

## ЛІХЕНОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ В ГРАДІЄНТІ АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ (НА ПРИКЛАДІ ПАРКОВИХ ЗОН М. КИЄВА)

Рабош І.О., Кофанова О.В.

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»  
вул. Борщагівська 115, 03056, м. Київ  
2519@i.ua

Метою роботи є проведення біоіндикаційної оцінки стану екосистем у паркових зонах міста Києва за допомогою ліхенодіагностики в градієнті автотранспортного навантаження. Для досягнення визначеної мети використано теоретичні та експериментальні методи. Проаналізовано сучасний стан урбанофлори епіфітних лишайників у паркових зонах міста Києва. Визначено загальну кількість видів лишайників, поширення кожного виду та проективне покриття в кожній дослідній ділянці залежно від інтенсивності автотранспортного потоку. На основі експериментального аналізу та статистичної обробки даних встановлено показник відносної чистоти атмосферного повітря досліджуваних паркових зон. Виявлено, що зі зменшенням відстані до автомагістралі на дослідних ділянках збільшується кількість нітрофільних лишайників та проективне покриття. *Ключові слова:* ліхеноіндикація, антропогенне навантаження, шкідливі речовини, показник відносної чистоти атмосфери, біоіндикація, автотранспортні потоки.

**Лихеноиндикационные исследования в градиенте антропогенной нагрузки (на примере парковых зон г. Киева).** Рабош И.А., Кофанова Е.В. Цель работы – проведение биоиндикационной оценки состояния экосистем в парковых зонах г. Киева с помощью лишенодиагностики в градиенте автотранспортной нагрузки. Для достижения поставленной цели использованы теоретические и экспериментальные методы. Проанализировано современное состояние урбанофлоры эпифитных лишайников в парковых зонах г. Киева. Определено общее количество видов лишайников, частоту встречаемости каждого вида и проективное покрытие на каждом опытном участке в зависимости от интенсивности транспортного потока. На основе экспериментального анализа и статистической обработки данных установлен показатель относительной чистоты атмосферного воздуха исследуемых парковых зон. Обнаружено, что с уменьшением расстояния до автомагистрали на опытных участках увеличивается количество нитрофильных лишайников и их проективное покрытие. *Ключевые слова:* лишеноиндикация, антропогенная нагрузка, вредные вещества, показатель относительной чистоты атмосферы, биоиндикация, автотранспортные потоки.

**Lichen bioindication investigations in the context of the anthropogenic load (on the example of park areas of the kyiv city).** Rabosh I., Kofanova O. **Purpose.** Carrying out the lichen bioindication assessment of the ecosystem conditions in park areas in the city of Kyiv by means of the lichen diagnostics in the context of the motor transport load. **Method.** The theoretical and empirical methods were used to achieve the goal. The assessment of the pollution level of the urban ecosystems environment by means of the lichen bioindication investigations have been carried out in the paper. **Results.** The present state of the urban flora of the epiphytic lichens in park areas of the Kyiv city was analyzed. The total number of the lichen species, the frequency of the occurrence of each species and the projective coverage in each experimental area, depending on the intensity of the motor traffic flow, were determined. **Scientific novelty.** The scientific value of the work is represented by experimental studies of the state of the lichen biota in the park areas of the Kyiv city. **Practical significance.** The index of the relative air purity of the studied park areas was determined on the basis of the experimental analysis and statistical data processing. It was found that with the decrease of the distance to the highway the number of nitrophilous lichens and their projective coverage on the experimental sites is increasing. *Key words:* lichen bioindication, anthropogenic load, harmful substances, the index of the relative air purity, bioindication, motor transport flows.

**Постановка проблеми.** Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів є важливим складником сталого, збалансованого розвитку України. Актуальними залишаються питання протидії забрудненню та порушенню природного середовища, що спричинені антропогенними діями. Це проблеми великих міст, що безпосередньо пов'язані з функціонуванням підприємств і транспортної інфраструктури [1].

