

ISSN 2415-8860 (online)
ISSN 0372-4123 (print)



UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

Founded 1921

A journal for botany & mycology

УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ

2022 • 79 (5)



УКРАЇНСЬКИЙ БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ публікує статті з усіх напрямів ботаніки та мікології, в тому числі із загальних питань, систематики, флористики, геоботаніки, екології, еволюційної біології, географії, історії флори та рослинності, а також морфології, анатомії, фізіології, біохімії, клітинної та молекулярної біології рослин і грибів. Статті, повідомлення та інші матеріали публікуються в таких основних розділах: *Загальні проблеми та огляди, Систематика, флористика, географія рослин, Гриби і грибоподібні організми, Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу, Червона книга України, Флористичні знахідки, Мікологічні знахідки, Структурна ботаніка, Біотехнологія, фізіологія, біохімія, Клітина та молекулярна біологія, Гербарна справа, Історія науки, Новини та дискусії, Ювілейні дати, Втрати науки, Рецензії та новини літератури.*

Статті друкуються українською та англійською мовами

UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL is a scientific journal publishing articles and contributions on all aspects of botany and mycology, including general issues, taxonomy, floristics, vegetation science, ecology, evolutionary biology, geography, history of flora and vegetation as well as morphology, anatomy, physiology, biochemistry, cell and molecular biology of plants and fungi. Original articles, short communications and other contributions are published in sections *General Issues and Reviews, Plant Taxonomy, Geography and Floristics, Fungi and Fungi-like Organisms, Vegetation Science, Ecology and Conservation, Red Data Book of Ukraine, Floristic Records, Mycological Records, Structural Botany, Biotechnology, Physiology and Biochemistry, Cell Biology and Molecular Biology, Herbarium Curation, History of Science, News and Views, Anniversary Dates, In Memoriam, Reviews and Notices of Publications.*

Publication languages: Ukrainian and English

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ EDITORIAL BOARD

Головний редактор – Сергій Л. МОСЯКІН

Заступники головного редактора – Ганна В. БОЙКО,
Віра П. ГАЙОВА

Дірк К. АЛЬБАХ (Німеччина), Соломон П. ВАСЦЕР,

Філіп ВЕРЛООВ (Бельгія), Василь П. ГЕЛЮТА,

Зігмантас ГУДЖИНСКАС (Литва),

Пітер Дж. де ЛАНГЕ (Нова Зеландія),

Яків П. ДІДУХ, Дмитро В. ДУБИНА, Олена К. ЗОЛОТАРЬОВА,

Сергій Я. КОНДРАТЮК, Єлізавета Л. КОРДЮМ,

Ірина А. КОРОТЧЕНКО, Ірина В. КОСАКІВСЬКА,

Кароль МАРГОЛЬД (Словаччина), Евіатар НЕВО (Ізраїль),

Пітер РЕЙВЕН (США), Марина М. СУХОМЛІН,

Сусуму ТАКАМАЦУ (Японія), Микола М. ФЕДОРОНЧУК,

Олександр Є. ХОДОСОВЦЕВ, Петро М. ЦАРЕНКО,

Ілля І. ЧОРНЕЙ, Мирослав В. ШЕВЕРА,

Наталія М. ШИЯН, Богдан ЯЦКОВЯК (Польща)

Відповідальний секретар – Марія Д. АЛЕЙНІКОВА

Editor-in-Chief – Sergei L. MOSYAKIN

Associate Editors – Ganna V. BOIKO
Vera P. HAYOVA

Dirk C. ALBACH (Germany), Illya I. CHORNEY,

Peter J. de LANGE (New Zealand), Yakiv P. DIDUKH,

Dmytro V. DUBYNA, Mykola M. FEDORONCHUK,

Zigmantas GUDŽINSKAS (Lithuania), Vasyl P. HELUTA,

Bogdan JACKOWIAK (Poland), Olexander E. KHODOSOVTSSEV,

Sergey Y. KONDRATYUK, Elizabeth L. KORDYUM,

Iryna A. KOROTCHENKO, Iryna V. KOSAKIVSKA,

Karol MARHOLD (Slovakia), Eviatar NEVO (Israel),

Peter RAVEN (USA), Myroslav V. SHEVERA,

Natalia M. SHYIAN, Maryna M. SUKHOMLYN,

Susumu TAKAMATSU (Japan), Petro M. TSARENKO,

Filip VERLOOVE (Belgium), Solomon P. WASSER,

Olena K. ZOLOTAREVA

Editorial Assistant – Mariya D. ALEINIKOVA

На першій сторінці обкладинки: Фото © Катерина Федорова

Front page: Photo by © Kateryna Fedorova

✉ Редакція "Українського ботанічного журналу"
Институт ботаніки НАН України
вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

+380 44 235 4182
secretary_ubzh@ukr.net
https://ukrbotj.co.ua

УКРАЇНСЬКИЙ 2022 • 79 • 5 БОТАНІЧНИЙ ЖУРНАЛ UKRAINIAN BOTANICAL JOURNAL

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ • ЗАСНОВАНИЙ 1921 р. • SCIENTIFIC JOURNAL • PUBLISHED SINCE 1921

З М І С Т

Систематика, флористика, географія рослин

Ланнузель Г., Піньяль М., Гатебле Г. Критичні зауваження щодо статті Wang et al. "Лектотипіфікація назви *Brachyscome neoscaledonica* = *Pytinacarpa neoscaledonica* (Asteraceae: Astereae)", опублікованої в Українському ботанічному журналі (2022, 79(2): 77–83)271

Геоботаніка, екологія, охорона рослинного світу

Дідух Я.П., Кучер О.О., Розенбліт Ю.В., Чусова О.О. Топологічна диференціація рослинного покриву Сандомирсько-Верхньодністровського геоботанічного округу277

Чусова О.О., Ширяєва Д.В., Буджак В.В., Чорней І.І., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М., Кучер О.О., Мойсієнко І.І., Токарюк А.І., Вашеняк Ю.А., Винокуров Д.С., Бойко М.Ф., Ходосовцев О.Є., Куземко А.А. Охоронювані види у трав'яних біотопах України290

Мікологічні знахідки

Акулов О.Ю., Фоменко М.І., Худич А.С., Борисенко Т.О. Перша знахідка *Naohidea sebacea* (Naohideales, Basidiomycota) в Україні308

Структурна ботаніка

Дернов В.С. Біопшкодження викопних рослин з відкладів білокалитвенської світи (верхня частина башкирського ярусу, карбон) Донецького басейну, Україна314

Біотехнологія, фізіологія, біохімія

Косаківська І.В., Васюк В.А., Войтенко Л.В., Щербатюк М.М., Бабенко Л.М., Романенко К.О. Вплив екзогенної обробки водним розчином сигнальної молекули-медіатора бактеріального походження N-гексанойл-L-гомосеринлактону (C₆-ГЛЛ) на проростання жолудів і ріст рослин *Quercus robur* і *Q. rubra* (Fagaceae)329

Новини та дискусії

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та Національний гербарій України (KW), Київ: пошкодження внаслідок ракетних ударів 10 жовтня 2022 р.339

Втрати науки

Відданість справі охорони фіторізноманіття. Пам'яті Ірини Андріївни Коротченко (12.05.1973–06.09.2022)343

Втрата української мікології. Світлій пам'яті Елеонори Захарівни Коваль (10.08.1930–29.06.2022)347

Пам'яті Лариси Яківни Партики (1932–2022).349

CONTENTS

Plant Taxonomy, Geography and Floristics

- Lannuzel G., Pignal M., Gâteblé G. Critical comments on the article by Wang et al. "Lectotypification of the name *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (Asteraceae: Astereae)" published in the Ukrainian Botanical Journal (2022, 79(2): 77–83) 271

Vegetation Science, Ecology, Conservation

- Didukh Ya.P., Kucher O.O., Rosenblit Yu.V., Chusova O.O. Topological differentiation of the vegetation cover of the Sandomiria Upper Dnister geobotanical district. 277
- Chusova O.O., Shyriaieva D.V., Budzhak V.V., Chorney I.I., Dziuba T.P., Iemeljanova S.M., Kucher O.O., Moysiyenko I.I., Tokariuk A.I., Vasheniak Iu.A., Vynokurov D.S., Boyko M.F., Khodosovtsev O.Ye., Kuzemko A.A. Protected species in grassland habitats of Ukraine 290

Mycological Records

- Akulov O.Yu., Fomenko M.I., Khudych A.S., Borisenko T.O. The first find of *Naohidea sebacea* (Naohideales, Basidiomycota) in Ukraine 308

Structural Botany

- Dernov V.S. Fossil plant biodamages from the Belaya Kalitva Formation (upper Bashkirian, Carboniferous) of the Donets Basin, Ukraine 314

Biotechnology, Physiology and Biochemistry

- Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Babenko L.M., Romanenko K.O. Effects of exogenous bacterial quorum-sensing signal molecule/messenger N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C₆-HSL) on acorn germination and plant growth of *Quercus robur* and *Q. rubra* (Fagaceae) 329

News and Views

- The M.G. Kholodny Institute of Botany and the National Herbarium of Ukraine (KW), Kyiv: Damage due to the missile strikes on 10 October 2022 339

In Memoriam

- Devotion to plant conservation. In memory of Iryna A. Korotchenko (12.05.1973–06.09.2022) 343
- A loss for Ukrainian mycology. In memory of Eleonora Z. Koval (10.08.1930–29.06.2022) 347
- In memory of Larysa Ya. Partyka (1932–2022). 349



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.271>

RESEARCH ARTICLE

Critical comments on the article by Wang et al. "Lectotypification of the name *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (*Asteraceae: Astereae*)" published in the Ukrainian Botanical Journal (2022, 79(2): 77–83)

Guillaume LANNUZEL^{1,2*} , Marc PIGNAL³ , Gildas GÂTEBLÉ^{1,4} 

¹Institut Agronomique néo-Calédonien, Équipe ARBOREAL, 98800 Nouméa, New Caledonia

²Endemia, Plant Red List Authority, BP 4682, 98847 Nouméa, New Caledonia

³Institut de Systématique, Évolution et Biodiversité, ISYEB–Muséum national d'Histoire naturelle, CNRS, Sorbonne Université, EPHE, Université des Antilles, CP 39, 57 rue Cuvier, F-75231 Paris cedex 05, France

⁴INRAE, UEVT 1353, 90 chemin Raymond, 06160 Antibes Juan-les-Pins, France

Abstract. In this note, we highlight a series of possible misinterpretations (collectors, localities, previous writings) and other problems in the nomenclatural study by Wang et al. (2022) on lectotypification of the name *Brachyscome neocaledonica* ≡ *Pytinicarpa neocaledonica* (*Asteraceae: Astereae*). In our opinion, this lectotype designation led to debatable conclusions that added confusion to taxonomy of *Pytinicarpa* G.L.Nesom, an already taxonomically complicated genus. However, we accept that type designation and explain its nomenclatural and taxonomic consequences.

Keywords: *Brachyscome*, New Caledonia, nomenclature, *Pytinicarpa*, taxonomy, typification

Article history. Submitted 14 June 2022. Revised 25 October 2022. Published 31 October 2022

Citation. Lannuzel G., Pignal M., Gâteblé G. 2022. Critical comments on the article by Wang et al. "Lectotypification of the name *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (*Asteraceae: Astereae*)" published in the Ukrainian Botanical Journal (2022, 79(2): 77–83). *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 271–276. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.271>

*Corresponding author email: guillaume.lannuzel@gmail.com

Introduction

Wang et al. (2022) recently published a nomenclatural note, in which they designated a lectotype for the name *Brachyscome neocaledonica* Guillaumin, the basionym of the currently accepted name *Pytinicarpa neocaledonica* (Guillaumin) G.L.Nesom (*Asteraceae: Astereae*). In our opinion, this study suffered from some problems and inaccuracies. Based on this situation, we asked for the publication of the present note.

Dr. Jian Wang, with whom a part of our team previously published a revision of the related genus *Lagenophora* in New Caledonia (Lannuzel et al., 2021), was originally part of another study (Lannuzel et al.,

under review) on the revision of *Pytinicarpa* G.L.Nesom in New Caledonia. This study was originally handled by the authors of the present note, in collaboration with J. Wang, until he decided to withdraw from the list of authors arguing about his lack of time. At this stage, on 2 December 2021, the article was almost ready. We thus thanked him for his involvement and completed our work, which was submitted to PhytoKeys on 7 December 2021. The subject editor assigned by PhytoKeys was Peter J. de Lange who informed us on 4 April 2022 that our paper was accepted with major revision. Among the three reviewers, one accepted it without any revision, one with minor revision, and the third one (J. Wang) rejected

© 2022 G. Lannuzel, M. Pignal, G. Gâteblé. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

it. On 18 April 2022, a Google Scholar alert informed us about a new paper on the same subject in the Ukrainian Botanical Journal, with our former colleague and our editor, as co-authors. We contacted editorial boards of both PhytoKeys and the Ukrainian Botanical Journal, and they both confirmed that neither Jian Wang nor Peter de Lange declared any conflict of interest during the reviewing process, nor the submission (on 21 March 2022) of their own competing paper.

In addition to the circumstances reported above, we noticed several scientific inaccuracies (in our opinion) related to the always difficult interpretation of historical New Caledonian herbarium material, and we discuss them below.

On misinterpretations of the original herbarium material from New Caledonia

The 19th century herbarium material from New Caledonia is sometimes difficult to interpret, and as such, any interpretation require a thorough knowledge of the history of botanical research, biographies of botanists, their way of working, and the archipelago's geography and biology. The early collectors, particularly Eugène Vieillard, Emile François Deplanche and Jean Armand Isidore Pancher, used a numbering system based on taxa and thus usually assigned the same collection number to all specimens they believed to represent a single species, a numbering system that was more or less shared between them and several other botanists, thus resulting in mixed collections with regards to collection (or taxon) numbers (Guillaumin, 1942; Morat, 2010). Lectotypification of names of plants from New Caledonia must therefore be done very carefully, because a single collection or taxon number not necessarily corresponds to a single gathering.

Wang et al. (2022) wrote "at the time when he named the species, Guillaumin listed three collections citing three collectors and their associated numbers, namely: two specimens from Neue collected by Pancher in 1870 and labelled with the same collecting number '94' (so treated as one gathering)". However, in the protologue, Guillaumin cited "Néhoué" as a locality name, which is the modern orthography of "Néué" or "Neue", with one specimen from Pancher, and another from Deplanche. Unlike Wang et al. (2022), Guillaumin was aware of Pancher's special numbering system, so he attributed the specimen P00537795 to *Pancher 94* instead of *Musée Néocalédonien (Mus. Néocal.) 94* or *Vieillard 2823* (V.

n°2823), as written on the specimen's label. Contrary to what Wang et al. (2022) stated, the specimen was not collected by Pancher in 1870 but given by Pancher in 1870 ("Donné par M. Pancher, 1870"). The specimen was most probably collected between 1861 and 1867 like other collections from this period at P attributed to this set, and the original collector was most probably Deplanche, not Pancher. Indeed, those who know about the history of botany in New Caledonia, also know that Deplanche and Pancher were not there but in France in 1870 (Morat, 2010). Deplanche is also known to have participated in the hydrography studies in the northern part of New Caledonia, aboard the vessel *La Fine*, in 1865 (Garnier, 1868; Grandidier, 1882), thus most probably visiting both Néhoué and Gatope localities. Further, it is unclear what Wang et al. (2022) mean by two specimens of *Pancher 94* in 1870 from Neue because there is only one specimen (P00537795, also in accordance with their Table 1) with three plants on the sheet. In addition, it is their interpretation to consider a single collecting number from Pancher, Deplanche or Vieillard and to treat them as one gathering. The odd numbering of these three collectors has been clearly documented in literature over several decades, so lectotypification of names involving such specimens should be done very carefully with a good knowledge of the taxonomy, nomenclature, and botanical history of New Caledonian flora and its collectors.

A "careful study" based on the images?

Wang et al. (2022) wrote "after careful study, we discovered that two of these three original collections (gatherings, see Art. 8.2 [and Art. 8.2 footnote] of the ICN: Turland et al., 2018) are mixed, i.e., they include both *Pytinicarpa neocaledonica* and *P. sarasinii* (Table 1)". However, they based their study only on scanned or photographed images available on the internet. It is a pity that they did not investigate the morphological characters related to the structure of the flowers, which we did (see Lannuzel et al., under review). They do not inform on which criteria they based their discovery because there is no Material and Methods section in their paper to explain this, and there is no clear morphological criterion listed. In addition, throughout the article, it is unclear what is meant by "!" at cited specimens. It would have been fair to write "image!" or, if it was the case, to recognize that the "careful study" was done by one of us (MP) directly from the Paris specimens.

A misinterpretation of Nesom's writings

Wang et al. (2022) also divert Nesom's (1994) writings, when they state "Nesom (1994) studied two sheets (AA, GH) comprising the five plants mentioned in Guillaumin's protologue (Fig. 1)". Instead, Nesom (1994) wrote that he "studied two sheets of *Vieillard* 2823 (AA!, GH!), which include a total of 5 plants". Obviously, Guillaumin (1937) never mentioned five plants in his protologue. In addition, regarding both herbaria, only one (A00097920) bears Guillaumin's own identification label, while another (GH-00097921) was most probably not seen by Guillaumin, as it bears no evidence of his study.

Written and submitted in a hurry

We may assume that the problems reported above probably resulted because of the rushed writing of the paper so it can be published before ours. Some other minor problems may also be due to that, such as the title, in which it would have been better to use between the names *Brachyscome neocaledonica* and *Pytinicarpa neocaledonica* the triple bar sign (\equiv), "identical to", which is usually used for homotypic synonyms) instead of the standard equality sign ($=$), normally used for heterotypic synonyms. However, the "identical to" sign (\equiv) is used in the lectotypification section. And the last point: *B. neocaledonica* was described by André Guillaumin (1885–1974), whose standard abbreviation is "Guillaumin". In most parts of their paper, Wang et al. (2022) used the abbreviation "Guill.", which is the one for Jean Baptiste Antoine Guillemin (IPNI, 2022).

Confusing conclusions

We also think that these problems led to conclusions that, instead of clarifying nomenclature, added more confusion. We believe that in our original research we made a thorough analysis based on many dissections of the original material undertaken by one of us (MP) at the P herbarium, and reached a different conclusion. To understand that point, one must account for the very high level of narrow endemism in New Caledonia, with species often restricted to one locality or with a narrow range (Wulff et al., 2013; Caesar et al., 2017; Lannuzel et al., 2022). According to Wang et al. (2022), *P. neocaledonica* is thus present in both Gatope and

Néhoué, two localities quite remote one from another at the local scale. They also consider *P. sarasinii* to be present in Néhoué as well (see their Table 1), while the type of the latter species is from Koniambo mountain (Däniker, 1933), a place next to Gatope. This mixed distribution for two similar species would be considered at least odd by any local field botanist. Although these odd distribution patterns are of course no evidence, they must lead to further analysis (more than online scan examination) and interpretation. To do that, we dissected both the syntypes at P from Neue, and the only modern gathering in Néhoué (*MacKee* 18336), H.S. MacKee being considered as a reliable collector with respect to collection locations. The results are presented on Fig. 1 and show one conclusive detail, which is the absence of hairs on the ray floret corolla tube, while every single specimen gathered in Gatope, or the Mount Koniambo, show hairy corolla tubes on ray florets (Lannuzel et al., under review). This is also congruent with Guillaumin's drawings on *Mus. Néocal. [Panther]* 94 (P00537795 – Fig. 2) showing a glabrous corolla. Furthermore, these drawings are the only ones among all syntypes of *Brachyscome neocaledonica*, and it is known that it was Guillaumin's habit to dissect and draw his work when describing a species. And, as far as it is known, Guillaumin used to put his drawings on the herbarium sheet where he took a sample. On that point, Rec. 9A of the *Shenzhen Code* (Turland et al., 2018) gives clear preference to the sheet bearing the drawings. Consequently, our conclusions were that the best lectotype was *Mus. Néocal. [Panther]* 94 (P00537795). We agree that the syntypes are mixed collections, with some sheets bearing only plants from Néhoué or Gatope, while some others were mixed, as was quite usual with Vieillard's gatherings, especially when they were mounted at the CN herbarium. On the other hand, the lectotype designed by Wang et al. (2022) has a hairy ray floret corolla tube (Fig. 3), which, along with other criteria, conclusively identifies it as a specimen belonging to *P. sarasinii*.

Our conclusions support Däniker's (1933) one when he stated that *Brachyscome sarasinii* "is close to *Brachyscome neocaledonica*, but differs from it" by several criteria he listed and that we confirm in our paper (Lannuzel et al., under review). Däniker also stated that an original gathering of this species by Sarasin, which was not retrieved, was identified by Guillaumin himself as "*Brachyscome* spec. nov.", certainly because Guillaumin based his knowledge of *Brachyscome neocaledonica* on P00537795 instead of P00537796.

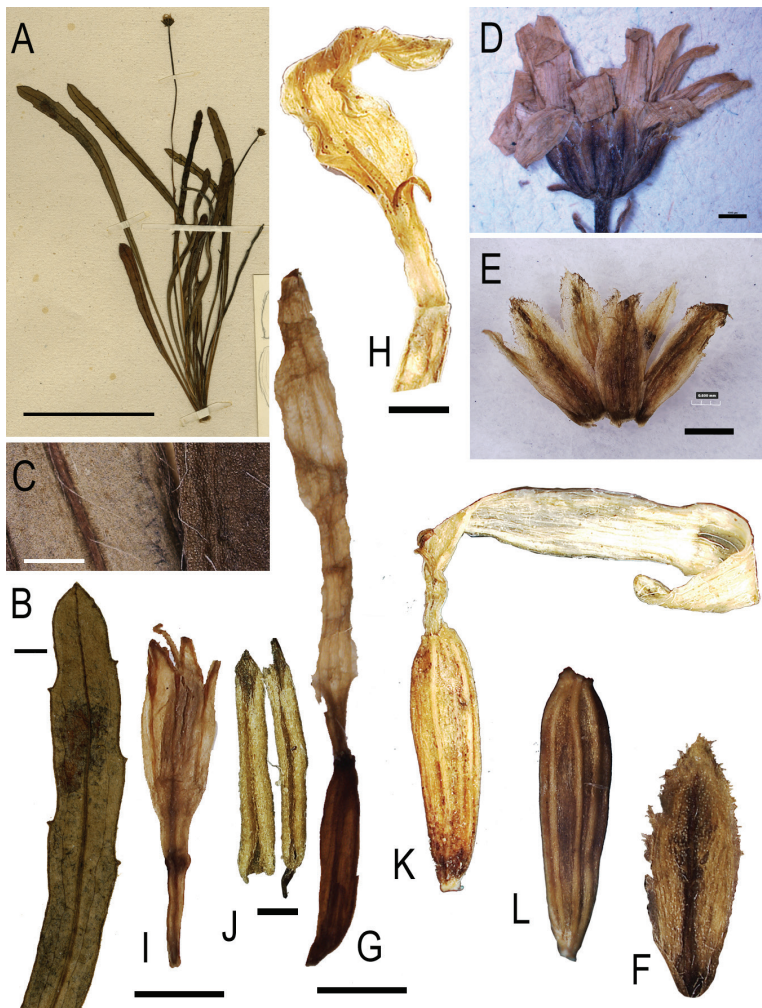


Fig. 1. Observations of some characters of *Pytinicarpa* collected in the Néhoué locality. A: habit; B: leaf apex detail; C: leaf abaxial (left) and adaxial (right) surfaces with trichomes; D: capitula; E-F: involucre phyllaries; G-H: ray floret; I: disc floret with reduced ovary; J: stamens; K: young cypsela with ligula; L: cypsela. A-B, D-F, I-L from *Mus. Néocal. [Pancher] 94 [Vieillard 2823]*, G-H from *MacKee 18336 (P03276809, details from specimen on the right)* (images: *M. Pignal*). Scale bars: 50 mm (A), 3 mm (B), 1 mm (C-L)

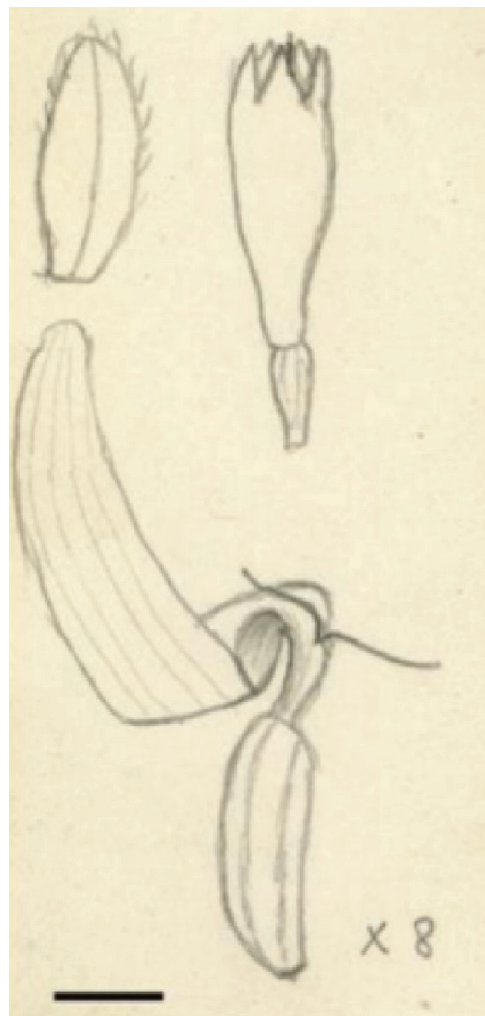


Fig. 2. Guillaumin's drawing on P00537795, *Mus. Néocal. [Pancher] 94 [Vieillard 2823]*

Conclusion

As a conclusion, we deeply regret that J. Wang preferred to quit our team and write a rushed lectotypification of that plant name. Instead of adding clarity to that complex genus, we explain here how much the situation is even more confusing now than before. However, regarding the code of nomenclature (Turland et al., 2018), and the confusion with the mixed syntypes, we believe that it is wiser to accept the lectotypification made by Wang et al. (2022) and move forward to clarify taxonomic situation

within the genus. In a paper that is being examined (Lannuzel et al., under review), this new situation forces us to put *Brachyscome neocaledonica* under synonymy of *Pytinicarpa sarasinii*, and create a new name for the species occurring in Néhoué, instead of confirming it as belonging to *Pytinicarpa neocaledonica*.

Ethics Declaration

The authors declare no conflict of interest.



Fig. 3. *Vieillard 2823* – P00537796, with detailed images of the ray florets and cypselae

ORCID

G. Lannuzel: <https://orcid.org/0000-0002-9460-1178>

M. Pignal: <https://orcid.org/0000-0002-6772-9299>

G. Gâteblé: <https://orcid.org/0000-0003-2831-6384>

References

- Caesar M., Grandcolas P., Pellens R. 2017. Outstanding micro-endemism in New Caledonia: More than one out of ten animal species have a very restricted distribution range. *PLOS ONE*, 12, e0181437. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181437>
- Däniker A.U. 1933. Ergebnisse der Reise von Dr A.U. Däniker nach Neu-Caledonien und den Loyalty-Inseln (1924/26). 4. Katalog der Pteridophyta und Embryophyta Siphonogama. III. Teil. *Beiblatt zur Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich*, 78/BB19: 396–507. https://www.ngzh.ch/archiv/1933_78/78_BB19/78BB19_5.pdf
- Garnier J. 1868. Voyage à la Nouvelle-Calédonie. *Le Tour du monde: nouveau Journal des Voyages*, 33–49. Available at: <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb32878283g>
- Grandidier A. 1882. *Rapport sur les cartes et les appareils de géographie et de cosmographie, sur les cartes géologiques et sur les ouvrages de météorologie et de statistique*. Ministère de l'Agriculture et du commerce. Exposition universelle de 1878 à Paris. Groupe II. Classe 16. Available at: <http://catalogue.bnf.fr/ark:/12148/cb305328476>
- Guillaumin A. 1937. Matériaux pour la flore de la Nouvelle-Calédonie. XLIII. Révision des Composées. *Bulletin de la Société Botanique de France*, 84: 54–61. <https://doi.org/10.1080/00378941.1937.10833036>
- Guillaumin A. 1942. Contribution à la flore de la Nouvelle-Calédonie. LXXVII. Plantes de collecteurs divers. *Bulletin du Museum National d'Histoire Naturelle*, sér. 2, 14: 144–150. Available at: https://bibliotheques.mnhn.fr/EXPLOITATION/infodoc/ged/viewportalpublished.ashx?eid=IFD_FICJOINT_BMNHN_S002_1942_T014_N002_1
- IPNI. 2022. *The International Plant Names Index*. The Royal Botanic Gardens, Kew, Harvard University Herbaria & Libraries and Australian National Botanic Gardens. Available at: <http://www.ipni.org> (Accessed 14 June 2022).
- Lannuzel G., Gâteblé G., Bean A.R., Wang J. 2021. *Lagenophora* (Asteraceae, Astereae) in New Caledonia. *PhytoKeys*, 177: 125–138. <https://doi.org/10.3897/phytokeys.177.63116>
- Lannuzel G., Pouget L., Bruy D., Hequet V., Meyer S., Munzinger J., Gâteblé G. 2022. Mining rare Earth elements: Identifying the plant species most threatened by ore extraction in an insular hotspot. *Frontiers in Ecology and Evolution*, 10: 952439. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.952439>
- Morat P. 2010. Les Botanistes récolteurs en Nouvelle-Calédonie de 1774 à 2005. *Adansonia* 32(2): 159–216. <https://doi.org/10.5252/a2010n2a1>
- Nesom G.L. 1994. *Pytinicarpa* (Asteraceae: Astereae), a new genus from New Caledonia. *Phytologia*, 76: 136–142. <https://www.biodiversitylibrary.org/partpdf/4091>
- Turland N.J., Wiersma J.H., Barrie F.R., Greuter W., Hawksworth D.L., Herendeen P.S., Knapp S., Kusber W.-H., Li D.-Z., Marhold K., May T.W., McNeill J., Monro A.M., Prado J., Price M.J., Smith G.F. 2018. *International Code of Nomenclature for algae, fungi, and plants (Shenzhen Code) adopted by the Nineteenth International Botanical Congress Shenzhen, China, July 2017*. Glashütten: Koeltz Botanical Books. Regnum Vegetabile, 159: i–xxxviii + 1–254. <https://doi.org/10.12705/Code.2018>
- Wang J., Guymier G., de Lange P.J. 2022. Lectotypification of the name *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (Asteraceae: Astereae). *Ukrainian Botanical Journal*, 79(2): 77–83. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.02.077>
- Wulff A., Hollingsworth P. M., Ahrends A., Jaffré T., Veillon J.-M., L'Huillier L., Fogliani B. 2013. Conservation priorities in a biodiversity hotspot: analysis of narrow endemic plant species in New Caledonia. *PLOS ONE*, 8, e73371. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0073371>

Recommended for publication by S.L. Mosyakin

Ланнузель Г., Піньяль М., Гатебле Г. 2022. Критичні зауваження щодо статті Wang et al. "Лектотипіфікація назви *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (Asteraceae: Astereae)", опублікованої в Українському ботанічному журналі (2022, 79(2): 77–83). *Український ботанічний журнал*, 79(5): 271–276 [In English].

Сільськогосподарський інститут Нової Каледонії, Нумеа, Нова Каледонія: Г. Ланнузель, Г. Гатебле. Організація з ведення червоного списку рослин, Нумеа, Нова Каледонія: Г. Ланнузель. Інститут систематики, еволюції та біорізноманіття (ISYEB), Париж, Франція; М. Піньяль. Національний інститут сільськогосподарських досліджень, Антіб, Жуан-ле-Пен, Франція; Г. Гатебле.

Реферат. У цьому повідомленні ми висвітлюємо низку можливих неправильних інтерпретацій (колекціонери, місцевості, попередні праці) та інші проблеми у номенклатурному дослідженні (Wang et al., 2022) щодо лектотипіфікації назви *Brachyscome neocaledonica* = *Pytinicarpa neocaledonica* (Asteraceae: Astereae). На нашу думку, цей вибір лектотипу призвів до дискусійних висновків, які внесли непорозуміння до систематики *Pytinicarpa* G.L.Nesom, що є без того таксономічно складним родом. Проте, ми приймаємо цей вибір лектотипу та пояснюємо його номенклатурні і таксономічні наслідки.

Ключові слова: *Brachyscome*, *Pytinicarpa*, Нова Каледонія, номенклатура, таксономія, типіфікація



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.277>

RESEARCH ARTICLE

Топологічна диференціація рослинного покриву Сандомирсько-Верхньодністрівського геоботанічного округу

Яків П. ДІДУХ* , Оксана О. КУЧЕР , Юлія В. РОЗЕНБЛІТ , Ольга О. ЧУСОВА 

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

Abstract. The article provides distribution patterns of natural vegetation depending on topological conditions and outlines the main directions of its anthropogenic transformation. The boundaries as well as botanical and geographical features of the studied district are specified. The syntaxonomic classification of plant communities is presented. The combinative ecological and coenotic profile was created showing distribution patterns of the main plant communities in relation to changes in the indicator values of ecological factors. Three types of mesocombinations are distinguished: forest, grassland (meadow) and swamp-flood ones. Averaged (relevant) indicator values were calculated based on environmental conditions. It has been established that the forest range is characterized by the indicators close to the background ones, which indicate a high stabilizing role of forest ecosystems. Correlative dependence between changes in indicators of certain factors was found, that enables to predict possible cause-and-effect changes. Under current trends of anthropogenic and climatic changes, a decrease in the humidity regime along with raise in soil pH can be expected in the future, while increase in seasonal changes in moisture will accelerate processes of nitrification and soil mineralization. Some habitats within the district are under significant negative effect of invasive species, e.g. the territory between the Lomnytsia River and Kolomyia town is classified as the one under the highest degree of threats due to huge, probably largest in Ukraine, areas of *Heracleum sosnowskyi*, *Erigeron annuus*, *Solidago canadensis* and *Rudbeckia laciniata*. In the future, this region may undergo substantial transformation and a special attention is required to protect its biodiversity.

Keywords: ecological factors, phytoindication, phytoinvasions, Sandomiria Upper Dnister geobotanical district, topological differentiation, vegetation

Article history. Submitted 08 August 2022. Revised 07 October 2022. Published 31 October 2022

Citation. Didukh Ya.P., Kucher O.O., Rosenblit Yu.V., Chusova O.O. 2022. Topological differentiation of the vegetation cover of the Sandomiria Upper Dnister geobotanical district. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 277–289. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.277>

Affiliation. M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Science of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

*Corresponding author e-mail: ya.didukh@gmail.com

Вступ

Паралельно з традиційними геоботанічними дослідженнями, розробкою класифікації рослинності великий інтерес являють географічні та екологічні аспекти, що характеризують регіональні та ландшафтні закономірності зміни рослинного покриву. Перше знайшло відображення у геоботанічному районуванні, а останнє – в оцінці топологічної диференціації рослинних угруповань,

що в процесі зближення геоботаніки та ландшафтної екології стимулювало розвиток відповідних підходів і методів. Як правило, основна увага оцінки топологічних досліджень була зосереджена на гірських територіях при виділенні висотних поясів рослинності. Дослідження рівнинних територій передбачало закладку еколого-ценотичних профілів та аналіз розподілу угруповань відносно елементів рельєфу чи зміни певних факторів, так званих топоклинів. Це поняття значною мірою

© 2022 Ya.P. Didukh, O.O. Kucher, Yu.V. Rosenblit, O.O. Chusova. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

тісно пов'язане із проблемою дискретності та континуальності зміни рослинного покриву.

Новим етапом еколого-топологічних досліджень були теоретичні розробки В.Б. Сочави (Sochava, 1979) щодо понять про ценомери та ценохори і Тюксена (Tüxen, 1973, 1978) в області симфітосоціології. Результативним підходом у дослідженнях топологічної диференціації стало застосування методики синфітоіндикації, коли на основі створення екологічних шкал з'явилася можливість кількісної бальної оцінки умов існування рослинних угруповань, що знаходить відображення при аналізі еколого-ценотичних профілів (Didukh, Plyuta, 1994). Подальший аналіз із використанням градієнтного, ординаційного, кореляційного методів дозволив виявити певні важливі закономірності диференціації рослинного покриву та характер залежності синтаксонів від зміни екофакторів.

Підходи та методика оцінки топологічної диференціації нами були апробовані на прикладі Дністровського каньйону та Гірського Криму, що мають високий ступінь різноманіття рослинного покриву (Didukh, Rosenblit, 2017, 2022; Rosenblit, 2020). Дана робота є продовженням таких досліджень у Сандомирсько-Верхньодністровському геоботанічному окрузі, який, на відміну від попередніх регіонів, характеризується рівнинним рельєфом, тому основним фактором диференціації рослинного покриву є зміна гідрорежиму. При цьому рослинність регіону досить трансформована внаслідок тривалого різнопланового антропогенного впливу і такий кумулятивний ефект проявляється на структурі та динаміці рослинного покриву.

Масштабна промислова експлуатація, освоєння нафтових, газових родовищ, видобування солі, розвиток рекреаційної сфери у зв'язку із наявністю курортів мінеральних вод (Моршин, Трускавець) та відповідної інфраструктури спричинили значну трансформацію природного рослинного покриву, який частково був знищений і зайнятий агроценозами.

Через високу природну заболоченість досліджуваної території ще у XVIII ст. виникла ідея щодо її осушення. В 1812–1814 рр. розроблявся проект сполучення Дністра та Сану, в 1826–1847 рр. – проект зарегулювання Дністра й осушення боліт, а з другої половини XIX ст. (1873 р.) відбувалося втручання в природні екосистеми та прокладання залізниці через Карпати від Стрия до Мукачєвого. Інтенсивне осушення території розпочалося після

1884 р., коли польський Сейм прийняв закон про меліорацію, але на початку XX ст. меліоративні системи були занедбані і почалося вторинне заболочення. Після закінчення Другої світової війни розпочалося широкомасштабне спрямлення, поглиблення, розширення, дамбування річок, а після 1966 р. – масове вирощування сільськогосподарських культур (Zolotarova, 2020).

Отже, одне із найбільших у Європі Велике Дністерське болото у XX ст. внаслідок двох етапів меліорації зазнало значної трансформації і сьогодні являє собою деградоване торфовище, почленоване мережею меліоративних каналів і канав (Tkachuk, Resler, 2002 Resler, Kalynovych, Kharmata, 2002.). Тому тут зафіксовано зникнення або знищення низки рідкісних болотних видів Червоної книги України, зразки яких зберігаються у гербаріях довоєнного часу: *Carex chordorrhiza* L.f., *C. heleonastes* L.f., *Anacamptis morio* (L.) R.M.Bateman, Pridgeon & M.W.Chase, *Eleocharis carniolica* W.D.J.Koch, *Gladiolus palustris* Gaudin, *Hammarbya paludosa* (L.) Kuntze, *Herminium monorchis* (L.) R.Br., *Orchis signifera* Vest, *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb., *Salix starkeana* Willd., *S. lapponum* L., *S. myrtilloides* L., *Dactylorhiza fuchsii* (Druce) Soó. Все це свідчить про те, що у минулому тут були мезотрофні масиви, а також болота карбонатного типу (*Caricion davallianae* Klika 1934). Зокрема, ще в 1963 р. Ю.П. Шеляг-Сосонко зафіксував ділянку осоково-сфагнових боліт поблизу с. Велика Білина з участю *Betula humilis* Schrank, *Vaccinium oxycoccos* L., *Sphagnum teres* (Schimp.) Angstr., що є перехідною стадією до евтрофних боліт у напрямку мезотрофізації (Shelyah-Sosonko, 1963).

Значної трансформації зазнали ліси внаслідок інтенсивних рубок, луки – в результаті освоєння територій для сільськогосподарського вирощування культур та інтенсивного випасу худоби. Все це значно змінило загальну структуру рослинного покриву, проте наявні площі природної рослинності цілком достатні для оцінки ландшафтно-топологічного її розподілу.

Мета нашої роботи – надати оцінку топологічної диференціації рослинного покриву Сандомирсько-Верхньодністровського геоботанічного округу з використанням методики синфітоіндикації. При цьому акцент робився не на повноту оцінки ценотичного різноманіття, а на ті типові та специфічні угруповання, які відображають специфіку округу.

