

ISSN 2410-0943

Міністерство освіти і науки України  
Запорізький національний університет

Засновано у 1998 р.  
Зареєстровано з новою назвою у 2021 р.

Свідоцтво про державну реєстрацію  
друкованого засобу масової інформації  
Серія КВ № 24765-14705Р від 25.03.2021 р.

# Acta Biologica Ukrainica

**Адреса редакції:**

вул. Жуковського 66, корп. 1, ауд. 216,  
м. Запоріжжя, Україна, 69060

**Телефон**

для довідок:  
+38 066 53 57 687

**№ 1, 2024**



Видавничий дім  
«Гельветика»  
2024

На підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 886 від 02.07.2020 р. (додаток 4) журнал включено до Переліку наукових фахових видань України категорії «Б» у галузі біологічних наук (091 – Біологія, 101 – Екологія).

До 25 березня 2021 р. журнал виходив під назвою «Вісник Запорізького національного університету. Біологічні науки».

У зв'язку зі зміною назви журналу було внесено відповідні зміни до Переліку наукових фахових видань України на підставі Наказу Міністерства освіти і науки України № 735 від 29.06.2021 р. (додаток 3).

Журнал індексується в міжнародній наукометричній базі даних Index Copernicus.

### **РЕДАКЦІЙНА РАДА:**

#### **Головний редактор**

Сарабеев В.Л. – кандидат біологічних наук, доцент, доктор габілітований (Франція), Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)

#### **Заступники головного редактора, відповідальні за наукові напрями:**

- Амінов Р.Ф. – кандидат біологічних наук, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Бражко О.А. – доктор біологічних наук, професор, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Дворщенко К.О. – доктор біологічних наук, старший науковий співробітник Київського національного університету ім. Т. Шевченка (Київ, Україна)  
Домбровський К.О. – кандидат біологічних наук, доцент, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Кружиліна С.В. – кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту рибного господарства НААН України (Київ, Україна)  
Лях В.О. – доктор біологічних наук, професор, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Межжерін С.В. – доктор біологічних наук, професор Інституту зоології ім. І. І. Шмальгаузена НАНУ (Київ, Україна)  
Христенко Д.С. – кандидат біологічних наук, доцент Національного університету біоресурсів та природо-користування України (Київ, Україна)  
Фролов О.К. – доктор медичних наук, професор, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)

#### **Члени редакційної колегії журналу:**

- Корнет М.М. – кандидат біологічних наук, доцент, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Швец В.М. – доктор біологічних наук, доцент, Запорізький державний медичний університет (Запоріжжя, Україна)  
Омельянчик Л.О. – доктор фармацевтичних наук, професор, Запорізький національний університет (Запоріжжя, Україна)  
Попеску К.Г. – доктор філософських наук, доцент, Університет Питешті (Питешті, Румунія)  
Бальбуена Х. А. – доктор філософії Інституту біорізноманіття та еволюційної біології ім. Каванійес Університету Валенсії (Валенсія, Іспанія)  
Рубцова Н.Ю. – кандидат біологічних наук, доцент, Інститут паразитарних захворювань, Центр паразитології, Інс (РСІ) (Скоттсдейл, США)

#### **Відповідальний**

#### **редактор:**

Задорожня В. Ю. – канд. біол. наук, Запорізький національний університет (Україна)

## ЗМІСТ

МІНЛИВІСТЬ МОРФОЛОГІЧНИХ ОЗНАК ВЕГЕТАТИВНИХ ОРГАНІВ ВИДІВ РОДІВ <i>FESTUCA L.</i> , <i>MISCANTHUS ANDERSS.</i> ПРИ ІНТРОДУКЦІЇ В СТЕПОВУ ЗОНУ УКРАЇНИ.....	5
<b>Зубровська О. М.</b>	
HERBACEOUS PLANTS AS HEAVY METALS ACCUMULATORS IN CONDITIONS OF ASH AND SLAG DUMPS.....	13
<b>Semak U. Y., Mylenka M. M.</b>	
ЕФЕМЕРОФІТ <i>PETUNIA ×ATKINSIANA</i> (SWEET) D. DON EX W.H. BAXTER (SOLANACEAE) В УКРАЇНІ.....	21
<b>Ольшанський І. Г.</b>	
АКУСТИЧНИЙ МОНИТОРИНГ ПТАХІВ НА ВЕСНЯНІЙ МІГРАЦІЇ У БУКОВИНСЬКИХ КАРПАТАХ: ЕФЕКТИВНІСТЬ РОЗШИФРУВАННЯ ПТАШИНИХ СПІВІВ ІНСТРУМЕНТАРІЄМ.....	30
<b>Юзик Д. І., Юзик А. В.</b>	

## CONTENTS

MORPHOLOGICAL FEATURES OF THE VARIABILITY OF VEGETATIVE ORGANS OF SPECIES OF THE GENERA <i>FESTUCA</i> L., <i>MISCANTHUS</i> ANDERSS. INTRODUCED INTO THE STEPPE ZONE OF UKRAINE.....	5
<b>Zubrovska O. M.</b>	
HERBACEOUS PLANTS AS HEAVY METALS ACCUMULATORS IN CONDITIONS OF ASH AND SLAG DUMPS.....	13
<b>Semak U. Y., Mylenka M. M.</b>	
EPHEMEROPHYTE <i>PETUNIA</i> × <i>ATKINSIANA</i> (SWEET) D. DON EX W.H. BAXTER (SOLANACEAE) IN UKRAINE.....	21
<b>Olshanskyi I. G.</b>	
ACOUSTIC MONITORING OF BIRDS DURING SPRING MIGRATION IN BUKOVINIAN CARPATHIANS: EFFECTIVENESS OF BIRDSONG DECODING TOOLS.....	30
<b>Yuzyk D. I., Yuzyk A. V.</b>	

УДК 581.4:582.542.1(477.63)  
DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2024-1-01>

## Мінливість морфологічних ознак вегетативних органів видів родів *Festuca L.*, *Miscanthus Anderss.* при інтродукції в степову зону України

Зубровська О. М.

Криворізький ботанічний сад Національної академії наук України  
[zubrovska@ukr.net](mailto:zubrovska@ukr.net)

**Ключові слова:** *Poaceae*  
*Barnhart*, фенологія,  
морфологія листка, сезонний  
розвиток.

В умовах постійних кліматичних аномалій та швидких змін навколишнього середовища необхідна розробка заходів із упередження й нівелювання близьких і віддалених їх наслідків для біорізноманіття. Це викликає необхідність вивчення перебудов різного рівня розвитку в аборигенних та інтродукованих трав'янистих багаторічників, які зростають в колекціях ботанічних садів. У статті наведено еколого-біологічні особливості розвитку видів родин *Poaceae* *Barnhart* та мінливість морфологічних ознак їх асиміляційних органів в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (степова зона України). Встановлено, що *Festuca cinerea* і *Miscanthus sinensis*, які зростають на території саду значний час, добре пристосовуються до ґрунтово-кліматичних умов району інтродукції, проходять повний цикл розвитку і відзначаються високою декоративністю. Міскантус характеризувався середнім весняним відростанням і розтягнутими фенофазами, тоді як костриця – раннім весняним відростанням зі швидкими темпами розвитку. За життєвою формою обидва види щільнокущові трав'янисті полікарпіки, гемікриптофіти. Доведено, що рослини *F. cinerea* за останні 15 років достовірно не змінили ритми розвитку, хоча цвісти починали на 15 діб раніше, ніж в природних ареалах України. У *M. sinensis* на 35–40 діб збільшився вегетаційний період (за рахунок відносно теплої осені та зими). Порівняно з показниками природних місцезростань в умовах інтродукції рослини *M. sinensis* формували в 1,5–1,7 раза коротші пагони, тоді як ростові параметри *F. cinerea* залишалися незмінними. З'ясовано, що довготривала посуха у серпні-вересні 2023 р. впливала на скорочення загальної площі листка на 11% у *M. sinensis* та 16% у *F. cinerea* внаслідок зменшення його ширини. Очевидно, більш значні зміни в морфології листка *F. cinerea* свідчать про здатність виду краще пристосовуватися до зміни сезонних кліматичних умов через прояв ксероморфних ознак.

**Ключові слова:** *Poaceae* *Barnhart*, фенологія, морфологія листка, сезонний розвиток.

## Morphological features of the variability of vegetative organs of species of the genera *Festuca* L., *Miscanthus* Anderss. introduced into the steppe zone of Ukraine

Zubrovskaya O. M.

Kyryvi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine

zubrovskaya@ukr.net

**Key words:** *Poaceae* Barnhart, phenology, leaf morphology, seasonal development.

Given the ongoing climate anomalies and rapid environmental changes, it becomes crucial to develop strategies aimed at averting and mitigating their immediate and long-term impacts on biodiversity. This highlights the need to investigate the rearrangements occurring across diverse developmental stages among native and introduced herbaceous perennials cultivated within botanical garden collections. The article presents the ecological and biological peculiarities of the development of species of the family *Poaceae* Barnhart and the morphological features of the variability of their assimilation organs in the conditions of the Kyryvi Rih Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine (steppe zone of Ukraine). *F. cinerea* and *M. sinensis* grow in the garden for a long time. It has been established that they adapt well to the soil and climatic conditions of introduction, go through a full cycle of development and are characterized by high decorativeness. *M. sinensis* had an average spring regrowth and extended phenophases. *F. cinerea* had an early spring regrowth and a rapid development rate. It has been proven that *F. cinerea* plants have not reliably changed their development rhythms over the past 15 years, although they began to bloom 15 days earlier than in the natural habitats of Ukraine. Whereas the vegetation period in *M. sinensis* increased by 35-40 days. Under the conditions of introduction, *M. sinensis* plants formed 1.5-1.7 times shorter shoots compared to natural habitats, while the growth parameters of *F. cinerea* remained unchanged. Prolonged drought in August-September 2023 affected the reduction of the total leaf area by 11% in *M. sinensis* and 16% in *F. cinerea* due to a reduction in its width. Obviously, notable changes in the morphology of the leaf of *F. cinerea* indicate the ability of the species to better adapt to seasonal climatic conditions at the expense of the manifestation of xeromorphic features.

**Key words:** *Poaceae* Barnhart, phenology, leaf morphology, seasonal development.

### Вступ

Загрози, пов'язані зі змінами клімату, погіршенням екологічної ситуації і зменшенням біорізноманіття в останні роки перейшли до розряду глобальних та визначають екологічну безпеку навколишнього середовища<sup>1,2</sup>. Динаміка кліматичних змін в Україні значною мірою повторює таку на глобальному рівні, а їх істотніший прояв фіксується у степовій зоні, яка займає 40% площі країни і є найбільш антропогенно трансформованою<sup>3</sup>. За умов швидких змін клімату, постійних кліматичних аномалій, їх тривалості і сили впливу на довкілля відбуваються фенотипічні зміни морфологічної будови органів рослин, їх анатомічної структури та окремих фізіологічних процесів<sup>1,4</sup>. Характер таких перебудов, особливо у рослин, які здатні переносити довготривалі посухи, поки що мало досліджений на деградованих і техногенно змінених територіях Право-

бережного Степу України, хоча актуальність їх вивчення, у якості механізмів адаптації інтродуцентів до різних умов вирощування, підкреслюється у статті 12 Конвенції з біорізноманіття<sup>5</sup>. Різнібічне дослідження біології рослин на регіональному рівні дозволить розробити шляхи підвищення рівня життєвості рослин та прогнозувати розширення фіторізноманіття за рахунок нових швидкозростаючих, декоративних, толерантних до абіотичних чинників видів і культурварів. За даними дослідження стану квітничково-декоративних насаджень м. Кривий Ріг<sup>6</sup>, існує низка негативних моментів щодо їх формування і ефективного використання. Покращити стан таких насаджень, на нашу думку, можна саме за рахунок представників родини *Poaceae* Barnhart, які володіють високою екологічною пластичністю і підвищеною стійкістю до посушливих умов зростання.

Загальновідомо, що ріст листків досить повно характеризує поведінку багаторічних рослин у певному середовищі і відображає функціонування системи рослинного організму в цілому, а не його окремих підсистем, та дозволяє визначити пов'язаність розвитку рослини з умовами зростання<sup>7</sup>. Оскільки площа листка, їх розміри у комплексі з розвитком надземних вегетативних і генеративних органів наглядно характеризує стан рослини за стресової дії багатьох чинників їх детальне вивчення дозволить нам поглибити уявлення про адаптаційні реакції рослин-інтродуцентів. Саме тому **метою роботи** було дослідити еколого-біологічні особливості сезонного розвитку видів родини Poaceae та мінливість морфологічних ознак їх асиміляційних органів в умовах Криворізького ботанічного саду НАН України (Правобережний Степ України).

### Матеріали та методи досліджень

Об'єктами дослідження виступали *Miscanthus sinensis* Anderss. і *Festuca cinerea* Vill, які проходять інтродукційні дослідження у Криворізькому ботанічному саду НАН України (КБС) понад 15 років (2004–2023 рр.). Еколого-біологічні показники рослин і терміни проходження фенологічних фаз росту та розвитку визначали загальноприйнятими методами<sup>8</sup>. Фіксували фази початку весняного відростання, цвітіння, початку плодоношення, закінчення вегетації. Життєві форми описували за К. Раункієром<sup>9</sup>.

Для аналізу кількісних змін у обох досліджуваних видів відбиралися листки з середньої частини однорічного пагона у три етапи: III декада травня (25.05.2023 р.), III декада липня (25.07.2023 р.) і III декада вересня (25.09.2023 р.). Морфологічні показники надземних пагонів описували за С.М. Зиман зі співавторами<sup>10</sup>. А площу листової поверхні злаків визначали розрахунковим методом<sup>11,12</sup>, за формулою:

$$S = k \cdot L \cdot B,$$

де  $k$  – перевідний коефіцієнт (0,686 для міскантусу китайського і 0,798 для костриці);  $L$  та  $B$  – довжина та ширина листка, см. Коефіцієнт видовженості листка визначали як відношення довжини листової пластинки до її ширини<sup>13</sup>.

Статистичну обробку даних і ступінь залежності досліджуваних параметрів (кореляцію) проводили методами параметричної варіаційної статистики на 95% рівні значущості ( $P \leq 0,05$ ) за О.О. Єгоршиним<sup>14</sup>, використовуючи пакет програм Microsoft Office Excel.

### Результати

Кривий Ріг – одне з найбільших промислових міст України, розташоване у степовій зоні. Антропогенні ландшафти міста мають збіднений біотичний компонент, застарілий у сенсі сучасного

озеленення, а рослини в штучних фітоценозах пригнічені і не виявляють в повній мірі властивих їм декоративних якостей<sup>6</sup>. Природно-кліматичні умови характеризуються нестачею вологи у повітрі і ґрунті, аномально високими літніми (до +38°C) й осінніми (до +29°C у вересні) температурами та нестійким сніговим покривом взимку. Влітку часто спостерігаються суховії, а взимку – відлиги, іноді з підвищенням температури у січні-лютому до +5,5°C – +15,2°C (у 2020–2023 рр.). За останні 30 років на Криворіжжі середньорічна температура повітря підвищилася на понад 2,5°C і складає +8,7 – +11,5°C (у 2003–2023 рр.). Сума активних температур (вище за +10°C) у середньому становить 3100°C. Річна сума опадів у 2003–2023 роках коливалася в межах 200–560 мм<sup>15,16</sup>.

Злакові (Poaceae), або токоногові – одна з найбільших родин покритонасінних рослин, що складається з близько 12000 видів багатоцільового використання, 340 з яких зростають і в Україні<sup>17</sup>. Для степової зони України як *M. sinensis*, так і *F. cinerea* є інтродуцентами. Хоча костриця сизувата і зустрічається в Україні, однак ареал її поширення охоплює переважно лісостепову зону<sup>18,19</sup>, а природні місцезростання міскантусу китайського – Західна Африка, та Азія<sup>20</sup>. В умовах КБС досліджувані види родини Poaceae за життєвою формою – щільнокущові трав'янисті полікарпіки з асимілюючими пагонами несуккулентного типу, гемікриптофіти. Тоді як за строками відростання *M. sinensis* – весняно-літньо-осінньоозелена рослина із середнім весняним відростанням і розтягнутими фенофазами, а *F. cinerea* – зимовозелена рослина раннього весняного відростання зі швидкими темпами розвитку.

Приспосовуючись до кліматичних умов конкретної території, рослини суттєво міняють ритміку процесів росту і розвитку, тому особливості реакції на кліматичні зміни у згаданих видів значно відрізнялися. Так, рослини *F. cinerea* в умовах КБС протягом 2004–2023 років достовірно не змінили терміни фаз вегетації та тривалість вегетаційного періоду, враховуючи широкую амплітуду коливання дат початку і кінця сезонного розвитку (18–27 діб). Весняне відростання відбувається в другій половині березня, а завершення вегетації – у II–III декаді листопада (табл. 1). Цвітіння швидкоплинне (7–15 діб), порційне і припадає на кінець травня, плоди визрівають у другій половині червня.

На відміну від попереднього виду, весняне відростання рослин *M. sinensis* в інтродукційних умовах спостерігається на початку квітня з різницею 5–10 діб, залежно від настання сталих позитивних температур (табл. 1). Завершення вегетації за останні п'ять років відбувається у I декаді грудня, тоді як у 2004–2006 рр. – на початку листопада.

Таблиця 1 – Фенорозвиток видів родини Poaceae Varnhart інтродукованих у Криворізький ботанічний сад НАН України

Роки дослідження	Початок вегетації	Початок цвітіння	Початок плодоношення	Закінчення вегетації	Діб вегетації
<i>Festuca cinerea</i> Vill.					
2004-2009	18.03±11	17.05±3	22.06±6	10.11±28	238,2±33,4
2010-2015	16.03±8	27.05±13	1.07±14	15.11±20	241,8±21,0
2019-2023	20.03±21	22.05±8	30.06±8	3.12±13	261,8±38,3
<i>Miskantus sinensis</i> Anderss.					
2004-2006	19.04±5	7.08±7	10.09±8	1.11±18	192,7±24,6
2007-2011	4.04±13	11.08±4	17.09±2	22.11±15	235,3±4,9
2019-2023	4.04±14	5.08±16	12.09±16	13.12±4	251,3±15,6

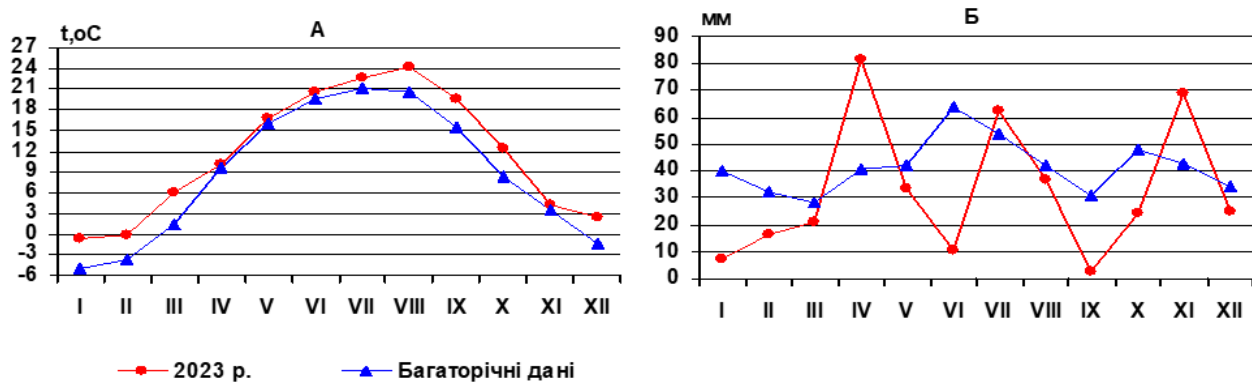


Рис. 1. Характеристика метеорологічних умов 2023 року (за даними метеостанції КБС НАН України м. Кривий Ріг): А – середньомісячна температура повітря, Б – середньомісячна сума опадів; багаторічні дані наведені за архівом погоди<sup>16</sup>.

Завдяки таким змінам вегетаційний період збільшується на 35–40 діб і досягає 251 доби. Достовірно підтверджених змін ритмів розвитку генеративної сфери рослин цього виду не виявлено: цвітіння починається в першій половині серпня, плодоношення – у другій половині вересня.

Дослідження морфоструктурних змін асиміляційних органів протягом сезонного онтогенетичного розвитку проводили у 2023 році, який відрізнявся досить складними метеорологічними умовами вирощування (рис. 1).

Оскільки рослина багаторічного злаку являє собою складну систему пагонів різних порядків, які відрізняються між собою за віком і ступенем сформованості, то вивчення розвитку пагонів та їх морфологічних характеристик є важливим питанням інтродукції<sup>21</sup>. Основні морфометричні параметри надземної частини досліджуваних видів в умовах КБС були оцінені у період їх інтенсивної вегетації (кінець серпня). *M. sinensis* – кореневищний трав'янистий багаторічник, з пагонами анізотропного типу, близько 25% з яких є озимими. Вегетативне відновлення виду симподіальне, а кушіння пагонів постгенеративне. Бруньки відновлення (4–6 шт.), розташовані на вкорочених міжвузлях кореневища і формуються в кінці

листопада. Рослини міскантусу мали найбільші ростові параметрами серед досліджуваних злаків (табл. 2). Висота вегетативно-генеративного пагону в середньому сягала 150,8 см та майже в 20 разів перевищувала показники костриці. В умовах інтродукції на пагоні *M. sinensis* формується до 15 міжвузль, котрі біля основи пагона дуже короткі, а у префлоральній та флоральній зоні видовжуються.

*F. cinerea* – трав'янистий вічнозелений багаторічник, який відноситься до групи вузьколистих костриць Британських островів<sup>22,23</sup>, низовий щільнокущовий злак<sup>24</sup>. На відміну від міскантусів, вегетативні пагони у досліджуваного виду дуже короткі з вкороченими міжвузлями, а висоту куща в основному формує довжина листків. Вузол кушіння у рослин *F. cinerea* знаходиться біля поверхні ґрунту (0,5–1 см), бокові вегетативні пагони щільно прилягають один до одного та ростуть перпендикулярно до ґрунтової поверхні. В умовах КБС пагони *F. cinerea* містять 4–5 міжвузль і сягають завдовжки до 8,0–9,0 см та близько 3 мм у діаметрі (табл. 2).

Листок один з основних органів рослини, що виконує функції фотосинтезу, транспірації, газообміну і сприяє нагромадженню біомаси. В умовах



Таблиця 2 – Морфологія вегетативно-генеративних пагонів видів родини Poaceae Barnhart

Довжина пагона, см	Діаметр стебла, см	Кількість листків на пагоні, шт.	Довжина міжвузль, см		Кількість міжвузль, шт.
			Префлоральна зона	Флоральна зона	
<i>Miskantus sinensis</i> Anderss.					
150,8±3,30	0,5±0,02	15,2±0,54	11,0±0,67	6,2±0,54	15,2±0,54
<i>Festuca cinerea</i> Vill.					
8,6±0,45	0,3±0,01	8,2±0,31	0,6±0,02	0,2±0,04	4,2±0,31

Таблиця 3 – Мінливість морфологічних ознак листка видів родини Poaceae Barnhart протягом сезонного розвитку в умовах Криворізького ботанічного саду

Етап дослідження	Довжина листка (з черешком), см	Ширина листка, см	Площа листка, см <sup>2</sup>	K <sub>в</sub>
<i>Miskantus sinensis</i> Anderss.				
III декада травня	51,5±0,17	1,5±0,28	53,0±0,15	34,3
III декада липня	71,9±0,61*	1,7±0,04	83,9±0,25*	42,3
III декада вересня	73,6±0,40*	1,5±0,61	75,7±0,47*	49,1
<i>Festuca cinerea</i> Vill.				
III декада травня	21,4±0,50	0,1±0,01	1,7±0,06	214,0
III декада липня	27,8±0,27*	0,13±0,01*	2,9±0,16*	214,0
III декада вересня	31,0±0,18*	0,1±0,02*	2,5±0,17	310,0

Примітка: K<sub>в</sub> – коефіцієнт видовженості листка (співвідношення довжини до ширини листка); \* – розбіжності достовірні відносно контролю за t-критерієм Стьюдента при  $\rho \leq 0,05$ .

інтродукції КБС у рослин *M. sinensis* від початку весняного відростання один за одним розвиваються дуже жорсткі, зелені, стеблові листки лінійної або ланцетно-лінійної форми з паралельним жилкуванням і яскраво вираженою середньою жилкою. Листкорозміщення чергове (спіральне). У *F. cinerea* листки сизо-зеленого кольору, вузько-лінійні, жорсткі, шкірясті, загострені на кінці. Листкорозміщення супротивне.

Відмітимо, що протягом сезонного онтогенетичного розвитку згаданих видів будова листків залишалася сталою, тоді як ростові параметри (довжина, ширина і площа листової пластинки) змінювалися. Так, ширина листків у *M. sinensis* за вегетаційний період достовірно не змінювалася (показники варіювали в межах  $\pm 13\%$ ) і сягала 1,5–1,7 см. Тоді як розміри довжини та площі листка відзначалися більш значними змінами, про що свідчить коефіцієнт видовженості листка (табл. 3). У III декаді липня довжина листової пластинки виду збільшувалася у 1,4 раза, а площа – у 1,6 раза відносно весняних показників. Наприкінці вересня ширина листка у рослин *M. sinensis* зменшувалася до рівня весняних показників, а довжина залишалася практично незмінною, що призвело до скорочення на 11% площі листової поверхні.

На відміну від попереднього виду у *F. cinerea* всі ростові показники листка достовірно реагували на зміну кліматичних умов протягом вегетації (табл. 3). Порівняно з весняними показ-

никами у III декаді липня довжина і ширина листка виду збільшувалася на 30%, а його площа зросла у 1,7 рази. Проте у найбільш посушливий період (серпень-вересень) відбувалося пригнічення ростових процесів в асиміляційних органах костриці: ширина скорочувалася на 30%, а довжина навпаки зростала на 12% відносно попереднього періоду досліджень. Як наслідок у костриці сизуватої листок видовжився (коефіцієнт видовженості листка на 40% перевищує контрольні рівні), а площа листової пластинки зменшилася на 16%.

