

## БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА ЯКОСТІ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ В УМОВАХ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ

Коляда О.В., Головань Л.В., Чуприна Ю.Ю., Сургай Л.Л.  
Державний біотехнологічний університет  
вул. Алчевських, 44, 61002, м. Харків  
olyakolyadapovh@gmail.com, golovanlarisa14@gmail.com,  
rybchenko\_yuliya@ukr.net, zlusek4@gmail.com

На сьогодні в умовах надмірного антропогенного навантаження на навколишнє середовище надзвичайно важливим є моніторинг якості атмосферного повітря, в тому числі в невеликих населених пунктах. Одним із ефективних та економічно доцільних методів дослідження якості атмосферного повітря є ліхеноіндикація. У статті досліджено якість атмосферного повітря в межах смт Кранокутськ Харківської області методом ліхеноіндикації. В цілому, за результатами проведеної ліхеноіндикаційної оцінки стану атмосферного повітря в межах населеного пункту було визначено сім видів лишайників, а саме чотири види листових лишайників – фісція ніжна (*Physcia tenella*), гіпогімнія (*Hypogymnia*), пармелія борозниста (*Parmelia sulcata*), ксанторія настінна (*Xanthoria parietina*), два види накипних – ризокарпон географічний (*Rhizocarpon geographicum*), аспіцилія (*Aspicilia*), та один вид кущистих лишайників – евернія сливова (*Evernia prunastri*).

Визначено, що на ділянках із середньою інтенсивністю руху автотранспорту спостерігається, найнижчий ступінь проєктивного покриття стовбурів дерев лишайниками. В районі автостанції, на розі вулиці Миру та Захисників, а також поблизу АЗС Укрнафта атмосферне повітря є слабо забрудненим. Переважаючими на цих територіях є стійкі до забруднення види лишайників такі, як *Rhizocarpon geographicum* та *Xanthoria parietina*. На околицях дендропарку та прилеглий до нього вулиці, з мінімальною інтенсивністю руху автомобілів, ступінь проєктивного покриття лишайниками підвищувався, якість атмосферного повітря значно покращувалась, збільшувалась різноманітність видів лишайників, в тому числі кущистих. Ступінь проєктивного покриття дерев лишайниками становив 60,1–62,4%, індекс чистоти повітря – 11,9–12,5 одиниці. Встановлено дуже високий кореляційний зв'язок між інтенсивністю руху автомобілів та ступенем проєктивного покриття лишайниками, а відповідно і якістю атмосферного повітря на досліджуваних територіях. *Ключові слова:* атмосферне повітря, забруднення, ліхеноіндикація, антропогенне навантаження, лишайники.

**Bioindicative assessment of atmospheric air quality under conditions of anthropogenic pressure. Koliada O., Golovan L., Chuprina Yu., Surgai L.**

Today, in the context of increased anthropogenic pressure on the environment, it is extremely important to monitor the quality of atmospheric air, including in small urban-type villages. One of the effective and economically feasible methods for studying atmospheric air quality is lichen indication. The article investigates the quality of atmospheric air within the urban-type villages of Kranokutsk, Kharkiv region, using the method of lichen indication. In general, according to the results of the lichen-indication assessment of the state of atmospheric air within the village, seven species of lichens were identified, namely four species of leaf lichens – tender fissure (*Physcia tenella*), hypogymnia (*Hypogymnia*), furrowed parmelia (*Parmelia sulcata*), wall xanthoria (*Xanthoria parietina*), two species of scaling lichens – *Rhizocarpon geographicum* and *Aspicilia*, and one species of bushy lichen – *Evernia prunastri*.

It was determined that the areas with medium traffic intensity have the lowest degree of projective coverage of tree trunks with lichens. In the area of the bus station, at the corner of Myru and Zakhystnykiv streets, and near the Ukrnafta gas station, the air is slightly polluted. Pollution-resistant lichen species such as *Rhizocarpon geographicum* and *Xanthoria parietina* predominate in these areas.

