

УДК 574:528.91

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНОЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ СИСТЕМИ БІОІНДИКАЦІЙНОГО МОНІТОРИНГУ СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ У М. ЛУЦЬКУ

Федонюк В.В., к.геогр.н., доц. кафедри екології,
Іванців О.В., ст. гр. ЕОС-21,
Луцький національний технічний університет, м. Луцьк

Анотація

У дослідженні проведено комплексну екологічну та економічну оцінку системи біомоніторингу екологічного стану атмосферного повітря у м.Луцьку, розробленої авторами. Дана система біоекологічного моніторингу ґрунтується на застосуванні методу пасивної ліхеноіндикації, тобто спостереження та вивчення поширення лишайників на субстратах у межах міської забудови. Лишайники – це організми-симбіонти, що є дуже чутливими до чистоти атмосферного повітря. Зокрема, вони зникають в районах з підвищеною концентрацією кислотних оксидів у повітрі. На основі вивчення поширення окремих видів лишайників (пасивна ліхеноіндикація) чи інтродукції сланей лишайників на субстрат в місті (активна ліхеноіндикація) можна зробити висновки щодо загального екологічного стану повітря у даному мікрорайоні.

Ключові слова: економічна оцінка, біоіндикація, лишайники, ліхеноіндикація, екологічний моніторинг, Луцьк.

Аннотация

В исследовании осуществлена комплексная экономическая и экологическая оценка системы биомониторинга экологического состояния атмосферного воздуха в г. Луцке, которая была разработана авторами. Эта система биоэкологического мониторинга основана на использовании метода пассивной лишеноиндикации, то есть наблюдения и изучения распространения лишайников на субстратах в пределах городской застройки. Лишайники – это организмы-симбионты, которые особенно чувствительны к чистоте атмосферного воздуха. В частности, они угнетаются и исчезают в районах с повышенной концентрацией кислотных оксидов в воздухе. На основе изучения распространения отдельных видов лишайников (пассивная лишеноиндикация) или интродукции сланей лишайников на субстрат в городе (активная лишеноиндикация) можно сделать выводы касательно общего экологического состояния воздуха в данном микрорайоне.

Ключевые слова: экономическая оценка, биоиндикация, лишайники, лишеноиндикация, экологический мониторинг, Луцк.

Summary

Fedonyuk V.V., Ivantsiv O.V. Assessment of the feasibility of introducing a system of bioindicative monitoring of atmospheric air in Lutsk. The study carried out a comprehensive ecological and economic assessment of the system of biomonitoring of the environmental state of atmospheric air in Lutsk, developed by the authors. This system of bioecological monitoring is based on the application of the method of passive lichenindication, ie observation and study of the distribution of lichens on substrates within the framework of urban development. Lichens are symbionts that are very sensitive to atmospheric air purity.

In particular, they disappear in areas with high concentrations of acid oxides in the air. Based on the study of the distribution of certain species of lichens (passive lichenindication) or the introduction of lichen slices into the substrate in the city (active lichenindication), it is possible to

draw conclusions about the overall ecological state of air in this neighborhood. A comparative economic assessment was made of the feasibility of introducing this bioecological monitoring method in comparison with traditional, instrumental methods for controlling atmospheric parameters. The assessment showed high economic efficiency and profitability of the proposed methodology for monitoring the state of atmospheric air.

Key words: economic evaluation, bioindication, lichens, lichenindication, ecological monitoring, Lutsk.

Вступ. Постановка проблеми у загальному вигляді. У великих містах та урбанізованих зонах дуже актуальною є проблема постійного моніторингу екологічного стану повітря. Одним з видів такого моніторингу є ліхеноіндикація (біоіндикація за допомогою лишайників, надзвичайно чутливих до чистоти атмосфери). Даний метод має і економічні переваги, оскільки є доступним, потребує мінімальних капітальних вкладень та нескладного навчання для спостерігачів, моніторинг можуть проводити на засадах волонтерства учні, студенти, небайдужі громадяни.

Мета даної роботи – провести порівняльну економічну оцінку запропонованої ліхеноіндикаційної методики дослідження екологічного стану, якості та безпеки для людини атмосферного повітря в м. Луцьку у порівнянні з традиційними, інструментально-лабораторними методами. Завдання роботи – оцінити екологічний стан атмосферного повітря на досліджуваній території; побудувати ліхеноіндикаційні оціночні карти відносної чистоти повітряного середовища для м. Луцька, дослідити можливість впровадження системи біоіндикаційного моніторингу в місті та його економічні переваги.

