

УДК 661.92:712.253(477.53–25)

О.Р. Ханнанова¹, А.А. Арканова²

Полтавський національний педагогічний університет імені В.Г. Короленка

вул. Остроградського, 2, Полтава, 36003, Україна

¹khannanovaor@gmail.com, ²arkanova.19-69@ukr.net

БІОІНДИКАЦІЙНА ОЦІНКА СТАНУ АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ ПОЛТАВСЬКОГО МІСЬКОГО ПАРКУ

На сьогоднішній день техногенна дія людини на природне середовище спричинює низку екологічних проблем. Насамперед, у великих та середніх містах – це забруднення атмосферного повітря через функціонування підприємств та автомобільного транспорту. Місто Полтава за станом атмосферного повітря має статус «екологічно чистого», проте впродовж 2014–2016 рр. спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у повітряному басейні: середньорічних за вмістом пилу, оксиду вуглецю (2014 р.), максимально разових за вмістом формальдегіду, пилу та оксиду вуглецю. Визначення сучасного стану повітряного басейну урбоекосистеми, проведення біомоніторингу є необхідними для пошуку шляхів оптимізації його якості. З цією метою нами за допомогою біоіндикаторів здійснено оцінку екологічного стану атмосферного повітря рекреаційної зони м. Полтава, природно-заповідного об'єкту загальнодержавного значення – Полтавського міського парку.

*При проведенні досліджень використано біоіндикаційні методи, які є ефективними і одночасно дешевими та, на відміну від хімічних і фізико-хімічних, можуть показати сумарну дію забруднювачів довкілля, дозволяють отримати інформацію як про короткочасну, так і про тривалу дію шкідливої речовини. Нами апробовано три напрямки біоіндикації: ліхеноіндикація, фітоіндикація за допомогою *Taraxacum officinale* Wigg. та дендроіндикація, що дали змогу комплексно оцінити стан атмосферного повітря парку. За результатами проведення ліхеноіндикаційної оцінки визначено, що екологічний стан атмосферного повітря парку є задовільним. Проведення фітоіндикаційних досліджень якості атмосферного повітря за допомогою *Taraxacum officinale* та дендрологічна оцінка якості повітря теж вказують на відносне забруднення.*

Ключові слова: екологічний стан атмосферного повітря, біоіндикація, ліхеноіндикація, фітоіндикація, дендроіндикація, Полтавський міський парк.

Вступ. Важливою складовою сталого розвитку України є охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів. Тому на сьогодні актуальним є питання протидії забрудненню та порушенню природного середовища, що пов'язане з антропогенною діяльністю. Насамперед, у містах – це забруднення атмосферного повітря через функціонування підприємств та автомобільного транспорту. Полтава є одним із тих міст в Україні, що має статус «екологічно чистого». Індекс забруднення атмосфери у 2016 р. склав 4,41, що є майже вдвічі нижчим, ніж національний. Однак упродовж 2014–2016 рр. спостерігається перевищення гранично допустимих концентрацій забруднюючих речовин у повітрі міста: середньорічних за вмістом пилу, оксиду вуглецю (2014 р.), максимально разових за вмістом формальдегіду,

пилу та оксиду вуглецю [3, 4, 7]. Відмічається закономірність сезонних змін середньомісячних концентрацій забруднювачів. У холодний період зростає забруднення діоксидом сірки, що зумовлено більшим надходженням у повітря продуктів згорання палива.

Урегулювання цієї проблеми та пошук шляхів оптимізації якості атмосферного повітря залежить від наявної інформації про його стан. Сучасні хімічні та фізико-хімічні методи оцінки стану довкілля не можуть показати сумарної дії забруднювачів довкілля, на відміну від методів біоіндикації, які дозволяють отримати інформацію як про короточасну, так і про тривалу дію шкідливої речовини, оскільки живі організми є чутливими сенсорами забруднення довкілля. Тому актуальності набувають роботи, спрямовані на біоіндикаційну оцінку стану навколишнього середовища та біомоніторинг урбанізованих систем.