Для визначення сили впливу екологічних чинників середовища, в якому проходить розвиток рослин, був проведений корелятивний аналіз залежності параметрів листка від температури повітря та кількості опадів. Отримані результати свідчили про наявність прямої кореляційної залежності між кліматичними умовами та розмірами листків. Причому, в більшій мірі на зміну ростових показників листка обох видів рослин протягом онтогенетичного розвитку впливав недостатній рівень зволоження, а сила зв'язку міцнішала з часом, що підтверджується кореляційними коефіцієнтами середнього рівня від  $r=+0,32$  до  $r=+0,57$ . Відмітимо, що у рослин *F. cinerea* ступінь сполученості ростових параметрів із сумою атмосферних опадів в умовах КБС був вищий ( $r = +0,35 - +0,57$ ), ніж у *M. sinensis* ( $r = +0,32 - +0,48$ ). Натомість, температурний фактор майже не впливав на розвиток листка досліджуваних злаків ( $r > +0,2$ ).

## Обговорення

Фенологічні реакції рослин через зміну клімату вже зараз впливають на моделі біорізноманіття та їх трофічні взаємодії, а також на функції екосистем у світі. Багато видів рослин реагують на підвищення температури, змінюючи час фенологічних фаз розвитку у бік раннього весняного відростання та пізнішого осіннього завершення розвитку, що призводить до загального збільшення тривалості вегетаційного періоду<sup>8</sup>. Яскравим прикладом цього в інтродукційних умовах КБС є рослини *M. sinensis*, у яких період вегетації збільшився на 35–40 днів порівняно з 2004–2009 рр. Тоді як *F. cinerea* за останні 15 років достовірно не змінила терміни фенофаз і тривалість сезонного розвитку. Це може свідчити або про низький рівень пластичності виду, або ж навпаки про високий рівень його життєвості, що підтверджується широким ареалом розповсюдження<sup>24</sup>.

В екстремальних умовах вирощування відповідь рослин охоплює кілька типів адаптивних стратегій, які, першочергово, пов'язані з модифікаціями фотосинтетичних структур, що регулюють водний статус і фізіологічні функції рослин зменшенням провідності продохів, листової поверхні, збільшенням співвідношення корінь/пагін<sup>25,26</sup>. Адаптація рослин до нових ґрунтово-кліматичних умов проявляється не лише в морфологічних ознаках і фізіологічних реакціях, а й в особливостях їх розвитку<sup>27,28</sup>. Одне з найбільш яскравих відображень життєдіяльності рослинного організму в змінених умовах довкілля є приріст рослин у висоту, який залежить від сукупності процесів обміну<sup>29</sup>. Основні морфометричні параметри досліджуваних нами багаторічних злакових рослин залежали від їх видових особливостей та екологічних чинників зростання. Зауважимо, що ростові параметри пагонів *F. cinerea* мало відрізнялися від природних місцезростань<sup>30</sup>, тоді як рослини *M. sinensis* формували на 20 см коротші і на 20% менші в діаметрі пагони, ніж у інтродукованих рослин з вологішої лісостепової зони<sup>21,31</sup>. А в умовах теплого і вологого клімату природних для *M. sinensis* місцезростань<sup>24,32</sup> висота рослин зазвичай сягає до 2,5 м. Встановлене, вочевидь, зумовлено ксерофітизацією тканин пагона у посушливих умовах Правобережно-степового Придніпров'я.

Ріст листків досить повно характеризує поведінку злаків у певному середовищі, відбиває функціонування системи рослинного організму в цілому і дозволяє визначити пов'язаність розвитку рослини з умовами зростання. В посушливих умовах вирощування дефіцит вологи, насамперед, призводить до зменшення кількості листків на рослині, їх індивідуального розміру та тривалості життя, які напряму залежать від тургору,

асимілюючого запасу листка, температури повітря і водного потенціалу ґрунту<sup>33,34</sup>. Розвиток листків і пагонів на морфологічному рівні також реагує на температурний стрес – спостерігаються реакції ауксинзалежного подовження гіпокотилу та черешка<sup>7,26</sup>.

Досліджені нами особливості морфогенезу листків у *M. sinensis* і *F. cinerea* протягом сезонного онтогенетичного розвитку свідчать про те, що будова їх листків залишалася сталою, тоді як ростові параметри змінювалися залежно від фаз розвитку та кліматичних умов. Відмітимо, що навіть у найсприятливіший для росту і розвитку період (середньодобова температура повітря +22,9°C і достатній рівень зволоження) обидва види формували у 1,3 (*M. sinensis*) і 1,5 рази (*F. cinerea*) коротші і вужчі листки, порівняно з рослинами з природних місцезростань<sup>18,24</sup>. У лісостеповій зоні України для рослин *M. sinensis* умови зростання набагато комфортніші, так як органи асиміляції у них розвиваються на 15% більші за розмірами, відносно наших показників<sup>31</sup>.

Характерною особливістю розвитку декоративних злаків в інтродукційних умовах КБС у найпосушливіший період (середньомісячна температура повітря коливалася в межах +22,8–23,9°C, а в окремі дні сягала +29,2°C, тоді як сума опадів не перевищувала 2,4 мм) було видовження листової пластинки та скорочення площі листової поверхні на 11 і 16% для *M. sinensis* і *F. cinerea* відповідно, що сприяло зменшенню транспіраційної поверхні і, вочевидь, є ознакою ксероморфізації асиміляційних органів. Такі пристосувальні морфологічні реакції листка у костриці, як стверджують інші дослідники<sup>35,36</sup>, поряд з видоспецифічним скручуванням листка в трубку, дозволяють рослині економити воду та забезпечують її виживання у несприятливих ксерофітних умовах довкілля. На зміну ростових показників листка обох видів на даному етапі сезонного розвитку в більшій мірі впливав недостатній рівень зволоження, на що вказують розраховані нами кореляційні коефіцієнти середнього рівня від  $r=+0,42$  до  $r=+0,57$ . Зазначене добре узгоджується з дослідженнями V. De Micco<sup>33</sup>, котрий довів, що вологість повітря є лімітуючим фактором росту багатьох видів рослин у посушливих умовах зростання. На відміну від сумарної кількості опадів, температурний фактор, за нашими даними, лише опосередковано впливав на морфометричні показники листків згаданих видів ( $r > +0,2$ ).

## Висновки

Таким чином, встановлено, що в умовах посушливої степової зони України рослини *M. sinensis* та *F. cinerea* проходять всі етапи сезонного ритму розвитку. Кліматичні зміни у першого виду призвели до більш раннього початку

вегетатії (на 5–10 діб) та подовження її періоду (на 35–40 діб), тоді як у другого ритми розвитку достовірно не змінюються за останні 15 років. З'ясовано, що в умовах інтродукції (Степ України), порівняно з даними в природних ареалах, ростові параметри пагонів *F. cinerea* залишалися сталими, тоді як рослини *M. sinensis* формували в 1,5–1,7 раза коротші і на 20% менші в діаметрі пагони.

Встановлено морфологічні особливості формування листків за впливу екстремальних кліматич-

них умов 2023 року. Доведено, що восени (кінець вересня) в обох досліджуваних видів відбувається зменшення площі листової пластинки на 11–16%, порівняно з показниками влітку. Видоспецифічність адаптаційного пристосування декоративних злаків виявлялась у різній інтенсивності збільшення або зменшення лінійних параметрів асиміляційних органів (довжини і ширини). Виявлені реакції сприяли регуляції транспірації і забезпечували захист рослин за дії посухи, на вплив якої вказують кореляційні коефіцієнти середнього рівня.

### Література

- (1) Gray, S. B.; Brady, S. M. Plant developmental responses to climate change. *Developmental Biology*. **2016**, *419*, 64-77. doi:10.1016/j.ydbio.2016.07.023
- (2) Дідух, Я. П. Екологічні аспекти глобальних змін клімату: Причини, наслідки, дії. *Вісник НАН України*. **2009**, *2*, 34-44. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnau\\_2009\\_2\\_12](http://nbuv.gov.ua/UJRN/vnau_2009_2_12) (дата звернення 01.15.2023).
- (3) Лихолат, Ю. В.; Хромих, Н. О.; Дідур, О. О.; Оковитий, С. І.; Матюха, В. Л.; Савосько, В. М.; Лихолат, Т. Ю. *Сучасний стан антропогенної трансформації екосистем степового Придніпров'я*. ФОП Черняхівський Д. О.: Кривий Ріг, 2019; 146 с.
- (4) Недуха, О. М. *Клітинна оболонка і фактори середовища*. Альтерпрес: Київ, 2015; 291 с.
- (5) Global Framework for Biological Diversity (COP15 Global Framework) : Kunming-Montreal global biodiversity framework. <https://www.cbd.int/gbf/> (дата звернення 01.20.2023).
- (6) Чипиляк, Т. Ф.; Зубровська, О. М.; Шоль, Г. Н. *Рослини в урботехногенному середовищі степової зони України*. Талком: Київ, 2022; 390 с.
- (7) Franklin, K. A. Light and temperature signal crosstalk in plant development. *Curr. Opin. Plant Biol.* **2009**, *12*, 63-68. doi:10.1016/j.pbi.2008.09.007
- (8) Nordt, B.; Hensen, I.; Bucher, S. F.; Freiberg, M.; Primack, R. B.; Stevens, A.-D.; Bonn, A.; Wirth, Ch.; Jakubka, D.; Plos, C.; Sporbert, M.; Römermann, Ch. The PhenObs initiative: A standardised protocol for monitoring phenological responses to climate change using herbaceous plant species in botanical gardens. *Funct. Ecol.* **2021**, *35*, 821-834. doi:10.1111/1365-2435.13747
- (9) Raunkiaer, C. *The life forms of plants and statistical plant geography*. Clarendon Press: Oxford, 1934; 632 p.
- (10) Зиман С. М., Мосякін С. Л., Булах О. В.; Царенко, О. М.; Фельбаба-Клушина, Л. М. *Ілюстрований довідник з морфології квіткових рослин. Навчально-методичний посібник*. Медіум: Ужгород, 2004; 156 с.
- (11) Малюченко, І. О.; Непеїна, Г. В. *Методичні вказівки для проведення лабораторних робіт із біології з основами біоекології для студентів спеціальності «101» Екологія» галузь знань 10 «Природничі науки» спеціальності 101 «Екологія» освітньої програми «Екологія» : методичні вказівки*. Вид-во ЧНУ ім. Петра Могили: Миколаїв, 2021; 112 с.
- (12) Квак, В. М.; Ганженко, О. М.; Зиков, П. Ю.; Хіврич, О. Б. Визначання площі листової поверхні у різних видів міскантусу розрахунковим методом. *Новітні агротехнології*. [Online] **2017**, *5*, 7 с. <http://jna.bio.gov.ua/article/view/122228> (дата звернення 02.25.23).
- (13) Ганжа, Д. Морфологічна реакція листків тополі в різних умовах урботехногенного навантаження. *Вісник Львівського у-ту. Серія біологічна*. **2012**, *60*, 163-170.
- (14) Єгоршин, О. О.; Лісовий, М. В. *Математичне планування польових дослідів та статистична обробка експериментальних даних*. Вид-во Ін-ту ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського: Харків, 2005; 193 с.
- (15) Паранько, І. С.; Шипунова, В. О. Клімат Криворіжжя. У кн. *Фізична географія Криворіжжя: монографічна навчальна книга*; Паранько, І. С.; Казаков, В. Л.; Калініченко, О. О.; Коцюруба, В. В.; Остапчук, І. О.; Савосько, В. М.; Шипунова, В. О.; Ярков, С. В., Ред.; Р.А. Козлов: Кривий Ріг, 2015; С. 82-102.
- (16) Meteopost. Архів погоди за 2003-2023 pp.: аеропорт м. Кривий Ріг. <https://meteopost.com/weather/archive/> (дата звернення 27.01.2024).
- (17) Mosyakin, S. L., Fedoronchuk, M. M. *Vascular plants of Ukraine: A nomenclatural checklist*. M.G. Kholodny Institute of Botany: Kyiv, 1999; 346 p.
- (18) Беднарська, І. О. Рід *Festuca* L. (*Poaceae*) у флорі західних регіонів України. Автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. біол. наук : 03.00.05. Інститут ботаніки ім. М. Г. Холодного НАН України, Київ, 2007.

- (19) Гриник, О. М.; Горбенко, Н. Є. Екологічна характеристика газонотвірних трав'яних рослин паркової зони Львова. *Науковий вісник НЛТУ України*. **2011**, 21.9, 58-65.
- (20) *Міскантус в Україні*. ТОВ «ЦП «Компрінт»: Київ, 2019; 256 с.
- (21) Радченко, М. В.; Глупак, З. І.; Данильченко, О. М. Вирощування міскантусу в умовах північно-східної частини Лісостепу України. *Вісник Сумського національного аграрного університету : науковий журнал. Серія «Агронімія і біологія»*. **2019**, 3(37), 36-41.
- (22) Toman, M. Populations analyse der Sammelart *Festuca cinerea* in Böhmen. *Feddes Repert.* **1974**, 85, 533-574.
- (23) Haveman, R. Het *Festuca ovina*-complex in Nederland. 2. *F. lemanii* Bast. en *F. brevipila* Tracey. *Gorteria*. **2005**, 31, 29-35.
- (24) Greenlee, J. *The encyclopedia of ornamental grasses*. Rodale Press: Emmaus RA, 1992; 182 p.
- (25) Potters, G.; Pasternak, T. P.; Guisez Y.; Palme, K. J.; Jansen, M. A. Stress-induced morphogenetic responses: growing out of trouble? *Trends Plant Sci.* **2007**, 12(3), 98-105. doi:10.1016/j.tplants.2007.01.004
- (26) Hatfield, J. L.; Boote, K. J.; Kimball, B. A.; Ziska, L. H.; Izaurralde, R. C.; Ort, D.; Thomson, A. M.; Wolfe, D. Climate impacts on agriculture: implications for crop production. *Agron. J.* **2011**, 103, 351-370. doi:10.2134/agronj2010.0303
- (27) Рахметов, Д. Б. Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин в Україні. Київ : Аграр Медіа Груп, 2011. 398 с.
- (28) Shipley, B.; De Bello, F.; Cornelissen, J. H. C.; Laliberté, E.; Laughlin, D. C.; Reich, P. B. Reinforcing loose foundation stones in trait based plant ecology / *Oecologia*. **2016**, 180(4), 923-931. doi:10.1007/s00442-016-3549-x
- (29) Darke, Rick. *The encyclopedia of grasses for livable landscapes*. TimberPress Inc.: Portland, 2007; 487 p.
- (30) Foggi, B.; Rossi, G. A survey of the genus *Festuca* L. (Poaceae) in Italy. I. The species of the summit flora in the Tuscan-Emilian Apennines and Apuan Alps. *Willdenowia*. **1996**, 26(1/2), 183-215. doi:10.3372/wi.26.2605
- (31) Щербакова, Т. О.; Рахметов, Д. Б. Морфологічні особливості монокарпічних пагонів видів роду *Miscanthus* Anderss у зв'язку з інтродукцією в Лісостепу та Поліссі України. *Інтродукція рослин*. **2014**, 2, 3-9. [http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR\\_2014\\_2\\_2](http://nbuv.gov.ua/UJRN/IR_2014_2_2)
- (32) Heaton, E. A.; Long, S. P.; Voigt, T. B.; Jones, M. B.; Clifton-Brown, J. *Miscanthus* for Renewable Energy Generation: European Union Experience and Projections for Illinois. *Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change*. **2004**, 9, 433-451. doi:10.1023/B:MITI.0000038848.94134.be
- (33) De Micco, V.; Aronne, G. Morpho-Anatomical Traits for Plant Adaptation to Drought. In book : Plant Responses to Drought Stress. R. Aroca (ed.). Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 2012. doi:10.1007/978-3-642-32653-0\_2.
- (34) Anjum, Sh. A.; Xie, X.-Yu.; Wang, L.-Ch.; Saleem, M. F.; Man, Ch.; Lei, W. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. *African Journal of Agricultural Research*. **2011**, 6(9), 2026-2032. doi:10.5897/AJAR10.027.
- (35) Łuszczynska, B. Distribution of *Festuca ovina* group (*Poaceae*) species in the xerothermic communities of the Pińczów Hump and adjacent areas (southern Poland). In *Studies on grasses in Poland*; Frey L. Ed.; Kraków, 2001; P. 201-209.
- (36) Загорко, Н. Г.; Солодовник, А. А. Особливості анатомо-морфологічної будови листка у деяких видів рослин, які пристосовані до зростання у ксерофітних умовах. *Природничі науки : збірник наукових праць*. **2013**, 10, 70-80.

UDC 581.1+543.5

DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2024-1-02>

## Herbaceous plants as heavy metals accumulators in conditions of ash and slag dumps

**Semak U. Y., Mylenka M. M.***Vasyl Stefanyk Precarpathian National University*

uliana.semak@pnu.edu.ua

**Key words:** *pollutants, heavy metals, bioaccumulation indexes, vegetation of technogenic ecotopes, phytoremediation.*

Storage of ash and slag waste causes a number of environmental problems, including the transformation of natural geochemical cycles and the change of the natural radioactive background due to the increased concentration of heavy metals and radioactive isotopes in coal combustion products. Plants can provide an effective approach for the analysis and monitoring of heavy metals contamination. Additionally, vegetation plays a significant role in the restoration and remediation of heavy metal-contaminated soils. The application of plants in phytoremediation is a green and sustainable solution for decontaminating polluted sites. Moreover, the key role in the restoration of contaminated sites belongs to native species. Within the presented research, the abilities of native dominant species to accumulate and tolerate heavy metals in conditions of ash and slag dumps were investigated on a limited number of samples. Primary analysis of the bioaccumulation of heavy metals through the bioaccumulation coefficient showed that zinc has the highest accumulation capacity in the studied species. The ability to bioaccumulate the analyzed heavy metals decreases in the following order: Zn > Fe > Cu > Mn > Cd > Ni > Pb. Indexing the biogeochemical activity of the tested species showed higher levels of biochemical activity for *Anthemis arvensis* L. than for *Achillea millefolium* L., however, these data need to be confirmed by statistical analysis. Determination of the translocation index of elements reflected the high mobility of zinc and cadmium with a high rate of transferring to above-ground biomass, but the potential for accumulation requires scaling up the experiment with the involvement of a larger number of samples and performing statistical data processing. Due to their ability to accumulate heavy metals in roots, plant species could be used for phytostabilization. Establishing methods of biomonitoring and the development of green reclamation technologies with native species application need further research with both selected species and other local species. The presented research showed primary results of bioindication and references for phytoremediation of heavy metal contamination of the ash and slag dumps, which is relevant for other similar environmental conditions.

**Key words:** *pollutants, heavy metals, bioaccumulation indexes, vegetation of technogenic ecotopes, phytoremediation.*

## Акумуляція важких металів трав'яними рослинами в умовах зростання на золошлаковідвалах

Семак У. Й., Миленка М. М.

Прикарпатський національний університет імені Василя Стефаника

uliana.semak@pnu.edu.ua

**Ключові слова:** *полютанти, важкі метали, рослинність техногенних екотопів, індекси біоаккумуляції, фітореMediaція.*

Накопичення та зберігання золошлаковідвалів викликає низку екологічних проблем, серед яких трансформація природних геохімічних циклів, зміна природного радіоактивного фону через підвищення концентрації важких металів та радіоактивних ізотопів у продуктах спалювання вугілля. Рослинні організми є високоінформативними біоіндикаторами забруднення важкими металами. Крім того, рослинність відіграє пріоритетну роль у відновленні та рекультивативі забруднених важкими металами ґрунтів. Використання рослин у фітореMediaції є перспективним, екологічно стійким рішенням для відновлення територій, що зазнали забруднення важкими металами. Слід зазначити, що ключова роль у відновленні таких земель належить саме місцевим аборигенним видам. У представленому дослідженні показано первинне дослідження на обмеженій кількості зразків здатності аборигенних видів рослин до акумуляції важких металів та стійкості до них в умовах золошлаковідвалів. Аналіз накопичення важких металів через коефіцієнт біоаккумуляції показав що найвищу акумуляуючу здатність у досліджуваних видах виявляє цинк. Здатність аналізованих важких металів до біоаккумуляції зменшується у порядку:  $Zn > Fe > Cu > Mn > Cd > Ni > Pb$ . Попередня оцінка індексації біогеохімічної активності досліджуваних видів показала дещо вищі рівні біохімічної активності *Anthemis arvensis* L., ніж *Achillea millefolium* L., проте ці дані потребують підтвердження статистичним аналізом. Визначення індексу транслокації елементів відобразило високу рухливість цинку та кадмію, що характеризується високою інтенсивністю переходу цих елементів у надземну біомасу. Завдяки здатності накопичувати важкі метали в коренях, досліджувані види рослин можна використовувати для фітостабілізації, однак аналіз потенціалу до акумуляції потребує масштабування експерименту із залученням більшої кількості зразків та проведення статистичної обробки даних. Для широкого впровадження методів біомоніторингу та розвитку технологій фіторекультивативі із застосуванням місцевих видів необхідні подальші дослідження як із обраними видами, так і з іншими місцевими видами. Представлене дослідження відображає первинні результати біоіндикації з використанням двох видів аборигенної флори, а також висвітлює перспективи використання досліджуваних видів у фітореMediaції забруднених важкими металами територій золошлаковідвалів.

**Ключові слова:** *полютанти, важкі метали, рослинність техногенних екотопів, індекси біоаккумуляції, фітореMediaція.*

### Introduction

Thermal power plants are sources of heavy metal contamination as during the process of coal combustion a significant amount of various trace elements, including heavy metals (such as Pb, Cu, Mn, Zn, Ni, Cd etc.) released to the environment<sup>1,2</sup>. It causes numerous environmental problems – contamination of heavy metals is one of the most pressing threats to water and soil resources as well as human health<sup>3,4,5</sup>. Storage of waste from coal combustion (ash and slag) is another factor of environmental risk from

thermal energy production<sup>3,6</sup>. Fly ash contains toxic metals like Zn, Cd, Cr, Pb and Ni, which can cause environmental threat<sup>7,8</sup>. These toxic elements leach out from the fly ash dumps and contaminate nearby soil surfaces and groundwater<sup>9</sup>. Henceforth, heavy metals from fly ash during leaching influence on living organisms<sup>10</sup>. Within the influence of the Burshtyn TPP an increase in concentrations of mobile forms of heavy metal compounds in the environment was shown in previous researches<sup>6,10,11</sup>. In addition, soil contamination with radionuclides is observed<sup>11</sup>.

Vegetation as a first acceptor in food chains has a key role in the accumulation of heavy metals<sup>12,13</sup>. Due to accumulation ability, plants are the most useful organisms to evaluate metal contamination<sup>14,15,16</sup>. However heavy metal concentrations in plants differed between species indicating their different strategies for metal accumulation<sup>14</sup>. Numerous research dedicated to analyzing heavy metal accumulation by herbaceous species<sup>13,15</sup>. There are several studies about the accumulation of heavy metals in fly ash lagoons and fields around coal-fired power stations which are contaminated with fly ash<sup>17,18,19,20</sup>.

The problem of heavy metal contamination requires sustainable and effective solutions. One of the environmentally friendly approaches is the application of plants in phytoremediation<sup>21,22</sup>. Phytoremediation is a green remediation strategy, which is highly efficient for the decontamination of heavy metal-pollutions<sup>21,23</sup>. Comparing the potential environmental influence of phytoremediation with other treatment technologies, such as chemical and engineering treatments, phytoremediation impresses as the sustainable alternative<sup>22</sup>. Nevertheless, there are critical challenges against the potential of phytoremediation prevail: the lengthy time required and what should be done with the metal-including plant material<sup>22</sup>. Despite this limitation, environmental benefits prevail: it enhances biodiversity, helps protect soil, diverse sources of energy and has aesthetic benefits<sup>24</sup>.

Native dominant plant species are considered keys to the restoration and remediation of heavy metal contaminated soils<sup>25,26</sup>. Local native plants used for the remediation were better adapted to the soil properties, toxicity level and environmental conditions of the contaminated site<sup>27,28</sup>. The dominant plant species found on contaminated sites show clear tolerance and accumulation traits for heavy metals. They have a defence mechanism against high levels of heavy metals through a prolonged process of natural selection, resulting in their ability to withstand these conditions<sup>29</sup>. Phytoremediation proposes could be fit as herbaceous perennials as well as woody species<sup>30</sup>, but as herbaceous species are pioneers and appear first, they could be more efficient than shrubs or trees. Herbaceous species usually adapt faster to adverse conditions because of their life cycles<sup>28</sup>. The main demands for phytoremediation species are well-developed roots, large biomass and tolerance to the high metal concentrations<sup>13</sup>, which are inherent for herbaceous vegetation. Beneficial of spontaneous vegetation for phytoremediation purposes in examples of mine sites were shown in several researches<sup>26,27</sup>.

Plants are particularly useful for analysis and monitoring heavy metals due to their stationary nature, making them ideal *in situ* bioindicators – plants can provide a cost-effective long-term approach for

monitoring metal pollution<sup>12,18,19</sup>. At the same time, vegetation covers could be used for reclamation of heavy metals contaminated sites<sup>23,28,29</sup>. For establishing methods of biomonitoring and development of green reclamation technologies, investigation of the abilities to accumulate and tolerate against trace metals plant species is needed. Due to the high level of pollution of ash and slag dumps, the investigation of heavy metals concentration in plants and their ability to decontaminate the pollutants is especially important in the context of sustainable development of the region.

Therefore, the aim of this study is: (1) to measure metal contents in the native dominant plants; (2) to evaluate the migration potentials of these native dominant plants; (3) to estimate species abilities to remediation and their prospects for phytoremediation in the research area. Despite that the study contains limited data, the research results can provide valuable information about native species bioindication ability and their relevance for remediation of heavy metal-contaminated soil in the ash and slag dumps and other similar environmental conditions.