Виклад основного матеріалу дослідження. Захист довкілля у наш час – це завдання першочергової ваги. Першими на забруднення навколишнього середовища реагують живі організми. Тому вчені рекомендують оцінювати рівень забруднення на основі спостережень за біологічними об'єктами - біоіндикаторами. Цей метод отримав назву «біоіндикація». Біоіндикація має ряд переваг перед іншими методами. Вона має високу ефективність, не потребує великих фінансових затрат і дає можливість характеризувати стан довкілля за тривалий проміжок часу.

Лишайники завдяки особливостям своєї організації і життєдіяльності є одними з найкращих біоіндикаторів чистого повітря. Вони поширені по всій планеті, ростуть на різних субстратах, здатні витримувати суворі умови існування, і у той же час їм властива висока чутливість до забруднення атмосфери. Вивчивши такі властивості лишайників, можна використовувати їх для загальної оцінки ступеня забруднення довкілля, особливо атмосферного повітря. На цій основі почав розвиватись особливий напрям індикаційної екології – *ліхеноіндикація*, тобто індикація за допомогою лишайників [7,8,22].

Ліхеноіндикація – один із важливих і корисних методів екологічного моніторингу. Але цей метод не завжди можна застосувати. Річ в тому, що лишайники, як і інші живі організми, реагують на різні зміни в навколишньому середовищі. Незначний вплив температури або вологи може переkritи вплив забруднення, особливо коли концентрація забруднюючих речовин невелика.

Ліхеноіндикацію поділяють на візуальну (за наявністю певних видів описується забруднення повітря і проводиться ліхенологічне картування місцевості) і експериментальну (у зразках лишайників експериментально визначають рівень накопичення поллютантів). Важливо те, що ці два види ліхеноіндикації не суперечать один одному, і, зазвичай, їх застосовують разом: спочатку візуальну, а потім – експериментальну [1,4,8,12,15].

Ліхеноіндикацію зручно проводити в конкретній обмеженій місцевості (наприклад, у невеликому місті і його околицях). Ми в роботі поставили перед собою задачу провести активну ліхеноіндикацію в м. Луцьку.

Стан повітряного басейну певного району можна визначити по наявності чи відсутності в ньому відповідних видів лишайників за допомогою спеціальних шкал. Серед них слід виділити шкали, які розробив Х.Трасс. У наступному розділі роботи ми наведемо одну з цих шкал, яку використали в своєму дослідженні. Ми використовували методику, запропоновану цим естонським дослідником. Вона розроблена для природних умов, близьких до тих, що є у м. Луцьку, є простою, чіткою, доступною в застосуванні [2,3,9, 15].

Основним завданням проведеного нами протягом 2014 – 2017 р.р. дослідження поширеності лишайників різних видів у мікрорайонах м. Луцька було встановлення взаємозв'язку між ступенем покриття лишайниками дерев та екологічним станом атмосферного повітря в мікрорайоні. Застосовувався метод так званої пасивної ліхеноіндикації (тобто проводилися візуальні спостереження за поширенням організмів – біоіндикаторів у середовищі, підрахунки, обчислення, встановлювались середні статистичні показники).

В основу проведених досліджень було покладено методику, запропоновану Х. Трассом. В якості субстрату, що вивчався, використовувалися дерева. Для оцінки забруднення атмосфери міста вибирається вид дерева, який найбільш поширений на цій території. Наприклад, в якості досліджуваного субстрату у м.Луцьку ми використали липу дрібнолисту. Район дослідження ділять на квадрати, в них підраховується загальне число досліджуваних дерев, які вкриті лишайниками. Для оцінки забруднення атмосфери конкретної вулиці або парку описують лишайники, котрі ростуть на деревах по обидві сторони вулиці чи алеї на кожному 3, 5 або 10 дереві. Ділянка обмежується на стовбурі дерев'яною чи пластиковою палеткою розміром 10х10см, яка поділена на квадрати по 1 см².