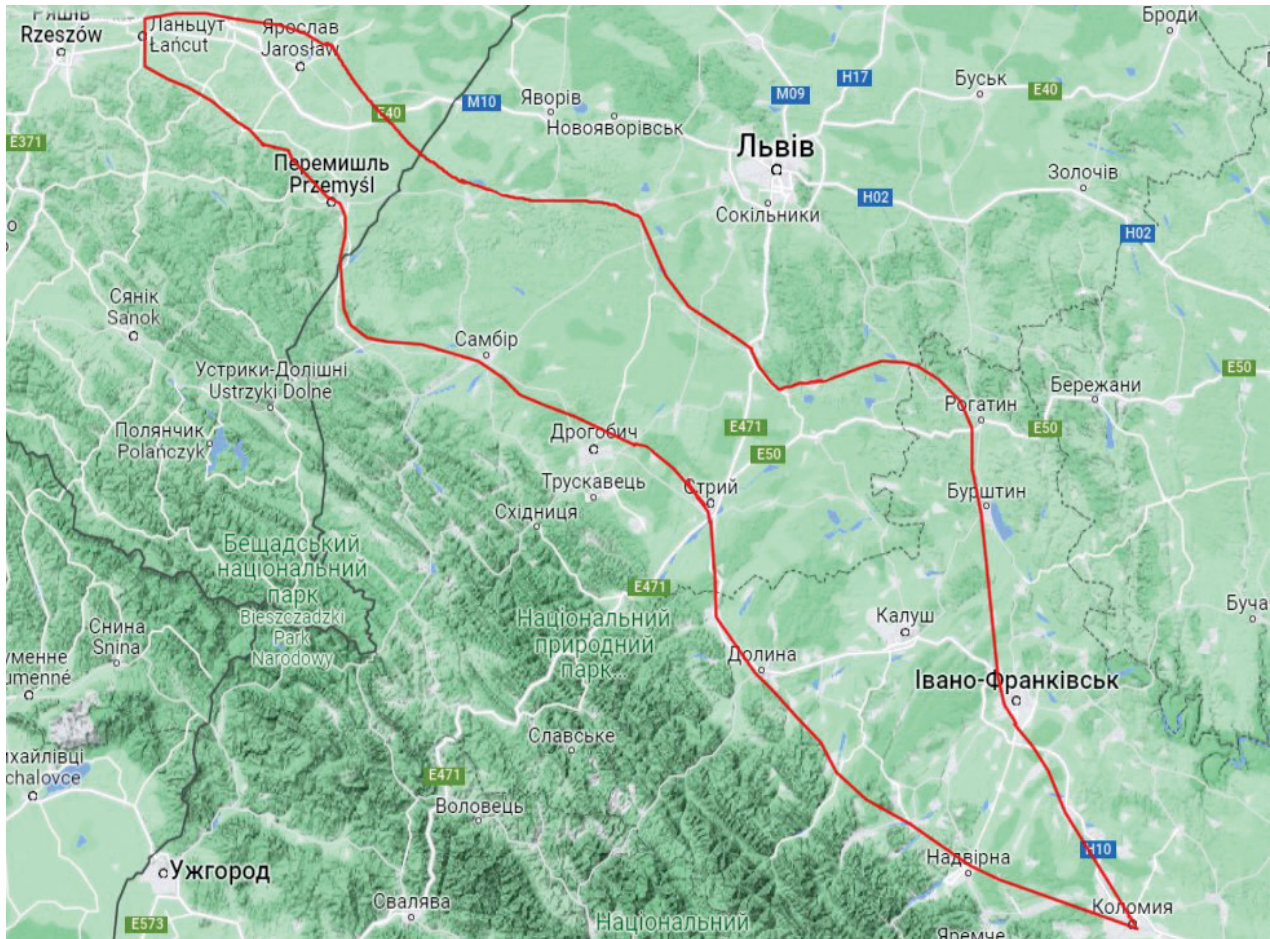


Рис. 1. Картохема Сандомирсько-Верхньодністровського округу дубових (ялицево-дубових) лісів луків та евтрофних боліт
 Fig. 1. Schematic map of the Sandomiria Upper Dnister district of oak (oak-fir) forests, meadows and eutrophic bogs

Об'єкт досліджень

Рослинний покрив Сандомирсько-Верхньодністровського округу дубових (ялицево-дубових) лісів, луків та евтрофних боліт різко відрізняється від підвищених оточуючих територій: північніших – Розтоцького, північно-східного – Опільсько-Кременецького, та південнішого – Верховинсько-Бескидського (рис. 1).

Цю територію пересікає головний європейський вододіл Чорного та Балтійського морів: Західна частина займає долину Сяну (від м. Ланцут), а східна – долини р. Дністер та його приток Виру, Бухти, Вирви тощо. Це Дністровський (Передкарпатський) прогин, який в орографічному відношенні добре відділяється від Карпат, хоча окремі гірські відроги та останці заходять у цей округ (г. Радич – 519 м н.р.м.), а на

півночі – високими уступами Розточчя та Опілля. Територія являє собою плескату слабкохвилясту акумулятивну зандрово-алювіальну Дністровсько-Надсянську рівнину, розташовану на висоті 230–320 м (максимальна 340 м), у центрі якої знаходиться велике Дністровське болото площею близько 12 тис. га, з середньою глибиною залягання торфу 2,5 м (максимальною 6,0–8,5 м). У рельєфі річкових долин простежуються заплава, друга (висотою 3–5 м) та третя (9–15 м) тераси. Геологічну основу території формують глинисті товщі неогену, перекриті галечниками з домішкою кристалічних відходів, а у східній частині – торгонські піски, пісковики, вапняки. Специфікою регіону є великі поклади нафти, газу, солей, сірки, а також мінеральних вод. Найвні четвертинні флювіогляціальні відклади піску та глини, які добре дрениуються, та щільні морени,

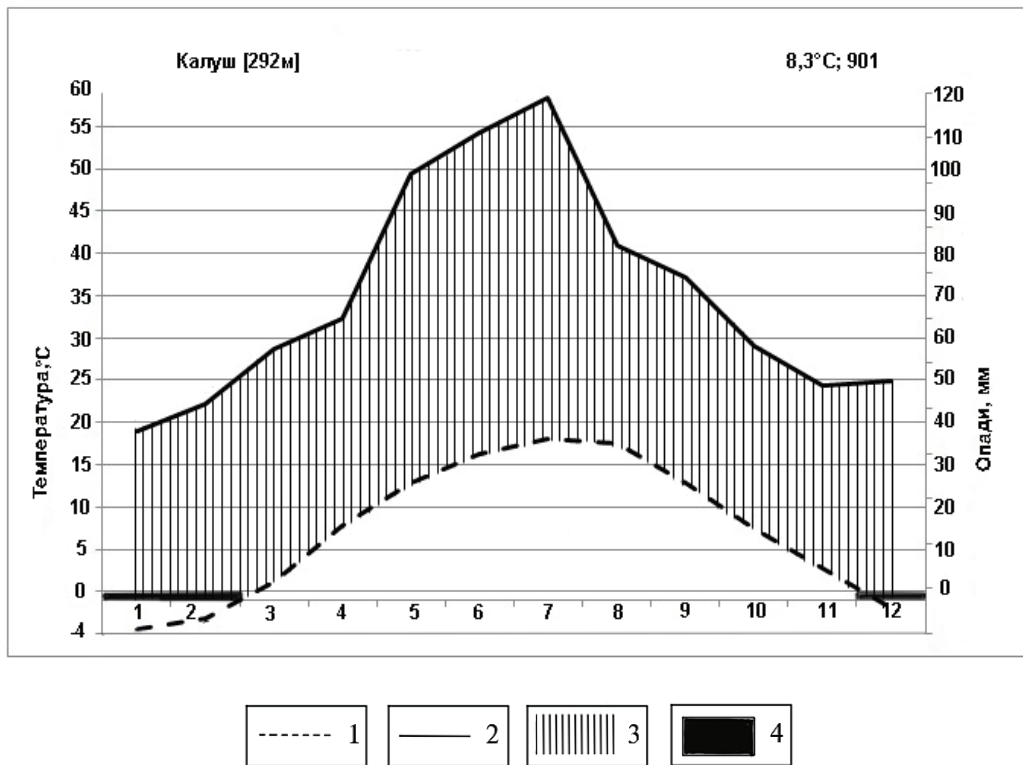


Рис. 2. Клімадіаграма Вальтера на території дослідження (м. Калуш). 1 – температура, °С; 2 – опади, мм (масштаб 1 : 2); 3 – вологий період; 4 – місяці з абсолютним мінімумом нижче 0 °С

Fig. 2. Walter's climatic diagram in the study area (Kalush town). 1 – temperature, °С; 2 – precipitation, mm (scale 1 : 2); 3 – wet period; 4 – months with an absolute minimum below 0 °С

що розташовані досить високо і спричиняють процеси оглеєння на значних висотах. По долинах річок накопичуються алювіальні наноси (Pylypovych, Kovalchuk, 2017; Grunty..., 2019). Така строкатість залягання геологічних порід зумовлює диференціацію умов, основним чинником яких є гідрорежим.

У ґрунтовому покриві за площею переважають дерново-підзолисті піщані, супіскові, легко суглинисті та суглинисті ґрунти, що залягають на водно-льодовикових відкладах із кварцовою мінералогічною основою, які підстеляються мергелями. Останні при зволоженні набухають, що спричинює зниження водопроникності, і сприяє формуванню перезволожених умов, оглеєння навіть досить високо на схилах і плакорних ділянках. У заплавах формуються лучні ґрунти, а також гігроморфні лучно-болотні, болотні, торфво-болотні та торфові. Характерною особливістю округу є переважання кислих ґрунтів, причому їхня

кислотність в останні роки підвищується (Pankiv, 2016; Zolotarova, 2020; Grunty..., 2019).

Клімат досліджуваної території помірно-континентальний, належить до зони надмірного зволоження (рис. 2).

Середньорічні температури повітря у межах басейну верхнього Дністра становлять 7,0–8,3 °С. Середньорічні показники опадів басейну Дністра – від 520 до 900 мм. Зрідка трапляються періоди без дощу (переважно в теплий сезон – у квітні-жовтні), посушливі періоди (тривалість яких понад 40 днів) повторюються один раз на 10 років (Pylypovych, Kovalchuk, 2017).

Такі особливості екологічних умов свідчать про те, що основним фактором диференціації рослинного покриву є зміна гідрорежиму, який значною мірою визначається не лише обводненістю території, а залежить від фізичної структури та характеру залягання в рельєфі певних геологічних порід.

Матеріали та методи

Матеріалами для досліджень були 102 геоботанічні описи, здійснені авторами на території Сандомирсько-Верхньодністровського геоботанічного округу в 2021 році, а також геоботанічні дані раніше опублікованих праць, присвячених вивченню досліджуваного регіону (Shelyah-Sosonko, 1961, 1963; Trąba, Wolański, 1999; Kuzemko, 2009). Геоботанічні описи виконані за методикою Ж. Браун-Бланке (Braun-Blanquet, 1964), розмір досліджуваних ділянок для лісів та чагарників складав 25×25 м, для трав'яних (степових, лучних) угруповань – 10×10 м. Їхні координати фіксували за допомогою GPS-навігатора. Криптогамні рослини не враховувались. Проективне покриття видів вказували у відсотках з подальшим перетворенням їх у бали за шкалою: 1 – $\leq 1\%$, 2 – 2–5%, 3 – 6–20%, 4 – 21–50%, 5 – $>50\%$. Назви синтаксонів наведені згідно з синтаксономічними зведеннями Європи та України (Mucina et al., 2016; Dubyna et al., 2019) із певним коригуванням залежно від розуміння обсягу відповідних синтаксонів. Базу даних геоботанічних описів було створено в програмі TURBOVEG (Hennekens, Schaminée, 2001). Під час здійснення класифікації рослинності було використано модифіковану версію алгоритму TWISPAN (Roleček et al., 2009) у програмі JUICE (Tichý, 2002). Фітоіндикаційна оцінка рослинних угруповань проведена за методикою синфітоіндикації з використанням екологічних шкал Я.П. Дідуха (Didukh, Plyuta, 1994; Didukh, 2011, 2012) у відповідній програмі розрахунку даних (Didukh, Budzhak, 2020). На основі синфітоіндикаційної оцінки рослинних угруповань будувалися ряди чагарниково-лісового, трав'яного та заплавного типу, що відображають топологічну диференціацію фітоценозів Сандомирсько-Верхньодністровського геоботанічного округу. Основою для побудови загального еколого-ценотичного профілю була класифікаційна схема рослинності, а також екологічний аналіз ценозів по відношенню до зміни показників екофакторів. Ординаційний аналіз лінійної залежності показників провідних екофакторів проводився у програмі Excel. Назви видів надано згідно до інформаційного ресурсу The Euro+Med PlantBase (<https://europlusmed.org>), окрім деяких видів, які європейськими авторами наводяться у ранзі синонімів.

Результати та обговорення

Характеристика рослинного покриву, екологічних умов та їхніх змін

Основу природного рослинного покриву становить лісова, болотна та лучна рослинність.

Ліси збереглися у вигляді окремих масивів, розташованих на непридатних для ведення сільського господарства схилах. Це ліси неморального типу, характеризуються невисокою ценотичною різноманітністю, розподіл яких визначається висотно-едафічною закономірністю. Їхню основу формує *Quercus robur* L. На підвищених формах рельєфу третьої тераси значну домішку становить *Abies alba* Mill., що виходить у перший ярус. Нижче по схилах ялиця зникає і панівне місце займають грабово-дубові ліси із домінуванням у трав'яному ярусі *Carex pilosa* Scop. та *Stellaria holostea* L. Ці ліси належать до асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* Tracz. 1962, а типова для Поділля асоціація *Isopyro thalictroidis-Carpinetum* Onyshchenko 1998 нами не виявлена.

Біля підніжжя схилів граб втрачає домінуючі позиції, в чагарниковому ярусі домінують *Corylus avellana* L. та *Frangula alnus* Mill., а у трав'яному *Carex brizoides* L. Такі ліси займають значні площі на більш-менш плескатих або трохи знижених схилах. Ю.П. Шеляг-Сосонко (Shelyah-Sosonko, 1961) розглядає їх як ацидофільний варіант дібров, які не трапляються на Поділлі, але характерні для Полісся. Синтаксономічна класифікація неморальних лісів, попри їхню ценотичну простоту недостатньо розроблена та викликає багато питань, оскільки потребує порівняння (охоплення) ширших регіонів. Їхнє місце в еколого-флористичній класифікації досить дискусійне. Так Я. Матушкевич (Matuszkiewicz, 2002), трактуючи асоціації грабових лісів досить широко, у складі асоціації *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* виділяє три варіанти: з домінуванням *Carex pilosa* – у типових умовах, *Caricetosum brizoides* – свіжі або злегка зволожені, бідні, пов'язані з кислими ґрунтами, та *Corydaletosum* – на багатших ґрунтах з участю весняної синузії геофітів. Такий регіональний підхід до виділення асоціацій (Східна Польща – Західна Україна), що має досить широку екологічну амплітуду, є досить спірним і викликає низку питань, оскільки екологічні особливості тут відходять на другий план. У Продромусі рослинності України (Davydov, Shelyah-Sosonko, 2019) ліси із

домінуванням *C. brizoides* (Ass. *Trientalo europaeae-Quercetum roboris* Vorobyov 2014 = *Carici brizoidis-Quercetum roboris* Orlov, Yakushenko et Vorobyov 2000) віднесено до союзу *Quercion roboris* Malcuit 1929 класу *Quercetea robori-petraeae* Br.-Bl. et. Tx. ex Oberd. 1957.

У багатших свіжих умовах домінуючі позиції захоплює *Fraxinus excelsior* L., а у вологіших у депресіях рельєфу співдомінує *Alnus glutinosa* (L.) Gaertn. У трав'яному покриві найчастіше домінують *Aegopodium podagraria* L., *Carex brizoides*, *Stellaria holostea*, а у вологіших умовах *Filipendula ulmaria* (L.) Maxim. Нами зафіксовано ділянки з домінуванням *Allium ursinum* L., які в даному регіоні трапляються рідко. Заплавні ліси зі співдомінуванням *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Alnus glutinosa* алювіального типу віднесені до союзу *Alnion incanae* Pawłowski et al. 1922, який Л. Муцина та ін. (Mucina et al., 2016) відносять до порядку *Alno-Fraxinetalia excelsioris* Passarge 1968 класу *Alno-glutinosae-Populetea albae* P. Fukarek et Fabijanić 1968, а не бореальних лісів *Alnetea glutinosae* Br.-Bl. et Tx. ex Westhoff et al. 1946. У Продромусі рослинності України (Dubyna et al., 2019) такі ліси віднесено до асоціації *Ficario-Ulmetum minoris* Knapp 1942 цього ж союзу та порядку, але традиційно залишені в класі *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968 (Davydov, Shelyah-Sosonko, 2019).

Типові вільхові ліси затоплюваних ділянок (*Alnetea glutinosae*), де дерева ростуть на п'єдесталах, а в трав'яному ярусі домінують високорослі *Carex acutiformis* Ehrh., *Glyceria maxima* (Hartm.) Holmb., *Phragmites australis* (Cav.) Steud., належать до союзу *Alnion glutinosae* Malcuit 1929 (Ass. *Carici ripariae-Alnetum glutinosae* Weisser 1970). Такі ліси досить детально описані з території Польщі басейну верхнього Сану (Trąba et al., 2004, 2006).

Вербові ліси *Salix alba* L., *S. fragilis* L., що формуються на піщаних алювіальних наносах, належать до союзу *Salicion albae* Soó 1951 (*Salicetea purpureae* Moor 1958), але їх не вдається ідентифікувати до рівня асоціації через їхню фрагментарність.

Чагарникові угруповання *Salicion cinerea* T.Müller et Görs ex. Passarge 1961, що трапляються досить часто у вигляді незначних за розмірами масивів, характеризуються домінуванням *Salix cinerea* L., *S. purpurea* L., *S. pentandra* L., а також участю *Frangula alnus*, *Prunus padus* L. subsp. *padus*, *Viburnum opulus* L. Під густим наметом чагарників

у розрідженому трав'яному покриві (30–60%) домінантами виступають *Filipendula ulmaria*, *Calamagrostis canescens* (Web.) Roth, *Phragmites australis*, *Thelypteris palustris* або вони не виражені. В угрупованнях типовими є *Lysimachia vulgaris* L., *Lythrum salicaria* L., *Scutellaria galericulata* L., *Galium palustre* L. Досить типовою є асоціація *Salicetum cinerea* Zólyomi 1931, хоча, можливо, в даному регіоні її ценогична різноманітність чагарникових вербових заростей більша.

Трав'яна рослинність плакорних ділянок та схилів округи досить відрізняється від оточуючих територій. Оскільки основу рельєфу формують флювіогляціальні та моренні відклади піщаного типу, тобто силікатних порід, то такі угруповання бідні на карбонати і найксерофітніші угруповання представлені синтаксонами *Galietales veri* Mirkin et Naumova 1986, які належать до союзу *Agrostion vinealis* Sipailova et al. 1985. Найбільш ксерофітні угруповання цього союзу (Ass. *Poetum angustifoliae* Shelag-Sosonko et al. 1986) є перехідною ланкою до угруповань класу *Festuco-Brometea* Br.-Bl. et. Tx. ex. Soó 1947, оскільки у складі цих угруповань відмічені *Inula ensifolia* L. (*Pentanema ensifolium* (L.) D.Gut. Larr., Santos-Vicente, Anderb., E.Rico & M.M.Mart. Ort.), *Anthericum ramosum* L., *Filipendula vulgaris* Moench. Натомість особливістю цих угруповань є незначна участь бобових, характерних для союзу *Cirsio-Brachypodium pinnati* Hadač et Klika in Klika et Hadač 1944. У сухих бідніших умовах розвиваються угруповання, що віднесені нами до асоціації *Agrostion vinealis-Calamagrostidetum epigei* Shelag-Sosonko et al. 1986 ex Shelag-Sosonko et al. 1985). На бідних сухих виходах пісків формуються угруповання з домінуванням *Calamagrostis epigeios* з участю *Epilobium angustifolia*, що є дериватами союзу *Chamaenerion angustifolii* (Cl. *Epilobietea angustifoliae* Tx. et. Preising ex Von Rochow 1951). Нижче по схилах у вологіших умовах на дернових і лучних ґрунтах трапляються угруповання порядку *Arrhenatheralia elatioris* Tx. 1931, які на основі аналізу геоботанічних описів Ю.Р. Шеляга-Сосонка (Shelyah-Sosonko, 1963) та А.А. Куземко (Kuzemko, 2009) віднесено до союзу *Arrhenatherion elatioris* Luquet 1926 (Ass. *Agrostion giganteae-Festucetum pratensis* Sipailova et al. 1987) та *Cynosurion cristati* Tx. 1937 (Ass. *Lolio-Cynosuretum cristati* Tx. 1937).

На знижених ділянках рельєфу у вологіших умовах на мулувато-глейових та торф'янисто-глейових опідзолених ґрунтах розвиваються угруповання

Molinietalia caeruleae Koch 1926, які представлені кількома союзами та відповідними асоціаціями. Найпоширенішими є ценози *Deschampsion caespitosae* Horvatić 1930, що формуються на підзолистих піщаних і суглинистих відкладах, опідзолених глейових легкого механічного складу ґрунтах *Holcetum lanati* Issler 1934, а у вологіших умовах на лучно-болотних та дерново-глейових ґрунтах – *Poo trivialis-Alopecuretum pratensis* Regel 1925 та *Cnidio dubii-Deschampsietum caespitosae* Passarge 1960 (Kuzemko, 2009).

Території з найгігірофітнішими умовами для луків з перезволоженим режимом зайняті досить поширеними угрупованнями *Calthion palustris* Tx. 1937, які не займають великих площ, а також високотравними ценозами *Filipendulion ulmariae* Segel ex Westhoff et Den Held 1969 з домінуванням *Filipendula ulmaria*, *Iris pseudacorus* L., *Phragmites australis*.

Болотні угруповання у межах округу займають досить великі площі. Розташований у центральній частині болотний масив шириною 2–7 км і довжиною до 40 км (площа 11780 га) був одним із найбільших у Європі, але внаслідок масштабної меліорації по суті втрачений (Resler, Kalynovych, Kharmata, 2002). Він пересікається системою меліоративних каналів, окремі ділянки між якими зайняті посівами с/г культур, а в інших збереглась болотна рослинність, що зазнала трансформації, олуговіла і використовується під сінокіс. Досить поширеними є угруповання союзу *Phalaridion arundinaceae* Корецьк 1961, формування яких пов'язано із трансформацією боліт і мінералізацією торфу при достатньому їхньому зволоженні. Характер типової болотної рослинності та закономірності її розподілу на Великому болоті відображено в роботі Ю.Р. Шеляга-Сосонка (Shelyah-Sosonko, 1963), на основі яких та зроблених нами описів відтворено більш-менш повну картину цих угруповань.

Описані ним типові угруповання класу *Phragmito-Magnocaricetea* Klika in Klika et Novák 1941 можна ідентифікувати як союз *Magnocaricion elatae* Koch 1926, можливо асоціації *Carici elatae-Calamagrostietum canescentis* Jílek 1958 *Caricetum appropinquatae* Aszód 1935, які займали трохи знижені ділянки на торфових відкладах. У складі цих угруповань Ю.Р. Шеляг-Сосонко (Shelyah-Sosonko, 1963) наводить такі види, як *Phragmites australis*, *Carex appropinquata* Schumach., *C. chordorrhiza* L.f. з участю *Sphagnum terex* (Schimp.) Angström,

S. acutifolium Ehrh. ex Schrad. і гіпнові мохи *Aulacomnium palustre* Schwaegrichen, *Climacium dendroides* Weber & D.Mohr., *Calliergonella cuspidata* Loeske, *Drepanocladus aduncus* Warnstorf. Крім того, наводяться ценози з домінуванням *Carex davalliana* Sm., тобто боліт карбонатного типу *Caricion davallianae*. Підтвердженням можливості існування раніше таких боліт є наявність у гербарних зборах навіть *Tofieldia calyculata* (L.) Wahlenb. У центральній частині болотного масива були зафіксовані угруповання, що являють собою перехідну осоково-сфагнову стадію від евтрофних до мезотрофних боліт, які можна віднести до *Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* Tx. 1937. (All. *Stygio-Caricion limosae*, можливо, Ass. *Caricetum lasiocarpae* Koch 1926) і навіть можливо *Scheuchzerion palustris* Nordhagen ex Tx. 1937. Домінантами виступали *Carex lasiocarpa* Ehrh., *C. limosa* L. із співдомінуванням *Sphagnum terex*.

Завершує еколого-ценотичний ряд прибережно-водна та водна рослинність, описана в роботі І.Я. Реслер та В.П. Ткачика (Resler, Tkachuk, 2001), що представлена різноманітними асоціаціями. Прибережна рослинність (Cl. *Phragmito-Magnocaricetea*) належить до порядків *Magnocaricetalia* Pignatti 1953 (All. *Caricion rostratae* Balátová-Tulácková 1963 та *Caricion gracilis* Neuhäusl 1959 = *Magnocaricion elatae*, домінантами яких є *Carex acutiformis*, *C. rostrata*), *Phragmitetalia* Koch 1926 та *Nasturtio-Glyceretalia* Pignatti 1953, угруповання яких досить різноманітні та мають вигляд невеликих локалітетів. Водна рослинність розвивається в річках Дністер і Сан та їхніх притоках, а також у меліоративних каналах і представлена угрупованнями класів *Potamogetonetea* Klika in Klika et Novák 1941, *Lemnetea* O. De Bolòs et Masclans 1955. За даними дослідників (Resler, Tkachuk, 2001; Tkachuk, Resler, 2002) найкраще вона збережена у Чайковицькому гідрологічному заказнику.

Цілком зрозуміло, що наведений перелік синтаксонів не відображає всієї ценорізноманітності, але цього достатньо, щоб охарактеризувати топологічну диференціацію умов зростання (біотопів) округу.

Еколого-ценотична оцінка рослинних угруповань

На основі розрахунку фонових показників відповідних екофакторів характеристика умов округу наступна: за вологістю ґрунтів – гігромезофітні (13

балів), змінністю зволоження – гідроконтрастофобні-гідроконтрастофільні (5,9), кислотністю – субацидофільні (7,5), сольовим режимом – семіевтрофні (7,0), вмістом карбонатів у ґрунті – гемікарбонатифобні (5,8), аерацією – субаерофобні (8,2), вмістом нітрогенів – гемінітрофільні-нітрофільні (6,1), терморезимом – субмезотермні (8,4, що відповідає річній температурі 7,6 °С, ФАР – 1758 МДж/м²/рік, періоду активної вегетації – 157 діб), континентальністю – геміконтинентальні (8,3, що відповідає 25,6 індексу Горчинського), кріорежимом – гемікріофільні (8,0, що відповідає середній температурі січня –5 °С), омброрежимом – субгумідні (12,6 бала, що відповідає індексу де Мартонна – 33,7, а ГТК Селянінова 1,35). Для Дрогобича згідно з нашими розрахунками на основі даних метеостанції (<http://pogoda360.ru>) середньорічна температура становить 7,8 °С, середня січня – 3,7 °С, гідротермічний індекс Де Мартонна – 39,7, ГТК Селянінова – 1,6, індекс континентальності Горчинського – 28, тобто ці показники досить близькі.

Закономірності топологічної диференціації рослинного покриву прослідковуються на основі побудованого нами еколого-ценотичного профілю комбінативного типу (рис. 3). На ньому відображено характер розподілу основних типів угруповань відносно елементів рельєфу.

Розглядаючи топологічну диференціацію рослинного покриву округу, закономірності розподілу по відношенню до елементів рельєфу, ми виділяємо три типи мезокомбінацій: лісового, трав'яного (лучного) на автогенних ґрунтах і болотно-заплавного типу на ґрунтах гідрогенного розвитку (глейових, торф'яних). Характерною рисою є інверсії у розподілі рослинних угруповань, що спричинено, як ми відмічали раніше, наявністю відкладів мергелю, який при зволоженні набухає, має низьку водопроникність, і сприяє формуванню перезволожених оглеєних ґрунтів, в результаті чого відповідні біотопи трапляються досить високо на схилах і навіть на плакорних ділянках. Однак на даних профілях ми намагалися розташувати відповідні угруповання відносно їхнього типового місця у відповідних формах рельєфу.

Як видно з рис. 3, лісовий ряд характеризується відносно стабільними показниками, близькими до фонових, що свідчить про високу стабілізуючу роль

лісових екосистем. Найбільший градієнт коливань характерний для екстремальних гігрофільних умов заплави, а також сухих піщаних відкладів на моренах, де не формуються ґрунти і розвиваються монодомінантні угруповання *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, Tent. Саме за таких контрастних умов на графіках добре простежуються кореляційні залежності між показниками екофакторів (рис. 4).

Детальніше ці залежності видно на матрицях попарної кореляції між факторами. Із 66 можливих варіантів лише 12 характеризуються прямо-, чи оберненолінійною високою залежністю ($R^2 > 0,3$). Зокрема прямолінійна залежність зафіксована між Rc-Tm, Rc-Nt, Rc-Sl, Fh-Sl, Sl-Nt, Hd-Ae, Sl-Tm, зворотнолінійна – між Rc-Om, Sl-Om, Ca-Ae, Cr-Kn, Cr-Lc. Тобто підвищення показників терморезиму впливають на підвищення ряду едафічних властивостей умов існування, омброрежим характеризується зворотною залежністю. Кріорежим впливає на континентальність і залежить від освітленості поверхні ґрунту. Зміна континентальності в гумідних кліматичних умовах лімітувального значення не має.

Оцінка загроз та проблеми трансформації рослинного покриву

Природний рослинний покрив округу досить трансформований, а його площа займає близько 60% території округу (<https://www.google.com.ua/maps>). Найнебезпечнішими загрозами є подальше зниження балансу водних запасів і ґрунтових вод, відтак висихання гігрофільної рослинності, тобто ксерофітизація. Особливу загрозу становить експансія адвентивних видів, які переходять Е-та F-бар'єри і досягають рівня трансформерів. Нами запропонована оцінка ступеня інвазійної трансформації ценозів та ландшафтів (регіонів) на основі підходу щодо інвазійності видів за їхнім впливом на структуру фітоценозу, розробленого Т. Блэкбарном та ін. (Blackburn et al., 2014), де ML – вплив мінімальний, MJ – незначний, MO – помірний, MR – суттєвий, MA – потужний.

За ступенем інвазійності ми поділяємо регіони на п'ять категорій: 1) наявні інвазійні види ML, MJ, MO у складі різних типів угруповань; 2) наявні інвазійні види категорії MR та MA у складі певного типу біотопів, що мають локальне поширення; 3) наявні інвазійні види категорії MR та MA в різних типах біотопів (заплавні ліси чи луки), що мають

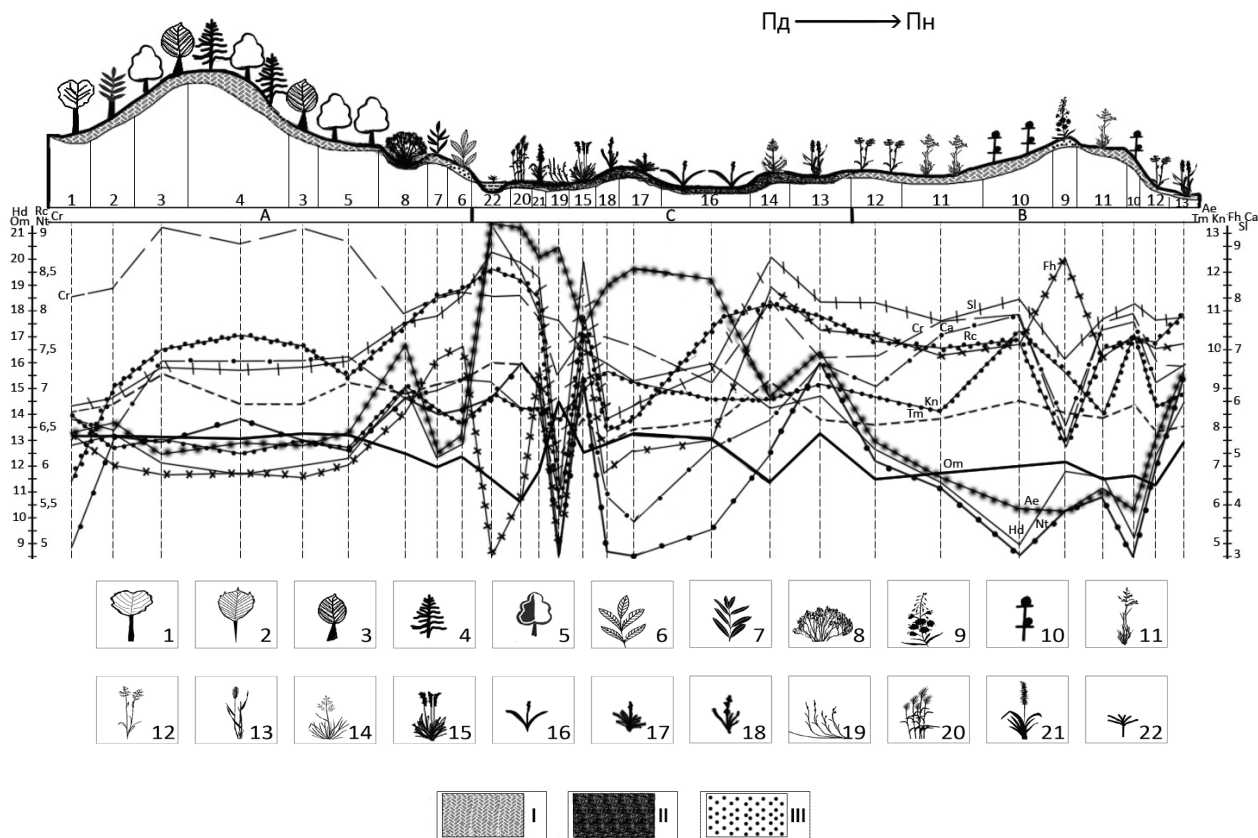


Рис. 3. Еколого-ценотичний профіль, що відображає закономірності топологічної диференціації рослинного покриву Сандомирсько-Дністровського геоботанічного округу.

A – лісовий ряд; B – трав'яний ряд; C – ряд болотно-заплавного типу.

Екологічні фактори: Hd – вологість; Fh – змінність зволоження; Ae – аерація ґрунту; Nt – вміст азоту; Rc – кислотність ґрунту; Sl – сольовий режим; Ca – вміст карбонатів; Tm – терморезим; Om – омброрезим; Kn – континентальність; Cr – кріоклімат; Lc – світловий режим.

Домінанти та характерні види (Dominants and characteristic species): 1. *Alnion glutinosae* (*Carici ripariae-Alnetum glutinosae*); 2. *Alnion incanae* (*Ficario-Ulmetum minoris*); 3. *Carpinion betuli* (*Tilio cordatae-Carpinetum betuli*); 4. *Tilio cordatae-Carpinetum betuli* var. *Abies alba*; 5. *Quercion roboris* (*Carici brizoidis-Quercetum roboris*); 6. *Salicion albae* (comm. *Salix alba*, *S. fragilis*); 7. *Salicion cinereae* (comm. *S. fragilis*, *S. pentandra*); 8. *Salicetum cinereae*; 9. *Epilobietea angustifoliae* (comm. *Calamagrostis epigeios*); 10. *Agrostion vinealis* (*Poetum angustifoliae*); 11. *Agrostio vinealis-Calamagrostidetum epigei*; 12. *Arrhenatherion elatioris*, *Cynosurion cristati*; 13. *Deschampsion caespitosae* (*Holcetum lanati*); 14. *Poo trivialis-Alopecuretum pratensis* та *Cnidio dubii-Deschampsietum caespitosae*; 15. *Phalaridion arundinaceae*; 16. *Magnocaricion elatae* (*Carici elatae-Calamagrostidetum canescentis*, *Caricetum appropinquatae*); 17. *Caricion davallianae*; 18. *Stygio-Caricion limosae* (*Caricetum lasiocarpae*); 19. *Scheuchzerion palustris* (comm. *Carex limosa*); 20. *Magnocaricetalia* (*Caricion rostratae* та *Caricion gracilis*), *Phragmitetalia*; 21. *Nasturtio-Glyceretalia* (*Glycerietum fluitantis*); 22. *Potamogetonetea*, *Lemnetea*; I – ґрунти автогенного типу (soils of the autogenous type); II – торф та дерново-глеєві ґрунти (peat and sod-clay soils); III – пісок (sand)

Fig. 3. Ecological and coenotic profile reflecting patterns of topological differentiation of the vegetation cover of the Sandomiria Upper Dniester geobotanical district.

A – forest row; B – grass row; C – a series of swamp-flood type.

Ecological factors: Hd – soil humidity; Fh – damping variability; Ae – soil aeration; Nt – nitrogen content in soil; Rc – soil acidity; Sl – salt regime; Ca – carbonate content in soil; Tm – thermal climate; Om – climate humidity (ombroregime); Kn – climate continentality; Cr – cryoclimate; Lc – light

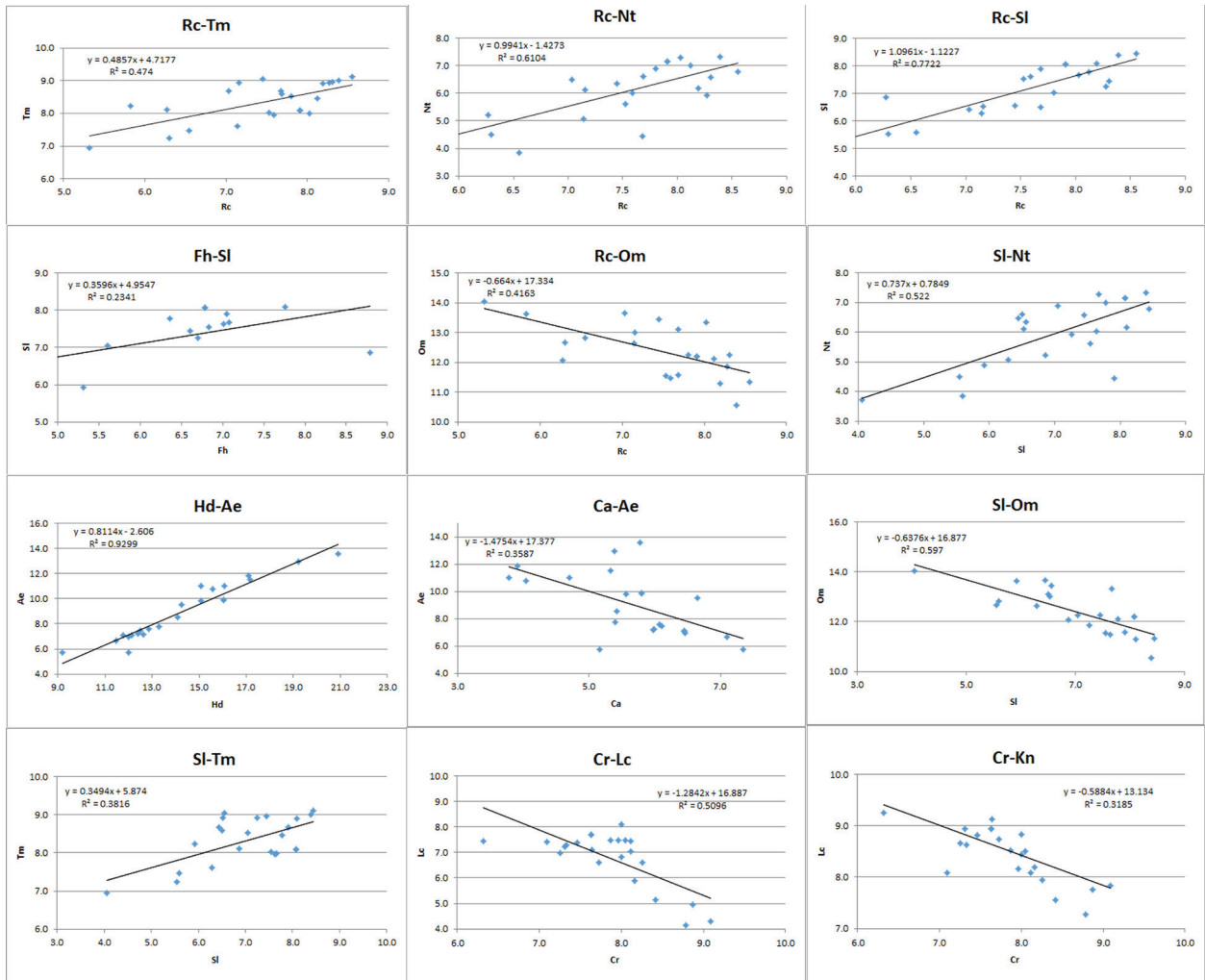


Рис. 4. Лінійна залежність між показниками провідних екофакторів. Вісі X та Y – значення екологічних факторів (Didukh, 2011)

Fig 4. Linear relationship between changes in leading environmental factors. X - and Y - axes – values of environmental factors (Didukh, 2011)

локальне поширення (жовтий ступінь загрози); 4) наявні інвазійні види категорій MR та MA, що мають суцільне поширення в одному типі біотопів (оранжевий ступінь загрози); 5) інвазійні види категорій MR та MA займають значні площі і заселяють різні типи біотопів (червоний ступінь загрози). Відповідно, виходячи із того, що в регіоні є значні площі штучних лісових масивів із *Quercus rubra* L., у заплавах річок домінуючу роль відіграє *Salix fragilis*, наявні зарості *Amorpha fruticosa* L., *Echinocystis lobata* (Michx.) Torr. & A.Gray, значні за площею *Heracleum sosnowskyi* Manden, *Erigeron*

annuus (L.) Desf., *Rudbeckia laciniata* L., *Solidago canadensis* L., то округ в цілому можна трактувати як такий, що знаходиться на межі жовтого та оранжевого ступенів загрози інвазійних видів. Однак геоботанічний район від р. Ломниця ло Коломиї, де наявні величезні, можливо, одні з найбільших в Україні площі, що займають зарості *Heracleum sosnowskyi*, *Erigeron annuus*, які поширені як у заплавах, так і на плескатих приплекорних ділянках, а також досить великі масиви *Rudbeckia laciniata* ми відносимо до найвищого червоного ступеня

загроз, що потребує розробки відповідних заходів біобезпеки.

Висновки

На основі польових досліджень та літературних даних встановлено, що основу природної рослинності округу формують неморальні ліси союзів *Carpinion betuli* (*Tilio cordatae-Carpinetum betulis*), *Quercion roboris* (*Carici brizoidis-Quercetum roboris*) з участю *Abies alba*, а в заплавах – *Alnion glutinosae* (*Carici ripariae-Alnetum glutinosae*), *Alnion incanae* (*Ficario-Ulmetum minoris*), *Salicion albae* (comm. *Salix alba*, *S. fragilis*) та чагарники *Salicion cinerea* (comm. *S. fragilis*, *S. pentandra*), *Salicetum cinerea*, лучні *Agrostion vinealis* (*Poetum angustifoliae*, *Agrostio vinealis-Calamagrostidetum epigei*), *Arrhenatherion elatioris*, *Cynosurion cristati*, *Deschampsion caespitosae* (*Holcetum lanati*, *Poo trivialis-Alopecuretum pratensis*, *Cnidio dubii-Deschampsietum caespitosae*), *Phalaridion arundinaceae* та болотні *Magnocaricion elatae* (*Carici elatae-Calamagrostidetum canescentis*, *Caricetum appropinquatae*), *Caricion davalliana*, *Stygio-Caricion limosae* (*Caricetum lasiocarpae*), *Scheuchzerion palustris* (comm. *Carex limosa*), *Caricion rostratae*, *Caricion gracilis*, *Phragmitetalia* угруповання, що відрізняє її від рослинності оточуючих гірських та височинних територій.

