResearchGate (3140 цитувань) (станом на листопад 2025 року).

Працювала в відділі молекулярної та квантової біофізики Інституту молекулярної біології і генетики НАН України науковим співробітником, старшим науковим співробітником, дослідником і провідним науковим співробітником; в Інституті високих технологій КНУ на посаді старшого наукового співробітника кафедри молекулярної біотехнології та біоінформатики; та професором на кафедрі фармакології НМУ Ім. Богомольця (2018-2019).

Її запрошували на роботу провідні країни на будь-яких умовах, але вона залишалася в Україні, проводячи дослідження у співпраці з Дмитром Говоруном та іноземними колегами. Вона також багато їздила за кордон: туди її запрошували як на роботу, так і читати лекції.

Ольга досліджувала механізми виникнення спонтанних точкових мутацій у ДНК, а саме: квантово-хімічну природу спонтанних та індукованих хімічними мутагенами точкових мутацій (транзицій і трансверсій). Вона змогла виявити закономірності фундаментальних причин виникнення мутацій, які можуть блокувати або програмувати клітини на самознищення (апоптоз), що призводить

до таких хвороб, як рак. Її відкриття дає надію на розробку методів боротьби не тільки з раком, але й з іншими генетичними хворобами.

Ольга Олександрівна була надзвичайно розумною, сильною та талановитою, глибоко відданою своїй роботі. Її шлях був складним через дискримінацію, сексизм та булінг з боку старших колег, а також звичайні людські заздрощі та, головне, сумніви у її відкритті. Але, незважаючи на все, Ольга продовжувала наполегливо працювати, щиро любила свою роботу та країну. Вона високо підняла планку української науки в світі. Вона була дуже сміливою, говорила правду, незважаючи на суперечності застарілим установам. Їй пророкували Нобелівську премію. На жаль, вона занадто рано пішла — померла 14 липня 2022 року, у віці 35 років. Це велика втрата для України та всього світу науки. Ольга Броварець є прикладом для молодого покоління українських науковців.

Список літератури

Броварець Ольга Олександрівна. (13 грудня 2025 р.). У *Вікіпедії* . https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%91%D1%80%D0%BE%D0%B2%D0%B0%D1%80%D0%B5%D1%86%D1%8C_%D0%9E%D0%BB%D1%8C%D0%B3%D0%B0_%D0%9E%D0%BB%D0%B5%D0%BA%D1%81%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%80%D1%96%D0%B2%D0%BD%D0%B0

Відкриття наймолодшої в Україні доктора наук дає надію на одужання від раку. (15 січня 2917 р.) [Відео]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=W1swGff1NO0&t=11s

Наймолодшій докторці наук Ользі Броварець пророкували "Нобелівку", але колеги її не сприйняли. (28 липня 2024 р.). https://kp.ua/ua/life/a693964-najmolodshij-doktortsi-nauk-olzi-brovarets-prorokuvali-nobelivku-ale-kolehi-jiji-ne-sprijnjali

Як 30-річна доктор наук з України підкорює світ мутаціями. https://www.depo.ua/ukr/life/yak-30-richna-doktor-nauk-z-ukrayini-pidkoryue-svit-zavdyaki-mutatsiyam-27122016170000

Ol'ha O Brovarets. (Січень 2009 р.) Ol'ha BROVARETS | DrSci, PhD | Research profile

Комбуча у складі нових лікувально-косметичних засобів

О.Федорова, А.Миляніч, Р.Левчук
Національний університет Львівська політехніка, Львів, Україна,
olena.v.fedorova@lpnu.ua

Сучасна косметична промисловість потребує розробки нових рецептур із використанням біоактивних та біосумісних речовин з високою біодоступністю, а також технологій їх виробництва та впровадження. Біологічно активні речовини (БАР) отримані методом ферментації на сьогодні є інноваційними косметичними інгредієнтами.

Одним із таких ферментованих продуктів є комбуча - ферментований напій, який традиційно виготовляється шляхом культивування симбіотичної культури бактерій та дріжджів (відомої як SCOBY) у підсолодженому настої листя *Camellia sinensis* (чорного або зеленого чаю). До консорціуму мікроорганізмів входять оцтовокислі бактерії, такі як *Acetobacter i Gluconobacter*; молочнокислі бактерії, такі як *Lactobacillus ma Lactococcus*; а також дріжджі *Saccharomyces cerevisiae, Zygosaccharomyces bailii* та інші. В Україні комбуча сприймається як харчовий або функціональний напій, однак останнім часом все більше споживачів асоціюють її з засобом натуральної косметики. Застосування кальбуциду, продукту, що отримується із біоферментованих витяжок комбучі, у косметології є перспективним з погляду не лише естетичного результату, а й профілактики вікових змін, стимуляції регенерації шкіри та підтримки її мікробіому. Багато сучасних брендів, орієнтованих на science-based розробки, вже активно вводять похідні комбучі в дерматокосметичні лінійки (прикладом є бренди з сертифікацією COSMOS та ECOCERT), однак ці продукти часто не мають стандартизованого складу, відсутній науково підтверджений механізм дії, що унеможливлює їхню реєстрацію як фармацевтичний компонент. У цьому сенсі кальбуцид може виступати як прототип для створення речовини з фармакопейною перспективою.

Залучення кальбуциду в косметологічні засоби дозволяє по-новому підійти до рішень для чутливої, проблемної або вікової шкіри. Препарати з ферментованими компонентами мають високий рівень переносимості, мінімальну алергенність і широкий діапазон дії. Завдяки багатофакторному складу кальбуцид може виступати не лише активною речовиною, а й стабілізатором або провідником для інших компонентів. Додатковою цінністю наших досліджень є можливість подальшого розширення тематики: кальбуцид може бути застосований не лише у кремах, а й у сироватках, масках, спреях, а в майбутньому – навіть у лікарських формах для місцевої терапії. Все це відкриває перспективу для запуску лінійки засобів на його основі, включаючи розробку стандартів, інструкцій, вимог до пакування та маркування.

Динаміка вмісту нуклеїнових кислот в тканинах і органах коропа (*Cyprinus carpio* L.) за впливу полютантів

Дмитрій Філоненко
Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка, Чернігів, Україна, filonenkoD@gmail.com

Забруднення водного середовища токсичними речовинами є одним із провідних чинників порушення клітинного гомеостазу риб. Особливо чутливими до дії ксенобіотиків є цьогорічки коропа, організм яких перебуває на стадії активного росту й формування основних фізіологічних систем (Пантюшенко та ін., 2012). Зміни у вмісті ДНК у тканинах відображають глибину порушень генетичного апарату клітини та можуть слугувати раннім маркером токсичного впливу. Порушення нуклеїнового гомеостазу в умовах інтоксикації проявляється як зниженням, так і підвищенням концентрації ДНК залежно від інтенсивності та тривалості дії чинника (Пантюшенко та ін., 2012). Комбінований вплив гербіцидів і солей важких металів спричиняє суттєві біохімічні зміни у тканинах коропа, що опосередковано впливає на стабільність ядерного матеріалу (Аравін та ін., 2021). Порушення ліпідного обміну та мембранної цілісності створює передумови для ушкодження ДНК та активації процесів її фрагментації (Аравін та ін., 2021). Встановлено, що мікотоксин Т-2 викликає адаптивні зміни фізіологічних та іхтіологічних показників коропових риб, що свідчить про напруження компенсаторних механізмів (Желай та ін., 2023). Біохімічні перебудови у тканинах коропа під дією мікотоксину Т-2 охоплюють зміни метаболізму білків і нуклеїнових кислот (Полотнянко та ін., 2023). Дослідження на лабораторних тваринах підтверджують системний характер токсичної дії мікотоксину Т-2, зокрема щодо порушення біохімічних показників крові (Ніколаєнко та ін., 2023). Це свідчить про універсальність механізмів впливу токсикантів на клітинному рівні, незалежно від виду організму. Афлатоксин B1 також здатний змінювати рівень нуклеїнових кислот у тканинах риб, що підтверджує його генотоксичний потенціал (Філоненко & Мехед, 2025). Зниження концентрації ДНК може бути наслідком пригнічення реплікаційних процесів або активації апоптозу клітин (Філоненко & Мехед, 2025). Водночас підвищення вмісту ДНК іноді пов’язане з компенсаторною проліферацією клітин у відповідь на ушкодження. Печінка як головний детоксикаційний орган зазнає найбільш виражених змін у структурі та біохімічних показниках за умов токсичного навантаження (Полотнянко та ін., 2023). Тканинно-специфічний характер змін свідчить про різну чутливість органів до ксенобіотиків. Молоді вікові групи риб є більш уразливими до генотоксичних агентів через недостатню сформованість антиоксидантної системи захисту (Пантюшенко та ін., 2012). Адаптивні реакції можуть проявлятися частковою стабілізацією показників за умов тривалого впливу низьких концентрацій токсикантів (Желай та ін., 2023). Однак хронічна інтоксикація здатна спричиняти стійкі генетичні порушення та зниження життєздатності організму.

Трансформації водних екосистем, зокрема прибережних угруповань, відображають рівень антропогенного навантаження та створюють умови для

накопичення токсичних речовин у гідробіонтах (Lukash et al., 2016). Накопичення токсикантів у трофічних ланцюгах посилює ризик молекулярних порушень у риб. Моніторинг вмісту ДНК у тканинах цьогорічок коропа може слугувати чутливим біоіндикатором екологічного стану водойм. Комплексне поєднання біохімічних і молекулярних показників підвищує достовірність оцінки впливу токсикантів. Таким чином, дослідження динаміки вмісту ДНК у тканинах коропа є важливим напрямом екотоксикології та екологічного моніторингу водних екосистем.

Мета дослідження полягала у визначенні кількісного вмісту дезоксирибонуклеїнової (ДНК) та рибонуклеїнової кислот (РНК) у печінці, білих м'язах, крові та мозку цьогорічки коропа лускатого за умов токсичного навантаження. Особливу увагу приділяли оцінці співвідношення ДНК/РНК як індикатора інтенсивності білкового синтезу та функціонального стану клітин.

Матеріали та методи. Експериментальні дослідження проводили у модельних умовах в акваріумах об'ємом 200 дм³ із щільністю посадки 1 екземпляр на 40 дм³ води. Температура води підтримувалася в межах +15…+16 °С, концентрація розчиненого кисню становила 5–7 мг/дм³, що відповідає фізіологічній нормі для коропа. Підміну води здійснювали кожні три доби. Було сформовано чотири варіанти досліду: контрольну групу та групи за дії пестицидів (2,4-Д, зенкор) і солей важких металів (йони міді). Кількісний вміст ДНК і РНК визначали спектрофотометричним методом за Цаневим і Марковим.

Основні результати. Нуклеїнові кислоти відіграють ключову роль у процесах збереження, реалізації та передачі генетичної інформації, а також у забезпеченні біосинтезу білків. Тривале токсичне навантаження на тканини призводить до порушення нуклеїнового гомеостазу (Пантюшенко, 2012). Встановлено, що під впливом 2,4-Д у білих м'язах цьогорічок коропа вміст ДНК зменшувався на 4 %, що супроводжувалося тенденцією до зниження рівня РНК та зменшенням співвідношення РНК/ДНК, що свідчить про пригнічення білоксинтезувальних процесів. За дії зенкору в білих м'язах істотних змін вмісту ДНК не виявлено, однак відзначено помірне зниження рівня РНК, що може свідчити про ранні метаболічні порушення без виражених структурних змін генетичного матеріалу. Вплив йонів міді зумовив достовірне підвищення вмісту ДНК у білих м'язах на 28 % ($P \leq 0,05$), що супроводжувалося збільшенням концентрації РНК, імовірно внаслідок активації компенсаторної проліферації клітин та посилення синтетичних процесів. У печінці, як основному детоксикаційному органі, за токсичної дії зенкору відмічено значне зниження вмісту як ДНК, так і РНК, що свідчить про пригнічення метаболічної активності гепатоцитів та можливу дестабілізацію ядерного апарату. У крові та мозку зміни мали менш виражений, але системний характер: спостерігали коливання рівнів РНК, що відображає реакцію тканин на інтоксикацію та оксидативний стрес.

Відомо, що токсиканти — важкі метали (кадмій, свинець, ртуть), пестициди, нафтові вуглеводні та інші забруднювачі — здатні спричиняти генотоксичні ефекти, які проявляються мутаціями, утворенням аддуктів, розривами ланцюгів ДНК і порушенням процесів репарації. Одним із провідних механізмів ушкодження є утворення активних форм кисню, що ініціюють оксидативний

стрес і призводять до окислення нуклеотидів та структурних змін ДНК. Порушення синтезу РНК у таких умовах зумовлює зниження інтенсивності трансляції та уповільнення ростових процесів. Наприклад, кадмій, акумулюючись у тканинах, може індукувати утворення активних форм кисню, які спричиняють розриви ДНК та змінюють функціонування репараційних систем.

