

## ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ М. ПУТИВЛЬ

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

Маслов Денис Олегович

здобувач  
Сумського державного педагогічного університету імені А. С. Макаренка

У ході проведених досліджень у місті Путивль (Сумська область) було виявлено 17 видів епіфітних лишайників, серед яких 7 індикаторних видів: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. З них один вид лишайників має високу чутливість до забруднення атмосферного повітря, три види становлять групу сильно та середньо чутливих видів, два види є стійкими до забруднення, один вид є індикатором кислотного забруднення атмосферного повітря. Поширення індикаторів пилового й кислотного забруднення зафіксовано по всій території міста у насадженнях уздовж автомобільних шляхів, парках і скверах. Поширення індикаторів з високою чутливістю приурочено до природних лісових насаджень у північно-західній частині міста; із середньою чутливістю – до природних лісів і парків та вуличних насаджень в околицях та центрі міста. Стійкі до атмосферного забруднення види поширені досить рівномірно по всій території міста, у 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 три ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, що відповідають різним рівням забруднення. Зона із середнім рівнем забруднення займає близько 70% всієї території міста, слабкозабруднена – 20%, сильнозабруднена – 10%. Переважання за площею середньо забрудненої ліхеноіндикаційної зони свідчать про те, що основним фактором, який впливає на стан атмосферного повітря м. Путивль, є автотранспорт. Найбільш забруднені ділянки приурочені до центра міста, що пов'язано із місцем розташування основних автомобільних шляхів, автостанції та промислового підприємства. Незабруднені райони міста приурочені до заплави р. Сейм, лісових масивів та паркових зон міста, які зберігають певні риси природних екотопів.

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

### *Lytvynenko Yulia, Maslov Denys. Lichen indication of air quality in Putyvl' town*

As a result of the conducted survey, 17 species of epiphytic lichens were identified in Putyvl' town (Sumy Region) including 7 indicator species: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr. One of these lichen species is indicator of acid pollution, one species have high sensitivity, three species – medium sensitivity to air pollution; two species are resistant to pollution. Indicators of acid pollution were found throughout the city on trees along highways, in parks and squares. Distribution of indicators with high sensitivity is confined to the natural forest communities in the north-western part of the town. Medium-sensitive species were also found in natural forests, parks and street plantings in the town center and its surroundings. Species resistant to air pollution are distributed quite evenly throughout the town, 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 town area has been subdivided into three isotoxic lichen zones corresponding to different levels of pollution. The zone with an average level of pollution occupies about 70% of the entire territory of the town. The slightly polluted zone occupies about 20% of the town area. Heavily areas polluted occupy the least area (almost 10%) and are located in the town center. It is related to the location of the main highways, bus station and industrial enterprise of the town. Unpolluted sites are confined to the floodplain of the Seim River, forest areas and park zones of the town, which preserve certain features of natural ecotopes. The predominance of the zone with an average level of pollution indicates that the main factor influencing the state of outdoor air pollution in the town is motor transport.

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

**Вступ.** За останні півстоліття все більш актуальними стають питання організації спостережень та контролю за змінами стану атмосферного повітря під впливом антропогенних факторів. Моніторингові дослідження докільця сьогодні розглядаються в якості важливих чинників, які попереджають про небезпечні явища, сприяючи їх запобіганню. Одним із специфіч-

них методів моніторингу є біоіндикація яка має ряд переваг перед інструментальними методами. Вона відрізняється високою ефективністю, не вимагає великих витрат і дає можливість характеризувати стан середовища за тривалий проміжок часу [1].

Процес біоіндикаційної оцінки екосистем неможливий без дослідження криптогамних рослин і грибів як

складової рослинного покриву [2]. Досить чутливі до екологічного стресу, насамперед такого, що супроводжується атмосферним забрудненням, евтрофікацією чи змінами клімату є лишайники. У зв'язку із цим вони є перспективними біоіндикаторами порушення екосистем та успішно використовуються для оцінки їх стану [2–4].

Метою нашої роботи було провести ліхеноіндикаційні дослідження щодо встановлення якості атмосферного повітря м. Путивль (Сумська область, Україна).