#### Materials and methods

The study area is the ash and slag dump site №3 of Burshtyn Thermal Power Plant. Burshtyn TPP annually produces more than 20 thousand tons of solid residues of fuel combustion products. The overall storage facility of ash and slag dump site № 3 is 24,674 million m<sup>3</sup>, currently filled for 98.5 % of its capacity.

Soil sampling was carried out in July 2021 at previously determined points. The sampling approach was random; generally, there were 9 test plots. The soil samples were collected from the top layer (0–20 cm) of the soil profile after removing the surface cover. One kilo of soil samples from each point was collected and then stored in plastic bags until chemical analysis.

Two of the most common on the study site herbaceous plants (*Achillea millefolium* L. and *Anthemis cotula* L.) were selected for testing of metal accumulation abilities. Plant samples were collected in the area of the soil sampling point and a total of 30 plant samples. Herbaceous plant samples were divided into roots and shoots and washed gently to remove soil particles adhered to the plants. After washing, plant samples were air-dried at room temperature for two weeks. Mixed samples of dried plants (separately above and below ground biomass) and leaves were 100 gr each. In total, there were 9 samples of each species.

Samples of plants, soil were subjected to an anatomic absorption spectrometer with spectrophotometer AAS-3 to be analyzed for metals like Cd, Zn, Ni, Fe, Mn, Cu and Pb<sup>31</sup>. The instrument setting and operational conditions were done in accordance with the manufacturers' specifications

and according to the Ukrainian national analyzing standards<sup>32,33</sup>.

Based on the results of the concentration of heavy metals, the average mean and the standard error of the mean ( $M \pm m$ ), minimum (Min) and maximum (Max) of values and the coefficient of variation (CV, %) were calculated.

Since metals exist in different solid-phase forms that can vary greatly in terms of their bioavailability, the determination of total soil metal content is not a good measure<sup>16</sup>. A more useful tool to quantify contamination and potential environmental and human health risks is the assessment of bioavailability. The bioaccumulation factor (BAF) determines the efficiency of the plant accumulating heavy metals from soil and calculated BAF as the ratio between metal concentrations in root to metal concentration in soil outside the root zone<sup>21,34</sup>:

$$BAF = C_{\text{plant}} / C_{\text{soil}}$$

$C_{\text{plant}}$  – heavy metal concentration in plant tissue, mg/kg dry weight.

$C_{\text{soil}}$  – heavy concentration in soil, mg/kg dry weight.

For the quantitative expression of the general ability of a plant species to the concentration of heavy metals, the biogeochemical index of activity (BIA) of the species was used, which is the total value obtained from the composition of the BAF of individual metals<sup>35</sup>:

$$BIA_{\text{species}} = \sum BAF$$

For herbaceous plants we detect the translocation factor (TF) which is calculated to evaluate the ability of plants to translocate heavy metals from roots to shoots<sup>21,34</sup>:

$$TF = C_{\text{plant shoot}} / C_{\text{plant root}}$$

$C_{\text{plant shoots}}$  – heavy metal concentration in plant shoots, mg/kg dry weight.

$C_{\text{plantsroots}}$  – heavy metal concentration in plant roots, mg/kg dry weight.

Plant species with both bioconcentration factor (BCF) and translocation factor (TF) greater than one can potentially be used for heavy metal phytoextraction and/or phytostabilization<sup>21,34</sup>. Plant species with  $TF > 1$  are regarded as good phytotranslocators<sup>16</sup>. This implies that these species effectively accumulated and transferred heavy metals from the soil to the above ground parts<sup>16</sup>. Plants with translocation and bioaccumulation values less than one are excluders and are not suitable for extracting heavy metals from soils<sup>36</sup>.

## Results

Evaluation of analyzed samples of herbaceous plants reflects the concentration tendency: the highest concentration was detected for Fe, Mn and Zn, the lowest one was for Cd. The concentration of mobile forms of heavy metals in herbaceous plants is shown in Table 1.

*Achillea millefolium* accumulated metals in the following order: Fe > Mn > Zn > Cu > Ni > Pb > Cd. Maximum accumulated ones were Fe and Mn – 549,02 mg/kg and 58,9 mg/kg respectively, minimum accumulated element was Cd – 0,34 mg/kg.

*Anthemis arvensis* accumulated metals in the same order, but with differences of concentration of Ni and Pb: Fe > Mn > Zn > Cu > Pb > Ni > Cd. *Anthemis arvensis* to compare with *A. millefolium* accumulated less Ni than Pb. In *A. arvensis* maximum accumulated ones were Fe and Mn – 529,67 mg/kg and 46,7 mg/kg respectively. The minimum accumulated element was Cd – 0,49 mg/kg. In general, *A. arvensis* accumulated higher concentrations of Cu, Zn, Pb, Cd than *A. millefolium*.

The ability to accumulate high concentrations of metals into plants aboveground biomass was estimated

Table 1 – Heavy metals concentration in 9 samples of herbaceous plants

<i>Achillea millefolium</i>							
	Heavy metal						
	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Mn	Fe
M±m	7,71 ± 0,45	19,36 ± 1,74	2,37 ± 0,19	3,04 ± 0,34	0,34 ± 0,06	58,88 ± 27,8	549,02 ± 268,9
Max	9,9	28,6	3,6	5,5	0,7	279,5	2544
Min	6,2	12,3	1,5	1,8	0,2	17,1	93
CV, %	17,43%	27,05%	24,82%	33,46%	56,43%	141,77%	146,98%
<i>Anthemis arvensis</i>							
	Heavy metal						
	Cu	Zn	Pb	Ni	Cd	Mn	Fe
M±m	9,56 ± 0,77	28,78 ± 3,31	2,83 ± 0,18	2,89 ± 0,64	0,49 ± 0,08	46,66 ± 5,71	529,67 ± 211,82
Max	13,5	51,3	4,1	6,4	0,9	67	1556
Min	6,6	16,9	2,3	1,1	0,2	15,8	77,8
CV, %	24,25%	34,51%	19,09%	66,23%	51,59%	36,75%	119,97%



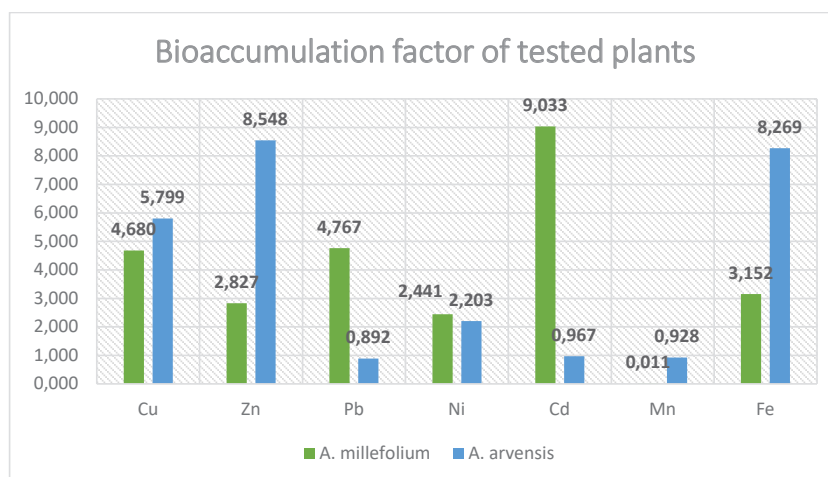


Figure 1. Bioaccumulation factor of tested plants (calculated based on 9 samples of each species and 9 samples of soil)

using the bioaccumulation factor and translocation factor. We calculated the bioaccumulation ability of selected species using the bioaccumulation factor (BAF). Among analyzed plant species, the average value of BAFs of the heavy metals is decreased in the order of: Zn > Fe > Cu > Mn > Cd > Ni > Pb. The highest accumulative ability shows Zn, the lowest – Pb (Fig. 1).

Different species have different potential for heavy metal accumulation. Estimating of species metals accumulation was based on their biogeochemical index of activity (BIA) – a higher BIA coefficient of accumulation was detected for *Anthemis arvensis* (27,606), when *Achillea millefolium* biogeochemical index of activity was 26,910.

Translocation factor (TF) as the ratio between underground and aboveground heavy metal concentration in plant biomass was detected too (Table 2).

The translocation factor for *Achillea millefolium* growing on the study site was found in the order of Zn > Cd > Pb > Cu > Ni > Mn > Fe. The highest value of TF in plants was for Zn with an average value of 1,516, and the lowest one was for Fe with an average value of 0,115.

The translocation factor for *Anthemis arvensis* growing on the study site was found in the order of Zn > Cd > Pb > Cu > Mn > Ni > Fe. The highest value of TF in plants was for Zn with an average value of 1,609, and the lowest one was for Fe with an average value of 0,082.

In the present study TF of all elements lower than one, except Zn in two samples and Cd in one sample. This finding indicates low mobility of Cu, Pb, Ni, Mn and Fe from the roots to the shoots and immobilization of heavy metals in roots.

Table 2 – Translocation factor of selected plants (calculated based on 9 samples of each species and 9 samples of soil)

Heavy metal	<i>Achillea millefolium</i>	<i>Anthemis arvensis</i>
Cu	0,782	0,685
Zn	1,516*	1,609*
Pb	0,768	0,917
Ni	0,757	0,318
Cd	0,909	1,944*
Mn	0,211	0,635
Fe	0,115	0,082
M±m	0,722 ± 0,18	0,884 ± 0,25
Max	0,115	0,082
Min	1,516	1,944

Comment: \* – exceeding of TF above 1

## Discussion

Based on our results there was a tendency with the highest concentration of Fe, Mn and Zn in all tested species. Both herbaceous species concentrate high amounts of Mn, Fe and Zn, the lowest was the concentration of Cd. The same trend for metal concentration in naturally growing plants on fly ash dump sites was presented in the results of Pandey et al. 2016 – a high concentration of Zn and Mn was found in *Cynodon dactylon* growing on fly ash dump sites. According to several studies<sup>37,38</sup> Zn is an element with intensive accumulation. Zn inhibits the Cd uptake due to its competitive behaviour with Cd, because both metals are transported by a common carrier at the root plasma membrane, which has more affinity for Zn than Cd<sup>29</sup>. In an example of *Trifolium pratense*<sup>39</sup> were observed accumulation of Cu: copper increases when accumulation of Zn decreases – it's

explained as an adaptation to metals contamination<sup>39</sup>. Research of heavy metals accumulation in *Artemisia absinthium*, *Melilotus officinalis* and *Hippophae rhamnoides* growing on ash and slag dump reflects that the highest bioaccumulation factor was for Zn<sup>11</sup>.

Previous research of metal accumulation in *Achillea millefolium*<sup>37,38</sup> showed that the species has an ability to Pb accumulation<sup>40</sup>, especially in inflorescence. Our research shows low Pb concentration, but the results confirm the low ability to Cd concentration<sup>37,40</sup>. Moreover, there is a seasonal dynamic of heavy metal concentration: in herbaceous species (for example of *Chelidonium majus*), increasing Zn concentration in aboveground biomass during flowering was shown with the highest concentration in root still<sup>41</sup>.

To evaluate the ability of plants to translocate heavy metals from roots to shoots we detected a translocation factor (TF)<sup>21,34</sup>. The translocation factor above 1 means that these species effectively accumulated and transferred heavy metals from the soil to the above-ground parts<sup>16</sup>. TF > 1 for such elements like Zn and Cd were shown in the study of metal accumulation on fly ash lagoon<sup>18</sup> – it explains that transferring Zn to the aerial part is beneficial for the survival of the plant, because it's an important micronutrient<sup>43</sup>, but Cd is a nonessential toxic metal. Yoon et al. 2006 showed that Pb and Cu, Zn concentrations were greater in the roots than the shoots – in this case, TF of these elements was below 1<sup>42</sup>. A higher translocation of heavy metals in aerial parts could be a reason for the easy transfer of these pollutants to the food chain<sup>17</sup>. As the index of TF reflects the transfer and redistribution of heavy metals among different parts of plants<sup>13</sup>, the TF is below 1, indicating that metals are mainly accumulated in the roots and are rarely transported to the shoots. In our research, metal concentrations for most elements were higher in roots versus in shoots for both species. Higher concentration in roots explained that roots are

the preferential metal storage organs<sup>13,44</sup>. Lower metal concentrations in the shoots than those in the roots indicate that the species could be metal excluders<sup>14</sup>.

### Conclusions

Analysis of bioaccumulation of metals through bioaccumulation coefficients showed that zinc had the highest accumulation capacity in the studied species, and lead had the lowest. The ability to bioaccumulate the analyzed heavy metals decreases in the order: Zn > Fe > Cu > Mn > Cd > Ni > Pb. The study of the biogeochemical activity of the tested species reflected a higher level of biochemical activity for *Anthemis arvensis*. Determination of the translocation index of elements reflected the low mobility of Cu, Pb, Ni, Mn and Fe from roots to shoots and evidenced the accumulation of heavy metals in the roots. Zn and Cd were found to be mobile elements with a high rate of transfer to above-ground biomass. Based on the translocation factor, we can conclude that none of the herbaceous species showed themselves as hyperaccumulators. Due to the ability to accumulate heavy metals in roots, plant species are promising for phytostabilization. However, the presented results are incomplete and require scaling with the involvement of a larger number of cells and statistical analysis.

Consequently, plants on technogenic ecotopes like ash and slag dumps could provide effective analysis and monitoring of heavy metals pollution. Further analysis of the natural vegetation of ash and slag dumps regarding the accumulation of heavy metals will determine their accumulative capacity and tolerance against pollutants and, therefore, their prospects for the use of these plant species in phytoremediation.

### Acknowledgments

We are thankful to The National Scientific Center “Institute of Agriculture NAAS” for assistance in conducting experiments.

### References

- (1) Okedeyi, O.; Dube, S.; Awofolu, O.; Nindi, M. Assessing the enrichment of heavy metals in surface soil and plant (*Digitaria eriantha*) around coal-fired power plants in South Africa. *Environmental science and pollution research international*. **2013**, 21(6), 4686–4696, doi.org/10.1007/s11356-013-2432-0.
- (2) Strezov, V.; Cho, H. Environmental Impact Assessment from Direct Emissions of Australian Thermal Power Generation Technologies. *Journal of Cleaner Production*. **2020**, 270 (5), 122515, doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.122515.
- (3) Popov, O.; Iatsyshyn, A.; Kovach, V.; Artemchuk, V.; Kameneva, I.; Radchenko, O.; Romanenko, Y. Effect of power plant ash and slag disposal on the environment and population health in Ukraine. *Journal of Health and Pollution*. **2021**, 11(31), doi.org/10.5696/2156-9614-11.31.210910.
- (4) WWF report. Europe's dark cloud: How coal-burning countries are making their neighbours sick. [Online]. **2016**. URL <https://www.energyforhumanity.org/en/resources/downloads-en/wwf-report-europes-dark-cloud-coal-burning-countries-making-neighbours-sick/> (accessed 04 February 2021).
- (5) Cipranic, I.; Markovic, R.; Đordievski, S.; Stevanovic, Z.; Stevanovic, M. The impact of coal ash and slag dump on the quality of surface and ground waters – a case study. *Journal of the Serbian Chemical Society*. **2019**, 84(5):527–530.

- (6) Ковалів, Л.М. Екологічні проблеми теплових електростанцій. *Науковий вісник НЛТУ України*. **2013**, № 23 (18), 57–56.
- (7) Sushil, S.; Batra, V. Analysis of fly ash heavy metal content and disposal in three thermal power plants in India. *Fuel*. **2006**, № 85, 2676–2679.
- (8) Pandey, S.K.; Bhattacharya, T.; Chakraborty, S. Metal phytoremediation potential of naturally growing plants on fly ash dumpsite of Patratu thermal power station, Jharkhand, India. *International journal of phytoremediation*. **2016**, 18(1), 87–93, doi.org/10.1080/15226514.2015.1064353.
- (9) Mikic, M.; Urosevic, D.; Gardic, V.; Petrovic, B. Monitoring the quality of water, air and soil of the ash and slag landfill of TPP Gacko Cassette III, phases 1 and 2. *Mining and Metallurgy Engineering*. **2014**, № 4, 105–124.
- (10) Миленька, М.М. Біоіндикаційна оцінка екологічного стану Бурштинської урбоекосистеми. *Екологічний вісник*. **2016**, №1 (95), 19–22.
- (11) Неспляк, О.С. Екологічні особливості формування флори і рослинності золошлаковідвалів Бурштинської теплової електростанції та їх використання в рекультивациі. **Автореф. дис.**, Дніпропетровський національний університет імені Олеся Гончара, Дніпропетровськ, 2011.
- (12) Malizia, D.; Giuliano, A.; Ortaggi, G.; Masotti, A. Common plants as alternative analytical tools to monitor heavy metals in soil. *Chemistry Central Journal*. 2012, 6 (2), S6, doi.org/10.1186/1752-153X-6-S2-S6.
- (13) Wu, B.; Peng, H.; Sheng, M.; Luo, H.; Wang, X.; Zhang, R.; Xu, F.; Xu, H. Evaluation of phytoremediation potential of native dominant plants and spatial distribution of heavy metals in abandoned mining area in Southwest China. *Ecotoxicology and environmental safety*. **2021**, 220, 112368, doi.org/10.1016/j.ecoenv.2021.112368.
- (14) Yang, X.; Feng, Y.; He, Z.L.; Stoffella, P.J. Molecular mechanisms of heavy metal hyperaccumulation and phytoremediation. *J. Trace Elem. Med. Biol.* 2005, 18: 339–353, doi.10.1016/j.jtemb.2005.02.007.
- (15) Mehes-Smith, M.; Nkongolo, K.; Narendrula, R.; Cholewa, E. Mobility of heavy metals in plants and soil: a case study from a mining region in Canada. *American Journal of Environmental Sciences*. **2013**, 9(6), 483–493.
- (16) Kahangwa, C.; Nahonyo, C.; Sangu, G.; Kisetu Nassary, E. Assessing phytoremediation potentials of selected plant species in restoration of environments contaminated by heavy metals in gold mining areas of Tanzania. *Heliyon*. **2021**. 7(9), doi.e07979. 10.1016/j.heliyon.2021.e07979.
- (17) Maiti, S.K.; Kumar, A.; Ahirwal, J.; Das, R. Comparative study on bioaccumulation and translocation of metals in Bermuda grass (*Cynodon dactylon*) naturally growing on fly ash lagoon and topsoil. *Applied ecology and environmental research*. 2016, 14(1), 1–12, doi.org/10.15666/aeer/1401\_001012.
- (18) Singh, R.; Singh, D.P.; Kumar, N.; Bhargava, S.K.; Barman, S.C. (2010). Accumulation and translocation of heavy metals in soil and plants from fly ash contaminated area. *Journal of environmental biology*. **2010**, 31(4), 421–430.
- (19) Bislimi, K.; Halili, J.; Sahiti, H.; Bici, M.; Mazreku, I. (2021). Effect of Mining Activity in Accumulation of Heavy Metals in Soil and Plant (*Urtica dioica* L). *Journal of Ecological Engineering*. 2021, 22(1), 1-7, doi.org/10.12911/22998993/128691.
- (20) Pandey, V.C. 2012. Phytoremediation of heavy metals from fly ash pond by *Azolla caroliniana*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. **2012**, 82, 8–12.
- (21) Ali, H.; Khan, E.; Sajad, M.A. Phytoremediation of heavy metals – concepts and applications. *Chemosphere*. **2013**, 91, 869–881, doi.org/10.1016/j.chemosphere.2013.01.075.
- (22) Adams, A.; Raman, A.; Hodgkins, D. How do the plants used in phytoremediation in constructed wetlands, a sustainable remediation strategy, perform in heavy-metal-contaminated mine sites? *Water and Environment Journal*. 2013, 27, doi.10.1111/j.1747-6593.2012.00357.x.
- (23) Bacchetta, G.; Cappai, G.; Carucci, A. Use of Native Plants for the Remediation of Abandoned Mine Sites in Mediterranean Semiarid Environments. *Bull. Environ. Contam. Toxicol*. **2015**, 94, 326–333, doi.org/10.1007/s00128-015-1467-y
- (24) Dickinson, N.M.; Baker, A.J.; Doronila, A.; Laidlaw, S.; Reeves, R.D. Phytoremediation of inorganics: realism and synergies. *International journal of phytoremediation*. **2009**, 11(2), 97–114, doi.org/10.1080/15226510802378368.
- (25) Lorestandi, B.; Cheraghi, M.; Yousefi, N. Phytoremediation potential of native plants growing on a heavy metals contaminated soil of copper mine in Iran. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. **2011**, 77, 377–382.
- (26) Stylianou, M.; Gavriel, I.; Vogiatzakis, I.N.; Zorpas, A.; Agapiou, A. Native plants for the remediation of abandoned sulphide mines in Cyprus: A preliminary assessment. *Journal of environmental management*. **2020**, 274, 110531, doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110531.

- (27) Bech, J.; Duran, P.; Roca, N.; Poma, W.; Sánchez, I.; Roca-Pérez, L.; Boluda, R.; Barceló, J.; Poschenrieder, C. Accumulation of Pb and Zn in *Bidens triplinervia* and *Senecio* sp. Spontaneous species from mine spoils in Peru and their potential use in phytoremediation. *Journal of Geochemical Exploration*. 2012, 123, 109–113, doi.10.1016/j.gexplo.2012.06.021.
- (28) Pandey, S.K.; Bhattacharya, T.; Chakraborty, S. 2016. Metal phytoremediation potential of naturally growing plants on fly ash dumpsite of Patratu thermal power station, Jharkhand, India. *International journal of phytoremediation*. **2016**, 18(1), 87–93, doi.org/10.1080/15226514.2015.1064353.
- (29) Pandey, V.C. Assisted phytoremediation of fly ash dumps through naturally colonize plants. *Ecological Engineering*. **2015**, 82, 1–5.
- (30) Sinha, S.; Mishra, R.; Sinam, G.; Mallick, S.; Gupta, A. Comparative Evaluation of Metal Phytoremediation Potential of Trees, Grasses, and Flowering Plants from Tannery-Wastewater-Contaminated Soil in Relation with Physicochemical Properties. *Soil and Sediment Contamination An International Journal*. **2010**, 22, doi.org/10.1080/15320383.2013.770437.
- (31) ГОСТ 30178–96. Сировина і продукти харчові. Атомно-абсорбційний метод визначення токсичних елементів. URL [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id\\_doc=76401](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=76401) (доступний 12.03.2022).
- (32) ДСТУ 4770:2007. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук марганцю в ґрунті в буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії [Чинний від 01.01.2009]. К.: Держспоживстандарт України.
- (33) ДСТУ ISO 10381-2:2004. Якість ґрунту. Відбирання проб. Частина 2. Настанови з методів відбирання проб [Чинний від 01.04.2004]. К.: Держспоживстандарт.
- (34) Yoon, J., Cao, X., Zhou, Q. (2006). Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *The Science of the Total Environment*. **2006**, 368, 456–464, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016.
- (35) Фецюх, А.; Буньоб Л.; Пацула, О.; Терек, О. Накопичення важких металів рослинами *S. viminalis* за росту на субстраті зі Стебницького хвостосховища. *Вісн. Львів. ун-ту. Сер. біол.* **2019**, 81, 96–110.
- (36) Mganga, N.; Manoko, M.L.K.; Rulangaranga, Z.K. Classification of plants according to their heavy metal content around North Mara gold mine, Tanzania: implication for phytoremediation. *Tanzania Journal of Science*. **2011**, 37, 109–119, doi.org/10.4314/tjs.v37i1.
- (37) Готвянська, В.О.; Демура, В.І. Розподіл та накопичення важких металів в ґрунтово-рослинному покриві в умовах техногенного впливу. *Вісник Дніпропетровського університету*. **2013**, 21(15), 112–115.
- (38) Демура, В.І.; Готвянська, В.О.; Павличенко, А.В. Розподіл та накопичення важких металів в рослинах та ґрунтах на територіях розміщення відходів вуглевидобутку. *Геотехнічна механіка*. **2013**, 111, 23–29.
- (39) Довгопола, К.А. Екологічна оцінка вмісту важких металів у ґрунті та *Trifolium pratense* L. *Проблеми екологічної біотехнології*. **2016**, № 1, 1–7.
- (40) Киричук, Г.Є.; Перепелиця, Л.О.; Перепелиця, І.П.; Козаченко, М.С. Особливості біологічної акумуляції важких металів рослинністю в умовах антропогенного тиску. *Наукові записки Тернопільського нац. пед. У-ту ім. Володимира Гнатюка*. **2011**, № 4 (49), 60–66.
- (41) Довганич, Н.В. Оцінка ступеня забруднення цинком системи ґрунт–вода–рослина території Бурштинської теплоелектростанції та зони активного її впливу. *Ґрунтознавство*. **2011**, 12, No3–4, 49–54.
- (42) Yoon, J.; Cao, X.; Zhou, Q. Accumulation of Pb, Cu, and Zn in Native Plants Growing on a Contaminated Florida Site. *The Science of the total Environment*. **2006**, 368, 456–64, doi.org/10.1016/j.scitotenv.2006.01.016.
- (43) Küpper, H.; Andresen, E. Mechanisms of metal toxicity in plants. *Metallomics: integrated biometal science*. **2016**, 8(3), 269–285, doi.org/10.1039/c5mt00244c.
- (44) Bidar, G.; Garçon, G.; Pruvot, C.; Dewaele, D.; Cazier, F.; Douay, F.; Shirali, P. Behavior of *Trifolium repens* and *Lolium perenne* growing in a heavy metal contaminated field: Plant metal concentration and phytotoxicity. *Environmental pollution*, **2007**, 147(3), 546–553, doi.org/10.1016/j.envpol.2006.10.013.

УДК 582.93(477)  
DOI <https://doi.org/10.26661/2410-0943-2024-1-03>

## Ефемерофіт *Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D. Don ex W.H. Baxter (Solanaceae) в Україні

Ольшанський І. Г.

