

Л.В. ДИМИТРОВА

Інститут ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України  
вул. Терещенківська, 2, м. Київ, 01601, Україна  
lestes-virens@mail.ru

## ЛІХЕНОІНДИКАЦІЯ ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ м. КИЄВА

---

*Ключові слова: ліхеноіндикація, атмосферне забруднення, Київ*

### Вступ

Місто Київ — столиця України — є одним з найбільших промислових і транспортних центрів країни. Його територія з приміською смугою утворює Київську міську агломерацію (КМА), має площу 836 км<sup>2</sup> з населенням 2 607 тис. осіб (станом на 5 грудня 2001 р.) [3]. За площею та кількістю населення Київ належить до найбільших міст Європи, а тому для нього характерні екологічні проблеми мегаполісів: забруднення атмосферного повітря шкідливими викидами підприємств енергетики та автомобільного транспорту, забруднення поверхневих і підземних водних об'єктів, різке зменшення біорізноманітності внаслідок стихійної забудови, утилізації побутових і промислових відходів, надзвичайні ситуації техногенного і природного характеру.

Епіфітні лишайники широко застосовують для оцінки стану атмосферного повітря міст і промислових регіонів [1, 16, 18, 21]. Такі дослідження проведені у багатьох містах України: Львові [7], Тернополі, Луцьку, Рівному, Івано-Франківську [8, 20], Чернігові [4], Херсоні [13], Кременчуку [11], Полтаві [2], Харкові [10], Кіровограді та Черкасах [9]. Ліхеноіндикаційне картування м. Києва, за винятком Дарницького лісопаркового господарства [5], раніше не проводилося. Саме тому нашою метою було ліхеноіндикаційне картування атмосферного забруднення м. Києва, порівняння ефективності використання різних індексів, що застосовують у ліхеноіндикації, а також визначення, який з них найбільше відповідає умовам Києва.

### Матеріали та методи досліджень

Матеріал для дослідження збирали протягом 2005—2007 рр. на території забудованої частини КМА. Обстеження проводили маршрутним методом у квадратах площею 1 км<sup>2</sup>. Оскільки для ліхеноіндикаційного картування можна використовувати матеріал лише з однієї деревної породи [9, 15, 21], на кожній ділянці досліджували *Tilia cordata* Mill. — найпоширенішу деревну породу на території Києва. За даними «Київзеленбуду» (2005 р.) насадження липи становлять 39,6 % від загальної кількості зелених насаджень міста [12]. У разі відсутності липи вивчали інші листяні породи, зокрема *Acer platanoides* L., ного

*Quercus robur* L., *Aesculus hippocastanum* L., *Betula pendula* Roth. та види роду *Populus* L. Матеріал відбирали лише з поодиноких, добре освітлених та непошкоджених дерев (до 10 на кожній ділянці). Усього закладено 272 дослідні ділянки на різних за ступенем антропогенного навантаження територіях міста, при цьому основну увагу приділяли селітебній та промисловим зонам. Великі за площею парки та лісопарки зі значною зімкнутістю деревостану ми не досліджували.

Для кількісної оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря використано індекс видового різноманіття (ІЧП 1) [1], класичний індекс чистоти повітря Де Слувера та ЛеБлана (ІЧП 4) [15] і його модифіковані варіанти (ІЧП 2, ІЧП 3 [19], ІЧП 5 [20], ІЧП 6 [17]):

$$\text{ІЧП 1} = \sum_i^n n \quad \text{ІЧП 4} = \frac{1}{10} \sum_i^n Q_i \times f_i$$

$$\text{ІЧП 2} = \sum_i^n Q_i \quad \text{ІЧП 5} = \sum_i^n \frac{Q_i}{10} \sum_j^m \frac{a_{ij} \times b_{ij}}{m}$$

$$\text{ІЧП 3} = \frac{1}{n} \sum_i^n Q_i \quad \text{ІЧП 6} = \frac{1}{n} \sum_i^n Q_i \times f_i$$

де  $Q_i$  — екологічний індекс виду, тобто середня кількість видів лишайників, виявлених поряд з даним видом на всіх досліджених ділянках;  $f_i$  — комбінований показник частоти трапляння і проективного покриття;  $n$  — кількість видів на дослідній ділянці;  $a_{ij}$  — клас проективного покриття  $i$ -го виду;  $b_{ij}$  — частота трапляння епіфітного лишайника ( $i$ -виду) з покриттям  $j$ -го класу;  $m$  — кількість класів проективного покриття  $i$ -виду.

Для складання карт та аналізу просторового розташування даних використано програмний пакет MapInfo Professional v. 7.0. Межі зон забруднення виділяли за значеннями ІЧП:

- 1) дуже забруднена  $\text{ІЧП}_{\min} \leq \text{ІЧП} < \overline{\text{ІЧП}} - \sigma$ ,
- 2) середньозабруднена  $\overline{\text{ІЧП}} - \sigma \leq \text{ІЧП} < \overline{\text{ІЧП}}$ ,
- 3) слабозабруднена  $\overline{\text{ІЧП}} \leq \text{ІЧП} < \overline{\text{ІЧП}} + \sigma$ ,
- 4) незабруднена  $\overline{\text{ІЧП}} + \sigma \leq \text{ІЧП} < \text{ІЧП}_{\max}$ ,

де  $\overline{\text{ІЧП}}$  — середнє значення індексу на всіх досліджених ділянках міста,  $\text{ІЧП}_{\min}$  і  $\text{ІЧП}_{\max}$  — відповідно, мінімальне та максимальне значення індексу,  $\sigma$  — стандартне відхилення (дисперсія).