Біоіндикація набуває особливого значення у системі екологічного моніторингу довкілля та

може надати необхідну інформацію щодо динаміки забруднення урбанізованих територій. Численні дослідження показали, що одними з найбільш інформативних індикаторів стану урбоекосистем є деревні рослини та лишайники [2]. Так, чутливість ліхенофлори до забруднень зумовлена фізіологією та симбіотичною природою [3]. Довготривала дія навіть низьких концентрацій шкідливих речовин (далі – ШР) спричинює у лишайників ушкодження, які не зникають до повної загибелі сланей. Це пов'язано з тим, що ліхеноіндикатори поновлюють

свої клітини набагато повільніше, ніж вищі рослини. Так, дослідження, виконані багатьма науковцями, підтверджують тісний зв'язок стану лишайників із рівнем забруднення повітря діоксидом Сульфуру [4–6]. Багато видів лишайників здатні не тільки акумулювати у тканинах ШР (зокрема важкі метали), але й реагувати на порівняно низькі концентрації таких поллютантів, як діоксид Карбону, оксиди Нітрогену, озон, фториди тощо. Видове різноманіття, наприклад, епіфітних лишайників розглядають як показник забруднення середовища сполуками Нітрогену [7].

**Постановка завдання.** Загальновідомо, що, вплив об'єктів промисловості та автотранспортного комплексу спричинює деградацію природних біоценозів. Отже, як наслідок, утворюються техногенно трансформовані зони, техногенні геохімічні аномалії тощо. Так, підвищеному автотранспортному навантаженню піддаються не тільки екосистеми, що безпосередньо прилягають до ліній автомагістралей і автотранспортних комплексів, але й території, котрі розташовані на більш віддалених відстанях від джерела забруднення.

Антропогенний вплив особливо відбивається на тваринному і рослинному світі міських паркових зон, яким характерні особливості як прилеглих територій, так і віддалених від об'єктів впливу. Стан таких систем значно залежить від інтенсивності автотранспортних потоків, метеорологічних умов, рельєфу місцевості, наявності потужних промислових об'єктів та відстані до них тощо. Проте спільною ознакою цього впливу є розсіювання викидів від автотранспортних засобів (далі – АТЗ), які працюють, осадження й акумуляція ШР у ґрунтах та тканинах рослин. Таким чином, за допомогою біоінди-

кації міських екосистем можна здійснити ефективну оцінку впливу об'єктів автотранспортного комплексу на довкілля.

**Виклад основного матеріалу.** В основі змін видового складу лишайникових угруповань під впливом забруднення повітряного середовища лежить диференційна чутливість різних видів до впливу поллютантів [8]. Виділяють два основні типи такого впливу на ліхенофлору. У першому випадку токсиканти поглинаються таломом, що супроводжується суттєвими змінами в хімічному складі лишайників. Це, наприклад, дія на лишайники сильних нітратної та/або сульфатної кислот, що потрапляють з атмосферними опадами. У другому випадку ШР у тканинах не накопичуються, проте відбувається швидка деструкція талому під дією сполук хлору в комбінаціях із вищенаведеними кислотами. Концентрація останніх підвищується у вологому повітрі взимку, особливо після використання протиожеледних засобів [9].

Ліхеноіндикаційні дослідження проводили в місті Києві у паркових зонах, розташованих поблизу великих автомагістралей (рис. 1). Вивчення стану і різноманіття ліхенофлори проводили на таких ділянках: 1-а ділянка охоплює територію, що розташовується на відстані до 5 м від автомагістралі; 2-га – 10 м; 3-тя – до 15 м. Крім того, вивчалися основні параметри автомагістралі, зокрема її ширина, інтенсивність руху автотранспортного потоку, кількість смуг руху з кожного боку тощо. Площа території спостережень становила 10×10 м, де для біоіндикації обирали 10 старих здорових дерев, що ростуть окремо. Дослідження проводили за методикою [10].