Відмічають, які види лишайників зустрічаються на ділянці, який процент загальної площі рамки займає кожний вид лишайника, що там росте. На кожному дереві описують чотири пробні ділянки: дві біля основи стовбура (з різних його сторін) і дві на висоті 1,4 – 1,6 м. Дослідження можна провести по наявності якогось одного виду лишайників на даній території, або зібрати інформацію в різних точках, або підрахувати кількість всіх видів лишайників, що ростуть в районі дослідження [14,18]. Крім виявлення видового складу, визначають розміри розеток лишайників і ступінь покриття у відсотках. Оцінка ступеня покриття здійснюється по шкалі Х. Трасса.

Таким чином, для кожної ділянки опису і для кожного типу росту лишайників – накипних, листкуватих і кущистих – виставляються відсотки покриття. Після проведення дослідження на декількох десятках дерев робиться обчислення середніх відсотків покриття для кожного типу росту лишайників – накипних (НЛ), листкуватих (ЛЛ), кущистих (КЛ). Ці показники також осереднюються, і визначається комплексний показник ступеня покриття стовбурів дерев лишайниками (у %). Чим більший показник ступеня покриття стовбура дерев лишайниками (чи він ближчий до 100 %), тим чистіше повітря у районі дослідження. Є прямий зв'язок між середнім ступенем покриття дерев лишайниками і концентрацією диоксиду сірки в атмосферному повітрі.

Під час вивчення поширення лишайників було зібрано велику колекцію їх видів. Найпоширеніші види лишайників на території м. Луцька: накипні – графіс (світло-сірий), ксанторія (зелено-жовтий), леканора (зелений); кущисті – уснея, кладонія, ісландський мох; листуваті – гіпогімнія (попелясто-сірий кущик), паргелія (зелено-жовтий кущик). Лишайники надзвичайно чутливі до рН атмосфери і наявності в ній кислотних аерозолів різного типу. Чутливість зростає: накипні → листуваті → кущисті. Саме кислотні аерозолі (оксиди сульфуру, нітрогену тощо) спричиняють формування так званих кислотних дощів, що є загрозою для рослин та всієї біоти. Пожовтіння та скручування листя дерев, хімічні опіки рослин, замори риби у водоймах, що приймають дощові зливові води – це лише деякі наслідки випадання опадів підвищеної кислотності.

Аналіз отриманих нами результатів свідчить про досить загрозливий екологічний стан атмосферного повітря у промисловій зоні м. Луцька та вздовж основних автомагістралей. В цілому, чистими зонами, з точки зору ліхеноіндикації (показник покриття лишайниками більше 20 %), виявилися лише паркові території. Так, у Центральному парку ім. Лесі Українки ступінь покриття 32,3 %, у парку на вул. Потебні – маємо найвищий показник 42,0 %. Компактне розміщення безпосередньо в заплаві Стира та підвищена вологість в парку на Потебні, очевидно, теж є причиною активного росту лишайників.

Зонами середнього забруднення (показник 15-20 %) є райони, прилеглі до вул. Ківерцівської, пр. Молоді та 33 кварталу в цілому, Великого Омеляника (що брався нами як приклад дачних масивів навколо Луцька). Зонами значного забруднення є райони, прилеглі до вул. Дубнівської, Львівської, Володимирської, Київського майдану, проспекту Соборності, 40 кварталу (показники від 10 % до 15 % відповідно). Це – в основному магістралі на виїздах з міста, з напруженим рухом, очевидно, що викиди оксидів сірки створюють пригнічуючі умови для росту лишайників. Та найбільш загрозливою є ситуація в промислових районах Луцька. Ми проводили дослідження в зоні навколо цегельного заводу № 3 (вул. Промислова, район Львівської), одержано показник 11,5 %, поблизу заводу ЛПЗ (8,9 %), в районі вул. Рівненської (показник 7,1%), де зосереджено ряд промислових підприємств плюс об'їзна дорога, та навколо цукрового заводу, де одержано показник 7,7 %.

Це – зони сильного забруднення. Відмітимо, що в зону сильного забруднення також потрапив район пр. Волі (активний транспортний рух) та 55 мікрорайон, де транспортний рух теж активний, багато автостоянок, перехресть тощо. Проте, щодо 55 мікрорайону, ми вважаємо, що найнижчий показник покриття дерев лишайниками тут свідчить лише про те, що це – новий мікрорайон, дерева тут молоді, а лишайникам потрібен час, щоб вирости.