## Результати досліджень та їх обговорення

На основі кожного з розрахованих індексів складено ліхеноіндикаційні карти забруднення атмосферного повітря м. Києва і виділено чотири ізотоксичні зони: дуже забруднену, середньозабруднену, слабозабруднену та незабруднену (таблиця). Зони забруднення, визначені за різними показниками, мають подібний характер просторового розміщення (рисунки 1—3). Результати кластер-

аналізу, проведеного за коефіцієнтом парної кореляції Пірсона, також це підтверджують. Згідно з рис. 4, найподібнішими є ІЧП 1 та ІЧП 2 ( $r = 0,97$ ,  $p < 0,5$ ), значення яких залежать від кількості видів на дослідній ділянці. Зони забруднення, виділені за цими індексами, майже цілком ідентичні (рис. 1). Також дуже подібними ( $r = 0,95$ ,  $p < 0,5$ ) є ліхеноіндикаційні карти атмосферного забруднення, складені за ІЧП 4 та ІЧП 5 (рис. 2). Це можна пояснити тим, що обидва індекси враховують частоту трапляння та проективне покриття видів на дослідній ділянці (показники  $a_{ij}$ ,  $b_{ij}$  у формулі ІЧП 5 та  $f_i$  — ІЧП 4). Проте слід відзначити, що загалом ізотоксичні зони, встановлені за ІЧП 1, ІЧП 2, ІЧП 4 та ІЧП 5, дуже подібні.

Отже, можна дійти висновку, що показники частоти трапляння та проективного покриття не підвищують точності ліхеноіндикаційних досліджень, тому їх визначення в умовах Києва є недоцільним, оскільки ускладнює обчислення індексів та збільшує витрати часу на опис дослідних ділянок. Це особливо незручно у разі ліхеноіндикаційного картування значних територій (зокрема м. Києва). Такі дослідження, проведені у північній частині Бельгії, показали, що загалом використання кількісних показників покриття та/чи трапляння видів не підвищує кореляції з вмістом діоксиду сірки в атмосферному повітрі [17]. Попри те, що застосування ІЧП 2 під час дослідження території Києва дало гарні результати, цей індекс теж не є найкращим. З літератури відомо, що екологічний показник виду  $Q_i$  значною мірою залежить від методу закладення дослідних ділянок (їх кількості, розташування на території досліджень та ін.), який часто є суб'єктивним [19, 21]. Саме тому результати ліхеноіндикації, отримані на основі ІЧП 2, дуже важко відтворити, навіть на одній і тій самій території. Отже, для великих міст ми вважаємо за доцільне використовувати індекс видового різноманіття лишайників (ІЧП 1), що значно спрощує польові дослідження і водночас є достатньо репрезентативним.

#### Основні характеристики ліхеноіндикаційних індексів

Індекс	Максимум	Мінімум	Середнє значення	Стандартне відхилення	Межі зон забруднення			
					дуже забруднена	середньо-забруднена	слабозабруднена	незабруднена
ІЧП 1	29	1	9,1	4,2	1—4	5—8	9—12	13—29
ІЧП 2	456,7	8,0	89,6	55,1	8,0—39,0	39,1—89,5	89,6—140,0	140,1—456,8
ІЧП 3	15,8	8,0	9,5	1,0	8,0—8,6	8,7—9,4	9,5—10,4	10,5—15,8
ІЧП 4	82,0	1,6	15,7	9,6	1,6—6,0	6,1—15,6	15,7—25,2	25,3—82,0
ІЧП 5	173,7	3,4	25,6	19,1	3,3—8,6	8,7—25,5	25,6—42,5	42,6—173,8
ІЧП 6	28,3	8,6	16,8	3,1	8,6—13,7	13,8—16,7	16,8—19,7	19,8—28,3

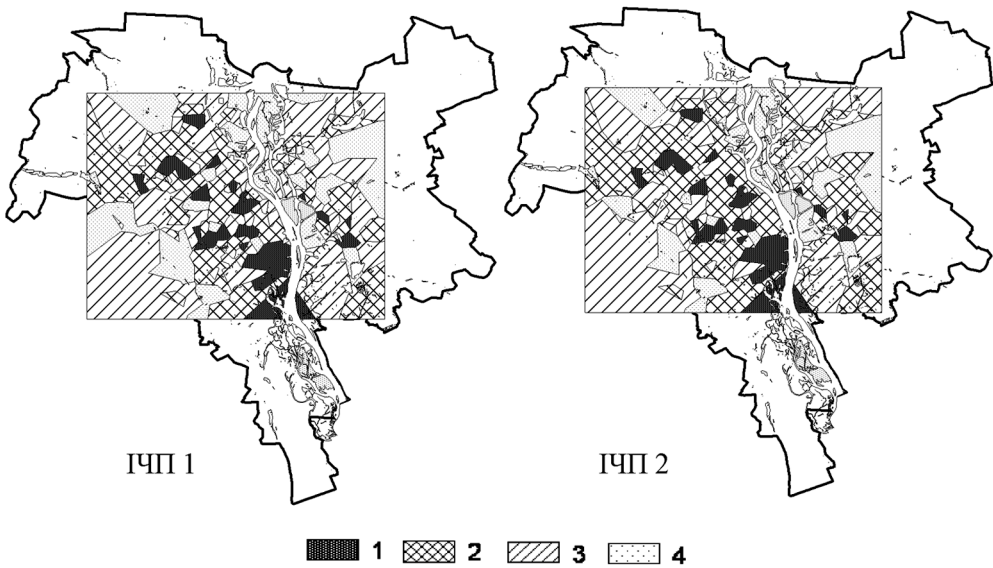


Рис. 1. Ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони на території м. Києва, визначені за ІЧП 1 та ІЧП 2. Умовні позначення зон (тут і на рисунках 2, 3): 1 — дуже забруднена, 2 — середньозабруднена, 3 — слабозабруднена та 4 — незабруднена

Fig. 1. Isotoxic lichen indication zones on territory of Kyiv city according to Index of Atmospheric Purity (IAP) 1 and IAP 2. Symbols indicate zones (here and on the figures 2, 3): 1 — zone of heavy air pollution; 2 — zone of moderate air pollution; 3 — zone of light air pollution; 4 — zone of unpolluted air