**Матеріали та методи.** Дослідження проводились у різних районах міста Путивль протягом вегетативного сезону 2022 року. Вимірювання проводили на пробних майданчиках, які включали встановлення проективного покриття епіфітних видів лишайників методом «лінійних перетинів» з подальшим розрахунком індексу чистоти повітря Ле Блана та Де Слувера (І.Ч.П. або І.А.Р. – від англ. «index of air purity») [2]. Даний показник математично є сумою добуток комбінованого показника покриття/трапляння та екологічних індексів, що відображають чутливість до забруднення кожного виду лишайників, що утворюють угруповання. Розрахунок проводили за наступною формулою:

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

де  $Q_i$  – екологічний індекс певного  $i$ -того виду (або індекс асоційованості), це загальне число видів, виявлених на даному майданчику;  
 $n$  – кількість видів;  $f_i$  – проективне покриття  $i$ -того виду в балах, яке визначалося 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%.

Значення І.Ч.П. можуть розташовуватися в діапазоні від 0 до нескінченності (теоретично). На підставі розрахованих індексів (І.Ч.П.) виділялися наступні ізотоксичні зони [2; 5]:

- 0–0,9 – лишайникова пустеля;
- 1–4,9 – сильно забруднена зона;
- 5,0–9,9 – середньо забруднена зона;
- 10,0–14,9 – слабо забруднена зона;
- 15 та більше – не забруднена зона.

І.Ч.П. корелює з концентрацією  $SO_2$  у повітрі (за Трассом, 1985) [6]:

І.Ч.П.	Концентрація $SO_2$ , мг/м <sup>3</sup>
0–9	понад 0,086
10–24	0,086–0,057
25–39	0,057–0,028
40–54	0,028–0,014
більше 55	менше 0,014

На основі розрахованих індексів було складено індикаційну карту міста (рис. 1). Площі з близькими значеннями І.Ч.П. були об'єднані в ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони [5].

Для ідентифікації видів лишайників використовували ряд визначників і монографій [2; 7–11]. 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» [12] і Міжнародною базою даних з систематики грибів «Index Fungorum» [13].

**Результати.** У ході проведених досліджень у м. Путивль було виявлено 17 видів лишайників із 14 родів, 9 родин, 5 порядків. Серед них 7 видів є індикаторами ступеня забруднення атмосферного повітря: *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelia sulcata* Taylor, *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Scoliosporium chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda та *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr.

Аналіз видового різноманіття лишайників у різних районах міста показав, що число видів епіфітів в окремих точках спостережень (у розрахунку на 10 екземплярів деревних порід) значно варіював. Так, якщо в північно-західних і більшій частині східних районів м. Путивля число видів на форофітах у вуличних насадженнях коливалося від 1 до 4, то в центральній, північно-східній частині міста та в його околицях їх кількість була вищою і становила 5–7 видів. Видове різноманіття епіфітних лишайників на форофітах, що зростають у скверах далі від проїжджої частини, було вищим, порівняно з форофітами вуличних насаджень. У цілому при просуванні від околиць до центра міста спостерігалось збіднення видового різноманіття епіфітних лишайників.

За ступенем чутливості до атмосферного забруднення виявлені нами види лишайників можна поділити на чотири групи. Найбільш чутливі до атмосферного забруднення види кущистих лишайників з роду *Evernia* Ach. Представники останніх були виявлені у природних лісах і насадженнях лише на околицях північно-західної частини міста на достатній віддалі від автошляхів. На території м. Путивль лишайники даної групи репрезентовані єдиним видом – *Evernia prunastri*.

Другу групу видів, сильно та середньо чутливих до атмосферних забруднень, складають епіфітні листуваті лишайники родини Parmeliaceae (*Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata*), які є характерними для природних лісів і парків, рідше – для вуличних насаджень в околицях та центрі міста. Найбільше видове різноманіття лишайників з другої групи було виявлено в північній та північно-західній частині міста. В центральній частині міста ця група епіфітів була представлена меншою кількістю.

Третю групу лишайників-епіфітів складають стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на еутрофікованій (запиленій) корі. На території міста в цієї групи найчастіше траплялися такі листуваті лишайники, як *Phaeophyscia orbicularis* та *Xanthoria parietina*. Ці види поширені досить рівномірно по всій території міста, в тому числі і на корі форофітів вуличних насаджень.