Забруднення атмосферного повітря міських територій часто становить значну екологічну проблему, і тому потребує постійного спостереження та контролю. В Україні основну роботу по моніторингу стану атмосферного повітря здійснюють регіональні підрозділи Гідрометеоцентру, які підтримують функціонування стаціонарних постів спостережень за вмістом забруднюючих речовин. Крім цього, окремі періодичні обстеження здійснюються установами Міністерства екології та природних ресурсів, Держпродспоживслужби (колишньої Санітарно-епідеміологічної станції), та ДСНС.

Проведемо порівняльну економічну оцінку доцільності впровадження альтернативної ліхеноіндикаційної системи моніторингу за станом атмосферного повітря в місті, оцінимо її переваги та недоліки.

У Луцьку існує три стаціонарних пости спостережень, які дають досить великий обсяг інформації про стан повітря, але їх просторове розміщення, а також обмежений перелік досліджуваних домішок, не дають повної картини забрудненості атмосфери. На всіх трьох постах визначається обмежений перелік речовин - діоксид та оксид азоту, фенол та формальдегід, діоксид сірки, пил та оксид вуглецю. Серед них перевищення ГДК спостерігається по діоксиду азоту, фенолу та формальдегіду. Вміст важких металів періодично контролюється лише на 1 посту – на вул. Рівненській, тому отримані значення їхніх концентрацій не можуть репрезентувати стан повітря у всьому місті.

На стан атмосферного повітря впливають як природні, так і антропогенні чинники. Серед природних в першу чергу виділяються кліматичні фактори. Серед антропогенних чинників виділяються промисловість, житлово-комунальне господарство і транспорт. У місті нараховується понад 200 промислових підприємств та установ, які забруднюють атмосферу, найбільші з них – цукровий, підшипниковий та автомобільний заводи, а також комунальні та відомчі котельні [14,18].

Однак найбільший внесок в сумарне забруднення атмосфери міста чинить автотранспорт, а вплив окремих великих підприємств та котелень відчутний переважно локально, в ареалі їх розташування.

На рисунку 1 відображено сучасну схему розміщення стаціонарних пунктів спостережень за станом повітря в Луцьку. Пост 04 розташований на вул.Шопена, пост 05 – на вул. Рівненській, 07 – на вул. Конякіна.

Як бачимо з даного рисунка, постами зовсім не охоплена лівобережна територія Луцька, а в ній, зокрема, знаходиться Південна промислова зона із потужними підприємствами, залізнична станція «Гнідава» тощо. Також у зону спостережень не потрапляють великі зони житлової забудови у цих районах. Крім того, лише пост на вул.Рівненській фактично співпадає із одним із ареалів найбільшого автотранспортного забруднення, а решта - не охоплені.

Загалом варто відзначити, що існуюча мережа моніторингу стану повітря у Луцьку потребує удосконалення. Для цього науковці і практики пропонують: розширити мережу стаціонарних постів спостережень (зокрема, створити 3-4 нові пости в проблемних місцях; розширити перелік досліджуваних речовин; автоматизувати визначення домішок; організувати маршрутні спостереження за станом повітря засобами пересувної лабораторії тощо.