Інститут ботаніки імені М. Г. Холодного Національної академії наук України

ORCID: 0000-0002-8615-7054

olshansky1982@ukr.net

**Ключові слова:** адвентивні рослини, декоративні рослини, біогеографія, біотопи, гібриди.

Петунія Аткинса, *Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D. Don ex W.H. Baxter (*Petunia ×hybrida* hort.) – це штучно виведений гібрид *P. axillaris* (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb. × *P. integrifolia* (Hook.) Schinz & Thell. s.l., трав'яна однорічна або багаторічна рослина, до 60см заввишки, яку часто культивують на квітниках. Іноді *P. ×atkinsiana* трапляється здичавіло. Вона належить до ефемерофітів, тобто до тих неаборигенних таксонів, які періодично заносяться у певну місцевість, але швидко зникають. Оскільки ефемерофіти як правило не спричиняють суттєвих економічних або екологічних проблем, то їх вивченню дослідники приділяють мало уваги. Метою цього дослідження було узагальнити відомості про випадки спонтанного зростання *P. ×atkinsiana* в Україні. Для збору хорологічних відомостей про спонтанне зростання *P. ×atkinsiana* проаналізовано літературні джерела та інтернет-ресурси (iNaturalist, UkrBin), опрацьовано матеріали Національного гербарію України (KW) та гербарію Інституту екології Карпат (LWKS), враховані результати власних польових досліджень у Полтавській області та в місті Києві. Карта випадків спонтанного зростання *P. ×atkinsiana* в Україні створена за допомогою SimpleMappr. Узагальнивши наявні відомості, у статті показано що науковці та натуралісти-аматори спостерігали багато випадків спонтанного поширення *P. ×atkinsiana* по всій території України. *Petunia ×atkinsiana* трапляється переважно поблизу місць її культивування: біля клумб, під парканами, біля будинків, у щілинах на тротуарах, зрідка – на смітниках та на узбіччях доріг, відмічені випадки спонтанного зростання цього виду на кладовищах і навіть на пам'ятках монументального мистецтва. Таким чином, *P. ×atkinsiana* досить часто росте поза культурою у синантропних біотопах. Стабільних популяцій *P. ×atkinsiana* не спостерігали. За походженням *P. ×atkinsiana* належить до ергазіофітів, за ступенем натуралізації – до ефемерофітів, за часом проникнення – до кенофітів.

**Ключові слова:** адвентивні рослини, декоративні рослини, біогеографія, біотопи, гібриди.

## Ephemerophyte *Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D. Don ex W.H. Baxter (Solanaceae) in Ukraine

**Olshanskyi I. G.**

*M. G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine*

ORCID: 0000-0002-8615-7054

olshansky1982@ukr.net

**Key words:** *adventive plants, ornamental plants, biogeography, biotopes, hybrids.*

*Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D. Don ex W.H. Baxter (*Petunia ×hybrida* hort.) is an artificially bred hybrid of *P. axillaris* (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb. × *P. integrifolia* (Hook.) Schinz & Thell. s.l. It is a herbaceous annual or perennial plant, up to 60 cm tall. *Petunia ×atkinsiana* belongs to ornamental plants, it is often cultivated in flower gardens. Sometimes *P. ×atkinsiana* occurs wild. It belongs to ephemerophytes. Since ephemerophytes do not cause significant economic and ecological problems, researchers pay little attention to their study. This study aimed to summarize information on cases of spontaneous growth of *P. ×atkinsiana* in Ukraine. To collect data about the spontaneous distribution of *P. ×atkinsiana*, I analyzed literary sources and Internet resources (iNaturalist, UkrBin), revised the materials of the National Herbarium of Ukraine (KW) and the herbarium of the Institute of Ecology of the Carpathians (LWKS), took into account the results of my own field trips in Poltava region and Kyiv. The map of cases of *P. ×atkinsiana* spontaneous growth in Ukraine was created using SimpleMappr. Summarizing the available information, in the article I show that scientists and amateur naturalists have observed many cases of spontaneous distribution of *P. ×atkinsiana* throughout the territory of Ukraine. *Petunia ×atkinsiana* occurs mainly near the places of its cultivation: near flower beds, under fences, near houses, in cracks on sidewalks, occasionally it grows on garbage dumps and on the sides of roads, cases of spontaneous growth of this species in cemeteries and even on art monuments have been noted. Thus, *P. ×atkinsiana* quite often grows outside culture in synanthropic biotopes. In Ukraine, stable populations of *P. ×atkinsiana* were not observed. *Petunia ×atkinsiana* is an ergasiophyte, an ephemerophyte, and a kenophyte.

**Key words:** *adventive plants, ornamental plants, biogeography, biotopes, hybrids.*

### Вступ

Петунія Аткинса, *Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D. Don ex W.H. Baxter (*Petunia ×hybrida* hort.) – це штучно виведений гібрид, трав'яна одно- або багаторічна рослина, до 60 см заввишки, яку часто культивують на квітниках<sup>1,2</sup>. *Petunia ×atkinsiana* походить від схрещування *P. axillaris* (Lam.) Britton, Sterns & Poggenb. (має білі квітки, запилюється лускокрилими) і *P. integrifolia* (Hook.) Schinz & Thell. s.l. (група споріднених таксонів, які мають фіолетові квітки, запилюються бджолами). Перші гібриди були виведені європейськими садівниками на початку XIX століття. Морфологічна різноманітність сучасних сортів є результатом майже двох століть інтенсивної комерційної селекції<sup>2</sup>.

*Petunia ×atkinsiana* іноді трапляється з дичавило. Вона належить до ефемерофітів, тобто до тих неаборигенних таксонів, які періодично заносяться у певну місцевість, але швидко зникають. Оскільки ефемерофіти не спричиняють якихось суттєвих економічних або екологічних проблем,

то їх вивченню дослідники приділяють небагато уваги. До ефемерофітів на території України відносять *Allium rosenorum* R.M.Fritsch, *Callistephus chinensis* (L.) Nees (*Aster chinensis* L.), *Helianthus annuus* L., *Lunaria annua* L., *Malva verticillata* L., *Papaver somniferum* L., *Solanum lycopersicum* L., *Zea mays* L. та багато інших видів рослин<sup>3-7</sup>. З часом деякі види ефемерофітів натуралізуються і переходять до стабільного компонента флори, деякі зникають, а інші так і залишаються ефемерофітами<sup>8-9</sup>.

**Метою** цього дослідження було узагальнити відомості про випадки спонтанного зростання *Petunia ×atkinsiana* в Україні.

### Матеріали та методи досліджень

Для збору даних про спонтанне зростання *P. ×atkinsiana* в Україні проаналізовано літературні джерела та інтернет-ресурси, опрацьовано матеріали Національного гербарію України – гербарію Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, м. Київ (KW) та гербарію Інституту екології

Карпат НАН України, м. Львів (LWKS). Також, враховані результати власних спостережень про випадки зростання *P. ×atkinsiana* поза місцями культивування (у Києві та в Миргородському р-ні Полтавської обл.) (рис. 1). Біотопи визначалися за Національним каталогом біотопів України<sup>10</sup>. Карта випадків спонтанного зростання *P. ×atkinsiana* в Україні створена за допомогою інтернет-ресурсу SimpleMappr<sup>11</sup>.

Конкретні дані про спонтанне поширення *P. ×atkinsiana* в Україні містяться в працях<sup>12-16</sup>. Також, ряд дослідників наводили *P. ×atkinsiana* як адвентивну рослину для того чи іншого регіону досліджень, але без якоїсь географічної прив'язки. На жаль, такі відомості не було можливо використати для цілей цієї статті. Багато спостережень є на інтернет-ресурсах iNaturalist (<https://www.inaturalist.org> [тут і нижче, доступ 2024-04-10]) та UkrBin (<https://www.ukrbin.com>). А в опрацьованих нами гербаріях зразків *P. ×atkinsiana* було мало.



Рис. 1. *Petunia ×atkinsiana* поза місцем культивування, Київ, Майдан Незалежності, 03 липня 2023 р.  
Fig. 1. *Petunia ×atkinsiana* outside the place of cultivation, Kyiv, Maidan Nezalezhnosti, July 3, 2023.

### Результати

Хорологічні відомості про випадки спонтанного зростання *P. ×atkinsiana* зібрано в табл. 1. Вони згруповані згідно адміністративно-територіального поділу України. Знахідки або спостереження рослин в одній територіальній громаді подано за їх хронологією.

### Обговорення

Таким чином, науковці та натуралісти-аматори спостерігали багато випадків зростання *P. ×atkinsiana* поза місцями культивування цього виду рослин по всій території України (рис. 2).

Також, спонтанне зростання *P. ×atkinsiana* відзначали і в сусідніх країнах: у Румунії<sup>17-18</sup>, Угорщині<sup>19-20</sup>, Словаччині<sup>21-22</sup>, Польщі<sup>23</sup> та ін.

### Біотопи

За матеріалами власних спостережень та аналізом літературних джерел нами було встанов-

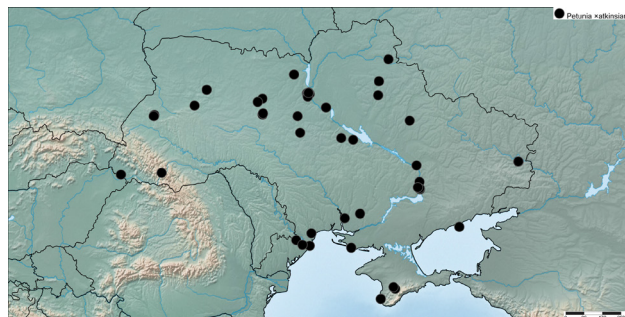


Рис. 2. Випадки спонтанного зростання *Petunia ×atkinsiana* в Україні  
Fig. 2. Occurrences of spontaneous growth of *Petunia ×atkinsiana* in Ukraine

лено біотопи, в яких трапляється *P. ×atkinsiana* за Національним каталогом біотопів України<sup>10</sup>.

Біотопи, в яких росте *P. ×atkinsiana* в Україні:

- С. Синантропні біотопи
- С2 Культивовані біотопи
- С2.2 Декоративні культивовані біотопи
- С2.2.3 Квітники (клумби, плантації квітів, садові центри)
- С3 Селітебні біотопи та технотопи
- С3.3 Комплекси біотопів забудованих територій
- С3.6 Звалища сміття та твердих відходів (рис. 3).



Рис. 3. *Petunia ×atkinsiana* росте на смітнику, Київ, 27 серпня 2021р.  
Fig. 3. *Petunia ×atkinsiana* grows on a garbage dump, Kyiv, August 27, 2021.

### Натуралізація

*Petunia ×atkinsiana* спонтанно росте переважно поблизу місць її культивування: біля клумб, під парканами, біля будинків, у щілинах на тротуарах, зрідка – на смітниках та на узбіччях доріг (рис. 4). Відмічені випадки спонтанного зростання цього виду на кладовищах і навіть на пам'ятках монументального мистецтва (спостереження Н. Скобель, <https://www.inaturalist.org/observations/170845404> та І. Мойсієнка, <https://www.inaturalist.org/observations/170845344>).

Стабільних популяцій *P. ×atkinsiana* наразі не спостерігали. За походженням цей нототаксон належить до ергазіофітів (втікачі з культури),

Таблиця 1 – Спонтанне зростання *Petunia ×atkinsiana* в Україні  
 Table 1 – Spontaneous growth of *Petunia ×atkinsiana* in Ukraine

Адміністративне розташування	Оригінальні дані про місцезростання	Тип даних	Географічні координати	
			N	E
<b>АР КРИМ</b>				
<b>Сімферопольський р-н</b>				
м. Сімферополь	28.VIII. 2021, С. Богданович, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/92932691">https://www.inaturalist.org/observations/92932691</a>	інтернет-ресурси	44.908347	34.150972
м. Сімферополь	В щілині в асфальті, 03.VII. 2022, В. Білоус, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/124717423">https://www.inaturalist.org/observations/124717423</a>	інтернет-ресурси	44.960447	34.080643
<b>ДНІПРОПЕТРОВСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Дніпровський р-н</b>				
Дніпровська ОТГ м. Дніпро	03.IX. 2020, А. Ніколенко, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/69761498">https://www.inaturalist.org/observations/69761498</a>	інтернет-ресурси	48.46471	35.04618
<b>ЖИТОМИРСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Бердичівський р-н</b>				
Бердичівська ОТГ м. Бердичів	Garden discard, 03.VIII. 2017, О. Шиндер, Є. Воробйов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/102707231">https://www.inaturalist.org/observations/102707231</a>	інтернет-ресурси	49.859539	28.588081
Бердичівська ОТГ м. Бердичів	Sub-ergasiophytophyte, 25.VII. 2021, О. Шиндер, О. Орлов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/106784491">https://www.inaturalist.org/observations/106784491</a>	інтернет-ресурси	49.890547	28.606484
<b>Житомирський р-н</b>				
Оліївська ОТГ с. Довжик	On the edge of the forest near the summer cottages (runaway from culture), 22.VII. 2015, О. Баранський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/65296861">https://www.inaturalist.org/observations/65296861</a>	інтернет-ресурси	50.290599	28.581024
Тетерівська ОТГ с. Тригир'я	15.X. 2021, Микола "Mixedroute" (натураліст-аматор), <a href="https://www.inaturalist.org/observations/98677177">https://www.inaturalist.org/observations/98677177</a>	інтернет-ресурси	50.200569	28.378689
<b>ЗАКАРПАТСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Берегівський р-н</b>				
Берегівська ОТГ м. Берегове	09.VII. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/52512817">https://www.inaturalist.org/observations/52512817</a>	інтернет-ресурси	48.206825	22.642109
<b>Рахівський р-н</b>				
Ясінянська ОТГ сел. Ясіня	Закарпатська обл., Рахівський р-н, смт. Ясіня, вул. Набережна. На березі р. Чорна Тиса. Синантропізовані угруповання. 04.VIII. 2009. Leg.: Н. Сичак 22742, LWKS 025754	гербарні матеріали	48.256056	24.346639
<b>ЗАПОРІЗЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Бердянський р-н</b>				
Бердянська ОТГ м. Бердянськ	Запорожская обл., г. Бердянск, заброшенный газон, 11.VIII. 2014, Leg.: А.В. Бойко, KW 117225	гербарні матеріали	46.721434	36.840738
Бердянська ОТГ м. Бердянськ	м. Бердянськ, декілька локалітетів по кілька рослин у кожному (занедбані газони, щілини в дорожньому покритті тощо, 11,15.08.2014, Г. Бойко) (Бойко & Коломійчук, 2015)	літературні дані	46.721434	36.840738
<b>Запорізький р-н</b>				
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	27.IX. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/60992610">https://www.inaturalist.org/observations/60992610</a>	інтернет-ресурси	47.821146	35.173762
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	28.IX. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/61130647">https://www.inaturalist.org/observations/61130647</a>	інтернет-ресурси	47.814884	35.175789
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	Елемент спонтанної флори, ніяких посадок поруч немає, 29.IX. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/61216628">https://www.inaturalist.org/observations/61216628</a>	інтернет-ресурси	47.795639	35.187347
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	30.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96670023">https://www.inaturalist.org/observations/96670023</a>	інтернет-ресурси	47.82079	35.172959



Продовження таблиці 1  
Continuation of table 1

Адміністративне розташування	Оригінальні дані про місцезростання	Тип даних	Географічні координати	
			N	E
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	22.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/95764991">https://www.inaturalist.org/observations/95764991</a>	інтернет-ресурси	47.825058	35.175095
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	01.X. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96831642">https://www.inaturalist.org/observations/96831642</a>	інтернет-ресурси	47.849334	35.099601
Запорізька ОТГ м. Запоріжжя	01.X. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96831627">https://www.inaturalist.org/observations/96831627</a>	інтернет-ресурси	47.849236	35.099407
Михайлівська ОТГ с. Андріївка	25.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96148505">https://www.inaturalist.org/observations/96148505</a>	інтернет-ресурси	48.003465	35.166702
<b>м. КИЇВ</b>				
м. Київ	12.IX. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/59335468">https://www.inaturalist.org/observations/59335468</a>	гербарні матеріали	50.4346	30.454124
м. Київ	здичавіло, 25.X. 2020, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/63495883">https://www.inaturalist.org/observations/63495883</a>	інтернет-ресурси	50.429204	30.494905
м. Київ	21.VI. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/83928426">https://www.inaturalist.org/observations/83928426</a>	інтернет-ресурси	50.427253	30.496457
м. Київ	ВДНГ, ruderal place / на купі нагорнутої землі, 27.VIII. 2021, І. Ольшанський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/92673948">https://www.inaturalist.org/observations/92673948</a>	інтернет-ресурси	50.371331	30.471106
м. Київ	Рослина, «втікач» з культури, 06.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/94038444">https://www.inaturalist.org/observations/94038444</a>	інтернет-ресурси	50.415433	30.559272
м. Київ	22.X. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/99052635">https://www.inaturalist.org/observations/99052635</a>	інтернет-ресурси	50.415403	30.559161
м. Київ	30.X. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/99871258">https://www.inaturalist.org/observations/99871258</a>	інтернет-ресурси	50.423052	30.481657
м. Київ	Self-seeding at the edge of the flowerbed / Самосів біля клумби, 18.VII. 2022, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/126918515">https://www.inaturalist.org/observations/126918515</a>	інтернет-ресурси	50.415248	30.559319
м. Київ	під бордюром, 09.IX. 2022, І. Ольшанський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/134330979">https://www.inaturalist.org/observations/134330979</a>	інтернет-ресурси	50.340075	30.482933
м. Київ	29.VI. 2023, С. Конякін, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/170399180">https://www.inaturalist.org/observations/170399180</a>	інтернет-ресурси	50.443662	30.513511
м. Київ	the plant is an escaped from cultivation / утікач з культури, 03.VII. 2023, І. Ольшанський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/170894117">https://www.inaturalist.org/observations/170894117</a>	інтернет-ресурси	50.450463	30.523127
м. Київ	м. Київ. Майдан Незалежності, в щілинах між трогуарною плиткою, N50.45040° E30.52320°, 04.VII. 2023, Leg.: І. Ольшанський, KW 162715	гербарні матеріали	50.45040	30.52320
<b>КИЇВСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Білоцерківський р-н</b>				
Білоцерківська ОТГ м. Біла Церква	НДП Олександрія (Шиндер & Дойко, 2020)	літературні дані	49.81500	30.05600
Ставищенська ОТГ с. Розкішна	14.VIII. 2018, О. Шиндер, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/108933382">https://www.inaturalist.org/observations/108933382</a>	інтернет-ресурси	49.366313	30.159515
<b>Бориспільський р-н</b>				
Дівичківська ОТГ с. Дівички	Pine forest, escaped (one plant), 13.VII. 2021, Д. Давидов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/106870927">https://www.inaturalist.org/observations/106870927</a>	інтернет-ресурси	50.04994	31.247928
<b>Вишгородський р-н</b>				
Іванківська ОТГ сел. Іванків	У розщілинах асфальтового покриття і бордюрних блоків. In the cracks of the asphalt pavement and curb blocks, 30.VIII. 2020, О. Баранський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/119270101">https://www.inaturalist.org/observations/119270101</a>	інтернет-ресурси	50.932848	29.905403

Адміністративне розташування	Оригінальні дані про місцезростання	Тип даних	Географічні координати	
			N	E
<b>ЛЬВІВСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Львівський р-н</b>				
Львівська ОТГ м. Львів	м. Львів, вул. Козельницька. Рудеральні угруповання на смітнику поблизу Стрийського парку. 14.IX. 2003, Leg.: Н. Сичак 21185, LWKS 010271 (Сичак & Кагало, 2010)	гербарні матеріали, літературні дані	49.81847	24.02188
Львівська ОТГ м. Львів	м. Львів, вул. О. Довбуша. Між тротуарними плитами. 11.IX. 2005. Leg.: Н. Сичак, М. Кагало 23837, LWKS 026260	гербарні матеріали	49.84583	24.04608
Львівська ОТГ м. Львів	Львівська обл., м. Львів, на розі вулиць Академіка Філатова та Пекарської. Між тротуарними плитами біля будинку, 28.VII. 2007. Leg.: Н. Сичак, М. Кагало 26265, LWKS 025857	гербарні матеріали	49.838000	24.039361
<b>ЛУГАНСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Луганський р-н</b>				
Луганська ОТГ м. Луганськ	19.VII. 2017, Т. Сова, <a href="https://www.ukrbin.com/show_image.php?imageid=102557">https://www.ukrbin.com/show_image.php?imageid=102557</a>	інтернет-ресурси	48.571431	39.315204
Луганська ОТГ м. Луганськ	22.X. 2019, Т. Сова, <a href="https://www.ukrbin.com/show_image.php?imageid=131066">https://www.ukrbin.com/show_image.php?imageid=131066</a>	інтернет-ресурси	48.571869	39.313570
Луганська ОТГ м. Луганськ	Сквер, як бур'ян, 26.IX. 2019, Т. Сова, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/35840794">https://www.inaturalist.org/observations/35840794</a>	інтернет-ресурси	48.569182	39.308192
Луганська ОТГ м. Луганськ	05.VII. 2021, Т. Сова, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/109208743">https://www.inaturalist.org/observations/109208743</a>	інтернет-ресурси	48.566601	39.318915
<b>МИКОЛАЇВСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Баштанський р-н</b>				
Широківська ОТГ с. Широке	31.V. 2023, А. Блоха, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/164832697">https://www.inaturalist.org/observations/164832697</a>	інтернет-ресурси	47.099461	32.676438
<b>Миколаївський р-н</b>				
Миколаївська ОТГ м. Миколаїв	м. Миколаїв (Мельник, 2009)	літературні дані	46.96850	32.03160
Миколаївська ОТГ м. Миколаїв	03.VII. 2023, Н. Скобель, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/170845404">https://www.inaturalist.org/observations/170845404</a>	інтернет-ресурси	46.968514	32.031607
Миколаївська ОТГ м. Миколаїв	03.VII. 2023, І. Мойсієнко, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/170845344">https://www.inaturalist.org/observations/170845344</a>	інтернет-ресурси	46.968517	32.031641
<b>ОДЕСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Білгород-Дністровський р-н</b>				
Кароліно-Бугазька ОТГ с. Кароліно-Бугаз	06.VIII. 2021, А. Hauser, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/90133736">https://www.inaturalist.org/observations/90133736</a>	інтернет-ресурси	46.175112	30.563017
Мологівська ОТГ с. Випасне	08.VII. 2023, І. Мойсієнко, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/171702420">https://www.inaturalist.org/observations/171702420</a>	інтернет-ресурси	46.202985	30.256684
Старокозацька ОТГ с. Старокозаче	26.X. 2023, І. Мойсієнко, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/188992904">https://www.inaturalist.org/observations/188992904</a>	інтернет-ресурси	46.336104	30.000318
<b>Одеський р-н</b>				
Нерубайська ОТГ с. Нерубайське	23.X. 2023, Н. Скобель, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/188653808">https://www.inaturalist.org/observations/188653808</a>	інтернет-ресурси	46.538381	30.631738
<b>ПОЛТАВСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Миргородський р-н</b>				
Заводська ОТГ с. Піски	19.VIII. 2022, І. Ольшанський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/131464485">https://www.inaturalist.org/observations/131464485</a>	інтернет-ресурси	50.379766	33.434969
Заводська ОТГ с. Піски	біля дороги, 19.VIII. 2023, І. Ольшанський, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/179348034">https://www.inaturalist.org/observations/179348034</a>	інтернет-ресурси	50.378986	33.429721

Закінчення таблиці 1  
End of table 1

Адміністративне розташування	Оригінальні дані про місцезростання	Тип даних	Географічні координати	
			N	E
<b>Полтавський р-н</b>				
Новоселівська ОТГ с. Рунівщина	Полтавська обл., Полтавський р-н, за с. Рунівщина, бур'ян вздовж дороги біля ферми (здичавіле), 28.IX. 2014, Leg.: Д.А. Давидов, KW 135896	гербарні матеріали	49.696214	34.753932
<b>РІВНЕНСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Рівненський р-н</b>				
Здолбунівська ОТГ м. Здолбунів	здичавіле з культури, 31.VIII. 2023, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/181597379">https://www.inaturalist.org/observations/181597379</a>	інтернет-ресурси	50.526456	26.24115
<b>м. СЕВАСТОПОЛЬ</b>				
м. Севастополь	07.IX. 2019, Д. Смірнов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/32257605">https://www.inaturalist.org/observations/32257605</a>	інтернет-ресурси	44.605325	33.54758
м. Севастополь	07.IX. 2019, Д. Смірнов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/32257750">https://www.inaturalist.org/observations/32257750</a>	інтернет-ресурси	44.605299	33.547571
м. Севастополь	07.IX. 2019, Д. Смірнов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/32258231">https://www.inaturalist.org/observations/32258231</a>	інтернет-ресурси	44.605292	33.547657
м. Севастополь	07.IX. 2019, Д. Смірнов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/32258233">https://www.inaturalist.org/observations/32258233</a>	інтернет-ресурси	44.605303	33.547751
м. Севастополь	07.IX. 2019, Д. Смірнов, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/32258252">https://www.inaturalist.org/observations/32258252</a>	інтернет-ресурси	44.605306	33.547724
<b>СУМСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Конотопський р-н</b>				
Путивльська ОТГ м. Путивль	24.VIII. 2022, О. Міськова, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/132180107">https://www.inaturalist.org/observations/132180107</a>	інтернет-ресурси	51.333058	33.863804
<b>Роменський р-н</b>				
Роменська ОТГ м. Ромни	Сумська обл., м. Ромни, на території нефункціонуючого поліграфмашу, на смітнику, 15.VIII. 2012, Leg.: Т.С. Двірна, KW 00106195	гербарні матеріали	50.752499	33.465637
<b>ТЕРНОПІЛЬСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Кременецький р-н</b>				
Кременецька ОТГ м. Кременець	Самосів, 31.VIII. 2022, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/135114282">https://www.inaturalist.org/observations/135114282</a>	інтернет-ресурси	50.101554	25.728015
<b>ХЕРСОНСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Скадовський р-н</b>				
Бехтерська ОТГ с. Залізний Порт	16.VII. 2021, С. Конякін, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/87392546">https://www.inaturalist.org/observations/87392546</a>	інтернет-ресурси	46.117346	32.306601
<b>ЧЕРКАСЬКА ОБЛ.</b>				
<b>Черкаський р-н</b>				
Медведівська ОТГ с. Медведівка	Самосів біля цегляної стіни поблизу місця культивування, 16.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96550533">https://www.inaturalist.org/observations/96550533</a>	інтернет-ресурси	49.170456	32.384857
Медведівська ОТГ с. Медведівка	16.IX. 2021, О. Левон, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/96626933">https://www.inaturalist.org/observations/96626933</a>	інтернет-ресурси	49.170364	32.384897
Смілянська ОТГ м. Сміла	28.VII. 2022, С. Конякін, <a href="https://www.inaturalist.org/observations/123879237">https://www.inaturalist.org/observations/123879237</a>	інтернет-ресурси	49.218648	31.886559

за ступенем натуралізації – до ефемерофітів, за часом проникнення – до кенофітів.

