

БІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ЕПІФІТНОЮ ЛІХЕНОФЛОРОЮ М. СУМИ ТА ЙОГО ОКОЛИЦЬ

Литвиненко Юлія Іванівна,

кандидат біологічних наук, доцент,
завідувач кафедри біології та методики навчання біології
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
ORCID ID: 0000-0001-9095-0437
Scopus-Author ID: 57204771998
Web of Science Researcher ID: HKV-8087-2023

Вакал Анатолій Петрович,

кандидат біологічних наук, доцент,
доцент кафедри біології та методики навчання біології
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка
ORCID ID: 0000-0002-1386-7944

Литвиненко Денис Валентинович,

здобувач
Сумського державного педагогічного університету імені А.С. Макаренка

У ході проведених досліджень у місті Суми було виявлено 26 видів епіфітних лишайників, серед яких 11 видів є індикаторами забруднення повітря: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *H. tubulosa* (Schaer.) Hav., *Lecanora chloropolia* (Erichsen) Almb., *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda, *Straminella varia* (Hoffm.) S.Y. Kondr., *Lőkös & Farkas* (syn. *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach.) та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. З них два види лишайників мають високу чутливість до забруднення атмосферного повітря, три види становлять групу сильно та середньо чутливих видів, чотири види є стійкими до забруднення, два види є індикатором кислотного забруднення атмосферного повітря. Поширення індикаторів пилового і кислотного забруднення зафіксовано по всій території міста у насадженнях уздовж парків і скверів, автомобільних шляхів, біля промислових підприємств. Поширення індикаторів з високою чутливістю приурочено до природних лісових насаджень у північно-східній частині міста; із середньою чутливістю – до природних лісів, парків і вуличних насаджень у північній та центральній частинах міста. Стійкі до атмосферного забруднення види поширені досить рівномірно по всій території міста, в тому числі і на корі дерев вуличних насаджень. На підставі аналізу отриманих даних та розрахунку індексу чистоти повітря Ле Блана і Де Слувера (І.Ч.П.) було виділено чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, що відповідають різним рівням забруднення. Найбільш забруднені ділянки (лишайникові пустелі, а також сильно і середньо забруднені ліхеноіндикаційні зони) приурочені до північно-західної та східної частин міста, що співпадає з територіями розміщення найбільших стаціонарних промислових підприємств м. Суми.

Ключові слова: лишайники, індикаторні види, ліхеноіндикація, індекс чистоти повітря, атмосферне повітря, Сумська область.

Lytvynenko Yulia, Vakal Anatolii, Lytvynenko Denys. Bioindication researches at epiphytic lichenoflora of Sumy city and its surroundings

As a result of the conducted survey, 26 species of epiphytic lichens were identified in Sumy city including 11 indicator species: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *H. tubulosa* (Schaer.) Hav., *Lecanora chloropolia* (Erichsen) Almb., *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda, *Straminella varia* (Hoffm.) S.Y. Kondr., *Lőkös & Farkas* (syn. *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach.) та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. Two of these lichen species is indicator of acid pollution, two species have high sensitivity, three species – medium sensitivity to air pollution; four species are resistant to pollution. Indicators of acid pollution were found throughout the city on trees, in parks and squares along highways and near industrial enterprises of the city. Distribution of indicators with high sensitivity is confined to the natural forest communities in the north-eastern part of the city. Medium-sensitive species were also found in natural forests, parks and street plantings in the city center, northern and central parts of the city. Species resistant to air pollution are distributed quite evenly throughout the city, including on the bark of trees in street plantings. On the basis of calculation of the index of air purity of Le Blanc and De Sloover, the city area has been subdivided into four isotoxic lichen zones corresponding to different levels of pollution. The most polluted areas (lichen deserts, as well as heavily and moderately polluted isotoxic lichen zones) are limited to the north-western and eastern parts of the city, which coincides with the territories of the largest stationary industrial enterprises of the Sumy city.