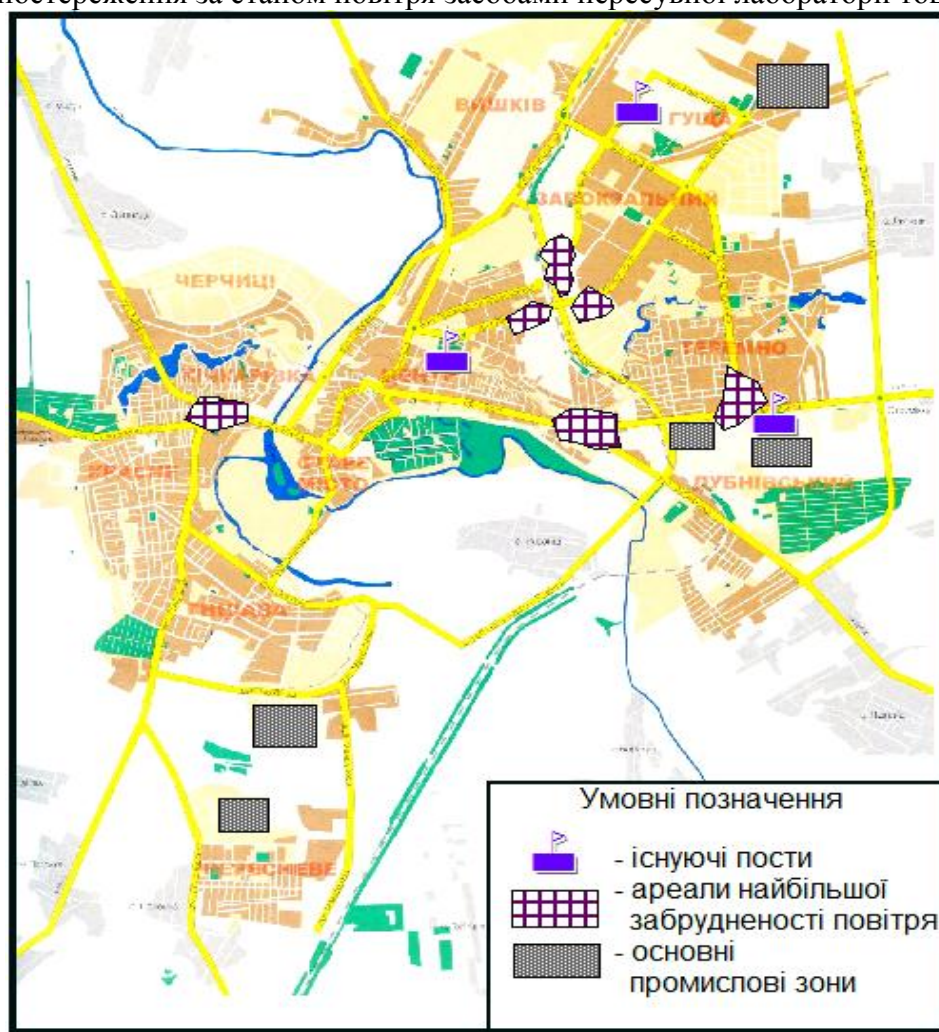


Рис. 1. Існуючі пости спостережень за станом повітря по відношенню до основних забруднювачів.

Практично усі з названих заходів потребують значних капітальних вкладень та поточних витрат.

Наприклад, розглянемо варіант встановлення хоча б 2 додаткових стаціонарних постів і однієї пересувної лабораторії.

До капітальних затрат відносимо, в першу чергу, придбання комплексу обладнання для аналізу газових сумішей для стаціонарних та пересувних постів. Зазначимо, що ціна такого комплексу може варіювати у дуже широких межах. Існуючі зараз на українському ринку пропозиції щодо обладнання стаціонарних постів спостережень переважно пропонують повний комплект – металічний павільйон, метеобладнання (анеморумбографи, датчики температури й вологості), електро- та інформаційне обладнання, і власне газоаналізаторне оснащення (аспіратори, газоаналізатори, пілосос тощо). Ціна такого комплексу – біля 1 млн.грн. Ціна аналогічного закордонного комплексу Airpoint починається від 35 тис. євро

Зауважимо, що на саме газоаналізаторне обладнання з цієї суми припадає менше 60%, тому його покомпонентне придбання іноді може бути доцільнішим. З іншого боку, в такому разі потрібно відмовитись від автоматизації, та, відповідно, витратити кошти на зарплату операторів та лаборантів.

Але навіть якщо обмежитись простішим обладнанням, яке б забезпечувало аналіз затвердженого переліку домішок (оксиди азоту, вуглецю, сірки, фенол та формальдегід), а також вибраних важких металів та аерозолів, витрати на удосконалення системи моніторингу міського повітря будуть значними.

Наприклад, капітальні затрати складуть:

- придбання двох установок MDGC, по 218 540 грн. кожна – в сумі 437 080 грн.;
- 2 газоаналізатори ОКМТ-2-х кан., вимірювач токсичних газів (CO, H₂S, SO₂, C₁₂ и др.) - по 35 800 грн. = 71 600 грн.;
- аналізатор АНТ-3, вимірювач концентрацій парів токсичних речовин (до 40 газів) – 64 815 грн.
- автотрасовий газоаналізатор 603 X01M – 55000 грн.
- аерозольний фільтр SteamJet Aerosol Collector - 31700 грн.
-

Таблиця 1. Орієнтовні поточні затрати на можливе розширення мережі моніторингу стану атмосферного повітря у м. Луцьку

Стаття витрат	Вартість, грн.
Річна заробітна плата 2 операторів	56400
Річна заробітна плата 2 лаборантів	44 800
Електроенергія (3 кВт в день з 4 постів = 4380 кВт за рік)	7 358
Пальне для пересувної лабораторії (10л за маршрут, 36 виїздів на рік, по 29,5 грн./л)	10 620
Разом	119 178

Разом величина таких затрат (К) становитиме:

$$218\,540 \cdot 2 + 71\,600 + 64\,815 + 55\,000 + 31\,700 = 670\,195 \text{ грн.}$$

Поточні затрати складатимуть заробітна плата операторів, лаборантів, а також електроенергія. Ці величини зведені в табл. 1.