Четверту групу видів складають токситолерантні лишайники. У їх числі і виявлені нами у м. Путивль

*Scoliciosporum chlorococcum* – індикатор кислотного забруднення атмосферного повітря. На корі форофітів вуличних насаджень види даної групи траплялися майже по всій території міста у скверах, парках, лісосмугах, вуличних насадженнях тощо.

На основі даних розрахунку І.Ч.П. (табл. 1) для м. Путивль нами було виділено три ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, які в значній мірі корелюють з даними картування груп епіфітних лишайників з подібною чутливістю до атмосферних забруднень (рис. 1).

Сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 3,6–3,8) має вигляд ізольованого осередку, розташованого у центральній частині міста. У зоні зростають токситолерантні лишайники *Scoliciosporum chlorococcum*,

а також лишайники середньої чутливості до забруднення *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella*, *Phaeophyscia orbicularis* тощо. Епіфітний покрив лишайників в даній зоні відрізняється найбільш бідним видовим різноманіттям.

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 5,2–9,8) займає більшу частину міста. Видовий склад лишайників в даній зоні багатший, ніж у сильно забрудненій ліхеноіндикаційній зоні. Зокрема, зустрічалися такі види: *Hypogimnia physodes*, *Parmelia sulcata*, *Physcia tenella* тощо. У цій зоні виявлені поодинокі слані найчутливішого до атмосферного забруднення представника кущистих лишайників – *Evernia prunastri*.

Слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 10,0–10,2) займає південно-західну частину

Таблиця 1

Результати визначення І.Ч.П. на території м. Путивль

Точка виміру	І.Ч.П.	Точка виміру	І.Ч.П.
Просп. Іоанна Путивльського (вул. Курська), точка 1	3,6	Вул. Свобода	8,2
		Вул. Лукова	8,2
Просп. Іоанна Путивльського (вул. Курська), точка 2	3,8	Вул. Садова	8,2
		Вул. Чкалова	8,6
Вул. Соборна	6,8	Вул. Шевченка	9,3
Вул. Глухівська	6,8	Міський літній парк	9,3
Вул. Борисоглібська	6,8	Вул. Білобережна	9,8
Вул. Богдана Хмельницького	7,4	Вул. Монастирська	9,8
Вул. Кузнечна	7,6	Вул. Пушкіна	9,8
Вул. Польова	7,6	паркова зона Городище	10,0
Вул. Ковпака	8,0	Правий берег р. Сейм, точка 1	10,2
Вул. Микола-Можайська	8,0	Правий берег р. Сейм, точка 2	10,2