Висновки. Отримані результати свідчать, що дія пестицидів і солей важких металів викликає тканинно-специфічні зміни вмісту ДНК і РНК у цьогорічок коропа. Зниження рівня нуклеїнових кислот пов'язане з пригніченням синтетичних процесів і деструктивними змінами клітин, тоді як підвищення може відображати компенсаторну активацію проліферації. Визначення концентрації ДНК і РНК та їх співвідношення є інформативним молекулярним маркером токсичного впливу у водних екосистемах. Порушення нуклеїнового гомеостазу може призводити до зниження виживаності потомства, виникнення морфологічних аномалій і зменшення генетичної різноманітності популяцій коропа в умовах аквакультури.

Література

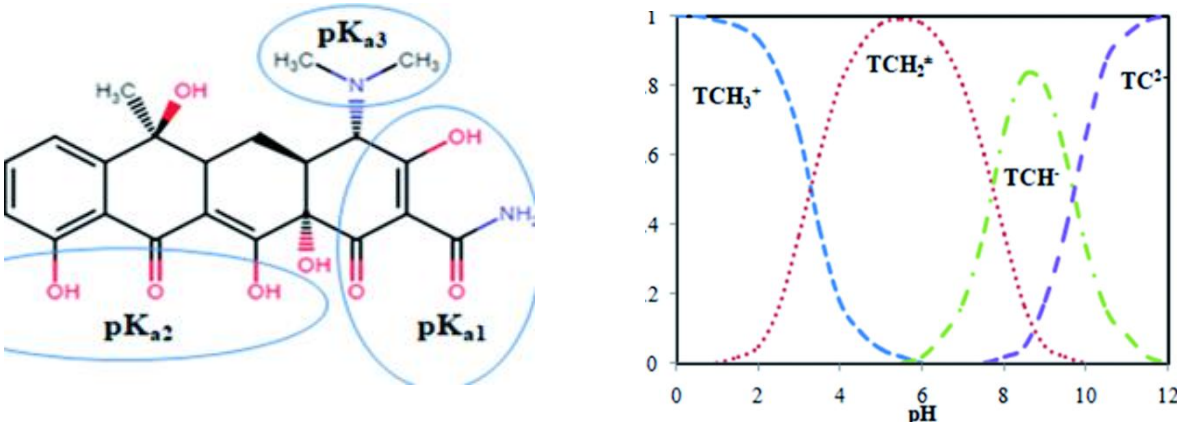
1. Аравін, П.А., Ячна, М.Г., Мехед, О.Б. & Третяк, О.П. (2021). Зміни кількісного вмісту загальних ліпідів в деяких тканинах коропа лускатого за комбінованого впливу гербіцидів та солей важких металів. *Актуальні питання біологічної науки*. 122-125
2. Желай, М., Ячна, М., Мехед, О. & Третяк, О. (2023). Адаптивні зміни іхтіологічних показників коропових риб за дії мікотоксину Т2. *Природні ресурси прикордонних територій в умовах зміни клімату.* 77-78.
3. Ніколаєнко, Т.М., Іващенко, М.О., Іващенко, Н.В. & Мехед, О.Б. (2023). Біохімічні показники крові лабораторних тварин за дії мікотоксину Т2. *Vin Smart Eco.* 276-277.
4. Пантюшенко, І. М., Мехед, О. Б. & Третяк, О. П. (2012). Особливості нуклеїнового гомеостазу цьогорічки коропа за токсичних умов утримання. *Екологічний інтелект*. 63-65.
5. Полотнянко, Л.В. & Мехед, О.Б. (2023). Зміни біохімічних показників в тканинах коропа лускатого (*Cyprinus carpio* L.) під дією мікотоксину Т-2. *Актуальні проблеми дослідження довкілля*. 205-207.
6. Філоненко, Д. & Мехед, О. (2025). Біохімічна оцінка впливу афлатоксину В1 на рівень нуклеїнових кислот у тканинах карася звичайного. *Biota. Human. Technology*. 3. 95–102. https://doi.org/10.58407/bht.3.25.9
7. Lukash, O., Kupchyk, O., Karpenko, Yu., Sliuta, A. & Kyrienko, S. (2016). Dynamics of riverbank ephemeral plant communities in the Stryzhen' river estuary (Chernihiv, Ukraine). *Ecological Questions*. 24. 27 – 35.

Квантово-хімічне дослідження адсорбції тетрацикліну на вуглецевих нанотрубках

Олександра Хора[1,2], Євгеній Дем'яненко[1,2], Ольга Маркітан[1], Борис Горєлов[1]
[1]Інститут хімії поверхні ім. О.О. Чуйка Національної академії наук України вул. Олега Мудрака, 17, Київ, 03164, Україна,
[2]Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича Національної академії наук України, вул. Омеляна Пріцака, 3, Київ, 03142, Україна
o_khora@ukr.net

Тетрациклінові антибіотики як синтетичного та природного походження знайшли широке застосування в медицині. Також вони використовуються для боротьби з багатьма інфекційними захворюваннями, у ветеринарії, рослинництві та тваринництві для лікування та профілактики бактеріальних і грибкових захворювань, у харчовій промисловості задля подовження строку придатності продуктів. У зв'язку з необхідністю контролювати вміст антибіотиків у продуктах харчування та в навколишньому середовищі розробка необхідних експрес тестів на визначення цих речовин у слідових кількостях з високою чутливістю та в присутності забруднювачів в багатокомпонентних сумішах наразі досить актуально.

Вуглецеві наноматеріали привертають значну увагу дослідників, оскільки їхня хімічна стабільність, функціональність та біосумісність пропонують багато можливостей для застосування в різних галузях промисловості. Вони вважаються ефективними адсорбентами для зв'язування та видалення багатьох ароматичних сполук з водної фази завдяки своїй великій площі поверхні та спорідненості.



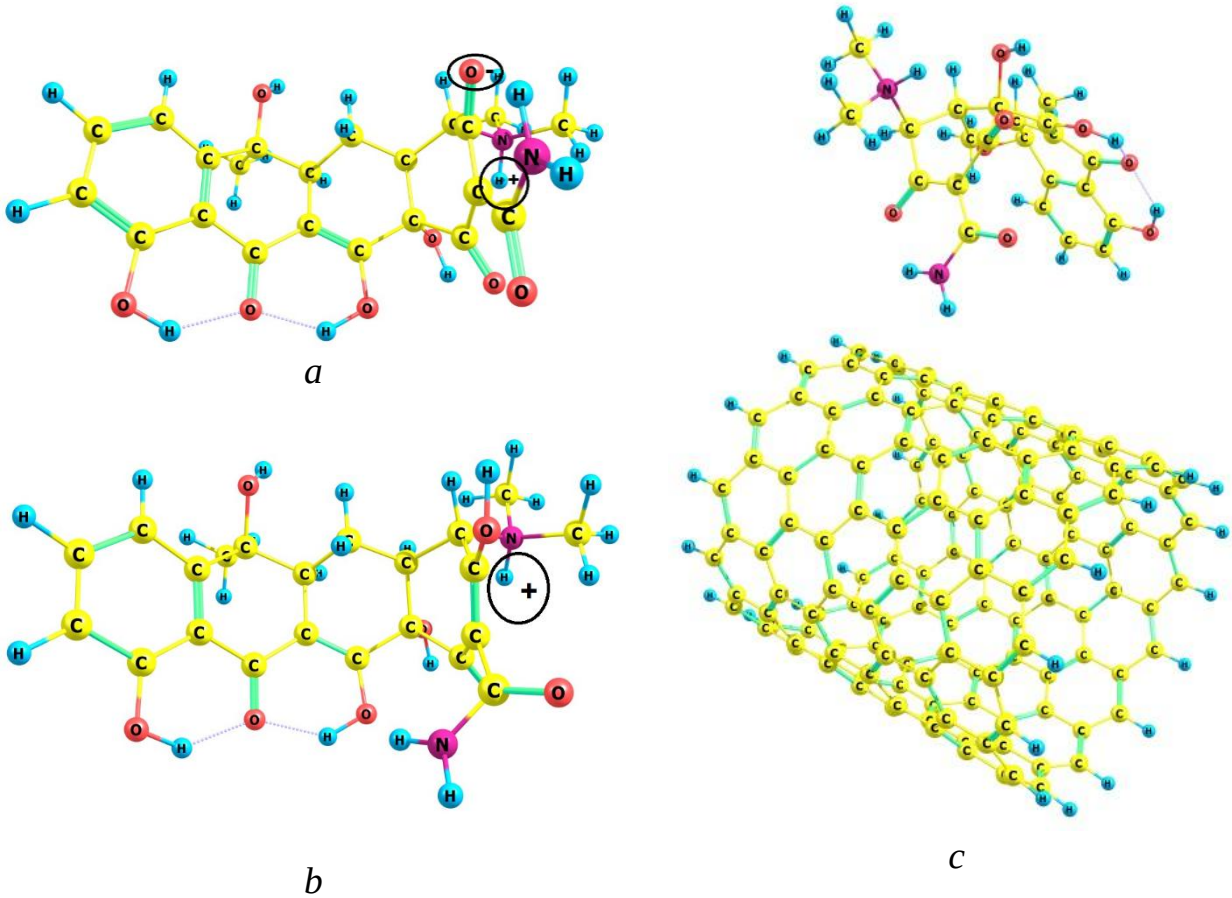
a b

Рис. 1. Будова молекули тетрацикліну (a) і діаграма розподілу протеолітичних форм тетрацикліну в розчині в залежності від *pH* (b).

В молекулі тетрацикліну (ТС) (рис. 1 a) наявні три іонізовані групи: трикарбонільний фрагмент (pK_{a1}=3,3), фенолдикетоновий фрагмент (pK_{a2}=7,3) і фрагмент катіону амонію (pK_{a3}=9,1). Тому у водному розчині, в залежності від *pH,* тетрациклін (рис.1 b) може перебувати в протонованій (TCH_3^+), цвітер-іоном ($-TCH_2^+$) та депротонованій (TCH^-) формах, які дещо відмінні за будовою і, як

наслідок, мають різну здатність до взаємодії з ВНТ. Величини констант іонізації свідчать про те, що в біологічних середовищах pH (7,04) молекули тетрациклінів існують переважно в цвіттер-іонній формі.

Наразі особливості взаємодії тетрацикліну (ТС) з вуглецевими нанотрубками (ВНТ) на атомарному рівні залишаються маловивченими. Тому ми дослідили методами квантової хімії енергетичні параметри взаємодії одностінної ВНТ з тетрацикліном в різних протеолітичних формах, які існують при різних значеннях *pH* водного середовища.



a *b* *c*

Рис 2. Цвітер-іонна (*a*) та катіонна (*b*) форми тетрацикліну. Взаємодія протонованої форми тетрацикліну з фрагментом вуглецевої нанотрубки (*c*).

Для з'ясування особливостей процесу адсорбції на атомному рівні та встановлення можливих варіацій геометричної структури адсорбційних комплексів «ТС–ВНТ», які можуть утворюватися під час взаємодії тетрацикліну з фрагментом вуглецевої нанотрубки, було використано методи квантової хімії.

Розрахунки виконували за допомогою програми MOPAC2016 з використанням методу PM6-D3H4, в якому, крім врахування водневих зв'язків, беруться до уваги також дисперсійні взаємодії. Ентальпію адсорбції розглядали як тепловий ефект (ΔH_{298}) реакції взаємодії молекули ТС (А) і ВНТ (В) з утворенням міжмолекулярного комплексу (А···В) і згідно реакції А + В → А···В розраховували за формулою:

$$\Delta H_{298} = H_{298}(A\cdots B) - [H_{298}(A) + H_{298}(B)],$$

де $H_{298}(A\cdots B)$, $H_{298}(A)$ та $H_{298}(B)$ – розраховані ентальпії утворення міжмолекулярного комплексу, тетрацикліну та ВНТ, відповідно.

Модель фрагмента одностінної вуглецевої нанотрубки було обрано співрозмірною з молекулою тетрацикліну та має діаметр 10 Å. Нескомпенсована валентність крайових атомів вуглецю рівня здійснюється шляхом додавання до них атомів води.

При взаємодії протонованої форми тетрацикліну з фрагментом вуглецевої нанотрубки (рис. 2) утворюється молекулярний комплекс, для якого ентальпія адсорбції (ΔH_{298}) становить -6,7 кДж/моль. Від'ємне значення цього значення вказує на екзотермічність процесу адсорбції. При взаємодії цвітер-іона тетрацикліну з фрагментом вуглецевої нанотрубки утворюється міжмолекулярний комплекс, для якого ΔH_{298} становить -7,7 кДж/моль. Отже, взаємодія цвітер-іона тетрацикліну з поверхневим фрагментом вуглецевої нанотрубки характеризується вищою ентальпією адсорбції.