Таким чином, технічне вдосконалення існуючої мережі моніторингу повітря потребує майже 0,7 млн. гривень капітальних вкладень та біля 120 тис.грн наступних щорічних витрат. Очевидно, що такі суми на моніторинг навряд чи можуть бути виділені з міського бюджету найближчим часом.

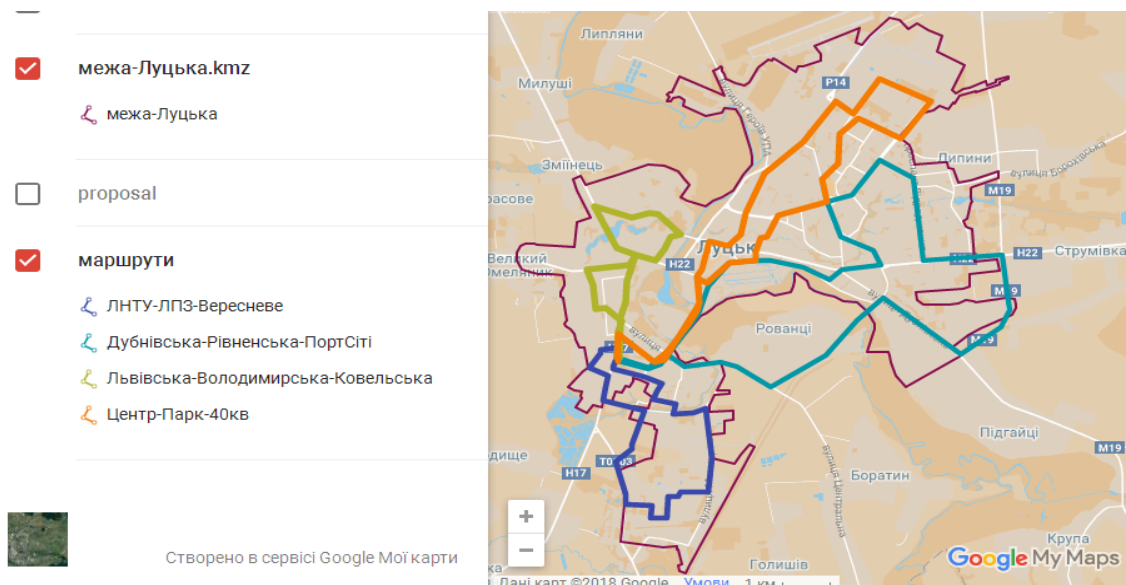


Рис.2. Пропонована схема маршрутних ліхеноіндикаційних досліджень.

Для проведення класичної «пасивної» ліхеноіндикації по місту потрібне періодичне обстеження лишайників на вибраних деревах у всіх мікрорайонах міста, вздовж найбільш поживлених автошляхів, а також у паркових зонах з метою контролю показників.

Для цього ми розробили спеціальні маршрути, за якими можна оптимально по часу обстежити максимальну кількість дерев (Рис. 2)

Вихідна точка цих маршрутів – наш університет (у випадку проведення досліджень іншою групою можливі певні зміни для оптимізації обстежень). Окремі маршрути частково виходять за межі міста, але така конфігурація дозволяє дещо скоротити шлях пересування (по об'їзній дорозі) та отримати ряд додаткових контрольних точок. Загальна протяжність пропонованих маршрутів складає біля 70 км. Потрібний час розрахований, виходячи із власного досвіду проведення досліджень. Маючи навички, обстеження одного дерева займає менше 3хвилин. Також приблизно враховано час на пересування та зупинки на маршруті.

Автомобільний маршрут є оптимальним по часу та можливості обстеження у віддалених мікрорайонах.