Інтенсивність транспортного потоку на автомагістралі, що розташована поблизу досліджуваних ділянок, визначалась за допомогою відеозйомки.

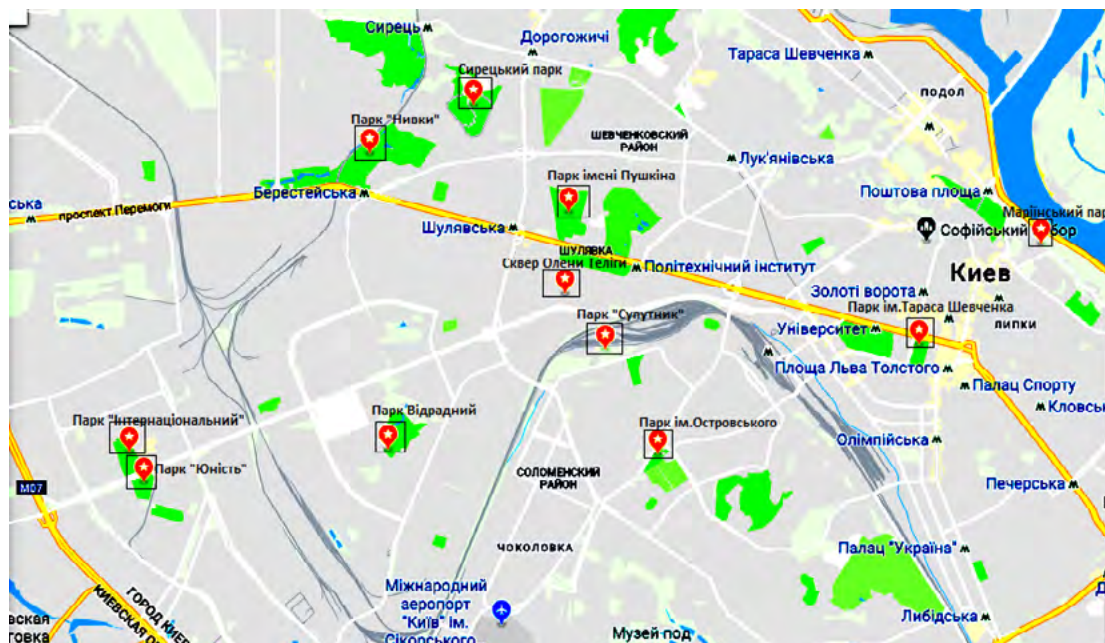


Рис. 1. Мапа розташування об'єктів дослідження (м. Київ)



Рис. 2. Інтенсивність руху АТЗ поблизу досліджуваних територій

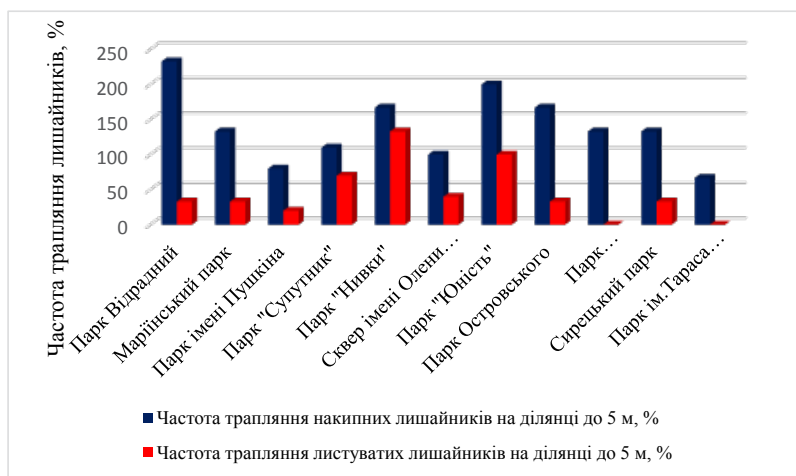


Рис. 3. Поширення лишайників на відстані до 5 м від дороги, %

Графічну інтерпретацію завантаженості території автотранспортом наведено на рис. 2.