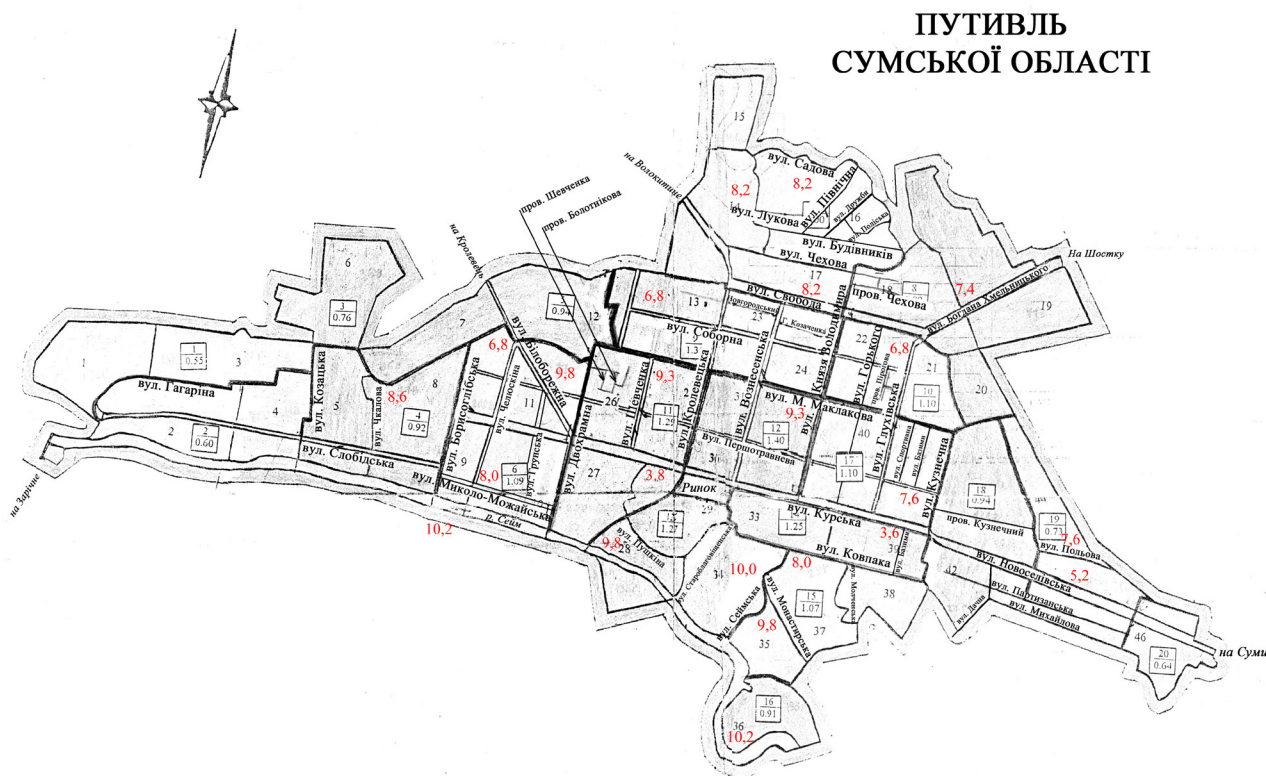


Рис. 1. Картосхема м. Путивля із позначенням І.Ч.П. для окремих районів міста

міста. Вона тонкою смугою тягнеться із заходу на схід вздовж долини р. Сейм. Найхарактернішою рисою даної ліхеноіндикаційної зони є найвище видове різноманіття покриву епіфітних лишайників в цілому, проєктивне покриття яких досягало 30–60%, а також присутність найчутливіших до атмосферного забруднення видів куцистих лишайників – *Evernia prunastri*.

Для ізотоксичних зон, що були виявлені нами для території м. Путивль на основі ліхеноіндикаційних показників, прослідковується зв'язок з ареалами високих концентрацій в повітрі деяких забруднювачів. Останні в основному пов'язані з осередками атмосферних транспортних викидів та малої промисловості. Так, викиди шкідливих речовин в атмосферне повітря міста сконцентровані в основному в центральній його частині, що корелює з розташування головних транспортних розв'язок. Так, сильно забруднена ізотоксична зона витягнула вздовж вул. Курської, яка є частиною траси міжміського сполучення Суми-Шостка. Саме тут відбувається активний рух автотранспорту в напрямку обласного центру і навпаки. Крім того, в цій зоні розміщена автостанція м. Путивль (далі АС «Путивль»). Також, на нашу думку, низькі значення І.Ч.П. вздовж згаданої вулиці можуть бути наслідком викидів в атмосферне повітря одного з найбільших промислових підприємств міста – приватне виробниче підприємство «Сейм» (далі ПВП «Сейм»). Підприємство спеціалізується на виробництві електророзподільчої та контрольної апаратури, інших видів електронних компонентів й опалювальних систем та розташований саме на вул. Курській (точка 1).

Порівняно низькі значення І.Ч.П. прослідковувалися і в південно-східній частині міста по вул. Ново-

селівській, яка також є частиною траси міжміського сполучення Суми-Шостка. Крім того, на цій вулиці розміщена одна з автозаправних станцій (АЗС) міста.

Зона слабкого (за ліхеноіндикаційними показниками) забруднення повітря характерна, головним чином, для житлових масивів, заліснених районів та паркових зон Путивля. В цілому результати наших досліджень свідчать про те, що в цій зоні атмосферне повітря зазнає меншого комплексного впливу вихлопних газів автотранспорту порівняно з іншими частинами міста. А відсутність великих промислових підприємств не навантажує атмосферу викидами різноманітних забруднювачів.

У районах із високими значеннями І.Ч.П. розповсюджені куцисті лишайники. Так, *Evernia prunastri*, була виявлена нами на досліджених територіях на березі р. Сейм, для якого показник І.Ч.П. є найвищим.

У результаті обрахунку співвідношення І.Ч.П. до показників концентрації діоксиду сірки ( $\text{SO}_2$ ) встановлено, що для атмосферного повітря м. Путивль перевищення ГДК<sub>SO<sub>2</sub></sub> (0,05 мг/м<sup>3</sup>) не було встановлено.

