

М.В. ПРОГОВ, С.О. ВОЛГІН

Львівський національний університет ім. І.Франка,
вул. Грушевського, 4, м. Львів, 79005

БІОІНДИКАЦІЙНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЗА ЕПІФІТНОЮ ЛІХЕНОФЛОРОЮ ШПИЛЬКОВИХ І ЛИСТЯНИХ ДЕРЕВ НА ЗАХІДНІЙ УКРАЇНІ

ключові слова: ліхеноіндикація, забруднення повітря, урбанізація, листяні та шпилькові дерева

key words: lichenoidication, pollution of air, urbanizations, deciduous and coniferous trees

N.V. PIROGOV, S.O. VOLGIN

BIOINDICATION RESEARCHES AT EPIPHYTIC LICHENOFLORA OF DECIDUOUS AND CONIFEROUS TREES IN THE WESTERN UKRAINE

Ivan Franko Lviv National University,
4 Grushevsky Str., Lviv, 79005, Ukraine

The comparative lichenoidication research of air quality in the parks of Lviv, Novoyavorivsk and its outskirts, and in the neighbourhood of the lake Sinevir natural-protected area of the Carpathians on the base of epiphytic lichenoflora of deciduous and coniferous trees was conducted. The method of determination of izotoxic lichen zones is offered after the Index of Atmospheric Purity and characteristic species of lichens for the deciduous (*Quercus robur*, *Betula pendula*, species of genera *Populus* and *Acer*) and the coniferous (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*) trees.

Від середини ХХ століття і до нашого часу спостерігаємо значне забруднення повітря транспортом, промисловими та комунальними підприємствами. З приводу цього в багатьох країнах світу створені системи контролю за якістю повітря. Криптоіндикаційні і, зокрема, ліхеноіндикаційні методи використовують, як одні з головних способів визначення чистоти повітря, оскільки вони є високоінформативними й одночасно дешевими [1]. В ліхеноіндикації виділяють декілька методів визначення якості повітря, але одним із найінформативніших вважається метод розрахунку екологічних індексів [6].

Починаючи з 90-тих років ліхеноіндикаційні роботи проводяться і на Україні. Одна з перших робіт по ліхеноіндикації забруднення повітря виконана у Львові [4]. Декілька років по тому з'явилися роботи з ліхеноіндикаційного картування міст Івано-Франківська, Тернополя, Луцька, Рівного [3], районів Івано-Франківської області [9], міст Чернігова [2] та Кременчука [5]. Рівень забруднення повітря встановлювали за значеннями розрахованих індексів: індексу чистоти повітря ІАР (Index of Atmospheric Purity) [3; 4; 5] або модифікованого індексу чистоти повітря ІАР18 (Improved Index of Atmospheric Purity) [2; 9]. Ми в 2005 році здійснили ліхеноіндикацію забруднення повітря східних околиць Яворівського державного гірничо-хімічного підприємства „Сірка” у Львівській області за значеннями обидвох вказаних індексів.

Згідно з європейськими директивами [8] для ліхеноіндикаційних досліджень, у першу чергу, рекомендується використовувати фруктові дерева, причому на території досліджень необхідно сумувати дані, отримані для дерев одного виду. Якщо це неможливо – тоді сумують дані для видів із подібними властивостями кори. Групування даних за деревами з різними фізико-хімічними властивостями кори не допускається. Зазвичай у ліхеноіндикаційному картуванні закордонні та вітчизняні дослідники використовують дані лише за листяними видами. Проте, у світовій ліхеноіндикаційній практиці трапляються дані з біоіндикації забруднення повітря на підставі епіфітного лишайникового покриву кори стовбурів шпилькових видів дерев [7].

