

9. Тимофєєв В. Є., Клок С. В., Корнус А. О., Корнус О. Г., Данильченко О. С. Українське Полісся як індикатор сучасних кліматичних змін // Українське Полісся: проблеми та тренди сучасного розвитку : матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Ніжин, 10-11 лютого 2022 р.). Ніжин: НДУ імені Миколи Гоголя. С. 102-105.

10. history+[®] архівні дані погоди (Трубчевськ) [Електронний ресурс]. URL: <https://www.meteoblue.com/uk/user/order/historyplus?> (дата звернення 29.01.2024 р.).

Summary

Kornus A. Anemobaric Conditions of the Thunderstorm Activity in North of the Sumy Region.

Over the past decades, researchers have focused on climate change, but wind patterns and thunderstorm activity, despite their importance, have received less attention. The study concerns the northern part of Sumy region and covers the period 2005-2024, compared to the data for 1961-1990. Over the past twenty years, there has been a decline in thunderstorm activity. Their largest number is recorded in summer, especially in July. Thunderstorms usually occur in the afternoon and last for 1-2 hours at temperatures between 15 and 25°C. However, they can also occur at other temperature conditions, ranging from 5.7 to 32.5°C. Observations have shown that the average atmospheric pressure during a thunderstorm is 742.3 mm Hg, with the most frequent cases at pressure values from 740 to 745 mm Hg. As for winds, winds from the east and northeast are most often recorded during thunderstorms. An important characteristic of thunderstorms is their correlation with precipitation; heavy rains accompany a significant part of thunderstorm events. During thunderstorms with heavy rainfall, east and southeast winds prevail. Compared to the previous period, no significant changes in the characteristics of thunderstorm activity were detected in 2005-2024. Although changes in the wind regime are possible, the overall activity of thunderstorms remains stable.

Keywords: *thunderstorm activity, wind, wind direction, wind conditions.*

УДК 582.29+504.3.054:504.064.3

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.11124701>

Литвиненко Ю.І., Вакал А.П., Литвиненко Д.В., Маслов Д.О.

ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ ПРИРОДНИХ ЕКОСИСТЕМ У ЗОНІ ПОВІТРЯНОГО ЗАБРУДНЕННЯ ПАТ «СУМИХІМПРОМ»

У статті представлено результати біоіндикаційної оцінки сучасного стану природних екосистем у зоні впливу повітряних викидів ПАТ «Сумихімпром» із використанням епіфітної ліхенофлори. Для встановлення трансформації біоценозів від території хімічного підприємства було закладено два профілі у східному та південно-східному напрямках протяжністю до 10 км. На основі проведеної ліхеноіндикаційної оцінки досліджених профілів виділено чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони: лишайникова пустеля (до 2,5 км від хімкомбінату); сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона (2,5–3,5 км); середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (4,0–8,0 км); слабо забруднена ліхеноіндикаційна зона (9 км і далі).

© Литвиненко Ю. І., Вакал А. П., Литвиненко Д. В., Маслов Д. О., 2024.



This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License
Article Info: Received: December 12, 2023;
Final revision: February 26, 2024; Accepted: April 5, 2024.

Представлені результати в значній мірі корелюють з даними фітоіндикаційної оцінки природних і штучних угруповань, одержаними авторами у попередніх дослідженнях.

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

Постановка проблеми. Науково-технічний прогрес, що супроводжується швидким розвитком і концентрацією промисловості, незважаючи на ряд блискучих досягнень в останні десятиліття привів людство до загрозливого екологічного стану, значного збільшення забруднюючих речовин. Підвищений вміст останніх у навколишньому середовищі сприяє істотним змінам у структурі наземних екосистем: погіршенню властивостей ґрунтів і їх родючості, зміни рослинного покриву, виступає прямою причиною загибелі багатьох видів біоти. Однією із актуальних і важливих екологічних проблем для території України залишається вплив аеротехногенних викидів на природні рослинні угруповання, зокрема для тих її регіонів, де сконцентровані чисельні хімічні та металургійні підприємства й теплоелектростанції – одні з основних джерел забруднення атмосферного повітря.

Одним із специфічних методів контролю за змінами стану атмосферного повітря та його впливом на природні екосистеми є біоіндикація, яка має ряд переваг перед інструментальними методами. Цей метод дешевий у використанні і надає можливість швидко та ефективно оцінити стан навколишнього середовища за тривалий проміжок часу [8].

Аналіз попередніх досліджень і публікацій. Починаючи з 90-тих рр. ХХ сторіччя в Україні активно проводиться ліхеноіндикаційна оцінка стану атмосферного повітря. У результаті таких досліджень у ряді населених пунктів України було встановлено, що ліхеноіндикаційний метод досить чітко відображає стан приземного шару атмосферного повітря і дозволяє спостерігати за його змінами у ретроспективі [5; 7].