It was determined that areas with medium traffic intensity have the lowest degree of projected lichen coverage of tree trunks. In the area of the bus station, at the corner of Myru and Zakhystnykiv streets, and near the Ukrnafta gas station, the air is slightly polluted. Pollution-resistant lichen species such as *Rhizocarpon geographicum* and *Xanthoria parietina* predominate in these areas. On the outskirts of the arboretum and the adjacent street, with minimal traffic, the degree of projected lichen coverage increased, air quality improved significantly, and the diversity of lichen species, including bushy lichens, increased. The degree of projected lichen coverage of trees was 60.1–62.4%, and the air purity index was 11.9–12.5 units. A very high correlation was found between the intensity of car traffic and the degree of projected lichen coverage, and, accordingly, the quality of atmospheric air in the study areas. *Key words:* atmospheric air, pollution, lichen indication, anthropogenic load, lichens.

**Постановка проблеми.** Одним з ключових параметрів якості життя населення будь-якої країни є якість навколишнього середовища. На сьогодні середня тривалість життя в Україні майже на 13 років нижча, ніж в Японії чи Швейцарії. Однією із причин такої ситуації є забруднене довкілля. Одним із основних життєво важливих елементів довкілля є атмосферне повітря. Сьогодні в умовах надмірного антропогенного навантаження, відбувається

значне його забруднення хімічними речовинами, твердими частинками та біологічними матеріалами. Це призводить до порушення природного механізму самоочищення атмосфери та стабільності кругообігу шкідливих речовин, і як наслідок, спричиняє глобальні зміни в атмосфері. Зокрема, змінюється хімічний склад атмосфери, її фізико-хімічні властивості, що проявляється негативним впливом на стан біорізноманіття, здоров'я населення та зміни клі-

мату [1]. Така ситуація вимагає постійного спостереження за основними параметрами якості атмосферного повітря, з метою своєчасного реагування на перевищення встановлених нормативів та розроблення відповідних рекомендацій щодо збереження здоров'я населення, запобігання негативних явищ в екосистемах та усунення наслідків антропогенної діяльності.

**Актуальність дослідження.** На сьогодні науково підтверджено тісний кореляційний зв'язок між рівнем забруднення атмосферного повітря та захворюваністю населення. Відповідно до даних Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ) щороку в світі від забруднення атмосферного повітря передчасно помирають мільйони людей. Що стосується України, то за рівнем забрудненості повітря наша країна перебуває на восьмому місці в Європі та на сорок третьому – в світі. Згідно з інформацією бази даних Глобального тягаря хвороб (GBD) в Україні в 2019 році 42 900 передчасних смертей (10,0% від усіх випадків захворюваності та смертності) були пов'язаними із забрудненням атмосферного повітря [2]. В таких умовах дуже важливим є постійний моніторинг стану атмосферного повітря в населених пунктах, аналіз умісту основних забруднюючих речовин та своєчасне інформування населення щодо можливих ризиків. Саме на основі даних моніторингу стану забруднення атмосферного повітря розробляють заходи щодо покращення якості повітряного басейну.

Особливої уваги заслуговує моніторинг якості атмосферного повітря в невеликих населених пунктах, на території яких не організовано системи стаціонарних постів спостереження. Сьогодні, окрім стаціонарних джерел забруднення атмосферного повітря, значну небезпеку для атмосфери становить автотранспорт, в тому числі й для невеликих міст. Для моніторингу якості атмосферного повітря в невеликих населених пунктах доцільно використовувати біоіндикаційні методи, серед яких особливої уваги заслуговує ліхеноіндикація. Даний метод є простим у застосуванні, ефективним та економічно вигідним. Саме тому, метою нашої роботи є оцінка рівня забруднення атмосферного повітря смт Краснокутськ Харківської області методом ліхеноіндикації.