Завданням цієї роботи було проведення ліхеноіндикаційного дослідження якості повітря парків Львова, територій Новояворівська з околицями та природно-заповідної території Карпат поблизу озера Синевир на підставі епіфітної ліхенофлори кори стовбурів шпилькових і листяних видів дерев, та порівняння отриманих даних. Не завжди і не на усіх територіях присутні, в достатній для ліхеноіндикації кількості, листяні види дерев, але часто шпилькові види можуть домінувати і бути єдиним доступним для ліхеноіндикації матеріалом. Проте, ще досі немає розробленої методики порівняння даних отриманих для хвойних та листяних дерев. Розроблення такого методу і було нашою головною метою.

Об'єкти та методи досліджень

Ми використали стандартну методику проведення ліхеноіндикаційних досліджень [4; 8]. У ході ліхеноіндикаційного картування територія досліджень була розбита на квадрати визначеного розміру (1×1 км), що були обстежені маршрутним методом. У кожному квадраті досліджували всі види добре освітлених листяних дерев (10-20 особин кожного виду), що ростуть окремо. Для кожного форофіту проведений опис епіфітного лишайникового покриву прикореневої ділянки стовбура та на висоті 60-130 см.

Збір та обробка матеріалу з околиць Новояворівська здійснена з липня по жовтень 2005 року, в парках Львова – в березні-квітні, а в околицях озера Синевир – у травні 2006 року за стандартною методикою [4; 8]. Для встановлення сучасного рівня забруднення атмосфери цих територій розраховували індекс чистоти повітря Ле Бланка і Де Слувера за формулою:

$$IAP = \sum_{i=1}^n \frac{Q_i f_i}{10},$$

де n – кількість видів лишайників на досліджуваній ділянці, Q_i – екологічний індекс i -го виду (індекс токсикофобності), f_i – комбінований показник покриття-трапляння. Ділення на 10 дає нам зручніше для використання значення [11].

Показник Q_i – середня кількість видів, супутних даному виду на всіх ділянках описів в гомогенній за ступенем забруднення території. Чим більший це показник, тим більше токсикофобний даний вид. Комбінований показник покриття-трапляння (f_i) 5-бальний:

- 1 – вид трапляється дуже рідко або з дуже малим покриттям;
- 2 – рідко або з низьким покриттям;

- 3 – рідко або з середнім покриттям на деяких стовбурах;
- 4 – часто або з високим покриттям на деяких стовбурах;
- 5 – дуже часто або з дуже високим покриттям на більшості стовбурів.

Для розрахунку значення *IAP* у Львові й околицях Новояворівська ми користувалися значеннями Q_i , розрахованими для Яворівського району з урахуванням даних, зібраних у Львові. Q_i для природно-заповідної території Карпат розраховували окремо, оскільки на значення індексу токсикофобності дуже впливає клімат території і, відповідно, на різних територіях чутливість видів (індекс токсикофобності) може істотно відрізнятись.

Результати досліджень та їх обговорення

Згідно з С.Я.Кондратюком і співавт. [4], П'ятий парк і парк І.Франка належать до I і II ліхеноіндикаційних зон (тобто до дуже сильно і помірно забруднених зон), відповідно. Лише сама західна частина П'ятого парку віднесена до III слабозабрудненої зони. Значення індексу чистоти повітря *IAP* для цих зон є у межах 0-0,99, 1,0-5,0 і 5,0-10,0, відповідно. Ми у 2006 році збирали і описували епіфітні лишайники з наступних видів листяних дерев: *Populus alba* L., *P. nigra* L., *P. tremula* L., *Fraxinus lanceolata* Borkh., *Betula pendula* Roth, *Acer negundo* L., *Quercus robur* L. і *Salix* sp. За нашими даними у П'ятому парку зустрічається 7 видів лишайників, причому на одному дереві зазвичай присутні 1-3 види, а на західних околицях парку видів стає більше (до 18), і на одному дереві присутні 5-8 видів. Значення *IAP* коливаються від 1,88 до 9,1, для більшої частини території він дорівнює 3,68. У парку І.Франка виявлено 13 видів лишайників, в середньому на одному дереві зростає 5 видів, *IAP* = 5,33. Отже, за 15 років, що пройшли від часу опублікування даних С.Я.Кондратюка і співавт. [4] ліхеноіндикаційна ситуація у Львові майже не змінилася, проте значення *IAP* у межах парків дещо зросли, що, очевидно, пов'язано зі закриттям багатьох промислових підприємств у межах міста і незначним покращенням екологічної ситуації.