Підтверджено термодинамічну ймовірність перебігу процесу адсорбції тетрацикліну на ВНТ в усьому інтервалі *pH* водного середовища, про що свідчать від'ємні значення ентальпій взаємодії в усіх можливих протеолітичних форм тетрацикліну.

Макрофауна безхребетних меліоративних каналів Чорнобильського заповідника

Анжеліка Цибульська
Інститут гідробіології НАН України, Київ, Україна,
Чорнобильський радіаційно-екологічний біосферний заповідник,
смт Іванків, Київська область, Україна,
asylaieva-ihb@ukr.net

У 1950–1970-х рр. на сучасній території Чорнобильського радіаційно-екологічного біосферного заповідника було створено низку систем гідромеліоративних каналів: «Уж-1», «Уж-2», «Товстий Ліс», «Сахан», «Галло», «Розсоха», «Ямпіль», «Усівська», «Прип'ятська» та інші. Території осушувались для потреб народного господарства – сезонного регулювання водного режиму земель сільськогосподарського та лісового призначення, видобування торфу тощо. Загалом у зоні відчуження налічується 27 меліоративних систем загальною площею 25 115 га, з яких 6583 га складають торфовища. Довжина магістральних каналів становить більше 160 км. Після аварії на ЧАЕС господарський догляд за меліоративними системами було припинено, за винятком кількох магістральних каналів. Примусова аридізація в умовах заповідника призвела, зокрема, до збільшення пожежної небезпеки (Обрізан та ін., 2023).

У 1997 р. було прийнято рішення про відновлення експлуатації деяких меліоративних систем Поліського району. Було проведено розчистку основних каналів від замулення та відновлено гідротехнічні споруди на них. Основним завданням експлуатації меліоративних систем у зоні відчуження було визначено регулювання стоку і попередження підтоплення територій і, як наслідок, зниження виносу радіонуклідів із забруднених земель, створення запасу води в каналах для подачі її у випадках пожеж тощо (Домашевський та ін., 2025).

Протягом 2018–2020 рр. у межах проекту «Розробка Концепції управління водними об'єктами в умовах реорганізації діяльності у зоні відчуження, організації біосферного заповідника та зони спеціального промислового використання» проводили дослідження, спрямовані на відновлення колишніх меліоративних систем зони відчуження та захист зони відчуження від наслідків кліматичних змін (Обрізан та ін., 2023).

Натепер на певній частині каналів меліоративної системи проводиться моніторинг абіотичної і біотичної компонент, направлений на відновлення природного гідрологічного режиму водно-болотних угідь, торфовищ та луків у заплаві річки Уж на місці колишніх меліоративних систем «Уж-1» та «Галло» (Домашевський та ін., 2025). У межах цього моніторингу у 2024 р. вперше було проведено низку гідробіологічних обстежень ділянок каналів заплави р. Уж: каналу МК-1 меліоративної системи «Уж-1» і каналу К-18 меліоративної системи «Галло».

Метою обстеження було визначення локацій, придатних для дослідження зообентосу і зооперифітону, визначення найбільш інформативних та зручних методів збору, попереднього визначення таксономічного складу водних безхребетних.

Для відбору проб застосовували пробовідбірник гідрологічний для донних відкладів, дночерпак Петерсена, коробчатий пробовідбірник (на мілководних ділянках). Для оцінки таксономічного складу використовували кількісні і якісні збори.

Досліджували угруповання зообентосу і зооперифітону на твердих антропогенних субстратах (бетонне облицювання берегів каналів), фітофільні угруповання серед заростей навколоводних та вищих водних рослин (ВВР). Таксономічний склад безхребетних не розділяли за угрупованнями, використовували термін «макрофауна». Представників різних таксономічних груп визначено до можливо найнижчого таксону (нижчий ідентифікований таксон – НІТ). Для збору, фіксації, обробки матеріалу використовували загальновживані гідробіологічні методики (Методи…, 2006).

Досліджені ділянки каналів під час весняного водопілля були відносно повноводні, літні дослідження показали досить депресивний стан – канали значною мірою заростають ВВР, донні біотопи сильно замулені. Такі біотопічні умови значною мірою ускладнюють відбір гідробіологічних проб.

Загальний список макрофауни безхребетних каналів нараховував 61 НІТ з 15 таксономічних груп (до видового рівня визначено 48% таксонів). Найбагатше були представлені Oligochaeta і личинки Chironomidae, інші групи представлені різною кількістю НІТ (табл. 1).

Таблиця 1. Таксономічний склад макрофауни безхребетних меліоративних каналів Чорнобильського заповідника

Групи	Кількість НІТ	Канал К-18	Канал МК-1
Turbellaria	1	1	–
Nematoda	1	1	–
Oligochaeta	9	8	4
Hirudinea	7	3	5
Ostracoda	1	1	1
Isopoda	1	1	1
Odonata	3	3	–
Ephemeroptera	3	1	2
Heteroptera	2	2	–
Coleoptera	5	2	3
Trichoptera	7	5	3
Diptera	4	3	2
Chironomidae	9	5	4
Hydracarina	1	1	1
Gastropoda	7	7	3
Всього	61	44	29

Таксономічний склад окремо кожного каналу відрізнявся як кількістю груп, так і кількістю таксонів, що визначило низьку подібність таксономічного складу (20% за кластерним аналізом за методом Жаккара).

Кількість НІТ на окремих станціях була від 4 НІТ (замулені ділянки медіалі) до 30 НІТ (прибережні зарості ВВР). Різнорідний розподіл НІТ по станціям підтверджує низька частота трапляння більшості НІТ. Так, у групу з частотою трапляння більше 50% увійшло лише три НІТ: Ostracoda gen. sp. (86%), *Asellus aquaticus* L. (86%) і *Lumbriculus variegatus* (O.F.M) (57%). Значна кількість таксонів (42 НІТ, 69% загальної кількості) зустрічались одноразово, лише на одній станції.

Розподіл НІТ у групах на окремих станціях був досить рівномірним, що підтверджують досить високі значення індексу Шеннона (2,646–3,644 біт/НІТ), за виключенням замуленої ділянки медіалі (1,500 біт/НІТ).

Таксономічний склад складався в основному з видів, що мають преференції до мешкання серед заростей ВВР, серед рослинних решток на дні, у водоймах з слабкою течією.

Слід відмітити знахідку *Haemonais waldvogeli* Bratscher (Annelida, Oligochaeta, Naididae) у каналі МК-1. Загалом цей вид достатньо широко зустрічається у Європі, а для України програма GBIF (Глобальна інформаційна система з біорізноманіття) вказує лише одну зареєстровану знахідку на прибережних ділянках Канівського водосховища. Проте, така ситуація більше свідчить про недостатність опублікованих в електронних дослідницьких інфраструктурах даних.

Із визначених видів безхребетних, такі що потребують охорони були відсутні. Проте, необхідні подальші дослідження з цього питання. Так, у каналі К-18 було відмічено особин молюсків, яких вдалось визначити лише до роду *Segmentina* sp. А у списках Червоного списку **МСОП/IUCN вказується зокрема *S. nitida* (O.F.M.). Додаткових досліджень потребує група волохокрильців (Trichoptera), личинки яких загалом у водних об'єктах заповідника представлені досить широко.**

Кількісні показники безхребетних різнились на окремих станціях і змінювались у широких межах. Так, у каналі МК-1 біомаса досягала 179,71 г/м^2 за домінування черевоногих молюсків, личинок Trichoptera і Tabanidae. У каналі К-18 на прибережних ділянках біомаса досягала 64,77 г/м^2 за домінування личинок Coleoptera, а на замулених ділянках з масою рослинних решток складала лише 10,21 г/м^2, тут переважали личинки Trichoptera.

Таким чином, як показали дослідження, таксономічний склад макрофауни меліоративних каналів заповідника був досить значним (61 НІТ), представлений широким спектром таксономічних груп (15). Кількісні показники різнились, біомасу визначали крупні організми – молюски, крупні личинки комах. Різниця у таксономічному складі та кількісному розвитку безхребетних каналів визначалась комплексом факторів – гідрологічним режимом, домінуючим видом ВВР, типом донних біотопів.

Проте, як вказувалось (Силаєва, Цибульський, 2024) подібні угруповання водойм заповідника значно відрізняються, зокрема за таксономічним складом, з'ясування причин цього факту потребує подальших досліджень.

Щодо методичних підходів слід зазначити наступне. Застосування бентосних приладів (дночерпаки, гідрологічні бури) в умовах значної кількості відмерлих ВВР ускладнює подальшу обробку матеріалу. Для оцінки таксономічного складу безхребетних заростей ВВР гарні результати показав метод, що застосовується для фітофільних безхребетних (за допомогою гідробіологічного сачка). Проте їхні результати складно порівнювати з результатами суто бентосних досліджень. Тому, для адекватної оцінки розвитку різних за типом біотопічних угруповань безхребетних потрібне застосування широкого спектру методичних підходів дослідження, специфіка яких визначається значною біотопічною варіабельністю водних об'єктів заповідника.

Список джерел інформації

Глобальна інформаційна система з біорізноманіття. https://www.gbif.org/uk/

Домашевський С., Коломійчук В., Обрізан С., Якушенко Д. (2025). Дослідження водно-болотних угідь у заплаві річки Уж. *CHORNOBYLscienceHUB.* 7, 34–43.

Методи гідроекологічних досліджень поверхневих вод / за ред. В. Д. Романенка. Київ: Логос, 2006. 408 с.

Обрізан С., Вишневський Д., Борсук О. та ін. (2023). Старт пілотного проєкту відновлення водно-болотних угідь. *CHORNOBYLscienceHUB.* 4, 42–49.

Силаєва А.А., Цибульський О.І. (2024). Особливості угруповання епіфітону, асоційованого з заростями *Stratiotes aloides* : зб. наук праць за матеріалами XV Всеукр. наук.-практ. конф. «Біологічні дослідження-2024», 08–09 жовт. Житомир, 42–44.

Динаміка заплавних водойм долини річки Десна в районі села Придеснянське коропської територіальної громади за Даними ДЗЗ

Цупко Надія
Національний університет «Чернігівський колегіум» ім..Т.Г. Шевченка
вул. Гетьмана Полуботка, 53, Чернігів, 14000, Україна
Adzhedan18@gmail.com

Tsupko N., Assessment of Floodplain Water Body Dynamics in the Desna River Valley (Prydesnyanske, Korop Community) Using Remote Sensing Data

To study the spatial dynamics of floodplain water bodies in the Desna River valley within Prydesnianske village (Korop territorial community), satellite images from May 25, 2012 to the present were analyzed. The data reveal changes in the hydrological regime, anthropogenic pressure, and the structure of floodplain water bodies. The study area lies within the protected zone of Mezyn National Nature Park, highlighting the environmental significance of the observed transformations.

З метою дослідження динаміки просторової організації заплавних водойм долини річки Десна в межах с. Придеснянське Коропської територіальної громади було опрацьовано супутникові знімки за період від 25 травня 2012 року до теперішнього часу. Отримані дані дозволяють простежити сучасні зміни природно-антропогенної обстановки, зокрема трансформацію гідрологічного режиму та посилення антропогенного навантаження на водні об’єкти, а також оцінити динаміку структури заплавних водойм щодо їх відповідності типовому природному стану регіону. Територія дослідження розташована в межах природоохоронної зони Мезинський національний природний парк, що зумовлює високу природну цінність заплавних ландшафтів і актуальність моніторингу їх просторових змін в умовах зростаючого антропогенного впливу.

Дистанційне зондування Землі (ДЗЗ) – це метод отримання відомостей про об’єкт, матеріал або явище за допомогою вимірювань, виконаних на відстані від самого об’єкта, тобто без прямого фізичного контакту з ним.[1] Google Earth Pro безкоштовний геоінформаційний додаток, що дозволяє аналізувати просторово-часові зміни земної поверхні за архівними супутниковими знімками від середини 1980-х років до сьогодення. Режим Historical Imagery дає змогу переглядати зображення різних років для однієї території та виявляти довготривалі трансформації природних і антропогенних ландшафтів. У дослідженні заплавних водойм долини річки Десна в районі с. Придеснянське Коропської територіальної громади було:

1. Обрано репрезентативні роки (травень 2012, березень 2014, серпень 2017, квітень 2018, лютий та червень 2020, липень 2021 та літо 2026 - років) для аналізу динаміки змін.
2. Зафіксовано межі досліджуваної території для коректного просторового порівняння.
3. Виявлено основні трансформації заплавних територій: зміни площі та конфігурації водойм, водного режиму, рослинного покриву та прояви антропогенного впливу.