У результаті багатоговікової інтенсивної діяльності рослинний покрив досить трансформований, ряд болотних угруповань внаслідок меліорації Великого Дністерського болота було втрачено. Основним екофактором, що визначає характер топологічної диференціації рослинного покриву є зміна гідрорежиму ґрунтів, що корелює із показниками інших факторів. З результатів аналізу синфітоіндикації можна очікувати, що у зв'язку із підвищенням середньорічних і зимових температур, зниження омброрежиму та континентальності будуть зростати показники рН ґрунту, розклад органіки і збільшення мінеральних азотних сполук, нітрифікація, а при сезонній зміні зволоження – мінералізація ґрунтів (Didukh, 2021). Крім клімату суттєве значення має вплив інших зовнішніх чинників, що в комплексі визначатимуть тенденції, градієнт трансформації та розвиток рослинних угруповань. Внаслідок кліматичних змін у комплексі з потужним впливом антропогенної діяльності, зокрема розробки газових, нафтових родовищ і видобування солі, цей регіон може зазнати більш

суттєвої трансформації. Тут відмічено потужну інвазію низки адвентивних видів, які становлять високу загрозу, що потребує розробки відповідних заходів біобезпеки, збереження та охорони біорізноманіття.

ORCID

Я.П. Дідух: <https://orcid.org/0000-0001-7619-0283>

О.О. Кучер: <https://orcid.org/0000-0002-4197-0471>

Ю.В. Розенбліт: <https://orcid.org/0000-0002-8516-3823>

О.О. Чусова: <https://orcid.org/0000-0002-8081-9918>

Список посилань

- Blackburn Tim M., Essl F., Evans Th., Hulme Philip E., Jeschke Jonathan M., Kühn I., Kumschick S., Marková Z., Mrugała A., Nentwig W., Pergl J., Pyšek P., Rabitsch W., Ricciardi A., Richardson David M., Sendek A., Vilá M., Wilson John R.U., Winter M., Genovesi P., Bacher S. 2014. A Unified Classification of Alien Species Based on the Magnitude of their Environmental Impacts. *PLoS Biology*, 12(5): e1001850. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.1001850>
- Braun-Blanquet J. 1964. *Pflanzensoziologie. Grundzüge der vegetationskunde*. 3 aufl. Wien, New York: Springer, 865 pp.
- Davydov D.S., Shelyah-Sosonko Yu.R. 2019. Клас *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968. In: *Prodromus roslynnosti Ukrainy*. Eds D.V. Dubyna, T.P. Dziuba. Kyiv: Naukova Dumka, 782 pp. [Давидов Д.С., Шеляг-Сосонко Ю.Р. 2019. Клас *Carpino-Fagetea sylvaticae* Jakucs ex Passarge 1968. В кн.: *Продромус рослинності України*. Відп. ред. Д.В. Дубина, Т.П. Дзюба. Київ: Наукова думка, 782 с.]
- Didukh Ya.P. 2011. *The ecological scales for the species of Ukrainian flora and their use in synphytoindication*. Kyiv: Phytosociocentre, 176 pp.
- Didukh Ya.P. 2012. *Osnovy bioindykatsii*. Kyiv: Naukova Dumka, 344 pp. [Дідух Я.П. 2012. *Основи біоіндикації*. Київ: Наукова думка, 344 с.]
- Didukh Ya.P. 2021. Climate Change Assessment Based on Synphytoindication Method. In: Lackner M., Sajjadi B., Chen W.Y. (eds). *Handbook of Climate Change Mitigation and Adaptation*. New York: Springer, 1–56 pp. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-6431-0_137-1
- Didukh Ya.P., Budzhak V.V. 2020. *Prohrama dlya avtomatyzatsii protsesu rozrakhunku balnykh pokaznykiv ekolohichnykh faktoriv: metodychni rekomendatsii*. Chernivtsi: Yuriy Fedkovich Chernivtsi National University, 40 pp. [Дідух Я.П., Буджак В.В. 2020. Програма для автоматизації процесу розрахунку бальних показників екологічних факторів: методичні

- рекомендації. Чернівці: Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, 40 с.].
- Didukh Ya.P., Plyuta P.H. 1994. *Fitoindykatsiya ekolohichnykh faktoriv*. Kyiv: Naukova Dumka, 280 pp. [Дідух Я.П., Пліута П.Г. 1994. *Фітоіндикація екологічних факторів*. Київ: Наукова думка, 280 с.].
- Didukh Ya.P., Rosenblit Yu.V. 2017. *Ukrainian Botanical Journal*, 74(3): 227–247. [Дідух Я.П., Розенбліт Ю.В. 2017. Методичні основи виділення та оцінки екомер (на прикладі Дністровського каньйону). *Український ботанічний журнал*, 74(3): 227–247]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj74.03.227>
- Didukh Ya.P., Rosenblit Yu.V. 2022. *Ukrainian Botanical Journal*, 74(4): 221–245. [Дідух Я.П., Розенбліт Ю.В. Еколого-топологічна диференціація біотопів Гірського Криму. *Український ботанічний журнал*, 74(4): 221–245. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.04.221>
- Dubyna D.V., Dziuba T.P., Iemeljanova S.M., Bagrikova N.O., Borysova O.V., Borsukevych L.M., Vynokurov D.S., Gapon S.V., Gapon Yu.V., Davydov D.A., Dvoretzkyi T.V., Didukh Ya.P., Zhmud O.I., Kozyr M.S., Konishchuk V.V., Kuzemko A.A., Pashkevych N.A., Ryff L.E., Solomakha V.A., Felbaba-Klushyna L.M., Fitsailo T.V., Chorna H.A., Chorney I.I., Shelyag-Sosonko Yu.R., Iakushenko D.M. 2019. *Prodrome of the Vegetation of Ukraine*. Eds D.V. Dubyna, T.P. Dziuba. Kyiv: Naukova Dumka, 782 pp. [Дубина Д.В., Дзюба Т.П., Смелянова С.М., Багрикова Н.О., Борисова О.В., Борсукевич Л.М., Винокуров Д.С., Гапон С.В., Гапон Ю.В., Давидов Д.А., Дворецький Т.В., Дідух Я.П., Жмуд О.І., Козир М.С., Конішчук В.В., Куземко А.А., Пашкевич Н.А., Рифф Л.Е., Соломаха В.А., Фельбаба-Клушина Л.М., Фіцайло Т.В., Чорна Г.А., Чорней І.І., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Якушенко Д.М. 2019. *Продромус рослинності України*. Відп. ред. Д.В. Дубина, Т.П. Дзюба. Київ: Наукова думка, 782 с.].
- Euro+Med 2006+ [continuously updated]: *Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity*. Available at: <http://www.europlusmed.org> (Accessed 28 July 2022).
- Grunty Lvivskoi oblasti*. 2019. Ed. S.P. Poznyak. Lviv: Lviv National University, 424 pp. [*Ґрунти Львівської області*. Відп. ред. С.П. Позняк. Львів: Львівський національний університет імені Івана Франка, 424 с.].
- Hennekens S.M., Schaminée J.H.J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *Journal of Vegetation Science*, 12(4): 589–591. <https://doi.org/10.2307/3237010>
- Kuzemko A.A. 2009. *Roslynnist Ukrainy. Luchna roslynnist. Klas Molinio-Arrhenatheretea*. Kyiv: Phytosociocentre, 376 pp. [Куземко А.А. 2009. *Рослинність України. Лучна рослинність. Клас Molinio-Arrhenatheretea*. Київ: Фітосоціоцентр, 376 с.].
- Matuszkiewicz J.M. 2002. *Zespoły leśne Polski*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 257 pp.
- Mucina L., Bültmann H., Dierßen K., Theurillat J.-P., Raus T., Čarni A., Šumberová K., Willner W., Dengler J., Gavilán García R., Chytrý M., Hájek M., Di Pietro R., Iakushenko D., Pallas J., Daniëls F.J.A., Bergmeier E., Santos Guerra A., Ermakov N., Valachovič M., Schaminée J.H.J., Lysenko T., Didukh Y.P., Pignatti S., Rodwell J.S., Capelo J., Weber H.E., Solomeshch A., Dimopoulos P., Aguiar C., Hennekens S.M., Tichý L. 2016. Vegetation of Europe: hierarchical floristic classification system of vascular plant, bryophyte, lichen, and algal communities. *Applied Vegetation Science*, 19(1): 1–264. <https://doi.org/10.1111/avsc.12257>
- Pankiv Z.P. 2016. *Naukovi zapysky TNPU im. V. Hnatyuka. Seriya Neohrafiya*, 1: 43–50. [Паньків З.П. 2016. Ґрунтові ресурси Львівської області. *Наукові записки ТНПУ ім. В. Гнатюка. Серія Географія*, 1: 43–50].
- Pylypovych O.V., Kovalchuk I.P. 2017. Analiz umov i chynnykiv formuvannya heoekolohichnoi situatsii u richkovo-baseynovykh systemakh verkhnoi chastynty baseynu Dnistra. In: *Heoekolohiya richkovo-baseynovoi systemy verkhnoho Dnistra*. Ed. I.P. Kovalchuk. Lviv, Kyiv: Lviv National University 284 pp. [Пилипович О.В., Ковальчук І.П. 2017. Аналіз умов і чинників формування геоecологічної ситуації у річково-басейнових системах верхньої частини басейну Дністра. В кн.: *Геоecологія річково-басейнової системи верхнього Дністра*. Ред. І.П. Ковальчук. Львів, Київ: Львівський національний університет імені Івана Франка, 284 с.].
- Resler I., Kalynovych N., Kharmata K. 2002. In: *Yu.D. Kleopov ta suchasna botanichna nauka: materialy chytan, prysvyach. 100-richchyu z dnya narodzhennya Yu.D. Kleopova*. Kyiv: Fitosociocenter, pp. 279–286. [Реслер І., Калинович Н., Хармата К. 2002. Вільшини Верхньодністровської рівнини та історія їх походження. В зб.: *Ю.Д. Клеопов та сучасна ботанічна наука: матеріали читань, присвяч. 100-річчю з дня народження Ю.Д. Клеопова* (Київ, 10–13 листопада 2002 р.). Київ: Фітосоціоцентр, с. 279–286].
- Resler I.Ya., Tkachyk V.P. 2001. *Scientific Bulletin of the Uzhhorod University. Series Biology*, 10: 65–68. [Реслер І.Я., Ткачик В.П. 2001. Водно-болотна флора і рослинність території Великих дністровських боліт. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія Біологія*, 10: 65–68].
- Roleček J., Tichý L., Zelený D., Chytrý M. 2009. Modified TWINSPLAN classification in which the hierarchy respects cluster heterogeneity. *Journal of Vegetation Science*, 20: 596–602. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2009.01062.x>
- Rosenblit Yu.V. 2020. *Ekomery Dnistrovskoho kanyonu*. Cand. Sci. Diss. Kyiv, M.G. Kholodny Institute of Botany NAS of Ukraine, 304 pp. (manuscript). [Розенбліт Ю.В. 2020. *Екомери Дністровського каньйону*. Дис. ... канд. біол. наук: спец. 03.00.05 "Ботаніка". Київ, Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, 304 с. (рукопис)].
- Shelyag-Sosonko Yu.R. 1961. *Ukrainian Botanical Journal*, 18(6): 32–39. [Шеляг-Сосонко Ю.Р. 1961. Ліси долини Верхньої течії р. Дністра. *Український ботанічний журнал*, 18(6): 32–39].
- Shelyag-Sosonko Yu.R. 1963. *Ukrainian Botanical Journal*, 20(1): 93–101. [Шеляг-Сосонко Ю.Р. 1963. Рослинність боліт долини Верхнього Дністра. *Український ботанічний журнал*, 20(1): 93–101].

- Sochava V.B. 1979. *Rastitelnyi pokrov na tematiceskikh kartakh*. Novosibirsk: Nauka, 190 pp. [Сочава В.Б. 1979. *Растительный покров на тематических картах*. Новосибирск: Наука, 190 с.].
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>
- Tkachyk V.P., Resler I.Ya. 2002. *Visnyk of Lviv University. Biological series*, 28: 97–104. [Ткачик В., Реслер І. 2002. Угрупування асоціації *Ribo nigri-Alnetum* Solinska-Górnicka 1975 Великих Дністерських боліт. *Вісник Львівського університету. Серія біологічна*, 28: 97–104].
- Trąba Cz., Wolański P. 1999. Szuwary trzcinowe, turzycowe I ziołorośla na obszarze projektowanego zbiornika wodnego "Nielisz" w Kotlinie Zamojskiej. *Folia Universitatis Agriculturae Stetinensis*, 197, *Agricultura*, 75: 325–328.
- Trąba Cz., Wolański P., Oklejewicz K. 2004. Zbiorowiska roślinne nieużytkowanych łąk i pól w dolinie Sanu. *Łąkarstwo w Polsce*, 7: 207–238.
- Trąba Cz., Wolański P., Oklejewicz K. 2006. Różnorodność florystyczna wybranych zbiorowisk nieleśnych doliny Sanu. *Annales UMCS, Sectio E*, 61: 267–275.
- Tüxen R. 1973. Vorschlag zur Aufnahme von Gesellschaftskomplexen in potentiell natürlichen Vegetationsgebieten. *Acta Botanica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 19(1–4): 379–384.
- Tüxen R. 1978. Bemerkungen zur historischen, bergflichen und methodischen Grundlagen der Synsoziologie-Assoziationskomplexe (Sigmeten) und ihre praktische Anwendung R. Tüxen. In: *Berichte der Internationalen symposien der Internationalen Vereinigungen für Vegetationskunde Herausgegeben von R. Tüxen (Rientaln, 4–7.04.1977)*. Vaduz, pp. 3–16.
- Zolotarova I.B. 2020. *Otsinyuvannya ekolo-hromelioratyvnoho stanu osushuvanykh gruntiv Lvivskoi oblasti*. Cand. Sci. Diss. Rivne, Natsionalnyi universytet vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannya, 289 pp. (manuscript). [Золотарьова І.Б. 2020. Оцінювання еколого-агроекологічного стану осушуваних ґрунтів Львівської області. Дис. ... канд. с-г. наук: спец. 03.00.16. Рівне, Національний університет водного господарства та природокористування, 289 с. (рукопис)].

Рекомендує до друку І.І. Чорней

Дідух Я.П., Кучер О.О., Розенблїт Ю.В., Чусова О.О. 2022. **Топологічна диференціація рослинного покриву Сандомирсько-Верхньодністровського геоботанічного округу**. *Український ботанічний журнал*, 79(5): 277–289.













Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

Реферат. У статті відображено закономірності розподілу природної рослинності залежно від топологічних умов, окреслено основні напрямки її антропогенної трансформації. Уточнено межі округу та його ботаніко-географічні особливості. Наведена синтаксономічна класифікація угруповань. Побудовано еколого-ценотичний профіль комбінативного типу, на якому відображено розподіл основних типів угруповань та характер зміни бальних показників екофакторів. Виділено три типи мезокомбінацій: лісового, трав'яного (лучного) і болотно-заплавного типу. Розраховано фонові (релевантні) показники за екологічними умовами. Встановлено, що лісовий ряд характеризується показниками, близькими до фонових, що свідчить про високу стабілізуючу роль лісових екосистем. Встановлено корелятивну залежність між зміною показників певних факторів, що дає можливість прогнозувати можливі їхні причинно-наслідкові зміни. При існуючих тенденціях антропогенно-кліматичних змін можна очікувати зниження показників омрежиму, зростання рН ґрунту, а при наростанні сезонної зміни зволоження відбуватиметься прискорення процесів нітрифікації та мінералізації ґрунтів. Окремі біотопи характеризуються наявністю потужного впливу інвазійних видів, а територія від р. Ломниця до м. Коломиї, де наявні одні із найбільших в Україні площі *Heracleum sosnowskyi*, *Erigeron annuus*, *Solidago canadensis* та значні площі *Rudbeckia laciniata*, віднесено до найвищого ступеня загроз. У майбутньому цей регіон може зазнати більш суттєвої трансформації, і потребує особливої уваги щодо збереження його біорізноманіття.

Ключові слова: екологічні фактори, рослинність, Сандомирсько-Верхньодністровський геоботанічний округ, топологічна диференціація, фітоіндикація, фітоінвазії



Protected species in grassland habitats of Ukraine

Olga O. CHUSOVA^{1,2} , Dariia V. SHYRIAIEVA^{1,3} , Vasyl V. BUDZHAK⁴ , Ilyya I. CHORNEY⁵ ,
Tetiana P. DZIUBA¹ , Svitlana M. IEMELIANOVA^{1,3} , Oksana O. KUCHER^{1,6} , Ivan I. MOYSIYENKO⁷ ,
Alla I. TOKARIUK⁵, Iuliia A. VASHENIAK^{3,8} , Denys S. VYNOKUROV^{1,9} , Mykhailo F. BOYKO⁷,
Oleksandr Ye. KHODOSOVTSSEV⁷ , Anna A. KUZEMKO^{1,3*} 

¹M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

²Vegetation Ecology Research Group, Institute of Natural Resource Sciences (IUNR), Zurich University of Applied Sciences (ZHAW), 14 Grüentalstr, Wädenswil 8820, Switzerland

³Department of Botany and Zoology, Faculty of Science, Masaryk University, 753/5 Kamenice, Brno 625 00, Czech Republic

⁴Institute For Evolutionary Ecology, National Academy of Sciences of Ukraine, 37 Lebedeva Str., Kyiv 03143, Ukraine

⁵Yuriy Fedkovych Chernivtsi National University, 11 Fedkovych Str., Chernivtsi 58012, Ukraine

⁶Department of Geobotany and Plant Ecology, Faculty of Biology and Environmental Protection, University of Lodz, 12/16 Banacha Str., Lodz 90-237, Poland

⁷Kherson State University, 14 Shevchenko Str., Ivano-Frankivsk 76018, Ukraine

⁸Vasyl' Stus Donetsk National University, 21, 600-richya Str., Vinnytsia 21021, Ukraine

⁹Department of Plant Biology and Ecology, University of the Basque Country UPV/EHU, Apdo, Bilbao 644 E-48080, Basque Country, Spain

Abstract. Based on the analysis of more than 17,000 vegetation plots (relevés), the participation of 261 protected species (254 vascular plants, six lichens, and one bryophyte) in 30 EUNIS grassland habitat types was revealed. Vegetation plots were assigned to the habitat types using the EUNIS-ESY expert system with further verification. We consider as protected species those listed in the current edition of the *Red Data Book of Ukraine, Resolution 6 of the Bern Convention, Annexes II and IV of the Habitat Directive*, and the *IUCN Red List* (only categories VU, EN, CR). The participation of protected species was studied according to the following three criteria: (1) the total number of protected species in the plots assigned to a certain habitat type, (2) the number of plots in which at least one protected species is present, and (3) the mean number of protected species per plots within each habitat type. True steppes (R1B) and meadow steppes (R1A) differed with a significant predominance of the total number of protected species. Arctic alpine calcareous grassland (R44) and Continental dry rocky steppic grassland and dwarf scrub on chalk outcrops (R15) had the largest proportion of plots with protected species and the highest mean numbers of protected species per relevé. Saline habitats, in particular Temperate inland salt marsh (R63) and Semi desert salt pan (R64), were characterized by the smallest number of plots with protected species. Among all species, *Gymnadenia conopsea*, *Stipa capillata*, *Colchicum autumnale* and *Gladiolus imbricatus* occurred in the largest number of studied habitat types. Based on the results of the analysis, appropriate ways of optimizing the protection of grassland habitats and protected species are proposed.

Keywords: *Annex II of the Habitat Directive, Annex IV of the Habitat Directive, EUNIS, IUCN Red List, Red Data Book of Ukraine, Resolution 6 of the Bern Convention*

Article history. Submitted 03 August 2022. Revised 07 October 2022. Published 31 October 2022

Citation. Chusova O.O., Shyriaieva D.V., Budzhak V.V., Chorney I.I., Dziuba T.P., Iemelianova S.M., Kucher O.O., Moysiienko I.I., Tokariuk A.I., Vasheniak Iu.A., Vynokurov D.S., Boyko M.F., Khodosovtsev O.Ye., Kuzemko A.A. 2022. Protected species in grassland habitats of Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 290–307. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.290>

*Corresponding author email: anymeadow.ak@gmail.com

© 2022 O.O. Chusova, D.V. Shyriaieva, V.V. Budzhak, I.I. Chorney, T.P. Dziuba, S.M. Iemelianova, O.O. Kucher, I.I. Moysiienko, A.I. Tokariuk, Iu.A. Vasheniak, D.S. Vynokurov, M.F. Boyko, O.Ye. Khodosovtsev, A.A. Kuzemko. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

Introduction

Grassland habitats are extremely important, primarily as a source of numerous ecosystem services, and not only those resource-related, but also those related to the regulation and self-maintenance, e.g. thermoregulation, soil formation, countering soil and water erosion, carbon sequestration, etc., which contribute to increasing the sustainability of ecosystems to global climate change and natural disasters, and therefore to the sustainable development of society. In many European countries, grassland habitats are recognized as objects of special conservation interest and biodiversity hotspots (Grasslands..., 2018). Thus, European records of species richness according to the latest data are recorded in semi-dry grasslands and reach 106 species of vascular plants on 10.89 m² in Transylvania (Romania) and 119 species of vascular plants on 16 m² in Bukovyna (Ukraine) (Roleček et al., 2019). Such unique habitats are top priorities in the nature conservation policy of many countries, which provides for their inventory. In addition to a high level of species richness and biodiversity, grassland habitats shelter many rare species of plants and animals and are considered among the global biodiversity hotspots (Habel et al., 2013). The rarity of many of such species is caused by a very high level of transformation of grasslands due to their excessive exploitation, plowing, and change of land use modes, which leads to overgrowth of trees and shrubs. In addition, many representatives of the grassland flora, especially in dry grasslands, belong to local endemics. Comparison of different types of grassland habitats by the participation of protected species provides important information that allows prioritizing their protection and developing efficient management regimes. In this regard, we aimed to analyze the presence of protected plant species in the floristic composition of grassland habitats of Ukraine. In particular, we considered species listed in the current edition of the *Red Data Book of Ukraine* (Chervona..., 2009), *Resolution 6 of the Bern Convention* (Revised..., 2011), *Annexes II* (<https://eunis.eea.europa.eu/references/2325/species>) and *IV* (<https://eunis.eea.europa.eu/references/2326/species>) of the *Habitat Directive* (Council..., 1992), and species of the *IUCN Red List* (<https://www.iucnredlist.org/>) with categories "Vulnerable" (VU), "Endangered" (EN), and "Critically Endangered" (CR).

Materials and Methods

The data used in this study were vegetation plots from several phytosociological databases: Ukrainian Grassland Database (EU-UA-001) (Kuzemko, 2012, Kuzemko et al., 2020a), Eastern European Steppe Database (EU-00-030) (Vynokurov et al., 2020), "Vegetation of Bukovyna+" (EU-UA-009) (Budzhak et al., 2018), and "Halophytic and coastal vegetation database of Ukraine" (EU-UA-005) (Dziuba, Dubyna, 2021). Thus, we obtained a total dataset that included 23,746 relevés. Their territorial distribution in Ukraine and density are shown in Fig. 1.

The nomenclature of vascular plants was harmonized following the *The Euro+Med PlantBase – the information resource for Euro-Mediterranean plant diversity* (<https://www.europplusmed.org/>), which is used in the EUNIS-ESy expert system for habitat classification.

The EUNIS-ESy expert system (Chytrý et al., 2020), integrated into the JUICE software (Tichý, 2002), was used to assign the relevés to EUNIS habitat types. At the first stage of the analysis, 17,687 relevés were classified as group R (grassland habitats) and selected for further processing. As a result of several stages of verification, the grassland relevés were distributed among 28 habitat types. For the habitat types that were not identified using the expert system due to the lack of relevant data in the available dataset, we used additional relevés from literary and archival sources. For the snow-bed vegetation (R41), 28 relevés from the monograph "Vegetation of Ukraine. High mountain vegetation" (Malynovskiy, Krichfalushiy, 2000) were used. In addition, 26 relevés of the Mediterranean annual-rich dry grassland (R1F) authored by Ya.P. Dudukh were selected from the UkrVeg database (Iemeljanova, Kuzemko, 2016).

Thus, the data were divided into 30 clusters representing EUNIS habitat types of the third level of hierarchy (Table 1).

Results

In total, we revealed 261 species in the analyzed dataset, which we consider as protected species of grassland habitats. Vascular plants represent the majority (254 species) of protected species, while six species belong to lichens and one species to bryophytes (Table 2). They totally occupy 308 positions in red lists since some species are simultaneously included in different lists. In

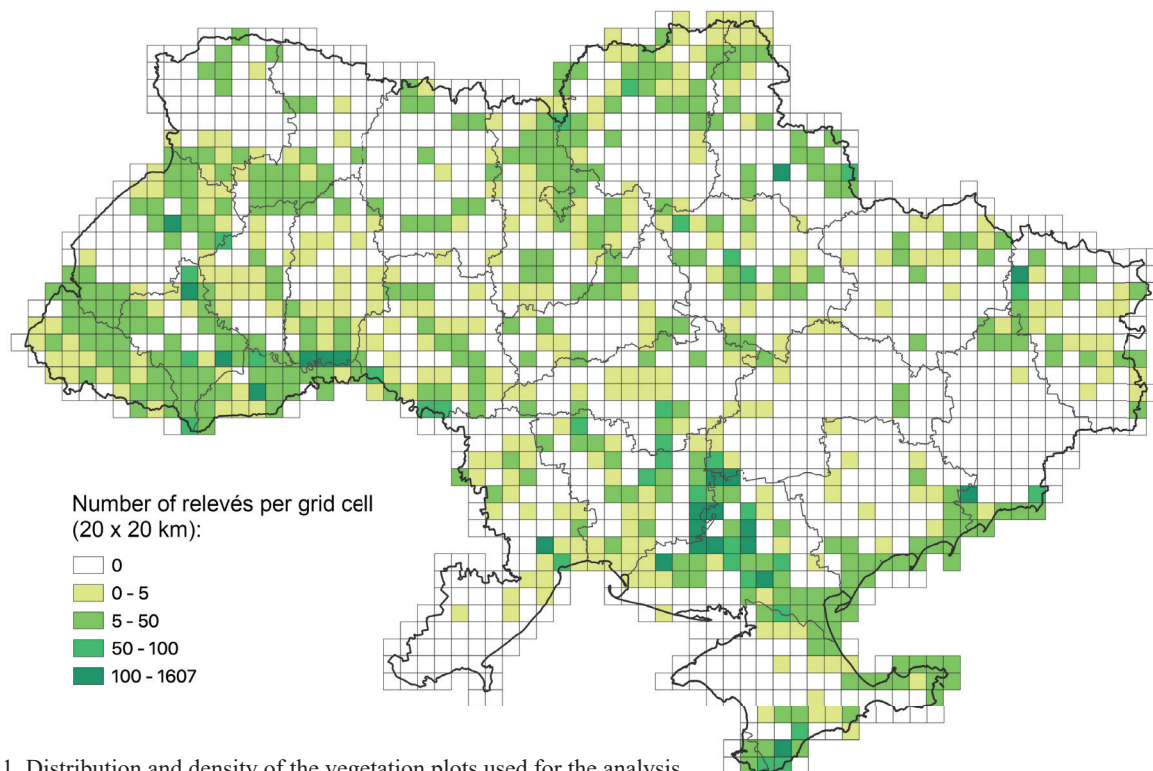


Fig. 1. Distribution and density of the vegetation plots used for the analysis

Table 1. Distribution of vegetation plots from the analyzed phytosociological dataset by EUNIS grassland habitat types

Cluster number	Code	Name	Number of plots
1	R11	Pannonian and Pontic sandy steppe	352
2	R12	Cryptogam and annual dominated vegetation on siliceous rock outcrops	80
3	R13	Cryptogam and annual dominated vegetation on calcareous and ultramafic rock outcrops	289
4	R15	Continental dry rocky steppic grassland and dwarf scrub on chalk outcrops	199
5	R16	Perennial rocky grassland of Central and South Eastern Europe	344
6	R18	Perennial rocky calcareous grassland of subatlantic submediterranean Europe	308
7	R1A	Semi dry perennial calcareous grassland	1755
8	R1B	Continental dry grassland true steppe	5531
9	R1C	Desert steppe	46
10	R1F	Mediterranean annual-rich dry grassland	26
11	R1M	Lowland to submontane, dry to mesic <i>Nardus</i> grassland	581
12	R1P	Oceanic to subcontinental inland sand grassland on dry acid and neutral soils	128
13	R1Q	Inland sanddrift and dune with siliceous grassland	88
14	R21	Mesic permanent pasture of lowlands and mountains	976
15	R22	Low and medium altitude hay meadow	2635
16	R23	Mountain hay meadow	175
17	R35	Moist or wet mesotrophic to eutrophic hay meadow	644
18	R36	Moist or wet mesotrophic to eutrophic pasture	1094
19	R37	Temperate and boreal moist or wet oligotrophic grassland	325
20	R41	Snow-bed vegetation	28
21	R43	Temperate acidophilous alpine grassland	58
22	R44	Arctic alpine calcareous grassland	197
23	R51	Thermophilous forest fringe of base rich soils	227
24	R55	Lowland moist or wet tall herb and fern fringe	115
25	R56	Montane subalpine moist or wet tall herb and fern fringe	104
26	R62	Continental inland salt steppe	238
27	R63	Temperate inland salt marsh	173
28	R64	Semi desert salt pan	655
29	R65	Continental subsaline alluvial pasture and meadow	49
30	X36	Depressions (pody) of the Steppe zone	315

particular, 250 species are listed in the current edition of the *Red Data Book of Ukraine* (Chervona..., 2009), 28 species – in *Resolution 6 of the Bern Convention*, 16 species – in *Annexes II and IV of the Habitats Directive*, and 14 species – in the *IUCN Red List* with categories "CR" – critically endangered" (1 species), "EN – endangered" (6 species), and "VU – vulnerable" (6 species). One species (*Centaurea pseudoleucolepis*) is currently listed in the *IUCN Red List* as extinct (Melnyk, 2011), although this information is incorrect, and recent studies proposed to reconsider its category (Onyshchenko et al., 2022; Vasyliuk et al., 2022).

The comparison of the habitat types by the total number of protected species (Fig. 2) showed a significant predominance of meadow (R1A) and true steppes (R1B) according to this criterion. It corresponds to the fact that about a third of the species protected in Ukraine at the national level by the *Red Data Book of Ukraine* are species of steppe habitats (Burkovskiy et al., 2013). Nonetheless, to some extent, this result could be influenced by the fact that the mentioned types are represented by the largest number of plots in the analyzed dataset (Table 1). Low and medium altitude hay meadow (R22) and Temperate and boreal moist or wet oligotrophic grassland (R37) also show a high proportion of protected species.

Since the results of the previous analysis largely depend on the number of plots representing a particular type, we also analyzed the proportion of plots with at least one protected species in the species composition (Fig. 3).

The results of this analysis differ from those of the previous one. The largest number of plots with protected species was recorded for the Continental dry rocky steppic grassland and dwarf scrub on chalk outcrops (R15) and Arctic alpine calcareous grassland (R44). For these types, almost all available relevés (98.9% and 95.9%, respectively) contain protected species. These types are followed by the Perennial rocky calcareous grassland of subatlantic submediterranean Europe (R18) due to the high number of Crimean endemics and subendemics, most of which are protected in Ukraine at the national level. True steppes (R1B), which are represented by the largest number of plots in the analyzed dataset, are slightly inferior to them, but at the same time, more than 77% of them contain protected species. Two other types, R23 Mountain hay meadow and R51 Thermophilous forest fringe of base rich soils, have almost the same proportion of relevés with protected species. The smallest number of relevés

with species from red lists was recorded for Oceanic to subcontinental inland sand grassland on dry acid and neutral soils (R1P) and Semi-desert salt pan (R64), for which protected species are represented in only 5.5 % and 4.1 % of relevés, respectively.

As another criterion to assess the participation of protected species in the grassland habitats of Ukraine, we used the arithmetic mean of protected species per relevé (Fig. 4).

The first position, as in the previous analysis, was occupied by Continental dry rocky steppic grassland and dwarf scrub on chalk outcrops (R15), while the second and third positions were shared by Arctic alpine calcareous grassland (R44) and Thermophilous forest fringe of base rich soils (R51). Two halophytic types (R63 and R64) and one psammophytic type (R1P) are characterized by the lowest values for this indicator, which resembles the results of the previous analysis.

Analyzing the habitat range of protected species, we found four species with the widest range: *Gymnadenia conopsea* occurs in 13 habitat types, *Stipa capillata* – in 12, *Colchicum autumnale* and *Gladiolus imbricatus* – in 11 types each. Other six species occur in 10 habitat types each: *Anacamptis morio*, *Anacamptis palustris* aggr., *Dactylorhiza maculata* aggr., *Epipactis palustris*, *Iris sibirica*, and *Stipa ucrainica*. At the same time, 72 species occur only within one habitat type.

Discussion

Our analysis demonstrated that among the dry grasslands (group R1), the habitats of chalk outcrops have the highest conservation value according to the total number of protected species. Among mesic grasslands (R2), such position belongs to the hay meadows of mountain regions, and among wet grasslands (R3) – to oligotrophic wet meadows. Remarkably, a high proportion of protected species characterizes all alpine and subalpine grasslands (R4). Among them, alpine grasslands formed on carbonate soils differ with the almost double number of protected species compared to other types. Fringe habitats (R5) host a high number of protected species due to the ecotone effect, but the proportion of such species is much lower for the Lowland moist or wet tall herb and fern fringe than for the other two types. Among halophytic habitats (R6), less saline and more humid habitats (i.e. R65) are characterized by a slightly higher proportion of protected species, which still remains low as compared to other groups.

Scientific (Latin) name (B = bryophyte; L = lichen)	Conservation status				Code of habitat type																				Total													
	RDBU	BC	HD	IUCN	R11	R12	R13	R15	R16	R18	R1A	R1B	R1C	R1F	R1M	R1P	R1Q	R21	R22	R23	R35	R36	R37	R41		R43	R44	R51	R55	R56	R62	R63	R64	R65	X36			
<i>Artemisia hololeuca</i>	*						69																													1		
<i>Asphodeline lutea</i>	*						1	13	2	1																											4	
<i>Asplenium adianthum-nigrum</i>	*								2																												1	
<i>Aster alpinus</i>	*																																				1	
<i>Astracantha arnacamtha</i>	*										1																										2	
<i>Astragalus arenarius</i>	*									1																											5	
<i>Astragalus cornutus</i> (<i>Astragalus cretophilus</i>)	*						5				11																										2	
<i>Astragalus dasyanthus</i>	*						2	1	6	86									1																		5	
<i>Astragalus excarpus</i>	*									1	14																										2	
<i>Astragalus glaucus</i>	*									1	3																										2	
<i>Astragalus monspessulanus</i>	*						4	25	32	33																											4	
<i>Astragalus ponticus</i>	*						1			4	1																										3	
<i>Astragalus reductus</i>	*										11	3																									2	
<i>Astragalus testiculatus</i>	*										1																										1	
<i>Astrodaucus littoralis</i>	*						3																														1	
<i>Betula humilis</i>	*																																				1	
<i>Betula klokovii</i>	*			*																																	1	
<i>Botrychium lunaria</i>	*																		18	6																	7	
<i>Botrychium multifidum</i>	*																		1																		4	
<i>Bupleurum tenuissimum</i>	*																																				9	
<i>Catophaea wolgarica</i>	*																																				1	
<i>Campanula carpatica</i>	*																																				2	
<i>Campanula kladniana</i>	*																																				1	
<i>Campanula serrata</i>	*			*															166	85	1																9	
<i>Caragana scythica</i>	*																																				2	
<i>Carex buxbaumii</i>	*																																				6	
<i>Carex davalliana</i>	*																																				4	
<i>Carex liparocarpos</i>	*																																				4	
<i>Carex pauciflora</i>	*																																					1

Scientific (Latin) name (B = bryophyte; L = lichen)	Conservation status		Code of habitat type																				Total																
	RDBU	BC	HD	IUCN	R11	R12	R13	R15	R16	R18	R1A	R1B	R1C	R1F	R1M	R1P	R1Q	R21	R22	R23	R35	R36		R37	R41	R43	R44	R51	R55	R56	R62	R63	R64	R65	X36				
<i>Crocus pallasi</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Crocus reticulatus</i>	*				8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Crocus vernus</i> subsp. <i>vernus</i> (<i>Crocus heuffelianus</i>)	*				8	.	.	.	.	7	6	2	2	2	3	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	8		
<i>Cymbaria boryshenica</i> (<i>Cymbasasma boryshenica</i>)	*				83	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Cypripedium calceolus</i>	*	**	*		1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Cystopteris montana</i>	*				1	
<i>Cystopteris sudetica</i>	*				1	
<i>Cytisus albus</i> (<i>Chamaecytisus albus</i>)	*				.	6	.	14	1	205	48	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	49	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<i>Cytisus blockianus</i> (<i>Chamaecytisus blockianus</i>)	*				.	4	.	15	.	51	31	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Cytisus graniticus</i> (<i>Chamaecytisus graniticus</i>)	*				.	.	.	4	.	3	92	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Cytisus paczoskii</i> (<i>Chamaecytisus paczoskii</i>)	*				.	1	.	5	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Cytisus podolicus</i> (<i>Chamaecytisus podolicus</i>)	*				.	1	.	3	.	15	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<i>Dactylorhiza cordigera</i>	*				5
<i>Dactylorhiza incarnata</i>	*				2	1	.	.	3	18	.	42	23	17	7
<i>Dactylorhiza maculata</i> aggr.	*				1	.	.	.	.	.	.	.	3	64	4	4	6	11	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	
<i>Dactylorhiza majalis</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	54	7	39	16	45	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	
<i>Dactylorhiza romana</i>	*				2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Dactylorhiza sambucina</i>	*				1	.	.	23	7	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	
<i>Damasonium alisma</i>	*				3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	32	
<i>Daphne cneorum</i>	*				.	.	.	1	.	13	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Delphinium elatum</i>	*				6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Dianthus hypanicus</i>	*	*	*		.	1	.	.	.	.	4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Dianthus superbus</i> subsp. <i>alpestris</i> (<i>Dianthus speciosus</i>)	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	
<i>Dictamnus albus</i>	*				.	1	.	4	.	5	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5

Scientific (Latin) name (B = bryophyte; L = lichen)	Conservation status				Code of habitat type																					Total											
	RDBU	BC	HD	IUCN	R11	R12	R13	R15	R16	R18	R1A	R1B	R1C	R1F	R1M	R1P	R1Q	R21	R22	R23	R35	R36	R37	R41	R43		R44	R51	R55	R56	R62	R63	R64	R65	X36		
<i>Diplolaxis cretaea</i>	*				.	.	1	.	.	2	2
<i>Draba podolica</i> (<i>Schivereckia podolica</i>)	*	*			.	1	14	.	22	.	5	9	5
<i>Draccephalum ruschiana</i>	*				1	1
<i>Echinops exaltatus</i>	*				2	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	
<i>Elatine hungarica</i>	*				5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	2	
<i>Elytrigia stipifolia</i>	*				.	.	3	4	4	13	138	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6
<i>Epipactis atrorubens</i>	*				.	.	.	2	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Epipactis helleborine</i>	*				4	.	.	.	3	.	.	.	4	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	
<i>Epipactis palustris</i>	*				14	2	8	52	.	.	.	.	14	1	2	8	52	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	10	
<i>Eremurus tauricus</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Erigeron alpinus</i>	*				1	
<i>Erysimum ucranicum</i>	*				.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Euphorbia valdevillosocarpa</i>	*				1	
<i>Festuca cretaea</i>	*				.	.	.	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Festuca heterophylla</i>	*				6	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	
<i>Festuca pallens</i>	*				.	.	8	29	4	8	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5
<i>Festuca porcii</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	31	24	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	
<i>Festuca stricta</i> subsp. <i>saxatilis</i> (<i>Festuca saxatilis</i>)	*				.	.	5	4	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	79	.	.	.	.	.	.	5	
<i>Frankenia pulverulenta</i>	*				3	
<i>Fritillaria meleagris</i>	*				2	.	5	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	
<i>Fritillaria meleagroides</i>	*				1	.	.	.	.	.	27	2	.	19	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	6	
<i>Fritillaria montana</i>	*	*			2	2	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1	.	4	
<i>Fritillaria ruthenica</i>	*				1	1	.	.	.	.	.	1	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4	
<i>Genista scythica</i>	*				12	1	89	3
<i>Genista tetragona</i>	*	*			1	8	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Gentiana acaulis</i>	*				3	.	.	.	6	1	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	
<i>Gentiana lutea</i>	*				2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Gentiana punctata</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Gladstolus imbricatus</i>	*				25	.	.	.	6	.	.	4	179	5	18	7	32	.	1	.	.	31	5	.	.	.	.	.	11		

Scientific (Latin) name (B = bryophyte; L = lichen)	Conservation status		Code of habitat type																				Total													
	RDBU	BC	HD	IUCN	R11	R12	R13	R15	R16	R18	R1A	R1B	R1C	R1F	R1M	R1P	R1Q	R21	R22	R23	R35	R36		R37	R41	R43	R44	R51	R55	R56	R62	R63	R64	R65	X36	
<i>Orchis mascula</i>	*				2	.	.	.	.	7	.	1	35	3	.	.	.	1	.	1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	8
<i>Orchis militaris</i>	*				.	.	1	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	5	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Orchis punctulata</i>	*			*	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Orchis purpurea</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Ornithogalum boucheanum</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	1
<i>Paeonia tenuifolia</i>	*	*			.	.	.	38	14	16	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Pedicularis exaltata</i>	*				7	.	.	.	.	.	.	.	9	8	1	.	.	.	.	.	.	3	1	.	.	.	.	.	6	
<i>Pedicularis sceptrum-carolinum</i>	*				1
<i>Pedicularis sylvatica</i>	*				21	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Pinguicula alpina</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	3	
<i>Pinguicula vulgaris</i>	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3	
<i>Pistacia atlantica</i> subsp. <i>mutica</i> (<i>Pistacia mutica</i>)	*				1
<i>Platanthera bifolia</i>	*				23	.	.	.	.	53	.	.	135	3	1	.	.	.	.	.	1	.	26	.	.	.	.	.	8	
<i>Poa rehmannii</i>		*	*		1	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	3
<i>Poa taurica</i>	*				3	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	4
<i>Pontechium maculatum</i> (<i>Echium ruscicum</i>)	*				.	.	.	2	2	56	21	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	.	.	.	.	.	.	6	
<i>Prangos trifida</i>	*				4	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Primula minima</i>	*				2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Prunus klovkovi</i> (<i>Cerasus klovkovi</i>)	*				1
<i>Psathyrostachys juncea</i>	*				1
<i>Pseudobryum cinclidioides</i> (B)	*				1	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2
<i>Pseudorechis albida</i>	*				6	.	.	.	.	.	.	.	1	.	.	.	.	.	.	.	4	
<i>Pulsatilla alpina</i> subsp. <i>alba</i> (<i>Pulsatilla scheerfelii</i>)	*				2	1	.	.	.	.	.	2	
<i>Pulsatilla patens</i>	*	*	*		11	.	.	.	.	.	5	1	.	.	.	.	.	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	5	
<i>Pulsatilla pratensis</i>	*				4	1	5	1	18	79	179	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	9	
<i>Pulsatilla halleri</i> subsp. <i>taurica</i>	*				66	3	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	2	
<i>Pulsatilla vulgaris</i> subsp. <i>grandis</i> (<i>Pulsatilla grandis</i>)	*	*	*		2	.	.	2	.	79	27	.	.	.	.	.	.	2	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	6	