Зі шпилькових видів у Львові обстежили *Pinus sylvestris* L. і *Picea abies* (L.) Karst. На усіх досліджених стовбурах *Picea abies* у межах парків лишайників не виявлено. Лише у парку І.Франка у прикореневій ділянці знайдена зелена токсикотолерантна водорість *Pleurococcus vulgaris* Menegh. *IAP* (для *Picea abies*) для обох парків є рівним нулю.

На корі *Pinus sylvestris* у П'ятому парку у його східній частині лишайники також не виявлені, на північних околицях вже трапляється *Lecanora conizaeoides* Nyl. ex Crombie, а в західній чистішій території крім *L. conizaeoides* з'являються ще *Lepraria incana* (L.) Ach., *Hypocenomyce scalaris* (Ach. ex Lilj.) M.Choisy, *Cladonia* sp. і *Chaenotheca* sp. У парку І.Франка на *Pinus sylvestris* трапляються *Amandinea punctata* (Hoffm.) Coppins & Scheid. і *Hypogymnia physodes* (L.) Nyl. Крім того, на всіх стовбурах *Pinus sylvestris* виявлена водорість *Pleurococcus vulgaris*. Значення *IAP* (*Pinus sylvestris*) для П'ятого парку коливається у межах від 0 до 1,55 (в західній частині), в середньому *IAP* = 0,55, а для парку І.Франка *IAP* = 1,24.

У Новояворівську та його околицях за епіфітною ліхенофлорою *Betula pendula*, *Quercus robur*, *Populus tremula* і *P. nigra* значення *IAP* коливаються у межах 10-14,99. Зі шпилькових видів у місті є лише *Pinus sylvestris*. У центра-

льній частині міста на її корі трапляються *Lecanora conizaeoides* і подекуди *Hypogymnia physodes*, *IAP* (*Pinus sylvestris*) = 1,17. На західних околицях міста на *Pinus sylvestris* до названих видів додаються у прикореневій ділянці: *Hypocenomyce scalaris*, *Amandinea punctata*, *Cladonia fimbriata* (L.) Fr., інколи *Xanthoria parietina* (L.) Th.Fr. і *X. polycarpa* (Hoffm.) Th.Fr. ex Rieber, а також *Lecanora allophana* Nyl. Значення *IAP* (*Pinus sylvestris*) для цієї території дорівнює 3,5. Таку ж картину спостерігали і біля смт. Шкло (Яворівський р-н, Львівська обл.), *IAP* за листяними деревами набуває значення у межах 5-9,99, оскільки ці території є наближеними до Яворівського державного гірничо-хімічного підприємстві „Сірка”. На північно-східних околицях міста на межі з лісами Розточчя на *Pinus sylvestris* трапляються такі види: *Lecanora conizaeoides*, *Hypogymnia physodes*, *Hypocenomyce scalaris*, *Cladonia ochrochlora* Flörke і *C. fimbriata*, *Chaenotheca ferruginea* (Turner & Borrer) Mig. – це основні види. Крім них ще можуть бути присутні *Chaenotheca trihialis* (Ach.) Th.Fr., *Ch. hispidula* (Ach.) Zahlbr., *Ch. furfuracea* (L.) Tibell, *Lepraria incana*, *Usnea hirta* (L.) F.C.Weber ex F.H.Wigg. *IAP* (*Pinus sylvestris*) становить 5,56.