Порахуємо затрати, необхідні на його реалізацію:

$$F=(L \times e / 100) \times C, \text{ де}$$

F – кількість коштів, затрачених на пальне;

L – загальна довжина маршрутів, км;

e – кількість літрів палива, що витрачає автомобіль на 100 км пробігу;

C – вартість пального за 1 літр, грн.

Протяжність маршрутів у нашому випадку 69,0 км, витрата пального – 9 літрів/100 км (з врахуванням міського циклу, частих зупинок), середня ціна 1л пального у січні 2018 року – 29,5 грн.

Відповідно

$$F=(69,0 \times 9,0 / 100) \times 29,50=183,2 \text{ грн.}$$

Крім цього, варто окремо оцінити затрати часу на проведення дослідження. Як зазначалось у табл.3. 2, сумарні затрати часу на маршрутні обстеження – 28,5 годин. Втім, потрібно врахувати, що цей час витрачається двома працівниками – водієм та власне дослідником (лаборантом).

Крім того, після польових досліджень потрібна аналітична обробка отриманих даних кваліфікованим персоналом. Сумарні затрати – у таблиці 2.

Таблиця 2. Оплата праці персоналу

Вид робіт	Персонал	Оплата праці, грн./годину	Затрачений час, годин	Нараховані кошти, грн.
маршрутні обстеження	водій	30,48	28,5	868,6
	лаборант	34,51	28,5	983,6
геопросторовий аналіз результатів	еколог	39,02	14	546,3
складання цифрових карт якості повітря	інженер-картограф	44,14	10	441,4
Всього			81	2839,9

Таким чином, всього на оплату праці при запропонованому дослідженні потрібно 2840 грн. З врахуванням вартості пального для маршрутних обстежень, загалом затрати складуть 3023 грн.

Періодичність таких обстежень складає 1 раз на рік (через повільний ріст лишайників – 1-4мм/рік), проте вони дають адекватну усереднену картину забруднення атмосферного повітря, особливо оксидами сульфуру та нітрогену.

Отже, провівши необхідні економічні розрахунки та обґрунтування, ми оцінили високу доцільність та економічну ефективність впровадження системи ліхеноіндикації для екологічного моніторингу стану атмосфери у місті.

Висновки:

1. Метод ліхеноіндикації – це доступний, ефективний та недорогий спосіб оцінки екологічного стану атмосферного повітря в містах та промислових зонах. Ліхеноіндикація не потребує спеціального обладнання, лабораторій, це – візуальні та статистичні дослідження, проводити їх можуть учні, студенти.

2. Проведена оцінка екологічного стану повітря в мікрорайонах м.Луцька показала, що добрим і задовільним він є лише в паркових зонах міста, в заплаві р.Стир. Зонами середнього забруднення є райони, прилеглі до вул. Ківерцівської, Великий Омеляник, 33 квартал. Зонами значного забруднення є мікрорайони з напруженим транспортним рухом, прилеглі до вул. Львівської, Дубнівської, Володимирської, Електроапаратної, Київського майдану та ін. Зонами сильного забруднення є райони Цукрового заводу,ЛПЗ, вул.Рівненської. Це промислові райони міста або ж райони, де наявність комунальних та промислових викидів поєднується з активним рухом транспорту.

3. На ріст та розвиток лишайників впливає не тільки забрудненість повітря кислотними оксидами. Вони чутливі до вологості, температури, наявності біоактивних речовин, як показав експеримент у ботсаду на вул. Потебні.

4. Проведена економічна оцінка засвідчила високу ефективність впровадження в умовах міста ліхеноіндикаційної системи моніторингу екологічного стану повітря. Сумарні витрати на систему біоіндикаційного моніторингу не перевищуватимуть 12 000 грн. щорічно, в той час як удосконалення традиційної системи моніторингу вимагає близько 120 000 грн. щорічних вкладень, окрім 520 000 – 550 000 грн. капітальних вкладень, що потрібні на початковому етапі.

Список використаних джерел

1. Волошин І. М. Ландшафтно-екологічні основи моніторингу / І. М. Волошин. – Л.: Простір М, 1998. – 356 с.
2. Экологический мониторинг: Учебно - методическое пособие. Изд. 3-е /Под. Ред. Т.Я. Амихминой. - М., 2006. – 234 с.