Важливою перевагою програми є її інтуїтивно зрозумілий інтерфейс, що дозволяє легко працювати з шарами, масштабувати зображення, зберігати скріншоти, а також вимірювати відстані та площі без спеціальної технічної підготовки. Google Earth Pro[3] також дає можливість здійснювати оперативну оцінку змін без застосування складних алгоритмів обробки даних, необхідних у професійних ГІС-системах. Завдяки цьому програму доцільно використовувати для попереднього картографічного аналізу та верифікації просторових змін.

Із початку 2020-х років моніторинг земного покриву активно здійснюється за глобальними супутниковим продуктом, а саме: ESRI Land Cover, що використовуються для аналізу екологічних змін, зокрема в Україні. ESRI Land Cover глобальна карта земного покриву, створена на основі супутникових даних Sentinel-2 із застосуванням алгоритмів машинного навчання. Вона забезпечує щорічне оновлення та дозволяє аналізувати динаміку змін земного покриву у короткостроковій перспективі[2].

Для виявлення змін у просторовій структурі заплавних водойм долини річки Десна було проаналізовано супутниковий знімок досліджуваної території. Візуальне дешифрування зображення дає змогу оцінити конфігурацію русла річки, розміщення старичних озер, ступінь обводненості заплави та характер поширення рослинності. Це створює основу для подальшого аналізу просторової динаміки водних об’єктів і встановлення тенденцій їх змін у часі.



Рис. 1. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (25.05.2012)[3]

На супутниковому знімку (див. рис.1) за 25 травня 2012 року відображено ділянку долини річки Десна в районі с. Придеснянське, що характеризується добре вираженою меандрованою формою русла та складною структурою заплави. Русло річки утворює численні вигини, що свідчить про активні руслові процеси та переважання бічної ерозії над акумуляцією. У межах заплави чітко простежуються старичні водойми різного ступеня ізольованості від основного русла від напіввідкритих проток до повністю відокремлених озер. Це вказує на природний процес відмирання меандрів і формування озер-стариць. Значні площі заплави представлені луками та заболоченими ділянками, що свідчить про періодичне затоплення під час паводків. Також помітна нерівномірність

обводненості території: поряд із водонасиченими ділянками трапляються сухі піщані гриви та ділянки з розвиненим трав'янистим покривом. Поблизу населеного пункту простежуються ознаки антропогенного впливу зміна структури рослинності та використання частини заплави для господарських потреб.

Супутниковий знімок від 25 березня 2014 року (див.рис.2) відображено ділянку заплави річки Десна в районі с. Придеснянське у період весняного водопілля. Русло річки має виражену меандровану форму, а значна частина заплави перебуває у стані підвищеної обводненості, що свідчить про сезонне затоплення території. У межах заплави чітко простежуються численні протоки, стариці та тимчасові водні площі, частина з яких з'єднана з основним руслом. Це вказує на активізацію гідрологічних процесів і розширення водного дзеркала порівняно з меженним періодом. На окремих ділянках помітні світлі піщані відклади та гриви, що формуються внаслідок акумуляції алювіальних наносів під час паводків. Заплава характеризується мозаїчним поєднанням водних поверхонь, луків і лісових масивів, що є типовим для природних заплавних ландшафтів Десни. Поблизу населеного пункту спостерігаються ознаки господарського використання території, однак загалом структура заплави зберігає природний характер.



Рис.2. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (25.03.2014)[3]

Порівняльний аналіз супутникових знімків за 25.05.2012 р., 25.03. 2014 р. та 13 серпня 2017 р. (рис.3) ділянки заплави річки Десна у межах села Придеснянське (Коропська територіальна громада) засвідчив суттєву сезонну та багаторічну динаміку руслово-заплавної системи. Станом на травень 2012 року зафіксовано період підвищеної водності після весняної повені: основне русло розширене, численні протоки та стариці гідравлічно пов'язані з річкою, значні площі заплави перебувають у стані перезволоження. На знімку березня 2014 року простежується ранньовесняний етап водопілля відбувається початкове заповнення понижень заплави, активізується мережа тимчасових водотоків,

однак затоплення має локальний характер і не досягає масштабів, характерних для пізньої весни. Натомість у серпні 2017 року спостерігається меженний стан: русло чітко окреслене, його ширина зменшена, на внутрішніх частинах меандрів сформовані піщані коси й відмілини, більшість заплавних водойм ізольовані або частково пересохлі.

У багаторічному вимірі виявлено ознаки повільної міграції меандрів та трансформації проток окремі рукави звужуються або замулюються, інші поглиблюються, що відповідає природній динаміці вільномеандруючої рівнинної річки. Водночас загальна конфігурація русла та структура заплави залишаються стабільними, що свідчить про переважання природних гідроморфологічних процесів над антропогенними впливами. Отримані результати демонструють визначальну роль сезонних коливань водності у функціонуванні заплави: від максимальної інтеграції русла із заплавними водоймами під час повені до їх ізоляції в період літньої межені.



Рис.3. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (13.08.2017)

На супутниковому знімку[3] від 21 квітня 2018 р. (рис.4) весняний стан заплави річки Десна в районі с. Придеснянське. Спостерігається підвищена водність через весняну повінь: основне русло значно розширене, вода виходить на заплаву, з'єднуючи окремі водойми. Численні стариці заповнені водою, деякі мають дугоподібну форму, повторюючи колишні вигини русла. У центральній частині заплави простежуються дрібні протоки та затоки, що забезпечують гідрологічний обмін між руслом і водоймами. Пониження рельєфу утворюють мілководні водойми з нечіткими берегами типова ознака паводку. Порівняно з попередніми роками, водойми виглядають більш з'єднаними, водночас деякі ділянки залишаються ізольованими і можуть пересихати або перетворюватися на постійні стариці.



Рис. 4. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (21.04.2018)

Супутниковий знімок від 22 лютого 2020 р. (рис.5) відображає зимово-меженний стан заплави Десна в районі Придеснянське: низький рівень води, відсутність паводку, звужене русло. Бічні протоки майже не функціонують, більшість стариць ізольовані. Водойми значно зарослі, із ознаками замулення й заболочування; частина трансформується у вологі луки. Простежуються сліди колишніх проток, що свідчить про зниження водообміну та поступове відмирання окремих водойм, тоді як найбільші стариці зберігають водність із ознаками евтрофікації.



Рис. 5. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (22.02.2020)

На зображенні (рис.6), представлена територія за 12 червня 2020 року, яка має чітко виражений рівнинний характер, а русло річки утворює великі меандри, що свідчить про повільну течію та активні процеси бокової ерозії й акумуляції. Русло річки глибоко врізане у заплаву і формує декілька крутих вигинів. На внутрішніх частинах меандрів помітні світліші ділянки, зони намиву алювіальних відкладів (піщані та мулисті наноси). На зовнішніх берегах, навпаки, відбувається розмивання. Така морфологія характерна для зрілої стадії розвитку річкової долини великої рівнинної річки. У межах заплави простежуються пониження рельєфу, які, ймовірно, періодично заповнюються водою під час весняної повені. Їх наявність свідчить про активну міграцію русла в минулому. Заплава має достатньо широку площу, що вказує на регулярні розливи річки.



Рис. 6. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (12.06.2020)[3]

Рослинність представлена переважно заплавними луками, які займають більшу частину території. Світло-зелені ділянки свідчать про трав'яну рослинність, адаптовану до періодичного перезволоження. У знижених і більш вологих місцях відбувається формування болотної рослинності очерету, осоки та інших гігрофітів. Уздовж берегів річки та навколо староріч спостерігаються смуги деревно-чагарникової рослинності: верба, тополя, вільха та містами клен канадський. Вони формують прибережні захисні насадження, стабілізують береги та зменшують ерозійні процеси. На підвищених частинах заплави та за її межами помітні сільськогосподарські угіддя. Вони розташовані на менш підтоплюваних ділянках, що свідчить про використання надзаплавних терас для агровиробництва.

Супутниковий знімок за 7 липня 2021 року (рис.7) показана заплава річки Дніпро біля села Придніпровське. Русло залишається сильно звивистим, із чітко сформованими меандрами. Помітні активні процеси бокової ерозії на зовнішніх берегах і накопичення наносів на внутрішніх, де утворюються світлі піщані коси. Заплава має широку рівнинну поверхню з численними пониженнями. Частина староріч і проток зберігається, але окремі з них виглядають більш зарослими, що свідчить про поступове замулення та заболочування. Рослинний покрив переважно лучний, із ділянками щільної деревно-чагарникової рослинності вздовж русла та у знижених місцях. Порівняно з попереднім періодом спостерігається більш виражене заростання окремих заплавних ділянок. На підвищених елементах рельєфу та за межами заплави розташовані сільськогосподарські угіддя.

Нині ці водойми не мають постійного гідравлічного сполучення з руслом як через природні процеси, так і внаслідок режиму обмеженого антропогенного втручання у заплавні екосистеми, встановленого природоохоронними та лісогосподарськими нормативами. Відповідно до заповідного режиму, що передбачає збереження природної динаміки ландшафтів і мінімізацію господарських робіт, у протоках відбувається накопичення поваленої деревини та рослинних залишків, які частково блокують водні зв'язки між окремими водоймами та руслом річки. У результаті ізольовані водойми функціонують автономно: їх живлення забезпечують переважно ґрунтові води та атмосферні опади, а під час високих паводків можливе лише короткочасне підтоплення. У

літній період вони характеризуються слабкою проточністю або застійністю, що проявляється у темнішому тоні води, активному заростанні гідрофітною рослинністю та поступовому замуленні.



Рис. 7. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (7.07.2021)[3]

На літньому знімку 2025 року (рис.8) заплави річки Десна поблизу с. Придеснянське зафіксовано кілька ізольованих ділянок заплавних водойм. За конфігурацією вони відповідають старицям і колишнім меандрам, що втратили безпосередній зв'язок із основним руслом унаслідок природної міграції річки.

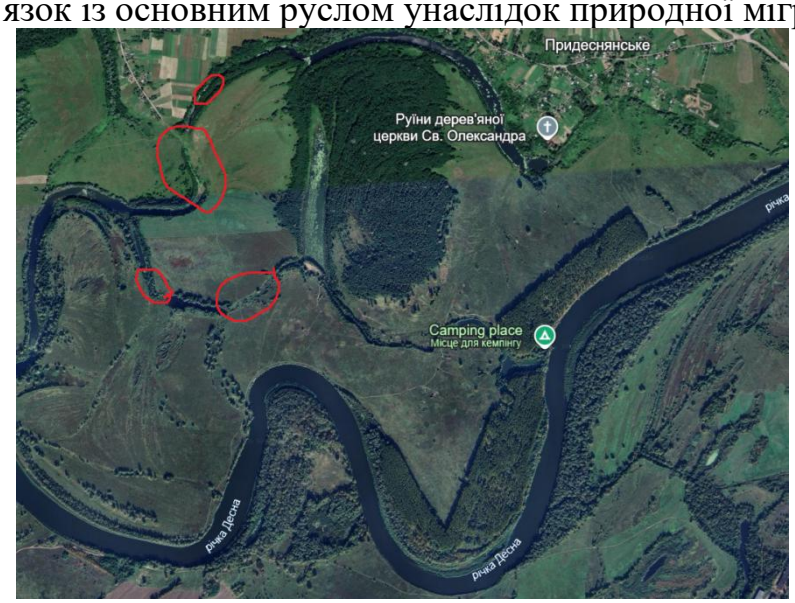


Рис. 8. - Супутниковий знімок заплави річки Десна в районі с. Придеснянське (21.08.2025)[3]

На зображенні представлено фрагмент заплавної долини річки Десна, отриманий за даними супутника Sentinel-2 (сервіс Esri Land Cover Explorer)[2]. Конфігурація русла свідчить про зрілу меандровану систему з активними процесами бокової ерозії та акумуляції наносів. У межах заплави простежуються ізольовані та напівізольовані стариці, сформовані внаслідок перерізання меандрів і поступової міграції русла.