Нами з цією метою за допомогою біоіндикаторів здійснено оцінку екологічного стану атмосферного повітря однієї із цінних рекреаційних територій м. Полтава, природно-заповідного об'єкту загальнодержавного значення – Полтавського міського парку.

Матеріали та методи. Матеріал зібрано авторами впродовж 2014–2016 рр. на території Полтавського міського парку-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальнодержавного значення. Для визначення екологічного стану атмосферного повітря використано методи біоіндикації. Зокрема, для дослідження взято епіфітні лишайники, які є особливо чутливими індикаторами якості атмосферного повітря. Поселяючись на корі дерева як на субстраті, все необхідне для життя вони отримують із атмосферного повітря, а тому чітко реагують на його якісний склад.

Для визначення загальної токсичності (або потенційної мутагенності) повітряного басейну застосовано тест «Стерильність пилку рослин» [1]. Хімічними і фізичними забруднювачами атмосфери індукуються стерильні (нежиттєздатні) пилкові клітини або новоутворення в пилку. Результатом дії поллютантів є зміна фертильності пилку, що несприятливо позначається на життєздатності всієї фітопопуляції. Визначено середнє та відсоткове співвідношення життєздатних і стерильних зерен пилку для індикатора *Taraxacum officinale* Wigg.

Для оцінки стану атмосферного повітря за рівнем стерильності пилку рослин використано умовний показник ушкодженості (УПУ) [6]:

$$\text{УПУ}_i = \text{П}_{\text{реал}} - \text{П}_{\text{комф}} / \text{П}_{\text{крит}} - \text{П}_{\text{комф}}, \quad (1)$$

де $\text{П}_{\text{комф}}$ і $\text{П}_{\text{крит}}$ – значення стерильності пилку рослин у комфортних та критичних умовах відповідно;

$\text{П}_{\text{реал}}$ – значення стерильності пилку рослин на досліджуваній території (М, %);

i – номер проби (варіанту).

Для визначення екологічного стану атмосферного повітря використано також метод дендроіндикації на основі методики О.П. Мелехової та О.І. Єгорової [2]. Принцип дослідження базується на порушенні симетрії листової пластинки у деревних форм рослин під впливом антропогенного фактора. У біоіндикаторів, які використано для експрес-оцінки якості атмосферного повітря за флуктуаційною асиметрією, вимірювали у *Betula pendula* Roth. та *Populus nigra* L. – першу жилку від основи листка, в *Acer platanoides* L. – середню жилку бокових пластин праворуч і ліворуч.

Результати та їх обговорення. Для з'ясування рівня забруднення атмосферного повітря Полтавського міського парку за допомогою методу ліхеноіндикації досліджено три види дерев *Quercus robur* L., *Populus pyramidalis* L. та *Acer platanoides*. На кожному з досліджуваних представників дерев найчастіше зустрічалися чотири види епіфітних лишайників, а саме: *Parmelia olivacea* (L.) Ach., *Parmelia sulcata* Tayl., *Xanthoria parietina* (L.) Belt. та *Evernia prunastri* (L.) Ach. За результатами проведених досліджень отримано статистичні дані щодо частоти зустрічності відповідних видів лишайників на різних за видовим складом деревах, що наведені у таблиці 1.

Таблиця 1

Ліхенологічна ситуація на території Полтавського міського парку

Види дерев \ Види лишайників	<i>Quercus robur</i>	<i>Populus pyramidalis</i>	<i>Acer platanoides</i>
<i>Parmelia olivacea</i>	40%	40%	35%
<i>Parmelia sulcata</i>	25%	35%	30%
<i>Xanthoria parietina</i>	20%	20%	25%
<i>Evernia prunastri</i>	15%	5%	10%

Інформаційні матеріали таблиці дозволяють встановити, що найвищий показник частоти зустрічності серед лишайників на досліджуваній території характерний для *Parmelia olivacea* (40%) на представниках *Quercus robur* та *Populus pyramidalis*, найменший – для *Evernia prunastri* на *Populus pyramidalis* (5%) та *Acer platanoides* (10%). Отримані дані засвідчують, що міський парк має незначне забруднення атмосферного повітря, проте збільшення транспорту у районі Зіньківського переїзду має шкодочинний вплив на розвиток епіфітних лишайників.