Key words: lichens, indicator species, lichen indication, index of air purity, air pollution, Sumy region.

Вступ. Останніми роками в Україні спостерігається значне посилення антропогенного впливу на навколишнє середовище, що призводить до корінних змін у його структурі. Серед численних негативних наслідків особливо слід відзначити постійне локальне забруднення атмосферного повітря, яке є одним з тих компонентів довкілля, від стану якого залежить стан здоров'я людини. У 2022 році до важливих та прогресуючих екологічних проблем України додалася військова агресія на її території. Війна вплинула на кожний компонент довкілля – тваринний і рослинний світ, ґрунт, водне і повітряне середовище. Наслідки цього негативного впливу будуть довгостроковими та матимуть не лише локальний, а й глобальний характер.

У зв'язку з цим підвищується інтерес до моніторингових досліджень. В останні півстоліття у системі екологічного моніторингу особливого значення набуває біоіндикація, оскільки вона носить акумулюючий характер, тобто відображає багаторічний середній стан екосистеми, і у разі повторних досліджень дає уявлення про динаміку забруднення урбанізованих територій [1].

Необхідними ознаками, які повинні бути притаманні об'єктам біоіндикації, є: поширеність по всій планеті, приуроченість до визначеного місцеперебування, досить тривалий життєвий цикл. Лишайники цілком відповідають усім цим вимогам. Використання лишайників як індикаторів зумовлено їх чутливою унікальною відповіддю на стресовий подразник. Лишайники – токсикотолерантні організми, що накопичують значну кількість забруднювачів у своїй слані, формують виразні угруповання видів. Багато видів лишайників проявляють специфічні реакції на різні типи забруднюючих речовин, що дозволяє визначити не тільки ступінь забруднення, але й тип забруднювача [2]. Таким чином, як компонент біогеоценозів ці організми є дуже чутливими, реагують на незначні зміни природного середовища і можуть виступати у ролі індикаторів зазначених змін. Нині розроблено та впроваджується низка ліхеноіндикаційних методів визначення якості повітря, але одним із поширеніших і найінформативніших вважається метод розрахунку екологічних індексів [3].

Починаючи з 90-их рр. ХХ століття ліхеноіндикаційні дослідження активно проводяться в Україні. Для оцінки стану атмосферного повітря міст і промислових регіонів широко застосовуються епіфітні лишайники [4]. У північно-східній частині України подібні дослідження проведені у Чернігові [5], Харкові [6], Києві [7] та Київській області [8]. У Сумській області була обстежена територія м. Путивль [9].

Мета цього дослідження – провести ліхеноіндикаційну оцінку забрудненості повітря м. Суми.

Матеріали та методи дослідження. Матеріал для цього дослідження збирали на території м. Суми протягом 2021–2022 рр. Дослідженнями були охоплені Ковпаківський та Зарічний райони міста, а також найближчі його околиці (с. Токарі, с. Сад, с. Тімірязівка). Обстеження проводили маршрутним методом у квадратах площею 1 км². У кожному квадраті досліджували всі види добре освітлених листяних дерев (10–20 осо-

бин кожного виду), що ростуть окремо. Для кожного форофіту проведений опис епіфітного лишайникового покриву прикореневої ділянки стовбура та на висоті 60–130 см. Для цього проводили вимірювання проективного покриття лишайників на пробних майданчиках способом «лінійних перетинів», отримуючи середні значення проективного покриття для досліджуваної території [2].

Для встановлення сучасного рівня забруднення атмосфери цих територій розраховували індекс чистоти повітря Ле Блана та Де Слувера (І.Ч.П. або І.А.Р. – від англ. «index of air purity») за формулою:

$$I.Ч.П. = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i \cdot f_i}{10}$$

де n – кількість видів лишайників на досліджуваній ділянці, Q_i – екологічний індекс певного i -того виду (або індекс асоційованості чи токсикофобності), а f_i – комбінований показник покриття-трапляння (проективне покриття i -того виду в балах) [2].