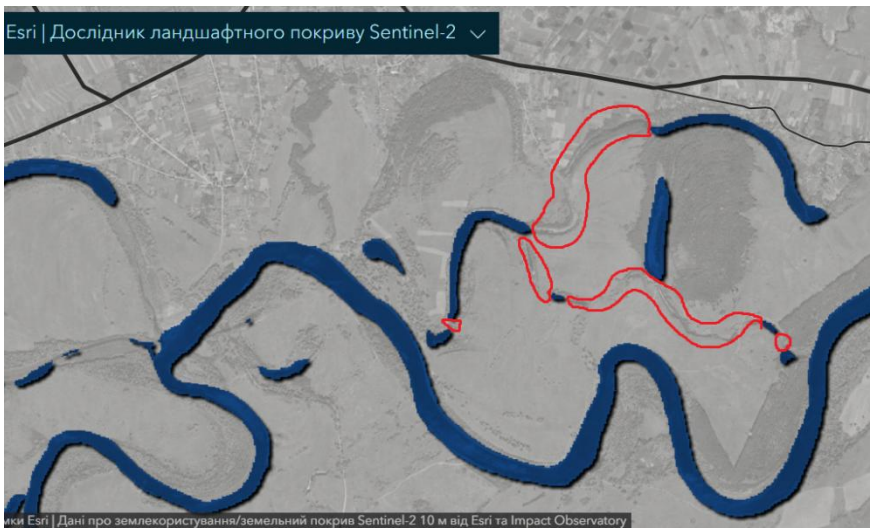


Рис. 9. – Фрагмент меандрованого русла та заплавних водойм річки Десна в межах Придеснянського (дані ДЗЗ, Sentinel-2)[2]

Станом на 2024 рік (рис. 9) морфологія ділянки зберігає переважно природний характер без ознак значного гідротехнічного втручання. Частина стариць має лише сезонний гідравлічний зв'язок із руслом під час весняних повеней, тоді як у літній період вони функціонують автономно, зазнаючи обміління, заростання гідрофітною рослинністю та замулення. Заплава характеризується низьким рівнем урбанізації, що сприяє збереженню природних екосистем, однак зниження водності річки може призводити до поступового скорочення площ відкритого водного дзеркала та посилення заболочування. Червоним кольором (див.рис.9) позначені ділянки, де води вже немає або вона зберігається під шаром листяних решток.

Список використаної літератури

1. Методичні основи дистанційного зондування Землі в екологічних дослідженнях / за ред. В. І. Лялька. - Київ: Наукова думка, 2019.
2. Esri Land Cover Explorer. Living Atlas of the World. URL: https://livingatlas.arcgis.com/landcoverexplorer/
3. Google Earth Web. Фрагмент заплавної долини р. Десна поблизу с. Придеснянське Коропської територіальної громади (координати 51.61569671 N, 32.986328 E). URL: https://earth.google.com/web/@51.61569671,32.986328,126.64039096a,2870.26347026d,35y,3.45546287h,0t,0r/data=CgRCAggBMikKJwolCiExR3FKUXQ1eG5tRzVxNHEyVnpTTkpCZEtqUmV2aWRNRHQgAToDCgEwQgIIAEoICKSykeACEAE?hl=uk&authuser=0

Ефективність строків сівби часнику ярого залежно від мульчування ґрунту

Неля Чефонова, Світлана Даценко, Олексій Мельник, Сергій Ткаченко
Інститут овочівництва і баштанництва НААН України

Ключовою проблемою в біологічному землеробстві є відновлення родючості ґрунту, основа якого – поповнення резервів органічної речовини. До альтернативних методів ведення землеробства зазвичай переходять господарства з високою родючістю ґрунту. Забезпеченість рослин елементами живлення майже цілком обумовлена активізацією діяльності корисної мікрофлори. Для підтримання високої мікробіологічної активності ґрунту слід постійно поповнювати його свіжою органічною речовиною. Вона і є безпосереднім джерелом для ґрунтової біоти і, в той же час, виконує широкий спектр захисних функцій самого ґрунту, насамперед від ерозійних процесів. Джерелами органічної речовини можуть бути як компоненти традиційного землеробства (багаторічні бобові трави, гній та інші органічні добрива), так і нові (рослинні рештки, які повертаються в ґрунт, наприклад, солома, гичка; створення мульчпокриву з свіжого рослинного матеріалу або гною тощо) [1].

Мульчування ґрунту прискорює ріст і розвиток рослин, підвищує якість продукції та врожайність, сприяє більш ранньому збору врожаю, зменшує вимивання добрив і захищає поверхню ґрунту від несприятливих факторів [2, 3]. Зокрема, мульчування ґрунту (покриття) сприятливо впливає на якість і врожайність цибулин часнику [4]. Існує дуже значна різниця в загальній продуктивності та врожайності між замульчованими та немульчованими рослинами часнику [5]. Мульчування впливає на загальну врожайність часнику, вміст вітаміну С і флавоноїдів.

Садіння ярого часнику в умовах східного Лісостепу України рекомендується здійснювати в максимально ранні строки (наприкінці березня – на початку травня) з метою ефективного використання запасів ґрунтової вологи та інтенсивного розвитку кореневої системи. Тенденція до потепління клімату, що спостерігається останні роки в регіоні, дозволяє здійснювати садіння ярих форм в осінній період. При цьому відбувається повноцінне укорінення та адаптація рослин, а сходи з’являються значно раніше, що дозволяє ефективно використовувати запаси продуктивної вологи в ґрунті та формувати надземну вегетативну масу в умовах оптимальних температур повітря. Мульчування ґрунту в даному випадку не стільки виконує функцію захисту від морозів для підзимніх посівів, скільки забезпечує подальшу мінімізацію втрат вологи з ґрунту, запобігає його перегріванню та стримує розвиток бур’янів. Саме дослідженню впливу цих технологічних факторів на продуктивність ярого часнику присвячені дослідження.

Метою експерименту є встановлення можливості формування максимальної продуктивності часнику ярого для забезпечення його надходження споживачам в період міжсезоння, коли виникає дефіцит забезпеченості озимим часником.

Дослідження проведено в 2025 році в лабораторії адаптивного овочівництва ІОБ НААН. Закладання досліду та спостереження виконано згідно «Методики

дослідної справи в овочівництві і баштанництві» на часнику ярому *сорту Мануйлівський* [6]. Попередник – тритикале озиме. Добрива – перегній локально восени в дозі 60 т/га. Строк сівби – вересень (третя декада), жовтень (третя декада), березень (друга декада). Площа облікової ділянки: 2,1 м^2, повторність – шестиразова. Схема розміщення рослин часнику – 20+50см х 15 см (191 тис. шт./га). Мульчування здійснювали соломою пшениці озимої через два-три тижні після садіння.

Мульчування ґрунту соломою сприяло зниженню температури на глибині 5 см на 1…9 ^{0}С впродовж вегетаційного періоду. За висаджування зубків часнику в березні та мульчуванні ґрунту соломою висота рослин і кількість листків суттєво зменшувались (або мали тенденцію до зменшення) в порівнянні з осінніми строками. Максимальна товарна врожайність цибулин часнику ярого за жовтневого строку сівби при мульчуванні ґрунту соломою (5,52 т/га), мінімальна (4,13 т/га) – за березневого строку без мульчування грунту (табл. 1). За осінніх строків сівби врожайність була вищою контролю на 0,59-0,72 т/га в середньому по фактору. Мульчування в усіх випадках сприяло зростанню цього показника і в середньому по досліду зростання склало 0,59 т/га.

Таблиця 1. –Товарна врожайність цибулин часнику ярого сорту Мануйлівський залежно від строків сівби та мульчування ґрунту (після сушіння), т/га, 2025 р.

Строки сівби (Фактор А)	Мульчування грунту (Фактор В)		
	контроль (без мульчування)	мульчування	середнє за фактором А
Вересень	5,30	5,49	**5,40**
Жовтень	5,03	5,52	**5,27**
Березень (контроль)	4,13	5,23	**4,68**
Середнє за фактором В	**4,82**	**5,41**	5,11
НІР$_{0,5}$ за фактором А	0,44		
НІР$_{0,5}$ за фактором В	0,36		
НІР$_{0,5}$ за фактором А В	0,62		

Максимальна маса цибулини часнику склала 28,7 г за жовтневого та 29,2 – за вересневого строків сівби при мульчуванні ґрунту соломою, але її максимальний діаметр (41,0 і 42,0 мм) одержано за жовтневого та вересневого строків сівби без мульчування ґрунту соломою (табл. 2, 3).

Мульчування сприяло збільшенню середньої маси цибулин на 3,7 г, а осінні строки сівби – на 3,2-3,8 г.

Таблиця 2. – Маса цибулини часнику ярого сорту Мануйлівський залежно від строків сівби та мульчування ґрунту (після сушіння), г, 2025 р.

Строки сівби (Фактор А)	Мульчування грунту (Фактор В)		
	контроль (без мульчування)	мульчування	середнє за фактором А
Вересень	26,8	29,2	**28,0**
Жовтень	26,2	28,7	**27,4**
Березень (контроль)	21,3	27,2	**24,2**
Середнє за фактором В	**24,7**	**28,4**	26,5
$НІР_{0,5}$ за фактором А	1,39		
$НІР_{0,5}$ за фактором В	1,14		
$НІР_{0,5}$ за фактором АВ	1,97		

Таблиця 3. – Діаметр цибулини часнику ярого сорту Мануйлівський залежно від строків сівби та мульчування ґрунту (після сушіння), г, 2025 р.

Строки сівби (Фактор А)	Мульчування грунту (Фактор В)		
	контроль (без мульчування)	мульчування	середнє за фактором А
Вересень	42,0	40,4	**41,2**
Жовтень	41,0	40,8	**40,9**
Березень (контроль)	39,7	40,6	**40,1**
Середнє за фактором В	**40,9**	**40,6**	40,7
$НІР_{0,5}$ за фактором А	1,20		
$НІР_{0,5}$ за фактором В	0,98		
$НІР_{0,5}$ за фактором АВ	1,69		

В середньому за строками сівби (фактор А) кращі показники відмічено за вересневого строку садіння часнику ярого. Товарна урожайність при цьому склала 5,4 т/га, маса цибулини – 28 г, діаметр цибулини – 41,2 см.

За жовтневого строку садіння на контролі в цибулинах часнику ярого збільшився вміст сухих речовин до 37,34 % та загального цукру до 24,32 %. Березневий строк садіння виявився кращим щодо масової частки вітаміну С в цибулинах, порівняно з іншими строками. У той же час за мульчування ґрунту соломою в усіх варіантах досліду відмічено зменшення вмісту досліджуваних сполук (табл. 4).

Висновки. Доведена можливість формування високого урожаю часнику ярого в умовах східного Лісостепу України за осінніх строків сівби. При цьому не відмічено зниження адаптивних властивостей досліджуваного сорту та погіршення перезимівлі. Мульчування ґрунту соломою сприяло зростанню продуктивності рослин, при цьому відмічено зменшенню якості часнику ярого.

Таблиця 4. – Біохімічні показники якості часнику ярого сорту Мануйлівський залежно від строків сівби та мульчування ґрунту (після сушіння), г, 2025 р.

Строки сівби	Масова частка					
	сухих речовин, %		Загального цукру, %		Вітаміну С, мг/100г	
	контроль	мульчу-вання	контроль	мульчу-вання	контроль	мульчу-вання
Вересень	36,09	35,40	24,04	21,86	17,39	17,58
Жовтень	37,34	33,72	24,32	20,82	16,86	11,95
Березень (контроль)	37,20	36,66	23,40	23,52	18,91	18,44

Список джерел інформації

1. Вирощування овочів методами органічного землеробства / під ред. О. Д. Вітанова. Донецьк: Астро, 2007. 92 с.
2. Pastukhov, V. Mogilnay, O., Bakum, M., Grabar, I., Melnyk, O., Kyrychenko, R., Krekot, M., Vitanov, O., Mozgovska, A., Pastushenko, A., Semenchenko, O. (2021). Potato growth in moisture deficit conditions. Ukrainian Journal of Ecology. 11(2). p. 184–190. doi: 10.15421/2021_97
3. Melnyk, O., Pastukhov, V., Shcherbina, S., Dukhina, N., Vitanov, O., Shabetya, O., Semenchenko, O., Rud, V., Dukhin, E. and Bashtan, N. (2023). Study of the effectiveness of different methods of mulching potatoes (Solanum tuberosum) in the east of Ukraine. Agronomy Research 21(3), 1221–1232, https://doi.org/10.15159/AR.23.057
4. Melnyk, O., Vitanov, O., Datsenko, S., Chefonova, N., Kravetskyi, R., Tkachenko, S., & Drobit , O. (2026). EFFECTIVENESS OF MULCHING WINTER GARLIC WITH DIFFERENT TYPES OF MATERIALS. Vegetable and Melon Growing, (78), 53-62. https://doi.org/10.32717/0131-0062-2025-78-53-62
5. Ousman Yimer. 2020. Different mulch material on growth, performance and yield of garlic: A Review. International Journal of the Science of Food and Agriculture. 4 (1). 38–42. DOI: 10.26855/ijfsa.2020.03.007.
6. Методика дослідної справи в овочівництві і баштанництві / за ред. Г.Л. Бондаренка, К.І. Яковенка. Харків: Основа, 2001. 369 с.