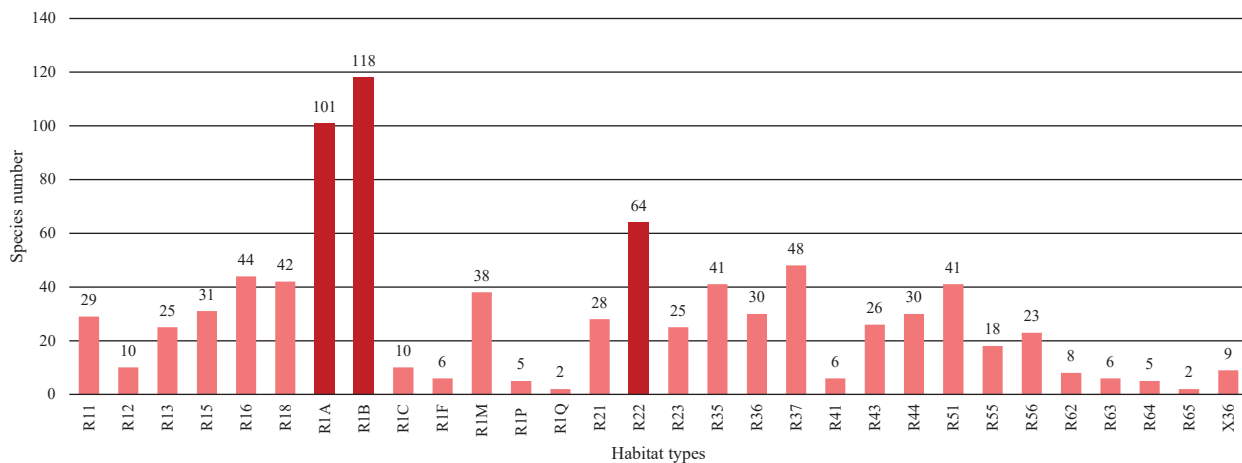


Fig. 2. The total number of protected species in the floristic composition for each habitat type. Dark red color represents the three highest values. The habitat codes correspond to those given in Table 1

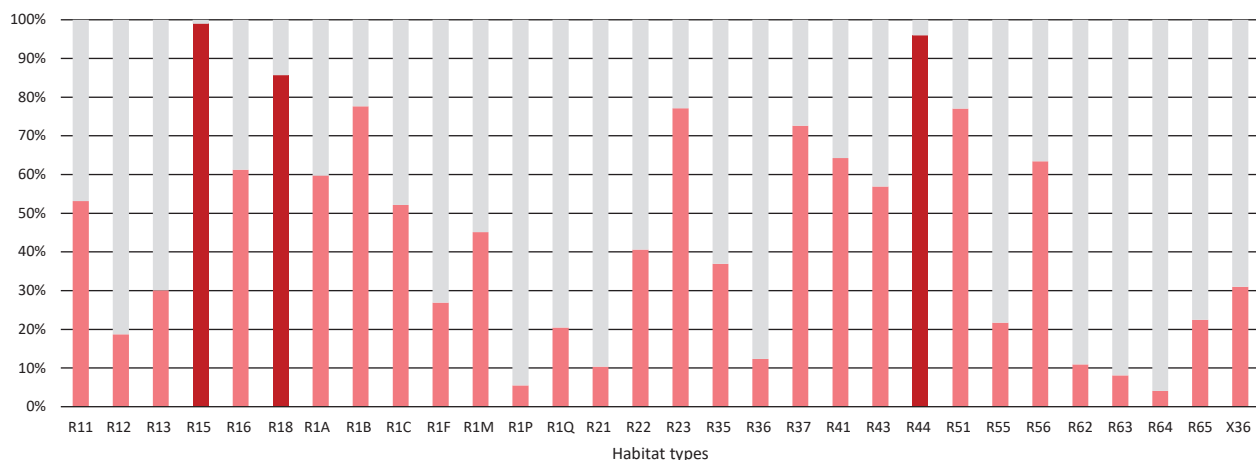


Fig. 3. The proportion of plots with at least one protected species in the species composition (red) to the total number of plots for each habitat type. The three highest values are indicated in dark red

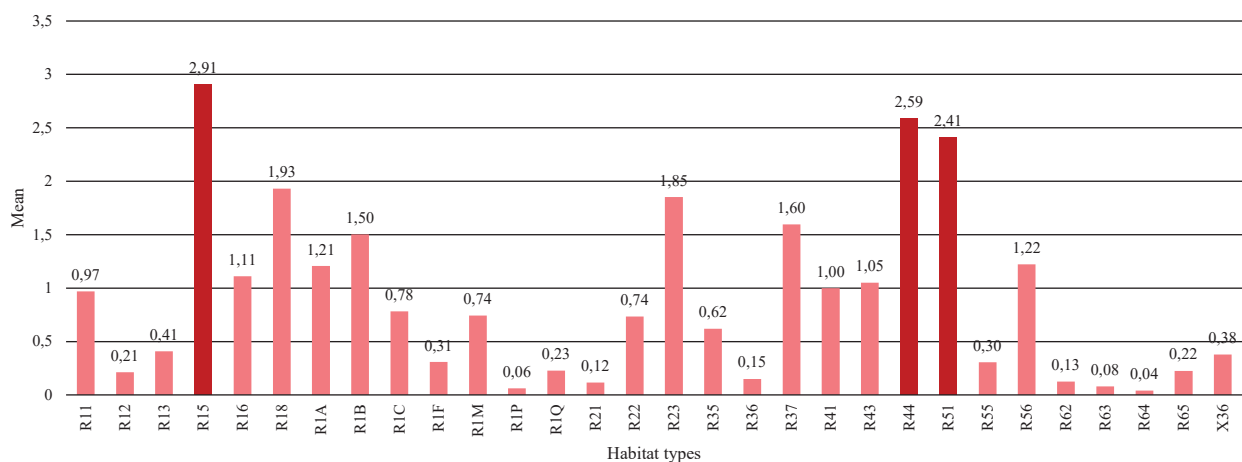


Fig. 4. The arithmetic means of protected species per relevé in the grassland habitats of Ukraine

In general, dry grasslands (group R1) have higher values of all three measurements used in the analysis (total number of protected species, proportion of plots with protected species, and arithmetic means of protected species per relevé) as compared to the mesic grasslands (R2) and wet grasslands (R3).

Salt marshes, mesic and wet pastures, as well as sandy grasslands of northern regions are characterized by the smallest proportion of protected species. At the same time, most of these habitats are generally characterized by low species richness. The main reason for this is their existence under extreme conditions, particularly with excessive salinity or trampling, or on soils that lack nutrients. Accordingly, the total species richness of habitats correlates with the richness of their protected fraction. However, other extreme habitats (e.g., grasslands on chalk outcrops, limestone outcrops, and Pontic sandy grasslands) are distinguished by a higher proportion of protected species. This indicates the possible role of climatic, edaphic and biogeographic factors in the formation of the flora of particular habitat types, including the rare elements in their floristic composition.

Among the reasons for the differences in the richness of protected species between different habitat types, there are also certain subjective reasons associated with selection of species for red lists. In particular, the compilation of species for the current edition of the *Red Data Book of Ukraine* was based on a rather subjective expert opinion. For example, all species of orchids (*Orchidaceae*) and all species of the genus *Stipa* L. occurring in Ukraine were included in the *Red Data Book of Ukraine* (Chervona..., 2009), regardless of the peculiarities of their distribution and population characteristics. However, recent studies showed that this decision should be revised, in particular for the widespread species *Stipa capillata* which occurs in the highest number of dry grassland relevés in databases, and even in synanthropic vegetation (Kuzemko et al., 2020b). Respectively, differences between habitats in the quantity and proportion of protected species can change significantly if objective (quantitative) criteria are used for formation of red lists. Such an analysis will be possible in the future in case of the preparation of a new edition of the Red Data Book of Ukraine based on updated quantitative methods of species selection.

The high number of species occurring only within one habitat type (72 species, which is almost one third of the total number of protected species) indicates their narrow ecological niche and high specialization.

The presence of protected species is an important basis for the implementation of practical measures aimed at the stabilization, preservation and restoration of grassland habitats. Such measures should primarily include:

inventory of localities of protected species of plants and animals (those listed in the *Red Data Book of Ukraine, Resolution 6 of the Bern Convention*) within the grassland habitats of Ukraine;

monitoring of the state of populations of rare and endangered plant species, with special attention to protected areas, including Emerald sites, using permanent monitoring plots, mapping and resurveying the species distribution patterns following the EU methodological approaches;

appropriate and scientifically justified management methods (organization of regulated grazing and haying, habitat restoration, reintroduction and/or repatriation of rare species, etc.) in a case when reduction in the number and/or area of populations of protected species is detected.





Acknowledgements

The project was implemented with the financial support of the National Research Foundation of Ukraine (Project No. 2020.01/0140). The authors are sincerely grateful to Yakiv P. Didukh for the relevés of the habitat type R1F, which were missing in the available data, as well as to all authors of relevés who provided them for the phytosociological databases used for the analysis.

Ethics Declaration

The authors declare no conflict of interest.

ORCID

O. Chusova:  <https://orcid.org/0000-0002-8081-9918>
D. Shyriaieva:  <https://orcid.org/0000-0001-7140-7201>
V. Budzhak:  <https://orcid.org/0000-0002-7754-6437>
I. Chorney:  <https://orcid.org/0000-0002-1382-9112>
T. Dziuba:  <https://orcid.org/0000-0001-8621-0890>
S. Iemelianova:  <https://orcid.org/0000-0001-5885-3186>
O. Kucher:  <https://orcid.org/0000-0002-4197-0471>
I. Moysiienko:  <https://orcid.org/0000-0002-0689-6392>
I. Vasheniak:  <https://orcid.org/0000-0003-1020-3007>
D. Vynokurov:  <https://orcid.org/0000-0001-7003-6680>
A. Khodosovtsev:  <https://orcid.org/0000-0002-5906-9876>
A. Kuzemko:  <https://orcid.org/0000-0002-9425-2756>

References

- Budzhak V.V., Chorney I.I., Tokariuk A.I., Kuzemko A.A. 2018. Database "Vegetation of Bukovyna+". In: *Proceedings of the International Scientific-Practical Conference "Regional aspects of floristic and faunistic investigations"*, pp. 86–90. [Буджак В.В., Чорней І.І., Токарюк А.І., Куземко А.А. 2018. База даних "Vegetation of Bukovyna+". У зб.: *Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Регіональні аспекти флористичних і фауністичних досліджень"* (м. Чернівці, 19.04.2018), с. 86–90].
- Burkovskiy O.P., Vasylyuk O.V., Yena A.V., Movchan Ya.I., Moysiyenko I.I., Sirenko I.P. 2013. *Ostanni stepy Ukrainy: buty chy ne buty?* Kyiv: Neoprynt, 38 pp. [Бурковский О.П., Василюк О.В., Ена А.В., Мовчан Я.І., Мойсієнко І.І., Сіренко І.П. 2013. *Останные степи Украины: были ли не были?* Київ: Геопринт, 38 с.].
- Chervona knyha Ukrayiny. Roslynniy svit.* 2009. Ed. Ya.P. Didukh. Kyiv: Globalconsulting, 912 pp. [*Червона книга України. Рослинний світ.* 2009. Ред. Я.П. Дідух. Київ: Глобалконсалтинг, 912 с.].
- Chytrý M., Tichý L., Hennekens S.M., Knollová I., Janssen J.A.M., Rodwell J.S., Peterka T., Marcenò C., Landucci F., Danihelka J., Hájek M., Dengler J., Novák P., Zúkal D., Jiménez-Alfaro B., Mucina L., Abdulkhak S., Acíc S., Agrillo E., Schaminée J.H.J. 2020. EUNIS Habitat Classification: Expert system, characteristic species combinations and distribution maps of European habitats. *Applied Vegetation Science*, 23(4): 648–675. <https://doi.org/10.1111/avsc.12519>
- Council Directive 92/43/EEC of 21 May 1992 on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora* – OJ L 206, 22.7.1992. – <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1992L0043:20070101:EN:PDF> (Accessed 02 August 2022).
- Dziuba T., Dubyna D. 2021. Database of halophytic and littoral vegetation of Ukraine. *Phytocoenologia*, 50(4): 329–338. <https://doi.org/10.1127/phyto/2020/0373>
- Grasslands of the World: Diversity, Management and Conservation.* 2018. Eds. V.R. Squires, J. Dengler, L. Hua, H. Feng. Boca Raton; London; New York: CRC Press, 412 pp.
- Habel J.C., Dengler J., Janišová M., Török, P., Wellstein C., Wiezik M. 2013. European grassland ecosystems: threatened hotspots of biodiversity. *Biodiversity Conservation*, 22: 2131–2138. <https://doi.org/10.1007/s10531-013-0537-x>
- Imelianova S.M., Kuzemko A.A. 2016. In: Ed. Ya.P. Didukh. *Klasyfikatsiya roslinnosti ta biotopiv Ukrainy yak naukova osnova zberzhennya bioriznomanityta: materialy druhoi naukovo-teoretychnoi konferentsii (Kyiv, 14–15.03.2016)*. Kyiv, pp. 24–37. [Смельянова С.М., Куземко А.А. 2016. Національна фітосоціологічна база даних рослинності України (UKRVEG): актуальність створення та проблеми розбудови. В зб.: *Класифікація рослинності та біотопів України як наукова основа збереження біорізноманіття: матеріали другої науково-теоретичної конференції* (Київ, 14–15.03.2016). Ред. Я.П. Дідух. Київ, 14–15.03.2016. Ред. Я.П. Дідух. Київ, 2016, с. 24–37].
- Kuzemko A.A. 2012. Ukrainian Grasslands Database. In: *Vegetation databases for the 21st century. Special Volume.* Eds J. Dengler, J. Oldeland, F. Jansen, M. Chytrý, J. Ewald, M. Finckh, F. Glöckler, G. Lopez-Gonzalez, R.K. Peet, J.H.J. Schaminée. *Biodiversity & Ecology*, 4: 430–430. <https://doi.org/10.7809/b-e.00217>
- Kuzemko A.A., Vashenyak Yu.A., Budzhak V.V., Vynokurov D.S., Dziuba T.P., Didukh Ya.P., Kolomyichuk V.P., Moysiyenko I.I., Savchenko H.O., Tokaryuk A.I., Chorney I.I., Chusova O.O., Shapoval V.V., Shyriaieva D.V. 2020a. In: Ed. Ya.P. Didukh. *Klasyfikatsiya roslinnosti ta biotopiv Ukrainy: materialy chetvertoi naukovo-teoretychnoi konferentsii (Kyiv, 25–26.03.2020)*. Kyiv, pp. 89–100. [Куземко А.А., Вашеняк Ю.А., Буджак В.В., Винокуров Д.С., Дзюба Т.П., Дідух Я.П., Коломійчук В.П., Мойсієнко І.І., Савченко Г.О., Токарюк А.І., Чорней І.І., Чусова О.О., Шаповал В.В., Ширяєва Д.В. 2020а. База даних трав'яної рослинності України (Ukrainian Grassland Database): сучасний стан та перспективи розвитку. В зб.: *Класифікація рослинності та біотопів України: матеріали четвертої науково-теоретичної конференції* (Київ, 25–26.03.2020). Ред. Я.П. Дідух. Київ, с. 89–100].
- Kuzemko A., Vynokurov D., Shyriaieva D. 2020b. Distribution of species of the genus *Stipa* in Ukraine according to phytosociological databases. *Plant Introduction*, 87/88: 87–103. <https://doi.org/10.46341/PI2020037>
- Malynovskiy K.A., Krichfalushiy V.V. 2000. *Roslynnist Ukrainy. Ysokohirna roslinnist.* Kyiv: Fitosotsiotsentr, 230 pp. [Малиновський К.А., Крічфалушій В.В. 2000. *Рослинність України Високогірна рослинність.* Київ: Фітосоціоцентр, 230 с.].
- Melnyk V. 2011. *Centaurea pseudoleucolepis*. In: *The IUCN Red List of Threatened Species 2011: e.T165235A5994236*. <https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2011-1.RLTS.T165235A5994236.en> (Accessed 02 August 2022).
- Onyshchenko V.A., Mosyakin S.L., Korotchenko I.A., Danylyk I.M., Burlaka M.D., Fedoronchuk M.M., Chorney I.I., Kish R.Ya., Olshanskiy I.H., Shiyani N.M., Zhygalova S.L., Tymchenko I.A., Kolomyichuk V.P., Novikov A.V., Boiko G.V., Shevera M.V., Protopopova V.V. 2022. *IUCN Red List categories of vascular plant species of the Ukrainian flora.* Ed. V.A. Onyshchenko. Kyiv: FOP Hulieva V.M., 198 pp.
- Revised Annex I of Resolution 6 (1998) of the Bern Convention listing the species requiring specific habitat conservation measures (year of revision 2011)* – <https://eunis.eea.europa.eu/references/2443/species> (Accessed 02 August 2022).
- Roleček J., Dřevojan P., Hájková P., Hájek M. 2019. Report of new maxima of fine-scale vascular plant species richness recorded in East-Central European semi-dry grasslands. *Tuexenia*, 39: 423–431. <http://doi.org/10.14471/2019.39.008>

Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *Journal of Vegetation Science*, 13: 451–453. <https://doi.org/10.1111/j.1654-1103.2002.tb02069.x>

Vasyliuk O., Prylutskyi O., Marushchak O., Kuzemko A., Kutsokon I., Nekrasova O., Raes N., Rusin M. 2022. An extended dataset of occurrences of species listed in Resolution 6 of the Bern Convention from Ukraine. *Biodiversity Data Journal*, 10: e84002 <https://doi.org/10.3897/BDJ.10.e84002>

Vynokurov D., Didukh Ya., Krasova O., Lysenko H., Goncharenko I., Dmytrash-Vatseba I., Chusova O., Shyriaieva D., Kolomiychuk V., Moysiienko I. 2020. Eastern European Steppe Database. *Vegetation Classification and Survey*, 1: 149–150. <https://doi.org/10.3897/VCS/2020/60520>

Рекомендує до друку Я.П. Дідух

Чусова О.О., Ширияєва Д.В., Буджак В.В., Чорней І.І., Дзюба Т.П., Ємельянова С.М., Кучер О.О., Мойсієнко І.І., Токарюк А.І., Вашеняк Ю.А., Винокуров Д.С., Бойко М.Ф., Ходосовцев О.Є., Куземко А.А. 2022. **Охоронювані види у трав'яних біотопах України.** *Український ботанічний журнал*, 79(5): 290–307 [In English].

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, Київ 01601, Україна: О.О. Чусова, Д.В. Ширияєва, Т.П. Дзюба, С.М. Ємельянова, О.О. Кучер, Д.С. Винокуров, А.А. Куземко; Група дослідження екології рослинності, Школа природничих наук та управління об'єктами, Цюрихський університет прикладних наук, Ваденсвіл 8820, Швейцарія: О.О. Чусова; Кафедра ботаніки та зоології, науковий факультет, Університет Масарика, Брно 62500, Чеська Республіка: Д.В. Ширияєва, С.М. Ємельянова, Ю.А. Вашеняк, А.А. Куземко; Інститут еволюційної екології НАН України, Київ 03143, Україна: В.В. Буджак; Чернівецький національний університет ім. Юрія Федьковича, Чернівці 58012, Україна: І.І. Чорней, А.І. Токарюк; Кафедра геоботаніки та екології рослин, факультет біології та охорони навколишнього середовища, Лодзький університет, Лодзь 90-237, Польща: О.О. Кучер; Херсонський державний університет, Івано-Франківськ 76018, Україна: І.І. Мойсієнко, М.Ф. Бойко, О.Є. Ходосовцев; Донецький національний університет ім. Василя Стуса, Вінниця 21021, Україна: Ю.А. Вашеняк; Кафедра біології та екології рослин Університету Країни Басків, Більбао Е-48080, Іспанія: Д.С. Винокуров.

Реферат. На основі опрацювання понад 17 тис. геоботанічних описів було проаналізовано участь 261 охоронюваного виду (254 види судинних рослин, шість видів лишайників, один вид мохоподібних) у 30 типах трав'яних біотопів системи EUNIS. Розподіл описів на типи було здійснено за допомогою експертної системи EUNIS-ESy з подальшою верифікацією. У якості охоронюваних ми розглядаємо види, занесені до діючого видання Червоної книги України, Резолюції 6 Бернської конвенції, Додатків II і IV Оселищної Директиви та Червоного списку МСОП (лише категорії VU, EN, CR). Участь видів раритетної фракції встановлювали за трьома критеріями: (1) абсолютною кількістю видів раритетної фракції у складі описів, віднесених до певного типу біотопу, (2) за кількістю описів, в яких присутній хоча б один вид раритетної фракції, (3) за середнім арифметичним охоронюваних видів на опис в межах певного типу біотопу. Справжні (R1B) і лучні (R1A) степи відрізнялися суттєвим переважанням за загальною кількістю охоронюваних видів. Аркто-альпійські луки на карбонатних субстратах (R44) і біотопи крейдяних відслонень (R15) мали найвищий вміст описів за участю охоронюваних видів і також характеризувалися найвищими показниками середнього арифметичного участі охоронюваних видів на опис. Галофітні біотопи, зокрема внутрішньоконтинентальні солончаки помірної зони (R63) і напівпустельні солончаки (R64) характеризувалися найнижчою участю охоронюваних видів. Серед усіх видів із охоронним статусом *Gymnadenia conopsea*, *Stipa capillata*, *Colchicum autumnale* і *Gladiolus imbricatus* відмічені у найбільшій кількості типів біотопів. Запропоновано шляхи оптимізації охорони трав'яних біотопів з урахуванням результатів проведеного аналізу.

Ключові слова: EUNIS, Додаток II Оселищної Директиви, Додаток IV Оселищної Директиви, Червоний список МСОП, Резолюція 4 Бернської конвенції, Червона книга України



Перша знахідка рідкісного мікофільного гриба *Naohidea sebacea* (*Naohideales*, *Basidiomycota*) в Україні

Олександр Ю. АКУЛОВ* , Михайло І. ФОМЕНКО , Анастасія С. ХУДИЧ , Тетяна О. БОРИСЕНКО 

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, Харків 61022, Україна

Abstract. The article provides information about a rare fungicolous fungus *Naohidea sebacea* first recorded in Ukraine in Roztochchia Nature Reserve. It was found to parasitize *Dothiorella iberica* (*Botryosphaeriaceae*, *Botryosphaeriales*, *Dothideomycetes*, *Ascomycota*). This host is reported for *N. sebacea* for the first time. Light microscopy, cultural studies, and nucleotide sequence analysis of the ITS-region of the ribosomal DNA were used to identify specimens. The resulting sequences were uploaded to the *GenBank* database. Based on the analysis of literature sources and personal data, information on morphological features, distribution, and substrate specialization of the fungus is provided.

Keywords: DNA-barcoding, jelly-like fungi, Lviv Region, mycoparasitism, new record, *Pucciniomycotina*, Roztochchia Nature Reserve, substrate specificity

Article history. Submitted 09 June 2022. Revised 06 September 2022. Published 31 October 2022

Citation. Akulov O.Yu., Fomenko M.I., Khudych A.S., Borisenko T.O. 2022. The first find of *Naohidea sebacea* (*Naohideales*, *Basidiomycota*) in Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 308–313. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.308>

Affiliation. V.N. Karazin National University of Kharkiv, Svobody Square 4, Kharkiv 61022, Ukraine: O.Yu. Akulov, M.I. Fomenko, A.S. Khudych, T.O. Borisenko.

*Corresponding author e-mail: akulov@karazin.ua

Вступ

Драгли, або дрижалкові гриби, – життєва форма базидієвих макроміцетів, що характеризується примітивними желеподібними плодовими тілами. Це поліфілетична група, яка об'єднує архаїчних представників підвідділів *Agaricomycotina* та *Pucciniomycotina*. Базидіоми цих грибів є обводненими і драглистими лише за наявності крапельної вологи, а в посушливі періоди вони зсихаються і стають малопомітними. Багато видів драглів мають дрібні прозорі плодові тіла, які важко побачити неозброєним оком навіть у вологу погоду. На відміну від прогресивніших агарикоїдних і афілофороїдних грибів карпофори дрижалкових мають мало морфологічних ознак, за якими їх можна розрізнити. У зв'язку з цим, наразі вони залишаються однією з найменш досліджених груп базидієвих грибів (Oberwinkler, 2012a; Cao et al., 2021).

Оскільки плодові тіла переважної більшості видів дрижалкових розвиваються на деревині, протягом тривалого часу їх відносили до ксилосапротрофів. Сучасні дослідження показали, що серед них є чимало мікопаразитів зі складними життєвими циклами. Наприклад, представники роду *Tremella* Pers. у гапліодному стані є сапротрофними дріжджами, а в дикаріотичному – високоспеціалізованими міцеліальними паразитами грибів (Oberwinkler, 2012a; Vegerow et al., 2017).

Запровадження молекулярно-генетичних і культуральних методів призвело до значної кількості номенклатурних змін, а також уточнення екологічних та географічних відомостей про описані раніше види дрижалкових грибів. Водночас лишається чимало дуже рідкісних і малодосліджених видів, життєві цикли, поширення та субстратна спеціалізація яких потребують уточнення (Weiss, Oberwinkler, 2001; Boekhout et al., 2011; Millanes et al., 2011; Spirin et al., 2018; Malysheva et al., 2019; Savchenko et al., 2021).

© 2022 O.Yu. Akulov, M.I. Fomenko, T.O. Borisenko, A.S. Khudych. Published by the M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine. This is an open access article under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), which permits use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited

У результаті дослідження зразків, зібраних на території природного заповідника "Розточчя", нами було виявлено рідкісний мікофільний дрижалковий гриб *Naohidea sebacea* (Berk. & Broome) Oberw. Вид представлений невеликою кількістю знахідок у світі та вперше наводиться для території України.

Матеріали та методи

Матеріалами для статті слугували чотири зразки *Naohidea sebacea*, зібрані в Яворівському районі Львівської області восени 2019 р. Для ідентифікації гриба-паразита та гриба-субстрату використовували світлову мікроскопію, культуральні й молекулярно-генетичні методи. Досліджені зразки зберігаються в мікологічному гербарії Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна (CWU-Мус) під номерами АВ409–412.

Мікроморфологічні структури зразків досліджували з використанням мікроскопа Granum R 60 Premium Trino. Тимчасові мікропрепарати виготовляли за загальноприйнятими методами в 3%-му розчині гідроксиду калію. Заміри розмірів 40 базидіоспор та 20 базидій *N. sebacea* робили за допомогою фотокамери Sigeta M3CMOS 14 Мп та спеціалізованої програми TouPView.

Молекулярно-генетичні дослідження базувалися на отриманих послідовностях ITS-регіону рибосомальної ДНК. Виділення ДНК гриба-паразита проводили безпосередньо з розмочених водою плодкових тіл, а гриба-субстрату – із чистої культури зразка CWU-МусАВ412 за допомогою набору NeoPrep¹⁰⁰DNA_plant. Полімеразну ланцюгову реакцію виконували у стандартних умовах на ампліфікаторі Biometra із використанням полімерази OneTaq® Quick-Load® (2X) Taq Polymerase (New England Biolabs, M0488S) та пари праймерів ITS1 (5'-CTTGGTCATTTAGAGGAAGTAA-3'), ITS4 (5'-CAGGAGACTTGTACACGGTCCAG-3) (White et al., 1990). Очищення продуктів ПЛР і секвенування ДНК здійснювали в компанії MacroGen Inc. (Нідерланди) на комерційній основі. Пошук схожих послідовностей у відкритій базі даних GenBank проводили за допомогою алгоритмів BLAST (<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/BLAST/>). Отримані послідовності nrITS гриба-паразита завантажені в базу даних GenBank (GenBank, 2022) під номером ОК039352, а гриба-субстрату під номером ОК065619.

Результати та обговорення

Оскільки *N. sebacea* уперше знайдено в Україні, а в літературі дотепер відсутні узагальнення про цей гриб, нижче наводимо коротку історичну довідку, детальний опис та оригінальні ілюстрації виду, а також інформацію про його поширення і субстратні уподобання.

Naohidea sebacea була описана наприкінці XIX ст. М. Берклі та К. Брумом під назвою *Dacrymyces sebaceus* Berk. & Broome. Типовий матеріал був зібраний на гілках ясена та клена в Англії (Berkeley, Broome, 1871). Незалежно від цього, на основі зразків В. Ейхлера з Польщі, Дж. Брезадола описав новий для науки вид *Platygløea miedzyrzecensis* Bres. (Bresadola, 1903). Американський міколог Л. Олайв був першим, хто зареєстрував *P. miedzyrzecensis* на території США і звернув увагу на мікофільні властивості цього виду (Olive, 1947). Після ревізії типових зразків обох видів Р. МакНабб (McNabb, 1965) запропонував нову комбінацію *Platygløea sebacea* (Berk. & Broome) McNabb., а назву *P. miedzyrzecensis* звів у синоніми.

У 1990 р. Ф. Обервінклер здійснив таксономічну ревізію роду *Platygløea* s. l. за морфологічними ознаками. Одним із результатів проведених досліджень стало виокремлення монотипного роду *Naohidea* Oberw. (Oberwinkler, 1990), самостійність якого згодом була підтверджена молекулярно-генетичними методами (Samraio et al., 1999; Bauer et al., 2006). Рід був названий на честь японського уредніолога, професора Наохіде Хіратсуки (Oberwinkler, 1990). У результаті подальших молекулярно-генетичних досліджень цей рід було віднесено до родини *Naohideaceae* Denchev порядку *Naohideales* R. Bauer, Begerow, J.P. Samp., M. Weiss & Oberw. із класу *Cystobasidiomycetes* R. Bauer, Begerow, J.P. Samp., M. Weiss & Oberw. (Bauer et al., 2006; Denchev, 2009). Геном *N. sebacea* було секвеновано лише нещодавно (JGI, 2022).

Naohidea sebacea є диморфним грибом, у життєвому циклі якого представлені гаплоїдна дріжджова та дикаріотична міцеліальна стадії. При пророщуванні базидіоспор на штучному поживному середовищі *N. sebacea* формує білуваті дріжджоподібні колонії (Samraio et al., 1999; Bauer et al., 2006; Giraldo, 2019). Оскільки гриб не синтезує каротиноїдів, він є низькотолерантним до світла (Libkind et al., 2011).

Існує дуже мало відомостей про природне середовище існування дріжджових стадій *N. sebacea*, проте, за аналогією зі спорідненими видами дрижалкових, можна припустити, що в гаплоїдному стані гриб має сапротрофні властивості (Sampaio, Chen, 2011; Vegerow et al., 2017). Генетичний матеріал *N. sebacea* був виявлений у пробах морського бентосу та пелагіалю з Австралії, пробах ґрунту з Австралії та США, а також річкової води з Англії (GBIF, 2022).

Дикаріотична стадія гриба представлена добре розвинутим міцелієм із простими септальними порами без цистосом (Bauer et al., 2006; Oberwinkler, 2012a; Oberwinkler, 2012b). У дикаріотичному стані гриб є високоспеціалізованим гаусторіальним мікопаразитом представників родини *Botryosphaeriaceae* Theiss. & Syd. (*Ascomycota*), на плононошеннях яких утворює драглисті безбарвні плоді тіла (Sampaio, Chen, 2011).

***Naohidea sebacea* (Berk. & Broome) Oberw., Rep. Tottori Mycol. Inst. 28: 114. 1990 (рис. 1, 2)**

≡ *Dacrymyces sebaceus* Berk. & Broome, Ann. Mag. nat. Hist., 4(7): 430. 1871.

≡ *Platyglaea sebacea* (Berk. & Broome) McNabb, Trans. Br. mycol. Soc. 48(2): 188. 1965.

≡ *Achroomyces sebaceus* (Berk. & Broome) Wojewoda, Flora Polska, Grzyby, 8, *Basidiomycetes, Tremellales, Auriculariales, Septobasidiales* (Warszawa-Krakow): 243. 1977.

= *Platyglaea miedzyrzecensis* Bres., Anns mycol. 1(2): 113. 1903.

Плоді тіла у свіжому стані м'які, желатинозні, гіалінові, до 3 мм у діам., переважно поодинокі, але інколи можуть зливатися; при висиханні стають твердими, ороговілими та майже непомітними. Генеративні гіфи тонкостінні, гіалінові, з пружками. Базидії аурикуляріодні (гетерофрагмостихобазидії), видовжені, циліндричні, 4-стеригмові, тіло базидії 63–88(–96,3) × 3,5–4,8 мкм, ніжки до 100 мкм завд., стеригми до 21,2 мкм завд. Базидіоспори широко-еліпсоподібні з виразним апікулярним виступом при основі, (7,4–)7,8–10,8 (–11,2) × (4,7–)5,2–6,3(–7,6) мкм, не амілоїдні, не декстриноїдні, ацианофільні. Цистиди відсутні.

Поширення в Україні: Львівська обл., Яворівський район, околиці смт Івано-Франкове, природний заповідник "Розточчя", на плодкових тілах *Dothiorella iberica* на нещодавно відмерлих гілочках *Frangula alnus* Mill., 30.10.2019, О.Ю. Акулов, CWU-МусАВ409–412.

Загальне поширення: Європа (Велика Британія, Іспанія, Нідерланди, Німеччина, Польща, Словаччина, Україна, Франція, Швейцарія), Азія (Тайвань, Японія), Північна Америка (Канада, США) (Berkeley, Broome, 1871; Bresadola, 1903; Bigeard, Guillemin, 1909; Killermann, 1922; Olive, 1947; McNabb, 1965; Oberwinkler, 1990; Piątek, 2002; Sampaio, Chen, 2011; Martini, 2016; Giraldo, 2019; Tejklová, Zíbarová, 2020; Asturnatura, 2022; GBIF, 2022; Grzyby..., 2022; Herbtrack, 2022). У 2002 р. *N. sebacea* була виключена зі списку грибів Чехії через помилкове визначення (Wojewoda, 2002).

Субстратна спеціалізація. У дикаріотичній стадії *N. sebacea* є високоспеціалізованим паразитом сумчастих грибів із родини *Botryosphaeriaceae*, зокрема *Botryosphaeria dothidea* (Moug. ex Fr.) Ces. & De Not., *B. quercuum* (Schwein.) Sacc., *B. stevensii* Shoemaker, *Botryodiplodia* sp., *Diplodia melaena* Lév. та *D. subsecta* Fr. (Olive, 1947; McNabb, 1965; Ellis, Ellis, 1990; Oberwinkler, 1990; Piątek, 2002; Bauer et al., 2006; Checklist..., 2022; Herbtrack, 2022; Staatliche..., 2022). Для низки зразків інформація про гриб-субстрат взагалі відсутня (Sampaio et al., 1999; Wingfield et al., 2004; GBIF, 2022).

У літературі вказується на здатність гіменіальних гіф та базидій *N. sebacea* продукувати "ендоспори" (Oberwinkler, 1990; McLaughlin et al., 2001; Oberwinkler, 2017), але в наших зразках їх не було виявлено.

Слід зауважити, що доволі часто після колонізації паразитом гриб-субстрат є сильно виснаженим і стерильним, що дуже ускладнює його ідентифікацію. Завдяки застосуванню культуральних та подальших молекулярно-генетичних досліджень нам вдалося ідентифікувати гриб-субстрат для наших зразків як *Dothiorella iberica* (Fr.) A.J.L. Phillips, Luque & Alves (*Botryosphaeria iberica* A.J.L. Phillips, Luque & Alves) (Khudych, 2021). Це ще один представник родини *Botryosphaeriaceae*, який наводиться як субстрат для *N. sebacea* вперше.

У підсумку варто звернути увагу на те, що плоді тіла *Naohidea sebacea* масово проявилися під час дощу. Ними були вкриті майже всі гілки кущів *Frangula alnus* у місці, де проводили збір матеріалу. Тим не менш, буквально за пів години після завершення дощу вони зсохли та стали непомітними. На гербаризованих зразках їх вдалося побачити лише після повторного розмочування. У зв'язку з цим, ми підтримуємо думку польського міколога М. П'ятека, який припустив, що *N. sebacea*

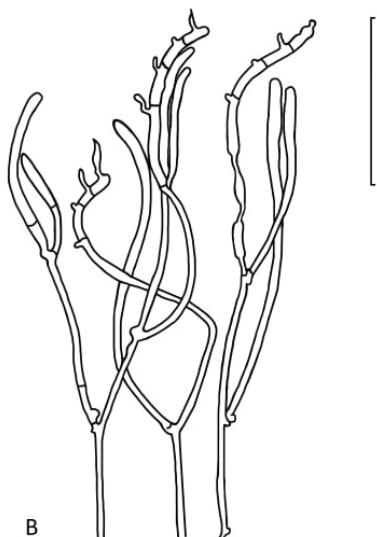


Рис. 1. Загальний вигляд спороношення *Naohidea sebacea* in vivo

Fig. 1. General view of *Naohidea sebacea* fructification in vivo



A



B

Рис. 2. Базидіоспори (А) та базидії (В) *Naohidea sebacea* (розмір штриха: А – 10 мкм, В – 70 мкм)

Fig. 2. Basidiospores (A) and basidia (B) of *Naohidea sebacea*. Bars: A – 10 μ m, B – 70 μ m

може бути доволі поширеним видом, але нечасто збирається й ідентифікується через ефемероїдність спороношення та непомітність плодових тіл (Ріątek, 2002).

Подяки

Автори щиро вдячні Олександрю Зіненку та Олександрі Клиновій, співробітникам кафедри мікології та фітоімунології Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна, за допомогу при виконанні молекулярно-генетичних досліджень.

