

О. Г. Луцишин, академік НАН України В. Г. Радченко,
Н. В. Палапа, П. П. Яворовський

Моніторинг забруднення систем ґрунт—рослина фітотоксичними елементами в зелених зонах м. Київ

*Наведено результати моніторингу екологічного стану зелених зон м. Київ. Дані по накопиченню фітотоксичних елементів (Na, Cl, Pb, Cd) у ґрунті та корінні, листках і корі *Tilia cordata* Mill., *Acer platanoides* L., *A. pseudoplatanus* L., *A. saccharinum* L., що є найпоширенішими у вуличних насадженнях, свідчать про вкрай небезпечний рівень техногенного та антропогенного забруднення довкілля столиці України.*

На сьогодні антропогенне і техногенне навантаження на екосистеми столиці України м. Київ набирає небезпечних темпів і форм. За статистичними даними 2006 р., обсяг викидів шкідливих речовин в атмосферу міста від стаціонарних та пересувних джерел забруднення становив 227,1 тис. т, або 283,9 т в розрахунку на 1 км², а на одного мешканця — 83,9 кг. Із них 191,0 тис. т викидів шкідливих речовин припадало на автотранспорт, що становило 84,1% при кількості автомобілів понад 700 тис. од. [1]. Сьогодні кількість автомобілів перевищує 1,2 млн од., включаючи 250 тис. од. транзитного транспорту, а частка шкідливих автотранспортних викидів — 90%. Рівень забруднення шкідливими викидами у столиці України є одним із найбільших у державі й перевищує середній показник у цілому в 4 рази.

До найбільш небезпечних для екологічного стану столиці чинників, які згубно впливають на вуличні зелені насадження, належать фітотоксичні елементи Na і Cl, джерелом надходження яких є хлорид натрію, що в необмеженій кількості використовується в зимовий період для боротьби з ожеледицею. Агресивними для життєдіяльності рослинного організму є також важкі метали Pb і Cd, які надходять з автотранспортними викидами, а забруднення Cd, крім того, підсилюється за рахунок спалювання сміттєвих і промислових відходів, що містять цей елемент.

Екомоніторинг ґрунтів і рослинних комплексів проводився у 2007–2008 рр. на території лісового масиву “Феофанія” як природної зеленої зони, що зазнала мінімального впливу техногенного забруднення, а також у міському парку ім. О. Пушкіна та у вуличних насадженнях вздовж автотранспортних магістралей по просп. 40-річчя Жовтня (Голосіївський район), вул. Івана Кудрі і Кіквідзе (Печерський район), вул. Будівельників та просп. Возз’єднання (Дніпровський район). Об’єктом дослідження вибрані деревні рослини родини липові (Tiliaceae) виду липи серцелистої (*Tilia cordata* Mill.) та родини кленові (Aceraceae), видів клену гостролистого (*Acer platanoides* L.), несправжньо-платанового (*A. pseudoplatanus* L.), цукристого (*A. saccharinum* L.), які найбільш поширені у вуличних насадженнях м. Київ (39% — липа, 7,8% — клени) і природних фітоценозах.

Рівень забруднення в системі ґрунт—рослина аналізували за вмістом фітотоксичних елементів Na, Cl, Pb, Cd у рухомій формі в ґрунті, корінні, листках і корі дерев.

Вміст Na визначали полум’яним фотометричним методом на фотометрі Flapho-4, Cl — прискореним методом за Х.М. Починком [2], концентрацію Pb і Cd — атомно-абсорбційним методом на приладі ААС-3. Статистичну обробку даних проводили за стандартними методиками з використанням програми Excel з довірчою вірогідністю 0,95 [3].

Відомо, що токсична дія іонів Na^+ і Cl^- та Pb^{2+} і Cd^{2+} викликає зниження інтенсивності фотосинтезу, гальмування ростових процесів і зовнішньо проявляється у вигляді крайового і міжжилкового некрозу та хлорозу [4, 5]. Нами встановлено високий рівень забруднення ґрунту і фітомаси (коріння, листки, кора) дерев клену і липи фітотоксичними елементами Na і Cl (табл. 1).

Результати досліджень показали, що у весняний період рівень забруднення ґрунту іонами Na^+ перевищував граничнодопустиму концентрацію (ГДК) і становив у вуличних насадженнях клену цукристого 4,3 ГДК, липи серцелистої — 6,6 ГДК (див. табл. 1). У літній період рівень забруднення ґрунту Na різко знижується для клену цукристого до 0,67 ГДК, для липи серцелистої до 2,12 ГДК внаслідок активного поглинання Na рослинами і його вимивання з ґрунту дощовими водами.