За нашими даними на корі *Acer pseudoplatanus* L. в околицях озера Синевир присутні близько 30 видів лишайників. На одному дереві виявлено не менше 10-19 видів, причому кожний з них представлений значною кількістю екземплярів. Крім такого великого різноманіття лишайників, на те, що ці території є природно чистими також вказує факт присутності на деревах дуже чутливого червонокнижного виду *Lobaria pulmonaria* (L.) Hoffm.

Оскільки ми не мали можливості в межах Карпат дослідити різні за ступенем забруднення території і розрахувати для цієї території точні значення екологічного індексу видів Q_i , ми наводимо лише орієнтовне значення *IAP* для *Acer pseudoplatanus* – 76,1.

В околицях Синевиру *Pinus sylvestris* ми не виявили, тому дані збирали лише для *Picea abies*. Усього було зібрано й описано 19 видів лишайників, причому на одному дереві зазвичай зростає 8-10 видів. Звичайними видами у прикореневій ділянці є *Lepraria incana*, *L. lobificans* Nyl., *L. rigidula* (B. de Lesd.) Tønsberg, *Cladonia ochrochlora*, *C. pleurota* (Flörke) Schaer., а на стовбурі: *Hypogymnia physodes*, *Platismatia glauca* (L.) W.L.Culb. & C.F.Culb., *Pseudevernia furfuracea* (L.) Zopf. Також зібрані зразки рідкісних видів і видів, що зростають на гілках дерев: *Chaenotheca chrysocephala* (Turner ex Ach.) Th.Fr., *Ch. ferruginea*, *Ch. subroscida* (Eitner) Zahlbr., *Arthonia pruinata* (Pers.) A.L.Sm., *Usnea chaetophora* Stirt., *Evernia divaricata* (L.) Ach. та деякі інші. *IAP* (*Picea abies*) становить 18,1.

Отже, на підставі отриманих даних, ми пропонуємо наступний метод виділення ізотоксичних лишайникових зон за даними по епіфітній ліхенофлорі листяних і шпилькових дерев (табл.). Назви видів наведені за найновішим каталогом лишайників Східних Карпат [10].

Ця таблиця дозволяє порівнювати дані ліхеноіндикації, отримані для листяних і шпилькових дерев, але вона потребує уточнень щодо V ізотоксичної лишайникової зони. Неоднорідність видового складу лишайників кори різних видів листяних дерев вимагає їх групування за відмінністю у складі характерних видів лишайників і значень *IAP* для різних за ступенем забруднення лишайникових зон.

Ізотоксичні лишайникові зони, значення ІАР та характерні для них види листяних (*Quercus robur*, *Betula pendula* і видів родів *Populus* та *Acer*) та шпилькових (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*) дерев

Зона	Листяні види		Шпилькові види	
	ІАР	Індикаторні види	ІАР	Характерні види
I	0-0,99	<i>Scoliciosporum chlorococcum</i> , <i>Lecanora conizaeoides</i>	0-0,5	<i>Pleurococcus vulgaris</i> , <i>Lecanora conizaeoides</i>
II	1,0-4,99	<i>Xanthoria parietina</i> , <i>Phaeophyscia orbicularis</i>	0,51-1,4	Крім зеленої водорості і <i>Lecanora conizaeoides</i> також з'являються <i>Hypogymnia physodes</i> , <i>Amandinea punctata</i>
III	5,0-9,99	Види родини <i>Parmeliaceae</i> (<i>Parmelia sulcata</i> , <i>Parmelina tiliaceae</i> , <i>Cetraria chlorophylla</i> , <i>Hypogymnia physodes</i>)	1,41-4,0	Присутні вище названі види, з'являються в основі стовбура <i>Hypocenomice scalaris</i> , <i>Cladonia ochrochlora</i> і <i>C. fimbriata</i> , інколи <i>Xanthoria parietina</i> і <i>X. polycarpa</i> , а також <i>Lecanora allophana</i>
IV	10,0-20,0	Лишайники родів <i>Ramalina</i> , <i>Evernia</i> , <i>Pseudevernia</i>	4,1-10,0	З'являються також <i>Usnea hirta</i> , види родів <i>Chaenotheca</i> , <i>Lepraria</i>
V	21,0-76,0	<i>Lobaria pulmonaria</i>	10,0-18,0	Зникає <i>Lecanora conizaeoides</i> , <i>Amandinea punctata</i> , з'являються <i>Arthonia pruinata</i> , <i>Usnea chaetophora</i> , <i>Evernia divaricata</i> , <i>Platismatia glauca</i> , <i>Pseudevernia furfuracea</i>