ORCID

О.Ю. Акулов: [ID https://orcid.org/0000-0002-8191-3957](https://orcid.org/0000-0002-8191-3957)

М.І. Фоменко: [ID https://orcid.org/0000-0002-5095-7252](https://orcid.org/0000-0002-5095-7252)

А.С. Худич: [ID https://orcid.org/0000-0001-6880-6199](https://orcid.org/0000-0001-6880-6199)

Т.О. Борисенко: [ID https://orcid.org/0000-0002-9149-5752](https://orcid.org/0000-0002-9149-5752)

Список посилань

- Asturnatura*. 2004–onward. Available at: <https://www.asturnatura.com> (Accessed 18 April 2022).
- Bauer R., Begerow D., Sampaio J.P., Weiss M., Oberwinkler F. 2006. The simple-septate Basidiomycetes: a synopsis. *Mycological Progress*, 5: 41–66. <https://doi.org/10.1007/s11557-006-0502-0>
- Begerow D., Kemler M., Feige A., Yurkov A. 2017. Parasitism in Yeasts. In: *Yeasts in Natural Ecosystems*. Eds P. Buzzini, M.A. Lachance, A. Yurkov. Cham: Springer, pp. 179–210. https://doi.org/10.1007/978-3-319-61575-2_7
- Berkeley M.J., Broome C.E. 1871. Notices of British Fungi. *The Annals and Magazine of Natural History, Including Zoology, Botany and Geology*, 4(7): 425–436.
- Bigeard R., Guillemain H. 1909. *Flore des champignons supérieurs de France les plus importants à connaître (comestibles et vénéneux)*. Chalon-sur-Saône: E. Bertrand, 791 pp.
- Boekhout T., Fonseca Á., Sampaio J.P., Bandoni R.J., Fell J.W., Kwon-Chung K.J. 2011. Discussion of Teleomorphic and Anamorphic Basidiomycetous Yeasts. In: *The Yeasts, a Taxonomic Study*. Vol. 3. 5th ed. Eds C.P. Kurtzman, J.W. Fell, T. Boekhout. San Diego: Elsevier, pp. 1339–1372.
- Bresadola J. 1903. Fungi Polonici. *Annales Mycologici*, 1(1–2): 65–131.
- Cao B., Haelewaters D., Schoutteten N., Begerow D., Boekhout T., Giachini A.J., Gorjón S.P., Gunde-Cimerman N., Hyde K.D., Kemler M., Li G.J., Liu D.M., Liu X.Z., Nuytinck J., Papp V., Savchenko A., Savchenko K., Tedersoo L., Theelen B., Thines M., Tomšovský M., Toome-Heller M., Urón J.P., Verbeken A., Vizzini A., Yurkov A.M., Zamora J.C., Zhao R.L. 2021. Delimiting species in *Basidiomycota*: a review. *Fungal Diversity*, 109: 181–237. <https://doi.org/10.1007/s13225-021-00479-5>
- Checklist of the British & Irish Basidiomycota*. 2022–onward. Available at: <http://www.basidiochecklist.info/index.htm> (Accessed 17 April 2022).
- Denchev C.M. 2009. Validation of three names of families in the *Pucciniomycotina*. *Mycologia Balcanica*, 6: 87–88. <https://doi.org/10.5281/zenodo.2549149>
- Ellis M.B., Ellis J.P. 1990. *Fungi Without Gills (Hymenomycetes and Gasteromycetes): An Identification Handbook*. Bury St Edmunds: Chapman and Hall, 329 pp.
- JGI. *Joint Genome Institute*. 1997–onward. Available at: <https://genome.jgi.doe.gov/portal/> (Accessed 18 April 2022).
- GBIF. *Global Biodiversity Information Facilities*. 2022. *Naohidea sebacea* occurrence download. <https://doi.org/10.15468/dl.26kgyp>
- GenBank. 2021–onward. Available at: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/genbank/> (Accessed 18 April 2022).
- Grzyby Puszczy Knyszyńskiej i okolic. 2022–onward. Available at: <https://grzyby-pk.pl> (Accessed 18 April 2022).
- Giraldo P.P.P. 2019. *Taxonomic studies and the evolution of habitat preference in the Cystobasidiomycetes*. Indiana: Department of Botany & Plant Pathology of Purdue University, 217 pp.
- Herbtrack*. *Kew Mycology Collection – online database*. 2022–onward. Available at: <https://herbtrack.science.kew.org/search> (Accessed 17 April 2022).
- Khudych A.S. 2021. First report of *Botryosphaeria iberica* from Ukraine. In: *Materials of the International Young Scientists Conference "Advances in Botany and Ecology" (Kyiv, 20–22 October 2021)*. Kyiv: LAT & K, p. 26.
- Killermann S. 1922. Pilze aus Bayern. Kritische Studien besonders zu M. Britzelmayer; Standortsangaben u. (kurze) Bestimmungstabellen. I. Teil: Thelephoraceen, Hydnaceen, Polyporaceen, Clavariaceen und Tremellaceen. *Denkschriften der Königlich-Baierischen Botanischen Gesellschaft in Regensburg*, 15: 1–128.
- Libkind D., Moliné M., Sommaruga R., Sampaio J.P., van Broock M. 2011. Phylogenetic distribution of fungal mycosporines within the *Pucciniomycotina* (*Basidiomycota*). *Yeast*, 28(8): 619–627. <https://doi.org/10.1002/yea.1891>
- Malysheva V., Spirin V., Miettinen O., Kout J., Savchenko A., Larsson K.-H. 2019. On *Craterocola* and *Ditangium* (*Sebacinales*, *Basidiomycota*). *Mycological Progress*, 18(5): 753–762. <https://doi.org/10.1007/s11557-019-01485-3>
- Martini E. 2016. *Naohidea sebacea* (Berk. & Broome) Oberw. *Excerpts from Crusts & Jells*, 87: 1–5.
- McLaughlin D.J., McLaughlin E.G., Lemke P.A. (Eds). 2001. *The Mycota. VII. Systematics and Evolution. Part B*. Berlin: Springer, 268 pp.
- McNabb R.F.R. 1965. Some Auriculariaceae fungi from the British Isles. *Transactions of the British Mycological Society*, 48(2): 187–192.
- Millanes A.M., Diederich P., Ekman S., Wedin M. 2011. Phylogeny and character evolution in the jelly fungi (*Tremellomycetes*, *Basidiomycota*, *Fungi*). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 61(1): 12–28. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2011.05.014>
- Oberwinkler F. 1990. New genera of auricularioid heterobasidiomycetes. *Reports of the Tottori Mycological Institute*, 28: 113–127.
- Oberwinkler F. 2012a. Evolutionary trends in Basidiomycota. *Stapfia*, 96: 45–104.
- Oberwinkler F. 2012b. Mykologie am Lehrstuhl spezielle Botanik und Mykologie der Universität Tübingen, 1974–2011. *Andrias*, 19: 23–110.
- Oberwinkler F. 2017. Yeasts in *Pucciniomycotina*. *Mycological Progress*, 16(9): 831–856. <https://doi.org/10.1007/s11557-017-1327-8>
- Olive L.S. 1947. Notes on the *Tremellales* of Georgia. *Mycologia*, 39(1): 90–108.
- Piątek M. 2002. *Naohidea sebacea* (*Fungi*, *Urediniomycetes*) in Poland: rediscovered after a century on a new host. *Polish Botanical Journal*, 47(1): 49–51.

- Sampaio J.P., Bauer R., Begerow D., Oberwinkler F. 1999. *Occultifur externus* sp. nov., a new species of simple-pored auricularioid heterobasidiomycete from plant litter in Portugal. *Mycologia*, 91(6): 1094–1101. <https://doi.org/10.1080/00275514.1999.12061118>
- Sampaio J.P., Chen C.-J. 2011. *Naohidea* Oberwinkler. In: *The Yeasts, a Taxonomic Study*. Vol. 3. 5th ed. Eds C.P. Kurtzman, J.W. Fell, T. Boekhout. San Diego: Elsevier, pp. 1511–1513.
- Savchenko A., Zamora J.C., Shirouzu T., Spirin V., Malysheva V., Köljalg U., Miettinen O. 2021. Revision of *Cerinomyces* (*Dacrymycetes*, *Basidiomycota*) with notes on morphologically and historically related taxa. *Studies in Mycology*, 99: 1–72. <https://doi.org/10.1016/j.simyco.2021.100117>
- Spirin V., Malysheva V., Larsson K.-H. 2018. On some forgotten species of *Exidia* and *Myxarium* (*Auriculariales*, *Basidiomycota*). *Nordic Journal of Botany*, 36(3): 1–11. <https://doi.org/10.1111/njb.01601>
- Staatliche Naturwissenschaftliche Sammlungen Bayerns. The fungal collection of Helga Große-Brauckmann at the Botanische Staatssammlung München. 2021–onward. Available at: <https://www.gbif.org/occurrence/1099943825> (Accessed 13 April 2022).
- Tejklová T., Zíbarová L. 2020. A contribution to the knowledge of lignicolous fungi of Podunajská nížina Lowland (Slovakia) 2. *Catathelasma*, 21: 1–148.
- Weiss M., Oberwinkler F. 2001. Phylogenetic relationships in *Auriculariales* and related groups – hypotheses derived from nuclear ribosomal DNA sequences. *Mycological Research*, 105(4): 403–415. <https://doi.org/10.1017/S095375620100363X>
- White T.J., Bruns T., Lee S., Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA Genes for phylogenetics. In: *PCR Protocols: A Guide to Methods and Applications*. Eds. M.A. Innis, D.H. Gelfand, J.J. Sninsky, T.J. White. San Diego: Academic Press, pp. 315–322.
- Wingfield B.D., Ericson L., Szaro T., Burdon J.J. 2004. Phylogenetic patterns in the *Uredinales*. *Australasian Plant Pathology*, 33(3): 327–335. <https://doi.org/10.1071/AP04020>
- Wojewoda W. 2002. *Dacryomyces ovisporus* (*Dacrymycetales*, *Basidiomycetes*) new to the Czech Republic. *Czech Mycology*, 54(1–2): 11–17. <https://doi.org/10.33585/cmy.54103>
- Рекомендує до друку В.П. Гелюта

Акулов О.Ю., Фоменко М.І., Худич А.С., Борисенко Т.О. 2022. **Перша знахідка *Naohidea sebacea* (*Naohideales*, *Basidiomycota*) в Україні.** *Український ботанічний журнал*, 79(5): 308–313.

Харківський національний університет імені В.Н. Каразіна, майдан Свободи 4, Харків 61022, Україна

Реферат. Стаття містить інформацію про рідкісний мікофільний гриб *Naohidea sebacea*, який був уперше виявлений в Україні на території природного заповідника "Розточчя". Встановлено, що він паразитує на грибі *Dothiorella iberica* (*Botryosphaeriaceae*, *Botryosphaeriales*, *Dothideomycetes*, *Ascomycota*). Цей субстрат вказується для *N. sebacea* вперше. Для ідентифікації зразків були використані світлова мікроскопія, культуральні дослідження та аналіз послідовностей нуклеотидів ITS-регіону рибосомальної ДНК. Отримані послідовності були завантажені в базу даних GenBank. На основі аналізу літературних джерел і власних даних узагальнено інформацію про морфологічні особливості, поширення та субстратну спеціалізацію гриба.

Ключові слова: ДНК-баркодинг, дрижалкові гриби, Львівська область, мікопаразитизм, нова знахідка, природний заповідник "Розточчя", субстратна спеціалізація, *Pucciniomycotina*



Біопошкодження викопних рослин з відкладів білокалитвенської світи (верхня частина башкирського ярусу, карбон) Донецького басейну, Україна

Віталій С. ДЕРНОВ 

Інститут геологічних наук НАН України, вул. Олесь Гончара 556, Київ 01054, Україна

Abstract. Biodamages of terrestrial plants caused mainly by terrestrial arthropods, e.g. millipedes, mites, and insects, were studied from siltstones of the middle part of the Belaya Kalitva Formation (late Bashkirian, Carboniferous) of the southern part of Luhansk Region, eastern Ukraine. The traces studied were assigned to 13 damage types (DT) of the numerical systematics developed by Labandeira et al. (2007): external foliage feeding DTs03, 12, 13, 14, 15, 75, 78, 81, 103; piercing-and-sucking DT46; galling DT146; oviposition DT102 and DT108. All studied biodamages come from sediments of a shallow lake located on a coastal accumulative lowland. Compared to evidence of animal-plant interactions of a more ancient Mospyne Formation, plant biodamages from the Belaya Kalitva Formation have some characteristic features, e.g. the absence of traces of fungi and, generally, a higher frequency of biodamages. As in the Mospyne Formation, the Belaya Kalitva Formation lacks traces of seed feeding.

Keywords: Belaya Kalitva Formation, biodamage, Carboniferous, late Bashkirian, plant-arthropod interaction, Ukraine

Article history. Submitted 17 August 2022. Revised 17 October 2022. Published 31 October 2022

Citation. Dernov V.S. 2022. Fossil plant biodamages from the Belaya Kalitva Formation (upper Bashkirian, Carboniferous) of the Donets Basin, Ukraine. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 314–328. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.314>

Affiliation. Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine, 55b Oles Honchar Str., Kyiv 01054, Ukraine

Author e-mail: vitalydernov@gmail.com

Вступ

В останні десятиліття в палеонтологічному співтоваристві поживався інтерес до вивчення їхнофосилій (викопних слідів життєдіяльності організмів, у широкому розумінні). Ця обставина пов'язана з великим значенням палеоіхнологічних досліджень для розчленування і кореляції розрізів, для палеоекологічних та палеогеографічних реконструкцій тощо.

Різноманітні сліди життєдіяльності наземних артропод, до яких належать, наприклад, яйцекладки, копроліти, сліди живлення органами рослин та ін., стали об'єктом спеціальних систематичних досліджень лише з початку XXI століття (Labandeira et al., 2007; Iannuzzi, Labandeira, 2008; Vassilenko,

Shcherbakov, 2013; Naugolnykh, 2017; Correia et al., 2020; etc.). Незважаючи на те, що перші описи викопних рослин, пошкоджених комахами, було опубліковано близько півтора століття тому (Brongniart, 1877; White, 1899), їхнє дослідження для пізнання взаємозв'язків двох найголовніших компонентів наземних біоценозів – комах і рослин, почалося порівняно недавно.

Історія дослідження кам'яновугільної флори та рослинності Донбасу нараховує близько 150 років, проте відомостей щодо слідів впливу членистоногих на органи карбонових рослин зазначеного регіону порівняно небагато. У монографії К.Й. Новик (Novik, 1968: pl. XLIX, figs 4, 5) зображено листкові сегменти птеридоспермів *Neuropteris gigantea* Sternberg (= *Paripteris gigantea* (Sternberg) Gothan)

зі слідами поверхневих слідів живлення DT75 за класифікацією, що запропонована в роботі К. Лабандейри зі співавторами (Labandeira et al., 2007). Рештки рослин походять з найвищої частини амвросіївської світи (нижня частина башкирського ярусу) Донецької області України. Дуже схожі пошкодження, що також приурочені до листових сегментів *Paripteris gigantea*, зображено в роботі (Dernov, 2019: fig. 7). Крім того, в колекції автора є такі ж або подібні пошкодження, що походять з молодших (смолянинівська світа верхньої частини башкирського ярусу) відкладів Центрального Донбасу (неопубліковані дані автора).

Н.С. Снігіревська (Snigirevskaya, 1989) повідомила про присутність мікрокополітів у мінералізованих тканинах рослин із середньокам'яновугільних карбонатних конкрецій серед вугільних шарів, що часто називають кол-болами (від *англ.* coal balls – вугільні кулі) (Zaritsky, 1970)). Ці конкреції часто вміщують рештки карбонічних рослин-торфоутворювачів анатомічної збереженості і, з цієї причини, привертають значну увагу палеоботаніків. У повідомленні Н.С. Снігіревської малися на увазі кополіти артропод (ймовірно панцирних кліщів з підряду *Oribatida*), що мешкали в тканинах рослин.

У роботі Н.І. Бояріної (Boyarina, 2007) описано та зображено листові сегменти птеридоспермів *Odontopteris osmundaeformis* (Schlotheim) Zeiller (верхній карбон) зі слідами крайових погризів (іхновид *Phagophytichnus ekowskii* van Amerom за біномінальною номенклатурою або ж Damage Type 12 нумерологічної класифікації Конрада Лабандейри та співавторів – Labandeira et al., 2007). У роботі Д.В. Василенка (Vassilenko, 2015) повідомляється про знахідку у верхньобашкирських відкладах Східного Донбасу (район м. Кам'янськ-Шахтинський, Ростовська область, РФ) найдавніших ендоефітних яйцекладок комах та трьох типів біопшкоджень рослин нез'ясованої природи.

У кількох роботах автора (Dernov, 2019a, b; Dernov, Udovychenko, 2019) стисло описано та зображено деякі іхнофосилії артропод, що приурочені до органів рослин. Із моспінської світи описано найдавніші в світі ендоефітні яйцекладки комах (Dernov, 2021b). В іншій роботі (Dernov, 2021a) з цієї ж світи описано крайові погризи, поверхневі проїдання, сліди проколювання та ссання, гали та сліди перфорацій деревини. Попередні результати вивчення біопшкоджень викопних рослин

білокалитвенської світи коротко висвітлено в роботі автора та М.І. Удовиченка (Dernov, Udovychenko, 2021), проте в цій статті вони представлені більш розгорнуто.

Метою цього дослідження є визначення різноманіття слідів взаємодії наземних рослин та членистоногих раннього пенсильванію Донецького басейну, порівняння виявлених біопшкоджень рослин білокалитвенської світи зі слідами взаємодії рослин та артропод із відкладів близького віку Донбасу та інших регіонів світу.

Місцезнаходження

Вивчене відслонення флоронісних порід розташоване на березі Валентинівського ставка (рис. 1), влаштованого в балці Ровенецькій (південна частина м. Ровеньки, Луганська область; 48°04'08"N; 39°22'45"E). Як показали результати історичної розвідки, дане місцезнаходження було відоме дослідникам починаючи, принаймні, з другої половини ХІХ століття. Відкрив його, судячи з усього, в 1871 р. О.Ф. фон Гелер – колектор, який працював в партії гірничого інженера Л.С. Желтоножкіна, що вела пластову зйомку території сучасного півдня Луганщини в 1864–1870 рр. (Dernov, Udovychenko, 2021). Колекцію решток рослин, зібрану О.Ф. Геллером, вивчив палеоботанік М.Д. Залеський (Zalessky, 1904, 1907a, b).

У 1880 р. В.О. Домгер передав в Гірничий інститут (Санкт-Петербург) невелику колекцію кам'яновугільної флори з Донбасу, в тому числі і з місцезнаходження Ровеньки (Novik et al., 1960). Обробкою її зайнявся І.Ф. Шмальгаузен, але його смерть в 1894 р. не дозволила завершити ці дослідження. У подальшому М.Д. Залеський переглянув визначення, зроблені І.Ф. Шмальгаузенем, і включив результати дослідження колекції Домгера у свою статтю (Zalessky, 1907a).

Палеоботанік та ботанік А.М. Криштофович в 1909 р. колекціонував викопні рослини з відкладів білокалитвенської світи в околицях тодішньої слободи Ровеньки (Stanislavsky, 1985). Тут він, поміж іншим, виявив відбиток листового органу (вайї) птеридосперма *Alethopteris decurrens* (Artis) Zeiller. Значно пізніше цей екземпляр було описано в роботі К.Й. Новик (Novik, 1952: р. 325). Результати вивчення місцезнаходження викопної флори поблизу слободи Ровеньки було узагальнено в роботі

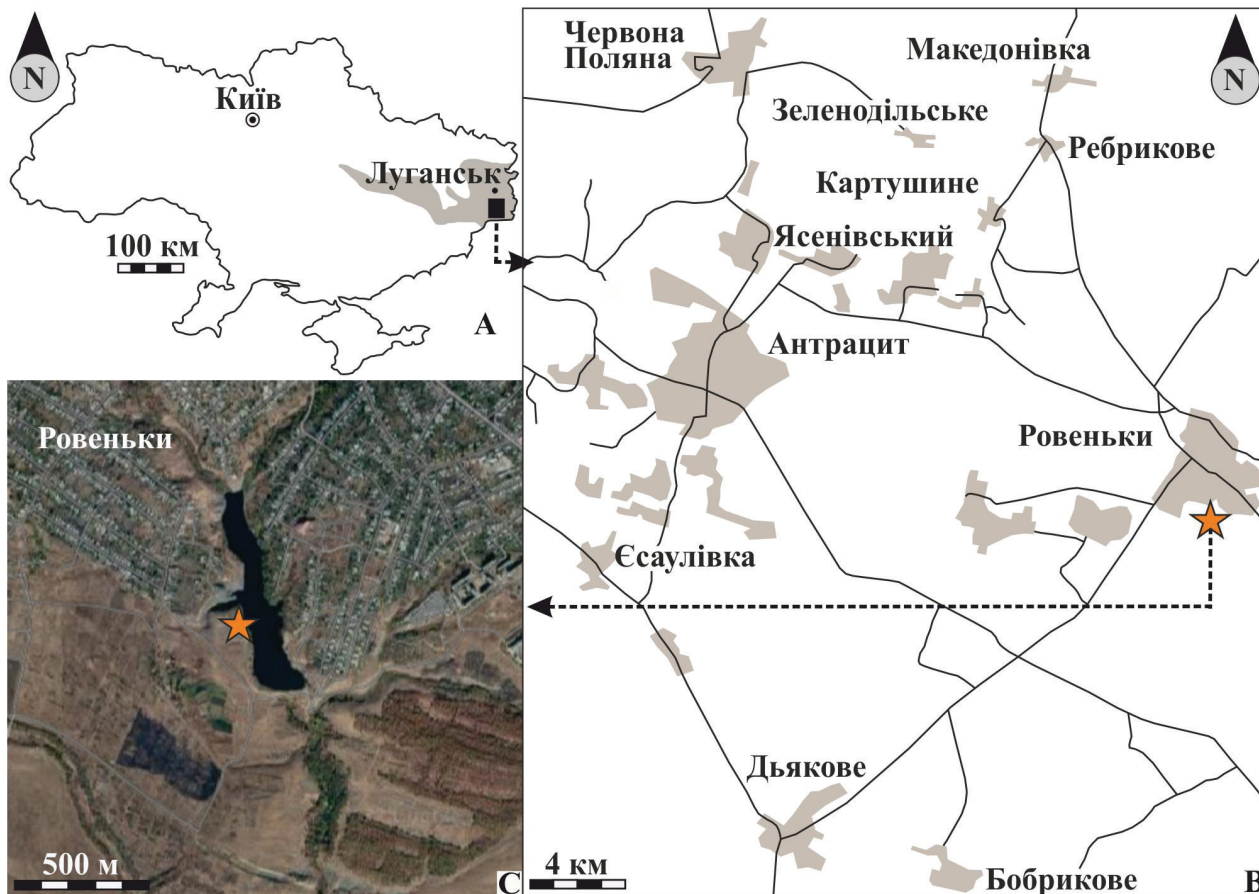


Рис. 1. Географічне розташування місцезнаходження викопної флори Ровеньки
 Fig. 1. Geographic location of the Roven'ky fossil plants site

(Zalessky, Chirkova, 1938); у цій монографії описано викопні рослини приблизно 30 видів.

На превеликий жаль, у подальшому це місцезнаходження було забуто і, ймовірно, вважалося знищеним внаслідок природних процесів або людської діяльності. Лише в 2012 р. до рук М.І. Удовиченка (Луганський національний університет (ЛНУ) імені Тараса Шевченка, Луганськ; з 2014 р. – Старобільськ; з 2022 р. – Полтава) випадково потрапило кілька штуфів з рештками рослин з околиць м. Ровеньки. Ці знахідки привернули увагу, оскільки макрофітофосилії були досить частими та мали порівняно гарну збереженість. До того ж, білокалитвенська світа, на відміну від суміжних смолянинівської та кам'яньської світ, охарактеризована рослинними рештками порівняно погано, оскільки її розріз складено переважно морськими породами. Результати визначення систематично складу викопної

флори з місцезнаходження Ровеньки, її еколого-тафономічний аналіз та стратиграфічне значення представлено в нашій попередній роботі (Dernov, Udovychenko, 2021).

Білокалитвенська світа (C_2^4 або I) представлена поліфаціальною товщею циклічного перешарування аргілітів, алевролітів і пісковиків з тонкими прошарками вапняків і кам'яного вугілля (Nemyrovskaya, Yefimenko, 2013) (рис. 2B). Потужність світи становить 150–650 м. Нижня частина білокалитвенської світи (до підшви вапняку I_2) відповідає макіївському горизонту, а верхня – краснодонському горизонту регіональної стратиграфічної схеми Доно-Дніпровського прогину (Nemyrovskaya, Yefimenko, 2013). Абсолютний вік інтервалу розрізу білокалитвенської світи з вивченим місцезнаходженням рослинних решток складає близько 316,0 млн років (Davydov et al., 2010). Численні рештки фауни (форамініфери,

корали, моховатки, брахіоподи, пеліциподи, гастроподи, цефалоподи, конодони та ін.), а також наземна макро- і палинофлора свідчать про пізньобашкирський вік світи (рис. 2А).

Флороносні породи представлено ясно-сірими та сірувато-зеленими дрібнозернистими алевролітами, товщиною близько 2 м, які підстеляються і перекриваються дрібнозернистими пісковиками (рис. 2С, D). Алевроліти з рештками рослин залягають трохи вище вугільного шару i_2 (рис. 2В).

З даного місцезнаходження визначено таку викопну флору: *Cyperites bicarinatus* Lindley & Hutton, *Lepidodendron* sp., *Lepidostrobophyllum lanceolatum* (Lindley & Hutton) Chaloner, *Stigmaria ficoides* (Sternberg) Brongniart, *Annularia radiata* (Brongniart) Sternberg, *Asterophyllites charaeformis* (Sternberg) Goepfert, *Calamites* sp., *Calamariophyllum kidstonii* (Zalessky) Hirmer, *Pinnularia cappilacea* Lindley & Hutton, *Sphenophyllum cuneifolium* (Sternberg) Zeiller, *Alethopteris decurrens* (Artis) Sternberg, *Alethopteris urophylla* (Brongniart) Goepfert, *Neuropteris heterophylla* (Brongniart) Sternberg, *Paripteris pseudogigantea* (Potonié) Gothan, *Cyclopteris orbicularis* Brongniart, *Eusphenopteris* sp., *Mariopteris nervosa* (Brongniart) Zeiller та *Samaropsis* sp. (Dernov, Udovychenko, 2021).

У кількісному і систематичному відношеннях домінують рештки сфенопсид та птеридоспермів. Судячи зі стратиграфічного положення вивчених флороносних відкладів, їх треба відносити до зони *Sphenophyllum majus* фітостратиграфічної схеми, що запропонована Н.І. Бояріною (Boyarina, 2016). Структура фітоориктоценозу, ймовірно, свідчить про те, що в прибережній частині басейну, в якому відбувалося поховання рослин, зростали спільноти напівводних сфенопсид. Вглиб суші вони, мабуть, змінювалися на зарості птеридоспермів і, можливо, деревоподібних лікопсид.

Матеріали та методи

Вивчену колекцію решток рослин було зібрано автором і М.І. Удовиченком та А.В. Братішком (ЛНУ імені Тараса Шевченка) в 2011–2013 рр. Вона налічує близько 200 зразків, проте лише близько 25% штафів несуть макрофітофосилії з біопшкодженнями. Викопні рештки представлено лимонітовими фітолеймами (окислений пірит), відбитками вай, кореневих систем, пагонів, спорофілів та ізольованих

сегментів вай птеридоспермів, а також ядрами серцевинних пустот осей деревоподібних сфенопсид та ін. Збереженість макрофітофосилій зазвичай гарна і вони трапляються у вигляді скупчень на поверхнях нашарування сланцеватих алевролітів. Решток тварин у флороносних алевролітах (шари № 2 та 3 – див. рис. 2С) не знайдено; лише в їхній верхній частині присутні вертикальні нірки, діаметром до 5 мм, заповнені тонкозернистим пісковиком.

У процесі досліджень використовувалась традиційна методика опису біопшкоджень рослин (Schachat et al., 2014; Xu et al., 2018) та їхнє віднесення до типів пошкоджень (Damage Types) нумерологічної парасистематики, запропонованої К. Лабандейрою зі співавторами (Labandeira et al., 2007). Матеріал зберігається в Геологічному музеї Луганського національного університету імені Тараса Шевченка (м. Полтава) під номером GMLNU-3а.

Опис біопшкоджень рослин

Усі біопшкодження тканин рослин наземними артроподами можна віднести до дев'яти функціональних груп (functional feeding groups *sensu* Labandeira, 2006): (1) поверхневі сліди харчування листям (*англ.* external foliage feeding; віконні проїдання, крайові погризи, скелетування та поверхневі проїдання); (2) сліди проколів та ссання (piercing-and-sucking); (3) гали (galling); (4) міни (leaf mining); (5) сліди поїдання насіння (seed predation); (6) яйцекладки (oviposition); (7) сліди перфорації деревини (wood boring); (8) сліди палинофагії (palynivory); (9) поверхневе флюїдне харчування (surface fluid feeding). Тут і далі переклад частини назв категорій дається за даними роботи (Maslova et al., 2016) із деякими змінами автора. Нижче стисло описані біопшкодження рослин з відкладів біокалітвенської світи Донбасу.

1. Поверхневі сліди живлення листям

1.1. Віконні проїдання. Цей тип біопшкоджень зафіксовано на піритовій фітолеймі невизначеної рослини (рис. 4D). Проїдання представлено дрібними, еліпсоїдальними отворами, що сконцентровані у групу з 5–6 слідів на невеликій ділянці, площею близько 750 мм². Розміри довгої осі проїдань коливаються від 1,5 до 7,5 мм; ширина вузької частини складає близько 1 мм. Описані пошкодження можна віднести до віконних проїдань DT03, продуцентами яких, вірогідно, є комахи (Xu et al., 2018). Інший тип віконних проїдань

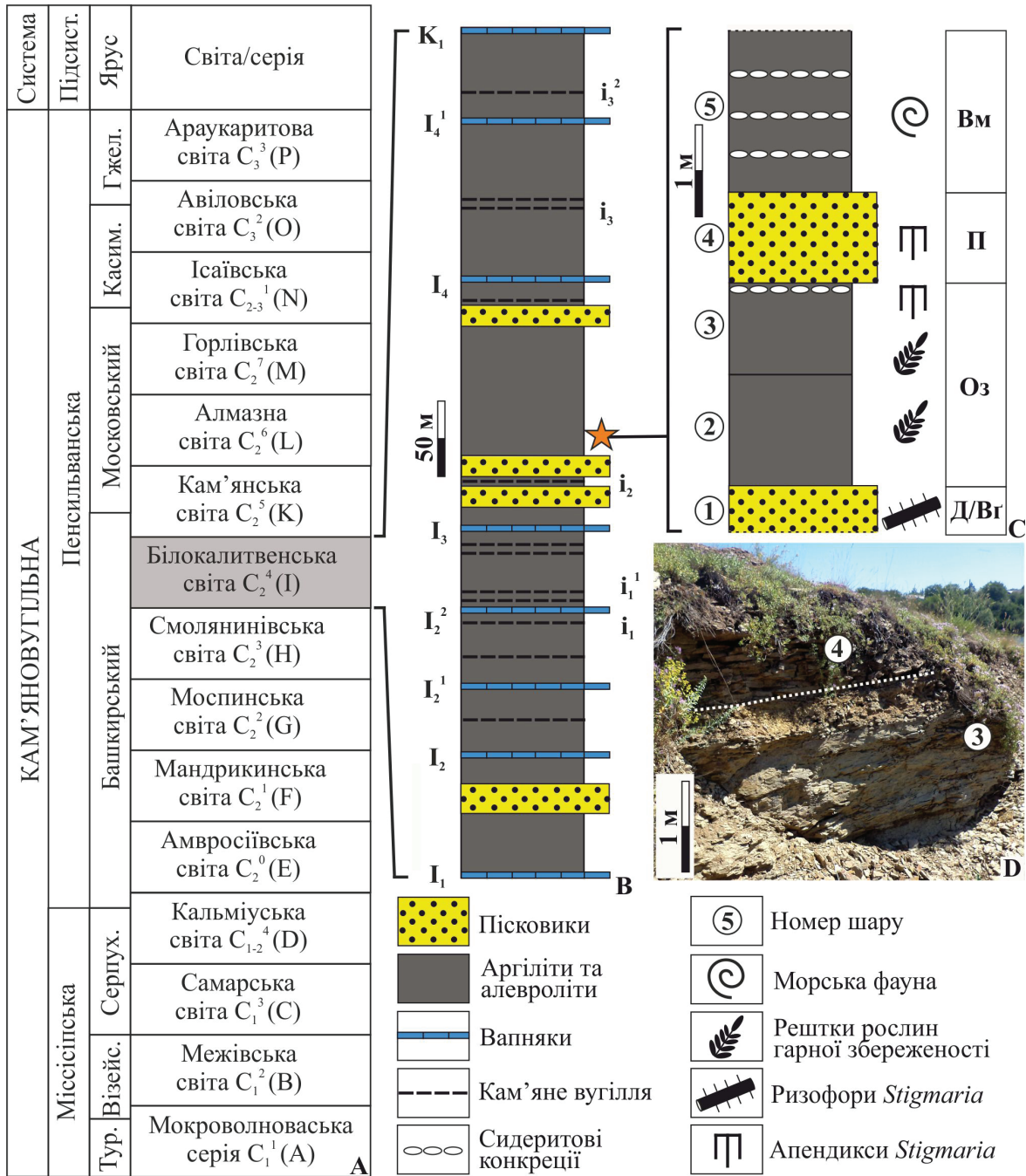


Рис. 2. Стратиграфічне положення білокалітвенської світи (А), стратиграфічне положення місцезнаходження Ровеньки (В), літологічна колонка (С) та зовнішній вид місцезнаходження Ровеньки (D).

Скорочення. А: Візейс. – візейський, Гжел. – гжелський, Касим. – касимовський, Підсист. – підсистема, Серпух. – серпуховський, Тур. – турнейський; С: Вм – відкрито-морські фації, Д – дельтова фація (наземна частина дельти/викопний ґрунт), Оз – озерна фація, П – прибережно-морські фації

Fig. 2. Stratigraphic position of the Belaya Kalitva Formation (A), stratigraphic position of Roven'ky locality (B), lithological column (C), and general view of Roven'ky locality (D).

Abbreviation. A: Візейс. – Viséan, Гжел. – Gzhelian, Касим. – Kasimovian, Підсист. – Subsystem, Серпух. – Serpukhovian, Тур. – Tournaisian; C: Вм – open-marine facies, Д – deltaic facies (paleosol), Оз – lacustrine facies, П – marine coastal facies

(DT78) приурочений, ймовірно, до афлебоїдного листка тригонокарпових птеридоспермів *Cyclopteris orbicularis* Brongniart (рис. 4G). Вони мають вигляд видовжених тоненьких отворів, розташованих відповідно до жилкування листка. Найдавніші сліди віконних проїдань відомі на печиночниках *Metzgeriothallus sharonae* Hernick et al., 2008 із середнього девону штату Нью-Йорк, США (Schachat et al., 2014). У палеозої ці сліди трапляються рідше, ніж крайові погризи (Schachat et al., 2014).

1.2. Крайові погризи. На краях сегментів листків птеридосперма *Neuropteris heterophylla* (рис. 3E, F, H, I та рис. 4B, C) і, значно рідше, на листових сегментах *Mariopteris nervosa* (рис. 4A, та 5A, B) спостерігаються напівкруглі вирізки, інколи досить значної глибини. Одного разу крайові погризи було знайдено на філоїді лікопсиди *Cyperites bicarinatus* (не зображено) та афлебоїдному листку тригонокарпового птеридосперма *Cyclopteris orbicularis* (рис. 3G). Ці пошкодження, згідно до парасистематики Лабандейри та співавторів (Labandeira et al., 2007), належать до типів DTs12, 13, 15 та 81.

Відсутність калусу вздовж краю пошкоджень свідчить про їхнє виникнення вже після опадання вай та листків (Vassilenko, Shcherbakov, 2013). З цієї причини описані пошкодження є слідами детритофагії. Продукентами цих пошкоджень є, мабуть, багатоніжки (Ponomarenko, 2006) та/або комахи (Xu et al., 2018). Найдавніші на сьогоднішній день сліди крайових погризів відомі на печиночниках *Metzgeriothallus sharonae* із середнього девону штату Нью-Йорк (Schachat et al., 2014) та на птеридоспермах *Triphyllopteris austrina* (Etheridge Jr. in Morris, 1975) із серпуховського ярусу (нижній карбон) Австралії (Iannuzzi, Labandeira, 2008). У пенсильванії Єврамерики крайові об'їдання приурочені, як правило, до листових сегментів тригонокарпових птеридоспермів (Schachat et al., 2014).

1.3. Поверхневі проїдання. На фрагментах сегментів вай/листок птеридоспермів *Neuropteris heterophylla* трапляються численні сліди поверхневих об'їдань DT75 (рис. 3A, C, D, J) та DT103 (рис. 5L). Слід зазначити, що всі відомі поверхневі проїдання з карбону Донбасу (Novik, 1968: pl. XLIX, figs 4, 5; Dernov, 2019: fig. 7) приурочені до листових сегментів птеридоспермів *Paripteris gigantea* або *Neuropteris heterophylla*. Можливо, це пов'язано з

великим розміром сегментів і, відповідно, порівняно великою їхньою товщиною, зручною для живлення тканинами рослини.

Поверхнєве харчування листям є базовим та найбільш поширеним типом харчування гексапод, яке набули жвалоносні, гексаподи-детритофаги чи комахи стлової групи у силурійському періоді (Labandeira, 2006, 2007). Названі артроподи харчувалися тканинами стебел та ризоїдів примітивних наземних рослин (Labandeira, 2006, 2007). Пізніше, в пізньому девоні та ранньому міссісіпії, інші клади гексапод перейшли до харчування листям. Наразі найбільш ранніми свідцтвами харчування артропод листям рослин, як зазначалося вище, є пошкодження на листових сегментах птеридоспермів *Triphyllopteris austrina* із серпуховського ярусу Сіднейського басейну в Австралії (Labandeira, 2006, 2007). Ці пошкодження дуже подібні до слідів харчування сучасних прямокрилих (*Orthoptera*) і вони принаймні на 6 млн років давніші за перші достовірні рештки у викопному літописі їхніх потенційних продуцентів (Labandeira, 2006).

Пенсильвансько-тріасовий етап історії розвитку поверхнєвого харчування листям характеризується двома головними тенденціями: прогресуючою спеціалізацією артропод на живленні листовими сегментами птеридоспермів, особливо тригонокарпових родів *Macroneuropteris*, *Alethopteris*, *Odontopteris* та ін. і, в меншій мірі, харчуванні листям (ваями) мараттєвих папоротей (московський вік карбону – рання перм) (Labandeira, 2006, 2007). Другою тенденцією було розширення в пермі спектру систематичних груп рослин, листками та листоподібними органами яких харчувалися артроподи. Серед цих груп присутні цикадофіти, пельгаспермові, глоссоптери, кордаїтові та негератієві; сфенопсициди та лікопсициди значно менше страждали від наслідків харчової поведінки артропод. Найвірогіднішими продуцентами слідів поверхневих пошкоджень є представники рядів *Orthoptera*, *Grylloblattodea*, "*Protoblattodea*" та більшість "*Hypoperlida*", *Caloneurodeae*, *Miomoptera*, а також личинки та дорослі особини жуків підряду *Archostemata* (Labandeira, 2006; Xu et al., 2018).

У ранньому тріасі різноманіття типів поверхнєвого харчування листям, порівняно з пермським періодом, значно скоротилося; їхнє типологічне різноманіття відновилося лише в середині тріасу (Labandeira, 2006).



Рис. 3. Рештки рослин з біопшкодженнями з відкладів білокалітвенської світи. А: крайові погризи DT12 (показані стрілкою) та поверхневі об'їдання DT75 на листових сегментах *Neuropteris* (GMLNU-1/378); В: яйцекладки DT102 на сегменті птеридосперма (с. п.) *Neuropteris* (GMLNU-1/73); С: поверхневі об'їдання DT75 на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/44); D: поверхневі об'їдання DT75 на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/89); Е: крайові погризи DT15 на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/111); F: поверхневі об'їдання DT75 і крайові об'їдання DT81 (показані стрілкою) на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/50); G: крайові погризи DT12 на листі *Cyclopteris orbicularis* (GMLNU-1/64); H: крайові погризи DT12 на с. п. *Neuropteris* (показано стрілками) (GMLNU-1/178); I: крайові погризи DT15 (нижня стрілка) і поверхневі об'їдання DT75 (верхня стрілка) на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/29b); J: поверхневі об'їдання DT75 на с. п. *Neuropteris* (GMLNU-1/44a); K: невизначене біопшкодження (гал – ?) на листі *Cyperites bicarinatus* (GMLNU-1/22b). Масштабні відрізки 10 мм

Fig. 3. Plant remains with biodamages from the Belaya Kalitva Formation. A: margin feeding DT12 (shown by an arrow) and surface feeding DT75 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/378); B: oviposition DT102 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/73); C: surface feeding DT75 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/44); D: surface feeding DT75 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/89); E: margin feeding DT15 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/111); F: surface feeding DT75 and margin feeding DT81 (shown by an arrow) on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/50); G: margin feeding DT12 on the leaf *Cyclopteris orbicularis* (GMLNU-1/64); H: margin feeding DT12 on the pinnule of *Neuropteris* (shown by arrows) (GMLNU-1/178); I: margin feeding DT15 (upper arrow) and surface feeding DT75 (lower arrow) on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/29b); J: surface feeding DT75 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/44a); K: undetermined damage (galling – ?) on the leaf of *Cyperites bicarinatus* (GMLNU-1/22b). Scale bars 10 mm

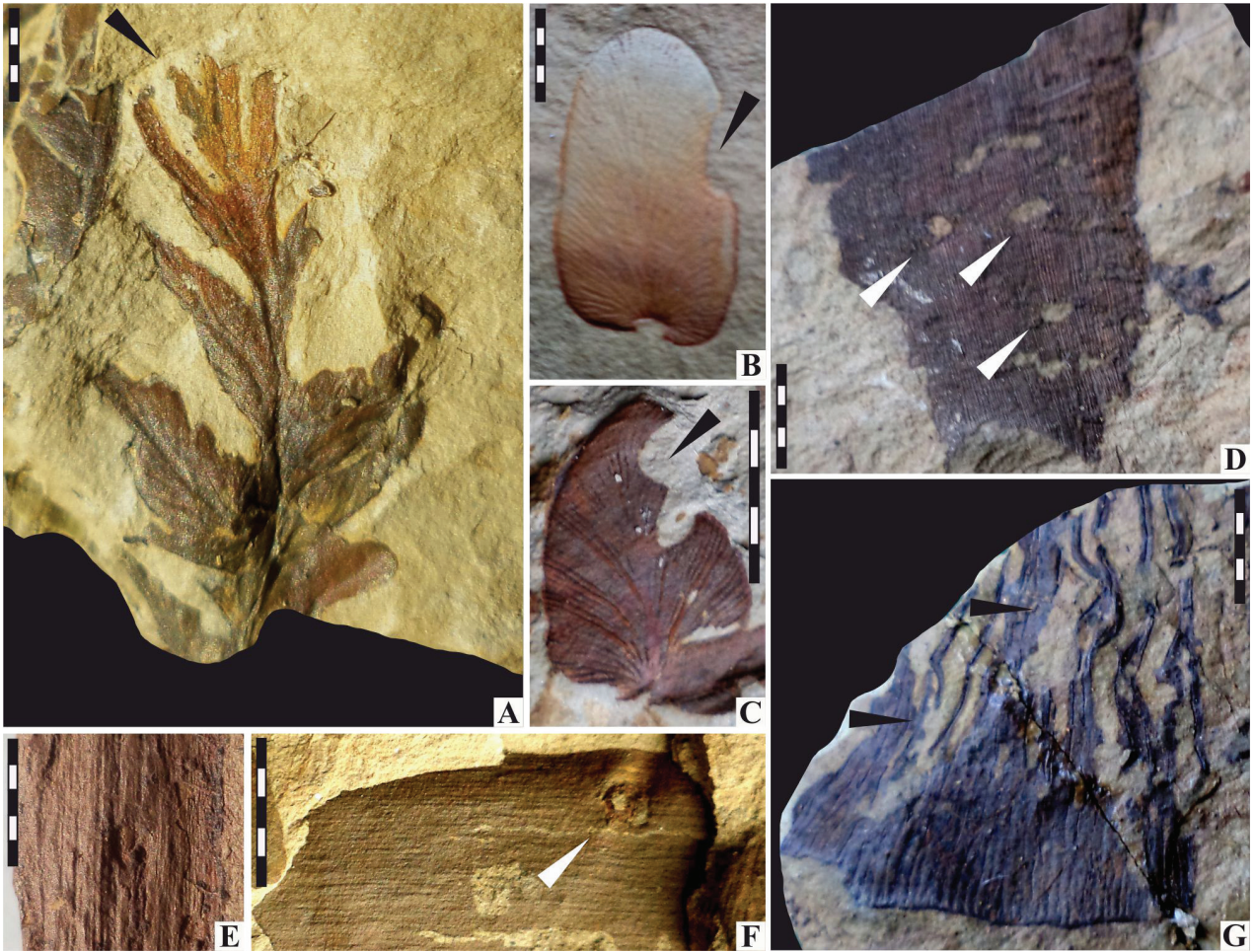


Рис. 4. Рештки рослин з біопшкодженнями з відкладів білокалитвенської світи. А: крайові погризи DT13 на сегменті *Mariopteris nervosa* (GMLNU-1/93a); В: крайові погризи DT12 на сегменті *Neuropteris* (GMLNU-1/103); С: крайові погризи DT13 (показані стрілкою) і поверхневі об'їдання DT75 на сегменті *Neuropteris* (GMLNU-1/109); D: віконні проїдання DT03 на невизначеній рослині (GMLNU-1/182); E, F: невизначені пошкодження, можливо – сліди перфорації рахісів (без номерів); G: віконні проїдання DT78 на листі *Cyclopteris* (GMLNU-1/115). Масштабні відрізки 10 мм

Fig. 4. Plant remains with biodamages from the Belaya Kalitva Formation. A: margin feeding DT13 on the pinnule of *Mariopteris nervosa* (GMLNU-1/93a); B: margin feeding DT12 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/103); C: margin feeding DT13 (shown by an arrow) and surface feeding DT75 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/109); D: hole feeding DT03 (GMLNU-1/182); E, F: wood borings (?) (without number); G: hole feeding DT78 on the leaf of *Cyclopteris* (GMLNU-1/115). Scale bars 10 mm

2. Сліди проколювання та ссання

З вивченого місцезнаходження походять рештки птеридосперму *Mariopteris nervosa* (рис. 5C) на поверхні листового сегменту якого розташований гострий дрібний (діаметр близько 1 мм) горбок округлої форми, який було інтерпретовано як слід проколювання та ссання комахою-фітофагом. У карбоні такими комахами були представники рядів *Palaeodictyopteroidea* (Vassilenko, Shcherbakov, 2013), *Hemipteroidea* (Xu et al., 2018) та *Thysanoptera* (Schachat et al., 2014). Вони харчувалися не лише

вмістом насіння давніх голонасінних (Vassilenko, Shcherbakov, 2013), але, мабуть, і соками рахісів папоротей (Labandeira, Phillips, 1996a), вмістом мікроспор, листків і осей сфенопсид (Correia et al., 2020) та філоїдів деревоподібних лікопсид (Dernov, 2021a).