Протягом активного вегетаційного періоду (літні відбори проводилися наприкінці липня, коли ростові процеси вже завершуються) вуличні насадження клену гостролистого накопичували у своїй фітомасі токсичні концентрації Na^+ . Листки кленів гостролистого, несправжньо-платанового та липи серцелистої виявили найбільшу здатність до накопичення Na^+ в токсичних дозах. У порівнянні з природною зоною “Феофанія” кратність перевищення концентрації Na в листках цих двох видів клену коливалася в межах від 2,0 (просп. Возз’єднання) до 12,6 (вул. Івана Кудрі) та 10,7 (вул. Кіквідзе), липи серцелистої (просп. 40-річчя Жовтня) — від 11,9 до 27,9 раза залежно від місця зростання дерев вздовж автотраси і тротуару. І тільки для клену цукристого (вул. Будівельників) спостерігалось максимальне накопичення Na в корінні (перевищення становило 3,3 раза) та в листках (1,6 раза). Для вивчених видів дерев виявлена висока концентрація Na в корінні — кратність перевищення становила 2,6–3,5 для кленів і 11,3 для липи, та корі — кратність перевищення 1,5–10,8 для кленів і 19,6 для липи.

Накопичення іонів Cl^- в ґрунті в зоні кореневої системи різних видів клену і липи у природній зоні лісового масиву перевищувало допустиму концентрацію і становило 8,6 та 13,1 ГДК відповідно. Забруднення ґрунтів іонами Cl^- у вуличних насадженнях досліджених видів клену влітку коливалось у межах 11,4–17,7 ГДК, тоді як навесні до вимивання Cl^- з ґрунту сягало 26,3 ГДК для клена цукристого. У вуличних насадженнях липи (просп. 40-річчя Жовтня) концентрація Cl^- в ґрунті влітку дорівнювала 16,6 ГДК, навесні — 45,0 ГДК. При цьому в корінні та корі різних видів клену концентрація Cl^- на 17,1–56,0% була нижчою відносно природної зони, а в листках, навпаки, — в 1,2–2,3 раза більшою. У листках липи концентрація Cl була вищою в 3,1 раза, у корі — на 18,5%.

Не менш небезпечний рівень техногенного забруднення виявлений за вмістом важких металів Pb і Cd у ґрунтах і фітомасі досліджених видів дерев у вуличних насадженнях (табл. 2).

Концентрація Pb^{2+} у ґрунті вуличних деревних насаджень залежно від їх розташування вздовж автотраси коливалася від 41,7 до 80,5 мг/кг, що становило для клену 20,9–40,2 ГДК, для липи 30,6 ГДК. Найвищий рівень забруднення Pb^{2+} виявлено в корінні клену — від 30,5 до 102,5 ГДК залежно від виду, у корі концентрація Pb^{2+} становила 18,8–38,7 ГДК. Високі токсичні дози Pb^{2+} накопичувалися в листках клену — 15,6–27,0 ГДК, що є перевищенням допустимих меж. У листках липи забруднення Pb^{2+} становило 7,0 ГДК, у корі зростало більш ніж удвічі — 17,2 ГДК.

Забруднення Cd^{2+} ґрунту в зоні кореневої системи різних видів клену знаходилося на рівні допустимих концентрацій і коливалось від 0,6 до 1,2 ГДК. Проте фітомаса рослин активно акумулювала Cd : він накопичувався в дозах, які перевищували допустимі, в лист-

Таблиця 1. Рівень забруднення ґрунту в зоні кореневої системи і фітомаси деревних рослин фітотоксичними елементами Na, Cl у вуличних насадженнях Київського мегаполісу