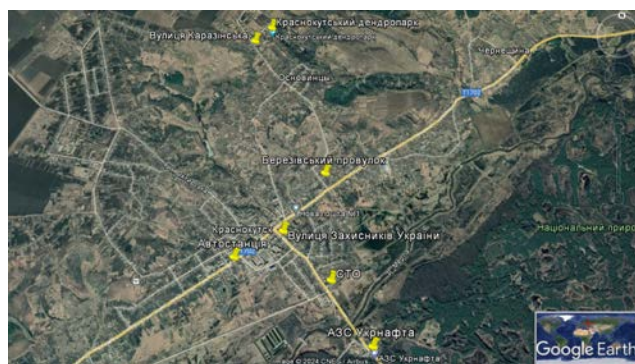
#### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Ліхеноіндикаційні дослідження стану атмосферного повітря активно почали проводитись в Україні з 90-х років ХХ ст. На сьогодні ліхеноіндикаційну оцінку якості атмосферного повітря здійснено у багатьох містах України. Зокрема, у роботах Федонюк В. В. та співавторів представлено результати ліхеноіндикаційної оцінки екологічного стану повітряного басейну міста Луцьк [3]. Зоріна Н. О., Радловська К. О., Боднар Н. В., Голембійовська М. Ю. провели оцінку екологічного стану атмосфери міста Івано-Франківськ даним методом [4]. Низка наукових

праць присвячена дослідженню стану атмосферного повітря міст Київської області [5]. Також на сьогодні ліхеноіндикаційну оцінку якості атмосферного повітря здійснено в багатьох інших містах України, зокрема в Чернівцях [6], Сумах [7], Путивлі [8] та ін. Що стосується міста Харків, науковцями Ричак Н. Л. та Свистуною А. М. [9] проведено оцінку атмосферного повітря методом ліхеноіндикації урбосистем Шевченківського району міста. Що стосується біоіндикації якості атмосферного повітря населених пунктів Харківської області, то останнім часом такі дослідження не проводились взагалі.

**Матеріали та методи досліджень.** Для оцінки якості атмосферного повітря в смт Краснокутськ Богодухівського району Харківської області застосовували метод так званої пасивної ліхеноіндикації, зокрема було проведено візуальні спостереження за поширенням лишайників у середовищі, зроблено необхідні підрахунки, обчислено та встановлено середні статистичні показники проєктивного покриття лишайниками дерев у визначених місцях дослідження. Дослідження було проведено в різних районах селища під час вегетативного сезону 2022 року. Зокрема, ліхеноіндикаційну оцінку якості атмосферного повітря здійснено в районі АЗС Укрнафтагаз, автостанції, на розі вулиці Миру та захисників України, Березівському провулку, а також на околиці Краснокутського дендропарку (рис. 1).

Для проведення дослідження використовували: збільшуваче скло (лупа), каталоги-визначники лишайників, олівець, блокнот, компас, коробку для збору лишайників, палетку з поліетилену 20\*20 см, пляшку з водою, конверти для подальшого зберігання лишайників та пінцет.



*Рис. 1. Картосхема місць проведення ліхеноіндикаційних досліджень в межах смт Краснокутськ*

Дослідження було проведено відповідно до методики, запропонованої Х. Трассом та його послідовниками. Вимірювання здійснювали на пробних майданчиках, які включали визначення проєктивного покриття лишайників із використанням бальної шкали Браун-Бланке (0 балів – лишайники вкрай рідкі, із практично незначним ступенем покриття;

1 бал – лишайники присутні великою кількістю, проте ступінь покриття є незначним або розрідженим, із великою площею покриття; 2 бали – лишайників багато, із проєктивним покриттям від 10,0 до 25,0%; 3 бали – лишайники присутні в будь-якій кількості, з покриттям від 25,0% до 50,0%; 4 бали – лишайники присутні в будь-якій кількості, із покриттям від 50,0% до 75,0%; 5 балів – лишайники мають високий ступінь покриття, більший за 75,0% [10]. Наступним етапом дослідження було передбачено розрахунок індексу чистоти повітря (ІЧП), який представляє собою числове значення, що формально відображає параметри ліхеноіндикаційних досліджень. Розрахунок індексу чистоти повітря проводили відповідно до методики Ле Блана та Де Слувера [8]. Відповідно до значення ІЧП виділяють наступні зони забруднення: дуже забруднена зона – ІЧП – 0–1,0; середньо забруднена зона – ІЧП – 1,0–5,0; слабо забруднена зона – ІЧП – 5,0–10,0; незабруднена зона – ІЧП – більше 10,0.