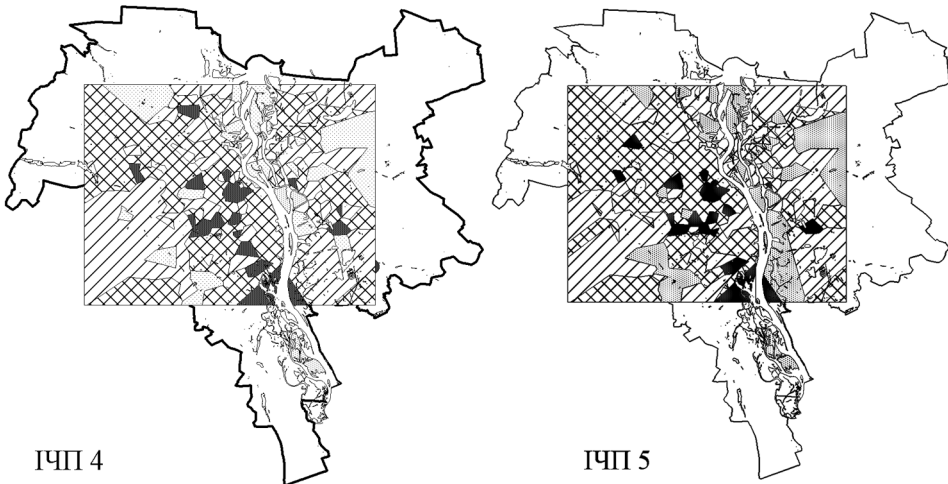


Рис. 2. Ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони на території м. Києва, визначені за ІЧП 4 та ІЧП 5

Fig. 2. Isotoxic lichen indication zones on territory of Kyiv city according to IAP 4 and IAP 5

ІЧП 1, ІЧП 2, ІЧП 4, ІЧП 5 залежать від кількості видів на дослідній ділянці, що не завжди визначається атмосферним забрудненням. Тому деякі автори пропонують індекси, позбавлені цього недоліку, наприклад ІЧП у мо-

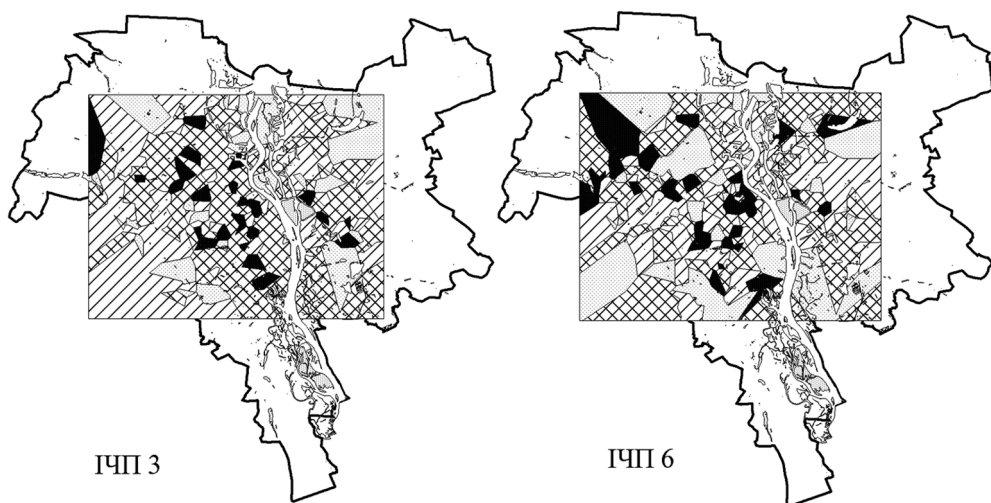
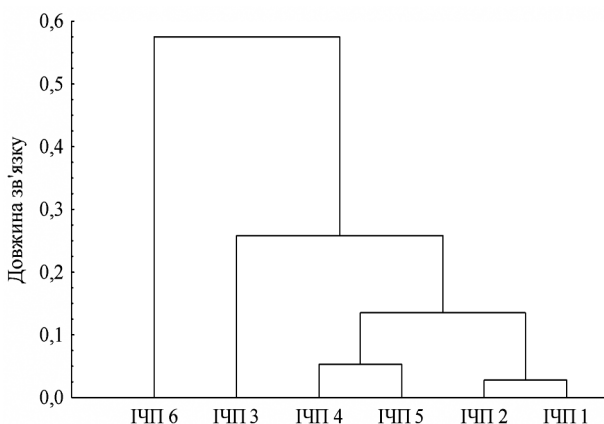


Рис. 3. Ізотоксичні ліхеноіндикаційні зони на території м. Києва, визначені за ІЧП 3 та ІЧП 6  
 Fig. 3. Isotoxic lichen indication zones on territory of Kyiv city according to a IAP 3 and IAP 6

Рис. 4. Дендрограма подібності ліхеноіндикаційних індексів за коефіцієнтом парної кореляції Пірсона

Fig. 4. Similarity dendrogram of IAP by Pearson's correlation coefficient



дифікації Т. Хербена і Й. Лішки (ІЧП 3) та ІЧП у модифікації У. Джебелена (ІЧП 6). Ліхеноіндикаційні карти атмосферного забруднення Києва, складені за

цими показниками, значно відрізняються від результатів, отриманих на основі вищеназваних чотирьох індексів. Це також помітно на дендрограмі: коефіцієнт кореляції ( $r$ ) ІЧП 6 та ІЧП 1 становить 0,43 ( $p < 0,5$ ). Так, на ліхеноіндикаційній карті за ІЧП 6 (рис. 3) у північно-західній та західній частинах Києва помітна дуже забруднена ділянка, хоча екологічно небезпечних підприємств тут немає. Отже, її виявлення пов'язане лише з недосконалістю індексу. Так само ліхенологічні дані не підтверджують існування незабрудненої ділянки у центральній частині північного правобережжя Києва. У цьому осередку трапляються лише стійкі до атмосферного забруднення види *Phaeophyscia orbicularis* (Neck.) Moberg, *Ph. nigricans* (Flörke) Moberg, *Xanthoria parietina* (L.) Th. Fr., *X. polycarpa* (Hoffm.) Rieber, *Physcia adscendens* (Fr.) H. Olivier, а загальна кількість лишайників на дослідній ділянці не переви-