Відомо, що одним із негативних чинників забруднення екосистем є певні особливості руху автотранспорту. До них належать не тільки інтенсивність руху автотранспортного потоку, але й фактори, пов'язані зі зміною циклів руху автомобіля. Так, часті зміни швидкості АТЗ суттєво підвищують обсяги викидів ШР в атмосферне повітря. Це також дає підстави

очікувати різке підвищення навантаження на екосистеми.

Для аналізу ступеня забруднення атмосфери визначено такі параметри, як загальна кількість видів лишайників, що зростають на стовбурах дерев (накипних, листуватих, кущистих), чисельність кожного виду, середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду, поширення виду тощо. Під час спостережень велось фотографування наявних на ділянках лишайників для подальшого визначення. Результати досліджень кількості епіфітів у градієнті автотранспортного навантаження наведено у табл. 1.

Оцінку ступеня покриття деревного стовбура ліхенобіотою виконували так: на висоті 50–150 см від поверхні землі на найбільш зарослу лишайниками частину кори дерева накладали рамку розміром 10×10 см із клітинами 1×1 см. Підраховували те, який відсоток загальної площі рамки займають лишайники [10]. Разом із параметрами джерела забруднення враховували й характеристику досліджуваної території, зокрема площу парку, основні види деревних насаджень, приблизний вік дерев, наявність поряд із парком водних об'єктів тощо.

Поширення лишайників  $A_{виду}$  розраховували за формулою (1) [11]:

$$A_{виду} = \frac{m_{виду}}{n} \cdot 100, \% \quad (1)$$

де  $m_{виду}$  – кількість лишайників цього виду,  $n$  – загальна кількість дерев у досліджуваному квадраті. Результати визначення поширення ліхенобіоти для кожної дослідної ділянки наведено на рис. 3–5.

Повітряне середовище дуже мобільне, а тому вміст у ньому тієї чи іншої ШР може змінюва-

Таблиця 1

Результати ліхеноіндикації за кількістю видів лишайників (м. Київ)

Парк	Ділянка 1		Ділянка 2		Ділянка 3	
	Накипні	Листуваті	Накипні	Листуваті	Накипні	Листуваті
Відрадний	7	1	4	1	3	0
Маріїнський	4	1	2	0	1	0
Парк імені Пушкіна	8	2	11	2	6	1
Парк «Супутник»	11	7	13	5	9	5
Парк «Нивки»	5	4	7	2	3	0
Сквер імені Олени Теліги	5	2	6	2	11	2
Парк «Юність»	6	3	3	0	2	2
Парк імені Островського	5	1	6	0	6	0
Парк Інтернаціональний	4	0	5	0	8	0
Сирецький парк	4	1	4	1	4	1
Парк імені Тараса Шевченка	2	0	4	0	4	0

тися впродовж декількох годин. Навіть на ділянці з досить інтенсивним забрудненням уміст окремих ШР залежно від метеоумов може сягати безпечних значень. А на ділянках, де викиди не є значними, може спостерігатися перевищення ГДК ШР через локальне концентрування цих речовин.

Середній ступінь покриття площі рамки лишайниками кожного виду розраховували за формулою (2) [11]:

$$S_{\text{всого}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_i, \% \quad (2)$$

де  $S_i$  – ступінь покриття площі рамки лишайниками окремого дерева, %.

Результати розрахунку наведено на рис. 6 і 7. Для визначення показника відносної чистоти атмосфери використовували формулу (3) [11]:

$$Q = \frac{M^H + 2 \cdot M^L + 3 \cdot M^K}{30}, \quad (3)$$

де  $M^H$ ,  $M^L$  і  $M^K$  – середній умовний бал поширення й ступеня покриття накипних, листуватих і кущистих лишайників відповідно.