Для оцінки забруднення атмосферного повітря досліджуваного населеного пункту необхідно обирати вид дерева, який є найбільш поширеним на даній території. В нашому випадку в якості досліджуваного субстрату у визначених районах селища використовували каштани. На кожній досліджуваній ділянці було вибрано однакову кількість дерев без пошкоджень (більше 10 дерев одного виду на відстані 2,5–8,0 м), які мають приблизно однаковий вік. Ступінь покриття стовбурів дерев лишайниками визначали за допомогою палетки, також відмічали домінуючі види на кожній ділянці.

**Викладення основного матеріалу.** Стан атмосферного повітря певної території залежить від обсягів забруднюючих речовин стаціонарних та пересувних джерел забруднення. Стаціонарні джерела забруднення повітря в селищі представлені АЗС, котельнями, серед промислових підприємств в Краснокутській селищній громаді сьогодні функціонують ДП «Дублянський спиртзавод», КП «Джерело», ПП

«Явір», ПП «Цукровик-Агро», ТОВ «Партнер люкс» (проте дані підприємства знаходяться поза межами селища). З огляду на це, якість атмосферного повітря в смт Краснокутськ в основному формується обсягами викидів забруднюючих речовин від пересувних джерел забруднення. На сьогодні основними чинниками інтенсивного забруднення атмосфери автотранспортом є: постійно зростаюча кількість автомобілів; експлуатація технічно застарілого автомобільного парку; низька якість паливномастильних матеріалів; недостатня пропускна спроможність дорожньо-транспортної мережі, яка сформувалась в умовах існуючої забудови; незадовільний стан дорожнього покриття проїзної частини доріг. Саме дані фактори ймовірно мали вплив на формування забруднення атмосферного повітря в окремих районах селища.

За результатами проведеної ліхеноіндикаційної оцінки стану атмосферного повітря в смт Краснокутськ було визначено сім видів лишайників серед яких: чотири види листових лишайників – фісція ніжна (*Physcia tenella*), гіпогімнія (*Hypogymnia*), пармелія борозниста (*Parmelia sulcata*), ксанторія настінна (*Xanthoria parietina*); два види накипних лишайників – ризокарпон географічний (*Rhizocarpon geographicum*) та аспіцилія (*Aspicilia*), та один вид куцистих лишайників – евернія сливова (*Evernia prunastri*).

Найбільш чутливими до забруднення є види куцистих лишайників. Представників даного виду, зокрема *Evernia prunastri*, у наших дослідженнях було виявлено лише на околицях дендропарку на значній відстані від центральної автомагістралі. Переважаючими в цій зоні є листуваті лишайники – фісція ніжна (*Physcia tenella*), гіпогімнія роздута (*Hypogymnia physodes*), пармелія борозниста (*Parmelia sulcata*). Дані групи індикаторів належать до середньо чутливих до забруднення атмосферного повітря. Ступінь покриття лишайниками на околиці дендропарку та на вулиці Каразінській становив 62,4% та 60,1% відповідно, що згідно існуючих методик відповідає зоні відносно чистого повітря. Значення ІЧП складало 12,5 та 11,9 одиниці (табл. 1).

Таблиця 1

## Результати ліхеноіндикаційної оцінки якості атмосферного повітря смт Краснокутськ

Місце дослідження	Ступінь покриття лишайниками, %	ІЧП	Ступінь забруднення повітря за проєктивним покриттям	Ступінь забруднення повітря за ІЧП
Околиця Краснокутського дендропарку	62,4	12,5	4-та зона, відносно чисте повітря	незабруднена зона
Вулиця Каразінська	60,1	11,9	4-та зона, відносно чисте повітря	незабруднена зона
Березівський провулок	52,3	10,5	4-та зона, відносно чисте повітря	незабруднена зона
Вулиця Миру (р-н автостанції)	45,3	9,0	3-тя зона, помірне забруднення	слабко забруднена зона
Вулиця Зарічна (АЗС Укрнафта)	48,1	9,6	3-тя зона, помірне забруднення	слабко забруднена зона
Вулиця Захисників України	49,5	9,9	3-тя зона, помірне забруднення	слабко забруднена зона