ще п'яти. Крім того, ділянка, розташована у південній придніпровській частині Києва, яка за значеннями ІЧП 1 та ІЧП 2 є дуже забрудненою, за ІЧП 6 виявляється зовсім «чистою». Наявність цілого комплексу шкідливих підприємств теплоенергетики (ТЕЦ 5) та будівельної індустрії (ВАТ «Корчуватський комбінат будівельних матеріалів», ВАТ «Асфальтобетонний завод») [14] у даному регіоні робить сумнівним такий результат ліхеноіндикації. Отже, ІЧП 6 не є придатним для ліхеноіндикаційного картування м. Києва. Такого ж висновку можна дійти і стосовно ІЧП 3. Так, на ліхеноіндикаційній карті за ІЧП 3 (рис. 3) дуже забруднена зона розпадається на окремі невеликі за розміром ділянки. За рахунок цього розширюється площа середньозабрудненої зони. Як і на карті, складеній на основі ІЧП 6, у західній частині Києва виявлена дуже забруднена ділянка, «реальність» якої є сумнівною. Таким чином, використовувати ІЧП 3 в умовах Києва недоцільно, оскільки результати ліхеноіндикаційного картування погано корелюють з реальною ситуацією щодо атмосферного забруднення міста. На причину цього вказують автори індексу: ІЧП 3 краще використовувати тоді, коли у ліхенофлорі території досліджень частка видів, чутливих до атмосферного забруднення, є дуже низькою (до 20 %) [19]. Тим часом у Києві близько 36 % з виявлених 66 епіфітних лишайників — це види, чутливі до атмосферного забруднення.

Далі охарактеризуємо лише ліхеноіндикаційні зони, визначені за індексом видового різноманіття ІЧП 1 (рис. 1).

У межах **дуже забрудненої зони** відзначено від одного до чотирьох видів лишайників. Характерними є найпоширеніші на території міста види: *Xanthoria parietina*, *X. polycarpa*, *Physcia adscendens*, *Ph. tenella* (Scop.) DC, *Phaeophyscia orbicularis*, *Ph. nigricans*, частота трапляння яких становить 71—100 %, а проективне покриття в межах даної зони не перевищує 1 %. На дуже забруднених ділянках Києва виявлено і токситолерантний лишайник *Scoliciosporum chlorococcum* (Stenh.) Vězda. Частота його трапляння на території досліджень невисока — 6—20 %, можливо, внаслідок недостатньої кількості дерев на щільно забудованих ділянках міста, де зазвичай він широко розповсюджений.

Найменша кількість лишайників (один—два види) відзначена в центральній частині Києва. Так, на дослідній ділянці по вул. Хрещатик, 19 виявлено лише поодинокі слані листуватого лишайника *Phaeophyscia orbicularis*, стійкого до атмосферного забруднення. Цілком відсутній епіфітний лишайниковий покрив біля Бессарабської пл. та вул. Басейної. Цей район Києва ми називаємо «лишайниковою пустелею». Наявність даного осередку є однією з основних відмінностей Києва від малих та середніх міст України, де проводилося ліхеноіндикаційне картування [2, 3, 7—11, 13], і також свідчить про високе атмосферне забруднення його повітря.

**Центр міста** є щільно забудованим, насадження вздовж тротуарів часто відсутні або ж представлені кількарічними саджанцями. Такі ділянки не відповідають основним умовам ліхеноіндикаційних досліджень (наявність 5—10 дерев на одній дослідній ділянці, окружність дерева має бути не менше 40 см

і т.д.) [1, 9]. Тому в центральній частині Києва досить важко оцінити екологічну ситуацію за ліхеноіндикаційними даними. Найвірогідніше, збіднення лишайникового покриву тут відбувалося історично і обернено пропорційно до розвитку міста. З підвищенням урбанізації посилювався негативний вплив на навколишнє природне середовище: знищувалися природні насадження, змінювався мікроклімат, зростало атмосферне забруднення. Тому на даний час, коли вміст шкідливих речовин в атмосферному повітрі дещо знижується [14], лишайниковий покрив майже не відновлюється. По-перше, тут відсутні або ж слабо представлені субстрати для епіфітних лишайників, по-друге, природні угруповання, що можуть слугувати рефугіумами або донорами спор для їх розселення, знаходяться на значних відстанях. Суттєво збіднюють різноманіття лишайників у центральній частині міста шкідливі викиди автомобільного транспорту. Центр міста оточений магістралями з інтенсивним рухом автотранспорту: вулиці Набережно-Хрещатицька, Велика Васильківська, бульвари Т. Шевченка, Лесі Українки та ін. Значне скупчення машин (у тому числі і тих, що стоять перед світлофорами, не вимикаючи двигунів), особливо в часи пік, постійно фіксується в районі Бессарабської пл., яку ми віднесли до «лишайникової пустелі».