Показник Q_i – середня кількість видів лишайників, виявлених поряд з таким видом на всіх досліджених ділянках у гомогенній за ступенем забруднення території. Чим більший цей показник, тим більше токсикофобний такий вид.

Комбінований показник покриття-трапляння (f_i) 10-бальний, визначався за шкалою: 1 – проективне покриття 1–3%; 2 – проективне покриття 3–5%; 3 – проективне покриття 6–10%; 4 – проективне покриття 11–20%; 5 – проективне покриття 21–30%; 6 – проективне покриття 31–40%; 7 – проективне покриття 41–50%; 8 – проективне покриття 51–60%; 9 – проективне покриття 61–80%; 10 – проективне покриття 81–100%. Таким чином, чим більше проективне покриття лишайників і чим більше видів мешкає на цій ділянці місцевості, тим вищий показник І.Ч.П. і, відповідно, тим чистіше повітря місця перебування.

На основі розрахованих індексів (І.Ч.П.) було виділено ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони [2; 10]: 0–0,9 – лишайникова пустеля; 1–4,9 – сильно забруднена зона; 5,0–9,9 – середньо забруднена зона; 10,0–14,9 – слабко забруднена зона; 15 та більше – не забруднена зона.

Для ідентифікації видів лишайників використовували низку визначників і монографій [2; 11–15]. Латинські назви видів лишайників подано згідно із сучасними стандартами та узгоджено з довідником «The second checklist of lichen forming, lichenicolous and allied fungi of Ukraine» [16] і Міжнародною базою даних із систематики грибів «Index Fungorum» [17].

Результати та їх обговорення. У результаті проведених досліджень на території м. Суми було зареєстровано 26 видів лишайників, які репрезентують 17 родів, 12 родин, 6 порядків і 3 класи (Lecanoromycetes – 24 види, Dothideomycetes й Eurotiomycetes – по одному виду) відділу Ascomycota. Серед них 11 видів є індикаторами ступеня забруднення атмосферного повітря: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *H. tubulosa* (Schaeer.) Nav., *Lecanora chloropolia* (Erichsen) Almb., *Parmelia*

sulcata Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda, *Straminella varia* (Hoffm.) S.Y. Kondr., Lőkös & Farkas (syn. *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach.) та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Аналіз видового різноманіття епіфітних лишайників у різних районах міста та його околицях показав, що число видів епіфітів в окремих точках спостережень (у розрахунку на 10 екземплярів деревних порід) значно варіює. Так, якщо в північно-західних і більшій частині східних районів м. Суми кількість видів на форофітах у вуличних насадженнях коливається від 1 до 5, то в центральній, північно-східній і південній частині міста це число є дещо вищим – 6–7 видів, а в околицях зростає до 8–9 видів. Видове різноманіття епіфітних лишайників на форофітах, що зростають у скверах і парках далі від проїжджої частини, є дещо вищим порівняно з форофітами вуличних насаджень. Загалом у разі просування від околиць до центра міста спостерігається збіднення видового різноманіття епіфітних лишайників, відзначається поява лишайникових пустель (Курський мікрорайон, околиці с. Токарі). Тобто для Сум характерне явище збіднення епіфітної ліхенобіоти, відоме під назвою «міський ефект».

У результаті аналізу отриманих показників за видовим складом епіфітних лишайників та поширенні окремих видів визначено існування відмінних груп епіфітних лишайників, що різняться чутливістю до забруднення атмосферного повітря. Ці групи видів епіфітних лишайників виділяються характерним поширенням на території міста і різною представленістю в різних типах насаджень.