Проколювання та ссання є майже таким само давнім за походженням, як і поверхневе харчування: воно відоме починаючи з раннього девону (Labandeira, 2006). За даними К. Лабандейри (Labandeira, 1997), у пізньому силурі-тріасі



Рис. 5. Рештки рослин з біопшкодженнями з відкладів білокалитвської світи. А: крайові погризи DT14 (нижня стрілка) та, ймовірно, гал (верхня стрілка) (GMLNU-1/77a) на сегменті *Mariopteris nervosa*; В: крайові погризи DT12 на сегменті *Mariopteris* (GMLNU-1/65); С: сліди проколювання та ссання DT46 на сегменті *Mariopteris* (GMLNU-1/77); D, E: ймовірні гали на *Mariopteris* (GMLNU-1/776 та GMLNU-1/77в, відповідно); F: гал (?) на сегменті *Mariopteris* (GMLNU-1/77г); G: гал DT146 на сегменті *Neuropteris* (GMLNU-1/22a); H: скелетування (?) і поверхневі об'їдання DT103 на сегменті *Neuropteris* (GMLNU-1/136); I, J: гали (?) на *Mariopteris* (GMLNU-1/65a, GMLNU-1/656, відповідно); K: яйцекладка DT108 на поверхні невизначеної рослини (GMLNU-1/76); L: поверхневі об'їдання DT103 на сегменті *Neuropteris* (GMLNU-1/95a); M: гал (?) на поверхні невизначеної рослини (GMLNU-1/93). Масштабні відрізки 10 мм

Fig. 5. Plant remains with biodamages from the Belaya Kalitva Formation. A: margin feeding DT14 (lower arrow) and possible galling (upper arrow) (GMLNU-1/77a) on the pinnule of *Mariopteris nervosa*; B: margin feeding DT12 on the pinnule of *Mariopteris* (GMLNU-1/65); C: piercing and sucking DT46 on the pinnule of *Mariopteris* (GMLNU-1/77); D, E: galling (?) on the pinnules of *Mariopteris* (GMLNU-1/776 and GMLNU-1/77в, respectively); F: galling (?) on the pinnule of *Mariopteris* (GMLNU-1/77г); G: galling DT146 on the pinnules of *Neuropteris* (GMLNU-1/22a); H: skeletonization (?) and surface feeding DT103 on the pinnules of *Neuropteris* (GMLNU-1/136); I, J: galling (?) on the pinnule of *Mariopteris* (GMLNU-1/65a, GMLNU-1/656, respectively); K: oviposition DT108 (GMLNU-1/76); L: surface feeding DT103 on the pinnule of *Neuropteris* (GMLNU-1/95a); M: galling (?) (GMLNU-1/93). Scale bars 10 mm

виділяється три основних модифікації ротових органів, призначених для проколювання та ссання, найдавніша з яких відома з раннього девону і була призначена, ймовірно, для проколювання порівняно м'яких тканин наземних рослин, а також грибів і водоростей. Сліди проколювання цієї модифікації відомі на пагонах *Psilophyton* з емського ярусу (ранній девон) Канади (Banks, Colthart, 1993), а також з кременів пражського ярусу Райні в Шотландії (Kevan et al., 1975).

Другий тип ротових апаратів, що належав палеодіктоптерам, з'явився в пізньому міссісіпії. Ймовірно, конкретним випадком проколювання і ссання є харчування спорами і пилком, який, однак, виділяється в окремий функціональний тип взаємодії комах та рослин – палінофагію (Labandeira, 2006). Проколювання тканин рослин ротовими апаратами другої модифікації здійснювалося на глибину більш ніж 30 мм, хоча основна частина ротових апаратів палеодіктоптер проникала на глибину від кількох міліметрів до 1,5 см. Третя модифікація ротових апаратів, яка конвергентно дуже близька за будовою до другої, з'явилася в ранній пермі і належала напівтвердокрилим (ряд *Hemiptera*) (Labandeira, 2006).

3. Гали

Єдиний зафіксований на вивченому місцезнаходженні тип галів (DT146) приурочений до листкових сегментів птеридосперма *Neuropteris heterophylla* (рис. 5G). Галами називаються патологічні зміни (здебільшого розростання) тканин рослин, спричинені діяльністю комах, кліщів, нематод, грибів, бактерій та вірусів (Labandeira, Phillips, 1996b; Xu et al., 2018). Іншими можливими галами є біопшкодження, що зображено на рис. 3K та рис. 5A (верхня стрілка), D–F, I, J, M.

4. Яйцекладки

На листкових сегментах птеридосперма *Neuropteris heterophylla* та на пагоні невизначеної рослини знайдено яйцекладки DT102 (рис. 3B) та DT108 (рис. 5K), відповідно.

Даних щодо ендодітних яйцекладок кам'яновугільних комах небагато, хоча в останні роки з'явилася низка робіт з описами нових знахідок (Vassilenko, Scherbakov, 2013; Laaß, Hoff, 2014; Vassilenko, 2015; Xu et al., 2018; Dernov, 2021b; etc). У роботі Вайта (White, 1899: pl. III) зображено лист кордаїту з карбону Міссурі (США), що несе ендодітні яйцекладки, які, на жаль, не вдалося віднести до конкретного типу в типології

Лабандейри та співавторів (Labandeira et al., 2007). У статті (Bethoux et al., 2004) з верхньогжельських відкладів Франції описано вельми незвичні ендодітні яйцекладки на осі сфенопсида *Calamites cistii* Brongniart. Потенційними продуцентами яйцекладок, на думку авторів зазначеної роботи, є представники *Paleodictyopteroidea* або *Odonoptera*. У роботі (Vassilenko, Scherbakov, 2013) дається зображення пізньокам'яновугільних ендодітних яйцекладок на листках кордаїтових з Хакасії (Росія), які можна віднести до DT100. Лаасс та Хофф (Laaß, Hoff, 2014) з верхньої частини стефану С (верхи гжельського ярусу) Німеччини описали яйцекладки на листі кордаїту. Пізніше, Лаасс (Laaß, 2017) стисло описав з вестфалу D (= верхи московського ярусу) Німеччини два морфотипи ендодітних яйцекладок. З найвищої частини пенсильванію (верхи гжельського ярусу) Техасу описано 46 типів біопшкоджень рослин, з яких 11 є яйцекладками (Xu et al., 2018). З гжельського ярусу штату Нью-Мексико (США) зображено та коротко описано яйцекладку DT101 (Lucas et al., 2021). З касимовських відкладів місцезнаходження Кінні Брік (англ. Kinney Brick) в штаті Нью-Мексико зображено яйцекладки DT101 (Donovan, Lucas, 2021). З відкладів гжельського ярусу Іспанії описано три типи яйцекладок – DTs67, 100, 102 (Santos et al., 2022).

Автором було описано найдавніші в світі ендодітні яйцекладки комах, що походять з моспінської світи Центрального Донбасу (Dernov, 2021b): DTs76, 100, 101 та 175. У більш молодих відкладах смолянинівської світи також знайдено ендодітні яйцекладки комах, проте їх ще не досліджено (особиста колекція автора). У відкладах місцезнаходження Ровеньки визначено два типи ендодітних яйцекладок – DTs102, 108. Близькі за віком ендодітні яйцекладки описано в роботі Д.В. Василенка (Vassilenko, 2015) з відкладів білокалитвенської світи Східного Донбасу. Знахідки з моспінської, смолянинівської та білокалитвенської світи Донбасу, таким чином, на даний момент є найдавнішими відомими ендодітними яйцекладками комах. Найближчими за віком знахідками є яйцекладки з верхів московського ярусу Німеччини (Laaß, 2017). Зазначимо, що яйцекладки з верхньої частини башкирського ярусу Донбасу давніші за німецькі принаймні на 10 млн років (Dernov, 2021b).

Певні біопшкодження рослин у вивченій колекції не вдалося ідентифікувати. Деякі з них, ймовірно, є слідами перфорації деревини (рис. 4E, F), а також скелетуванням (рис. 5H).

Результати та обговорення

З місцезнаходження біля м. Ровеньки визначено 13 типів біопшкоджень рослин (таблиця 1). При порівнянні встановленої асоціації біопшкоджень з місцезнаходження Ровеньки з дев'ятьма місцезнаходженнями в розрізі моспинської світи (верхня частина башкирського ярусу – див. рис. 2А) (Dernov, 2021a, b) звертають на себе увагу такі особливості:

(1) Незважаючи на те, що біопшкодження рослин моспинської світи походять з 9 місцезнаходжень, а білокалитвенської – всього з одного, кількість типів пошкоджень рослин зазначених світ приблизно рівна. При цьому, з урахуванням точно не визначених типів біопшкоджень з місцезнаходження Ровеньки, їхня загальна кількість дорівнює кількості біопшкоджень з відкладів моспинської світи.

(2) І в білокалитвенській, і в моспинській світах кількісно й типологічно домінують поверхневі сліди харчування. Це спричинено загальним кількісним переважанням цієї функціональної групи в нумерологічній класифікації (Labandeira et al., 2007).

(3) Ендофітні яйцекладки більш часті та різноманітні в моспинській світі; це пояснюється, ймовірно, більшою кількістю місцезнаходжень, які, до того ж, приурочені до відкладів різного фаціального походження: від мілководно-морського до озерного.

(4) Характерною особливістю біопшкоджень рослин обох світ є відсутність слідів харчування насінням. Якщо у випадку з білокалитвенською світою це пояснюється рідкістю знахідок решток

насіння (*Samaropsis*), то причини відсутності цих біопшкоджень серед відкладів моспинської світи поки що не зрозумілі. Слід зазначити, що потенційні продуценти отворів у насінні голонасінних рослин, які інтерпретуються як сліди харчування їхніми соками, – палеодіктіоптери, відомі в карбоні Донбасу (див. нижче). Більш того, їхні рештки знайдено безпосередньо у моспинській світі району досліджень (Dernov, 2019a).

(5) У відкладах білокалитвенської світи відсутні біопшкодження рослин, спричинені грибами.

Як зазначалося вище, головним завданням вивчення слідів взаємодії наземних артропод і рослин є з'ясування особливостей коеволуції цих груп організмів. Проте, співвіднести сліди біопшкоджень з конкретними таксонами артропод дуже складно. Це значною мірою стосується і вивчених біопшкоджень.

Кам'яновугільна ентомофауна Донецького басейну вивчена недостатньо. На даний момент з різних інтервалів розрізу пенсильванію Донбасу відомі поодинокі знахідки решток комах. Найдавнішими з них на сьогодні є відбиток тіла неописаної "бабки" (Dernov, 2016), що походить з морських літографських сланців дяковської серії (віковий аналог моспинської світи, верхня частина башкирського ярусу), а також відбиток крила палеодіктіоптери з моспинської світи (Dernov, 2019a). За нашими зборами Йорг Шнайдер (Фрайберзька гірнична академія, Фрайберг) визначив відбиток крила ?*Orthoptera* indet. (неопубліковані дані автора). Цей матеріал також походить з моспинської світи.

Таблиця 1. Біопшкодження рослин з місцезнаходження Ровеньки (білокалитвенська світа) та дев'яти місцезнаходжень моспинської світи Донбасу (Dernov, 2021a, b)

Table 1. Plant biodamages of the Roven'ky locality (Belaya Kalitva Formation) and nine localities of the Mospyne Formation of the Donets Basin (Dernov, 2021a, b)

Функціональна група	Типи пошкоджень		Потенційні продуценти
	Білокалитвенська світа (ця робота)	Моспинська світа (Dernov, 2021a, b)	
Поверхневі сліди харчування	DTs03, 12, 13, 14, 15, 75, 78, 81, 103	DTs02, 03, 12, 75, 81	Комахи (Xu et al., 2018) та багатоніжки (Ponomarenko, 2006)
Сліди проколювання та ссання	DT46	DT46	<i>Palaeodictyopteroidea</i> , <i>Hemipteroidea</i> (Xu et al., 2018), <i>Thysanoptera</i> (Schachat et al., 2014)
Гали	DT146	DTs117, 122, 127	Комахи або кліщі (Xu et al., 2018)
Яйцекладки	DTs102, 108	DTs76, 100, 101, 175	<i>Odonatoptera</i> , <i>Palaeodictyopteroidea</i> , <i>Dictyoptera</i> , <i>Archaeorthoptera</i> , <i>Hemipteroidea</i> та <i>Orthoptera</i> (Schachat et al., 2014)
Сліди перфорцій у деревині	?	DT143 і ще один не описаний тип перфорцій	Комахи або кліщі (Xu et al., 2018)
Всього	13	15	

Серед відкладів білокалитвенської світи Східного Донбасу (район м. Кам'янськ-Шахтинський, РФ) відоме багате місцезнаходження решток наземних членистоногих, серед яких присутні найдавніші в світі павуки, а також тригонотарбіди та комахи (Selden et al., 2014; Shpinev, 2018).

У розрізі касимовського ярусу Донбасу відоме місцезнаходження Ломоватка, звідки описано комахи *Spilaptera tanaica* Sharov & Sinitshenkova (Sharov, Sinichenkova, 1977) та *Lomovotka udovichenko* Aristov (Aristov, 2015). Цими даними вичерпуються відомості щодо кам'яновугільної ентомофауни Донецького басейну.

Тілесні рештки багатоніжок з карбону Донбасу поки що не описані, хоча їхні рештки відомі з моспинської та смоляннівської світ (колекція автора). Сліди локомоції багатоніжок досить часто трапляються серед відкладів карбону Донбасу (їхнороди *Diplichnites* та *Diplopodichnus*). Це може свідчити про досить значне поширення цих членистоногих у біоценозах сильно зволоженої приморської акумулятивної низини, вкритої заростями дереводних сфеносид та лікопсид, а також птеридоспермів і папоротей. Копроліти кліщів-орібатид у розрізі Донбасу, окрім вже згаданих вище мінералізованих тканин рослин з кол-болів (Snigirevskaaya, 1989), також зафіксовано в петрифікованій деревині голонасінних серед пісковиків араукаритової світи гжельського ярусу Донбасу (неопубліковані дані автора).

Найдавнішими свідченнями взаємодії комах та наземних рослин у викопному літописі відомі з пізнього силуру, у відкладах якого зафіксовано копроліти комах у тканинах рослин (Edwards et al., 1995). Більш прямими свідченнями взаємодії комах і рослин є знахідки зі славнозвісних кременів Райні в Шотландії, де знайдено сліди проколювання та ссання в таломх печіночників.

Викопні сліди живлення органами живих і мертвих рослин наземними артроподами є найбільш вивченим аспектом взаємодії цих організмів (Xu et al., 2018). Найдавніші подібні сліди датуються пізнім силуром – середнім девонем (Edwards et al., 2012; Schachat et al., 2014; Xu et al., 2018). У цей час артроподи починають освоювати узбережжя палеобасейнів, що омивали Єврамерику, та просуватися вглиб суші (Schachat et al., 2014). Ця подія, чи так звана перша фаза експансії артропод на сушу (Labandeira, 2006), фіксується поверхневими слідами живлення тканинами осей,

спорами та цілими спорангіями, а також слідами від проколювання та перфорації пагонів примітивних наземних рослин (Schachat et al., 2014; Xu et al., 2018).

Значне розширення трофічних мереж у наземних палеоекосистемах фіксується у візейському віці раннього карбону (Schachat et al., 2014). Цей процес був частиною так званої другої фази колонізації суші артроподами, яка розпочалася в пізньому девоні та тривала до пізньої пермі (Xu et al., 2018). Її тригером, мабуть, була поява та розквіт голонасінних рослин (Labandeira, 2006; Schachat et al., 2014; Xu et al., 2018). Протягом другої фази з'являються майже всі відомі типи взаємодії наземних рослин та інших груп організмів, окрім мін (Schachat et al., 2014; Donovan, Lucas, 2021). Однак, розширення різноманіття взаємодії рослин і наземних артропод затягнулося до серединно-карбонової межі (= межі міссісіпію та пенсильванію), а для окремих типів – до середини пенсильванію (Xu et al., 2018). У відкладах раннього та середнього пенсильванію кількість слідів взаємодії наземних артропод та рослин значно збільшується (Labandeira, 2006; Schachat et al., 2014). Наприклад, у касимовських відкладах Іллінойського басейну США біопшкодження рослин артроподами приурочені переважно до мараттєвих папоротей, а також до тригонокарпових птеридоспермів і меншою мірою до сфеносид та кордаїтових (Schachat et al., 2014).

У цих відкладах, а також близьких за віком і умовами накопичення вугленосних товщах Єврамерики пошкодження рослин наземними артроподами, в основному комахами і кліщами, представлені крайовими погризами листкових сегментів птеридоспермів, слідами від проколів на пагонах, галами на рахісах, перфораціями у стовбурах, а також слідами харчування насінням та спорами (Schachat et al., 2014).

Висновки

Із озерних відкладів у середній частині білокалитвенської світи вивчено біопшкодження наземних рослин, які віднесено до 13 типів. Серед них присутні поверхневі сліди харчування DTs03, 12, 13, 14, 15, 75, 78, 81, 103, сліди проколювання та ссання DT46, гали DT146 та яйцеклади DT102 та DT108. Отримані дані розширюють знання щодо найдавніших ендоефітних яйцекладок комах, а також

свідчать про значне поширення в пізньобашкирських наземних біоценозах Донбасу комах, багатоніжок та кліщів. Порівняно зі слідами взаємодії тварин і рослин більш давньої моспинської світи, біопшкодження рослин з білокалитвенської світи вирізняються деякими характерними особливостями: відсутністю слідів життєдіяльності грибів та більшою частотою знахідок біопшкоджень загалом. Як і в моспинській світі, у білокалитвенській світі відсутні сліди харчування насінням. Проведені дослідження показали значне різноманіття біопшкоджень рослин у поліфасіальному розрізі карбону Донбасу. Тут є унікальна можливість простеження безперервного викопного літопису свідчень взаємодії наземних рослин і артропод.

Подяки

Автор щиро вдячний канд. геол.-мін. наук М.І. Удовиченку та канд. геол. наук А.В. Братішку (ЛНУ імені Тараса Шевченка, Полтава) за допомогу при проведенні досліджень. Автор вдячний анонімним рецензентам, які допомогли покращити якість тексту статті та підвищити її наукове значення.

ORCID

В.С. Дернов:  <https://orcid.org/0000-0002-5873-394X>

Список посилань

- Aristov D.S. 2015. Classification of the order *Eoblattida* (Insecta: Blattellidae) with description of new taxa. *Far Eastern Entomologist*, 301: 1–56.
- Banks H.P., Colthart B.J. 1993. Plant-animal-fungal interactions in Early Devonian trimerophytes from Gaspé, Canada. *American Journal of Botany*, 80: 992–1001.
- Boyarina N.I. 2007. *Collection of scientific works of the Institute of Geological Sciences, NAS of Ukraine*. Kyiv, pp. 100–104. [Боярина Н.И. 2007. Морфологический анализ листвы и семян *Odontopteris osmundaeformis* (Schlotheim) Zeiller из гжелских отложений Донецкого бассейна. *Збірник наукових праць Інституту геологічних наук НАН України*. Київ, с. 100–104].
- Boyarina N.I. 2016. *Geological Journal*, 1: 21–35. [Боярина Н.И. 2016. Макрофлористические зоны среднего и верхнего карбона (пенсильванской подсистемы) Донецкого бассейна. *Геологический журнал*, 1: 21–35].
- Brongniart C. 1877. Note sur des perforations observes dans deux morceaux de bois fossile. *Annales de la Société Entomologique de France. Série 5*, 7: 215–220. <https://www.biodiversitylibrary.org/item/34148#page/221/mode/1up>
- Correia P., Bashforth A.R., Šimůnek Z., Cleal C.J., Sá A.A., Labandeira C.C. 2020. The history of herbivory on Sphenophytes: a new Calamitalean with an insect gall from the Upper Pennsylvanian of Portugal and a review of Arthropod herbivory on an ancient lineage. *International Journal of Plant Sciences*, 181(4): 387–418. <https://doi.org/10.1086/707105>
- Davydov V.I., Crowley J.L., Schmitz M.D. 2010. High-precision U-Pb zircon age calibration of the global Carboniferous time scale and Milankovitch band cyclicity in the Donets Basin, eastern Ukraine. *Geochemistry. Geophysics. Geosystems*, 11(1): 1–22. <https://doi.org/10.1029/2009GC002736>
- Dernov V.S. 2016. *Proceedings of the National Museum of Natural History (Kyiv)*, 14: 35–46. [Дернов В.С. 2016. Нові дані щодо палеонтологічної характеристики відкладів дяківської серії (башкирський ярус) Донбасу. *Вісник Національного науково-природничого музею*, 14: 35–46].
- Dernov V. 2019a. Taphonomy and paleoecology of the fauna and flora from deltaic sandstones of Mospinka Formation (Middle Carboniferous) of the Donets Basin. *GEO&BIO*, 18: 37–63. <https://doi.org/10.15407/gb1805>
- Dernov V.S. 2019b. *Tectonics and Stratigraphy*, 46: 105–115. [Дернов В.С. 2019. К изучению неморской фауны моспинской свиты (средний карбон, Донбасс). *Тектоника і стратиграфія*, 46: 105–115].
- Dernov V. 2021a. *Lethaea rossica*, 23: 32–44. [Дернов В.С. 2021а. Биоповреждения растений из башкирских отложений Донецкого бассейна (Восточная Украина). *Lethaea rossica*, 23: 32–44]. <https://doi.org/10.34756/GEOS.2022.17.38230>
- Dernov V. 2021b. The earliest endophytic oviposition (Early Pennsylvanian, Eastern Ukraine). *Visnyk of Taras Shevchenko National University of Kyiv. Geology*, 95(4): 16–24. <http://doi.org/10.17721/1728-2713.95.02>
- Dernov V.S., Udovychenko N.I. 2019. *Visnyk of V.N. Karazin Kharkiv National University. Geology. Geography. Ecology*, 51: 67–82. [Дернов В.С., Удовиченко Н.И. 2019. К палеоботанической характеристике моспинской свиты (средний карбон, Донбасс). *Вісник Харківського національного університету імені В.Н. Каразіна. Геологія. Географія. Екологія*, 51: 67–82]. <https://doi.org/10.26565/2410-7360-2019-51-05>
- Dernov V.S., Udovychenko M.I. 2021. *Geological Journal (Kyiv)*, 4: 71–89. [Дернов В.С., Удовиченко М.И. 2021. Класичне місцезнаходження викопної флори серед відкладів білокалитвенської світи (верхній башкир, карбон) Донбасу (Україна). *Геологічний журнал*, 4: 71–89]. <https://doi.org/10.30836/igs.1025-6814.2021.4.238770>
- Donovan M.P., Lucas S.G. 2021. Insect herbivory on the Late Pennsylvanian Kinney Brick Quarry flora, New Mexico, USA. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin*, 84: 193–207.

- Edwards D., Selden P.A., Axe L. 2012. Selective feeding in an Early Devonian terrestrial ecosystem. *Palaios*, 27: 509–522. <https://doi.org/10.2110/palo.2011.p11-094r>
- Edwards D., Selden P.A., Richardson J.B., Axe L. 1995. Coprolites as evidence for plant-animal interaction in Siluro–Devonian terrestrial ecosystems. *Nature*, 377: 329–331.
- Iannuzzi R., Labandeira C.C. 2008. The oldest record of external foliage feeding and early history of insect folivory. *Annals of the Entomological Society of America*, 101: 79–94. [https://doi.org/10.1603/0013-8746\(2008\)101\[79:TOROE\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1603/0013-8746(2008)101[79:TOROE]2.0.CO;2)
- Kevan P.G., Chaloner W.G., Savile D.B.P. 1975. Interrelationships of early terrestrial arthropods and plants. *Palaeontology*, 18: 391–417.
- Labandeira C.C. 2006. The four phases of plant–arthropod associations in deep time. *Geologica Acta*, 4: 409–438. <https://doi.org/10.1344/105.000000344>
- Labandeira C.C. 2007. The origin of herbivory on land: Initial patterns of plant tissue consumption by arthropods. *Insect Science*, 14: 259–275. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7917.2007.00152.x>
- Labandeira C.C., Philips T.L. 1996a. Insect fluid feeding on Upper Pennsylvanian tree ferns (Palaeodictyoptera, Marattiales) and the early history of the piercing-and-sucking functional feeding group. *Annals of the Entomological Society of America*, 89(2): 157–183.
- Labandeira C.C., Phillips T.L. 1996b. A Carboniferous petiole gall: insight into early ecologic history of the Holometabola. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 93(16): 8470–8474.
- Labandeira C.C., Wilf P., Johnson K.R., Marsh F. 2007. Guide to insect (and other) damage types on compressed plant fossils. Version 3.0. Smithsonian Institution, Washington, DC. 27 pp. Available at: <http://paleobiology.si.edu/pdfs/insectDamageGuide3.01.pdf> (Accessed 18 July 2022).
- Maslova N.P., Vassilenko D.V., Kodrul T.M. 2016. *Paleontological Journal*, 2: 97–104. [Маслова Н.П., Василенко Д.В., Кодрул Т.М. 2016. Исследование фитопатологии ископаемых растений: новые данные, вопросы классификации. *Палеонтологический журнал*, 2: 97–104]. <https://doi.org/10.7868/S0031031X16020045>
- Naugolnykh S.V. 2017. *Priroda*, 3: 36–46. [Наугольных С.В. 2017. Взаимодействие растений с насекомыми: палеозойская история. *Природа*, 3: 36–46].
- Nemyrovskaya T.I., Yefimenko V.I., 2013. Middle Carboniferous (Lower Pennsylvanian). In: Gozhyk P.F. (Ed.). *Stratigraphy of the Upper Proterozoic and Phanerozoic of Ukraine. Vol. 1. Stratigraphy of the Upper Proterozoic, Paleozoic and Mesozoic*. Kyiv, pp. 283–303. [Немировська Т.І., Єфіменко В.І. 2013. Середній карбон (нижній пенсильваній). Гожик П.Ф. (Ред.) *Стратиграфія верхнього протерозою та фанерозою України. Т. 1. Стратиграфія верхнього протерозою, палеозою та мезозою України*. Київ, с. 283–303].
- Novik E.O. 1952. *Carboniferous flora of the European part of the USSR*. Moscow: Publishing House of the USSR Academy of Sciences, 468 pp. [Новик Е.О. 1952. *Каменноугольная флора Европейской части СССР*. Москва: Издательство АН СССР, 468 с.].
- Novik E.O. 1968. *Early Carboniferous flora of the Donets Basin and its Western Extension*. Kyiv: Naukova Dumka, 234 pp. [Новик Е.О. 1968. *Раннекаменноугольная флора Донецкого бассейна и его западного продолжения*. Киев: Наукова думка, 234 с.].
- Novik E.O., Permyakov V.V., Kovalenko E.E. 1960. *History of geological research in the Donets Basin (1700–1917)*. Kyiv: Publishing House of the Ukrainian SSR Academy of Sciences, 532 pp. [Новик Е.О., Пермяков В.В., Коваленко Е.Е. 1960. История геологических исследований Донецкого каменноугольного бассейна (1700–1917). Киев: Издательство АН УРСР, 532 с.].
- Ponomarenko A.G. 2006. In: *Evolution of the biosphere and biodiversity. To the 70th anniversary of A.Yu. Rozanov*. Moscow: КМК., pp. 257–270. [Пономаренко А.Г. 2006. Эволюция биофитогении. В кн.: *Эволюция биосферы и биоразнообразия. К 70-летию А.Ю. Розанова*. Москва: КМК, с. 257–270].
- Santos A., Hernández-Orúe A., Wappler T., Diez J.B. 2022. Plant–insect interactions from the Late Pennsylvanian of the Iberian Peninsula (León, northern Spain). *Review of Palaeobotany and Palynology*, 301, 104658: 10 p. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2022.104658>
- Schachat S.R., Labandeira C.C., Gordon J., Chaney D., Levi S., Halthore M.N., Alvarez J. 2014. Plant–insect interactions from Early Permian (Kungurian) Colwell Creek Pond, North-Central Texas: The early spread of herbivory in riparian environments. *International Journal of Plant Sciences*, 175(8): 855–890. <https://doi.org/10.1086/677679>
- Scott A.C., Taylor T.N. 1983. Plant/animal interactions during the Upper Carboniferous. *Botanical Review*, 49: 259–307.
- Selden P.A., Shcherbakov D.E., Dunlop J.A., Eskov K.Yu. 2014. Arachnids from the Carboniferous of Russia and Ukraine, and the Permian of Kazakhstan. *Paläontologische Zeitschrift*, 88(3): 297–307. <https://doi.org/10.1007/s12542-013-0198-9>
- Sharov A.G., Sinichenkova N.D. 1977. *Paleontological Journal*, 1: 48–63. [Шаров А.Г., Синиченкова Н.Д. 1977. Новые *Palaeodictyoptera* с территории СССР. *Палеонтологический журнал*, 1: 48–63].
- Shpinev E.S. 2018. *Paleontological Journal*, 3: 49–62. [Шпинёв Е.С. 2018. Новые данные о каменноугольных мечехвостах (*Xiphosura*, *Chelicerata*) Донецкого угольного бассейна. *Палеонтологический журнал*, 3: 49–62].
- Snigirevskaya N.S. 1989. *Botanicheskii Zhurnal*, 10: 1442–1450. [Снигиревская Н.С. 1989. *Physostoma elegans* (Luglinopteridales) в угольных почках Донецкого бассейна. *Ботанический журнал*, 10: 1442–1450].
- Stanislavsky F.A. 1985. *Afrikan Nikolaevich Kryshstofovich*. Kyiv: Naukova Dumka, 135 pp. [Станиславский Ф.А. 1985. *Африкан Николаевич Криштофович*. Киев: Наукова думка, 135 с.].
- Vassilenko D.V. 2015. New evidence of plant–insect interactions in the Carboniferous and Permian of Russia

- and Mongolia. In: *XVIII International Congress on the Carboniferous and Permian (August 11–15, 2015, Kazan, Russia)*. Abstract volume. Kazan, p. 199.
- Vassilenko D.V., Shcherbakov D.Ye. 2013. *Paleobotanicheskiy vremennik. Prilozheniye k zhurnalu "Lethaea rossica"*, 1: 66–69. [Василенко Д.В., Щербаков Д.Е. 2013. На грани между палеоботаникой и палеознтомологией – ископаемые повреждения растений насекомыми. *Палеоботанический временник. Приложение к журналу "Lethaea rossica"*, 1: 66–69].
- White D. 1899. Fossil flora of the Lower coal measures of Missouri. *U.S. Geological Survey*, 37: 1–467.
- Xu Q., Jin J., Labandeira C.C. 2018. Williamson Drive: herbivory from a north-central Texas flora of latest Pennsylvanian age shows discrete component community structure, expansion of piercing and sucking, and plant counterdefenses. *Review of Palaeobotany and Palynology*, 251: 28–72. <https://doi.org/10.1016/j.revpalbo.2018.01.002>
- Zalessky M.D. 1904. Végétaux fossils du terrain carbonifère du basin du Donetz. I. Lycopodiales. *Mémoires du Comité Géologique. Nouvelle série*, 13: 80–126.
- Zalessky M.D. 1907a. *Proceedings of the Geological Committee*, 26(8–10): 351–422. [Материалы по каменноугольной флоре Донецкого бассейна. I. Растительные остатки коллекции В. Домгера. *Известия Геологического комитета*, 26(8–10): 351–422].
- Zalessky M.D. 1907b. *Proceedings of the Geological Committee*, 26(8–10): 423–494. [Материалы по каменноугольной флоре Донецкого бассейна. II. Растительные остатки геологического кабинета Императорского Харьковского университета и Донского музея в Новочеркасске. *Известия Геологического комитета*, 26(8–10): 423–494].
- Zalessky M.D., Chirkova E.F. 1938. *The fossil flora of the Middle section of the Carboniferous deposits in the Donetz Basin*. Moscow; Leningrad, 170 pp. [Залесский М.Д., Чиркова Е.Ф. 1938. *Ископаемая флора среднего отдела каменноугольных отложений Донецкого бассейна*. Москва; Ленинград: Главная редакция горно-топливной и геолого-разведовательной литературы, 170 с.].
- Zaritsky P.V. 1970. Mineralogy and geochemistry of diagenesis of coal-bearing deposits. Kharkiv, 224 pp. [Зарицкий П.В. 1970. Минералогия и геохимия диагенеза угленосных отложений. Харьков, 224 с.].

Рекомендує до друку С.Л. Мосякін

Дернов В.С. 2022. Біопшкодження викопних рослин з відкладів білокалитвенської світи (верхня частина башкирського ярусу, карбон) Донецького басейну, Україна. *Український ботанічний журнал*, 79(5):314–328.

Інститут геологічних наук НАН України, вул. Олесь Гончара 556, Київ 01054, Україна

Реферат. У статті представлено результати вивчення біопшкоджень викопних рослин із озерних алевролітів, що залягають в середній частині білокалитвенської світи (архангельський під'ярус башкирського ярусу; приблизно 316 млн років тому) південної частини Луганської області. Встановлено 13 типів пошкодження рослин, серед яких: поверхневі сліди харчування DTs03, 12, 13, 14, 15, 75, 78, 81, 103, сліди проколювання та ссання DT46, гали DT146 та яйцеклади DT102 та DT108. Отримані дані показують значне різноманіття та порівняно високу частоту присутності в карбоні Донбасу найдавніших ендоефітних яйцекладок комах, що, ймовірно, належать палеодіктіоптерам та бабкам. Порівняно зі слідами взаємодії тварин та рослин більш давньої моспінської світи, біопшкодження рослин з білокалитвенської світи вирізняються деякими характерними особливостями: відсутністю слідів життєдіяльності грибів та більшою частотою знахідок біопшкоджень загалом. Як і в моспінській світі, в білокалитвенській світі відсутні сліди харчування насінням. Отримані дані свідчать про широке поширення в пізньобашкирських наземних біоценозах Донбасу комах, багатоніжок та кліщів.

Ключові слова: білокалитвенська світа, біопшкодження, верхня частина башкирського ярусу, взаємодія артропод та рослин, карбон, Україна



<https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.329>

RESEARCH ARTICLE

Вплив екзогенної обробки водним розчином сигнальної молекули-медіатора бактеріального походження N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) на проростання жолудів і ріст рослин *Quercus robur* і *Q. rubra* (Fagaceae)

Ірина В. КОСАКІВСЬКА , Валентина А. ВАСЮК , Леся В. ВОЙТЕНКО* , Микола М. ЩЕРБАТЮК ,
Лідія М. БАБЕНКО , Катерина О. РОМАНЕНКО 

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна

Abstract. The effect of pre-sowing priming with N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C₆-HSL) solution (300 mg/L) on acorn germination and morpho-phenological characteristics of *Quercus robur* and *Q. rubra* was studied under laboratory conditions. After priming, 93.4% of *Q. robur* acorns germinated that exceeded the control by 32.2%, while the number of sprouted acorns of *Q. rubra* increased within error limits by 5% more than the control and amounted to 90%. According to morphological characteristics, the 47-day-old plants of *Q. robur* were divided into the following groups: germinated acorns, sprouts and seedlings with juvenile leaves, whereas among the plants of *Q. rubra*, sprouts and seedlings with true leaves were selected. A group of plants with juvenile leaves was detected only in the samples primed with C₆-HSL. Priming induced differential changes in cotyledon biomass of both species and accelerated nutrient utilization by *Q. robur* seedlings. We observed a positive effect on the growth and biomass accumulation of *Q. robur* plants and a negative effect, except for plants of the third group, on those of *Q. rubra*. The dry weight of seedling roots of *Q. robur* and shoots of *Q. rubra* increased, respectively, by 103% and 153%. Priming of acorns with C₆-HSL solution induced an increase in number, length, biomass and total area of leaves. These changes were more pronounced in *Q. rubra* seedlings. Alterations in the root system architecture towards formation of numerous additional lateral roots were recorded for both species. Thus, priming with C₆-HSL solution activated acorn germination and stimulated growth of *Q. robur* plants and decelerated growth of plants of *Q. rubra*. Exogenous C₆-HSL did not eliminate the syndrome of unfriendly seedlings of both studied oak species, but improved the viability of acorns and increased the number of seedlings.

Keywords: acorns, biometric indicators, germination, N-hexanoyl-L-homoserine lactone, priming, *Quercus robur*, *Quercus rubra*, seedlings

Article history. Submitted 10 July 2022. Revised 30 September 2022. Published 31 October 2022

Citation. Kosakivska I.V., Vasyuk V.A., Voytenko L.V., Shcherbatiuk M.M., Babenko L.M., Romanenko K.O. 2022. Effects of exogenous bacterial quorum-sensing signal molecule/messenger N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C₆-HSL) on acorn germination and plant growth of *Quercus robur* and *Q. rubra* (Fagaceae). *Ukrainian Botanical Journal*, 79(5): 329–338. [In Ukrainian]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.05.329>

Affiliation. M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, 2 Tereshchenkivska Str., Kyiv 01601, Ukraine

*Corresponding author e-mail: lesyavoytenko@gmail.com

Вступ

Посилене антропогенне навантаження на біосферу стало причиною глобального погіршення екологічної ситуації у світі. Забруднення атмосфери механічними, хімічними та радіоактивними речовинами призвело до трансформації великих територій, деградації та руйнування ґрунтів, послаблення здатності їхнього природного відновлення. Однією з головних лісоутворюючих порід України є *Quercus robur* L. (дуб черешчатий) (Hrodzynskyi et al., 2001). Зміна клімату, зростання його континентальності, особливо у весняно-літній період, негативно впливають на репродуктивну здатність *Q. robur*, зменшують урожайність та погіршують посівну якість жолудів, що загрожує збереженню цього виду (Rogovsky, 2006). *Quercus rubra* L. (дуб червоний), завезений до Європи зі сходу Північної Америки, має вищу, ніж у *Q. robur*, адаптаційну спроможність та легко відновлюється (Nicolescu et al., 2018).

Ацилгомосеринлактони (АГЛ) – клас молекул медіаторів бактеріального походження, вони задіяні в дистанційній трансдукції сигналів між бактеріями – колонізаторами фітосфери та бактеріями і рослиною-господарем. Молекула АГЛ складається з п'ятичленного гідрофільного гомосеринлактонового кільця і приєднаного до нього амідним зв'язком варіабельного ацильного бічного ланцюга, довжина якого варіює від 4 до 8 атомів вуглецю (Babenko et al., 2021a). Показано, що праймування насінин та фоліарна обробка рослин розчинами АГЛ індукують посилення росту, підвищують вміст фотосинтетичних пігментів, регулюють зміни в балансі ендогенних фітогормонів, впливають на формування механізмів захисту, змінюють архітектуру кореневої системи, регулюють продихову провідність, відкладання калози тощо (Lareen et al., 2016; Moshynets et al., 2019; Kosakivska et al., 2020; Shrestha, Schikora, 2020; Gahoi et al., 2021; Babenko et al., 2022).

Метою роботи було дослідження впливу праймування розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) на проростання жолудів і ріст рослин *Q. robur* та *Q. rubra* на ранніх етапах вегетації.

Матеріали та методи

Збір жолудів *Quercus robur* та *Q. rubra* проводили в лютому 2022 року з-під чотирьох дерев кожного

виду на території парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення "Феофанія" (м. Київ). Після природної стратифікації зафіксовано розтріскування оплодня жолудів і появу зародкового кореня. Для сортування жолудів використовували метод флотації. Відібрані жолуді стерилізували в 2,5%-му розчині гіпохлориду натрію впродовж 10 хв, промивали водою та висушували на фільтрувальному папері за кімнатної температури. Жолуді (по 60 шт.) замочували на 24 год у воді (контроль) та розчині C₆-ГГЛ (300 мг/л) і висаджували в посудини, заповнені 2 кг суміші ґрунту ("Ґрунт універсальний", м. Дніпро) та піску (1:1). Синтез молекул C₆-ГГЛ проводили за методом (Natelson, Natelson, 1989) з модифікаціями (Moshynets et al., 2019). Пророщували жолуді у контрольованих умовах за температури +20 °С, освітленні 190 мкмоль/(м² · с), фотоперіод складав 16/8 год. (день/ніч), відносна вологість повітря була 65 ± 5%. Вологість субстрату підтримували на рівні 60% від повної вологоємності. До появи проростків кожні три доби поливали водою з розрахунку 50 мл на ємкість, після появи сходів – щоденно (Kosakivska et al., 2022).