Подібна ситуація спостерігається на ділянках дуже забрудненої зони в **південному промисловому районі міста**. Значення індексу видового різноманіття є досить низьким — 2—4. Цей осередок формувалася під впливом викидів в атмосферне повітря таких забруднювачів, як діоксид сірки, оксид вуглецю, оксиди азоту, а також пил. Основним джерелом цих шкідливих речовин є підприємство енергетики ТЕЦ-5, у викидах якого переважають оксиди азоту (у перерахунку на  $\text{NO}_2$ ) — 5,1 тис. т/рік, діоксид сірки — 74 т/рік, оксид вуглецю — 894 т/рік, пил — 1,7 т/рік. Загальна сума викидів цього підприємства за 2005 р., за даними КМДА, становила 6,1 тис. т/рік [3]. Крім ТЕЦ-5, тут розташовані ВАТ «Корчуватський комбінат будівельних матеріалів», «Київгума», «Київський завод художнього скла», «Асфальтобетонний завод», «Київський ювелірний завод», кілька підприємств легкої та харчової промисловості, що негативно позначається на стані атмосферного повітря. На формування даної ділянки також впливає автомобільний транспорт, який рухається по магістралях: бульв. Дружби Народів, просп. Науки, вул. Велика Васильківська, Червонозоряний просп. та інших. Значне скупчення автотранспорту спостерігається в районі транспортних розв'язок на Видубичах та Московській пл. З викидами насамперед автомобільного та залізничного транспорту пов'язані ділянки дуже забрудненої зони, розташовані вздовж Червонозоряного просп. від Совських ставків до Севастопольської пл., поблизу станцій метро «Святошин», «Шулявська», «Політехнічний інститут», у промислових зонах навколо вулиць Дегтярівської та Набережно-Лугової. Окремо слід відзначити дуже забруднену зону біля станції метро «Святошин», що простягається з півночі на південь та охоплює промислову забудову між залізничним полотном та вулицями Академіка Туполева і Чистяківською. Тут розташовані

підприємства машинобудівної галузі (Київський державний авіаційний завод «Авіант» та завод з виробництва сільськогосподарської техніки ЗАТ «АТЕК»).

Осередки дуже забрудненої зони, розташовані у **лівобережній частині міста**, зазнають негативного впливу як від стаціонарних, так і пересувних джерел забруднення. Зокрема, в районі Дарницького промислового вузла розміщені підприємства енергетичної — ЗАТ «Укр-Кан-Пауер» (Дарницька ТЕЦ), хімічної (ВАТ завод «Радикал», ВАТ «Київхімволокно»), фармацевтичної (ЗАТ «Фармацевтична фірма «Дарниця») і машинобудівної (ДП «Дарницький вагоноремонтний завод») галузей промисловості. Дарницька ТЕЦ є найбільшим забруднювачем атмосферного повітря, у 2005 р. її викиди досягли 8,2 тис. т, що становить 25 % від загального обсягу викидів по м. Києву [3]. До того ж саме це підприємство є основним «постачальником» в атмосферне повітря міста діоксиду сірки (4 тис. т/рік, або 93 % від загального обсягу за 2005 р.). На формування дуже забрудненої ділянки в районі станції метро «Лівобережна», найвірогідніше, впливає ЗАТ «Вулкан», що спеціалізується на виготовленні гумових виробів. На цих ділянках дуже забрудненої зони пролягають важливі автомагістралі: Броварський просп., Харківське шосе, транспортні розв'язки в районі Ленінградської пл. і метро «Лівобережна» та ін. Незначне видове різноманіття лишайників (*Xanthoria polycarpa*, *Physcia adscendens*, *Phaeophyscia orbicularis*) у районі будівництва нового Дарницького вокзалу спричиняють шкідливі викиди залізничного транспорту, а також, можливо, різні речовини, що транспортуються залізницею.

**Середньозабруднена зона** займає значну частину правобережжя. Так, один її осередок має півмісяцеподібну форму і розходиться від центральної частини міста двома променями: у південному та північно-західному напрямках. Ще дві ділянки середньозабрудненої зони виявлені біля Дарницького промислового вузла та метро «Лівобережна». Ці осередки щільно оточують ділянки дуже забрудненої зони. Решта середньозабруднених ділянок незначного розміру (до 1 км<sup>2</sup> кожна), розташовані поблизу перехрестя на магістралях з інтенсивним рухом автотранспорту (наприклад, Одеська пл., Керченська пл., перехрестя вул. Фрунзе та просп. Правди, вул. О. Сабурова та Крайньої поблизу оз. Алмазне, с. Бортничі та ін.). Кількість видів лишайників у межах даної зони збільшується до восьми. Крім вищевказаних широко розповсюджених видів, характерними є *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid., *Candelariella vitellina* (Hoffm.) Müll. Arg., *C. xanthostigma* (Ach.) Lettau, *Melanelia exasperatula* (De Not.) Essl. з частотою трапляння 21—50 %, а також *Lecanora saligna* (Schrad.) Zahlbr., *L. hagenii* (Ach.) Ach., *Caloplaca holocarpa* (Hoffm. ex Ach.) Wade, *Physconia grisea* (Lam.) Poelt, *Ph. enteroxantha* (Nyl.) Poelt — 6—20 %. Проективне покриття цих видів не перевищує 20 %. Винятком є лише накипні лишайники *Lecanora saligna* і *L. hagenii*, проективне покриття яких подекуди становить 21—50 %. Переважно це території зі значним пиловим забрудненням атмосферного повітря (наприклад, перехрестя вулиць з інтенсивним рухом автотранспорту, гаражі, СТО, ділянки поблизу залізничних колій та ін.). У



межах середньозабрудненої зони трапляються і досить звичайні для території досліджень види — *Parmelia sulcata* Taylor та *Physcia stellaris* (L.) Nyl. — з частотою трапляння 51—70 %. Проективне покриття цих лишайників на половині дослідних ділянок середньозабрудненої зони досягає 20 %.