**Висновки.** Результати ліхеноіндикаційних досліджень свідчать про те, що територія м. Путивль в цілому є слабо забрудненою. Найбільш забруднені ділянки приурочені до центра міста, що пов'язано із місцем розташування АС «Путивль», основних автомобільних шляхів та ПВП «Сейм». Незабруднені райони міста приурочені до заплави р. Сейм, лісових масивів та паркових зон міста, які зберігають певні риси природних екотопів. Переважання за площею середньо забрудненої ліхеноіндикаційної зони свідчать про те, що основним фактором, який впливає на стан атмосферного повітря м. Путивль, є автотранспорт.

#### Література:

1. Біоіндикація та біотестування – методи пізнання екологічного стану навколишнього середовища / Ашихміна Т.Я. та ін. Київ : Знання, 2005. 450 с.
2. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. Ліхеноіндикація (Посібник). Київ-Кіровоград : ТОВ «КОД», 2006. 260 с.
3. 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.
4. Шершова Н.В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. *Український ботанічний журнал*. 2018. Т. 75, № 2. С. 143–148.
5. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг. *Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем*. Т. 7. Ленинград : Гидрометеоздат, 1985. С. 122–137.
6. Димитрова Л.В. Урбаногрупи епіфітних лишайників та особливості їх поширення. *Український ботанічний журнал*. 2008. Т. 65, № 3. С. 408–417.
7. Окснер А.М. Визначник лишайників України. Київ : Вид-во АН УРСР, 1937. 340 с.
8. Окснер А.М. Флора лишайників України. Київ : Вид-во АН УРСР, 1956. Т. 1. 495 с.
9. Окснер А.М. Флора лишайників України. Київ : Наукова думка, 1968. Т. 2. Ч. 1. 500 с.
10. Окснер А.М. Флора лишайників України. Київ : Наукова думка, 1993. Т. 2. Ч. 2. 542 с.
11. Окснер А.М. Флора лишайників України. В 2-х т. Т. 2., вип. 3. Київ : Наукова думка, 2010. 663 с.
12. Index Fungorum. CAB International Bioscience databases [online]. URL: [www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org) [дата звернення 30.06.2022].
13. 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 seredovyshcha (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. Rychak N. L., Svystunova A. M. (2013) Otsinka yakosti atmosferneho 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]
4. Shershova N. V. (2018) Likhenoindykatsiia stanu atmosferneho 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]
5. Trass Kh. Kh. (1985) Klassy poleotolerantnosti lishaynikov i ekologicheskyy monitoring [Classes of lichen field tolerance and ecological monitoring]. *Problemy ekologicheskoho monitoringa i modelirovaniya ekosistem*. Volume 7. Leningrad: Gidrometeoizdat. P. 122–137. [in Russian]
6. Dymytrova L. V. (2008) Urbanohrupy epifitnykh lyshainykyv ta osoblyvosti yikh poshyrennia [Types of epiphytic lichens and their distribution in the urban area of Kyiv city]. *Ukrainian Botanical Journal*. Volume 65, Issue 3. P. 408–417. [in Ukrainian]
7. Oksner A. M. (1937) Vyznachnyk lyshainykyv Ukrainy [The hand-book of lichens of Ukraine]. Kyiv : Vydavnytstvo AN URSR. 340 pp. [in Ukrainian]
8. Oksner A. M. (1956) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Vydavnytstvo AN URSR. Vol. 1. 495 pp. [in Ukrainian]
9. Oksner A. M. (1968) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Naukova dumka. Vol. 2. Part 1. 500 pp. [in Ukrainian]
10. Oksner A. M. (1993) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Kyiv : Naukova dumka. Vol. 2. Part 2. 542 pp. [in Ukrainian]
11. Oksner A. M. (2010) Flora lyshainykyv Ukrainy [Lichen flora of Ukraine]. Volume 2, Issue 3. Kyiv : Naukova dumka. 663 pp. [in Ukrainian]
12. Index Fungorum. CABI Bioscience databases [online]. URL: [www.indexfungorum.org](http://www.indexfungorum.org) [Accessed 30.06.2022] [in English]
13. 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]