Фіксацію ростових показників (висота надземної частини та довжина коренів, маса органів, біометричні показники сім'ядолей та листків *Q. robur* та *Q. rubra* здійснювали на 47-му добу вегетації. Життєздатність визначали за співвідношенням між пророслими та посадженими жолудями у відсотках.

Досліди проводили у трьох біологічних і трьох аналітичних повторях. Отримані результати обробляли статистично за допомогою комп'ютерної програми Statistica 6.0. Застосовували однофакторний дисперсійний аналіз (one-way Anova), при цьому P ≤ 0,05 використовували як межу значущості (Van Emden, 2008). На рисунках і в таблицях виміри підсумовуються як середнє значення ± стандартна помилка (±SE).

Результати

Проростання жолудів

Поодинокі сходи *Q. robur* з'явилися на 38-му добу, а *Q. rubra* – на 27-му після висіву жолудів. Масові сходи фіксували на 40–45 та 30–34 доби, відповідно у досліджуваних видів. Після праймування розчином C₆-ГГЛ проросло 93,4% жолудів *Q. robur*, тоді як у контролі – 61,2%. Натомість, кількість пророслих жолудів *Q. rubra* після праймування C₆-ГГЛ зросла в

межах похибки на 5% порівняно з контролем і склала 90% (рис. 1). Отже, передпосівна обробка розчином C_6 -ГГЛ індукувала значне зростання кількості життєздатного насіння *Q. robur*.

За морфологічними характеристиками серед 47-добових рослин *Q. robur* ми виділили наступні групи: перша – пророслі жолуді з розтріснутим оплоднем і головним коренем, друга – проростки з розвиненим епікотилем та верхівковою брунькою, третя – сіянці з нерозкритими справжніми листками ювенільного типу. В свою чергу 47-добові рослини *Q. rubra* були розділені на такі групи: перша – проростки з розвиненим епікотилем та верхівковою брунькою, друга – сіянці з нерозкритими справжніми листками ювенільного типу, третя – сіянці зі справжніми розкритими листками. Група рослин з ювенільними листкам виявлена лише у праймованих C_6 -ГГЛ зразках (рис. 2).

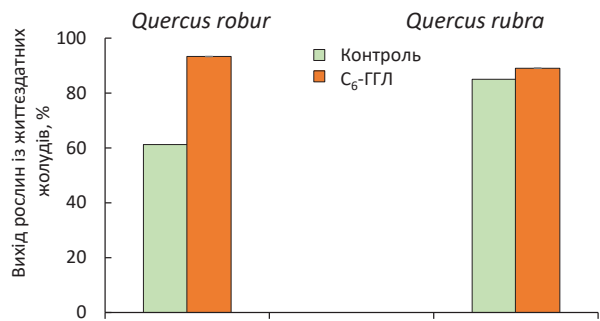


Рис. 1. Вплив праймування розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C_6 -ГГЛ) (300 мг/л) на проростання жолудів *Quercus robur* та *Q. rubra* (47-ма доба, %), n = 60

Fig. 1. Effect of pre-sowing priming with N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C_6 -HSL) solution (300 mg/L) on acorn germination of *Quercus robur* and *Q. rubra* (47th day, %), n = 60

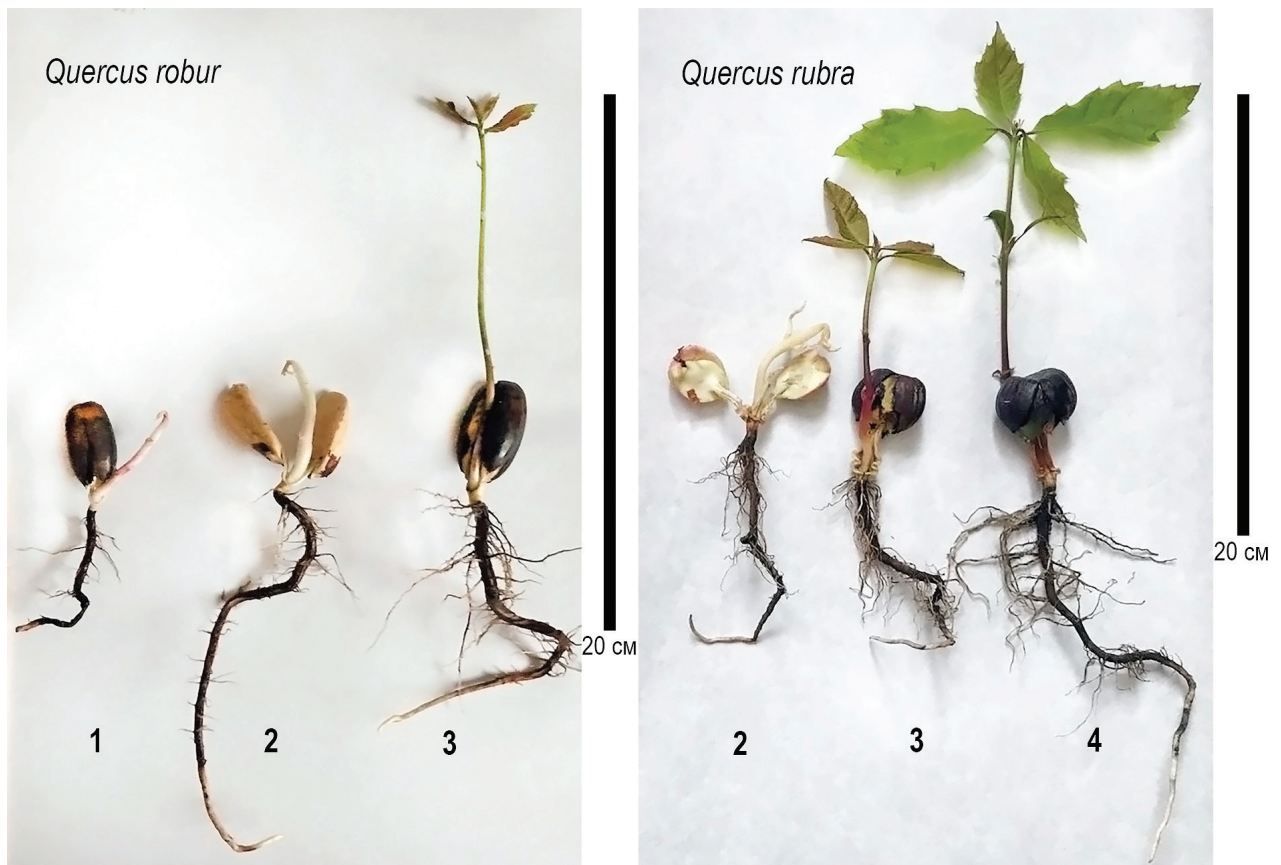


Рис. 2. Рослини *Quercus robur* та *Q. rubra* на 47-му добу вегетації за лабораторних умов, вирощені з праймованих розчином C_6 -ГГЛ (300 мг/л) жолудів: 1 – пророслі жолуді, 2 – проростки, 3 – сіянці з ювенільними листками, 4 – сіянці зі справжніми листками

Fig. 2. Plants of *Quercus robur* and *Q. rubra* on the 47th day of vegetation under laboratory conditions grown from acorns primed with C_6 -HSL solution (300 mg/L): 1 – sprouted seeds, 2 – seedlings, 3 – plants with juvenile leaves, 4 – plants with true leaves

Таблиця 1. Розподіл рослин *Quercus robur* та *Q. rubra* по групах (47-ма доба вегетації за лабораторних умов, %)Table 1. Distribution of plants of *Quercus robur* and *Q. rubra* by groups (47th day of vegetation under laboratory conditions, %)

Група рослин	<i>Quercus robur</i>		<i>Quercus rubra</i>	
	Контроль	C ₆ -ГГЛ	Контроль	C ₆ -ГГЛ
	%			
Проросле насіння	23,5	13,3	-	-
Проростки	41,2	53,3	35,3	20,2
Сіянци з ювенільними листками	23,5	26,7	-	19,1
Сіянци зі справжніми листками	-	-	50,1	50,2

Таблиця 2. Характеристика сім'ядолей *Quercus robur* та *Q. rubra*, вирощених з непраймованих (контроль) та праймованих 300 мг/л розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) жолудів (на 47-му добу вегетації за лабораторних умов)Table 2. Characteristics of cotyledons of *Quercus robur* and *Q. rubra* grown from non-primed acorns (control) and those primed with 300 mg/L solution of N-hexanoyl-L-homoserinlactone (C₆-HSL) (on the 47th day of vegetation under laboratory conditions)

Варіант досліду	Пророслі жолуді		Проростки		Сіянци з ювенільними листками		Сіянци з справжніми листками	
	Довжина, см	Сира маса, г	Довжина, см	Сира маса, г	Довжина, см	Сира маса, г	Довжина, см	Сира маса, г
<i>Quercus robur</i>								
Контроль	3,3±0,17	5,71±0,29	3,5±0,17	5,53±0,28	3,3±0,17	4,92±0,25	-	
C ₆ -ГГЛ	3,1±0,16	5,93±0,29	3,4±0,17	5,28±0,26	3,3±0,16	4,26±0,21		
<i>Quercus rubra</i>								
Контроль	-		2,5±0,13	7,16±0,36	-		2,5±0,13	6,64±0,33
C ₆ -ГГЛ			2,5±0,13	7,49±0,37			2,5±0,13	7,24±0,36	2,5±0,13	6,62±0,34

Після праймування C₆-ГГЛ кількість пророслих жолудів *Q. robur* була меншою за контрольний показник у 1,8 раза, однак кількість проростків збільшилось у 1,3 раза, а сіянців з ювенільними листками знаходилось у межах контролю. Праймування жолудів спричинило зменшення кількості проростків *Q. rubra* у 1,8 раза, індукувало появу сіянців з ювенільними листками, а число сіянців зі справжніми листками було на рівні контролю (табл. 1). Отже, праймування жолудів розчином C₆-ГГЛ індукувало збільшення числа проростків *Q. robur* та сіянців з ювенільними листками *Q. rubra*.

Біометрична характеристика сім'ядолей

Після набухання та проростання праймованих розчином C₆-ГГЛ жолудів *Q. robur* довжина сім'ядолей практично не змінилась, тоді як сира маса (біомаса) у пророслих жолудів збільшилась на 3,9%, а у сходів/проростків та сіянців з ювенільними листками зменшилась відповідно на 4,5 та 13,4%. Праймування розчином C₆-ГГЛ жолудів *Q. rubra* індукувало збільшення біомаси сім'ядолей проростків на 4,6%, тоді як у сіянців зі справжніми листками цей показники був на рівні контролю.

Довжина сім'ядолей не змінювалась (табл. 2). Отже, праймування розчином C₆-ГГЛ прискорило використання поживних речовин проростками *Q. robur*.

Біометрична характеристика проростків і сіянців

Висота надземної частини 47-добових рослин *Q. robur*, вирощених з праймованих C₆-ГГЛ жолудів, перевищила контроль на 4,9% (перша група), 13% (друга група) та 78% (третья група). У праймованих рослин відмічена поява значної кількості бічних коренів. Видовження головного кореня на 37 і 37,8% виявлено у рослин першої та другої груп (рис. 3А). Приріст біомаси на 6,7 і 25,0% зафіксовано для надземної частини рослин другої та третьої груп. Натомість обробка C₆-ГГЛ не вплинула на накопичення біомаси надземної частини у пророслого насіння (перша група). Найбільший приріст біомаси (на 25,4%) головного кореня за праймування C₆-ГГЛ відбувся у проростків (друга група), тоді як біомаса коренів рослин першої та третьої груп перевищила контроль відповідно на 9 та 16,7% (рис. 3В).

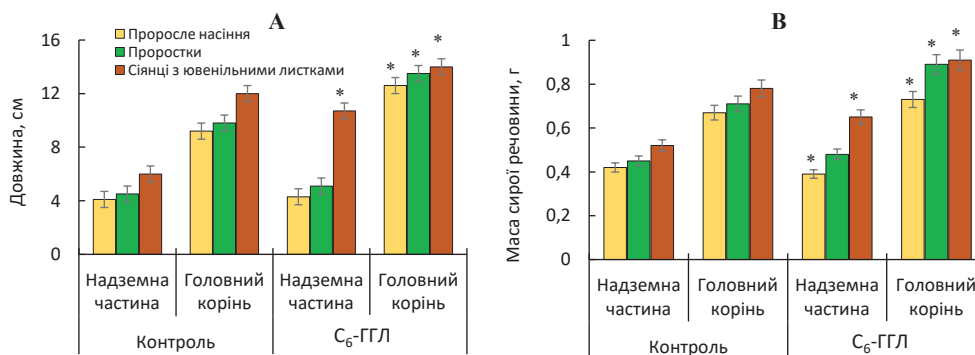


Рис. 3. Характеристика 47-добових рослин *Quercus robur*, вирощених з непраймованих (контроль) та праймованих розчином 300 мг/л N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) жолудів. А: висота надземної частини та довжина коренів; В: біомаса надземної частини та коренів

* – достовірна відмінність при P ≤ 0,05 порівняно з контролем; представлені дані є середніми значеннями ± SE, n = 10

Fig. 3. Characteristics of 47-day-old *Quercus robur* plants grown from non-primed acorns (control) and primed with 300 mg/L N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C₆-HSL) solution. A: shoot height and root length; B: fresh weight of shoots and roots

* – significant difference at P ≤ 0.05 vs control; data are the mean ± SE, n = 10

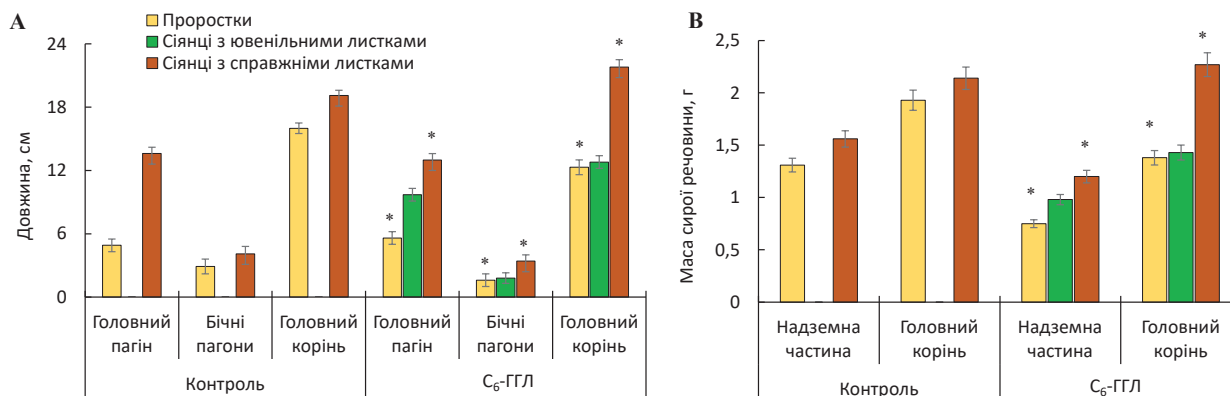


Рис. 4. Характеристика 47-добових рослин *Quercus rubra*, вирощених з непраймованих (контроль) та праймованих розчином 300 мг/л N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) жолудів. А: висота надземної частини та довжина головного кореня; В: біомаса надземної частини та коренів

* – достовірна відмінність при P ≤ 0,05 порівняно з контролем; представлені дані є середніми значеннями ± SE, n = 10

Fig. 4. Characteristics of 47-day-old plants of *Quercus rubra* grown from non-primed (control) and primed with 300 mg/L N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C₆-HSL) solution. A: shoot height and main root length; B: fresh weight of shoots and roots

* – significant difference at P ≤ 0.05 vs. control; data are the mean ± SE, n = 10

Особливістю *Q. rubra* є одночасне формування головного та бічних пагонів. Найбільша кількість рослин з бічними пагонами (72,7%) зафіксована у проростків, оброблених C₆-ГГЛ, тоді як у контролі їхня кількість склала 60%. У рослин другої та третьої груп число бічних пагонів за праймування зменшилась на 30–10% і було вдвічі менше контролю. За праймування C₆-ГГЛ головний пагін проростків був на 14,3% вище, а у сіянцих зі справжніми листками на 4,4% нижче контрольного показника.

Праймування жолудів *Q. rubra* індувало зменшення довжини головного кореня у проростків на 23,1% та збільшення у сіянцих із листками на 12,6% (рис. 4А). На головному корені *Q. rubra* після праймування C₆-ГГЛ спостерігалось збільшення кількості бічних коренів. Після праймування біомаса пагонів рослин першої та третьої груп зменшилась відповідно на 42,7 і 23,1%. Біомаса коренів проростків (перша група) була меншою за контроль у 1,4 раза, а коренів рослин зі справжніми листками (третья група) – більшою в 1,1 раза (рис. 4В).

Таблиця 3. Вплив праймування жолудів розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) (300 мг/л) на вміст сухої речовини (мг) і води (%) у пагонах та коренях 47-добових рослин *Quercus robur* та *Q. rubra*

Table 3. The effect of priming acorns with solution of N-hexanoyl-L-homoserinlactone (C₆-HSL) (300 mg/L) on the content of dry matter (mg) and water (%) in shoots and roots of 47-day-old plants of *Quercus robur* and *Q. rubra*

Біометричні показники	<i>Quercus robur</i>				<i>Quercus rubra</i>			
	Надземна частина		Корені		Надземна частина		Корені	
	Контроль	C ₆ -ГГЛ	Контроль	C ₆ -ГГЛ	Контроль	C ₆ -ГГЛ	Контроль	C ₆ -ГГЛ
Маса сухої речовини, мг	60±3	162±8*	111±6	225±11*	91±5	198±10*	68±3	172±9*
Вміст води, %	86,6	75,8	76,8	72,5	81,2	73,8	79,1	79,4

* – достовірна відмінність при $P \leq 0,05$ порівняно з контролем; представлені дані є середніми значеннями \pm SE, n = 10.

* – significant difference at $P \leq 0.05$ vs control; data are the mean \pm SE, n = 10

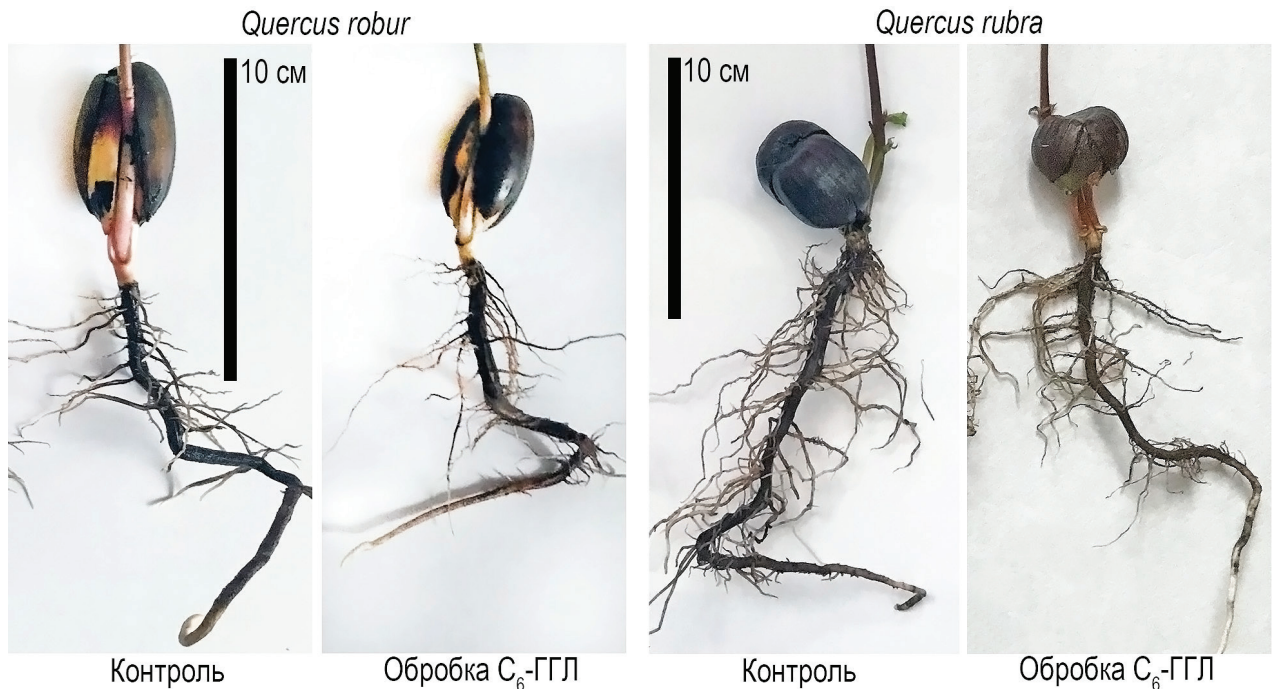


Рис. 5. Коренева системи 47-добових рослин *Quercus robur* та *Q. rubra* в контролі та за умов праймування жолудів розчином C₆-ГГЛ (300 мг/л)

Fig. 5. Root systems of 47-day-old plants of *Quercus robur* and *Q. rubra* in control and after priming of acorns with C₆-HSL solution (300 mg/L)

Накопичення сухої біомаси проростками *Q. robur* у всіх варіантах дослідження відбувалось активніше у коренях, тоді як у *Q. rubra* – в пагонах. Оводненість останніх була вищою, ніж у коренів. У надземній частині та коренях 47-добових проростків *Q. robur* вміст сухої речовини за праймування жолудів розчином C₆-ГГЛ зріс відповідно у 2,7 та 2,0 раза, тоді як у *Q. rubra* в 2,2 та 2,5 раза (табл. 3).

Таким чином, праймування розчином C₆-ГГЛ позитивно вплинуло на ріст та накопичення біомаси у рослин *Q. robur* і негативно, за виключенням третьої групи, у *Q. rubra*. Відбулись також зміни в архітектурі кореневої системи обох видів, що проявилось у формуванні додаткових бічних коренів (рис. 5).

Таблиця 4. Характеристика листків 47-добових рослин *Quercus robur* та *Q. rubra*, вирощених з непраймованих (контроль) та праймованих розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C_6 -ГГЛ) (300 мг/л)
 Table 4. Characteristics of leaves of 47-day-old plants of *Quercus robur* and *Q. rubra* grown from non-primed (control) and primed acorns with solution of N-hexanoyl-L-homoserinlactone (C_6 -HSL) (300 mg/L)

Біометричні показники	Контроль		C_6 -ГГЛ		Контроль	C_6 -ГГЛ
	Ювенільні листки				Справжні розкриті листки	
	<i>Q. robur</i>	<i>Q. rubra</i>	<i>Q. robur</i>	<i>Q. rubra</i>	<i>Q. rubra</i>	
Довжина, мм (від верхнього до нижнього)	5±0,3 22±1,1	8±0,4 36±1,8	9±0,5 25±1,3*	12±0,6 42±2,1*	7±0,4 95±4,9	32±1,6 97±4,9*
Площа одного листка, мм ² (нумерація від кореня)						
7						17±0,8*
6		32±1,6		22±1,3*	22±1,3	325±16,4*
5	16±0,8	83±4,2	55±2,8*	98±4,9*	412±20,7	574±28,7*
4	36±1,8	154±7,7	64±3,2*	172±8,6*	959±48,1	691±34,7*
3	68±3,4	229±11,5	73±3,8*	275±13,9*	1519±76,0	830±41,5*
2	90±4,6	311±15,6	102±5,1*	411±20,8*	1905±95,3	1499±75,1*
1	174±8,7	484±24,2	110±5,6*	496±24,8*	1372±68,7	1716±85,9*

* – достовірна відмінність при $P \leq 0,05$ порівняно з контролем; представлені дані є середніми значеннями \pm SE, n = 60
 * – significant difference at $P \leq 0.05$ vs. control; data are the mean \pm SE, n = 60

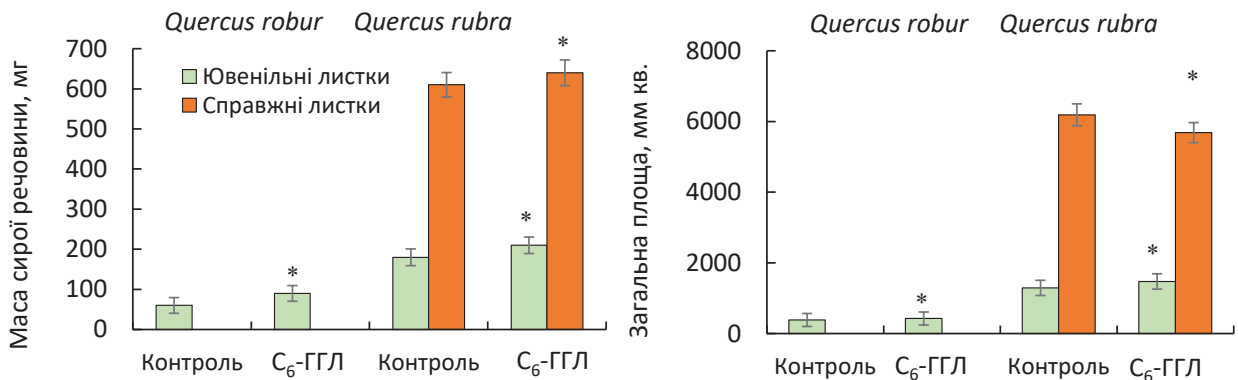


Рис. 6. Характеристика листків 47-добових рослин *Quercus robur* та *Q. rubra*, вирощених з непраймованих (контроль) та праймованих розчином N-гексаноїл-L-гомосеринлактону (C_6 -ГГЛ) (300 мг/л) жолудів

* – достовірна відмінність при $P \leq 0,05$ порівняно з контролем; представлені дані є середніми значеннями \pm SE, n = 60

Fig. 6. Characteristics of leaves of 47-day-old plants of *Quercus robur* and *Q. rubra* grown from non-primed (control) and primed with N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C_6 -HSL) solution (300 mg/L) acorns

* – significant difference at $P \leq 0.05$ vs. control; data are the mean \pm SE, n = 60

Біометрична характеристика листків

На рослинах *Q. robur* третьої групи та *Q. rubra* другої групи на 47-му добу вегетації сформувались нерозкриті ювенільні листки. У рослин *Q. robur* та *Q. rubra*, вирощених із праймованих розчином C_6 -ГГЛ жолудів, розвинулось 5(6) ювенільних листків, тоді як в контролі їх було відповідно 4(5) та 4(6). Справжні розкриті листки з'явилися у рослин *Q. rubra* третьої групи. У рослин, вирощених із

праймованих розчином C_6 -ГГЛ жолудів, розвинулось 5–6(7) листків, тоді як у контролі 5(6). Ювенільні листки *Q. robur* поступалися за розміром листкам *Q. rubra* (табл. 4, рис. 2).

Праймування жолудів розчином C_6 -ГГЛ індукувало збільшення біомаси і загальної площі ювенільних листків *Q. robur* відповідно на 50 та 10,7%, а *Q. rubra* на 16,7 та 14,1%. Біомаса справжніх листків 47-добових рослин *Q. rubra*, вирощених

з праймованих жолудів, зросла на 5% у межах похибки, тоді як їхня площа була на 8% меншою за контроль (рис. 6).

Отже, праймування жолудів розчином C_6 -ГГЛ покращило ростові показники листків рослин обох видів *Quercus*. Лише загальна площа справжніх листків *Q. rubra* була меншою за контроль.

Обговорення

Дуби з давніх часів відіграють важливу роль у житті людини. Вони вважаються ключовими елементами "здоров'я" та біорізноманіття Землі, пов'язані з культурою та духовністю, забезпечують людство різноманітною корисною продукцією. Їх необхідно зберігати як безцінну спадщину для майбутніх поколінь (Escandón et al., 2021). Плоди дубів є важливим компонентом дикої природи. Жолуді червоних дубів, до яких належить *Q. rubra*, зимують і проростають навесні (Bonner, Vozzo John, 1987). Несприятливі зміни температурного та водного режимів знижують стійкість рослин до бактеріальних і грибних інвазій, абіотичних і біотичних чинників.

Праймування належить до ефективних екологічних біотехнологій, які підвищують життєздатність і стійкість насіння, сприяють його синхронному проростанню, оптимізують ріст і розвиток дорослих рослин, підвищують врожайність (Vabenko et al., 2021b, 2022). Наші дослідження показали, що праймування розчином C_6 -ГГЛ позитивно вплинуло на проростання жолудів *Q. robur*, посилило їхню життєздатність. Архітектура кореневої системи безпосередньо впливає на ріст деревних видів рослин. Збільшення площі кореня дозволяє посилити поглинання поживних речовин, що сприяє інтенсифікації ростових процесів (Yamada et al., 2005; Vinotto et al., 2010). У сянців дуба в перші роки життя інтенсивно розвивається стрижневий корінь, довжина якого значно перевищує розміри надземної частини (Hvozdyak et al., 1993). Повідомлялось, що присутність у поживному середовищі вирощування *Arabidopsis thaliana* розчину N-гексаноїл-DL-гомосеринлактону істотно впливає на довжину первинного кореня, змінюючи співвідношення між ендегенними ауксинами та цитокінінами (von Rad

et al., 2008; Liu et al., 2012). АГЛ у мікромольних концентраціях пригнічували ріст первинного кореня і активували розвиток бічних коренів і кореневих волосків арабідопсису, внаслідок регуляції поділу і диференціації клітин меристеми (Ortiz-Castro et al., 2008). Обробка рослин АГЛ або їхнє додавання в поживне середовище індукувала накопичення біомаси пагонів і кореня арабідопсису (Schenk et al., 2012; Shrestha et al., 2019; Shrestha, Schikora, 2020). Подібні ефекти були виявлені нами після праймування жолудів *Q. robur* та *Q. rubra* у розчині C_6 -ГГЛ. Ми спостерігали розростання та зміну архітектури кореневої системи, появу великої кількості бічних коренів та збільшення сухої біомаси в усіх органах проростків обох видів.

Висновки

Праймування розчином C_6 -ГГЛ активувало проростання жолудів та стимулювало ріст 47-добових рослин *Quercus robur* та уповільнювало ріст рослин *Q. rubra*. Екзогенна C_6 -ГГЛ не знімала синдрому появи недружніх сходів у досліджуваних видів, але покращила життєздатність жолудів і сприяла збільшенню кількості проростків.

Подяки

Публікація містить результати досліджень, проведених у рамках проекту, що фінансується Національною академією наук України (Договір No 8-22 від 04.01.2022 р.) "Визначення структурно-функціональних та молекулярних ознак стійкості дуба звичайного (*Quercus robur* L.) до аридизації клімату України" (2022–2023 pp.).

ORCID

І.В. Косаківська: [ID https://orcid.org/0000-0002-2173-8341](https://orcid.org/0000-0002-2173-8341)
В.А. Васюк: [ID https://orcid.org/0000-0003-1069-9698](https://orcid.org/0000-0003-1069-9698)
Л.В. Войтенко: [ID https://orcid.org/0000-0003-0380-0807](https://orcid.org/0000-0003-0380-0807)
М.М. Щербатюк: [ID https://orcid.org/0000-0002-6453-228X](https://orcid.org/0000-0002-6453-228X)
Л.М. Бабенко: [ID https://orcid.org/0000-0001-5391-9203](https://orcid.org/0000-0001-5391-9203)
К.О. Романенко: [ID https://orcid.org/0000-0003-0456-4412](https://orcid.org/0000-0003-0456-4412)

Список посилань

- Babenko L.M., Kosakivska I.V., Romanenko K.O. 2022. Molecular mechanisms of N-acyl homoserine lactone signals perception by plants. *Cell Biology International*, 46(4): 523–534. <https://doi.org/10.1002/cbin.11749>
- Babenko L.M., Kosakivska I.V., Voytenko L.V., Romanenko K.O. 2021a. *Fizyolohiya roslyn i henetyka*, 53(5): 371–386. [Бабенко Л.М., Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Романенко К.О. 2021а. Бактеріальні сигнальні молекули класу ацилгомосеринлактонів: вплив на ріст і стресостійкість рослин. *Фізіологія рослин і генетика*, 53(5): 371–386. <https://doi.org/10.15407/frg2021.05.371>]
- Babenko L.M., Romanenko K.O., Iungin O.S., Kosakivska I.V. 2021b. Acyl-homoserine lactones for crop production and stress tolerance of agricultural plants. *Sel'skokhozyaistvennaya Biologiya [Agricultural Biology]*, 56(1): 3–19.
- Binotto A.F., Dal Col Lucio A., Lopes S.J. 2010. Correlations between growth variables and the Dickson quality index in forest seedlings. *Cerne, Lavras*, 16(4): 457–464. <https://doi.org/10.1590/S0104-77602010000400005>
- Bonner F.T., Vozzo J.A. 1987. *Seed Biology and Technology of Quercus*. Gen. Tech. Rep. SO-66. New Orleans, LA: U.S. Dept of Agriculture, Forest Service, Southern Forest Experiment Station, 21 pp. <https://doi.org/10.2737/SO-GTR-66>
- Escandón M., Castillejo M.Á., Jorrín-Novo J.V., Rey M.-D. 2021. Molecular research on stress responses in *Quercus* spp.: from classical biochemistry to systems biology through omics analysis. *Forests*, 12(3): 364. <https://doi.org/10.3390/f12030364>
- Gahoi P., Omar R.A., Verma N., Gupta G.S. 2021. Rhizobacteria and acylated homoserine lactone-based nanobiofertilizer to improve growth and pathogen defense in *Cicer arietinum* and *Triticum aestivum* plants. *ACS Agricultural Science & Technology*, 1(3): 240–252. <https://doi.org/10.1021/acscagcitech.1c00039>
- Hrodzynskiy D.M., Shelyah-Sosonko Yu.R., Cherevchenko T.M., Yemelyanov I.H., Sobko V.H. (eds.). 2001. *Problemy zberezhennya ta vidnovlennya bioriznomanitтя v Ukraini*. Kyiv: Akadempriodyka, 105 pp. [Гродзинський Д.М., Шеляг-Сосонко Ю.Р., Черевченко Т.М., Ємельянов І.Г., Собко В.Г. (ред.). 2001. *Проблеми збереження та відновлення біорізноманіття в Україні*. Київ: Академперіодика, 105 с.]
- Hvozdyak R.Y., Hordyenko M.Y., Hoychuk A.F. 1993. *Dub chereshchatyi v Ukraine*. Kyiv: Naukova Dumka, 222 pp. [Гвоздяк Р.І., Гордиенко М.І., Гойчук А.Ф. 1993. *Дуб черешчатий в Україні*. Київ: Наукова думка, 222 с.]
- Kosakivska I.V., Babenko L.M., Romanenko K.O., Futorna O.A. 2020. Effects of exogenous bacterial quorum sensing signal molecule (messenger) N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C6-HSL) on morphological and physiological responses of winter wheat under simulated acid rain. *Dopovidi Natsionalnoi akademiyi nauk Ukrainy*, 8: 92–100. <http://dx.doi.org/10.15407/dopovidi2020.08.092>
- Kosakivska I.V., Voytenko L.V., Vasyuk V.A., Shcherbatiuk M.M. 2022. *Ukrainian Botanical Journal*, 79(4): 254–266. [Косаківська І.В., Войтенко Л.В., Васюк В.А., Щербатюк М.М. 2022. Вплив праймування гібереловою кислотою на проростання жолудів та ріст рослин *Quercus robur* і *Q. rubra* (Fagaceae). *Український ботанічний журнал*, 79(4): 254–266]. <https://doi.org/10.15407/ukrbotj79.04.254>
- Lareen A., Burton F., Schäfer P. 2016. Plant root-microbe communication in shaping root microbiomes. *Plant Molecular Biology*, 90(6): 575–587. <https://doi.org/10.1007/s11103-015-0417-8>
- Liu F., Bian Z., Jia Z., Zhao Q., Song S. 2012. The GCR1 and GPA1 participate in promotion of Arabidopsis primary root elongation induced by N-acyl-homoserine lactones, the bacterial quorum-sensing signals. *Molecular Plant-Microbe Interactions: MPMI*, 25(5): 677–683. <https://doi.org/10.1094/MPMI-10-11-0274>
- Moshynets O.V., Babenko L.M., Rogalsky S.P., Iungin O.S., Foster J., Kosakivska I.V., Potters G., Spiers A.J. 2019. Priming winter wheat seeds with the bacterial quorum sensing signal N-hexanoyl-L-homoserine lactone (C6-HSL) shows potential to improve plant growth and seed yield. *PLoS ONE*, 14(2): e0209460. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0209460>
- Natelson S., Natelson E.A. 1989. Preparation of D-, DL- and L-homoserine lactone from methionine. *Microchemical Journal*, 40: 226–232. [https://doi.org/10.1016/0026-265X\(89\)90074-X](https://doi.org/10.1016/0026-265X(89)90074-X)
- Nicolescu V.N., Vor T., Mason W.L., Bastien J.C., Brus R.H., Henin J.M., Kupka I., Lavnyy V., La Porta N., Mohren F., Petkova K., Rédei K., Štefančík I., Waşik R., Perić S., Hernea C. 2018. Ecology and management of northern red oak (*Quercus rubra* L. syn. *Q. borealis* F.Michx.) in Europe. *Forestry*, 93(4): 481–494. <https://doi.org/10.1093/forestry/cpy032>
- Ortiz-Castro R.A., Martinez-Trujillo M.I., Lypez-Bucio J.O. 2008. N-acyl-L-homoserine lactones: a class of bacterial quorum-sensing signals alter post-embryonic root development in *Arabidopsis thaliana*. *Plant, Cell & Environment*, 31(10): 1497–1509. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2008.01863.x>
- Rogovsky S.V. 2006. *Naukoviy visnyk NLTU Ukrainy: zbirnyk naukovo-tekhnichnykh prats* (Lviv), 16.2: 41–47. [Роговський С.В. 2006. Внутрішньовидова мінливість та адаптаційна стратегія (*Quercus robur* L.) на прикладі дубових насаджень дендропарку "Олександрія". *Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць* (Львів), 16.2: 41–47].
- Schenk S.T., Stein E., Kogel K.H., Schikora A. 2012. Arabidopsis growth and defense are modulated by bacterial quorum sensing molecules. *Plant Signaling & Behavior*, 7(2): 178–181. <https://doi.org/10.4161/psb.18789>
- Shrestha A., Elhady A., Adss S., Wehner G., Bottcher C., Heuer H. 2019. Genetic differences in barley govern the responsiveness to N-acyl-homoserine lactone.

Phytobiomes Journal, 3: 191–202. <https://doi.org/10.1094/PBIOMES-03-19-0015-R>

- Shrestha A., Schikora A. 2020. AHL-priming for enhanced resistance as a tool in sustainable agriculture. *FEMS Microbiology Ecology*, 96(12): 226. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiaa226>
- Van Emden H. 2008. *Statistics for terrified biologists*. Oxford, UK: Wiley-Blackwell, 360 pp.
- von Rad U., Klein I., Dobrev P.I., Kottova J., Zazimalova E., Fekete A., Hartmann A., Schmitt-Kopplin P., Durner J. 2008. Response of *Arabidopsis thaliana* to N-hexanoyl-DL-homoserine-lactone, a bacterial quorum sensing molecule produced in the rhizosphere. *Planta*, 229(1): 73–85. <https://doi.org/10.1007/s00425-008-0811-4>
- Yamada T., Suzuki E., Yamakura T., Tan S. 2005. Tap-root depth of tropical seedlings in relation to species-specific edaphic preferences. *Journal of Tropical Ecology*, 21(2): 155–160. <https://doi.org/10.1017/S0266467404002238>

Рекомендує до друку О.К. Золотарьова

Косаківська І.В., Васюк В.А., Войтенко Л.В., Щербатюк М.М., Бабенко Л.М., Романенко К.О. 2022. **Вплив екзогенної обробки водним розчином сигнальної молекули-медіатора бактеріального походження N-гексанойл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) на проростання жолудів і ріст рослин *Quercus robur* і *Q. rubra* (Fagaceae).** *Український ботанічний журнал*, 79(5): 329–338.

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, вул. Терещенківська 2, Київ 01601, Україна.

Реферат. У лабораторних умовах досліджено вплив праймування розчином N-гексанойл-L-гомосеринлактону (C₆-ГГЛ) (300 мг/л) на проростання жолудів та біометричні показники 47-добових рослин *Quercus robur* і *Q. rubra*. За праймування проросло 93,4% жолудів *Q. robur*, що перевищило контроль на 32,2%, тоді як у *Q. rubra* кількість пророслих жолудів була вище контролю в межах похибки на 5% і склала 90%. На 47-му добу вегетації за морфологічними ознаками рослини *Q. robur* були розділені на наступні групи: пророслі жолуді; проростки та сіянці з ювенільними листками, тоді як серед рослин *Q. rubra* були виділені проростки та сіянці зі справжніми листками. Група рослин з ювенільними листкам виявлена лише у праймованих C₆-ГГЛ зразках. Праймування індукувало диференційовані зміни біомаси сім'ядолей та прискорило використання поживних речовин проростками *Q. robur*. Відмічено його позитивний вплив на ріст і накопичення біомаси у рослин *Q. robur* та негативний, за виключенням рослин третьої групи, у *Q. rubra*. Суха біомаса в коренях проростків *Q. robur* та пагонах *Q. rubra* зросла відповідно на 103% та 153%. Праймування жолудів розчином C₆-ГГЛ індукувало збільшення кількості, довжини, біомаси та загальної площі листків. Більш виразними ці зміни були у *Q. rubra*. Зафіксовані зміни в архітектурі кореневої системи обох видів, які проявились у формуванні численних бічних коренів. У цілому праймування розчином C₆-ГГЛ активувало проростання жолудів і стимулювало ріст 47-добових рослин *Q. robur* та уповільнювало ріст рослин *Q. rubra*. Екзогенна C₆-ГГЛ не знімала синдрому появи недружніх сходів, але покращувала життєздатність насіння і сприяла збільшенню кількості проростків.