Лимон трилисточковий - полі функціональна рослина для Карпатського регіону

Чійпеш Вікторія Василівна, Коложварі Степан Васильович, Сікура Аніта Йосипівна

Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці ІІ,м.Берегово, Україна[1]Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці ІІ, м.Берегово, Україна, csijpes.viktoria.b20ti@kmf.org.ua

Сучасні кліматичні зміни, нестабільність температурного режиму та зростання частоти екстремальних погодних явищ зумовлюють необхідність пошуку нових адаптивних видів рослин для впровадження в агросистеми України. Особливо актуальним це питання є для Карпатського регіону, який характеризується складними ґрунтово-кліматичними умовами, підвищеною вологістю, ерозійними процесами та значними температурними коливаннями протягом року. У зв'язку з цим доцільним є вивчення та впровадження інтродукованих видів із високою екологічною пластичністю та морозостійкістю.

Одним із перспективних видів є лимон трилисточковий (Poncirus trifoliata (L.) Raf.) — представник родини Rutaceae, близький родич культурних цитрусових. Природний ареал виду охоплює території Східної Азії, проте завдяки високій адаптивності рослина успішно культивується в умовах помірного клімату.

Лимон трилисточковий являє собою листопадний колючий кущ або невелике дерево заввишки 2–4 м. Характерними морфологічними ознаками є трійчасті листки, наявність міцних колючок, рясне весняне цвітіння великими білими ароматними квітками та формування округлих жовтих плодів із товстою шкіркою. На відміну від більшості представників цитрусових, цей вид переходить у стан зимового спокою, що суттєво підвищує його морозостійкість. Рослина здатна витримувати зниження температури до –2 – 25 °С, що робить її придатною для вирощування у передгірських та низинних районах Карпатського регіону.

Вид характеризується невибагливістю до ґрунтових умов, проте найкраще розвивається на добре дренованих, легких суглинкових ґрунтах із нейтральною або слабокислою реакцією. Відзначається відносною стійкістю до більшості грибкових і бактеріальних захворювань, що знижує потребу у хімічному захисті та відповідає принципам екологічно орієнтованого землеробства.

Плоди лимона трилисточкового містять значну кількість біологічно активних речовин — вітамін С, флавоноїди, органічні кислоти, ефірні олії та пектинові сполуки. Через гіркуватий смак вони рідко споживаються у свіжому вигляді, проте можуть використовуватися для виготовлення варення, мармеладу, цукатів, лікерів та лікувальних настоянок. Крім харчового значення, рослина має фармакологічний потенціал завдяки наявності антиоксидантних та протизапальних сполук.

Поліфункціональність лимона трилисточкового проявляється у широкому спектрі практичного використання. Рослина широко застосовується як підщепа

для культурних цитрусових з метою підвищення їх морозостійкості та стійкості до хвороб. Завдяки густій кроні та наявності колючок вона придатна для створення живоплотів і декоративних насаджень. Потужна коренева система дозволяє використовувати вид у протиерозійних заходах для укріплення схилів та формування захисних насаджень. Крім того, рослина є добрим медоносом і може інтегруватися в агролісомеліоративні системи.

В умовах Карпатського регіону впровадження лимона трилисточкового сприятиме підвищенню біорізноманіття, диверсифікації плодово-ягідних культур та формуванню більш стійких агроландшафтів. Його використання може стати перспективним напрямом розвитку нішевого садівництва, особливо в умовах змін клімату та необхідності адаптації агросектору до нових екологічних викликів.

Таким чином, лимон трилисточковий є перспективною поліфункціональною культурою для Карпатського регіону, яка поєднує високу морозостійкість, екологічну пластичність та широкий спектр господарського застосування. Подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення продуктивності виду в різних мікрокліматичних умовах Карпат та розробку адаптованих технологій його вирощування.

Список використаних джерел

1. Swingle W. T. *The Botany of Citrus and Its Wild Relatives. – In: Reuther W., Webber H. J., Batchelor L. D. (eds.). The Citrus Industry. Vol. 1. – Berkeley: University of California Press, 1967. – P. 190–430.
2. Spiegel-Roy P., Goldschmidt E. E. Biology of Citrus. – Cambridge: Cambridge University Press, 1996. – 230 p.
3. Davies F. S., Albrigo L. G. Citrus. – Wallingford: CAB International, 1994. – 254 p.
4. Колесников А. І. Інтродукція та акліматизація плодових рослин. – Київ: Урожай, 1985. – 256 с.

Індукція стійкості ясенів до гіперінвазійного жука ясенева смарагдова вузькотіла златка (*Agrilus planipennis* Fairmaire)

Петро Чумак[1], Олександр Стригун[1], Олександр Цибульський[2]
[1]Інститут захисту рослин НААН, Київ, Україна,
chumakp@i.ua, strygun@meta.ua
[2]Ботанічний сад імені акад. О.В. Фоміна, acybula@ukr.net

Вузькотіла ясенева смарагдова златка – *Agrilus planipennis* Fairmaire (Coleoptera: Buprestidae) (далі EAB від назви англійською «Emerald Ash Borer») є надзвичайно агресивним шкідником-інвайдером для родини ясенів. Ясень (*Fraxinus*) є одним із цінних лісових порід, що ушкоджується EAB у США, Канаді, країнах східної Європи, в Україні, парках і ботанічних садах Києва. EAB становить реальну потенційну загрозу для ясенів Європи. Дерева, на яких оселяється EAB гинуть за 2–4 роки. Розповсюдження шкідника відбувається досить швидко і становить від 2,5 до 20 км за рік, не враховуючи більш великих відстаней з посадковим матеріалом. Матеріальні збитки від масштабного знищення ясенів у США (лише у Чикаго загинуло 600 тис. дерев) оцінювались у 231 млн. доларів, а видалення міських ясенів в інших штатах – у 20–60 млрд. доларів (Cappaert et al., 2005) і ця цифра не включала витрати на заміну втрачених дерев.

Пошук стійких до EAB видів ясенів показав, що усі види що ростуть у США і Канаді сильно пошкоджуються та елімінують із місцевої флори: ясен пенсільванський – *Fraxinus pennsylvanica* L., ясен носолистий – *F. rhynchophylla* Hance, ясен бархатистий – *F. velutina* Torr. та інші. Ясени із країн походження EAB (Східна Азія) ясен маньжурський – *F. mandshurica* Rupr. та ясен китайський – *F. chinensis* Roxb. характеризуються помітною стійкістю до нього. У США проводяться дослідження із вивчення способів розмноження стійких видів ясенів методом щеплення, використовуючи різні генетичні методи, результати яких передбачається отримати лише через 20 років (Kelly et al., 2020). Попередніми дослідженнями авторів (Цибульський та ін., 2025) були відмічені сорти та види ясенів, що не були пошкоджені EAB у Ботанічному саду імені акад. О.В. Фоміна (Київ): це *F. excelsior* var. *aureovariegata* Weston, *F. excelsior* L. сорти ‘Crispa’, ‘Heterophylla’, ‘Pendula’, ‘Nana’; *F. chinensis* subsp. *rhynchophylla* (Hance) A.E. Murray, *F. sogdiana* Bunge та *F. pallisae* Willmott, *F. latifolia* Benth., *F. ornus* L. Не підтверджено вразливість до EAB *F. angustifolia* subsp. *oxycarpa* (M. Bieb. ex Willd.) Franco & Rocha Afonso.

Варто відмітити, що поряд із пошуками стійких видів і форм ясенів до шкідника, поза увагою залишаються питання індукції стійкості рослин та відомі біологічні особливості рослини роду *Fraxinus*, які переважно ростуть на ґрунтах, багатих на сполуки кальцію. Ці рослини традиційно, відносять до групи кальцефілів. Можна з високою вірогідністю допустити, що зростання впродовж тривалого розвитку дерев вміст кальцію у ґрунті може значно знизитися. Фізіологічні процеси в рослинах за цих умов та на фоні низького рівня важливих мікроелементів уповільнюються. Дерева хворіють та втрачають толерантність до шкідників і збудників захворювань рослин. Відомо (Мусієнко та ін., 2002), що

одним із надбань рослин є виникнення імунітету, ефективність якого залежить від умов зростання рослин, й особливо від їх живлення. Встановлено, що мінеральні добрива та мікроелементи впливають на інтенсивність і напрямок фізіолого-біохімічних процесів у рослинах. А зміна біохімічного складу рослин впливає на поведінку комах і кліщів під час добору рослин для живлення, на виживання, цикл розвитку та їх плодючість.

Наступним аспектом питання ценотичних відносин біологічної системи "фітофаг – кормова рослина" є давно відомий факт, що шкідників приваблюють, в першу чергу, хворі та ослаблені дерева (Падій, 1993). І лише за масового розмноження вони можуть заселяти і здорові рослини та більш стійкі види і форми даної породи.

Беручи до уваги наведене, нашим завданням було вивчити питання впливу мінерального живлення на підвищення фізіологічних процесів рослин та стимуляція їх толерантності до ЕАВ. Дослідження проводили в с. Глибокому (Київська обл.) у 2023 – 2025 рр. Посадки та самосівні дерева ясеня звичайного – *F. excelsior* та пенсільванського – *F. pennsylvanica* віком від 20 до 50-60 років розташовані в декілька локаціях (парк, лісосмуги, окремі посадки) від 5 до 40 дерев у кожній. Для підживлення ясенів брали комерційне універсальне добриво PARTNER № 4 з рівномірним співвідношенням азоту, фосфору, калію та мікроелементів: N – 20%; P – 20%; K – 20%; S – 13,5%; MgO – 2,5%; B – 0,09%; Fe (EDTA) – 0,12%; Zn (EDTA) – 0,06%; Cu (EDTA) – 0,04%; Mo – 0,006%; Mn (EDTA) – 0,06% з додаванням Ca (EDTA) – 15%. Отриману суміш використовували із розрахунку 20–25 г на 10 л води. Рослини обробляли із ручного акумуляторного обприскувача, струмінь води якого сягав 12–14 м (з додаванням 4 метрового подовжувача – до 20 м висоти). Перше підживлення рослин проводили в період закінчення їх квітування, яке спостерігається в середині травня. Друге і третє підживлення проводили через 7–10 днів. Обробку проводили у чотирьох варіантах:

I – добриво PARTNER № 4,

II – добриво PARTNER № 4 + Ca (EDTA) – 15%,

III – добриво PARTNER № 4 + Ca (EDTA) – 15% + вапно,

IV – контроль (вода).

Для обліку отворів виходу шкідників апікальну частину стовбура фотографували смартфоном із високою розділовою здатністю як правило, з південної сторони, найбільш сприятливої зони комфорту ЕАВ. Відразу фото збільшували та розглядали з метою виявлення D-подібних отворів, характерних для пошкодження ЕАВ. Наступні фото робили нижче першого й поступово знижуючись до висоти на якій можна вільно розгледіти стовбур для виявлення пошкоджень.

З отриманих даних впливу комплексу комерційних добрив PARTNER № 4 та з додаванням мікроелементів і кальцію, а також внесення розчину вапна в ґрунт на ступінь пошкодження ЕАВ ясеня звичайного та пенсільванського випливає, що в перший та другий рік ступінь пошкодження рослин у варіантах використання мікроелементів і в контролі достовірно не різнилися. На третій рік кількість D-подібних отворів (частка до контролю) становило у I варіанті 0,49–

0,59 %, у II – 0,64–0,73%, у III варіанті чисельність отворів знижувалась в межах 0,73–0,75%. В той же час, за весь період спостережень в контрольній групі дерев було зафіксовано 174 D-подібних отвори.

Також було помічено, що пофарбовані традиційно вапном стовбури рослин (на висоту в межах 1,0–1,5 м від ґрунту) характеризувалися більш ошатною кроною та достовірно меншою кількістю D-подібних отворів. Тому, в окремому варіанті позакореневого підживлення пристовбурову ділянку ґрунту зволожували 30% розчином вапна (із розрахунку 8–10 л на дерево).

Таким чином, регулярне використання універсального добрива із комплексом мікроелементів та доповненням важливого для даної екологічної групи рослин-кальцефілів хелатної форми кальцію і вапна в ґрунт сприяє індукції стійкості ясенів до ясеневої смарагдової вузькотілої златки.

Список джерел інформації

Мусієнко М.М., Серебряков В.В., Брайон О.В. Екологія. Охорона природи: Словник-довідник. Київ: Т-во «Знання», КОО, 2002. 550 с. С. 207.

Падій М.М. Лісова ентомологія. К. Вид-во УСХА, 1993. – 352 с.