Відомо, що адвентивні види рослин, як правило, на нових територіях з перших поодиноких занесень інтенсивно не поширюються. І тільки з часом частота трапляння та ареал адвентивних видів збільшуються<sup>24</sup>. Як вже тут було зазначено, на сьогодні садова петунія належить до дуже популярних декоративних рослин. На місцях культивування і поруч іноді спостерігається її самосів. Наприклад, як зазначала Т.В. Сова, в рудеральних екоотопах Луганська щорічно у великій кількості трапляються деякі культурні види, з поміж яких і *P. ×atkinsiana*. Поновлення рослин там відбувається як завдяки насінню, яке постійно заноситься в ґрунт людиною, так і за рахунок насінню, яке

лярих декоративних рослин. На місцях культивування і поруч іноді спостерігається її самосів. Наприклад, як зазначала Т.В. Сова, в рудеральних екоотопах Луганська щорічно у великій кількості трапляються деякі культурні види, з поміж яких і *P. ×atkinsiana*. Поновлення рослин там відбувається як завдяки насінню, яке постійно заноситься в ґрунт людиною, так і за рахунок насінню, яке

дозріває на рослинах<sup>25</sup>. *Petunia ×atkinsiana* чутлива до вологи та морозів і лише спорадично переживає зиму. Наразі цей вид не здатен створювати та формувати самопідтримувані популяції в умовах нашого клімату. Також, у Західній Європі подекуди вирощують генетично модифіковані рослини *P. ×atkinsiana* у яких змінено колір квіток (зокрема, створено рослини з помаранчевими квітками) і/або сформовано стійкість до певних антибіотиків. Вважається, що вказані модифікації загалом не впливають на інвазійний потенціал рослин. На сьогодні немає відомостей про здичавілі популяції *P. ×atkinsiana* з помаранчевими квітками в Європі<sup>26-28</sup>.

### Висновки

*Petunia ×atkinsiana* досить часто росте поза культурою у синантропних біотопах. Випадки такого зростання відомі по всій території України. Стабільних популяцій *P. ×atkinsiana* не спостерігали. За походженням *P. ×atkinsiana* належить до ергазіофітів, за ступенем натуралізації – до ефемерофітів, за часом проникнення – до кенофітів.

### Подяки

За сприяння при підготовці цієї публікації автор висловлює подяки куратору гербарію LWKS Н.М. Сичак, куратору та співробітникам гербарію KW Н.М. Шиян, А.В. Шумілової та І.І. Дяченко. Також, автор висловлює подяки анонімним рецензентам за корисні рекомендації.

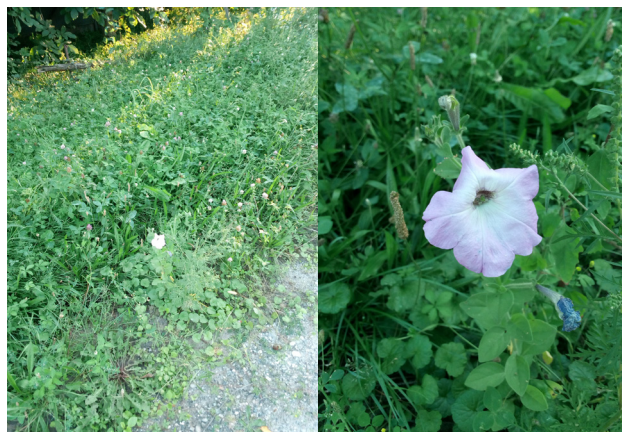


Рис. 4. *Petunia ×atkinsiana* росте на узбіччі дороги, село Піски, Заводська громада, Миргородський район, Полтавська область, 19 серпня 2023 р.

Fig. 4. *Petunia ×atkinsiana* grows on the roadside, Pisky village, Zavodska hromada, Myrhorod rayon, Poltava oblast, August 19, 2023.

Робота виконана в межах виконання теми «Виявлення закономірностей просторового розміщення і тенденцій змін ареалів модельних видів та ведення таксономічної системи судинних рослин України з використанням інформаційних технологій» (0121U113957).

### Література

- (1) Wijsman, H. J. W. On the interrelationships of certain species of *Petunia*. I. Taxonomic notes on the parental species of *Petunia hybrida*. *Acta Bot. Neerl.* **1982**. 31(5/6), 477–490.
- (2) Bombarely, A.; Moser, M.; Amrad, A.; Bao, M.; Vapaume, L.; Barry, C. S.; Blied, M.; Boersma, M. R.; Borghi, L.; Bruggmann, R.; Bucher, M.; D'Agostino, N.; Davies, K.; Druge, U.; Dudareva, N.; Egea-Cortines, M.; Delledonne, M.; Fernandez-Pozo, N.; Franken, P.; Grandont, L.; Heslop-Harrison, J. S.; Hintzsche, J.; Johns, M.; Koes, R.; Lv, X.; Lyons, E.; Malla, D.; Martinoia, E.; Mattson, N. S.; Morel, P.; Mueller, L. A.; Muhlemann, J.; Nouri, E.; Passeri, V.; Pezzotti, M.; Qi, Q.; Reinhardt, D.; Rich, M.; Richert-Pöggeler, K. R.; Robbins, T. P.; Schatz, M. C.; Schranz, M. E.; Schuurink, R. C.; Schwarzacher, T.; Spelt, K.; Tang, H.; Urbanus, S. L.; Vandenbussche, M.; Vijverberg, K.; Villarino, G. H.; Warner, R. M.; Weiss, J.; Yue, Z.; Zethof, J.; Quattrocchio, F.; Sims, T. L.; Kuhlemeier, C. Insight into the evolution of the Solanaceae from the parental genomes of *Petunia* hybrid. *Nature Plants*. **2016**. 2(16074), 1–9. <https://doi.org/10.1038/nplants.2016.74>
- (3) Звягінцева, К. О. Аналіз флори залізниць міста Харкова. *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Серія Біологія*. **2013**. 17(1056), 37–46.
- (4) Чурілов, А. М.; Якубенко, Б. Є. Адвентивні види в складі лісової рослинності півдня Київського Полісся. *Наукові доповіді Національного університету біоресурсів і природокористування України*. **2014**. 6(48). [https://nd.nubip.edu.ua/2014\\_6/11.pdf](https://nd.nubip.edu.ua/2014_6/11.pdf)
- (5) Коцун, Л. О.; Кузьмішина, І. І. Синантропізація флори Волинської області. *Біологічний вісник Мелітопольського державного педагогічного університету імені Богдана Хмельницького*. **2016**. 6(1), 416–427.
- (6) Двірна, Т. Ергазіофіти адвентивної фракції флори Роменсько-Полтавського геоботанічного округу (Україна): конспект та аналіз. *Geo&Bio*. **2019**. 18, 21–36. <https://doi.org/10.15407/gb1804>
- (7) Бурда, Р. І. Приховані ризики розповсюдження вселенців-ефемерофітів у аграрних біотопах України. *Фактори експериментальної еволюції організмів*. **2017**. 21, 23–27.
- (8) Richardson, D. M.; Pyšek, P.; Rejmánek, M.; Barbour, M. G.; Panetta, F. D.; West, C. J. Naturalization and invasion of alien plants: concepts and definitions. *Diversity and Distribution*. **2000**. 6(2), 93–107. <https://doi.org/10.1046/j.1472-4642.2000.00083.x>

- (9) Протопопова, В. В.; Шевера М. В. Фітоінвазії. II. Аналіз основних класифікацій, схем і моделей. *Промышленная ботаника*. **2012**. 12, 88–95.
- (10) *Національний каталог біотопів України*. Куземко, А. А.; Дідух, Я. П.; Онищенко, В. А.; Шеффер, Я., Ред.; ФОП Клименко Ю.Я.: Київ, 2018.
- (11) Shorthouse, D. P. SimpleMappr, an online tool to produce publication-quality point maps. 2010. <https://www.simplemappr.net> (Accessed April 10, 2024).
- (12) Сичак, Н. М.; Кагало, О. О. Доповнення до флори Львівської області (рівнинна частина). *Наукові основи збереження біотичної різноманітності*. **2010**. 1/8(1), 173–196.
- (13) Бойко, Г. В.; Коломійчук, В. П. Доповнення до флори північного узбережжя Азовського моря. *Укр. бот. журн*. **2015**, 72(4), 340–343. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj72.04.340>
- (14) Ольшанський, І. Г. Знахідки *×Sorbaronia fallax* (C.K.Schneid.) C.K.Schneid. і *Petunia ×atkinsiana* (Sweet) D.Don ex W.H.Baxter в Україні в 2020-2022 роках. *Знахідки чужорідних видів рослин та тварин в Україні. Серія: "Conservation Biology in Ukraine". Вип. 29*. Друк Арт: Чернівці. **2023**. 347–348.
- (15) Шиндер, О. І.; Дойко Н. М. Спонтанна флора Державного дендрологічного парку «Олександрія» НАН України (м. Біла Церква, Київська область). In *Actual problems of natural sciences: modern scientific discussions: Collective monograph*; BaltijaPublishing: Riga, 2020, pp. 420–460. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-025-4-20>
- (16) Мельник, Р. П. Конспект адвентивної фракції урбанofлори Миколаєва. *Чорноморськ. бот. журн*. **2009**. 5(2), 147–162.
- (17) Anastasiu, P.; Negrean, G.; Samoilă, C.; Memedemin, D.; Cogălniceanu, D. A comparative analysis of alien plant species along the Romanian Black Sea coastal area. The role of harbours. *Journal of Coastal Conservation*. **2011**. 15, 595–606. <https://doi.org/10.1007/s11852-011-0149-0>
- (18) Urziceanu, M.; Camen-Comănescu, P.; Nagodă, E.; Raicu, M.; Sîrbu, I. M.; Anastasiu, P. Updated list of non-native ornamental plants in Romania. *Contribuții Botanice*. **2020**. 55, 59–82. <https://doi.org/10.24193/Contrib.Bot.55.4>
- (19) Csiky, J.; Balogh, L.; Dancza, I.; Gyulai, F.; Jakab, G.; Király, G.; Lehoczky, É.; Mesterházy, A.; Pósa, P.; Wirth, T. Checklist of alien vascular plants of Hungary and their invasion biological characteristics. *Acta Bot. Hung.* **2023**. 65(1-2), 53–72. <https://doi.org/10.1556/034.65.2023.1-2.3>
- (20) Rigó, A. Additions to the Distribution atlas of vascular plants of Hungary. *Studia botanica hungarica*. **2019**. 50(1), 185–224. <https://doi.org/10.17110/StudBot.2019.50.1.185>
- (21) Medvecká, J.; Kliment, J.; Májeková, J.; Halada, L.; Zaliberová, M.; Gojdičová, E.; Feráková, V.; Jarolímek, I. Inventory of the alien flora of Slovakia. *Preslia*. **2012**. 84, 257–309.
- (22) Rendeková, A.; Mičieta, K. Interesting and rare plant taxa and community in the ruderal flora and vegetation of Bratislava and Malacky. *Acta Botanica Universitatis Comenianae*. **2017**. 52, 11–27.
- (23) Nikel, A. Synanthropic flora of Nowy Sącz town (S Poland). A list of taxa. *Fragmenta Floristica et Geobotanica Polonica*. **2019**. 26(1), 75–147. <https://doi.org/10.35535/ffgp-2019-0006>
- (24) Бурда, Р. І.; Пашкевич, Н. А.; Блінкова, О. І.; Шупова, Т. В.; Стукалюк, С. В.; Іваненко, О. М.; Білушенко, А. А. *Адаптивна стратегія популяції адвентивних видів*. Наукова думка: Київ, 2018.
- (25) Сова, Т. В. Доповнення до адвентивної флори південного сходу України. *Промышленная ботаника*. **2004**. 4, 237-240.
- (26) COGEM. *Update on unauthorised genetically modified garden petunia varieties*. COGEM advice CGM/171213-01. **2017**. <https://cogem.net/en/publication/update-on-unauthorised-genetically-modified-garden-petunia-varieties/>
- (27) Bashandy, H.; Teeri, T. H. Genetically engineered orange petunias on the market. *Planta*. **2017**. 246(2), 277–280. <https://doi.org/10.1007/s00425-017-2722-8>
- (28) Oud, J. S. N.; Schneiders, H.; Kool, A. J.; van Grinsven, M. Q. J. M. Breeding of transgenic orange *Petunia hybrida* varieties. *Euphytica*. **1995**. 85, 403–409. <https://doi.org/10.1007/BF00023973>

## Акустичний моніторинг птахів на весняній міграції у Буковинських Карпатах: ефективність розшифрування пташиних співів інструментарієм

Юзик Д. І.<sup>1</sup>, Юзик А. В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Національний природний парк «Черемоський»

<sup>2</sup>Харківський національний педагогічний університет ім. Г. С. Сковороди

ORCID: 0000-0001-8659-3852, 0000-0002-4071-1662

[muscicapa@ukr.net](mailto:muscicapa@ukr.net), [andriyuzuk@gmail.com](mailto:andriyuzuk@gmail.com)

**Ключові слова:** біорізноманіття, *Song Meter Micro*, сонограми, аудіозаписи, акустичні сигнали.

Глобальні зміни клімату внаслідок антропогенного фактору є однією з основних загроз, з якими стикаються природні екосистеми. Для забезпечення захисту екосистем від цих загроз, важливо вивчати біорізноманіття в них, щоб з'ясувати, коли саме необхідно застосувати заходи, спрямовані на збереження видів. Індикаторами у екосистемах можуть слугувати птахи. Сьогодні вже існують технології, які дозволяють здійснювати моніторинг територій значних за обсягом, що є економічно та фізично ефективними. У нашій роботі ми вперше дослідили видове різноманіття птахів у Буковинських Карпатах із використанням записів звуків, отриманих за допомогою акустичного ресивера *Song Meter Micro*, наданого у використання Франкфуртським зоологічним товариством в Україні, яке підтримує природоохоронні території протягом 20 років. Мета: провести акустичні дослідження фонових видів птахів під час весняної міграції у Буковинських Карпатах для встановлення видового складу орнітофауни, його подібності на різних точках моніторингу та уточнення термінів весняного прильоту. Матеріалом, що аналізується в роботі є звукові файли (n=600) загальною тривалістю 181 хв., записані в рамках Панєвропейської схеми моніторингу фонових видів птахів (The Pan-European Common Bird Monitoring Scheme) у квітні 2023 року на 9 точках в Буковинських Карпатах. Використовуючи прості функції, отримані зі звукових записів, спеціальний додаток BirdNET-Analyzer здатен достатньо точно перевіряти великі набори даних на наявність звуків окремих видів птахів. Крім того, ми представляємо метод, заснований на виявленні початку музичної ноти, для визначення кількості звуків, притаманних певному виду, у записі. Додатково аналізували дані з використанням програмного забезпечення Raven Pro. Отримані сонограми порівнювали із наявними в базі xeno-canto. Визначали подібність видового складу орнітофауни на різних точках моніторингу за бінарними індексами подібності Жаккара та Серенсена-Чекановського, а також коефіцієнтом Стургена-Радулеску. При розшифруванні звукових сигналів інструментарієм показано їх приналежність 54-м видам птахів, з яких 10 – виявлені вперше, для регіону досліджень та достовірно підтверджені в процесі аналізу (перевірка сонограм за допомогою програми RavenPro та порівняння із еталонними сонограмами).

**Ключові слова:** біорізноманіття, *Song Meter Micro*, сонограми, аудіозаписи, акустичні сигнали.

## Acoustic monitoring of birds during spring migration in Bukovinian Carpathians: effectiveness of birdsong decoding tools

Yuzyk D. I.<sup>1</sup>, Yuzyk A. V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Park “Cheremoskyi”

<sup>2</sup>H. S. Skovoroda Kharkiv National Pedagogical University

ORCID: 0000-0001-8659-3852, 0000-0002-4071-1662

muscicapa@ukr.net, andriyuzuk@gmail.com

**Key words:** biodiversity, Song Meter Micro, sonograms, audio recordings, acoustic signals.

Global climate change due to anthropogenic factors is one of the main threats faced by natural ecosystems. To protect ecosystems from these threats, it is essential to study biodiversity within them to determine when to implement measures aimed at species conservation. Birds can serve as indicators in ecosystems. Today, there are technologies that allow for the monitoring of large areas in a cost-effective and efficient manner. In our work, we have for the first time studied the species diversity of birds in the Bukovinian Carpathians using sound recordings obtained with a Song Meter Micro acoustic receiver, provided by the Frankfurt Zoological Society in Ukraine, which has been supporting protected areas for 20 years. The goal: to conduct acoustic research on background bird species during the spring migration in the Bukovinian Carpathians to determine the species composition of the ornithofauna, its similarity at different monitoring points, and to clarify the timing of spring arrival. The material analyzed in the work consists of sound files (n=600) with a total duration of 181 minutes, recorded in April 2023 as part of The Pan-European Common Bird Monitoring Scheme at 9 points in the Bukovinian Carpathians. Using simple functions derived from sound recordings, the specialized application BirdNET-Analyzer is able to accurately check large data sets for the presence of sounds of individual bird species. Additionally, we present a method based on detecting the onset of a musical note to determine the number of sounds characteristic of a particular species in the recording. Data were also analyzed using Raven Pro software. The resulting sonograms were compared with those available in the xeno-canto database. The similarity of species composition at different monitoring points was determined using binary similarity indices of Jaccard and Sørensen-Czekanowski, as well as the Stugren-Radulescu coefficient. The identification of sound signals using tools showed their belonging to 54 bird species, 10 of which were detected for the first time for the study region and reliably confirmed in the analysis process (verification of sonograms using RavenPro software and comparison with reference sonograms).

**Key words:** biodiversity, Song Meter Micro, sonograms, audio recordings, acoustic signals.

### Вступ

На екосистеми в усьому світі впливає ряд загроз, в тому числі глобальні зміни клімату, а також втручання людини у їх функціонування. Для захисту природних середовищ є потреба у розробці технологій щодо моніторингу біорізноманіття в екосистемах і попередження негативного впливу на нього<sup>1</sup>. Традиційні підходи до моніторингу біорізноманіття передбачають вивчення видового різноманіття в екосистемі, яка становить інтерес<sup>2</sup>. Це вимагає від підготовлених експертів присвячення тривалого часу для проведення досліджень в екосистемі. Такий підхід є трудомістким і затратним, а також він не дозволяє охопити моніторингом значної кількості екосистем. Тому зусилля фахівців

були спрямовані на розробку ефективніших підходів до моніторингу біорізноманіття, що полягатиме в короткотривалих дослідженнях обмеженої кількості видів – так званих видів-індикаторів<sup>3</sup>. Не зважаючи на те, що такі дослідження є менш затратними у часі, в порівнянні із повним обстеженням, однак вони все одно потребують виїзду експерта на територію<sup>1</sup>.

В якості альтернативи традиційним підходам моніторингу біорізноманіття є використання акустичних приладів, які записують звуки з метою оцінити видове різноманіття моніторингових екосистем. За допомогою акустичного запису можна визначити вид птаха, який співає, а також його чисельність. Для визначення видів записи можуть

бути опрацьовані експертом або оброблені з використанням програмного забезпечення. Низка авторів визнали акустичний моніторинг біорізноманіття перспективним методом досліджень<sup>1,4,5</sup>. Цей метод є також ефективним для заповнення прогалин щодо міграції птахів у нічний період<sup>6</sup>.

Цей підхід має ряд переваг, а саме: 1) аудіозаписи можна зберігати в архівах, вони слугуватимуть свідченням про стан екосистеми на момент дослідження; 2) для збору даних не потрібні експерти, оскільки для цього необхідно лише навчити людей, які робитимуть записи, правильно поводитись із записуючим пристроєм; 3) акустичні записи можна використовувати як для масштабної оцінки біорізноманіття<sup>4,5</sup>, так і для огляду певного виду<sup>7</sup>. Втім, аналіз отриманих аудіоданих є трудомістким, вимагає експертних знань, а на «сканування» спектрограм у пошуках звуків птахів може йти у 2-3 рази більше часу, ніж тривалість запису<sup>8</sup>.

Враховуючи вище зазначене **метою роботи** було провести акустичні дослідження фонових

видів птахів у Буковинських Карпатах для встановлення видового складу орнітофауни, його подібності на різних точках моніторингу та уточнення термінів весняного прильоту.

#### Матеріали та методи досліджень

Акустичний моніторинг фонових видів птахів проведено на 9 точках в Буковинських Карпатах (координати локацій в Чернівецькій області: I) біля орендованого адмінприміщення НПП «Черемоський» у смт Путила – 25.08763 E, 48.00082 N; II) приватна садиба з малою фотоелектричною сонячною електростанцією – 25.086049 E, 47.992403 N; III) вздовж русла р. Сарата – 24.95854 E, 47.80450 N; 24.96240 E, 47.79931 N; 24.96744 E, 47.79433 N; 24.96562 E, 47.79678 N і 24.98327 E, 47.77551 N; IV) біля адмінбудівлі Перкалабського природоохоронного науково-дослідного відділення (далі – ПНДВ) Національного природного парку «Черемоський» (далі – НПП) – 24.95964 E, 47.80536 N і 24.98292 E, 47.78368 N) (рис. 1).

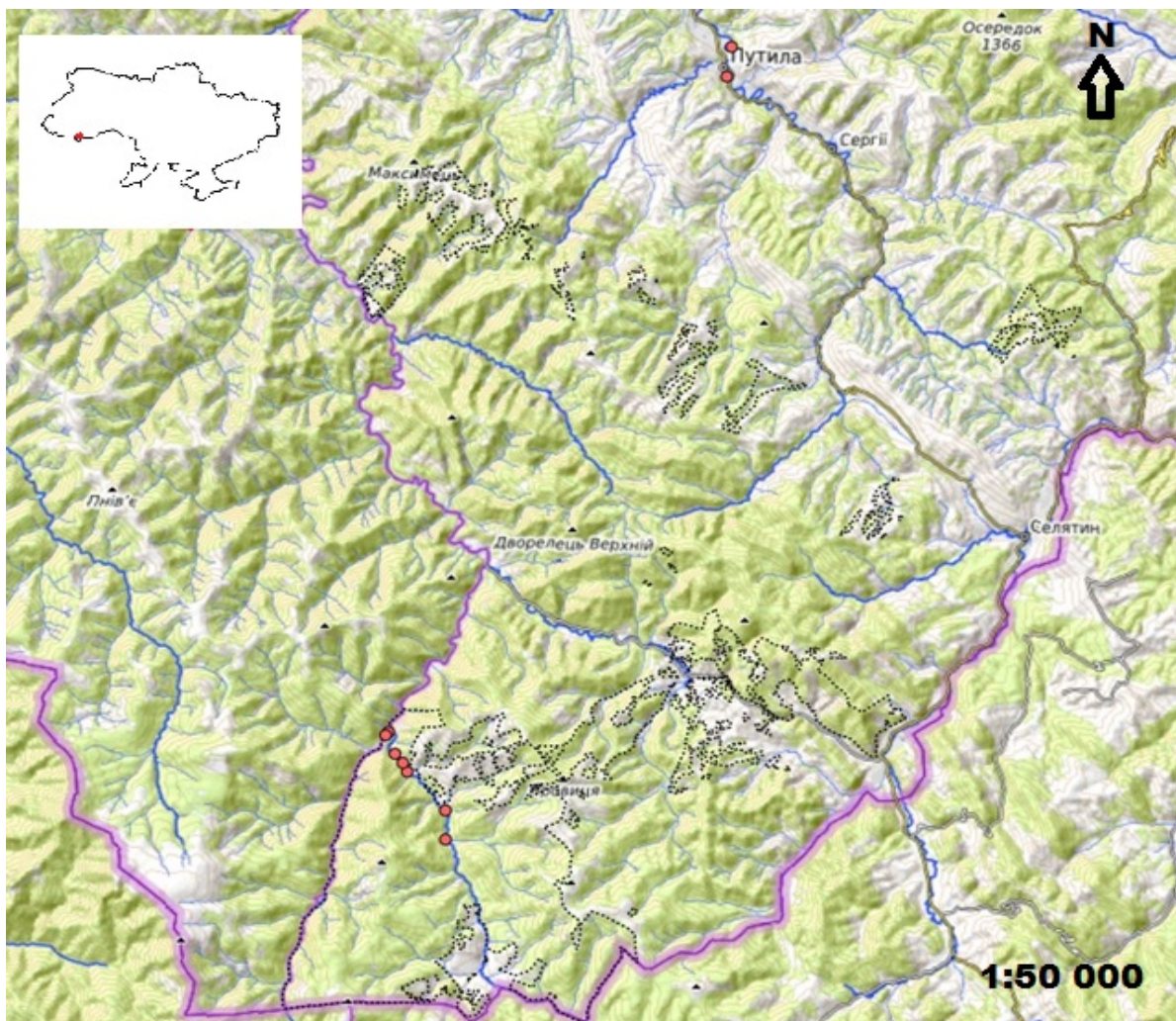


Рис. 1. Картохема розміщення точок, де було проведено акустичний моніторинг птахів



Записи проводили в рамках Паневропейської схеми моніторингу фонових видів птахів (The Pan-European Common Bird Monitoring Scheme)<sup>9,10</sup> за допомогою акустичного ресивера Song Meter Місго, наданого у використанні Франкфуртським зоологічним товариством. Налаштування ресивера проведено поза польовими умовами у додатку Song Meter.