3. Мерленко І.М., Музиченко О.С.. Моніторинг довкілля. Лабораторний практикум до виконання занять для студентів спеціальності 6.070800 – «Екологія та охорона навколишнього середовища» денної та заочної форми навчання / І.М. Мерленко, О.С. Музиченко – Луцьк, 2007. – 176 с.
4. Клименко М.О., Прищеп А.М., Вознюк Н.М. Моніторинг довкілля: Підручник / М.О. Клименко, А.М. Прищеп, Н.М. Вознюк – К., 2006. – 196 с.
5. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г. Ліхеноіндикація: Посібник / С.Я. Кондратюк, В.Г. Мартиненко – Кіровоград, 2006. – 208 с.
6. Кравчук С.С., Романюк М.В. Ліхеноіндикація стану забруднення оточуючого середовища у м.Могилеві-Подільському та його околицях [Електронний ресурс] – Режим доступу: www.lib.ua-ru.net/diss/cont/1504_03.html
7. Кудовин А.С., Бязров Л.Г. Трансплантація лишайників як метод ліхеноіндикації [Електронний ресурс]. – Режим доступу: bio.1september.ru/article.php?1D=2002022107
8. Лисиченко Г. В. Забулонов Ю. Л. Бабинець В. А. та ін. Про вдосконалення системи моніторингу довкілля в світлі задач сталого розвитку// Зб. праць Севастопольського нац. ін-ту ядерної енергії і промисловості. – Севастополь, 2005, № 14. – С. 50-59.
9. Ліхеноіндикація (вивчення забруднення повітря за допомогою лишайників) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://gov.cap.ru/home/g3/000/asio/200/252.htm>
10. Окснер А.Н. Определитель лишайников. Морфология, систематика и географическое распространение лишайников / А.Н. Окснер. – 1974. – 245 с.
11. Офіційний сайт Державної служби статистики [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua>
12. Огляд стану забруднення навколишнього природного середовища на території України за даними спостережень гідрометеорологічних організацій у 2016 році / Центральна геофізична обсерваторія (ЦГО), Київ, 2017. – 47с.
13. Оляницька Л.Г. Курс лекцій з систематики нижчих рослин / Л.Г.Оляницька. – К.: Фітоцентр, 1999. – 72 с.
14. Луцьк: сучасний екологічний стан та проблеми [Текст] : Монографія / Я.О. Мольчак, В.О. Фесюк, О.Ф. Картава. - Луцьк : РВВ ЛДТУ, 2003. - 486 с.
15. Пчелкін А.В. Ліхеноіндикація забруднення атмосфери за допомогою епіфітних видів лишайників [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.nature-archive.ru/lichens/lichenoindikatsiya.php
16. Применение информационных технологий для решения задач экологического мониторинга загрязнения атмосферы мегаполисов / [С.М. Дзюба, Н.В.Белянина, М.Н. Прокопенко, С.А. Серовиков] // Вісник Національного технічного університету «ХП». Тематичний випуск: Інформатика і моделювання. – 2010. – № 21. – С. 58-65.
17. Радловська К.О. Моніторинг, моделювання та прогнозування стану довкілля / К.О. Радловська // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. Науково-технічний журнал. – Ів.-Фр.: Симфонія-Форте, 2015. – № 1 (11) – С.127-140.
18. Сучасний екологічний стан та перспективи екологічно безпечного стійкого розвитку Волинської області: кол.моногр./В.О. Фесюк, С.О.Пугач, А.М. Слащук [та ін.]; за ред. В.О. Фесюка. – К.:ТОВ «Підприємство «Ві Ен Ей»: 2016. – 316 с.
19. Якимчук А.Ю. Економічний механізм здійснення природо-охоронної діяльності: український та зарубіжний досвід / А. Ю. Якимчук // Вісник НУВГП. – Рівне, 2004. – Вип. 4 (28). – С. 16-23.
20. Яцишин А.В. Використання інформаційних технологій в задачах управління екологічною безпекою / А.В. Яцишин, О.О. Попов, В.О. Артемчук // Праці Одеського політехнічного університету. – 2013. – Вип. 2(41). – С. 289-294.
21. Burden Franck R., Mckelvie Ian, Forstner Ulrich, Guernther Alex. Environmental Monitoring Handbook. 2007. — 1100 p.

22. Busch David E., Trexler Joel C. Monitoring Ecosystems. Interdisciplinary Approaches for Evaluating Ecoregional Initiatives. Island Pr. — 2002. — 447 p.