Зона помірного забруднення атмосферного повітря Києва формувалася під впливом двох основних факторів: викидів автомобільного та залізничного транспорту, про що свідчить їх приуроченість до магістралей з інтенсивним рухом, а також шкідливих викидів різних стаціонарних джерел забруднення. Зокрема, тут розміщені заводи ВАТ «Квазар», ВО «Арсенал», ВАТ «Науково-виробниче підприємство «Більшовик»», ВАТ «Ленінська кузня», ВАТ «Київський електровагоноремонтний завод ім. Січневого повстання 1918 року», ЗАТ «Київська книжкова фабрика», ВАТ «Київський мотоциклетний завод», ЗАТ «Фотон», державна акціонерна холдингова компанія «Артем» та підприємства північної промислової зони Києва, що разом формують Подільсько-Куренівський промисловий вузол: ВАТ «Маяк», київський державний дослідний завод «Еталон», ВАТ «Фармак», ВАТ «Азбодеревскло», ВАТ «Укркабель», ЗАТ «Київський шовковий комбінат», ВАТ «Київмлин» та ін. У межах середньозабрудненої зони поблизу перехрестя вул. О. Сабурова та Крайньої знаходиться банкнотна фабрика. Слід зауважити, що, крім цих промислових об'єктів, на формування даної зони значно впливають підприємства, розташовані як на дуже, так і слабозабруднених територіях. Причиною цього є невпинний рух повітряних мас і панівні вітри. Так, шкідливі викиди заводів Подільсько-Куренівського промислового вузла внаслідок домінування західних та північних вітрів [6] негативно впливають на центральну частину Києва. Така ж ситуація склалася і в південній частині Голосіївського району міста (нижче с. Корчуватого), забруднення якої спричинює перенесення повітряних мас від розташованих північніше ТЕЦ-5 та підприємств будіндустрії. Влітку переважають північно-західні вітри [6], що сприяє перенесенню шкідливих викидів, які утворюються під час переробки побутових відходів на заводі ВАТ «Енергія», на с. Бортничі. Цим і пояснюється включення даної ділянки до середньозабрудненої зони.

**Слабозабруднена зона** двома вузькими смугами оточує зону помірного забруднення у напрямку з північного заходу на південний схід. Окремі її локалітети розташовані в районі житлових масивів Теремки-2 та Вигурівщина—Троещина.

Для слабозабрудненої зони найбільш характерними є листоваті — *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl., *Parmelina tiliacea* (Hoffm.) Hale, *Melanelia subaurifera* (Nyl.) Essl., *M. fuliginosa* (Fr. ex Duby) Essl. ssp. *glabrata*, *Pleurosticta acetabulum* (Neck.) Elix & Lumbsch. та куцистий — *Evernia prunastri* (L.) Ach. лишайники. Проективне покриття цих видів невисоке — в основному 1 %. Лише на окремих ділянках, приурочених до алей або бульварів, для *Hypogymnia physodes* та *Evernia prunastri* зафіксовано проективне покриття 1—20 %. Також поодинокі трапляються *Candelaria concolor* (Dicks.) Stein, *Caloplaca cerina* (Ehrh. ex Hedwig)

Th. Fr., *Lecanora carpinea* (L.) Vainio, *L. symmicta* (Ach.) Ach., *L. chlarotera* Nyl., *L. pulcaris* (Pers.) Ach., *Hypocomyce scalaris* (Ach. ex Lilj.) Choisy, *Cladonia coniocraea* (Flörke) Spreng. Уздовж автомобільних шляхів відзначені нітрофільні види із угруповань альянсу *Xanthoria parietinae*: *Xanthoria fallax* (Hepp) Arnold, *X. candelaria* (L.) Th. Fr. та *X. ucrainica* S. Kondr. з проєктивним покриттям до 1 %. На таких ділянках на корі дерев знайдено також зазвичай епілітні лишайники *Caloplaca decipiens* (Arnold) Blomb. & Forssell, *Physcia caesia* (Hoffm.) Furnr., *Ph. dubia* (Hoffm.) Lettau. Перехід епілітних лишайників з кам'янистих субстратів на кору дерев є свідченням значного пилового забруднення, спричиненого, насамперед, великою кількістю автотранспорту.

Індекс видового різноманіття в межах слабозабрудненої зони коливається від 9 до 12. Низьке видове різноманіття лишайників на даній території можна пояснити і прямим, зокрема шкідливими викидами автотранспорту, і опосередкованим антропогенним впливом. Так, однією з причин є зміна мікрокліматичних умов на міській території. Зокрема, значна заасфальтованість, скупченість кам'яних та бетонних будинків створює посушливі умови, які негативно впливають на розвиток лишайникового покриву. Ще однією причиною низького значення індексу видового різноманіття на даній території є недостатня кількість дерев, що слугують субстратом для епіфітних лишайників. Особливо гостро ця проблема постає в районах новобудов та масової забудови придніпровських терас на лівому березі міста Києва. Так, на житлових масивах Вигурівщина—Троєщина, Позняки і Харківському об'їзду вуличних та паркових насаджень. Переважно вони представлені кількарічними саджанцями, лишайниковий покрив на яких або повністю відсутній, або ж складається з накипних видів, характерних для гладенької кори: *Lecanora carpinea*, *L. symmicta*, *L. pulcaris*, *Lecania naegeli* (Hepp) Diederich & P. Boom, *Rinodina pyrina* (Ach.) Arnold, *Xanthoria polycarpa* та ін. Прикладом може бути новостворений парк «Позняки» по вул. П. Григоренка.

**Незабруднена зона** представлена трьома великими осередками, розміщеними на окраїнах міста, які поступово переходять у його лісопаркову зону: 1) північний (східна частина Оболонського р-ну до Оболонського просп. та майже всі дніпровські острови: Муромець, Венеціанський, Труханів, за винятком його центральної та південної частин, житловий масив Виноградар, що, ймовірно, на півночі з'єднується з попередньою ділянкою в одну суцільну незабруднену зону); 2) південно-західний (території житлових масивів Микільська та Софіївська Борщагівка, Жуляни, Феофанія, Пирогово); 3) східний (включає лівобережжя міста — житлові масиви Райдужний, Комсомольський, Лісовий, Воскресенка, Русанівські сади, дещо відокремлений район Березняків). Окремі ділянки незабрудненої зони трапляються також по всій території Києва і приурочені до парків та скверів (наприклад, Куренівський парк, парки по вулицях Василенка, Волгоградській та ін.)