Для визначення екологічного стану атмосферного повітря важливою також є оцінка постійності в угрупованні та ступеню покриття епіфітними лишайниками стовбурів дерев, який для досліджуваних об'єктів є високим і складає 4 бали із 5 максимально можливих.

Окрім видового складу для території парку нами визначено зону забруднення атмосферного повітря за шкалою естонського ліхенолога Х. Трасса [5]. Дані шкали засвідчують IV (відносно) зону забруднення через наявність сірих листоватих лишайників на стовбурах дерев (*Parmelia olivacea*, *Parmelia sulcata*) та поява *Evernia prunastri* індукує VI зону (зона дуже чистого повітря), проте збільшення концентрації шкідливих речовин призводить до загибелі даного представника.

Таким чином, ліхенологічні дослідження, проведені впродовж 2014–2016 рр., свідчать, що якісний стан атмосферного повітря досліджуваної рекреаційної ділянки міста є задовільним.

Для з'ясування стану атмосферного повітря парку нами апробовано також у якості індикатора *Taraxacum officinale* Wigg., оскільки рослина має чітко виражену реакцію на вплив забруднюючих речовин: зменшення довжини листя та маси рослини, збільшення кількості неправильних форм при значному антропогенному навантаженні.

Визначено середнє та відсоткове співвідношення життєздатних і стерильних зерен пилку (табл. 2).

Таблиця 2

**Характеристика досліджуваних пилкових зерен *Taraxacum officinale*
на території Полтавського міського парку**

Загальна кількість зерен	Кількість зафарбованих зерен	Кількість незафарбованих зерен	Відсоток зафарбованих зерен	Середнє значення даного показника	Відсоток незафарбованих зерен	Середнє значення даного показника
32	29	3	90,6%	90,8%	9,4%	9,2%
26	24	2	92,3%		7,6%	
28	25	3	89,2%		10,7%	

Отримані результати свідчать про незначний ступінь забруднення атмосферного повітря.

Згідно методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» [6] *Taraxacum officinale* у якості рослини-індикатора за стійкістю пилку до дії несприятливих екологічних факторів відноситься до другої групи – стійкі.

За допомогою нормативних значень цитогенетичних показників біоіндикатора (у нашому випадку *Taraxacum officinale*, що належить до стійких) визначаємо рівні стерильності пилку на екологічно чистих ($P_{комф.}$) та максимально забруднених ($P_{крит.}$) територіях. Далі за формулою 1 розраховуємо умовний показник ушкодженості біоіндикатора, який складає 0,45. Оцінку екологічної ситуації та рівень ушкодженості біоіндикатора визначено за загальноприйнятою шкалою. Для досліджуваної території ситуація характеризується наступним чином: вищий середнього рівень ушкодженості біоіндикатора, загрозливий стан біоіндикатора, що пояснюється розташуванням поблизу місця дослідження автомагістралі із середньою інтенсивністю руху транспорту.

Одним із ефективних напрямів фітоіндикації є той, що базується на морфогенетичному підході, який засновано на внутрішньоіндивідуальній мінливості морфологічних структур, а саме, ступені вияву флуктуаційної асиметрії. Відхилення в білатеральній симетрії може бути показником забруднення атмосферного повітря. Отже, основною вимогою методу є наявність у рослин чітко вираженої двосторонньої асиметрії. У міському середовищі оптимальними біоіндикаторами виступають деревні рослини, тому що, по-перше, у деревних форм щорічно формується листя, а, по-друге, багато видів має широке розповсюдження й чітко виражені ознаки. Це дає можливість проводити постійний моніторинг.