Висновки

ІАР для П'ятого парку набував значень від 1,88 до 9,1 і від 0 до 1,55 за епіфітною ліхенофлорою листяних і шпилькових дерев, відповідно. Для парку І.Франка ІАР становив 5,33 і 1,24, відповідно.

Для Новояворівська з околицями значення ІАР для листяних видів коливалося у межах 10-14,99, а за даними по *Pinus sylvestris* ІАР у центрі міста дорівнював 1,17, на західних околицях – 3,5, а на східних – 5,56. Орієнтовне значення ІАР (*Acer pseudoplatanus*) для околиць озера Синевир становило 79,1, а для *Picea abies* – 18,1.

Епіфітна ліхенофлора шпилькових дерев (*Pinus sylvestris*, *Picea abies*) може бути використана для біоіндикації забруднення атмосфери за шкалою, запропонованою на підставі кореляції значень *IAP* за ліхенофлорою листяних дерев.

ЛІТЕРАТУРА

1. **Биоиндикация** загрязненный наземных экосистем / Под. ред. Р. Шуберта. – перевод с нем. – М.: Мир, 1988. – 348 с.
2. **Зеленко С.Д.** Ліхеноіндикаційна оцінка забрудненості повітря м. Чернігова // Укр. ботан. журн. – 1999. – 56, № 1. – С. 64-67.
3. **Кондратюк С.Я., Кучерявий В.О., Крамарець В.О.** Порівняльне ліхеноіндикаційне картування міст України // Укр. ботан. журн. – 1993. – 50, № 4. – С. 74-83.
4. **Кондратюк С.Я., Кучерявий В.О., Крамарець В.О. та ін.** Ліхеноіндикація забруднення повітря у м. Львові // Укр. ботан. журн. – 1991. – 48, № 2. – С. 72 – 76.
5. **Некрасенко Л.А., Байрак О.М.** Аналіз ліхеноіндикаційного картування м. Кременчука // Укр. ботан. журн. – 2002. – 60, № 3. – С. 278-285.
6. **Трасс Х.Х.** Биоиндикация состояния атмосферной среды городов // Экологические аспекты городских систем / Отв. ред. Л.М. Сушеня. – Минск: Наука і техника, 1984. – С. 96-109.
7. **Ambient** air quality in Turku, Raisio, Naantali and Kaarina in 1998 – 2002 / Ed. by T.Hartman. – Raisio: Newprint Oy, 2004. – 16 p.
8. **Asta J., Erhardt W., Ferretti M. et al.** European guideline for mapping lichen diversity as an indicator of environmental stress // <http://www.thebls.org.uk/eumap.pdf>, 2002. – 20 p.
9. **Kondratyuk S.Ya.** Lichen indication mapping of air pollution in Ukraine // Укр. ботан. журн. – 1994. – 51, № 2/3. – С. 148-152.
10. **Kondratyuk S.Ya., Popova L.P., Lackovičová A., Pišút I.** A catalogue of Eastern Carpathian Lichens. – Kiev-Bratislava: M.H. Kholodny Institute of Botany, 2003. – 264 p.
11. **Yule F.A., Lloyd O.Ll.** An index of atmospheric pollution survey in Armadale, Central Scotland // Water, air and soil pollution. – 1984. – 22. – P. 27-45.