Залежно від отриманого значення показника відносної чистоти атмосферного повітря (0,0–1,0), для досліджуваних ділянок визначено один із п'яти рівнів забруднення [11]: 1) сильне («лишайникова пустеля»). Показник відносної чистоти атмосфери перебуває в межах 0,0–0,20; 2) досить сильне (0,21–0,40); 3) середнє (0,41–0,60); 4) незначне (0,61–0,80); 5) відсутнє (0,81–1,0).

Отримані значення показника відносної чистоти атмосфери для досліджуваних паркових зон наведено на рис. 8.

Таким чином, результати ліхеноіндикаційного дослідження паркових зон м. Києва показали, що рівень забруднення за показником відносної чистоти атмосфери є середнім та досить сильним. Два парки міста Києва віднесені до середнього рівня забруднення, зокрема парк «Супутник» ( $Q = 0,41$ ) та парк «Нивки» ( $Q = 0,42$ ). Інші 8 міських екосистем характеризуються досить сильним рівнем забруднення. Ними є парк імені Пушкіна ( $Q = 0,23$ ), парк «Інтернаціональний» ( $Q = 0,23$ ), парк імені Островського ( $Q = 0,25$ ), парк імені Тараса Шевченка ( $Q = 0,37$ ), Сирецький парк ( $Q = 0,30$ ), парк «Юність» ( $Q = 0,37$ ), сквер імені Олени Теліги ( $Q = 0,35$ ) та парк «Відрадний»

( $Q = 0,28$ ). Критичний стан Маріїнський парк ( $Q = 0,16$ ), віднесений до зони із сильним забрудненням. Більш несприятлива екологічна обстановка цієї території, на нашу думку, пов'язана з інтенсивним відвідуванням парку жителями та гостями міста, а також різними режимами руху приватних АТЗ. Має значення і кількість місць для паркування