Ключові слова: *Quercus robur*, *Quercus rubra*, N-гексанойл-L-гомосеринлактон, біометричні показники, жолуді, праймування, проростання, проростки



The M.G. Kholodny Institute of Botany and the National Herbarium of Ukraine (KW), Kyiv: Damage due to the missile strikes on 10 October 2022

Having no recent observable success at the battlefield, ruscists (for the origin, meaning and use of the term, see Snyder, 2022a; see also Snyder, 2022b) unleashed in October 2022 the cruel, mean, indiscriminate, and militarily senseless series of missile and drone strikes aimed at the Ukrainian critical civilian infrastructure (in particular, power and heat generation facilities), the civilian areas and population, and cultural and historical heritage of Ukrainian cities, including Kyiv (see https://en.wikipedia.org/wiki/October_2022_missile_strikes_on_Ukraine). In particular, in the morning of 10 October 2022, the historical center of the City of Kyiv was hit by several missiles.

Two missile strikes at the Taras Shevchenko Park and the crossroad of Taras Shevchenko Boulevard and Volodymyrska Street hit the very center of Kyiv's cultural, scientific and historical heritage. One missile hit the children playground in the park, another came to the crossroad, where several people were killed and burned in their cars (including one of Ukraine's top children's cancer surgeons, Dr. Oksana Leontyeva; see Finch, 2022), while some other people were wounded or injured. Many photographs and videos from the area are available online; see also the comments by Vitali Klitschko, Mayor of Kyiv (Klitschko, 2022).

Shortly after the strikes Sergei Mosyakin, Director of the M.G. Kholodny Institute of Botany, shared the following brief information, plus several pictures, with some colleagues:

"The KW Herbarium today. Mostly windows, roofs, some non-critical structures. Anyway, some serious renovation will be needed before the winter. Right now, no irreversible loss of specimens, no harm to our staff. Our people who today worked here, did some basic repair and cleared the mess are fantastic. More info later."

Responding to a request of another colleague to provide more information about the area affected and its historical and cultural background and significance, Sergei Mosyakin provided the following [the links in square brackets are added here]:

"The damaged buildings and facilities are (info is preliminary):

- *Ministry of Education & Science of Ukraine (the building with mainly science departments and offices) – severely damaged, almost destroyed;*
- *Taras Shevchenko National University of Kyiv [see https://en.wikipedia.org/wiki/Taras_Shevchenko_National_University_of_Kyiv] – two famous buildings of the 19th century: the Main (Red) Building [see https://en.wikipedia.org/wiki/Red_University_Building] – moderately damaged; the Humanities & Philology (Yellow) Building (formerly the First Gymnasium of Kyiv, which was Alma Mater for many famous people) – severely damaged;*
- *some (probably considerable) damage to the nearby hospital (former Kyiv University Hospital and Clinic);*
- *two art museums: Khanenko Museum of Western & Oriental Art [see https://en.wikipedia.org/wiki/Khanenko_Museum] and the National Museum "Kyiv Art Gallery" (formerly the Museum of Russian Art) [see https://en.wikipedia.org/wiki/National_Art_Museum_of_Ukraine] – both severely damaged;*
- *Taras Shevchenko Museum [see https://en.wikipedia.org/wiki/National_Museum_Taras_Shevchenko] – some damage (windows, etc.);*
- *Presidium of the National Academy of Sciences of Ukraine [formerly the Institute for Noble Maidens: https://ua.igotoworld.com/en/poi_object/86076_prezidium-akademii-nauk.htm] – severely damaged;*
- *Main Conference Hall of the National Academy of Sciences of Ukraine – damaged;*
- *the House of Teachers [see https://en.wikipedia.org/wiki/Teacher%27s_House] (educational museum and conference center; formerly the building of Tsentralna Rada [The Central Council of Ukraine, the revolutionary parliament of the Ukrainian People's Republic (1917–1918) in the interbellum lasting until the Ukrainian-Soviet War – S.M.]) – damaged;*
- *M.G. Kholodny Institute of Botany of the National Academy of Sciences of Ukraine – considerably damaged;*



Fig. 1. A damaged panorama window in the Main Conference/Herbarium Hall

- *National Museum of Natural History of the National Academy of Sciences of Ukraine* – [considerable] damage to backyard windows;
- *I.I. Schmalhausen Institute of Zoology of the National Academy of Sciences of Ukraine* – a few windows;
- several monuments, several other buildings,
- etc.

As you see, those are mostly educational institutions, museums and other units of the national historical, scientific and art heritage, no military targets at all".

That information was placed at Taxacom (<https://markmail.org/message/rdhjnrmxuwm4nfnr> and <https://markmail.org/message/lxpnqf5pqtiumbzyv>) and also reposted and shared in some other social media and news resources.

Here we report some additional details of the damage caused to the buildings and facilities of the M.G. Kholodny Institute of Botany and the National Herbarium of Ukraine (KW).

The basic information about the National Herbarium of Ukraine is available from *Index Herbariorum* (Thiers, 2022: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih/herbarium-details/?irn=125430>) and books and online resources about herbaria of Ukraine (Shiyan, 2011; Mosyakin et al., 2019, and references therein).

In an introductory address written for the book dedicated to the centenary of the KW Herbarium, we wrote (Mosyakin, Shiyan, 2021: 8–10):

"The scientific, historical and cultural riches and treasures of the KW Herbarium cannot be even briefly mentioned in a short introductory text. However, we should all understand that our Herbarium and many other important herbaria of Ukraine represent and



Fig. 2. A broken window in the Schmalhausen & Rogowicz Memorial Herbaria Room



Fig. 3. The damaged ceiling in the Lesser Herbarium Hall

preserve the national and global natural and cultural heritage consisting of countless specimens collected from the 18th century until our days by many devoted researchers, both near their homes and during their long and often dangerous travels to distant lands. <...>

But all those specimens are not just dead relics of the past scientific exploits – they are our living scientific



Fig. 4. Staff members of the Institute repairing the damaged windows

heritage, they still hold a plethora of knowledge to be revealed and explored, now and in the future. Those pieces of knowledge are like integral parts of an immense mosaic of Life on Earth, and each and every element of that knowledge is unique and indispensably important for achieving an integral vision and understanding of the patterns and processes in our environment that keep our planet alive and thriving in the unbelievable cold vastness of the Universe. That understanding is especially important in our times of global changes and environmental challenges. <...>

And indeed, our Herbarium is a real depository of already revealed and partly still hidden scientific knowledge about the fantastic and beautiful living world of our planet and of one of its most beautiful and interesting parts – our country, our beloved Ukraine".

We also emphasized that, with its more than two million specimens representing all major groups of plants and fungi, KW is the largest and most important collection of botanical and mycological specimens in Ukraine, the second largest herbarium in Eastern Europe. By the number of specimens, it is comparable

Український ботанічний журнал, 2022, 79(5)



Fig. 5. Broken backyard windows temporarily boarded with plywood and cardboard

to such Central European herbaria as BP, PR, and PRC (herbarium acronyms are given according to *Index Herbariorum*: Thiers, 2022).

Both buildings of the Institute of Botany located in the central part of Kyiv were partially damaged by the missile strikes of 10 October 2022. Fortunately, the staff members of the Institute have not been affected, except for the psychological shock of the guardians and several other people who were already in the buildings in the morning of that day.

The historical buildings of the Institute (mostly the one housing the main part of the Herbarium) were hit by the shock waves (both direct and reflected ones) and some fragments of missiles or damaged structures. The damage to facilities has been done mostly to windows (Figs. 1 and 2), attic windows and doors, and roofs; however, some parts of the plaster cover were damaged as well. In particular, the ceiling in the Lesser Herbarium Hall has been damaged (Fig. 3). About 20 windows were destroyed or severely damaged. In addition to that, some other windows with plastic and composite (aluminum +uPVC) frames cannot be properly opened/closed

because of shock wave deformations; they will need repair or replacement. During recent rainy days, we also discovered several roof leaks; the holes were caused by the missile fragments. Urgent basic repair has been done wherever possible (Figs. 4 and 5), some broken windows were boarded with plywood, cardboard or plastic, but additional repair and renovation are still needed.

The coming winter of 2022–2023 is expected to be one of the hardest winters in the new history of independent Ukraine. Being unable to win the conventional war and to subjugate our nation, the enemy is trying to use the cowardly and genocidal¹ strategy of targeting Ukraine's critical civilian infrastructure, first of all power and heat generating facilities, to leave the Ukrainian cities, towns and villages without heat, electricity, water, and other life-supporting services and resources. Under these circumstances, we see one of our most important goals in preserving the globally important scientific and cultural treasures of our collections, first of all the National Herbarium of Ukraine. We are sure that the staff of our Institute will do their best, despite all hardships and threats. Any support from colleagues and institutions worldwide will be also greatly appreciated; if you would like to help, please contact the administration of the Institute of Botany. We also hope that the governments and people of the Free World will continue their support of Ukraine in our country's struggle against aggression and tyranny.

Sergei MOSYAKIN, *on behalf of the administration and staff of the Institute of Botany*

Natalia SHIYAN, *on behalf of the staff of the National Herbarium of Ukraine (KW)*

References

- Finch W. 2022. One of Ukraine's top children's cancer surgeons was killed by Russian missiles as she dropped off her five-year-old son at nursery yesterday, her hospital reveals. *Daily Mail Online*, 11 October 2022. Available at: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-11303485/Top-childrens-cancer-surgeon-killed-Russian-missiles-dropped-son-nursery.html>
- Klitschko V. [Vitali] 2022. Commuters burned to death in their cars while pedestrians were peppered with shrapnel – and Putin's message to the West? YOU'RE NEXT: Chilling warning from Mayor of Kyiv VITALI KLITSCHKO after Russia's 'barbaric' rush hour assault on the Ukrainian

capital. *Daily Mail Online*, 11 October 2022. Available at: <https://www.dailymail.co.uk/news/article-11304863/Mayor-Kyiv-Vitali-Klitschko-reveals-toll-Russias-latest-attack-Ukraine.html>

- Mosyakin S.L., McNeill J., Boiko G.V. 2019. Comments on proper type designation for names of taxa validated by Turczaninow in his *Animadversiones*, with case studies. *Ukrainian Botanical Journal*, 76(5): 379–389. <http://dx.doi.org/10.15407/ukrbotj76.05.379>
- Mosyakin S.L., Shiyani N.M. 2021. The National Herbarium of Ukraine (KW): 100 years of preserving and developing our globally important scientific and cultural heritage / Національний гербарій України (KW): 100 років збереження та примноження нашої всесвітньо значущої наукової та культурної спадщини. In: *Herbaria of the 21st century: Achievements and challenges / Гербарії XXI століття: досягнення та виклики*. Kyiv: M.G. Kholodny Institute of Botany, NAS of Ukraine, pp. 6–10. [In Ukrainian and English, parallel texts].
- Shiyani N.M. (ed.) 2011. *Herbaria of Ukraine. Index Herbariorum Ucrainicum*. Kyiv: Alterpress, 442 pp. [Шиян Н.М. (ред.-укл.). 2011. *Гербарії України. Index Herbariorum Ucrainicum*. Київ: Альтерпрес, 442 с.]. <http://dx.doi.org/10.13140/RG.2.1.4742.6969>
- Snyder T. 2022a. The war in Ukraine has unleashed a new word. In a creative play on three different languages, Ukrainians identify an enemy: 'ruscism.' *The New York Times*, 22 April 2022. Available at: <https://www.nytimes.com/2022/04/22/magazine/ruscism-ukraine-russia-war.html> (accessed 19 October 2022).
- Snyder T. 2022b. We should say it. Russia is fascist. *The New York Times*, 19 May 2022. Available at: <https://www.nytimes.com/2022/05/19/opinion/russia-fascism-ukraine-putin.html> (Accessed 19 October 2022).
- Thiers B. 2022. *Index Herbariorum. A global directory of public herbaria and associated staff*. New York Botanical Garden's Virtual Herbarium. Available at: <http://sweetgum.nybg.org/science/ih> (Accessed 20 October 2022).

¹ By definition: see Article II of the *UN Convention on the Prevention and Punishment of the Crime of Genocide*: <https://www.un.org/en/genocideprevention/genocide.shtml>



**Відданість справі охорони фіторізноманіття.
Пам'яті Ірини Андріївни Коротченко (12.05.1973–06.09.2022)**

**Devotion to plant conservation.
In memory of Iryna A. Korotchenko (12.05.1973–06.09.2022)**



На початку вересня 2022 року сумна звістка приголомшила та глибоко засмутила ботанічну та природоохоронну спільноту України – несподівано та передчасно пішла з життя Ірина Андріївна Коротченко, відома дослідниця флори і рослинності України, людина, що присвятила своє життя пізнанню та охороні рослинного світу, фіторізноманіття та всієї живої природи нашої Батьківщини. Її добре знали, поважали та цінували колеги й друзі в усіх куточках нашої землі – від південних степів до поліських лісів,

від Карпатських до Кримських гір... Ще незадовго до цього трагічного вересня вона мала багато планів на майбутнє, мріяла про експедиційний виїзд до Буковини, про нові публікації, про скору перемогу України над підступним і жорстоким ворогом. Але їй не судилося дочекатися втілення цих мрій...

Ірина Коротченко народилася 12 травня 1973 р. у Полтаві в українській родині службовців. Вже на початку свого життя вона проявила свою сутність "відмінниці", своє прагнення до досконалості та

вміння самовіддано й ефективно працювати – закінчила школу із золотою медаллю (1990 р.), потім стала студенткою Полтавського державного педагогічного інституту (нині Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка), де навчалася на природничому факультеті за спеціальністю "біологія та хімія" (1990–1995 рр.), вже у студентські роки долучилася до наукової та природоохоронної роботи, а у 1995 році закінчила рідний виш з відзнакою. Далі вона нетривалий час (з серпня по жовтень 1995 р.) працювала асистенткою кафедри ботаніки природничого факультету ПДП імені В.Г. Короленка, а у жовтні 1995 року розпочала своє навчання в аспірантурі відділу екології фітосистем Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Науковим керівником Ірини став професор (нині – академік НАН України) Яків Петрович Дідух, завідувач відділу екології фітосистем.

Я.П. Дідух: *Ірину Коротченко я знав від часів її студентства, коли вона ще навчалася у Полтавському педінституті (нині Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка). У той час Тетяна Леонідівна Андрієнко (на той час – очільниця Міжвідомчої комплексної лабораторії наукових основ заповідної справи Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України та Мінприроди України) та Олена Миколаївна Байрак розгорнули активну діяльність з вивчення заповідних об'єктів Полтавщини та оптимізації природно-заповідної мережі регіону. До цих досліджень вони активно залучали студентів, серед яких була і Ірина. Вона втягнулася в цю роботу і змогла побувати в багатьох куточках рідної Полтавщини, природу якої дуже любила. Але найбільше їй сподобалися степи і вона хотіла їх і надалі вивчати. Оскільки Тетяна Леонідівна не була фахівцем зі степової рослинності, то наставники Ірини звернулися до мене за пропозицією, щоб я став її науковим керівником. Після успішної здачі екзаменів і зарахування до аспірантури Ірині була затверджена тема кандидатської дисертації "Диференціація рослинного покриву степів південної частини Лівобережного Лісостепу України", яку вона успішно виконала і захистила у 1999 році.*

Вже у студентські роки Ірина була дуже активною і ініціативною, вміла добре організувати роботу, цінувала час і намагалася зробити, витиснути все по максимуму. У забезпеченні проведення польових досліджень їй допомагали

батьки, пан Андрій та пані Віра. Згадую, що її батько на цей період брав відпустку і возив нас по найбільш віддалених і малодоступних степових куточках Полтавщини, Харківщини, Луганщини. Ірина швидко вивчила степову флору і кваліфіковано виконувала геоботанічні описи, опанувала методику закладки еколого-ценотичних профілів, працювала цілими днями. У цей час Андрій Васильович організовував побут: забезпечував закупівлю продуктів, встановлював намети для ночівлі, сушив гербарій, готував їжу тощо. Увечері підбивали підсумки, обговорювали наукові питання, закладали гербарій, уточняли плани на наступний день. Під кінець експедиції в Ірини вже сформувалося досить повне уявлення про ці степи південного Лісостепу. На основі накопичення та обробки значного матеріалу було описано низку нових асоціацій та союзів степової рослинності.

*Після закінчення аспірантури Ірина Коротченко залишилася працювати у відділі екології фітосистем Інституту ботаніки. У цьому відділі вона продовжувала займатися дослідженням степів, стала провідним фахівцем з цієї рослинності, їй була затверджена тема докторської дисертації. Разом з цим, вона брала участь у підготовці томів видання "Екофлора України", зокрема, такого складного роду як *Viola*, багатьох інших груп судинних рослин. Коли постало питання щодо підготовки третього видання "Червоної книги України", на Ірину було покладено завдання бути секретарем ботанічної підкомісії Національної комісії з питань Червоної книги України (рослинний світ). Успіх цього видання значною мірою було забезпечено невтомною, кипучою діяльністю Ірини. Вона займалася організаторською роботою проведення наукових семінарів, залучаючи ботаніків з усієї України, збирала та обробляла матеріали, виконувала багато інших завдань. Цю роботу вона дуже любила і це визначило подальшу долю її наукової діяльності.*

В Інституті ботаніки Ірина Андріївна пройшла усіма сходинками наукової роботи: з червня 1998 по листопад 1998 р. – інженер 2 категорії; з листопада 1998 по квітень 1999 р. – інженер 1 категорії; з квітня 1999 по листопад 1999 р. – молодший науковий співробітник; з листопада 1999 по червень 2004 р. – науковий співробітник; з червня 2004 по лютий 2012 р. – старший науковий співробітник. У 2006 р. за рішенням Вищої атестаційної комісії України І.А. Коротченко отримала вчене звання старшого наукового співробітника зі спеціальності "ботаніка".

У 2012 році Ірина Андріївна взяла участь у конкурсі на посаду завідувача Лабораторії охорони фіторізноманіття (яка згодом, після реорганізації отримала назву Лабораторія охорони фіторізноманіття та рослинних ресурсів) при відділі систематики і флористики судинних рослин Інституту ботаніки, перемогла у цьому конкурсі та з 1 лютого 2012 р. до останніх днів свого життя обіймала цю відповідальну посаду.

Наукові здобутки Ірини Андріївни є вагомими та досить різноплановими. До сфери її наукових інтересів входили у першу чергу різні питання і проблеми охорони фіторізноманіття, загальної екології рослин, класифікації степової рослинності та біотопів, фітоіндикації тощо. Зокрема, Ірина Андріївна брала участь у дослідженні рослинного покриву лісостепової зони України, у встановленні флористичної, ценотичної та екологічної специфіки степів, визначенні раритетної компоненти флори та рослинності. Для заповідників та національних природних парків вона розробила методики досліджень, провела дослідження рослинності 30-кілометрових зон Хмельницької та Рівненської атомних електростанцій. Вона також безпосередньо займалася науковими та науково-організаційними питаннями ведення і підготовки Червоної книги України та Зеленої книги України.

Проте, серед найголовніших здобутків наукового життя Ірини Андріївни є її, без перебільшення, визначна роль у підготовці та публікації третього видання "Червоної книги України: рослинний світ" (2009), в організації та виконанні декількох масштабних наукових тем з ведення та підготовки наступного видання "Червоної книги України", які виконувалися в Інституті ботаніки з широким залученням науковців з усіх куточків України на замовлення Мінприроди України (нинішня назва – Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України). Ті, хто були безпосередньо залучені до підготовки третього видання, знають і пам'ятають, з якими складнощами і проблемами воно було пов'язане, у які стислі терміни зрештою було потрібно підготувати відредагований та ретельно вичитаний оригінал-макет перед друком. Саме тоді Ірина Андріївна взяла на себе значну частину організаційної та редакційної роботи, працювала мало не в цілодобовому режимі, всіляко допомагала головному редактору, авторам, видавцям. Без її самовідданої праці то була б дещо інша книга, без сумніву, менш досконала. Успішне

виконання масштабної "червонокнижної" тематики протягом наступних років також було б неможливим без організаторського таланту, самовідданості, працездатності та знань Ірини Андріївни. Під час виконання цих проєктів вона постійно спілкувалася з усіма виконавцями, готувала необхідні документи, проводила наради, робила все від неї залежне для того, щоб завдання були виконані належним чином та у стислі терміни.

Робота Ірини Андріївни як секретаря ботанічної та мікологічної підкомісії Національної комісії з питань Червоної книги України також вимагала ґрунтовних знань, організаторського таланту, вміння і бажання спілкуватися з різними людьми. При виконанні цих обов'язків їй також інколи доводилося вирішувати потенційно конфліктні ситуації, навіть брати участь у дискусіях з деякими галасливими екологічними популістами, переконувати завдяки чітким науковим аргументам своїх колег, урядовців та службовців, представників громадськості. Нещодавно затверджений оновлений список видів рослин та грибів для нового видання "Червоної книги України" був обґрунтований та підготовлений колективом науковців, але значною мірою завдяки зусиллям Ірини Андріївни, яка не лише надала свої дані, але й, що найважливіше, узагальнила усі необхідні матеріали.

Організаційні здібності Ірини Коротченко були незамінні також і при підготовці та проведенні конференцій, семінарів, дискусій, польових практик та багатьох інших наукових заходів. Саме тому вона часто була серед організаторів різних ботанічних форумів, у редакційних колегіях багатьох видань. Зокрема, у редколегії "Українського ботанічного журналу" І.А. Коротченко відповідала за рецензування та редагування численних геоботанічних, флористичних, екологічних статей, вела рубрику "Червона книга України".

Крім роботи в Інституті ботаніки, Ірина Андріївна активно займалася і освітньою діяльністю. Зокрема, з 2000 року вона працювала за сумісництвом у Національному університеті "Києво-Могилянська академія" на факультеті природничих наук, де викладала спецкурс "Ботаніка", спочатку на посаді старшого викладача (2000–2005 рр.), а згодом – доцента (2006–2022 рр.). Без сумніву, вона була висококваліфікованою і відданою справі викладачкою, дуже вимогливою, але водночас і доброзичливою. Її вимогливість була обумовлена переконанням у важливості ботаніки як науки,

прагненням надати студентам глибокі й ґрунтовні знання, прищепити їм любов до природи, залучити молодь до пізнання та збереження чарівного рослинного світу нашої країни.

Ірина Андріївна завжди дуже тепло згадувала своє рідне місто Полтаву, підтримувала професійні й дружні зв'язки з колегами з Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка, інших наукових та освітніх установ Полтавщини. Стислі біографічні відомості про І.А. Коротченко опубліковані у двох ювілейних виданнях, присвячених сторічному ювілею природничого факультету Полтавського педагогічного університету (*Природничий факультет Полтавського національного педагогічного університету імені В.Г. Короленка: 100 років історії та здобутків: літопис*. За заг. ред. проф. М.В. Гриньової. Полтава: Астроя, 2019, с. 128–129. http://nature.pnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/12/ПРИРОДНИЧОМУ-100_-09.04.2019_compressed-1.pdf; *Випускники природничого факультету Полтавського національного педагогічного університету імені В. Г. Короленка – науковці України. До 100-річчя природничого факультету*. За ред. Н.І. Шиян. Полтава: Сімон, 2019, с. 112–113. http://nature.pnpu.edu.ua/wp-content/uploads/2020/02/Випускники_дружк_.pdf). Нині колеги і друзі з Києва, Полтави та багатьох інших куточків України планують підготувати окреме біографічне книжкове видання про Ірину Андріївну Коротченко, її наукові здобутки та життєвий шлях. Сподіваємося, на сторінках цього планованого видання знайдеться місце і для детальнішої біографії, і для спогадів, і для численних фотографій, і для бібліографії та характеристики наукового доробку.

Характерними рисами Ірини Андріївни були її відповідальне ставлення до роботи, відданість своїй справі. Саме тому вона дуже болісно сприймала ситуації, коли щось не виходило, коли залишалося обмаль часу, коли хтось із виконавців спрацьовував не найкращим чином. У спілкуванні з колегами та друзями Ірина була надзвичайно доброзичливою і завжди щирою, але саме тому вона могла відверто висловити своє несприйняття тої чи іншої ситуації, тих чи інших дій. У її ставленні до людей та спілкуванні з ними часто проступало навіть щось наївне, у першу чергу – довіра. Вона щиро поважала своїх вчителів і старших колег, зокрема Тетяну Леонідівну Андрієнко, Олену Миколаївну Байрак.

Ірина була люблячою і турботливою дочкою, а тому відхід з життя спочатку її батька, а у серпні 2022 р. – її матері стали для неї важкими переживаннями, які, серед іншого, позначилися і на її самопочутті. Без сумніву, погіршенню здоров'я Ірини Андріївни сприяла і війна. Ірина гостро переживала події 2022 року, втрати та трагедії українського народу. А у перші місяці повномасштабної російської агресії вона могла і бачити наслідки обстрілів, і чути гуркіт тих боїв, які точилися на північно-західних околицях Києва.

У Ірини Коротченко було багато друзів по всій Україні: у Києві та її рідній Полтаві, у Чернівцях та Львові, у Херсоні та Житомирі... Вона завжди цінувала живе й емоційне спілкування з колегами та друзями під час експедицій, конференцій, інших різноманітних заходів. Але ймовірно, що найкраще, найщасливіше Ірина почувалася серед рідної української природи, у степах, лісах, на товтрах і полонинах... В її житті були ці світлі, щасливі моменти, ті позитивні емоції, якими вона щедро ділилася з іншими.

Світла пам'ять про Ірину Андріївну Коротченко лишається з нами, з усіма тими, хто мав можливість працювати разом з нею, спілкуватися з цією незвичайною людиною. Але – найголовніше – з нами лишається все те, що за своє недовге життя вона встигла зробити, у що вклала часточку своєї душі, своєї відданої праці, свого творчого неспокою... Лишаються монументальне третє видання "Червоної книги України (рослинний світ)", томи "Екофлори України", нова "Зелена книга України", матеріали конференцій "Рослинний світ у Червоній книзі України" у Києві, Львові, Умані, Херсоні, численні наукові публікації в "Українському ботанічному журналі", багатьох інших вітчизняних та міжнародних журналах та збірниках... Лишаються природно-заповідні об'єкти та території, до пізнання та збереження яких долучилася Ірина. Лишаються зібрані нею зразки у Національному Гербарії України (KW). Лишаються і лишатимуться жива і вдячна пам'ять друзів та колег, яскравий підсумок життя, відданого науці, справі пізнання та збереження рослинного світу України, нашої чарівної природи, яка, віримо, загоїть рани війни й надалі щовесни відроджуватиметься і розквітатиме знов і знов.

Сергій МОСЯКІН, Яків ДІДУХ, Наталія ШИЯН



**Втрата української мікології
Світлій пам'яті Елеонори Захарівни Коваль
(10.08.1930–29.06.2022)**

**A loss for Ukrainian mycology
In memory of Eleonora Z. Koval
(10.08.1930–29.06.2022)**



29 червня 2022 року пішла з життя znana українська вчена, відомий фахівець з питань систематики, фізіології та екології мікроскопічних грибів, доктор біологічних наук, професор Елеонора Захарівна Коваль.

Народилася Елеонора Захарівна в м. Умань (тепер Черкаська обл.) і за своє життя пережила багато випробувань: голод 1930-х років, політичні репресії рідних (серед яких був відомий український педагог, етнограф і краєзнавець Марко Грушевський), війна та життя в окупації, повосенне

Український ботанічний журнал, 2022, 79(5)

лихоліття, а в останній рік життя – знову війна. З дитинства вона мріяла стати фізиком, але радянська заборона займатися фізикою жителям окупованих територій перекреслила її плани. Втім, любов до науки нікуди не зникла і спонукала її на початку 1950-х років вступити до біолого-грунтознавчого факультету Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. Для навчання вона обрала кафедру мікології та фітопатології, де зустрілася вперше з її завідувачем, професором С.Ф. Морочковським. Ця зустріч стала доленосною для наукової кар'єри Елеонори Захарівни і визначила її подальший шлях у мікології.

Ще в університетські роки Е.З. Коваль брала участь у багатьох експедиціях під керівництвом С.Ф. Морочковського, З.Г. Лавітської та інших викладачів кафедри, у тому числі й на Далекий Схід колишнього СРСР. Цей своєрідний регіон так її зацікавив, що після закінчення університету з 1955 р. по 1960 р. вона працювала в Далекосхідній філії Сибірського відділення АН СРСР (м. Владивосток). Предметом її досліджень було видове різноманіття грибів (мікофлора) заповідних територій Примор'я, Сахаліну та Курильських островів. Частина отриманих тоді матеріалів стали основою її дисертаційної роботи на здобуття ступеня кандидата біологічних наук "Микофлора заповідника "Кедровая падь", успішно захищеної в 1962 р.

У 1960 р. Е.З. Коваль повернулася до Києва, де й проживала до кінця життя. Спочатку вона працювала у відділі мікології Інституту ботаніки АН УРСР (знову ж під керівництвом С.Ф. Морочковського), а в 1961 р. перейшла до Інституту мікробіології і вірусології АН УРСР (до відділу фізіології грибів). Тут Елеонора Захарівна працювала до 1992 р., спочатку старшим науковим співробітником, згодом

провідним науковим співробітником, причому тривалий час була заступником керівника відділу. У 1992–1994 рр. вона обіймала посаду провідного наукового співробітника Інноваційного центру НАН України.

Сфера наукових інтересів Елеонори Захарівни була надзвичайно широкою і охоплювала різні галузі мікології. Спочатку вона вивчала гриби-патогени дерев і чагарників, досліджувала мікобіоту степових заповідників України, гриби як компоненти біогеоценозів, мікроміцети ризосфери сільськогосподарських рослин, мікроскопічні гриби в різних типах ґрунтів тощо. Згодом з'являються її численні публікації та авторські свідчення з питань грибостійкості різних матеріалів – дорожньо-будівельних, різних видів палива і моторних мастил, різноманітних конструкційних матеріалів та виробів, а також біопшкоджень творів образотворчого мистецтва та музейних пам'яток. Е.З. Коваль є співавтором декількох монографій за цією тематикою, зокрема, "Рост грибів на углеводородах нефти" (1980), "Микробная коррозия и ее возбудители" (1980), за яку отримала премію Ради Міністрів СРСР у 1983 р., "Микодеструкторы промышленных материалов" (1989), "Мікологічне обстеження музейних пам'яток" (2014), двохтомник "Пеніцилії в навколишньому середовищі" (2014) та ін. За проведені ретельні дослідження численних музейних експонатів, пошкоджених мікроскопічними грибами, Е.З. Коваль була нагороджена Почесною відзнакою Міністерства культури України "За багаторічну плідну працю в галузі культури".

Велику увагу Е.З. Коваль приділяла сучасним методам мікроскопічних досліджень мікологічних

об'єктів, а свій значний досвід експериментальної мікології виклала в розділі "Микроскопическое изучение грибов" у двох виданнях довідника "Методы экспериментальной микологии" (1973, 1982). Ще у студентські роки Елеонора Захарівна захопилась вивченням ентомофільних грибів, а в 1974 р. опублікувала монографію "Определитель энтмофильных грибов СССР". Згодом вийшла друком ще одна її монографія "Клавиципитальные грибы СССР". У 1983 р. вона успішно захистила докторську дисертацію на тему "Энтомофильные грибы СССР". Е.З. Коваль також стала автором одного з томів багатотомного видання "Флора грибов Украины", а саме монографії "Флора грибов Украины. Зигомицеты. Энтмофторальные грибы" (2007), яка стала підсумком 40-річного дослідження цієї групи грибів в Україні. Останньою виданою за життя монографією Е.З. Коваль (у співавторстві з А.В. Руденко) стала книга "Аспергиллы и аспергиллезы" (2022). Загалом упродовж своєї наукової діяльності Е.З. Коваль опублікувала понад 300 наукових праць і описала 19 нових для науки видів грибів. Власне її ім'ям названо два види грибів – *Nothomitra kovaliae* ("kovalii") Raitv. і *Sawadadea kovaliana* V.P. Heluta.

Два роки тому ми святкували славний 90-річний ювілей Елеонори Захарівни, але сьогодні, на жаль, її вже немає з нами. Пам'ять про Елеонору Захарівну Коваль, видатного науковця, наполегливого дослідника, доброзичливого, але вимогливого наставника, працелюбну, добру і сердечну людину, завжди житиме в серцях її колег, учнів та друзів.

*Члени секції мікології і фітопатології
Українського ботанічного товариства*



**Пам'яті Лариси Яківни Партики
(1932–2022)
In memory of Larysa Ya. Partyka
(1932–2022)**



21 березня 2022 року, на 91-му році життя, відійшла у вічність знавець флори мохоподібних України, кандидат біологічних наук, старший науковий співробітник Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України Лариса Яківна Партика.

Народилася Л.Я. Партика 22 січня 1932 р. у селі Завалійки Волочиського району Хмельницької області в родині вчителя. Після закінчення середньої школи з 1951 до 1956 рр. навчалася на біолого-грунтознавчому факультеті Київського державного університету ім. Т.Г. Шевченка. Спеціалізувалася на кафедрі нижчих рослин, яку очолював академік АН УРСР Д.К. Зеров, та викладали відомі вчені – А.М. Окснер та О.В. Топачевський. По закінченню вишу Лариса Яківна працювала три роки садівником в Одеському міському тресті зеленого будівництва.

В 1959 році вона переїхала до Києва і все подальше її трудове життя було пов'язане з Інститутом ботаніки ім. М.Г. Холодного нашої Академії.

Спочатку вона працювала старшим лаборантом відділу нижчих рослин, потім навчалась в аспірантурі цього відділу під керівництвом Д.К. Зерова. У 1966 р. захистила кандидатську дисертацію на тему "Бріофлора головної гряди Кримських гір". Впродовж 1965–1982 рр. працювала молодшим науковим співробітником відділів нижчих рослин, мікології і ліхенології, мікології і бріології, а з 1982 до 1989 р. – старшим науковим співробітником відділу мікології і бріології та лабораторії ліхенології і бріології Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного АН УРСР. Восени 1989 р. Лариса Яківна вийшла на пенсію, але з перервами, до 2010 р., працювала на різних посадах в Інституті, визначаючи колекції мохів попередніх років, готувала до друку статті та монографії.

Л.Я. Партика – автор і співавтор близько 90 наукових публікацій. Найбільшу увагу вона приділяла дослідженню бріофлори гірських регіонів країни – Криму та Українських Карпат.

Лариса Яківна розпочала дослідження мохоподібних Криму ще навчаючись в аспірантурі (1962–1965). Потім повернулася до цієї роботи, виконуючи протягом 1983–1987 рр. тему "Бріофлора Криму та її аналіз". За отриманими результатами були підготовлені серія статей та монографія "Бріофлора Криму" (Партика, 2005). В останній своїй праці Лариса Яківна склала конспект бріофлори Криму, який включає 312 видів, з них 75 наведено вперше для Криму, в т. ч. 9 – для України, один вид, *Anoetangium handelii* Schiffn., виявився новим для всієї Європи. В окремих статтях наведені нові та рідкісні для півострова таксони, обговорюється питання походження бріофлори Криму, зокрема її зв'язок із кавказькою флорою мохів, охарактеризовані мохоподібні заповідних об'єктів: Кримського заповідника, Карадазького, "Мис Март'ян", Ялтинського та інших.

За результатами вивчення бріофлори Карпат (1966–1971), що провадилося спільно із Д.К. Зеровим, була опублікована монографія "Мохоподібні Українських Карпат" (Зеров, Партика, 1975). Це була перша в Україні праця, присвячена всебічному дослідженню всіх груп мохоподібних певного регіону. У ній наведено історію вивчення мохоподібних цієї території, встановлено видовий склад бріофітів (653 види), подано їхню еколого-ценотичну та фітогеографічну характеристики з картами поширення низки таксонів, накреслено основні етапи формування бріофлори.

Л.Я. Партика долучилася також і до вивчення мохоподібних Українського Полісся. В період 1972–1973 рр. вона брала участь у виконанні комплексної теми з дослідження рослинності та флори Поліського заповідника, яку очолив Л.С. Балашов. У результаті цієї роботи нею були опубліковані дві статті про мохоподібні заповідника, а також бріологічні розділи у відповідних монографіях (Партыка, 1986; Партика та ін., 2013). В 1981–1982 рр. дослідниця брала участь в експедиціях Т.Л. Андрієнко на Полісся, при цьому досліджувала мохи проєктованих тоді Мезинського, Дніпровського національних парків та заказника "Нечимне". У співавторстві з Г.Ф. Бачуриною були написані узагальнюючі статті про рідкісні види і таксономічну структуру бріофлори регіону, де для Українського Полісся загалом вказується 368 видів мохоподібних, короткий визначник "Печіночники і мохи України та суміжних територій" та стаття про бріологічний гербарій Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного АН УРСР. Л.Я. Партика була упорядником і фактично співавтором четвертого випуску "Флори мохів України", який не встигли завершити Г.Ф. Бачурина та В.М. Мельничук.

Лариса Яківна багато років плідно співпрацювала з іншими українськими бріологами – К.О. Уличною і М.Ф. Бойком. Так, зокрема, у співавторстві з К.О. Уличною була написана стаття про арктоальпійський елемент бріофлори Карпат, види роду *Rhodobryum* (Schimp.) Limpr., рідкісні види бріофлори України та необхідність їхньої охорони. Ця стаття пізніше лягла в основу бріологічної частини другого та третього видань Червоної книги України. Разом із М.Ф. Бойком опубліковані статті про мохоподібні заповідника "Асканія-Нова", Українського степового заповідника, бріофлору присиваських степів.

Л.Я. Партика охоче брала участь в експедиціях, далеких відрядженнях, з яких завжди привозила зразки мохів для поповнення інститутського гербарію чи нову бріологічну літературу. Вона побувала в Болгарії, Польщі, Грузії, Таджикистані, Західному Сибіру, на Кольському півострові, неодноразово відвідувала Ботанічний інститут ім. В.Л. Комарова АН СРСР. З числа її колишніх колег бріологів, з якими вона співпрацювала, можна назвати К. Карчмажа, У.К. Маматкулова, Б. Бобораджабова, Г.Ф. Риковського, Р.М. Шлякова, О.М. Афоніну, В.Я. Черданцеву та інших.

Лариса Яківна поєднувала спеціальні знання із загальною ботанічною ерудицією, вміла і бажала передавати їх учням та послідовникам. Вона була опонентом на захистах докторських і кандидатських дисертацій, написала багато відгуків на реферати дисертаційних робіт, рецензій на статті та книги, була консультантом з питань флористичного та фітогеографічного вивчення мохоподібних України, зокрема її гірських регіонів.

Л.Я. Партика брала активну участь у науковому та громадському житті Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України. Протягом багатьох років вона була проформом відділу, членом профкому, вченим секретарем сектору нижчих рослин Інституту та секретарем бюро товариства "Знання". Вона була нагороджена медалями "До 1500-річчя м. Києва" та "Ветеран праці".

Лариса Яківна була доброю, привітною, доброзичливою людиною, яка завжди була рада чимось допомогти, щось порадити кожному, хто звертався до неї за підтримкою. Любила спілкуватися з друзями, запросити до себе додому, пригостити смачними стравами власного приготування, подарувати власноруч зроблені вироби – такі як квіти, прикраси, серветки тощо. Разом із колегами по роботі часто відвідувала різні виставки, музеї, театральні вистави. Проте основним її захопленням були книги, вона багато читала, зокрема останніми роками після виходу на пенсію.

Нині українська ботанічна спільнота щиро сумує від непоправної втрати та глибоко співчуває рідним і друзям Лариси Яківни. Відомий український бріолог Л.Я. Партика назавжди залишиться в нашій пам'яті та серцях, а її наукова спадщина буде гідно використовуватися наступними поколіннями.

Перелік основних публікацій Л.Я. Партики¹

Зеров Д.К., Партика Л.Я. 1975. *Мохоподібні Українських Карпат*. Київ: Наукова думка, 231 с.

Бачурина А.Ф., Партыка Л.Я. *Печеночники и мхи Украины и смежных территорий*. Киев: Наукова думка, 1979, 204 с.

Партика Л.Я. 1986. *Apoetangium handelii* Schiffn. – новий для бріофлори Європи вид моху. *Український ботанічний журнал*, 43(2): 66–67.

Партыка Л.Я. Бріофлора. Мохообразные. В кн.: *Полесский государственный заповедник. Растительный мир*. Киев: Наукова думка, 1986, с. 34–41, с. 153–162.

Бойко М.Ф., Партика Л.Я. 1998. Бріофлора. В кн.: *Український природний степовий заповідник. Рослинний світ*. Київ: Фітосоціоцентр, с. 51–59, с. 248–250.

Партика Л.Я., Бойко М.Ф., Вірченко В.М., Болюх В.О., Миронюк Є.А. Бібліографія кївської школи українських бріологів. *Ботанічна бібліографія України*. Т. 4, вип. 1. Київ: Фітосоціоцентр, 1998, 20 с.

Партыка Л.Я. 2005. *Бріофлора Крима*. Киев: Фитосоциоцентр, 170 с.

Партика Л.Я., Вірченко В.М., Орлов О.О. 2013. Мохоподібні Поліського природного заповідника. В кн.: *Фіторізноманіття Поліського природного заповідника: водорості, мохоподібні, судинні рослини*. Київ: ТОВ "НВП Інтерсервіс", с. 97–127.

С.Я. КОНДРАТЮК, М.Ф. БОЙКО,
В.В. ПРОТОПОПОВА, В.М. ВІРЧЕНКО,
С.В. ГАПОН, С.О. НИПОРКО

¹ Повний список публікацій Л.Я. Партики за період 1964–1996 рр. поданий в першому випуску "Ботанічної бібліографії України" (Партика та ін., 1998)

Український ботанічний журнал. 2022 • 79 • 5. Національна академія наук України. Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного. Науковий журнал. Заснований у 1921 р. Виходить один раз на два місяці (українською та англійською мовами). Головний редактор С.Л. Мосякін

Затверджено до друку вченою радою Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України
(протокол No. 11 від 16 вересня 2022)

Реєстраційне свідоцтво серії КВ № 12179-1063ПР від 11.01.2007 р.

Редактор *О.В. Пилипенко*
Технічний редактор *О.Є. Бондаренко*
Комп'ютерна верстка *Д.С. Решетников*

Формат 84×108/16. Ум.-друк. арк. 9,0. Обл.-вид. арк. 11,5. Тираж 176 прим. Зам. №

Віддруковано ВД "Академперіодика" НАН України
вул. Терещенківська, 4, Київ 01004
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 544 від 27.07.2001