Цибульський О., Бонюк З., Чумак П. Види та сорти ясенів перспективні для озеленення мегаполісів за умов інвазії смарагдової вузькотілої златки (*Agrilus planipennis*: Coleoptera, Buprestidae) в Україні. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*. № 59 (2025): 78–82.

Cappaert D., McCullough D.G., Poland T.M., Siegert N.W. 2005. Emerald ash borer in North America: a research and regulatory challenge. *Am. Entomol*. 51, 3: 152–165.

Kelly LJ, et al. 2020. Convergent molecular evolution among ash species resistant to the emerald ash borer. *Nat. Ecol. Evol.* 4:1116–28.

Ландшафтні комплекси та тематичні експозиції Криворізького ботанічного саду Національної академії наук України

Юлія Юхименко, Людмила Бойко, Олександр Данильчук
Криворізький ботанічний сад НАН України, Кривий Ріг, Україна,
yukhimenkoj@gmail.com

Ботанічні сади відіграють велику роль не лише у створенні колекційних фондів рослин різного географічного походження, а й в формуванні високо естетичного середовища, наділеного цілющими якостями, в основному природного походження. З позиції ландшафтної архітектури науково-практична роль ботанічних садів полягає у пошуку нових рішень в озелененні міст, впровадженні нового асортименту, розробці нових композиційних рішень які випробовуються в експозиціях, а також у розробці нових методів вирощування посадкового матеріалу.

На сьогодні Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України – єдина на Криворіжжі наукова установа, яка забезпечує збереження біологічного різноманіття рослин регіональної та світової флори. В результаті багаторічної інтродукційної роботи створено колекційний фонд деревних, квітниково-декоративних, тропічних та субтропічних рослин, а також рідкісних та зникаючих видів природної флори, який налічує понад 4000 таксонів. Згідно з розпорядженням Кабінету Міністрів України №73 від 11 лютого 2004 р. колекція деревних та чагарникових рослин КБС НАН України отримала державний статус такого, що становить Національне надбання України.

Найбільша площа Саду була відведена під дендрарій – 22 га. Територія дендрарію розбита на 30 кварталів, з яких на 18 розташовані експозиції представників основних родин і родів деревних рослин. Головна частина колекційного фонду дерев та кущів була розташована в експозиціях дендрарію. В основу розміщення видів в експозиціях покладено систематичний принцип, тобто за родинами та родами на одній ділянці (кварталі), а в кварталах – переважно групами або масивами, рідко – поодиноко. Були створені моносади, в яких представлений декоративний сортовий матеріал, а саме – сирінгарій, розарій, а також сади магнолій, таволг, жасминів садових, півоній, сакур, ломиносів, гібісків, яблунь.

На основі колекційних насаджень Криворізького ботанічного саду створені ландшафтні та тематичні експозиції, в багатьох з яких використані різні архітектурні елементі, метою яких є організація просторового середовища за допомогою природного та штучного матеріалів, які приводять до гармонії пластичні особливості рельєфу. Такими об’єктами є «Кам’яна гірка», «Розарій», «Гірка при каскаді», «Гравійний сад», «Коніферетум», «Алея закоханих» ділянка з ароматичними рослинами «Як пахне спокій», поліхромні дендрокомпозиції, та ін.

Ландшафтний комплекс «Кам’яна гірка» був створений на початку будівництва саду впродовж 1980–1986 рр. і розташований в центральному кварталі дендрарію. На штучно створеному пагорбі висотою близько 5 м були викладені каміння граніту, серед яких живописно розташували рослини.

Загальна площа гірки становить близько 500 м^2 і більшу її частини вкривають куртини *Juniperus sabina* L. та його культивару ‘Tamaricifolia’. Серед деревних рослин були також висаджені *Cotoneaster horizontalis* Decne., *C. roborowskii* Pojark., *C. latifolius* J.Fryer & B.Hylmö, *C. saxatilis* Pojark., *Syringa persica* L. У підніжжя гірки розташовані локації квітково-декоративних рослин з таких родів як лілійник, сантоліна, півники, лаванда, півонія та ін. У 2019 році на верхньому майданчику комплексу встановлена декоративна альтанка, а вздовж схилів металеві поручні. Така споруда призначена для відпочинку, святкування урочистостей, весільних заходів, адже альтанка разом з ажурною металевою аркою в експозиції хвойних рослин входить до проекту «Алея закоханих».

Впродовж 2006–2008 рр. був створений ландшафтний комплекс «Розарій» з мережею пішохідних доріжок у вигляді кола та променів. На площі 500 м ^{2} було висаджено 40 сортів троянд, які належать до 11 садових груп. Поряд з куртинами троянд розташували хвойні рослини з родин Cupressaceae та Pinaceae, а саме культивари *Juniperus horizontalis* Moench (‘Icee Blue’, ‘Blue Moon’, ‘Blue Chip’), *Juniperus sabina* L. та його культивари (‘Variegata’ та ‘Tamaricifolia’), *Juniperus scopulorum* Sarg. ‘Blue Arrow’, *Juniperus squamata* Buch.-Ham. ex D.Don ‘Blue Carpet’, *Thuja occidentalis* L. (‘Columna’, ‘Ericoides’, ‘Globosa’, ‘Lutesccens’), *Thuja plicata* Donn ex D.Don, культивари *Picea abies* (L.) H.Karst. (‘Nidiformis’ та ‘Ohlendorffii’), *Picea pungens* Engelm.

У 2008 році біля центрального входу була створена експозиція «Гірка при каскаді», яка являє разом з басейном та гравійним садом єдиний ансамбль. Висота цієї локації близько 4 м, на вершину якої ведуть сходи. Каркас комплексу утворює гранітне каміння, серед якого висаджені культивари *Juniperus communis* L., *Juniperus squamata* Gordon, *Juniperus virginiana* L., *Juniperus×pfitzeriana* (Späth) P. A. Schmidt, *Thuja occidentalis* L., *Taxus baccata* L. та ін. Головним акцентом експозиції є один екземпляр *Cupressus nootkatensis* D.Don ‘Glauca Pendula’, висаджений на вершині гірки. Серед листяних порід в оформленні цього ландшафтного комплексу були використані представники родів *Berberis* L., *Cotoneaster* Medik, *Cotinus* Mill., *Euonymus* L., *Pyracantha* Roem., *Spiraea* L. та ін.

З серпня по грудень 2014 року у кварталі № 6 серед колекційних насаджень родини *Pinaceae* Lindl. виконаний проект «Коніферетум – як елемент оздоровлення жителів міста та оптимізації навколишнього середовища» з метою створення на базі Криворізького ботанічного саду НАН України центру садової терапії. На ньому впроваджені останні світові стандарти в області ландшафтного будівництва із залученням хвойних рослин світової флори з високими фітонцидними і декоративними якостями. В рамках проекту висаджено 27 видів та культиварів хвойних рослин із 3 родин і 5 родів загальною кількістю 55 екземплярів. Поміж них новими для колекційного фонду хвойних рослин є *Picea omorika* (Pančić) Purk. ‘Pendula Bruns’, *P. pungens* Engelm. ‘Hoopsii’, *P. densiflora* Siebold & Zucc. ‘Oculus Draconis’, *P. strobus* Thunb. ‘Pendula’, *P. sylvestris* Thunb. ‘Fastigiata’, *P. mugo* Turra **‘Mumpitz’,** *P. parviflora* Siebold & Zucc. ‘Negishi’ та ‘Tempelhof’, *P. koraiensis* Siebold & Zucc. ‘Silveray’, *P. leucodermis* Antoine, *P.* × *schwerinii* Fitschen, *Taxus* × *media* (L.) Reiche, *T. baccata* Thunb. ‘Schwarzgrum’, *T.*

cuspidata Siebold et Zucc. У 2017 році до проекту були додані експозиції *Berberis* verruculosa Hemsl. & E.H.Wilson та культиварів *Berberis* × *media* Groot. et Boom та *Berberis thunbergii* DC.

У 2024 році на території експозиції «Коніферетум» як додатковий елемент гарденотерапії був створений куточок під назвою «Ти знаєш як пахне спокій?» з використанням трав'янистих ароматичних рослини. Передбачалося, що таке поєднання хвойних рослин з лавандою, м'ятою, мелісою, сантоліною, чебрецем та полином посилить ефект насичення повітря леткими речовинами і урізноманітнить вплив на сенсорне сприйняття людини. Висаджені на ділянці серед хвойних рослин 6 видів та 2 сорти ароматичних рослин, а саме *Artemisia vulgaris* L. 'Oriental Limelight', *Lavanda officinalis* Chaix, *Mentha* × *piperita* 'Chocolate', *Nepeta mussinii* Spreng., *Santolina rosmarinifolia* L., S. *virens* Mill., *S. chamaecyparissus* L., *Thymus vulgaris* L. є лікарськими рослинами. Всі частини цих рослин містять ефірні олії, що чинять заспокійливу дію, виявляють на організм людини тонізуючі, бактерицидні властивості та сприяють зміцненню імунної системи. Сировина рослин використовується у фітотерапії при депресії, порушеннях сну, тривожних станах, для нормалізації мозкового кровообігу, при лікуванні серцево-судинних захворювань і дихальних шляхів. Такий метод гарденотерапії є особливо актуальним у теперішній час, коли багато людей травмовані психологічно та фізично внаслідок військових подій в Україні. Таким людям потрібен процес реабілітації та відтворення здатності до повноцінного життя, що значною мірою можна вирішити за допомогою систематичного перебування в гармонійному просторі, де поєднані елементи природи та творчі задумки садівників, психологів, дизайнерів.

Впродовж 2014 року на основі насаджень кварталу №13 був втілений проект «Сад безперервного квітування екзотичних рослин світу, як ефективної форми екологічної освіти, оздоровлення і облаштування комфортних умов для відпочинку жителів міста». В рамках цих робіт було проведено удосконалення експозицій, де в єдиному композиційному ансамблі поєднали хвойні, красивоквітучі деревні, чагарникові та квітниково-декоративні рослини світової флори різного ботаніко-географічного походження. До різних експозиційних куточків проекту висаджено 11 сортів тюльпану, понад 10 сортів півонії, 42 види та культивари деревних рослин з відділів Magnoliophyta та Pinophyta. Всього до проекту було висаджено невеликими групами або поодиноко 179 екземплярів деревних рослини, які презентують високодекоративні морфологічні властивості вегетативних та генеративних органів із різноманітним забарвленням. Рослини з золотистим та сріблястим забарвленням листя (*Symphoricarpus chenaultii* Rehder 'Brain de Soleil', *Euonymus fortunei* (Turcz.) Hand.-Mazz. 'Emerald Gaiety', *Caryopteris incana* (Thunb.) Miq., *Cornus alba* L. *'Argenteomarginata'*) висаджені поруч з пурпуроволистими видами та культиварами (*Malus*×*purpurea* (A. Barbier) Rehder, *Weigela florida* (Bunge) A. DC 'Purpurea 'Nana', *Berberis vulgaris* L. 'Atropurpurea', *B. thunbergii* DC 'Red Rocket'). Такі рослини, як *Cornus alba* L. '*Sibirica', C. sericea* L. додають пейзажам проекту пурпурових відтінків завдяки пагонам, а *Prunus serrulata* Lindl. 'Kansan', *Weigela florida* (Bunge) A.DC. 'Red Prinse' та 'Bristol Rubin', *Viburnum fragrans* Bunge – рожевих відтінків

завдяки суцвіттям. Вказані рослини поєднані в єдину кольорову гамму, з якою контрастують блакитно-сріблясті відтінки крон *Jniperus scopulorum* Sarg. ‘Blue Arrow’ та ***Jniperus horisontalis*** **Moench.** ‘Blue Chip’. На вільних від рослин ділянках проекту був створений газон, встановлені лави для відпочинку, пішохідні оглядові доріжки з використанням тротуарної плитки, інформаційні таблички назв рослин тощо.

Навесні 2019 року була створена нова експозиція з двох частин у стилі гравійного саду біля Центрального входу (квартал № 1), де були висаджені наступні культивари *Pinus mugo* з компактною кроною – ‘Carstens’, ‘Sherwood Compact’, ‘Humpy’. Ґрунт цієї ділянки площею 20 м^2 замульчований мармуровою крихтою чотирьох кольорів, яка дуже ефектно контрастує із забарвленням крони рослин. Також до композиції були висаджені карликові культивари *Berberis thunbergii* з подушкоподібною формою крони: ‘Bagatelle’ – з багряно-червоним листям з мідним відливом, *Berberis thunbergii* ‘Tiny Gold’ – з золотисто-жовтим листям, яке восени стає помаранчево-червоним.