За ступенем чутливості до атмосферного забруднення виявлені види лишайників можна поділити на чотири групи. Найбільш чутливі до атмосферного забруднення види таких родів куцистих лишайників, як *Evernia* і *Cladonia*, виявлені у природних лісах і насадженнях лише на околицях північно-східної частини міста на достатній відстані від автошляхів.

Другу групу видів, сильно та середньо чутливих до атмосферних забруднень, становлять епіфітні листуваті лишайники родини Parmeliaceae (*Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia sulcata*), які є характерними для природних лісів, парків і скверів, рідше – вуличних насаджень в околицях та центрі міста. Найбільше видове різноманіття та проективне покриття лишайників з другої групи було виявлено у центральній та північній частинах міста. У східній і південно-західній частині міста ця група епіфітів була представлена поодинокими сланями окремих видів.

Третю групу епіфітних лишайників становлять стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на еутрофікованій (запиленій) корі. Це види роду *Lecanora*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina* тощо. Ці види поширені порівняно рівномірно по всій території міста, в тому числі на корі форофітів вуличних насаджень.

Четверту групу видів становлять токситолерантні лишайники *Lecanora varia* та *Scoliciosporum*

chlorococcum – індикатори кислотного забруднення атмосферного повітря. На корі форофітів вуличних насаджень види такої групи трапляються майже по всій території міста у скверах, парках, лісосмугах, вуличних насадженнях тощо.

На основі даних розрахунку І.Ч.П. для м. Суми та його околиць були виділені чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, які значною мірою корелюють з даними картування груп епіфітних лишайників з подібною чутливістю до атмосферних забруднень [2; 4; 7].

Лишайникова пустеля (І.Ч.П. = 0,2–0,9) розташована у вигляді декількох ізольованих осередків у східній та північно-західній частинах міста (Курський мікрорайон, вул. Металургів, територія біля ПАТ «Сумихімпром», околиці с. Токарі). Лишайниковий покрив збіднений, місцями практично відсутній. Трапляються таломі токситолерантних видів *Lecanora varia* та *Scoliciosporum chlorococcum* із дуже малим проективним покриттям.

Сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 1,5–4,2) розташована, головним чином, у центральній і північно-східній частинах міста. У зоні трапляються токситолерантні лишайники *Scoliciosporum chlorococcum*, а також лишайники середньої чутливості до забруднення *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella* тощо. Епіфітний покрив лишайників у цій зоні відрізняється невисоким видовим різноманіттям із рідким або низьким проективним покриттям.

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 5,1–9,5) знаходиться у вигляді ізольованих осередків у центральній та південно-західній частинах міста по вулицях Набережна р. Стрілки, Герасіма Кондрацьєва, Ільїнська, Роменська, а також в околицях с. Сад. Видовий склад лишайників у такій ліхеноіндикаційній зоні багатший, ніж у сильно забрудненій зоні. Однак найчутливіші до атмосферного забруднення куцисті лишайники тут відсутні.

Слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 10,0–10,3) характерна для північної (мікрорайони Лука, Баранівка), південної (околиці с. Тімірязєвка), південно-східної (мікрорайон Баси), а також центральної (дитячий парк «Казка», дендропарк ім. Асмолова, парк культури та відпочинку імені І.М. Кожедуба) частин міста, а також у вигляді ізольованих осередків знаходиться у західній частині міста (мікрорайон Веретенівка). Найхарактернішою рисою такої ліхеноіндикаційної зони є найвище видове різноманіття покриву епіфітних лишайників загалом, а також присутність найчутливіших до забруднення атмосферного повітря видів куцистих лишайників.