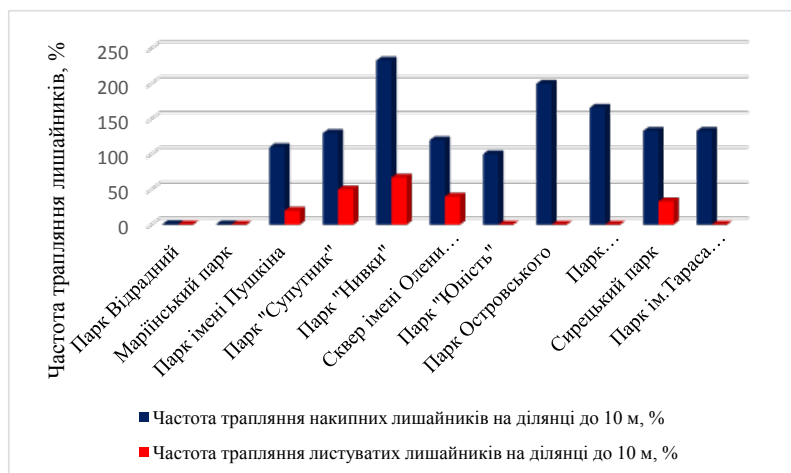


Рис. 4. Поширення лишайників на відстані до 10 м від автодороги, %

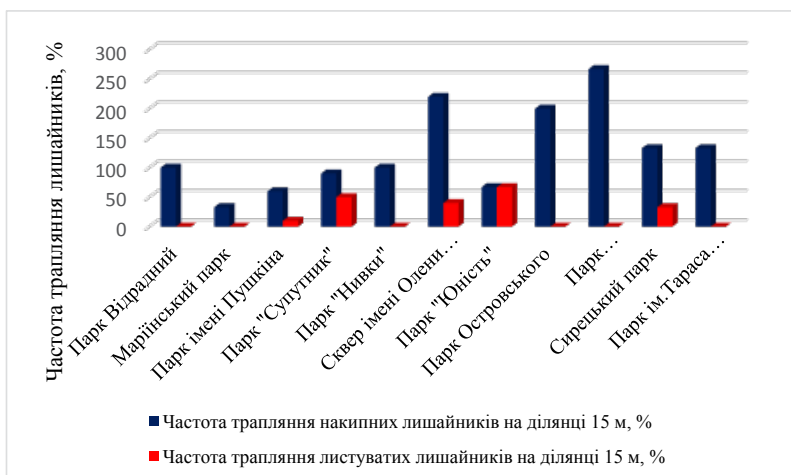


Рис. 5. Поширення лишайників на відстані 15 м від дороги, %

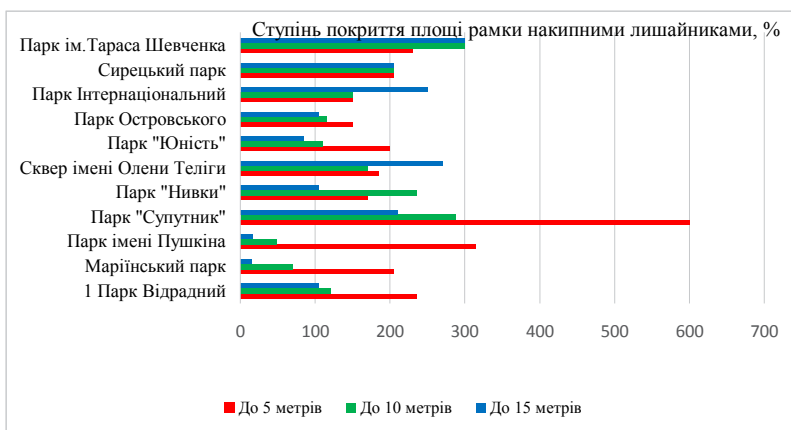


Рис. 6. Проективне покриття площі рамки накипними лишайниками, %



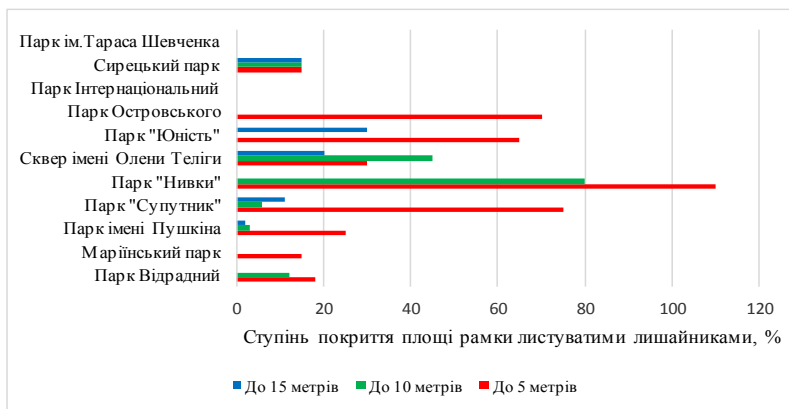


Рис. 7. Проективне покриття площі рами листковими лишайниками, %

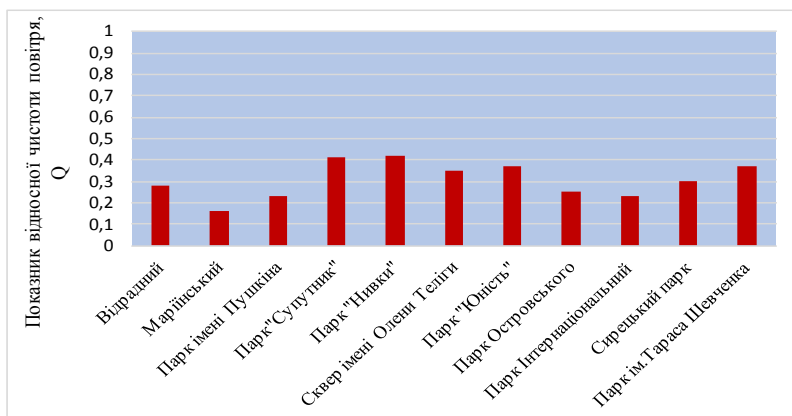


Рис. 8. Показник відносної чистоти атмосфери

автомобілів безпосередньо біля парку, чисельність пунктів обслуговування (кафе, магазини, готелі тощо) та кількість АЗС, автостоянок, СТО тощо.

**Головні висновки.** Отже, дослідження показали, що відбувається зміна видового різноманіття ліхенобіоти в градієнті автотранспортного навантаження. Найбільша кількість ліхенофлори та ступінь проективного покриття стовбурів дерев зафіксовано на відстані до 5 м від автомагістралі, тобто найближче до потоку АТЗ. Однак тут ліхенобіота представлена тільки нітрофільними лишайниками, що характеризують досліджувані ділянки як території зі значним пило-вим і азотним забрудненням. Залежно від віддаленості від автомагістралі, кількість нітрофільних лишайників зменшується, що пов'язано з розсіюванням ШР в атмосферному повітрі. Листкові лишайники, що є найбільш чутливими до оксидів Сульфуру, трапляються в досліджуваних екосистемах у незначних кількостях. Кушистих лишайників не було виявлено зовсім. Відомо, що вони зникають за найменших доз токсикантів.

### Література

1. Концепція розвитку транспортного комплексу м. Києва (Київська міська державна адміністрація, ДКП «Науково-дослідний інститут соціально-економічних проблем міста»). URL: <https://kievcity.gov>.