Згідно методики О.П. Мелехової та О.І. Єгорової [2] визначено ступінь асиметрії організму за 5-ти бальною шкалою, у якій 1 бал (до 0,055) – чисте повітря, 2 бали (0,055–0,060) – відносно чисте повітря, 3 бали (0,060–0,065) – забруднене повітря, 4 бали (0,065–0,070) – сильно забруднене повітря, а 5 балів (більше 0,070) – надто сильно забруднене повітря. Результати проведеного дослідження зазначено у таблиці 3.

**Дендрологічна оцінка стану атмосферного повітря
для Полтавського міського парку**

Види деревних порід	Коефіцієнт флуктуаційної асиметрії	Ступінь забруднення
<i>Populus nigra</i>	0,058	Відносно чисте
<i>Betula pendula</i>	0,059	Відносно чисте
<i>Acer platanoides</i>	0,059	Відносно чисте
Усього	0,059	Відносно чисте

Отримані дані свідчать, що коефіцієнт флуктуаційної асиметрії становить 0,059, що відповідає відносно чистому повітрю. Отже, отримані дані дендроіндикаційних досліджень вказують на відносно чисте атмосферне повітря рекреаційної території.

Висновок. Встановлено, що застосування біоіндикації для оцінки ступеня забруднення атмосферного повітря, поряд із іншими методами, дозволяє підвищити точність прогнозів змін у екологічній ситуації досліджуваної території. До того ж, апробація трьох методів біоіндикації дозволяє здійснити комплексну оцінку стану повітря екосистеми, визначити екологічні загрози та окреслити шляхи поліпшення.

Проведені дослідження дозволяють встановити, що в цілому екологічний стан атмосферного повітря Полтавського міського парку є задовільним. Проте моніторингові показники стаціонарних постів [7] свідчать про тенденцію до збільшення вмісту забруднювачів. Пріоритетність забруднення атмосферного повітря у місті автотранспортом, інтенсивність руху якого щорічно зростає, та наявність неподалік від Полтавського міського парку автомагістралі, а також стаціонарних джерел викидів забруднювачів зумовлюють необхідність розробки та впровадження заходів щодо вирішення питання підвищення вмісту політантів у атмосфері.

Список використаної літератури:

1. Дем'яненко Т.Б. Визначення стану повітряного середовища міста Черкаси за допомогою пилкових зерен кульбаби лікарської / Т.Б. Дем'яненко, А.О. Дичко // Вісник НТУУ «КПІ». – 2009. – Вип. 18. – С. 140–143.
2. Мелехова О.П. Биологический контроль окружающей среды: биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова, Е.И. Егорова. – Москва : Академия, 2007. – 288 с.
3. Наказ № 116 від 13.03.2007 р. «Про затвердження методичних рекомендацій «Обстеження та районування території за ступенем впливу антропогенних чинників на стан об'єктів довкілля з використанням цитогенетичних методів» [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://mozdocs.kiev.ua/view.php?id=6913> (дата звернення: 15.02.2016). – Назва з екрана.
4. Огляд стану довкілля Полтавської області. Стан атмосферного повітря в м. Полтаві за січень-листопад 2016 р. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://eco-pntu.in.ua/wp-content/uploads/govt16.pdf> (дата звернення: 08.07.2017). – Назва з екрана.
5. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2014 році / Полтавська обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів. – Полтава 2015. – 171 с. – Затверджений наказом Мінприроди України від 10.06.2015 р. № 191.

6. Регіональна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Полтавській області у 2015 році / Полтавська обласна державна адміністрація, Департамент екології та природних ресурсів, 2015. – 170 с. – Затверджений наказом Мінприроди України від 08.07.2016 №254.
7. Трасс Х.Х. Классы полеотолерантности лишайников и экологический мониторинг / Х.Х. Трасс // Проблемы экологического мониторинга и моделирования экосистем. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1985. – Т. 7. – С. 122–137.