Матеріалом, що аналізується в роботі, є результати досліджень (9 звукозаписів загальною тривалістю 181 хв.), проведених з 25 по 28 квітня 2023 р. до 10 год. ранку та після 14 год. дня. Збір матеріалів для даного дослідження проведено з дотриманням Методичних рекомендацій щодо моніторингу фонових видів птахів за допомогою акустичних ресиверів, згідно яких облік потрібно було провести на 5 обраних точках по 5 хвилин на кожній. Були отримані аудіо- та текстові файли, які було оброблено за допомогою програмного забезпечення BirdNET-Analyzer. Це програмне забезпечення здатне точно аналізувати великі обсяги даних для виявлення звуків конкретних видів птахів на аудіо-записах. Метод базується на виявленні початку музичної ноти у записі для визначення кількості звуків, характерних для певного виду птахів.

Додатково аналіз даних проводили, використовуючи програмне забезпечення Raven Pro. Отримані в результаті аналізу звукових файлів сонограми порівнювали із наявними в базі xeno-canto.

Достовірність приналежності звукових сигналів одному виду, якщо було декілька повторів у записах, розраховано як середнє значення у програмі Microsoft Excel. Достовірність тим вище, чим ближче значення показника до 1.

Таксономічну приналежність та назви видів птахів, ідентифікованих за результатами аналізу звукозаписів, наводимо за польовим визначником Г. Фесенка та А. Бокотея<sup>11</sup> із дотриманням нової редакції міжнародної зоологічної номенклатури.

Для визначення ефективності розшифрування пташиних співів інструментарієм застосовували методи статистичного аналізу, а саме: на основі бінарних оцінок результатів розшифрування експертом і інструментарієм підраховано точність, чутливість, специфічність та коефіцієнт кореляції Пірсона за формулами: точність=(a+d)/(a+d+c+b); чутливість=a/(a+b); специфічність=d/(d+c);  $r = ((a \times d - b \times c) / (\sqrt{(a+b)(a+c)(d+b)(d+c)}))$ , де a – кількість спостережень, де обидві оцінки "1"; b – кількість спостережень, де перше оцінювання "1" і друге "0"; c – кількість спостережень, де перше оцінювання "0" і друге "1"; d – кількість спостережень, де обидві оцінки "0". Результати розшифрування інструментарієм розраховували якщо поріг середнього значення достовірності 0,15. Значення коефіцієнта Пірсона r коливається від -1 до 1. Значення близьке до 1 або -1 свідчить про сильний

позитивний чи негативний зв'язок відповідно, в той час як значення близьке до 0 вказує на відсутність лінійного зв'язку.

Подібність видового складу орнітофауни на різних точках моніторингу визначали за бінарними індексами подібності Жаккара (найбільш математично коректний) та Серенсена-Чекановського, які, відповідно, розраховували за формулами

$$Kj = \frac{c}{a+b-c}, \quad Ks = \frac{2c}{a+b},$$

де a – кількість видів на першій локації,

b – кількість видів на другій локації,

c – кількість видів, спільних для 1-ої та 2-ої локації<sup>12</sup>.

Ці коефіцієнти мають значення від -1 (відсутність подібності порівнювальних параметрів) до +1 (повну схожість).

Коефіцієнт Стургена-Радулеску<sup>13</sup>, який має найбільші диференціювальні властивості, розраховували за формулою:  $Pst = (X+Y-Z)/(X+Y+Z)$ ,

де X – кількість видів, які зустрічаються на локації, але відсутні на другій;

Y – кількість видів, які зустрічаються на другій локації, але відсутні на першій;

Z – кількість видів спільних на обох локаціях<sup>14</sup>.

Даний коефіцієнт варіює від -1 до +1 (у межах від -1 до 0 вказує на подібність, а в межах від 0 до +1 – на відмінність територій).

Об'єкт дослідження – звукові сигнали птахів, записані за допомогою акустичного ресивера, проаналізовані із застосуванням спеціального програмного забезпечення та верифіковані авторами статті.

### Результати

Під час досліджень записано 600 звукових сигналів. Розшифрування сигналів у програмному забезпеченні BirdNET-Analyzer показало їх приналежність 63-м видам птахів, більшість з яких – притаманні для даної території та періоду досліджень<sup>15</sup>, а 19 – виявлені вперше.

Однак, при перевірці сонограм звукових сигналів, в т.ч. спірних (вперше виявлені), за допомогою програми RavenPro та порівнянні із сонограмами, які містяться у еталонній базі xeno-canto нами виявлено, що вони насправді належали 54 видам птахів, з яких 10 нововиявлених (*Anas crecca* L., 1758 (рис. 2), *Haematopus ostralegus* L., 1758 (рис. 3), *Charadrius hiaticula* L., 1758 (рис. 4), *Tringa totanus* L., 1758 (рис. 5), *Tringa nebularia* G. G. G. G., 1767 (рис. 6), *Numenius arquata* L., 1758, *Sterna albifrons* Pallas, 1764, *Tyto alba* Scopoli, 1769, *Luscinia svecica* L., 1758 (рис. 7), *Remiz pendulinus* L., 1758 (рис. 8)).

5 видів (*Podiceps cristatus* L., 1758, *Ixobrychus minutus* L., 1766, *Nycticorax nycticorax* L., 1758, *Cygnus olor* Gmelin, 1789, *Alcedo atthis* L., 1758) ідентифіковані програмою BirdNET-Analyzer

помилково, хоча й відомо, що *Podiceps cristatus* L., 1758, *Cygnus olor* Gmelin, 1789 і *Alcedo atthis* L., 1758 трапляються під час міграції на всій території України<sup>11</sup>; статус виду *Nycticorax nycticorax* L., 1758 в Україні: гніздовий, перелітний, зимуючий<sup>11</sup>, а в межах Чернівецької області відома давня знахідка під час зальоту у Сторожинецькому районі<sup>16</sup>; *Ixobrychus minutus* L., 1766 є перелітним видом у регіоні Українських Карпат<sup>17</sup>.

Спірною також є ідентифікація таких видів як: *Egretta garzetta* L., 1766, *Calidris alpina* L., 1758, *Pluvialis squatarola* L., 1758, *Locustella naevia* Boddaert, 1783. Як відомо, останні 2 види під час міграції трапляються на всій території Укра-

їни<sup>11</sup>, але потребують проведення спеціальних досліджень в даному регіоні, оскільки на звукозаписі, ідентифікованому як такому, що належить *Pluvialis squatarola* L., 1758 спів значно швидший, ніж притаманний сивці морській, та й скоріше подібний до дрозда співочого (*Turdus philomelos* C.L. Brehm, 1831), хоча сонограма дуже схожа до еталонних цього виду. Щодо ідентифікованого *Locustella naevia* Boddaert, 1783 варто зазначити, що сонограма дуже подібна до характерної для кобилочки-цвіркуна, однак на звукозаписі присутнє не тріскотіння, характерне для виду, а швидше ляпотіння. Стосовно *Egretta garzetta* Linnaeus, 1766, то є імовірність зальоту. Найближчі до регіону досліджень знахідки виду були

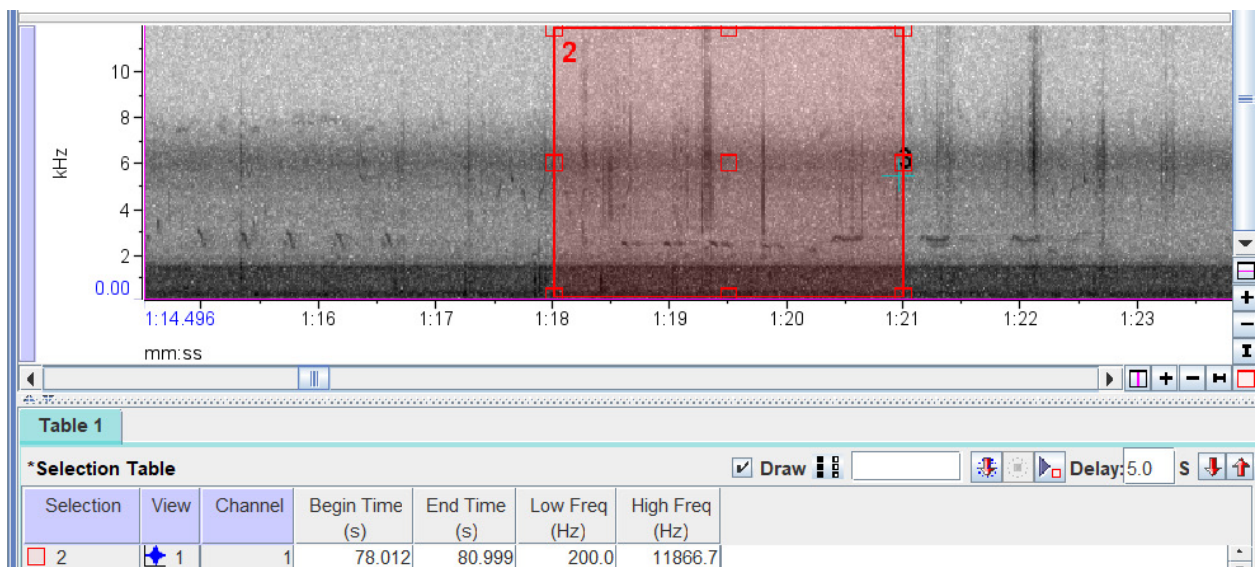


Рис. 2. Сонограма із покликком *Anas crecca* L., 1758, 28.04.23 р. біля Перкалабського ПНДВ

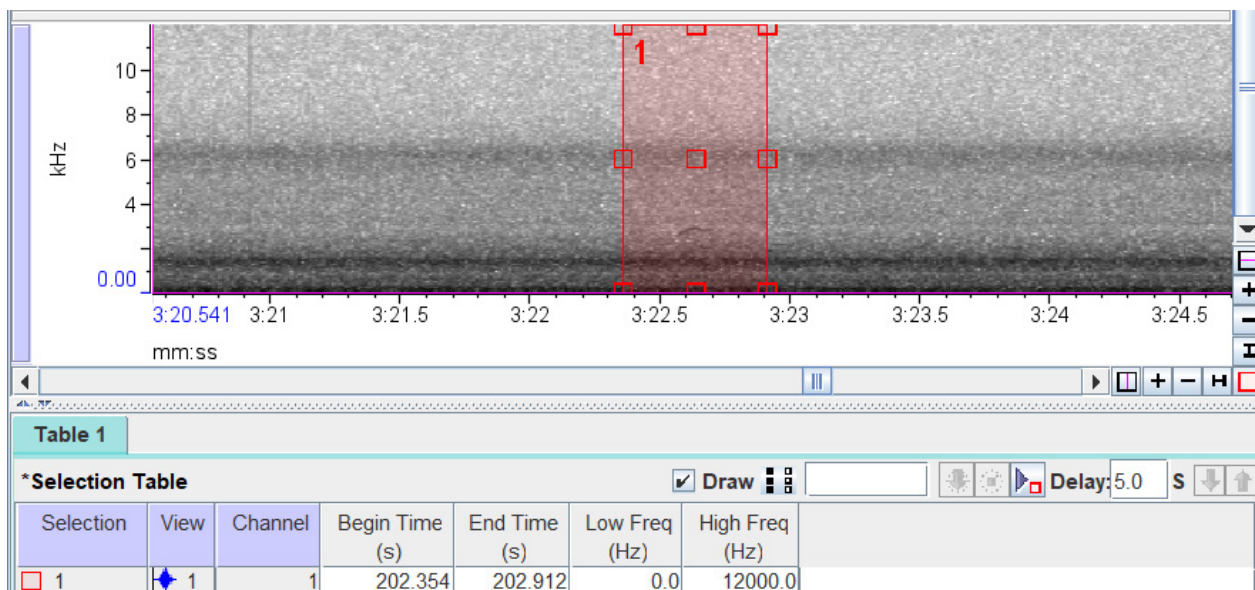


Рис. 3. Сонограма із покликком *Haematopus ostralegus* L., 1758, 27.04.23 р. вздовж русла р. Сарата

зафіксовані влітку 1955 року у Сторожинецькому районі Чернівецької області<sup>18</sup>. Однак, присутність *Egretta garzetta* у гірській частині Буковинських Карпат потребує додаткового детального вивчення та підтвердження.

Список ідентифікованих програмним забезпеченням видів птахів наводимо в таблиці 1.

Відомо, що пісочник великий (*Charadrius hiaticula*), коловодник звичайний (*Tringa totanus*), побережник чорногрудий (*Calidris alpina*) під час міграції трапляються на всій території країни<sup>11</sup>. Один із міграційних шляхів *Charadrius hiaticula* з місць зимівля проходить через регіон дослідження<sup>19</sup>.

Коловодник великий (*Tringa nebularia*) є пролітним видом<sup>11</sup> і під час міграцій протягом квітня – першої половини травня трапляється на всій території України<sup>19</sup>.

Синьошийка (*Luscinia svecica*) охороняється Боннською та Бернською конвенціями, а також Пташиною Директивою, в межах території досліджень могла бути виявлена під час весняної міграції.

Ремез (*Remiz pendulinus*) перебуває під охороною Бернської конвенції.

Кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*) – перелітний вид, який трапляється на гніздуванні переважно вздовж морського узбережжя, по берегах та островах Дніпра, Десни, Сіверського Дінця<sup>11</sup>, а

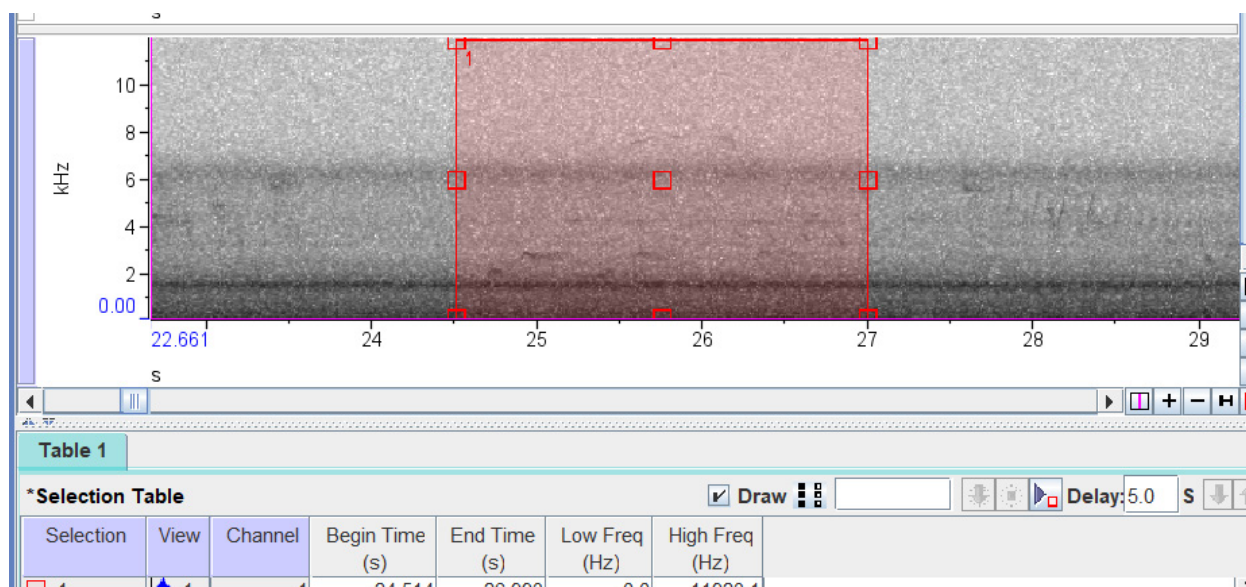


Рис. 4. Сонограма із покликком *Charadrius hiaticula* L., 1758, 28.04.23 р. біля Перкалабського ПНДВ

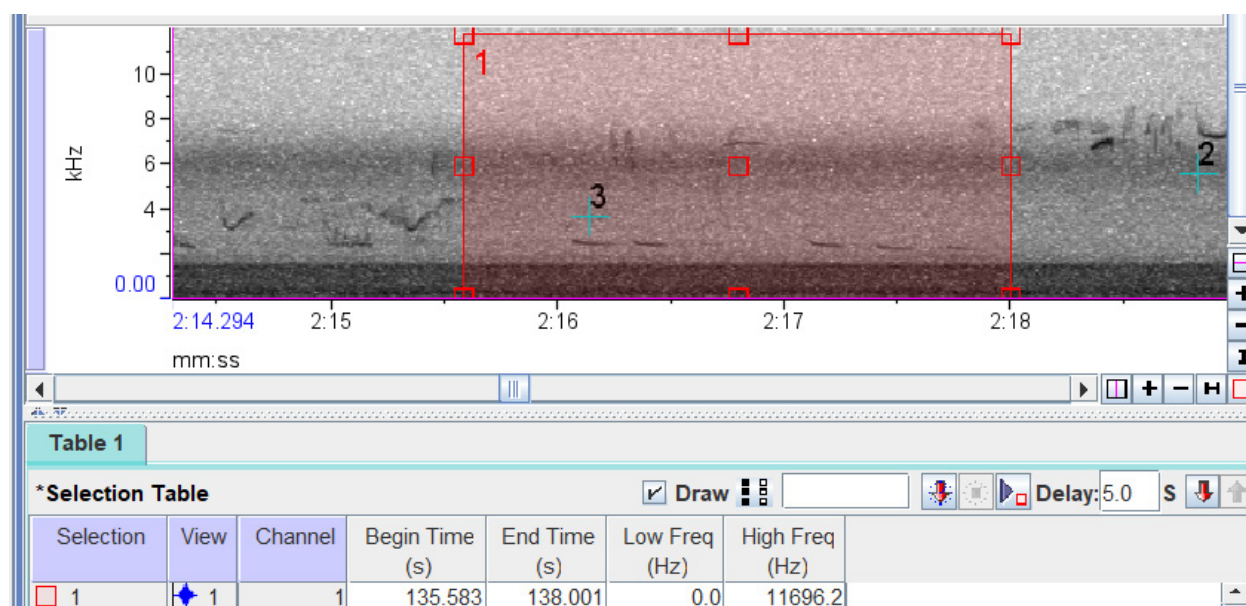


Рис. 5. Сонограма із покликком *Tringa totanus* L., 1758, 28.04.23 р. біля Перкалабського ПНДВ

в районі досліджень міг бути виявлений під час весняної міграції. Строки прильоту цього виду в Чернівецьку область припадають на 9 квітня<sup>20</sup>.

Сипухи (*Tyto alba*) у випадках непрямої передгніздової дисперсії можуть переміщуватися далеко за межі свого гніздового ареалу (на сотні кілометрів)<sup>19</sup>, а в районі досліджень вид рахують корінним жителем «Native resident»<sup>21</sup>.

Кульон великий (*Numenius arquata*) під час міграцій трапляється на усій території країни<sup>19</sup>.

Найчастіше на звукозаписах були ідентифіковані *Phylloscopus collybita* Vieillot, 1817 – 101,

*Fringilla coelebs* L., 1758 – 97, *Anthus trivialis* L., 1758 – 79, *Periparus ater* L., 1758 – 55 і *Spinus spinus* L., 1758 – 41 ідентифікації (рис. 9). Можна підсумувати, що ці види утворюють комплекс видів-домінантів у біотопах в межах Буковинських Карпат.

До групи субдомінантів за кількістю ідентифікацій входять *Pyrrhula pyrrhula* L., 1758 – 24, *Parus major* L., 1758 – 22, *Erithacus rubecula* Linnaeus, 1758 – 19, *Picus viridis* L., 1758 – 16, *Anas crecca* L., 1758, *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771 і *Phoenicurus phoenicurus* L., 1758 – по 11 ідентифікацій.

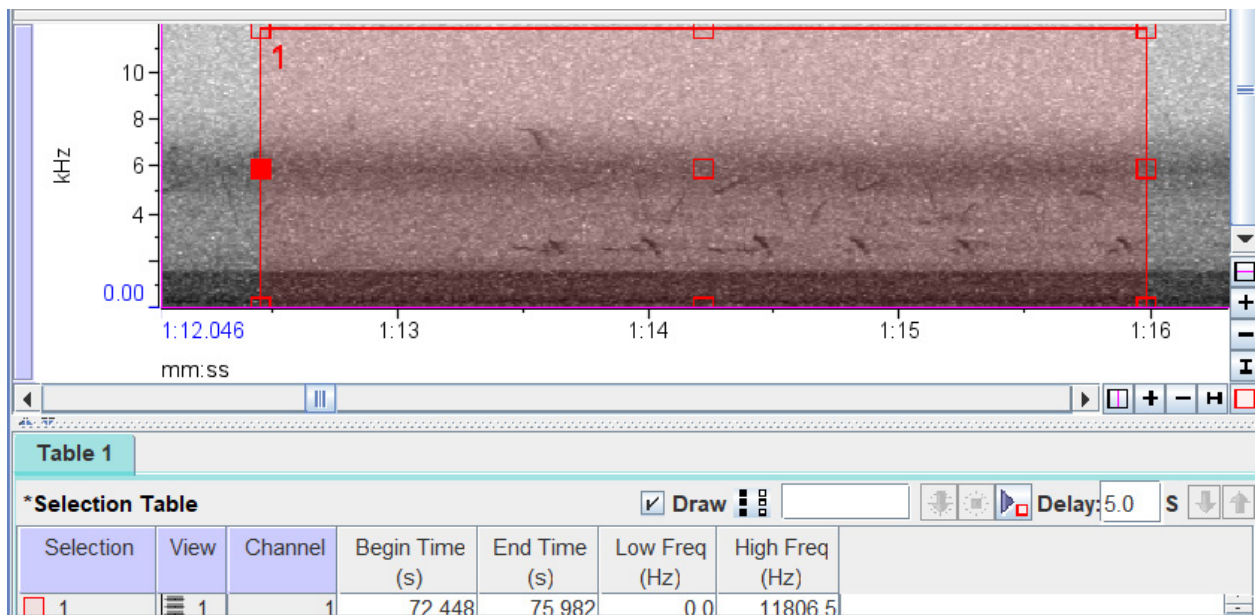


Рис. 6. Сонограма пісні *Tringa nebularia* Gunnerus, 1767, записана 28.04.23 р. біля Перкалабського ПНДВ

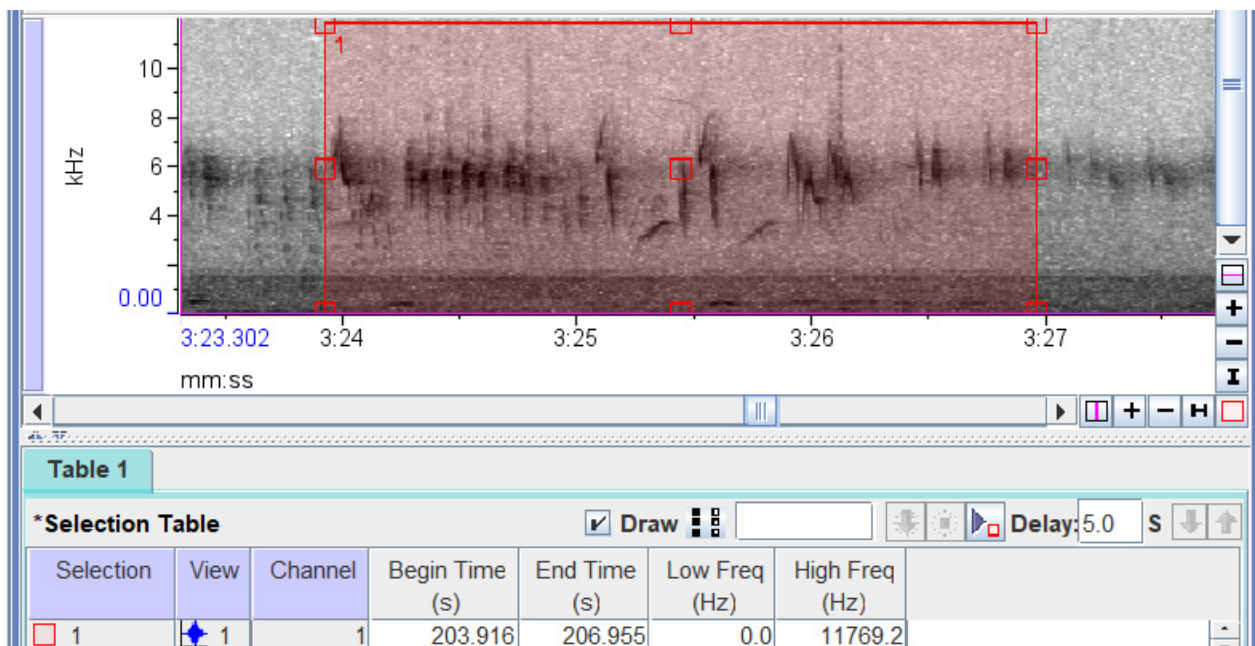


Рис. 7. Сонограма пісні *Luscinia svecica* L., 1758, записана 25.04.23 р. у смт Путила на території приватної садиби

Решта видів є малочисельними за кількістю ідентифікацій (менше 10).

В усіх досліджених біотопах ідентифікували *Anthus trivialis* L., 1758, *Phylloscopus collybita* Vieillot, 1817, *Parus major* L., 1758 і *Fringilla coelebs* L., 1758, тобто ці види є фоновими в межах всіх досліджених локацій у Буковинських Карпатах.