Висновки. Отже, для ізотоксичних ліхеноіндикаційних зон на території м. Суми прослідковується зв'язок з ареалами високих концентрацій у повітрі деяких забрудників, що пов'язані з осередками промислово-транспортних викидів. Викиди шкідливих речовин в атмосферу Сум від стаціонарних джерел сконцентровані в основному у північно-західній і східній частинах міста, тоді як від автотранспорту викиди в основному поширені рівномірно по всій території міста

і найбільше відзначаються у його центральній частині. Таким чином, знаходження лишайникових пустель, а також сильно і середньо забруднених ліхеноіндикаційних зон у північно-західній та східній частинах міста співпадають з територіями розміщення найбільших стаціонарних промислових підприємств м. Суми – основних джерел викидів в атмосферне повітря (ВАТ

«Центроліт», ПАТ «Сумське НВО ім. М.В. Фрунзе», ПАТ «Суміхімпром»).

Зона слабого забруднення повітря за ліхеноіндикаційними показниками характерна головним чином для значно заліснених, з великою площею паркових насаджень територій, а також добре аерованих частин міста, де відсутні великі промислові підприємства.

Література:

1. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища / Ашихміна Т. Я. та ін. К: Знання, 2005. 450 с.
2. Кондратюк С. Я., Мартиненко В. Г. Ліхеноіндикація (Посібник). Київ-Кіровоград : ТОВ «КОД», 2006. 260 с.
3. Трасс Х. Х. Биоиндикация состояния атмосферной среды городов. *Экологические аспекты городских систем* / Отв. ред. Л. М. Сушеня. Минск: Наука і техника, 1984. С. 96–109.
4. Пірогов С. В., Волгін С. О. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою шпилькових і листяних дерев на Західній Україні. *Біологічні студії*. 2008. Т. 2, №1. С. 86–91.
5. Зеленко С. Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова. *Український ботанічний журнал*. 1999. Т. 56, № 1. С. 64–67.
6. Ричак Н. Л., Свистунова А. М. Оцінка якості атмосферного повітря урбосистеми методом ліхеноіндикації (на прикладі Дзержинського району міста Харкова). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2013. № 1070. Серія «Екологія». Випуск 9. С. 74–83.
7. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. *Український ботанічний журнал*. 2008. Т. 65, № 4. С. 572–585.
8. Шершова Н. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. *Український ботанічний журнал*. 2018. Т. 75, №2. С. 143–148.
9. Литвиненко Ю. І., Маслов Д. В. Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря м. Путивль. *Слобожанський науковий вісник. Серія природнича*. 2022. Т. 1, вип. 1.
10. Трасс Х. Х. Классы полевотолерантности лишайников и экологический мониторинг. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. Т. 7. Л.: Гидрометеоздат, 1985. С.122–137.
11. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Вид-во АН УРСР, 1956. Т. 1. 495 с.
12. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Наукова думка, 1968. Т. 2. Ч. 1. 500 с.
13. Окснер А. М. Флора лишайників України. К. : Наукова думка, 1993. Т. 2. Ч. 2. 542 с.
14. Окснер А. М. Флора лишайників України. В 2-х т. Т.2., вип. 3. К. : Наукова думка, 2010. 663 с.
15. Wetmore C. Key to the lichens of Minnesota. St. Paul, Minnesota: University of Minnesota, 2005. 92 pp.
16. Index Fungorum. CAB International databases [online]. URL: www.indexfungorum.org [дата звернення 30.06.2022]
17. Kondratyuk S. Ya., Khodosovlsev O. Ye., Zelenko S. D. The second checklist of lichen forming, lichenicolous and allied fungi of Ukraine. Kyiv : Phytosociocentre, 1998. 180 p.