Біля адмінбудівлі (квартал № 14) впродовж 2015–2017 рр. була створена поліхромна мікроландшафтна композиція за рахунок поєднання яскравих культиварів барбарису, хвойних рослин, лаванди, чаберу, цибулинних рослин, які розташовані серед декоративного каміння природного походження. До проекту були залучені такі деревні рослини, як *Abies concolor*, *Picea abies* ‘Acrocona’, *Pinus mugo* ‘Varella’, *Pinus mugo* ‘Sherwood Compact’, *Platycladus orientalis* (L.) Franco 'Compacta’. Вони додали зеленої та сизо-блакитної гами кольорів до рослин барбарису із різноманітними відтінками забарвлення крони (зеленими, жовтими, червоними, рожевими, бронзовими, пурпуровими). Для оформлення такого яскравого куточка були використані наступні культивари *Berberis thunbergii* – ‘Bagatelle’, ‘Golden Torch’, ‘Greene Ornament’, ‘Maria’, ‘Pink Queen’, ‘Red Rocket’, ‘Red Chief’, ‘Tiny Gold’.

Отже, реалізація виконаних проектів на території Криворізького ботанічного саду НАН України вирішує як наукові, навчальні, культурно-просвітницькі, так і оздоровчі завдання комфортного проживання в екологічно чистому середовищі і активного сімейного відпочинку широких верств населення міста. Нові експозиції повною мірою відповідають функціональним, екологічним і естетичним завданням створення повноцінного зовнішнього середовища в умовах мегаполісу.

Вплив технології STEM-освіти на мотивацію учнів на уроках біології

Якоб Елеонора Адальбертівна – Доровці Камілла Дезидерівна
Закарпатський угорський університет ім. Ференца Ракоці II, Кафедра біології та хімії

ВСТУП

Сучасна освіта стикається з проблемою недостатньої мотивації учнів, які часто не усвідомлюють практичного призначення знань. Концепція Нової української школи (НУШ) та технологія STEAM пропонують ефективні шляхи вирішення проблеми через навчання, на основі діяльність та міждисциплінарний підхід. STEAM-освіта гармонійно поєднує природничо-математичні та гуманітарні науки, що сприяє розвитку творчого мислення та самореалізації особистості [10]. Метою статті є з'ясувати ролі STEAM-технології у формуванні мотивації до вивчення біології в закладах загальної та середньої освіти.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. В останні роки, опубліковано низку праць, присвячених упровадженню STEAM-технологій у навчальний процес, зокрема у викладання біології. Висвітленню данної теми присвячені, наприклад, роботи Балик Н., Васильчук І., Лопух Л., Поліщук Н., Савицька І., Міськів О. та інших.

Виклад основного матеріалу дослідження

- **Мотивація:** внутрішній або зовнішній стимули, що зумовлює цілеспрямованість дій особи [8]. Для представників «покоління Z» критично важливими є практична значущість навчального матеріалу та наявність цифрового освітнього досвіду.
- **STEAM-технологія:** система, що базується на трансдисциплінарному підході та інженерному методі вирішення проблем. Вона забезпечує учням створення прототипів реальних явищ, що сприяє розвитку критичого мислення та впевненості у власних силах [5].

Апробація методики проводилась у 2024/2025 навчальному році на базі п'яти класів (7-х та 8-х) Берегівського ліцею ім. Ф. Потушняка (загалом 120 учнів). У межах дослідження було розроблено три авторські STEAM-уроки:

1. **«Будова клітини» (7 клас):** Створення 3D-моделей з підручних матеріалів та виконання математичних розрахунків співвідношення площі поверхні до об'єму з метою пояснення ефективності обміну речовин клітин.
2. **«Покриви тіла тварин» (7 клас):** Використання платформи *Time.Graphics* для вивчення еволюції, дослідження біомімікрії в інженерії та розв'язання задач на аеродинамічний опір крила птаха [2].
3. **«Типи тканин людини» (8 клас):** 3D-моделювання у програмах *Tinkercad* або *Scratch*, створення моделей з інженерних елементів (дроти, пружини) та побудова секторних діаграм складу тканин в органах [14].

За результатами опитування та спостереження було виділено три групи факторів впливу: [3]

- **Мотиваційно-емоційний:** 73,1% учнів висловили захоплення уроком.
- **Когнітивно-діяльнісний:** 78,8% зазначили покращення розуміння теми.

- **Творчо-соціальний:** 76,1% позитивно оцінили виконання творчих завдань.

Кластеризація учнів:

Кластер	Характеристика	Частка
Мотивовані	Активно залучаються, легко виконують запропоновані завдання.	35–40%
Потенційно залучені	Раніше демонстрували нейтральне ставлення до навчання, але використання методу STEAM освіти сприяло зростанню їхнього інтересу.	45–50%
Резистентні	Відчували труднощі або виявили байдужість.	10–15%

SWOT-аналіз впровадження:

- **Сильні сторони:** Високий рівень емоційного залучення та ефективне засвоєння складних тем.
- **Слабкі сторони:** Складність математичних розрахунків наприкінці уроку внаслідок втоми; потреба у додатковому часі на підготовку та організацію занять.
- **Загрози:** Ризик формального виконання завдань без належного рівня аналізу й осмислення матеріалу.

Узагальнення

Впровадження STEAM-технологій суттєво підвищує мотивацію учнів до вивчення біології. Найбільш перспективною виявилася група «потенційно залучених» учнів, для яких інтерактивний формат навчання став ключовим мотиваційним стимулом. З метою підвищення ефективності STEAM уроків доцільно гармонійно поєднувати креативні завдання з чіткими інструкціями та адаптувати складність математичних розрахунків до вікових можливостей учнів. Перспективи досліджень вбачаємо у широкому впровадженні STEAM-технологій для прояви творчості, креавивності та активності учнів при навчанні біології.

Список джерел

1. Балик Н. Р., Шмигер Г. П. (2017): Підходи та особливості сучасної STEM-освіти / Н.Р. *Фізико-математична освіта,* 2 (12) с. 26–30
2. Василашко І. П., Горбенко С. Л., Лозова О. В., Патрикеєва О. О. (2017): Методичні рекомендації щодо впровадження STEM-освіти у загальноосвітніх та позашкільних навчальних закладах України на 2017–2018 навчальний рік. *Методист*, №8, 38–43 с.
3. Климчук В. О. (2006): Методи аналізу даних у психології та педагогіці. – Київ: Академвидав, 256 с.
4. Лопух Л. Л. (2024): Впровадження елементів STEM-освіти на уроках біології в закладах середньої освіти: методична розробка. – Київ: НВК №209 «Сузір'я» 10 с.
5. Міських О. В., Юсипіва Т. І. (2022): STEM-уроки як інноваційна технологія навчання біології у 6-му класі. – КЗО «Ліцей № 21» Кам'янської міської ради;

Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара. – Кам'янське – Дніпро, №4 (87), с. 11– IV квартал
6. Поліщук Н. А., Камінська В. В. (2021): STEM-освіта: науково-теоретичні аспекти, досвід впровадження, перспективи розвитку: матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (21 квітня 2021 р., м. Луцьк). – Луцьк: Волинський ІППОб, 13 с.
7. Савицька І. М. (2024): Впровадження STEM-освіти на уроках біології. – Глухів: КЗ СОР – Глухівський ліцей-інтернат з посиленою військово-фізичною підготовкою 7 с.
8. Савченко О. Я. (2012): Педагогіка: навчальний посібник для студентів педагогічних факультетів. – Київ: Генеза, 472 с.
9. Сліпчук І. (2012): Особливості використання інформаційних технологій у шкільному курсі біології. *Біологія*, №23. 7 с.
10. Соболь В. І. (2023): Біологія. 7–9 класи: модельна навчальна програма для закладів загальної середньої освіти. Рекомендовано МОН України (наказ МОН від 24.07.2023 №883). – Київ: МОН України, 48 с.
11. Чурута Л. В. (2012): Значення інтеграції біології з іншими науками *Інтеграція знань з предметів природничо-математичного циклу: проблеми та шляхи їх вирішення*: збірник матеріалів інтернет-семінару. – Черкаси, с. 5–10
12. Großmann, N., Hofferber, N., Wilde, M., & Basten, M. (2023): Students' motivation in biology lessons—can student autonomy reduce the gender gap? *European Journal of Psychology of Education*, 38(1), p.409–434
13. Federal Ministry of Education and Research (BMBF). (2021). Report on Vocational Education and Training 2021 [Електронний ресурс].
14. Tinkercad – онлайн-сервіс для 3D-моделювання та електроніки. – Режим доступу: https://www.tinkercad.com/

ABOUT THE JOURNAL "BIOTA. HUMAN. TECHNOLOGY"

The natural environment is created and maintained by living organisms, the totality of which is biota. The study of the diversity of living, which began since the day of Hippocrates, Aristotle, and Theophrastus, has not lost its relevance in the modern scientific world. In the 21st century, the search for scientists in quite diverse – from inventory species diversity of ecosystems to the study of adaptation mechanisms of organisms and biota metagenomic studies. The biota, for which there are no administrative boundaries, compensates for any environmental disturbances that do not exceed the threshold of destruction of the biota itself. This implies the need for international cooperation in various fields of living research. International scientific journal Biota. Human. Technology brings together scientists who study various aspects of the biotic potential of the environment and its conservation. The editorial board of the journal includes scientists from different countries who carry out scientific research in various fields of Biology, Ecology, Health, Food and Chemical Technologies.

We expect from our potential authors original articles dedicated to the results of diverse studies of living matter at different levels of the organization – from molecular to biosphere. We look forward to articles on the problems of the functioning of biological systems (including the human body), biodiversity protection of the environment, as well as healthy human nutrition and technological processes. The BHT Journal pages always have a place to cover the results of scientific discussions which were made by researchers from all the world.

The journal "Biota. Human. Technology" is included in the List of specialized scientific publications of Ukraine (category "B") in biological and technical sciences, in specialties 091 (Biology and biochemistry), 101 (Ecology) and 161 (Chemical technologies and engineering) (the order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 220 of February 21, 2024).

Materials submitted to the conference can be printed in an international scientific journal "Biota. Human. Technology":
https://journal.chnpu.edu.ua/index.php/biota

УДК 502.1(063)(048.4)
Б 63

Біогеосфера і соціум. Наукове видання (Збірник тез доповідей) Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II / Редактори: Ержебет Когут, Степан Коложварі, Олександр Лукаш та Аніта Сікура. Берегове: Університет Ракоці, 2026. – 526 с. (українською, угорською, польською та англійською мовами)

ISBN 978-617-8143-61-9 (PDF)

Збірник містить тези доповідей міжнародної науково-практичної конференції *Біогеосфера і соціум*, яка відбулася 25–27 березня 2026 року в м. Берегове. Організатори конференції – Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II (Кафедра біології та хімії, Науково-дослідний центр ім. Фодор Іштвана), Поморський університет у Слупську, Національний університет «Чернігівський колегіум» імені Т. Г. Шевченка.

Наукове видання

БІОГЕОСФЕРА І СОЦІУМ

Міжнародна наукова конференція
Берегове, 25–27 березня 2026 року

Збірник тез доповідей

2026 р.

Рекомендовано до видання в електронній формі (PDF) рішенням
Вченої ради Закарпатського угорського університету імені Ференца Ракоці II
(протокол №3 від «23» березня 2026 року)

Підготовлено до видання Видавничим відділом Університету Ракоці спільно
з Науково-дослідним центром ім. Фодор Іштвана і кафедрою біології та хімії

За редакцією:
Ержебет Когут, Степан Коложварі, Олександр Лукаш та Аніта Сікура

Технічне редагування та верстка: *Олександр Добош, Степан Коложварі та Анастасія Сенько*
Коректура: *авторська*
Дизайн обкладинки: *Степан Коложварі та Вівієн Товт*
УДК: *Бібліотека ім. Опаці Чере Яноша Університету Ракоці*

Відповідальний за випуск:
Олександр Добош (начальник Видавничого відділу Університету Ракоці)

Матеріали наукового видання рецензовані Науковою радою
міжнародної наукової конференції.

Відповідальність за зміст і достовірність публікацій покладається
на авторів тез доповідей. Точки зору авторів публікацій можуть
не співпадати з точкою зору редакторів.

Проведення конференції та видання збірника тез доповідей в електронній формі (PDF) здійснено за підтримки уряду Угорщини та Академії наук Угорщини.

Видавництво: Закарпатський угорський університет імені Ференца Ракоці II
(адреса: пл. Кошута 6, м. Берегове, 90202. Електронна пошта: egyetem@kme.org.ua; office@kme.org.ua) *Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції Серія ДК 8485 від 23 жовтня 2025 року.*

Шрифт «Times New Roman».
Розмір сторінок наукового видання: А4 (210х297 мм).
Обсяг в авторських аркушах 31,01 (1 271 027 знаків із пробілами)


ISBN 978-617-8143-61-9