Вид	Зона екомоніторингу (відбір)	Na ⁺ (рухома форма)				Cl ⁻ (рухома форма), %			
		ґрунт, мг · екв/100 г	Коріння, %	Кора, %	Листки, %	ґрунт	Коріння	Кора	Листки
Клен гостролистий	Ліс. масив “Феофанія”	Сліди	0,14 ± 0,04	0,03 ± 0,01	0,06 ± 0,01	0,015 ± 0,001	0,86 ± 0,35	1,85 ± 0,19	1,31 ± 0,22
	Просп. Возз’єднання	Сліди	0,37 ± 0,10	0,14 ± 0,03	0,12 ± 0,01	0,027 ± 0,001	0,46 ± 0,08	1,48 ± 0,26	1,86 ± 0,18
Клен несправжньо- платановий	Вул. Івана Кудрі	Сліди	0,49 ± 0,19	0,30 ± 0,15	0,76 ± 0,05	0,016 ± 0,002	0,72 ± 0,07	0,83 ± 0,16	3,09 ± 0,09
	Вул. Кіквідзе	0,46 ± 0,18	0,45 ± 0,08	0,23 ± 0,07	0,64 ± 0,16	0,023 ± 0,003	0,63 ± 0,15	1,43 ± 0,39	2,33 ± 0,59
Клен цукристий	Вул. Будівельників								
	березень	2,57 ± 0,20	0,49 ± 0,11	—	—	0,046 ± 0,005	0,46 ± 0,02	—	—
	липень	0,40 ± 0,22	0,47 ± 0,16	0,05 ± 0,01	0,09 ± 0,01	0,031 ± 0,009	0,64 ± 0,07	1,35 ± 0,19	1,52 ± 0,19
Липа серцелиста	Ліс. масив “Феофанія”								
	березень	Сліди	0,12 ± 0,03	—	—	0,023 ± 0,003	0,79 ± 0,14	—	—
	липень	Сліди	—	0,23 ± 0,05	0,38 ± 0,07	0,030 ± 0,001	—	0,30 ± 0,01	0,58 ± 0,05
	Просп. 40-річчя Жовтня								
	березень	3,94 ± 0,24	1,38 ± 0,09	—	—	0,079 ± 0,001	1,10 ± 0,11	—	—
	липень	1,28 ± 0,24	—	4,42 ± 1,68	10,46 ± 3,92	0,029 ± 0,004	—	0,35 ± 0,05	1,82 ± 0,03
ГДК		0,6	Законодавчо не встановлена			17,5 мг/кг	Законодавчо не встановлена		

Примітка. — — дані відсутні.

Таблиця 2. Рівень забруднення ґрунту в зоні кореневої системи і фітомаси деревних рослин фітотоксичними елементами Pb, Cd у вуличних насадженнях Київського мегаполісу

Вид	Зона екомоніторингу	Pb ²⁺ (рухома форма), мг/кг				Cd ²⁺ (рухома форма), мг/кг				Кількість листків крони, вкритих сажею і пилом, %
		Ґрунт	Коріння	Кора	Листки	Ґрунт	Коріння	Кора	Листки	
Клен го- стролистий	Лісовий масив “Феофанія”	12,95 ± 3,49	6,42 ± 0,98	11,21 ± 1,08	7,04 ± 1,12	0,19 ± 0,06	0,76 ± 0,12	2,90 ± 0,14	1,07 ± 0,06	0
	Вул. Івана Кудрі Просп. Возз’єднання	41,76 ± 5,92	18,00 ± 2,48	19,35 ± 0,52	13,50 ± 2,33	0,42 ± 0,10	0,93 ± 0,14	1,90 ± 0,16	1,08 ± 0,06	2,70 ± 0,60
Клен не- справжньо- платановий	Вул. Кіквідзе (молоді дерева)	80,48 ± 9,02	15,23 ± 1,59	11,05 ± 1,10	7,83 ± 1,09	0,54 ± 0,02	0,65 ± 0,11	1,23 ± 0,06	0,83 ± 0,12	0
	Вул. Будівель- ників	73,36 ± 16,94	20,08 ± 5,62	11,55 ± 1,35	11,60 ± 2,88	0,56 ± 0,08	0,91 ± 0,21	1,18 ± 0,15	0,90 ± 0,16	0
Клен цукристий	Вул. Будівель- ників	57,42 ± 6,30	51,28 ± 10,29	9,43 ± 0,53	10,95 ± 2,25	0,82 ± 0,06	0,98 ± 0,08	1,38 ± 0,23	0,80 ± 0,08	0
Липа серцелиста	Просп. 40-річчя Жовтня	61,32 ± 4,12	—	8,60 ± 0,91	3,50 ± 0,47	—	—	2,55 ± 0,11	1,16 ± 0,04	99,70 ± 0,03
	ГДК	2,0	0,5	0,5	0,5	0,7	0,3	0,3	0,3	—

Примітка. — — дані відсутні.