Рекомендує до друку Л.Д. Орлова
Отримано 21.09.2017 р.

О.Р. Ханнанова, А.А. Арканова

Полтавский национальный педагогический университет имени В.Г. Короленко

БИОИНДИКАЦИОННАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА ПОЛТАВСКОГО ГОРОДСКОГО ПАРКА

На сегодняшний день техногенное воздействие человека на природную среду вызывает ряд экологических проблем. Прежде всего, в крупных и средних городах – это загрязнение атмосферного воздуха через функционирование предприятий и автомобильного транспорта. Город Полтава по состоянию атмосферного воздуха имеет статус «экологически чистого», однако на протяжении 2014-2016 гг. наблюдается превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в воздушном бассейне: среднегодовых по содержанию пыли, оксида углерода (2014), максимально разовых по содержанию формальдегида, пыли и оксида углерода. Определение современного состояния воздушного бассейна урбоэкосистемы, проведение биомониторинга необходимы для поиска путей оптимизации его качества. С этой целью нами с помощью биоиндикаторов осуществлена оценка экологического состояния атмосферного воздуха рекреационной зоны г. Полтава, природно-заповедного объекта общегосударственного значения – Полтавского городского парка.

При проведении исследований использованы биоиндикационные методы, которые являются эффективными и одновременно дешевыми и, в отличие от химических и физико-химических, могут показать суммарное воздействие загрязнителей окружающей среды, позволяют получить информацию, как о кратковременном, так и длительном влиянии вредного вещества. Нами апробированы три направления биоиндикации: лишеноиндикация, фитоиндикация с помощью *Taraxacum officinale* Wigg. и дендроиндикация, которые позволили комплексно оценить состояние атмосферного воздуха парка. По результатам проведения лишеноиндикационной оценки определено, что экологическое состояние атмосферного воздуха парка является удовлетворительным. Проведение фитоиндикационных исследований качества атмосферного воздуха с помощью *Taraxacum officinale* и дендрологическая оценка качества воздуха тоже указывают на относительное загрязнение.

Ключевые слова: экологическое состояние атмосферного воздуха, биоиндикация, лишеноиндикация, фитоиндикация, дендроиндикация, Полтавский городской парк.

O.R. Khannanova, A.A. Arkanova

Poltava V.G. Korolenko National Pedagogical University

BIOINDICATION ASSESSMENT OF THE ATMOSPHERIC AIR OF POLTAVA MUNICIPAL PARK

Nowadays, the human impact on the natural environment causes a number of environmental problems, foremost, urban air pollution that is caused by enterprises and motor transport in the large and medium-sized cities. Poltava city has the «ecologically clean» status for atmospheric air, but over 2014–2016 there is an excess of the maximum permissible concentrations of pollutants in the air basin:

average annual content of dust, carbon monoxide (2014), maximum single by content of formaldehyde, dust and carbon monoxide. Evaluation of the current air basin state of urboecosystem and biomonitoring conduction are necessary for its quality optimization. For this purpose, the assessment of atmospheric air ecological state in the recreational area of Poltava city, a natural-protected object of national importance – Poltava municipal park was carried out by bioindicators.

Bioindicative methods have been used during research. They are effective and, at the same time, cheap methods, unlike chemical and physico-chemical ones, can determine the total effect of pollutants in the environment, enable to obtain information on both short-term and long-term effects of the harmful substance. Three approaches of bioindication have been tested: lichen indication, phytoindication with *Taraxacum officinale* Wigg. and dendroindication, which made it possible to assess the atmospheric air state of the park comprehensively. According to the results of the lichen indication estimation it was determined that the ecological state of the park atmospheric air was satisfactory. The phytoindicative evaluation of atmospheric air quality using *Taraxacum officinale* and dendrological assessment of air quality also indicated relative pollution.

Key words: *ecological condition of atmospheric air, bioindication, lichen indication, phytoindication, dendroindication, Poltava municipal park.*