На дослідних ділянках цієї зони відзначено від 13 до 29 видів лишайників. Найхарактернішими є *Lecania cyrtella* (Ach.) Th. Fr., *L. naegeli*, *Cladonia*

*fimbriata* (L.) Fr., *Hypogymnia tubulosa* (Schaer.) Hav., *Melanelia exasperata* (De Not.) Essl., *Physconia detersa* (Nyl.) Poelt, *Physcia aipolia* (Ehrh. ex Humb.) Furnr., *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf., *Strangospora pinicola* (Ach.) Stein, *Tuckermannopsis sepincola* (Ehrh.) Hale, *T. chlorophylla* (Willd. in Humb.) Hale, *Usnea hirta* (L.) F.C. Weber ex F.H. Wigg., *Vulpicida pinastri* (Scop.) J.-E. Mattson & M.-J. Lai, *Ramalina farinacea* (L.) Ach., серед яких четверту частину становлять кущисті лишайники. Їх проективне покриття не перевищує 1 %. Поодинокими місцезнаходженнями представлені *Caloplaca flavorubescens* (Huds.) J.R. Laundon, *Lecania koerberiana* Lahm, *Lecanora varia* (Hoffm.) Ach., *L. sambuci* (Pers.) Nyl., *Lecidella elaeochroma* (Ach.) Choisy, *Lepraria incana* (L.) Ach., *Rinodina sophodes* (Ach.) A. Massal., *Strangospora moriformis* (Ach.) Stein, *Flavoparmelia caperata* (L.) Hale, *Punctelia subrudecta* (Nyl.) Krog і *Ramalina pollinaria* (Westr.) Ach. Найбільше видів (29) виявлено на території о-ва Муромець на липових алеях парку «Дружби народів». Якщо не брати до уваги цей осередок, розташований у парковій частині міста, то максимальна кількість видів лишайників у межах забудованої частини Києва становить 20—22. Прикладом можуть бути дослідні ділянки по вул. Уманській, 47; Л. Гавро, 1А; Дарницький бульв., 4 та ін.

Збереженню на території Києва окремих незабруднених ділянок сприяють кілька чинників, серед яких головними є їх віддаленість від промислових зон міста і основних джерел забруднення. Крім того, при панівних північних та західних вітрах навітряні околиці міста залишаються поза зоною впливу джерел забруднення, тимчасом як південна і східна його частини зазнають відчутного впливу повітряного потоку з боку міста. До того ж схили високого правого берега Києва сприяють стіканню холодних повітряних мас, що містять шкідливі викиди промислових підприємств правобережжя, в долину Дніпра [6]. А тому, ймовірно, саме водний простір перешкоджає проникненню дуже забруднених повітряних мас з правого на лівий берег міста. Зауважимо також, що деякі ділянки Києва ще зберігають певні риси природних екотопів і не зазнають значного впливу людської діяльності. Саме на таких територіях і спостерігається високе видове різноманіття лишайникових угруповань. Це, насамперед, північні дніпровські острови, розташовані в адміністративних межах міста, і східний локалітет незабрудненої зони.

## Висновки

Таким чином, для ліхеноіндикаційної оцінки стану атмосферного забруднення м. Києва можна використовувати як індекси, що базуються лише на кількості видів лишайників на дослідній ділянці (ІЧП 1 та ІЧП 2), так і ті, котрі враховують показники частоти їх трапляння та проективного покриття (ІЧП 4, ІЧП 5). Проте слід мати на увазі, що кількісні оцінки трапляння та покриття видів практично не підвищують точності ліхеноіндикаційних досліджень. Індекси, значення яких не залежить від кількості лишайників на дослідній ділянці (ІЧП 3 та ІЧП 6), використовувати недоцільно, оскільки результати,

отримані на їх основі, погано корелюють з реальною ситуацією атмосферного забруднення міста. Для ліхеноіндикаційного картування Києва ми вважаємо за найдоцільніше застосовувати індекс видового різноманіття (ІЧП 1), оскільки він значно зменшує затрати часу при описі дослідних ділянок у полі і водночас є достатньо репрезентативним.

У результаті ліхеноіндикаційного картування також встановлено, що атмосферне повітря Києва порівняно з іншими містами України є дуже забрудненим. Підтвердження цього — наявність «лишайникової пустелі» навколо Бессарабської пл. Найбільш забрудненими виявилися центральний та південний (уздовж р. Дніпро) райони міста. Загалом дуже та середньозабруднені ізотоксичні зони Києва мають площу близько 150 км<sup>2</sup> і у вигляді півмісяця охоплюють значну частину правобережжя від Святошина до с. Корчуватого. На лівому березі міста ці зони представлені значно меншими осередками (близько 40 км<sup>2</sup>) у районі Дарницького промислового вузла та станції метро «Лівобережна». Найчистішим є атмосферне повітря на дніпровських островах, розташованих в адміністративних межах Києва, у південно-західній, північній та лівобережній (східній) частинах міста.

Основними факторами, які впливають на стан атмосферного повітря Києва, є його забруднення промисловими підприємствами (насамперед, енергетики і будіндустрії) та автомобільним транспортом. Певну роль у зменшенні видового різноманіття епіфітних лишайників Києва відіграє нестача зелених насаджень, що є субстратом для їх поширення, а також підвищена сухість повітря, спричинена щільністю житлової забудови, значною заасфальтованістю і тепловим забрудненням приземного шару повітря автомобільними засобами. Велику роль у формуванні сучасної картини атмосферного забруднення міста відіграють також панівні західні та північні вітри і наявність водного простору (р. Дніпро), що певною мірою перешкоджає проникненню повітряних мас, які містять шкідливі викиди, з дуже забрудненого правобережжя на помірно забруднене лівобережжя.

Отже, істотні відмінності якості атмосферного повітря у різних районах міста Києва пов'язані зі значними відмінностями у розташуванні та специфіці промислових підприємств і автомагістралей, а також напрямках панівних вітрів.