Найбільш високі середні значення достовірності ідентифікацій на звукових файлах мали *Coccothraustes coccothraustes* L., 1758 (0,8270 вздовж русла р. Сарата), *Phylloscopus collybita*

Vieillot, 1817 (0,8023 вздовж русла р. Сарата), *Motacilla cinerea* Tunstall, 1771 (0,7591 біля Перкалабського ПНДВ), *Troglodytes troglodytes* L., 1758 (0,6992 вздовж русла р. Сарата), *Motacilla alba* L., 1758 (0,5929 біля Перкалабського ПНДВ), що також свідчить про правильність їх ідентифікації (рис. 10).

Аналіз ефективності розшифрування пташиних співів інструментарієм показав наступне. Точність розшифровки становила 70%, якщо поріг середнього значення достовірності ідентифікації становив 0,15. При цьому чутливість склала 71%,

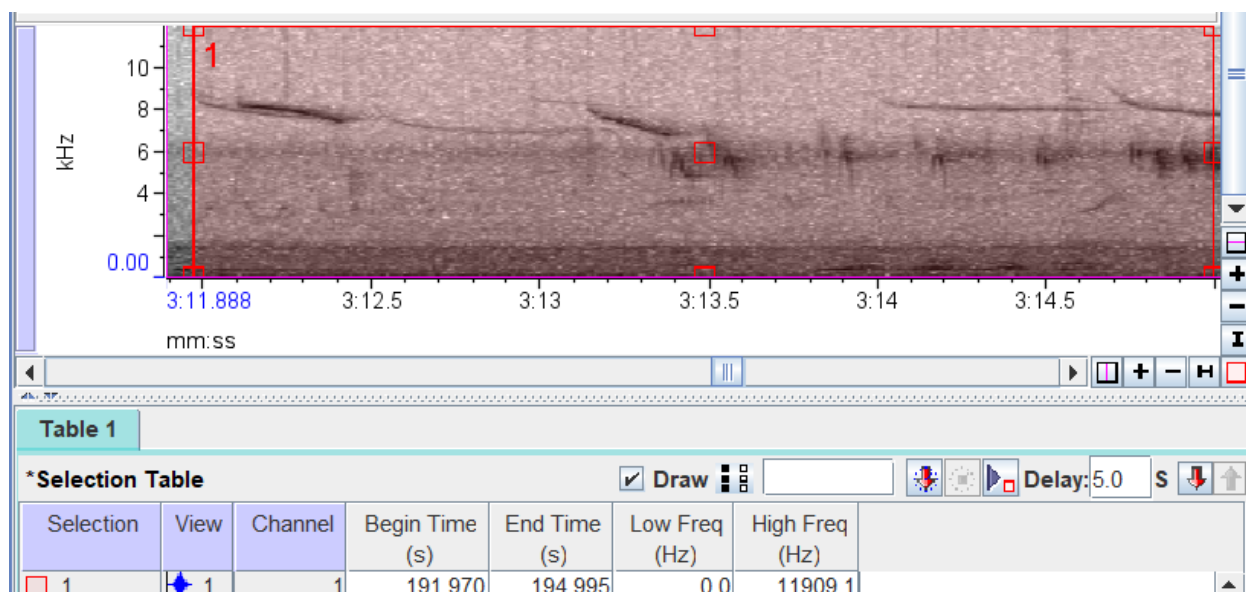


Рис. 8. Сонограма покликів *Remiz pendulinus* L., 1758, записана 25.04.23 р. у смт Путила на території приватної садиби

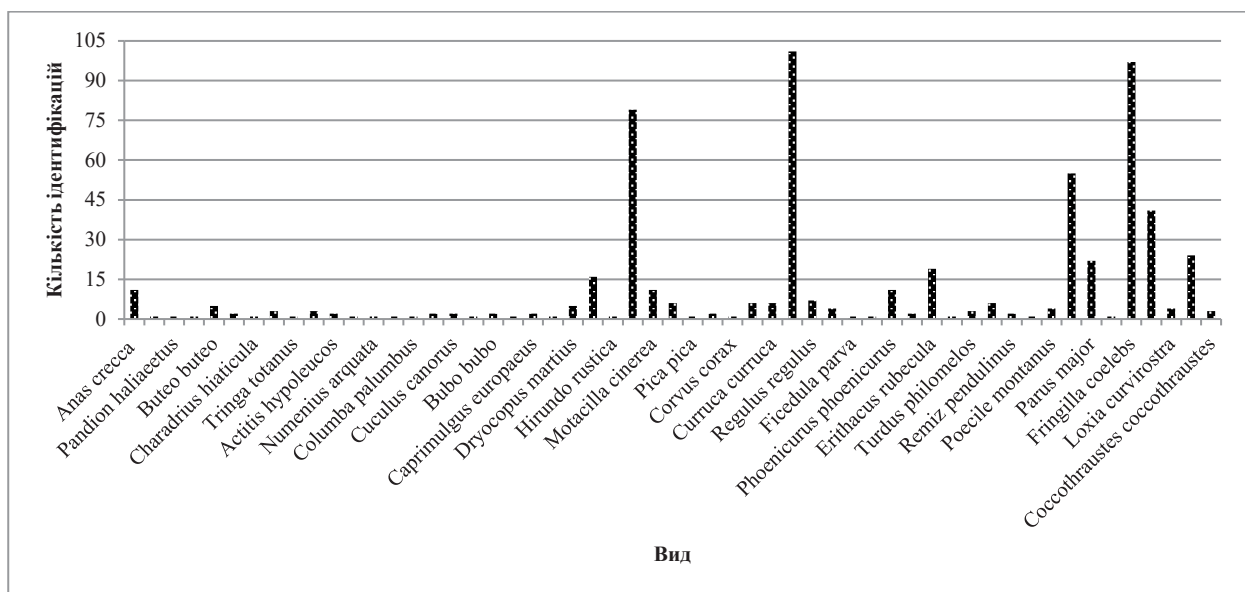


Рис. 9. Кількість ідентифікацій окремих видів птахів на звукових файлах (помилково ідентифіковані та імовірно помилково ідентифіковані види не було включено до аналізу)

Таблиця 1 – Види птахів, ідентифіковані під час акустичних досліджень

№ з/п	Українська назва	Латинська назва	Дата моніторингу і локація				Помилка ідентифікації	Загальна кількість ідентифікацій
			25.04.23; I	25.04.23; II	27.04.23; III	28.04.23; IV		
			Середнє значення достовірності					
Ряд Пірникозоподібні (Podicipediformes) Родина Пірникозові (Podicipedidae)								
1	Пірникоза велика	<i>Podiceps cristatus</i>	-	-	-	0,1083 (n=1)	‡	(n=1)
Ряд Лелекоподібні (Ciconiiformes) Родина Чаплеві (Ardeidae)								
2	Чепура мала	<i>Egretta garzetta</i>	0,1085 (n=1)	-	-	-	###	(n=1)
3	Бугайчик	<i>Ixobrychus minutus</i>	-	0,2635 (n=1)	-	-	‡	(n=1)
4	Квак	<i>Nycticorax nycticorax</i>	-	0,1384 (n=2)	-	-	‡	(n=2)
Ряд Гусеподібні (Anseriformes) Родина Качкові (Anatidae)								
5	Лебідь-шипун	<i>Cygnus olor</i>	-	-	-	0,2464 (n=1)	‡	(n=1)
6	Чирянка мала	<i>Anas crecca</i>	-	-	0,1532 (n=2)	0,2118 (n=9)		(n=11)
7	Крижень	<i>Anas platyrhynchos</i>	-	-	0,1564 (n=1)	-		(n=1)
Ряд Соколоподібні (Falconiformes) Родина Скопові (Pandionidae)								
8	*Скопа	<i>Pandion haliaeetus</i>	-	-	-	0,1116 (n=1)		(n=1)
9	Яструб малий	<i>Accipiter nisus</i>	-	0,1042 (n=1)	-	-		(n=1)
Родина Яструбові (Accipitridae)								
10	Канюк звичайний	<i>Buteo buteo</i>	-	-	0,1136 (n=1)	0,3044 (n=4)		(n=5)
Ряд Сивкоподібні (Charadriiformes) Родина Сивкові (Charadriidae)								
11	*Кулік-сорóка	<i>Haematopus ostralegus</i>	-	-	0,1801 (n=2)	-		(n=2)
12	Сивка морська	<i>Pluvialis squatarola</i>	-	-	-	0,4602 (n=1)	###	(n=1)
13	*Пісочник великий	<i>Charadrius hiaticula</i>	-	-	-	0,1610 (n=1)		(n=1)
14	Пісочник малий	<i>Charadrius dubius</i>	-	-	0,1712 (n=3)	-		(n=3)
Родина Баранцеві (Scolopacidae)								
15	Коловодник звичайний	<i>Tringa totanus</i>	-	-	-	0,2547 (n=1)		(n=1)
16	Коловодник великий	<i>Tringa nebularia</i>	-	-	-	0,1516 (n=3)		(n=3)
17	Набережник	<i>Actitis hypoleucos</i>	-	-	0,1049 (n=1)	0,1116 (n=1)		(n=2)
18	Побережник чорногрудий	<i>Calidris alpina</i>	-	-	-	0,1260 (n=1)	###	(n=1)

Продовження таблиці 1

№ з/п	Українська назва	Латинська назва	Дата моніторингу і локація				Помилка ідентифікації	Загальна кількість ідентифікацій
			25.04.23; I	25.04.23; II	27.04.23; III	28.04.23; IV		
			Середнє значення достовірності					
19	*Кульон великий	<i>Numenius arquata</i>	-	-	0,3353 (n=1)	-		(n=1)
Родина Мартінові (Laridae)								
20	*Крячок малий	<i>Sterna albifrons</i>	-	-	0,2740 (n=1)	-		(n=1)
Ряд Голубоподібні (Columbiformes) Родина Голубові (Columbidae)								
21	Припутень	<i>Columba palumbus</i>	-	0,1347 (n=1)	-	-		(n=1)
22	Горлиця садова	<i>Streptopelia decaocto</i>	-	0,1393 (n=2)	-	-		(n=2)
Ряд Зозулеподібні (Cuculiformes) Родина Зозулеві (Cuculidae)								
23	Зозуля	<i>Cuculus canorus</i>	0,2721 (n=1)	0,2295 (n=1)	-	-		(n=2)
Ряд Совоподібні (Strigiformes) Родина Сипухові (Tytonidae)								
24	*Сипуха	<i>Tyto alba</i>	-	-	0,4509 (n=1)	-		(n=1)
Родина Совові (Strigidae)								
25	Пугач	<i>Bubo bubo</i>	-	0,1175 (n=2)	-	-		(n=2)
26	Сова сіра	<i>Strix aluco</i>	0,1277 (n=1)	-	-	-		(n=1)
Ряд Дрімлюгоподібні (Caprimulgiformes) Родина Дрімлюгові (Caprimulgidae)								
27	Дрімлюга	<i>Caprimulgus europaeus</i>	-	-	0,2528 (n=1)	0,1709 (n=1)		(n=2)
Ряд Одудоподібні (Upupiformes) Родина Одудові (Upupidae)								
28	Одуд	<i>Upupa epops</i>	-	-	-	0,1163 (n=1)		(n=1)
Ряд Ракшеподібні (Coraciiformes) Родина Рибалочкові (Alcedinidae)								
29	Рибалочка	<i>Alcedo atthis</i>	-	-	-	0,1477 (n=2)	#	(n=2)
Ряд Дятлоподібні (Piciformes) Родина Дятлові (Picidae)								
30	Жовна чорна	<i>Dryocopus martius</i>	0,1326 (n=3)	-	-	0,1010 (n=2)		(n=5)
31	*Жовна зелена	<i>Picus viridis</i>	0,3151 (n=1)	-	-	0,1261 (n=15)		(n=16)
Ряд Горобцеподібні (Passeriformes) Родина Ластівкові (Hirundinidae)								
32	Ластівка сільська	<i>Hirundo rustica</i>	0,4254 (n=1)	-	-	-		(n=1)

№ з/п	Українська назва	Латинська назва	Дата моніторингу і локація				Помилка ідентифікації	Загальна кількість ідентифікацій
			25.04.23; I	25.04.23; II	27.04.23; III	28.04.23; IV		
			Середнє значення достовірності					
Родина Плискові (Motacillidae)								
33	Щеврик лісовий	<i>Anthus trivialis</i>	0,2220 (n=12)	0,2038 (n=7)	0,2242 (n=3)	0,1872 (n=57)		(n=79)
34	Плиска гірська	<i>Motacilla cinerea</i>	-	-	-	0,7591 (n=11)		(n=11)
35	Плиска біла	<i>Motacilla alba</i>	-	0,1696 (n=2)	-	0,5929 (n=4)		(n=6)
Родина Воронові (Corvidae)								
36	Сорока	<i>Pica pica</i>	-	0,2307 (n=1)	-	-		(n=1)
37	Ворона сіра	<i>Corvus cornix</i>	-	0,3051 (n=2)	-	-		(n=2)
38	Крук	<i>Corvus corax</i>	-	0,3188 (n=1)	0,4014 (n=1)	-		(n=1)
Родина Воловоочкові (Troglodytidae)								
39	Волове око	<i>Troglodytes troglodytes</i>	-	-	0,6992 (n=5)	0,2352 (n=1)		(n=6)
Родина Кропив'янкові (Sylviidae)								
40	Кобилочка-цвіркун	<i>Locustella naevia</i>	-	-	-	0,1234 (n=1)	##	(n=1)
41	Кропив'янка прудка	<i>Curruca curruca</i>	0,1299 (n=4)	0,3745 (n=2)	-	-		(n=6)
42	Вівчарик-ковалик	<i>Phylloscopus collybita</i>	0,3233 (n=1)	0,4168 (n=14)	0,8023 (n=2)	0,2721 (n=84)		(n=101)
Родина Золотомушкові (Regulidae)								
43	Золотомушка жовточуба	<i>Regulus regulus</i>	-	-	0,1965 (n=4)	0,1621 (n=3)		(n=7)
44	*Золотомушка червоночуба	<i>Regulus ignicapillus</i>	-	-	0,1309 (n=1)	0,1385 (n=3)		(n=4)
Родина Мухоловкові (Muscicapidae)								
45	Мухоловка мала	<i>Ficedula parva</i>	-	-	-	0,2054 (n=1)		(n=1)
46	Кам'янка звичайна	<i>Oenanthe oenanthe</i>	-	-	-	0,1316 (n=1)		(n=1)
47	Горихвістка звичайна	<i>Phoenicurus phoenicurus</i>	-	0,2608 (n=11)	-	-		(n=11)
48	Горихвістка чорна	<i>Phoenicurus ochruros</i>	-	0,4882 (n=2)	-	-		(n=2)
49	Вільшанка	<i>Erithacus rubecula</i>	-	-	0,2517 (n=17)	0,2368 (n=2)		(n=19)
50	Синьошийка	<i>Luscinia svecica</i>	-	0,1431 (n=2)	-	-		(n=1)
51	Дрізд співочий	<i>Turdus philomelos</i>	-	-	-	0,1320 (n=3)		(n=3)
52	Дрізд-омелюх	<i>Turdus viscivorus</i>	-	-	-	0,2270 (n=6)		(n=6)
Родина Синицеві (Paridae)								



Закінчення таблиці 1

№ з/п	Українська назва	Латинська назва	Дата моніторингу і локація				Помилка ідентифікації	Загальна кількість ідентифікацій
			25.04.23; I	25.04.23; II	27.04.23; III	28.04.23; IV		
			Середнє значення достовірності					
53	Ремез	<i>Remiz pendulinus</i>	-	0,1042 (n=1)	-	0,1036 (n=1)	(n=2)	
54	Синиця чубата	<i>Lophophanes cristatus</i>	-	-	-	0,1124 (n=1)	(n=1)	
55	Гаїчка-пухляк	<i>Poecile montanus</i>	-	-	0,2079 (n=3)	0,1030 (n=1)	(n=4)	
56	Синиця чорна	<i>Periparus ater</i>	0,2434 (n=9)	-	0,2971 (n=14)	0,2963 (n=32)	(n=55)	
57	Синиця велика	<i>Parus major</i>	0,3607 (n=8)	0,1702 (n=2)	0,1573 (n=6)	0,1680 (n=6)	(n=22)	
Родина Підкоришникові (Certhiidae)								
58	Підкоришник звичайний	<i>Certhia familiaris</i>	-	-	-	0,1070 (n=1)	(n=1)	
Родина В'юркові (Fringillidae)								
59	Зяблик	<i>Fringilla coelebs</i>	0,2047 (n=8)	0,2779 (n=64)	0,3058 (n=16)	0,1767 (n=9)	(n=97)	
60	Чиж	<i>Spinus spinus</i>	-	-	0,3679 (n=26)	0,3342 (n=15)	(n=41)	
61	Шишкар ялиновий	<i>Loxia curvirostra</i>	-	-	0,1757 (n=3)	0,1131 (n=1)	(n=4)	
62	Снігур	<i>Pyrrhula pyrrhula</i>	-	-	0,1106 (n=2)	0,2025 (n=22)	(n=24)	
63	Костогриз	<i>Coccothraustes coccothraustes</i>	-	-	0,8270 (n=2)	0,1500 (n=1)	(n=3)	
Загальна кількість виявлених видів			12	20	24	40	600	

Примітка: \* – вид, що охороняється Законом України «Про Червону книгу України»; # - вид, який було ідентифіковано програмою помилково; ## - вид, який імовірно було ідентифіковано програмою помилково, потребує підтвердження

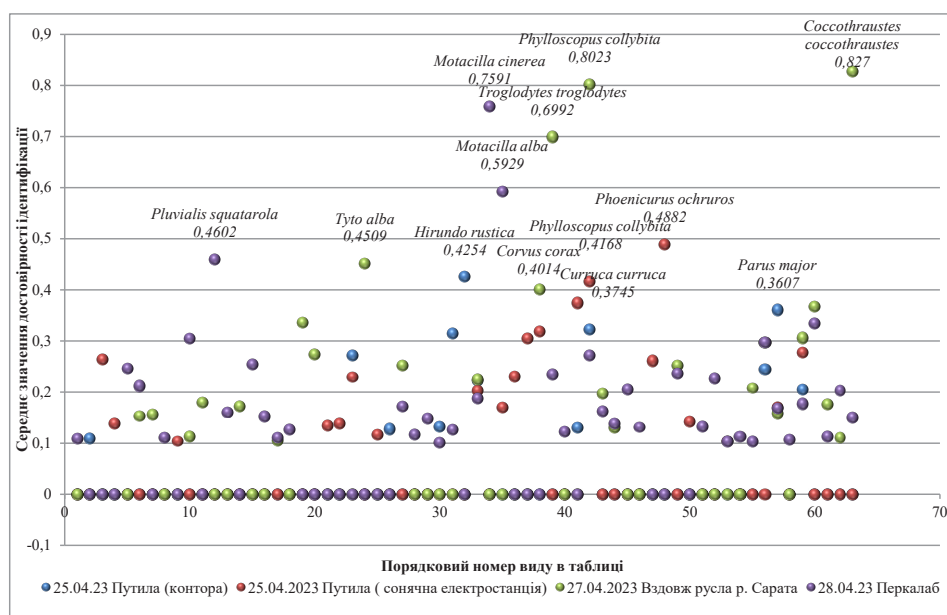


Рис. 10. Достовірність ідентифікацій на звукових файлах

а специфічність 63%. Коефіцієнт кореляції Пірсона при цьому порозі свідчить про статистично значущий, хоча й слабкий, позитивний лінійний зв'язок між змінними ( $r=0,23$ ).

Раритетна складова ідентифікованих видів представлена 8-ма видами птахів, що занесені до оновленого переліку червонокнижних видів тварин, відповідно до Наказу Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України від 19.01.2021 р. № 29 «Про затвердження переліків видів тварин, що заносяться до Червоної книги України (тваринний світ), та видів тварин, що виключені з Червоної книги України (тваринний світ)»: скопа (*Pandion haliaetus*), кулик-сорока (*Haematopus ostralegus*), пісочник великий (*Charadrius hiaticula*), кульон великий (*Numenius arquata*), крикоч малий (*Sterna albifrons*), сипуха (*Tyto alba*), жовна зелена (*Picus viridis*) і золотомушка червоночуба (*Regulus ignicapillus*).

Наші дослідження також є доповненням для встановлення термінів весняної міграції птахів. Зокрема, для пісочника малого (*Charadrius dubius*), якого в попередні роки тут фіксували не раніше 13 травня, одуда (*Upupa epops*) – найбільш рання зустріч 30 травня та кропив'янки прудкої (*Currucula currucula*) – найбільш рання зустріч 16 травня<sup>22</sup>.

Аналіз подібності видового різноманіття орнітофауни показав, що найбільш схожими в цьому відношенні є локації вздовж русла р. Сарата та біля Перкалабського ПНДВ, де трапляється 18 спільних для цих територій видів птахів (*Anas crecca* L., 1758, *Buteo buteo* L., 1758, *Actitis hypoleucos* L., 1758, *Caprimulgus europaeus* L. 1758, *Anthus trivialis* L., 1758, *Troglodytes troglodytes* L., 1758, *Phylloscopus collybita* Vieillot, 1817, *Regulus regulus* L., 1758, *Regulus ignicapillus* Temminck, 1820, *Erithacus rubecula* L., 1758, *Poecile montanus* Baldenstein, 1827, *Periparus ater* L., 1758, *Parus major* L., 1758, *Fringilla coelebs* L., 1758, *Spinus*

*spinus* L., 1758, *Loxia curvirostra* L., 1758, *Pyrrhula pyrrhula* L., 1758, *Coccothraustes coccothraustes* L., 1758), що також підтверджують високі показники індексів Жаккара та Серенсена-Чекановського (0,39 і 0,56 відповідно) (табл. 2). Найнижчий ступінь подібності видового різноманіття орнітофауни зафіксовано для локації в приватній садибі в смт Путила та біля Перкалабського ПНДВ, про що свідчать підраховані показники індексів Стургена-Радулеску, Жаккара і Серенсена-Чекановського (0,78, 0,11 і 0,20 відповідно) (табл. 2).

### Обговорення

Акустичний моніторинг птахів, як один із сучасних методів дослідження, показав свою ефективність завдяки можливості збирати великий масив даних одразу з багатьох моніторингових ділянок (наприклад, для встановлення подібності видового складу орнітофауни), при цьому збір даних не обов'язково повинен проводити експерт у галузі орнітології, а цю функцію можуть виконувати люди, які отримали навички роботи зі звукозаписуючим пристроєм (акустичним ресивером). Це значно економить часовий ресурс та зусилля на збір даних, про що також наголошують кенійські вчені<sup>23</sup>, а також дозволяє зберігати дані необмежений період часу до моменту його розшифрування спеціальними програмами та аналізу фахівцем у позапольових умовах. Даний метод також пропонують застосовувати для дослідження популяцій птахів на територіях із високим видовим різноманіттям та за відсутності кваліфікованих спеціалістів<sup>24,25</sup>.

Однак, ми показали, що застосування інструментарію BirdNET-Analyzer є недостатньо ефективним, оскільки частка вірно ідентифікованих видів не перевищує 70%. Тому, для усунення цих прогалин обов'язково необхідно прослуховувати звукові файли фахівцю-орнітологу, який добре вміє аудіально ідентифікувати птахів, а також порівнювати отримані зі звукозаписів сонограми із ета-

Таблиця 2 – Подібність видового різноманіття орнітофауни на різних локаціях

Пара локацій	Кількість спільних видів	Індекс подібності		
		Жаккара	Серенсена-Чекановського	Стургена-Радулеску
Путила (біля адмінприміщення) – Путила (приватна садиба)	6	0,23	0,38	0,54
Путила (біля адмінприміщення) – Вздовж русла р. Сарата	5	0,16	0,28	0,69
Путила (біля адмінприміщення) – Біля Перкалабського ПНДВ	7	0,16	0,27	0,69
Путила (приватна садиба) – Вздовж русла р. Сарата	5	0,13	0,23	0,75
Путила (приватна садиба) – Біля Перкалабського ПНДВ	6	0,11	0,20	0,78
Вздовж русла р. Сарата – Біля (Перкалабського ПНДВ)	18	0,39	0,56	0,23

лонними у наявних базах даних. Незважаючи на значний дисбаланс набору даних, а також беручи до уваги потребу у більш високоточному виявленні птахів, результати такого моніторингу є дуже багатобічними і свідчать про високий потенціал у доповненні досліджень міграції птахів<sup>8</sup>.

Важливим параметром при розшифруванні звуків птахів інструментарієм BirdNET-Analyzer є кількість повторних виявлень одного виду на звукозаписі. Крім того, що значна кількість повторних ідентифікацій одного виду на звукозаписі свідчить про високу ймовірність того, що цей вид, дійсно, був правильно визначений, такі дані також дозволяють встановити домінуючі та фонові види в межах дослідженого біотопу, показують просторовий розподіл видів<sup>26</sup> та допомагають оцінити щільність популяції птахів на основі точних методів, які ґрунтуються на відстані до джерела звуку<sup>27</sup>. На правильність визначення виду птахів інструментарієм вказують також високі середні значення достовірності ідентифікації (понад 0,5). А для більш точного виділення та класифікації співів із безперервних записів слід застосовувати видоспецифічний підхід<sup>28</sup>.

Крім того, дослідники можуть оцінити кількість видів птахів, співи яких присутні на звукозаписах, та використати цю інформацію для оцінки видового багатства в екосистемі<sup>23</sup>.