Для оцінки стану атмосферного повітря міст і промислових регіонів широко застосовуються лишайники з різних екологічних і субстратних груп, але найчастіше – епіфіти [8; 11]. У північно-східній частині України подібні дослідження проведені у Чернігові [6], Харкові [12], Києві [5] та Київській області [13]. У Сумській області подібні дослідження були проведені у містах Путивль [10] і Суми [9], переважно на територіях, пов'язаних з осередками транспортних викидів.

Таким чином, метою даного дослідження було провести біоіндикаційну оцінку сучасного стану природних екосистем у зоні впливу повітряних викидів ПАТ «Сумхімпром» із використанням епіфітної ліхенофлори.

Матеріали та методи дослідження. Сумське ПАТ «Сумхімпром» розташовується на південно-східній околиці м. Суми і спеціалізується з

виробництва фосфорних добрив, діоксиду титану, обезфторених фосфатів, сульфатної кислоти. Головними забруднюючими речовинами є діоксид сірки (SO₂), фтористий водень (HF), сірчана кислота (H₂SO₄) та оксиди азоту [2; 3].

Для з'ясування масштабів трансформації природних екосистем у зоні впливу повітряних викидів ПАТ «Сумхімпром» було закладено два профілі у східному і південно-східному напрямках, загальною довжиною до 10 км кожен. Профілі включають різні елементи рельєфу, а їх напрямок корелює з середньорічними даними про переважаючі напрямки вітру у цьому районі [2]. Профілі починалися у безпосередній близькості від виробничої території ПАТ «Сумхімпром» (точка відліку знаходилася на відстані 25 м від забору хімкомбінату). Східний профіль проходив на схід через с. Бездрик до с. Залізник, а південно-східний – через с. Верхня Сироватка.

Матеріал для даного дослідження збирали протягом вегетативних сезонів 2022–2023 років. Польові виміри проводилися вздовж напрямку екологічного профілю протягом 10 км на 10 пробних майданчиках 25×25 м. Контрольні ділянки були розміщені на відстані 20 км від ПАТ «Сумхімпром» в ідентичних до пробних ділянок умовах існування. Пробні та контрольні майданчики розбивалися у насадженнях, не порушених рубками, вітровалами і буреломами, без слідів випасу худоми і сінокосіння, тобто на ділянках з природною фітоценотичною структурою.

На окремому майданчику досліджували всі види добре освітлених листяних дерев. Для кожного форофіту проводилися опис епіфітного лишайникового покриву та вимірювання проективного покриття лишайників за загальноприйнятою методикою [8]. Для встановлення рівня забруднення атмосферного повітря 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), f_i – проективне покриття i -того виду в балах, яке визначалося за шкалою (таблиця 1).

Таблиця 1

Шкала визначення балів проективного покриття [8]

Бал	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Покриття, %	1–3	3–5	5–10	10–20	20–30	30–40	40–50	50–60	60–80	80–100

Ізотоксичні зони виділялися на підставі наступних отриманих даних: 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.

Латинські назви видів лишайників подано згідно сучасних стандартів та узгоджено з довідником «The second checklist of lichen forming, lichenicolous and allied fungi of Ukraine» [15] і Міжнародною базою даних «Index Fungorum» [14].

Результати та їх обговорення. За зовнішньою будовою слани традиційно виділяють кілька морфологічних груп лишайників, які різняться за чутливістю до забруднення атмосферного повітря. Найбільш чутливими до дії поллютантів є кущисті лишайники, які зникають, як правило, одними з найперших. Після кущистих за мірою збільшення стійкості до забруднення йдуть листуваті форми, а найбільш стійкими прийнято вважати накипні лишайники. Проведені нами дослідження підтверджують ці дані (таблиця 2).

Таблиця 1

Результати ліхеноіндикаційної оцінки досліджених профілів

Відстань від об'єкта забруднення, км	Типи таломів лишайників			Ізотоксична ліхеноіндикаційна зона	І.Ч.П.
	накипні	листуваті	кущисті		
0–1,5	–	–	–		0
1,5–2,5	<i>Lecanora varia</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	–	–	Лишайникова пустеля	0,2–0,9
2,5–3,5	<i>Lecanora varia</i> , <i>Scoliciosporum chlorococcum</i>	<i>Parmelia sulcata</i>	–	Сильно забруднена	1,5–4,2
4,0–8,0	<i>Lecanora varia</i> , <i>Lecanora chloropolia</i>	<i>Parmelia sulcata</i> , <i>Physcia tenella</i> , <i>Xanthoria parietina</i>	–	Середньо забруднена	5,1–9,5
9,0–10,0	<i>Lecanora varia</i> , <i>Lecanora chloropolia</i>	<i>Hypogymnia tubulosa</i> , <i>Parmelia sulcata</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i> , <i>Physcia tenella</i> , <i>Xanthoria parietina</i>	<i>Cladonia fimbriata</i> , <i>Evernia prunastri</i>	Слабо забруднена	10,0–10,3