1. Бязров Л.Г. Лишайники в экологическом мониторинге. — М.: Научный мир, 2002. — 362 с.
2. Димитрова Л.В. Ліхеноіндикація забруднення атмосферного повітря м. Полтава // Укр. ботан. журн. — 2008. — 65, № 1. — С. 133—140.
3. Доповідь про стан навколишнього природного середовища в м. Києві у 2004 році. — К., 2004: [www.menr.gov.ua/documents/ KYIVeko.doc](http://www.menr.gov.ua/documents/KYIVeko.doc)
4. Зеленко С.Д. Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова // Укр. ботан. журн. — 1999. — 56, № 1. — С. 64—67.
5. Зеленко С.Д., Кондратюк С.Я. Лишайники Дарницького лісопарку (м. Київ) // Укр. ботан. журн. — 1994. — 51, № 6. — С. 92—98.
6. Климат Києва / Под ред. Л.И. Сакали. — Л.: Гидрометеоздат, 1980. — 288 с.

7. Кондратюк С.Я., Кучерявий В.О., Крамарець В.О. та ін. Ліхеноіндикаційне забруднення повітря у м. Львові // Укр. ботан. журн. — 1991. — **48**, № 2. — С. 72—76.
8. Кондратюк С.Я., Кучерявий В.О., Крамарець В.О. Порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст України // Укр. ботан. журн. — 1993. — **50**, № 4. — С. 74—83.
9. Кондратюк С.Я., Мартиненко В.Г., Дмитрова Л.В. та ін. Ліхеноіндикація. — К. — Кіровоград: ТОВ «Код», 2006. — 260 с.
10. Кривко О.М. Ліхеноіндикационное картирование г. Харькова // Тез. VI Мол. конф. ботаников в Санкт-Петербурге (12—16 мая 1997 г.). — С-Пб., 1997. — С. 27.
11. Некрасенко Л.А., Байрак О.М. Аналіз ліхеноіндикаційного картування м. Кременчук // Укр. ботан. журн. — 2002. — **59**, № 3. — С. 278—284.
12. Програма комплексного розвитку зеленої зони м. Києва до 2010 року та концепція формування зелених насаджень в центральній частині міста // Додаток до рішення Київської міської ради від 19.07.2005 р. № 806/3381. — К., 2005.
13. Ходосовцев А.Е. Ліхеноіндикационная оценка // Константы. — 1995. — № 2. — С. 52—60.
14. Щорічник стану забруднення атмосферного повітря на території України за даними державної системи спостережень Гідрометслужби за 2006 рік. — К., 2007.
15. De Sloover J., LeBlanc F. Mapping of atmospheric pollution on the basis of lichen sensitivity // Proceedings of the Symposium in Recent advances in Tropical Ecology, International Society for Tropical Ecology. — Varanasi, 1968. — P. 42—56.
16. Davies L., Bates J.W., Bell J.N.B. et al. Diversity and sensitivity of epiphytes to oxides of nitrogen in London // Environmental Pollution. — 2007. — **146**. — P. 299—310.
17. Geebelen W., Hoffman M. Evaluation of bio-indication methods using epiphytes by correlating with SO<sub>2</sub>-pollution parameters // Lichenologist. — 2001. — **33** (3). — P. 249—260.
18. Giordani P. Is the diversity of epiphytic lichens a reliable indicator of air pollution? A case study from Italy // Environmental Pollution. — 2007. — **146**. — P. 317—323.
19. Herben T., Liska J. A simulation study on the effect of flora composition, study design and index choice on the predictive power of lichen bioindication // Lichenologist. — 1986. — **18**. — P. 349—362.
20. Kondratyuk S.Ya. Lichen indication mapping of air pollution in Ukraine // Ukr. Botan. Journ. — 1994. — **51**, № 2—3. — P. 48—153.
21. Nimis P.L., Scheidegger C., Wolseley P.A. Monitoring with lichens — monitoring lichens. — Dordrecht-Boston-London: Kluwer Academic Publishers, 2002. — 408 p.

Рекомендує до друку  
В.П. Гелюта

Надійшла 25.12.2007

*Л.В. Дмитрова*

Інститут ботаники ім. Н.Г. Холодного НАН України, г. Київ

## ЛИХЕНОИНДИКАЦИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА г. КИЕВА

Представлены результаты сравнительного лихеноиндикационного картирования загрязнения воздуха в г. Киеве с использованием различных индексов атмосферной чистоты. Установлено, что показатели частоты встречаемости и проективного покрытия не увеличивают точность лихеноиндикационных исследований. Следовательно, для лихеноиндикации в условиях больших городов целесообразно использовать индекс видового разнообразия лишайников, который является достаточно репрезентативным и при этом уменьшает затраты времени при полевых исследованиях.

Кроме того, установлено, что атмосферный воздух Киева более загрязнен по сравнению с другими городами Украины, где проводили лихеноиндикационное картирование. Это обусловлено влиянием промышленных предприятий (прежде всего энергетики

и строительной промышленности), а также автотранспорта. Основные различия в качестве атмосферного воздуха Киева — следствие различного расположения и специализации предприятий города, автомобильных дорог и направления господствующих ветров.

*Ключевые слова:* лишеноиндикация, атмосферное загрязнение, Киев.

*L.V. Dymytrova*

M.G. Kholodny Institute of Botany, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv

#### LICHENINDICATION OF AIR POLLUTION IN KYIV CITY

Results of comparative assessment of air pollution in Kyiv city using epiphytic lichens are presented. Six indices were calculated. It was established that indices using a quantitative estimate of cover or/and abundance parameters did not show a high correlation with instrumental data. Thus, we recommend carrying out mapping of air pollution in Kyiv based on the lichen diversity index.

Furthermore, it was established that Kyiv city is more polluted than other cities of Ukraine, where lichenindication was carried out. Air pollution is caused by factories (especially power and construction industries) and traffic exhaust. The essential distinctions of air quality in different areas of Kyiv are caused by the different location and specialization of industrial enterprises, main roads positions, and the directions of prevailing winds.

*Key words:* lichenindication, air pollution, Kyiv.