В різних районах дослідження вздовж автомагістралі найчастіше зустрічалися накипні лишайники – ризокарпон географічний (*Rhizocarpon geographicum*) та аспіцилія (*Aspicilia*), а також лише один вид листуватих – ксанторія настінна (*Xanthoria parietina*). Зовсім не спостерігалися куцисті і є характерною мала видова різноманітність листових лишайників, які є більш чутливими до забруднення атмосферного повітря. Найнижчий ступінь покриття лишайникам зафіксовано на вулиці Миру (в районі автостанції), на вулиці Зарічній (поблизу АЗС Укрнафта), та на розі вулиці Миру та вулиці Захисників – 45,3%, 48,1% та 49,5% відповідно. За ступенем забруднення повітря на даних територіях відноситься до третьої зони із характеристикою «помірне забруднення». Розрахований показник ІЧП становив в даних місцях дослідження становив 9,0–9,6 одиниці. Відповідно до розрахованих значень ІЧП повітря на даних територіях є слабо забрудненим.

Оскільки, одним з найбільш ймовірних джерел впливу на якість атмосферного повітря в межах смт Краснокутськ є автотранспорт, нами було визначено інтенсивність руху автомобілів на ділянках місць дослідження. Також було проведено кореляційний аналіз залежності показника ступеню покриття дерев лишайниками від інтенсивності руху автомобілів. Найбільшою інтенсивністю руху характеризувався в районі автостанції з показником загальної кількості автомобілів (легкові, легкі, середні та великі вантажівки, мотоскутери та автобуси) 295 шт./год. (рис. 2).

Для даної ділянки досліджень характерний найнижчий показник покриття лишайниками та найвище значення ІЧП. Відповідно до результатів проведеного кореляційного аналізу визначено, що коефіцієнт кореляції становить 0,99 одиниці, що підтверджує дуже високий вплив інтенсивності руху

автомобілів на рівень забруднення атмосферного повітря.

**Висновки.** Рівень забруднення атмосферного повітря в межах смт Краснокутськ залежав від досліджуваної частини селища. Вздовж автомагістралі з підвищеною інтенсивністю руху автотранспорту, зокрема в районі автостанції, на розі вулиці Миру та Захисників, а також поблизу АЗС Укрнафта повітря є слабо забрудненим. На цих територіях переважаючими є стійкі до забруднення види лишайників такі, як *Rhizocarpon geographicum*, *Aspicilia* та *Xanthoria parietina*. Ступінь покриття стовбурів дерев лишайниками в цих районах становив 45,3–49,5%, індекс чистоти повітря – 9,0–9,9 одиниці. На околиці дендропарку повітря є чистим, переважаючими видами лишайників є *Hypogymnia physodes*, *Parmelia sulcata* та *Evernia prunastri*. Ступінь проектного покриття дерев лишайниками становить 60,1–62,4%, індекс чистоти повітря – 11,9–12,5 одиниці. В цілому, за результатами проведеної оцінки стану атмосферного повітря смт Краснокутськ Харківської області, можна стверджувати про суттєвий вплив автомобільного транспорту на стан атмосферного повітря. Адже в районах автомагістралі рівень забруднення атмосфери був значно вищим, порівняно з територією навколо дендропарку. Дуже високий зв'язок між впливом інтенсивності руху автомобілів і якістю атмосферного повітря підтверджується і результатами кореляційного аналізу.

**Перспективи використання результатів дослідження.** Результати проведеної оцінки забруднення атмосферного повітря смт Краснокутськ Харківської області методом ліхеноіндикації можуть бути основою для проведення подальших більш детальних інструментальних досліджень якості атмосфери, розроблення заходів щодо покращення її стану й зниження рівня забруднення.