2. Кириєнко О.А., Имранова Е.Л. Микробиологическая оценка экологического состояния урбанизированных почв. *Экология урбанизированных территорий*. 2008. № 4. С. 57–61.
3. Михеев О.М., Гуца М.І., Шиліна Ю.В., Овсяннікова Л.Г. Застосування рослинних тест-систем для оцінки комбінованої дії стресорів різної природи на екосистеми. *Наук. праці. Екологія*. 2006. 53 (40). С. 56–64.
4. Кондратюк С.Я. Індикація стану навколишнього середовища України за допомогою лишайників. Київ. 2008. 336 с.
5. Davies L., Bates J.W., Bell N.B., James P.W., Purvis O.W. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London. *Environm Pollution*. 2007. № 2. P. 299–310.
6. Glenn M.G., Webb S.L. Lichens as indicators of forest integrity. In: Türk R., Zorer R., (eds.): *Progress and Problems in Lichenology in the Nineties*. Bibliotheca Lichenologica, J. Cramer. Berlin, Stuttgart. 1997. 155.
7. Nordin A. Santesson's Checklist of Fennoscandian Lichenforming and Lichenicolous Fungi. 2011.
8. Van Herk C.M. Epiphytes on wayside trees as an indicator of eutrophication in the Netherlands. In: *Monitoring with lichens – monitoring lichens*. IV. Earth and Environmental Science. Dordrecht, Boston, London: Kluwer Academic Publisher, P. 285–290.
9. Рабош І.О. Оцінка екологічного стану територій автозаправних станцій, розташованих поблизу автомагістралей. *Вісник НТУ «ХП»*, Сер.: *Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ «ХП». 2018. № 9 (1285). С. 236–242.
10. Зінченко О.П., Степанюк Я.В. Біометрія: метод. рек. до викон. лабораторних робіт. Луцьк: РВВ Вежа Волин. нац. ун-ту ім. Лесі Українки, 2010. 80 с.
11. Білявський Г.О., Бутченко Л.І. Основи екології: теорія і практикум: навч. посібник. Київ: Лібра, 2004. 368 с.