Таблиця 3. Рівень забруднення важкими металами ґрунту в зоні кореневої системи і фітомаси рослин липи серцелистої Київського мегаполісу

Зона моніторингу	Модельні ділянки	Pb ²⁺ (рухома форма), мг/кг			Cd ²⁺ (рухома форма), мг/кг		Кількість листків крони, вкритих сажею і пилом, %
		Ґрунт	Кора	Листки	Кора	Листки	
Лісовий масив “Феофанія”	Поруч із житловим масивом (с. Хотів)	12,02 ± 0,58	4,80 ± 0,80	1,33 ± 0,25	1,92 ± 0,23	1,04 ± 0,13	86,65 ± 8,70
	Центр Поруч із вул. Метрологічною	10,43 ± 1,69	5,60 ± 0,40	2,09 ± 0,13	1,53 ± 0,190	0,77 ± 0,17	0
Парк ім. О. Пушкіна	Автомобільна	15,36 ± 2,35	4,00 ± 0,35	1,35 ± 0,04	1,14 ± 0,15	0,94 ± 0,14	99,50 ± 0,03
	Центр	26,31 ± 6,87	5,80 ± 0,45	2,80 ± 0,28	2,14 ± 0,31	1,33 ± 0,15	90,00 ± 10,00
	Промислові підприємства	10,84 ± 1,95	3,92 ± 0,23	1,99 ± 0,35	1,80 ± 0,09	1,24 ± 0,10	34,40 ± 6,50
		9,89 ± 1,36	3,00 ± 0,15	1,92 ± 1,47	1,15 ± 0,03	0,89 ± 0,12	61,62 ± 15,90
							Синьо-фіолетовий наліт на поверхні листків

ках (2,7–3,9 ГДК) та корінні (2,2–3,2 ГДК), і вміст його різко зростав у корі (3,9–8,5 ГДК) залежно від виду дерев та їх розташування на території міста.

Небезпечним для рослинності вулиць і природних зон міста також є забруднення листової поверхні крони сажею і пилом.

Сажові автотранспортні викиди акумулюють водорозчинні фітотоксиканти, які, проникаючи через поверхню листка, включаються в метаболічні процеси. Крім того, утворений сажею чохол порушує нормальний вологообмін листків, обмежує процес транспірації, пригнічує фотосинтетичні процеси в рослинних організмах [6].

Зовнішнє забруднення крони вуличних насаджень липи переважно сажею в 2007 р. сягало рівня 97,0–100%. При цьому поверхня листка та кора 2–4-річних пагонів була вкрита товстим суцільним шаром сажі, що викидається автотранспортом.

У такій несприятливій ситуації екологічного стану м. Київ не уникнути техногенного забруднення природних фітоценозів його зелених зон.

Екомоніторинг рослинних комплексів клену гостролистого (див. табл. 2) та липи серцеистої (табл. 3) на території лісового масиву “Феофанія” і міського парку ім. О. Пушкіна виявив значний рівень забруднення ґрунту і фітомаси рослин Pb і Cd на модельних ділянках, які межують з інтенсивним транспортним рухом або знаходяться в зоні впливу промислових підприємств.

На території лісового масиву “Феофанія” забруднення Pb²⁺ ґрунту в зоні кореневої системи клену і липи перевищувало допустиму концентрацію і становило 5,2–7,7 ГДК, що у 5–7 разів перевищувало його фонову концентрацію порівняно з 1965 р. [7]. Високий рівень забруднення Pb²⁺ виявлено також у фітомасі клену: у корінні — 12,8 ГДК, корі — 22,4 ГДК, листках — 14,1 ГДК. Рівень забруднення Pb²⁺ липи залежно від розташування модельних ділянок на території лісового масиву коливався в межах 2,7–4,2 ГДК у листках і 8,0–11,2 ГДК у корі.

Концентрація Cd²⁺ у ґрунті в зоні кореневої системи клену була незначною (0,27 ГДК), проте високою в корінні (2,5 ГДК), корі (9,7 ГДК) та листках (3,6 ГДК), що може бути наслідком техногенного забруднення автотранспортними викидами, оскільки автомагістраль кільцем оточує лісовий масив “Феофанія”. Крім того, джерелом забруднення Cd²⁺ можуть бути викиди при спалюванні сміття і промислових відходів у Пирогівському сміттєзвалищі, димовим смородом якого протягом багатьох років отруювався лісовий масив.

На території парку ім. О. Пушкіна рівень забруднення Pb²⁺ ґрунту в зоні кореневої системи липи на модельній ділянці, яка межує з автотранспортною магістраллю, становив 13,2 ГДК, а у центрі парку був удвічі нижчим. При цьому рівень забруднення корі іонами Pb²⁺ коливався в межах 6,0–11,6 ГДК, листків — 3,8–5,6 ГДК. Рівень забруднення Cd²⁺ фітомаси рослин також високий: для корі — 3,8–7,1 ГДК, для листків — 3,0–4,1 ГДК, що, можливо, є наслідком не тільки автотранспортних, але й промислових викидів заводів “Фотон” і “Більшовик”, у зоні впливу яких тривалі роки перебували рослини парку.