Аналіз видового різноманіття епіфітних лишайників на різних відстанях від хімічного підприємства показав, що число видів епіфітів в окремих точках спостережень значно варіює. У напівкілометровій зоні, яка прилягає до ПАТ «Сумихімпром» за час спостережень не виявлено жодного лишайника. Перші таломі накипних лишайників із слабким проєктивним покриттям виявлені лише на відстані 2,0–3,0 км від заводу. Це такі токсикотолерантні види, як *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach. та *Scoliciosporum chlorococcum* (Graewe ex Stenh.) Vězda.

Перші листуваті лишайники виявлені на відстані 3,2–3,5 км від підприємства та представлені лише одним видом *Parmelia sulcata* Taylor, талом якого мали пригнічений вигляд. І лише на відстані 4,8–5,0 км від ПАТ «Сумхімпром» кількість видів лишайників зростає. Поряд із *Parmelia sulcata* у цьому районі на стовбурі груші звичайної (*Pyrus communis* L.) виявлені: *Physcia tenella* (Scop.) DC., *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *Lecanora chloropolia* (Erichsen) Almb. Таломи всіх представлених тут видів лишайників, окрім *Xanthoria parietina*, мали пригнічений вигляд, а у *Physcia tenella* був змінений колір таломів. На відстані 6 км, окрім вище згаданих видів лишайників, на стовбурі та гілках *Q. robur* виявлено *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl.

Лише на відстані 8–9 км від підприємства відбувається відновлення видового складу лишайників, характерного для лісових фітоценозів даного регіону. Тут представлені листуваті та куцисті лишайники, з'являються також *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., *Evernia prunastri* (L.) Ach., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Nav., *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg.

Таким чином, за ступенем чутливості до атмосферного забруднення виявлені види лишайників можна поділити на чотири групи. Найбільш чутливі до атмосферного забруднення такі види як *Cladonia fimbriata*, *Evernia prunastri*, *Phaeophyscia orbicularis* виявлені у природних лісах і насадженнях лише на достатній віддалі від підприємства. Другу групу видів, сильно та середньо чутливих до атмосферних забруднень, складають епіфітні листуваті лишайники родини Parmeliaceae (*Hypogymnia physodes*, *Hypogymnia tubulosa*, *Parmelia sulcata*). Третю групу епіфітних лишайників складають стійкі до атмосферного забруднення види, які поселяються на еутрофікованій (запиленій) корі. Це види роду *Lecanora*, *Phaeophyscia orbicularis*, *Xanthoria parietina* тощо. Четверту групу видів складають токситолерантні лишайники *Lecanora varia* та *Scoliciosporum chlorococcum* – індикатори кислотного забруднення атмосферного повітря.

На основі даних розрахунку І.Ч.П. для обстежених ділянок були виділені чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, які в значній мірі корелюють з даними картування груп епіфітних лишайників з подібною чутливістю до атмосферних забруднень інших дослідників [5; 6; 12].

Лишайникова пустеля (І.Ч.П. = 0,2–0,9). Зона протяжністю 2,5 км від джерела забруднення. Лишайниковий покрив збіднений, місцями практично відсутній. Трапляються таломи токситолерантних видів *Lecanora varia* та *Scoliciosporum chlorococcum* із дуже малим проєктивним покриттям.

Сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 1,5–4,2). Зона розташована на відстані 2,5–3,5 км. У зоні трапляються токситолерантні лишайники *Lecanora varia*, *Scoliciosporum chlorococcum*, а також лишайники середньої чутливості до забруднення, зокрема *Parmelia sulcata*. Епіфітний

покрив лишайників в даній зоні відрізняється невисоким видовим різноманіттям із рідким або низьким проективним покриттям.

Середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (І.Ч.П. = 5,1–9,5). Зона розташована на відстані 4,0–8,0 км. Видовий склад листуватих лишайників у даній 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). Зона розташована на відстані понад 9,0 км. Найхарактернішою рисою даної ліхеноіндикаційної зони є найвище видове різноманіття покриву епіфітних лишайників в цілому, а також присутність найчутливіших до забруднення атмосферного повітря видів куцистих лишайників.

Висновки. Отже, у зоні впливу аеротехногенного забруднення відбувається трансформація лишайникового покриву, зникнення із природних фітоценозів нестійких до дії SO₂ та HF видів.