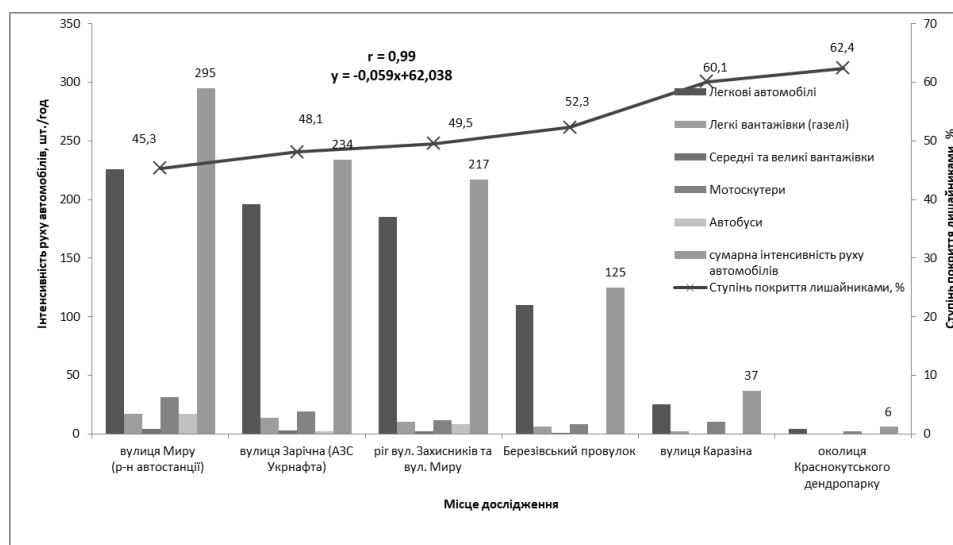


Рис. 2. Залежність ступеню покриття дерев лишайниками від інтенсивності руху автомобілів

## Література

1. Естїлл Я. Вплив на здоров'я та соціальні витрати, пов'язані із забрудненням повітря у великих містах України. Ворбен, Швейцарія, 2022. 32 с.
2. World Air Quality Report reveals substantial air quality changes (2020). URL: <https://www.iqair.com/newsroom/covid-19-reduces-air-pollution-in-most-countries> .
3. Картографування екологічного стану повітряного басейну м. Луцька на основі ліхеноіндикації. Федонюк В. В., Іванців В. В., Федонюк М. А., Іванців О. В. Часопис картографії. 2016. Випуск 16. С. 259-270.
4. Оцінка екологічного стану атмосфери міста Івано-Франківська методом ліхеноіндикації. Зоріна Н. О., Радловська К. О., Боднар Н. В., Голембйовська М. Ю. Науково-технічний журнал. 2016. № 1 (13). С. 70-84.
5. Шершова Н.В. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в місті Васильків Київської області. Український ботанічний журнал. 2018. Т. 75, № 2. С. 143-148.
6. Назарова К.В., Антонюк О.М. Ліхеноіндикація стану атмосферного повітря в умовах міста Чернівці. URL: [http://www.rusnauka.com/15\\_DNI\\_2008/Geographia/32440.doc.htm](http://www.rusnauka.com/15_DNI_2008/Geographia/32440.doc.htm).
7. Васькін Р. А., Васькіна І. В. Визначення забруднення атмосфери двоокисом сірки методом ліхеноіндикації. *Сучасні технології у промисловому виробництві*: матеріал. науково-технічної конференції (Суми, 14–17 квітня 2015 р.). Суми, 2015. С. 179.
8. Литвиненко Ю. І., Маслов Д. О. Ліхеноіндикаційна оцінка якості атмосферного повітря м. Путивль. Слобожанський науковий вісник. Серія Природничі науки. 2023. Випуск 1. С. 31-35.
9. Ричак Н. Л., Свистунова А.М. Оцінка якості атмосферного повітря урбосистеми методом ліхеноіндикації (на прикладі Дзержинського району міста Харкова). Вісник ХНУ імені В. Н. Каразіна. Серія «Екологія». № 1070. Вип. 9. 2013. 84 с.
10. Біоіндикація та біотестування довкілля: навчальний посібник / Л.В. Головань, Ю.Ю. Чуприна, І.М. Бузіна та ін. Харків: ДБТУ, 2024. 240 с.