References:

1. Bioindykatsiia ta biotestuvannia – metody piznannia ekolohichnoho stanu navkolyshnoho seredovyscha (2005) [Bioindication and biotesting are methods of knowing the ecological state of the environment] / Ashykhmina T. Ya. et al. Kyiv : Znannia. 450 pp. [in Ukrainian]
2. Kondratiuk S. Ya., Martynenko V. H. (2006) Likhenoindykatsiia (Posibnyk) [Lichen indication (Guide)]. Kyiv-Kirovohrad : TOV "KOD". 260 pp. [in Ukrainian]
3. Trass Kh. Kh. (1984) Bioindikatsiia sostoiania atmosfernoj sredy horodov. [Bioindication of the state of the atmospheric environment of cities.]. *Environmental aspects of urban systems*. Minsk : Navuka i tehnika. P. 96–109. [in Russian]
4. Pirogov M. V., Volgin S. O. (2008) Bioindykatsiini doslidzhennia za epifitnoiu likhenofloroju shpylkovykh i lystianykh derev na Zakhidnii Ukraini [Bioindication researches at epiphytic lichenoflora of deciduous and coniferous trees in the Western Ukraine]. *Studia biologica*. Volume 2, Issue 1. P. 86–91. [in Ukrainian]
5. Zelenko S. D. (1999) Likhenoindykatsiina otsinka zabrudnenosti povitria m. Chernihova [Lichen indication assessment of air pollution in the Chernihiv city]. *Ukrainian Botanical Journal*. Volume 56, Issue 1. P. 64–67. [in Ukrainian]
6. Rychak N. L., Svystunova A. M. (2013) Otsinka yakosti atmosfernoho povitria urbosystemy metodom likhenoindykatsii (na prykladi Dzerzhynskoho raionu mista Kharkova) [Assessment of atmospheric air quality of the urban system by the method of lichen indication (on the example of the Dzerzhinsky district of the city of Kharkiv)]. *The Journal of V. N. Karazin Kharkiv National University*. №1070. Series «Ecology». Issue 9. P. 74–83. [in Ukrainian]
7. Dymytrova L. V. (2008) Likhenoindykatsiia zabrudnennia atmosfernoho povitria m. Kyieva [Lichenindication of air pollution in Kyiv city]. *Ukrainian Botanical Journal*. Volume 65, Issue 4. P. 572–585. [in Ukrainian]
8. Shershova N. V. (2018) Likhenoindykatsiia stanu atmosfernoho povitria v misti Vasylykiv Kyivskoi oblasti [Lichen indication of air quality in Vasylykiv town (Kyiv Region)]. *Ukrainian Botanical Journal*. Volume 75, Issue 2. P. 143–148. [in Ukrainian]
9. Lytvynenko Yu. I., Maslov D. V. (2022) Likhenoindykatsiina otsinka yakosti atmosfernoho povitria m. Putyvl [Lichen indication of air quality in Putyvl' town]. *Slobozhan Scientific Bulletin. Series "Natural Sciences"*. Volume 1, Issue 1. [in Ukrainian]

10. Trass Kh. Kh. (1985) Klassy poleotolerantnosti lishaynikov i ekologicheskiy monitoring [Classes of lichen field tolerance and ecological monitoring]. *Problemy ekologicheskoho monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Volume 7. Leningrad: Gidrometeoizdat. P. 122–137. [in Russian]
11. Oksner A. M. (1956) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Vydavnytstvo AN URSSR. Vol. 1. 495 pp. [in Ukrainian]
12. Oksner A. M. (1968) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Naukova dumka. Vol. 2. Part 1. 500 pp. [in Ukrainian]
13. Oksner A. M. (1993) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Naukova dumka. Vol. 2. Part 2. 542 pp. [in Ukrainian]
14. Oksner A. M. (2010) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Volume 2, Issue 3. Kyiv : Naukova dumka. 663 pp. [in Ukrainian]
15. Wetmore C. (2005) Key to the lichens of Minnesota. St. Paul, Minnesota: University of Minnesota. 92 pp. [in English]
16. Index Fungorum. CABI Bioscience databases [online]. URL: www.indexfungorum.org [Accessed 30.06.2022] [in English]
17. Kondratyuk S. Ya., Khodosovlsev O. Ye., Zelenko S. D. (1998) The second checklist of lichen forming, lichenicolous and allied fungi of Ukraine. Kyiv : Phytosociocentre. 180 pp. [in English]