На основі проведеної ліхеноіндикаційної оцінки досліджених профілів були виділені чотири ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони, а саме: лишайникова пустеля (до 2,5 км від хімкомбінату); сильно забруднена ліхеноіндикаційна зона (2,5–3,5 км); середньо забруднена ліхеноіндикаційна зона (4,0–8,0 км); слабко забруднена ліхеноіндикаційна зона (9 км і далі). Слід відмітити, що одержані нами результати у значній мірі корелюють з даними, проведеними авторами на цих територіях у попередні роки: результатами фітоіндикаційної оцінки природних угруповань у зоні впливу ПАТ «Сумхімпром» [1; 3], а також трансформації врожаю озимої пшениці у зоні впливу хімічних підприємств [4].

Література

1. Вакал А. П., Дідух Я. П. Фітоіндикаційна характеристика природних умов околиць міста Суми. *Український ботанічний журнал*. 1991. Т. 48, № 5. С. 57–61.
2. Вакал А. П., Дідух Я. П. Індикація екологічних факторів у зоні впливу Сумського ВО «Хімпром». *Український ботанічний журнал*. 1992. Т. 49, №2. С. 26–30.
3. Вакал А. П. Оцінка трансформації рослинності і ґрунтового покриву в зоні впливу хімічних підприємств. *Український ботанічний журнал*. 1993. Т. 50, № 1. С. 31–33.
4. Вакал А. П., Голубцова Ю. І. Вплив агротехногенних викидів на урожай озимої пшениці та його якісні показники. *Природничі науки: Збірник наукових праць*. Суми: СумДПУ ім. А.С.Макаренка. 2003. С. 90–96.
5. Димитрова Л. В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Києва. *Український ботанічний журнал*. 2008. Т. 65, №4. С. 572–585.
6. Зеленко С. Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова. *Український ботанічний журнал*. 1999. Т. 56, № 1. С. 64–67.
7. Клименко В. М. Ліхеноіндикаційна оцінка змін якості атмосферного повітря міста Херсона за 20 років. *Чорноморський ботанічний журнал*. 2015. Т. 11, вип. 4. С. 521–534. doi: <https://doi.org/10.14255/2308-9628/15.114/8>
8. Кондратюк С. Я., Мартиненко В. Г. Ліхеноіндикація (Посібник). Київ-Кіровоград : ТОВ «КОД», 2006. 260 с.

9. Литвиненко Ю. І., Вакал А. П., Литвиненко Д. В. Біоіндикаційні дослідження за епіфітною ліхенофлорою м. Суми та його околиць. *Слобожанський науковий вісник. Серія природнича*. 2022. Т. 1, вип. 2. С. 26–30. doi: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2023.2.4>
10. Литвиненко Ю. І., Маслов Д. О. Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря м. Путивль. *Слобожанський науковий вісник. Серія природнича*. 2022. Т. 1, вип. 1. С. 31–35. doi: <https://doi.org/10.32782/naturalspu/2023.1.6>
11. 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.
12. Ричак Н. Л., Свистунова А. М. Оцінка якості атмосферного повітря урбосистеми методом ліхеноіндикації (на прикладі Держинського району міста Харкова). *Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна*. 2013. №1070. Серія «Екологія» Випуск 9. С. 74–83.
13. Шершова Н. В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. *Український ботанічний журнал*. 2018. Т. 75, №2. С. 143–148. doi: <https://doi.org/10.15407/ukrbotj75.02.143>
14. Index Fungorum. CABI Bioscience databases [online]. URL: www.indexfungorum.org [Accessed 30.11.2023]
15. 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 pp.

Summary

Lytvynenko Yu.I., Vakal A.P., Lytvynenko D.V., Maslov D.O. **Lichen Indication Assessment of the Natural Ecosystems in the Air Pollution Zone of PJSC “Sumykhimprom”**

The article includes the results of a bioindicative assessment of the current state of natural ecosystems based on the analysis of epiphytic lichen flora in the area of air emissions of PJSC “Sumykhimprom”. To establish the transformation of biocenoses in the zone of influence of air emissions of PJSC “Sumykhimprom” (Sumy region, Ukraine), we laid two profiles in the eastern and southeastern directions, with a length of up to 10 km. Based on the conducted lichen-indicative assessment of the studied profiles, four isotoxic lichen-indicative zones were selected: lichen desert (up to 2.5 km from the chemical plant); heavily polluted isotoxic lichen zone (2,5–3,5 km); moderately polluted isotoxic lichen zone (4,0–8,0 km); slightly polluted lichen-indicative zone (9 km and further). The presented results are highly correlated with the data of phytoindicative assessment of natural and artificial plant communities obtained by the authors in previous studies.

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