### Висновки

Таким чином, акустичний моніторинг у Буковинських Карпатах і детальний аналіз отриманих звукових файлів дозволили достовірно встановити приналежність звукових сигналів 54 видам птахів, з яких 10 вперше виявлені в регіоні та 8 –

червонокнижні (*Pandion haliaeetus*, *Haematopus ostralegus*, *Charadrius hiaticula*, *Numenius arquata*, *Sterna albifrons*, *Tyto alba*, *Picus viridis* і *Regulus ignicapillus*). З'ясовано у біотопах комплексу видів-домінантів, до складу якого входять *Phylloscopus collybita*, *Fringilla coelebs*, *Anthus trivialis*, *Periparus ater* і *Spinus spinus*. Фоновими видами, присутніми в усіх біотопах, в межах яких проведено моніторинг, є *Anthus trivialis*, *Phylloscopus collybita*, *Parus major* і *Fringilla coelebs*. Підтверджено правильність ідентифікації видів (*Coccothraustes coccothraustes*, *Phylloscopus collybita*, *Motacilla cinerea*, *Troglodytes troglodytes*, *Motacilla alba*), які мали найвищі показники середнього значення достовірності ідентифікації (від 0,5929 до 0,8270) на звукових файлах. Статистично доведено існування слабкого позитивного лінійного зв'язку між ефективністю розшифрування пташиних співів та середнім значенням достовірності ідентифікації, якщо поріг 0,15 ( $r=0,23$ ). Доповнено відомості щодо термінів весняної міграції *Charadrius dubius*, *Upupa epops* і *Currucula curruca*. Достовірно встановлено найбільшу подібність видового різноманіття у складі орнітофауни на локаціях вздовж русла р. Сарата та біля Перкалабського ПНДВ, для яких ідентифіковано 18 спільних видів птахів, що підтверджено високими показниками індексів Жаккара та Серенсена-Чекановського (0,39 і 0,56 відповідно). Найменш подібними за цим аспектом є локації в приватній садибі в смт Путила та біля Перкалабського ПНДВ, показники індексів Стургена-Радулеску, Жаккара і Серенсена-Чекановського по 0,78, 0,11 і 0,20 відповідно.

### Література

- (1) Maina C.w. Cost Effective Acoustic Monitoring of Bird Species. *Proc. Interspeech*, **2016**, 2617-2620. DOI:10.21437/Interspeech.2016-746
- (2) Lawton, J. H.; Bignell, D.; Bolton, B.; Bloemers, G.; Eggleton, P.; Hammond, P.; Hodda, M.; Holt, R.; Larsen, T.; Mawdsley, N. et al. Biodiversity inventories, indicator taxa and effects of habitat modification in tropical forest. *Nature*. **1998**, 391(6662), 72-76. DOI: 10.1038/34166
- (3) Kerr, J. T.; Sugar, A.; Packer, L. Indicator taxa, rapid biodiversity assessment, and nestedness in an endangered ecosystem. *Conservation Biology*. **2000**, 14(6), 1726-1734. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2000.99275.x>
- (4) Sueur, J.; Pavoine, S.; Hamerlynck, O.; Duvail, S. Rapid acoustic survey for biodiversity appraisal. *PLoS One*. **2008**, 3(12), e4065. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0004065>
- (5) Pieretti, N.; Farina, A.; Morri, D. A new methodology to infer the singing activity of an avian community: the Acoustic Complexity Index (ACI). *Ecological Indicators*. **2011**, 11(3), 868-873. doi:10.1016/j.ecolind.2010.11.005
- (6) Horton, K. G.; Shriver, W. G.; Buler, J. J. A comparison of traffic estimates of nocturnal flying animals using radar, thermal imaging, and acoustic recording. *Ecological Applications*. **2015**, 25(2), 390-401. DOI: 10.1890/14-0279.1
- (7) Zwart, M. C.; Baker, A.; McGowan, P. J.; Whittingham, M. J. The use of automated bioacoustic recorders to replace human wildlife surveys: an example using nightjars. *PloS one*. **2014**, 9(7), e102770. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0102770>
- (8) Pamula, H.; Pocha, A.; Klaczynski, M. Deep Learning Methods for Acoustic Monitoring of Birds Migrating at Night. *Forum Acusticum*. Lyon, France, **2020**, 2761-2764. ff10.48465/fa.2020.0650f

- (9) Височин, М. О.; Кузьменко, Т. М.; Струс, Ю. М.; Кузьо, Г. О.; Юзик, Д. І. Акустичний моніторинг фонових видів птахів в Українських Карпатах: методика, проблеми та попередні результати. *Збереження біотичного та ландшафтного різноманіття на природно-заповідних територіях: мат-ли конференції, присвяченої 100-річчю Канівського природного заповідника (21-23 вересня 2023 р., м. Канів, Черкаська обл.)* / ред. В.М. Грищенко. Чернівці: Друк Арт. Серія: «Conservation Biology in Ukraine», **2023**, 36, 52-57. [https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/hundred-1\\_compressed.pdf](https://uncg.org.ua/wp-content/uploads/2024/03/hundred-1_compressed.pdf)
- (10) Юзик, Д. І.; Юзик, А. В. Про перші результати акустичного моніторингу деяких видів птахів у Буковинських Карпатах. *Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень: мат-ли Шостої міжнародної науково-практичної конференції (12-13 жовтня 2023 року, смт Путила, Чернівецька область, Україна)* / наук. ред. І.І. Чорней, І.В. Скільський, Д.І. Юзик, О.В. Василюк. Чернівці : Друк Арт. Серія: «Conservation Biology in Ukraine», **2023**, 35, 81-83. [https://www.researchgate.net/publication/377499671\\_Pro\\_persi\\_rezultati\\_akusticnogo\\_monitoringu\\_deakih\\_vidiv\\_ptahiv\\_u\\_Bukovinskih\\_Karpatah](https://www.researchgate.net/publication/377499671_Pro_persi_rezultati_akusticnogo_monitoringu_deakih_vidiv_ptahiv_u_Bukovinskih_Karpatah)
- (11) Фесенко, Г. В.; Бокотей, А. А. Птахи фауни України: польовий визначник. Київ, **2002**, 416; іл. 1430 (іл. табл 195). <https://pernatidruzi.org.ua/book.php?bookid=76>
- (12) Мегарран, Э. Экологическое разнообразие и его измерение. М.: Мир, **1992**, 1-161.
- (13) Леонтьев, Д. В. Флористичний аналіз у мікології: підручник. Х.: Вид. група «Основа», **2007**, 1-160; 50 іл. <https://mycology.univer.kharkov.ua/wp-content/uploads/2023/02/Leontyev-2007-Florystychnyj-analiz-v-mikologiyi-pidruchnyk.pdf>
- (14) Шмидт, В.М. Математические методы в ботанике: учеб. пособие. Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, **1984**, 288. <https://h.twirpx.link/file/2193783/>
- (15) Літопис природи НПП «Черемоський» за 2022-2023 природний рік. Путила, **2024**, 1-649.
- (16) Скільський, І. В.; Годованец, Б. И.; Бучко, В. В. Гнездовая экология кваквы в регионе Украинских Карпат. *Беркут*. **2000**, 9(1-2), 12-22. <http://www.aetos.kiev.ua/berkut/berkut09/ecology9-1.pdf>
- (17) Скільський, І. В.; Клітін, О. М. Трофічні зв'язки бугайчика у Прут-Дністровському межиріччі України. *Беркут*. **2001**, 10(2), 203-206. <http://aetos.kiev.ua/pdf/berkut/berkut10-2.pdf>
- (18) BirdLife International Species factsheet: Little Egret *Egretta garzetta*. **2024**. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/little-egret-egretta-garzetta> on 31/07/2024.
- (19) Енциклопедія мігруючих видів диких тварин України / під загальною редакцією к.б.н., с.н.с. Полуди А.М. Київ. **2018**, 1-694. <https://mepr.gov.ua/wp-content/uploads/2023/05/Entsyklopediya-migruyuchykh-vydiv-dykyh-tvaryn-Ukrayiny-3.pdf>
- (20) Грищенко, В. М. Строки всяного прильоту кулика-сороки (*Haematopus ostralegus* в Україні. Авіфауна України. **2022**, 10, 71-80. [https://www.researchgate.net/publication/362263563\\_Stroki-vesnanogo\\_prilotu\\_kulika-soroki\\_Haematopus\\_ostralegus\\_v\\_Ukraini\\_Timing\\_of\\_the\\_spring\\_arrival\\_of\\_Oystercatcher\\_Haematopus\\_ostralegus\\_in\\_Ukraine\\_Ukrainian](https://www.researchgate.net/publication/362263563_Stroki-vesnanogo_prilotu_kulika-soroki_Haematopus_ostralegus_v_Ukraini_Timing_of_the_spring_arrival_of_Oystercatcher_Haematopus_ostralegus_in_Ukraine_Ukrainian)
- (21) BirdLife International. Species factsheet: Common Barn-owl *Tyto alba*. **2024**. Downloaded from <https://datazone.birdlife.org/species/factsheet/common-barn-owl-tyto-alba> on 31/07/2024.
- (22) Юзик, Д.І. До фенології весняної міграції птахів у НПП «Черемоський» та околицях. *Основні проблеми і тенденції розвитку природоохоронних територій в Українських Карпатах: мат-ли Міжнарод. наук.-практ. конф., присвяченої 25-й річниці з дня створення природного заповідника «Горгани», 16-17 вересня 2021 року, м. Надвірна*. **2021**, 238-241. [https://www.researchgate.net/publication/360485075\\_Do\\_fenologii\\_vesnanoi\\_migracii\\_ptahiv\\_u\\_NPP\\_Ceremoskij\\_ta\\_okolicah](https://www.researchgate.net/publication/360485075_Do_fenologii_vesnanoi_migracii_ptahiv_u_NPP_Ceremoskij_ta_okolicah)
- (23) Maina, C.w. Audio Diarization for Biodiversity Monitoring. *AFRICON*, **2015**. Addis Ababa, Ethiopia. **2015**, 1-5. DOI:10.1109/AFRCON.2015.7331986
- (24) Brandes, T. S. Automated sound recording and analysis techniques for bird surveys and conservation. *Bird Conservation International*. **2008**, 18(S1), 163-173. doi:10.1017/S0959270908000415
- (25) Celis-Murillo, A.; Deppe, J. L.; Allen, M. F. Using soundscape recordings to estimate bird species abundance, richness, and composition. *Journal of Field Ornithology*. **2009**, 80, 64-78. <https://doi.org/10.1111/j.1557-9263.2009.00206.x>
- (26) Maina, C.w.; Muchiri, D.; Njoroge, P. A Bioacoustic Record of a Conservancy in the Mount Kenya Ecosystem. *Biodiversity Data Journal*. **2016**, 4, e9906. doi:10.3897/BDJ.4.e9906
- (27) Dawson, D. K.; Efford, M. G. Bird population density estimated from acoustic signals. *Journal of Applied Ecology*. **2009**, 46, 1201-1209. Doi:10.1111/j.1365-2664.2009.01731.x
- (28) Hockman, E. V. Acoustic monitoring of wildlife in inaccessible areas and automatic detection of bird songs from continuous recordings. *PhD diss., University of Tennessee*, **2018**, 1-153. [https://trace.tennessee.edu/utk\\_graddiss/4874](https://trace.tennessee.edu/utk_graddiss/4874)

## ВИМОГИ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТАТЕЙ У ЗБІРНИКУ НАУКОВИХ ПРАЦЬ «ACTA BIOLOGICA UKRAINICA»

### ТИПИ СТАТЕЙ

- дослідницька стаття
- оглядова стаття
- коротке повідомлення

### РЕКОМЕНДАЦІ ДО ОФОРМЛЕННЯ СТРУКТУРНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

#### Дослідницька стаття

За структурою дослідницька стаття має відповідати міжнародному стандарту IMRAD та містити такі обов'язкові елементи: Вступ, Матеріали та методи, Результати, Обговорення, Висновки, Література. Обсяг основного тексту дослідницької статті від 11 до 60 тисяч знаків з пробілами (анотація, список використаних джерел, таблиці та підписи до рисунків не враховуються). Бібліографічний список за обсягом не має перевищувати 80 джерел.

**Назва статті.** Якомога коротша, але достатня для розуміння змісту роботи, скорочення - тільки загальноприйняті. Слід уникати беззмістовних слів таких як «вивчення», «дослідження», «спостереження», тощо. Якщо йдеться про сполуку, біологічний вид, тощо – вкажіть їх в назві, якщо про країну чи регіон – теж. У перекладі заголовків статей англійською не повинно бути жодних транслітерацій, окрім неперекладних назв власних імен, приладів та інших об'єктів, що мають власні назви; також не використовується неперекладний сленг. Це стосується також анотацій і ключових слів.

**Анотація.** Структурована за стандартом IMRAD, передає структуру статті, доповнює назву, якомога стисла, завершена, без аббревіатур, літературних посилань та ілюстраційних матеріалів. Обсяг української та англійської анотацій – 1800-2000 знаків (з пробілами) кожна.

**Ключові слова.** Не повторюють слова із назви, доповнюють та деталізують назву роботи; кількість ключових слів або словосполучень - 5-6.

**Вступ** висвітлює сучасний стан, та актуальність проблеми, показує місце дослідження в контексті відомого. Визначає важливість проблеми, новизну дослідження, наукову «прогалину», яку закриває представлене дослідження. У вступі слід визначити мету або робочі гіпотези (не більше трьох гіпотез на одну статтю). Вступ слід розпочати із загальної проблеми та перейти до вузької теми представленої в роботі. В останньому параграфі коротко описати що саме представлено в роботі, але не повторювати анотацію.

**Матеріал та методи** мають забезпечити відтворюваність експерименту та містити методи лабораторного експерименту або польового дослідження; обсяг використаних для аналізу даних (розмір вибірки); опис використаних статистичних процедур обробки даних із зазначенням спеціалізованих програм в яких виконано аналіз. Цей розділ має складатись з двох підрозділів, перший з яких описує зібраний матеріал або проведений експеримент, тоді як другий – методи аналізу. Перед вибором статистичної процедури аналізу даних рекомендовано перевіряти вибірки на підпорядкованість їх закону нормального розподілу.

Автори зобов'язані дотримуватись етичних норм при роботі з тваринами відповідно до Європейської конвенції про захист хребетних тварин, що використовуються для дослідницьких або інших наукових цілей від 18.03.1986 р. ([https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994\\_137](https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/994_137)). Рецензенти звертатимуть увагу на дотримання авторами етичних норм при поводженні з тваринами, недотримання таких норм може бути підставою для відхилення рукопису.

**Результати** представляють лише опис та аналіз власних матеріалів, не змішані з дискусією, не містять посилань на літературу. Описуються лише основні результати (а не все що було зроблено), які відповідають меті дослідження або підтверджують/відхиляють робочу гіпотезу(и). Допускається використання не хронологічного, а логічного опису. Результати слід ілюструвати мінімально необхідними зведеними даними (вихідні дані або проміжні розрахунки можуть бути в додаткових матеріалах). Перед формуванням ілюстраційних матеріалів потрібно точно визначити, на яке з поставлених у роботі питань або гіпотез відповідатимуть та чи інша таблиця або рисунок. Надаються лише ті ілюстрації, що безпосередньо висвітлюють суть роботи. Таблиці не повинні дублювати вже наведені в тексті дані. Таблиці можуть бути також використані для синтезу не тільки числових, але й літературних даних.

**Обговорення** не повторює результатів, порівнює та обговорює отримані власні данні з літературними. Обговорення має бути стислим, максимально доводити правильність точки зору автора, узагальнюючи результати власних досліджень та дані інших авторів щодо підтвердження тієї чи іншої наукової гіпотези. Порядок викладення обговорення має йти від окремого до загального. Обговорення має відповідати меті або висунутим науковим гіпотезам, які окреслені у Вступі, а також не містити висновків, а лише підводити до них.

**Висновки** стисло характеризують основні результати описані в рукописі, без нумерації в довільній формі. Вони не містять текстових повторень, викладених у попередніх розділах роботи. Наприкінці цього розділу слід визначити перспективи подальших досліджень.

**Подяки** (за бажанням). Автор може висловити подяку допоміжному персоналу, студентам, своїм колега, всім тим, хто допомагав при зборі польових або експериментальних даних, надавав корисні поради, тощо, але не приймав активної участі у підготовці рукопису. У цьому розділі також надається інформація про джерела підтримки проведеного дослідження.

**Внесок авторів** (за бажанням). Надається опис внеску кожного співавтора у статтю.

### **Оглядова стаття**

Оглядова стаття повинна мати обсяг основного тексту від 11 до 60 тисяч знаків з пробілами (анотація, список використаних джерел, таблиці та підписи до рисунків не враховуються). Бібліографічний список не має перевищувати 150 джерел, але й не може бути менше 60. Рукопис має містити такі структурні елементи: **вступ** з окресленням проблеми та описом останніх подій/досліджень, що визначає актуальність та **мету** наведеного огляду; стислі **інформативно пов'язані між собою розділи** із заголовками, що мають представляти осмислений автором(ами) синтез літератури та власних ідей; критичний аналіз опублікованих раніше праць за цією тематикою, із визначенням не вирішених проблем та питань; **висновки** з проведеного огляду і **перспективи подальших досліджень**. Оглядова стаття має містити **текстові бокси, рисунки або таблиці** з метою викладення основних концепцій або ідей роботи, огляду тематичних досліджень, деталізації підходів та методик. Анотації українською та англійською мовами структуровані та відповідають змісту рукопису, обсягом 1800-2000 знаків кожна.

### **Коротке повідомлення**

У вигляді короткого повідомлення може бути опубліковано перші географічні знахідки видів; опис оригінальної методики, що не планується до патентування; констатація важливих, виняткових, неочікуваних випадків експериментальних досліджень.

Коротке повідомлення неструктуроване на розділи, але має містити основні елементи дослідницької статті (Вступ, Матеріали та методи, Результати, Обговорення, Висновки). Обсяг основного тексту до 10 тисяч знаків з пробілами (анотація, список використаних джерел, таблиці та підписи до рисунків не враховуються). Методологія має бути короткою, але достатньою для відтворення. Анотація подається лише англійською мовою обсягом 1800-2000 знаків, структурована та відповідає змісту повідомлення. Ключові слова - англійською мовою, кількістю 5-6 слів або словосполучень. Ілюстраційний матеріал у кількості не більше трьох елементів (таблиць, рисунків, текстових боксів). Бібліографічний список не більше 20 літературних джерел. **У одному номері публікується не більше трьох коротких повідомлень.**

### **Загальні рекомендації до статей**

Виклад матеріалу рукопису має бути послідовним, логічно завершеним, із чіткими формулюваннями, що виключають подвійне тлумачення або неправильне розуміння інформації; мова тексту має відповідати літературним нормам, бути професійною і лаконічною. Автор зобов'язаний забезпечити високий науковий рівень викладеного матеріалу, повноту і системність висвітлення питання, достовірність результатів і даних, що наводяться, правильність цитування та посилань на літературні джерела. Бібліографічні посилання наводяться мовою оригіналу.

### **ОФОРМЛЕННЯ РУКОПISУ**

Для рукопису використовується формат А4 з полями по 2 см з усіх боків. Нумеруються сторінки та рядки (для полегшення процесу рецензування). Використовується шрифт Times New Roman, 14 пт, полуторний інтервал між рядками. Заголовок статті та структурні елементи рукопису розміщуються по центру, напівжирним, усі рядкові.

Перед заголовком у лівому куті розміщується УДК.

Після заголовку у наступних рядках, по центру:

- ПІБ автора(ів);
- установа;
- адреса установи (поштовий індекс, вулиця, місто, країна);
- електронна адреса автора;
- анотації 1800 знаків;
- ключові слова (*курсивом*).

Після анотацій з ключовими словами з абзацу викладається основний текст статті

Якщо стаття подається **українською мовою**, першою розміщується україномовна анотація з ключовими словами. Другою анотацією є англomовна анотація, перед якою вказується назва статті, прізвища та ініціали авторів, повна адреса та назва установи. Наприкінці анотації ключові слова англійською мовою.

Якщо стаття подається **англійською мовою**, першою надається англomовна анотація з ключовими словами. Другою анотація українською мовою з ключовими словами, перед якою вказується назва статті, прізвища та ініціали авторів, повна адреса та назва установи.

Анотації, ключові слова, основний текст статті, перелік літературних джерел мовою оригіналу вирівнюються по ширині.

#### **При оформленні статті не припускається:**

- підкреслювати заголовки, підписи і надписи;
- переносити слова в тексті статті;
- використовувати виноски.

#### **ВИМОГИ ДО ІЛЮСТРАЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

**Рисунки** мають бути оригінальними, підписаними та послідовно пронумерованими арабськими цифрами: Рис. 1, Рис. 2. Номер рисунка та підпис розташовуються безпосередньо під рисунком. Ілюстрації мають бути підготовані та масштабовані так, щоб розміри букв тексту на ілюстраціях не перевищували розмір букв основного тексту статті більш ніж на 50%.

**Таблиці** повинні мати назву та бути послідовно пронумеровані арабськими цифрами: Таблиця 1, Таблиця 2. Номер та назва таблиці розташовуються безпосередньо над таблицями.

**Текстові бокси** призначені для пояснення основних понять, концепцій або ідей роботи, огляду тематичних досліджень, деталізації підходів та методик. Бокси повинні мати коротку назву (не більше 8 слів) та бути послідовно пронумеровані арабськими цифрами: Бокс 1, Бокс 2. Номер та назва текстового боксу розташовуються безпосередньо над ним. Бокси можуть містити невеличкі рисунки та таблиці, що позначаються римськими цифрами (наприклад Рис. I, Рис. II; Таблиця I, Таблиця II). Нумерація літератури наскрізна з урахуванням тексту та боксів. Обсяг тексту не більше 300 слів на бокс.

**Всі ілюстраційні матеріали** (рисунки, таблиці, текстові бокси) розміщуються в тексті рукопису після першого їх згадування.

**Літературні джерела** послідовно нумеруються арабськими цифрами в порядку появи в тексті статті і зазначаються верхнім регістром, вказуючи порядковий номер джерела (наприклад «...за загально-прийнятими методиками<sup>3-5</sup>...» або «...за Івановим<sup>6</sup>...»). Перелік літературних джерел мовою оригіналу подається в порядку їх нумерації після основного тексту статті з підзаголовком: «**Література**». Список літератури оформлюється відповідно до міжнародного стилю Американського хімічного товариства (ACS STYLE) рекомендованого Наказом МОН України №40 від 12.01.2017. Опис бібліографічного стилю наведено в методичних рекомендаціях Української бібліотечної асоціації (Боженко, О.; Корян, Ю.; Федорець, М. *Міжнародні правила цитування та посилання в наукових роботах: методичні рекомендації*; Українська бібліотечна асоціація: Київ, 2016.). Звертаємо вашу увагу, що у відповідності до ACS стилю бібліографічні посилання мають наводитись із зазначенням DOI. При оформленні бібліографії рекомендовано використовувати **бібліографічні менеджери**, такі як Mendeley (<https://www.mendeley.com>), EndNote, тощо.

**Рукописи та супровідні документи приймає редакційна колегія в електронному вигляді** (електронна пошта: [editor@biology.journals.fznu.zp.ua](mailto:editor@biology.journals.fznu.zp.ua))

#### **Перелік обов'язкових документів:**

**1) Рукопис**, що включає УДК, назву рукопису, ПІБ автора/ів, назву установи, електронну адресу автора відповідального за кореспонденцію, анотації (українську та англійську), основний текст роботи з ілюстраційними матеріалами, подяки (за необхідності), бібліографію (у форматі doc, docx) надсилається електронною поштою. Назва файлу повинна містити транслітероване прізвище першого автора: (приклад назви файлу: Ivanov\_manuscript.doc, docx);

**2) Допоміжні матеріали** (за бажанням автора) з додатковими таблицями, рисунками, схемами, тощо (приклад назви файлу: Ivanov\_suppl.pdf) для публікації електронного варіанту разом із статтею.

**3) Лист** на ім'я головного редактора (приклад назви файлу: Ivanov\_letter.doc, docx) з такою інформацією:

– **відомості про автора** відповідального за кореспонденцію, що містить таку інформацію: прізвище, ім'я, по батькові (повністю); місце роботи або навчання; електронна адреса для листування; номер мобільного телефону;

– **декларацію автора** про таке:

– він є автором (співавтором) рукопису;

– прізвища всіх співавторів наведені в рукописі, і жодна особа, яка не є співавтором, до них не віднесена;

– усі співавтори ознайомилися з остаточним варіантом наукової роботи та дали свою згоду на її публікацію;

– авторські права цього рукопису не передані іншому видавцю;

– цей рукопис не був раніше опублікований і не буде опублікований у будь-якому іншому виданні;

– він не порушив права інтелектуальної власності інших осіб.

– **Відомості про трьох потенційних рецензентів** (прізвище, місце роботи, електронна пошта, контактний номер телефону) які мають бути з іншої установи ніж тієї де працюють автори, що подали роботу та мають задовольняти вимоги підпункту 6 пункту 6 Порядку формування Переліку наукових фахових видань України, а саме здійснювати дослідження за спеціальністю і мати за останні три роки не менше однієї публікації у виданнях, включених до Переліку, або закордонних виданнях, включених до Web of Science Core Collection та/або Scopus. З метою уникнення конфлікту інтересів автори, за бажанням, можуть надавати **прізвища небажаних рецензентів**, що враховується редколегією при виборі рецензентів. Якщо статтю подає один із членів редколегії, то список потенційних рецензентів повинен включати щонайменше 4-х фахівців.

– **Відомості про науковий напрям**, за яким подається рукопис відповідно до наведеного вище переліку.

**Адреса та контактні дані:**

Редакція журналу «Acta Biologica Ukrainica»,

вул. Жуковського, 66, корп. III, ауд. 308, Запоріжжя, Україна, 69600

**Телефон:** +38 066 53 57 687

**Електронна пошта:** editor@biology.journalsofznu.zp.ua

**Офіційний сайт:** www.journalsofznu.zp.ua/index.php/biology





Науковий журнал

## **Acta Biologica Ukrainica**

№ 1, 2024

Комп'ютерна верстка – Н.С. Кузнєцова  
Коректура – В.В. Ізак

Підписано до друку: 11.03.2024.  
Формат 60x84/8. Гарнітура Times New Roman.  
Папір офсет. Цифровий друк. Ум. друк. арк. 7,91.  
Замов. № 0324/209. Наклад 100 прим.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
665101, Україна, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: [mailbox@helvetica.com.ua](mailto:mailbox@helvetica.com.ua)  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.