Також у лісовому масиві та на території парку зафіксовані високі рівні зовнішнього забруднення пилом і сажею листків липи. Так, на модельних ділянках, які межують із житловим масивом і автотрасою, спостерігалось майже суцільне забруднення всіх листків крони (див. табл. 3).

Опосередкованим доказом високого рівня техногенного забруднення довкілля і зелених зон міста є високий вміст золи в окремих органах рослин. При цьому рівень вмісту золи залежить від рівня забруднення фітотоксичними елементами, видового складу деревних насаджень зелених зон та поглинальної здатності різних органів рослин. Найбільш високий

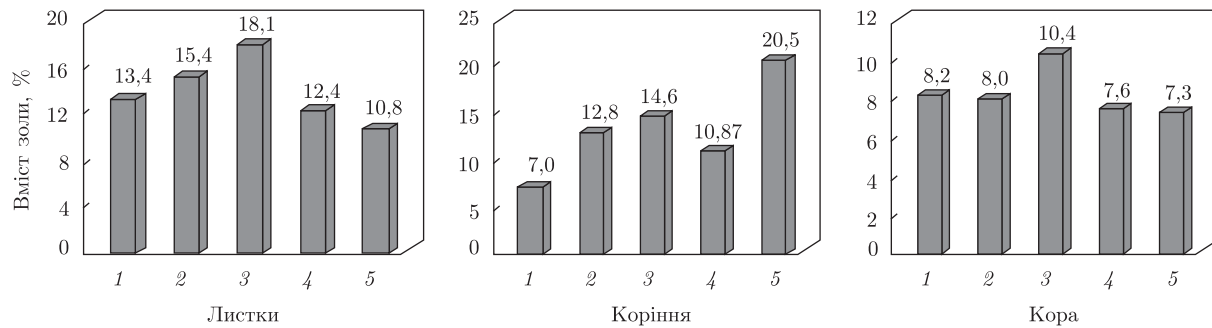


Рис. 1. Вміст золи у фітомасі різних видів клену: 1 — клен гостролистий (лісовий масив “Феофанія”); 2 — клен гостролистий (просп. Возз’єднання); 3 — клен гостролистий (вул. Івана Кудрі); 4 — клен несправжньо-платановий (вул. Кіквідзе); 5 — клен цукристий (вул. Будівельників)

рівень вмісту золи виявлений у листках клену гостролистого з чітким його зростанням залежно від рівня техногенного забруднення (рис. 1). Для клену цукристого високий рівень накопичення золи зафіксовано в корінні і найнижчий — у листках.

Отже, отримані нами дані моніторингу екологічного стану м. Київ свідчать про небезпечне підвищення рівня техногенного і антропогенного забруднення довкілля столиці України, що знаходиться за межами толерантності, адаптивності та виживання деревної рослинності зелених зон.

1. Довкілля України / Державний комітет статистики України. – Київ, 2007. – 243 с.
2. Починок Х. Н. Методы биохимического анализа растений. – Киев: Наук. думка, 1976. – 334 с.
3. Лакин Г. Ф. Биометрия. – Москва: Высш. шк., 1990. – 352 с.
4. Илькун Г. М. Загрязнители атмосферы и растения. – Киев: Наук. думка, 1978. – 247 с.
5. Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // Физиол. растений. – 2001. – 48, № 4. – С. 606–630.
6. Артамонов В. И. Растения и чистота природной среды. – Москва: Наука, 1986. – 175 с.
7. Соколова В. Ю., Яцюк М. Д. До питання про нагромадження рослинами рідкісних розсіяних елементів // Укр. ботан. журн. – 1965. – 22, № 1. – С. 14–18.

Науковий центр екомоніторингу
та біорізноманіття мегаполісу НАН України, Київ
Інститут агроекології УААН, Київ

Надійшло до редакції 10.06.2009

O. G. Lutsyshyn, Academician of the NAS of Ukraine **V. G. Radchenko**,
N. V. Palapa, **P. P. Yavorovskiy**

The monitoring of a pollution of ground—plant systems by phytotoxic elements in green zones of Kyiv

The results of the ecological condition monitoring of green zones of Kyiv are presented. Data on accumulation of phytotoxic elements (Na, Cl, Pb, Cd) in ground, roots, leaves, and a bark of Tilia cordata Mill., Acer platanoides L., A. pseudoplatanus L. and A. saccharinum L. testify to the extremely dangerous level of technogenic and anthropogenous environmental contaminations of the capital of Ukraine.