

Науковий часопис Національного педагогічного університету імені М.П. Драгоманова.  
Серія 20. Біологія. – 2013. – випуск 5. – С. 218 – 223

УДК 581.5 +504.3+574.4 (477.46)

**Л.І. Жицька**

Черкаський державний  
технологічний університет  
бул. Шевченка, 460, м. Черкаси, 18006

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ЕЛЕМЕНТАХ СЕРЕДОВИЩА УРБОЕКОСИСТЕМ МІСТА ЧЕРКАСИ**

*Екологічна оцінка, антропогенно-техногенний вплив, едафотопи, фітоценози, атмосфера, фітоіндикація, урбосистема*

У зв'язку з інтенсивним розвитком процесу урбанізації визначення різного роду забруднювачів, насамперед, важких металів, у елементах середовища природно-антропогенного комплексу має пізнавально-науковий характер. Зокрема, особливої актуальності набуває дослідження едафотопів, як важливого компонента урбоекосистеми промислово розвинених міст, до яких належить і місто Черкаси.

Значна частка у забрудненні атмосфери м. Черкаси належить таким промисловим об'єктам як приватне акціонерне товариство “Азот”, Державне підприємство “Черкаська ТЕЦ”, а також підприємства товариство з обмеженою відповідальністю “Черкаський ДОК”, товариство з обмеженою відповідальністю “Черкаська продовольча компанія”, відкрите акціонерне товариство “Черкаський лакофарбний завод Аврора” та інші, викиди яких складають основний відсоток надходження у навколишнє середовище особливо небезпечних токсикантів. Актуальність проблеми забруднення урбосередовища підсилюється ще й тим, що до викидів підприємств додаються викиди від автотранспорту.

Аналіз літературних джерел засвідчив, що рівень забруднення міських ґрунтів важкими металами визначається, насамперед, характером і інтенсивністю атмосферних опадів чи то аерозольних осадів [1-3], до того ж забруднення міських ґрунтів проявляється у тому, що в них збільшується вміст обмінних, рухомих і водорозчинних форм металів [4]. Найбільша їх кількість зосереджена, як правило, в самому верхньому шарі від 0 до 2 см, дещо менше їх накопичується на глибині 20-25 см [5].

Важкі метали, такі як: Pb, Zn, Cu, Cd, Hg та інші належать до першого та другого класу небезпечних речовин і служать індикаторами присутності широкого спектру забруднень (газів, органічних сполук, тощо). Важкі метали мають здатність до перерозподілу у ґрунті, поверхневих водах. Вони накопичуються ґрунтовими мікроорганізмами, рослинами, мігрують у трофічних ланцюгах. Особливо це проявляється при зниженні рН ґрунтового розчину [6,9].

Тому метою дослідження було дослідити вміст важких металів у едафотопах міста, динаміку їх накопичення у листі вищих рослин, встановити кореляційну залежність на межі «атмосфера – ґрунт», «атмосфера – рослина», «ґрунт – рослина» з використанням дерев видів *Populus deltoides Marsh*, *Tilia cordata Mill*, *Aesculus hippocastanum L.*, що найбільше використовуються для озеленення вулиць та скверів міста, а також можливості використання даних видів у якості біоіндикаторів цих забруднень.

## Матеріал і методика досліджень

Територія міста була поділена на дев'ять модельних ділянок за напрямками рози вітрів, які знаходились під впливом вище означених джерел, кожна з яких поділялась на окремі трансепти (100x100м), де проводився відбір проб методом конверта. Територію розподілено таким чином, щоб потім мати змогу порівняти рівень забруднення у промислових частинах міста з рівнем забруднення у зонах відпочинку.

Перший етап роботи полягав у огляді і узагальненні даних середньомісячних (червень-серпень) концентрацій в атмосфері важких металів на постах спостереження загальнодержавної мережі контролю лабораторії Держкомгідромету міста Черкас, що знаходяться у різних районах міста [10].

Другий етап – відбір зразків ґрунту для спектрофотометричного аналізу і визначення рН ґрунтового розчину, а також зразків листків тополі дельтолистої, липи серцелистої та гіркокаштану звичайного. Визначення вмісту важких металів у ґрунтах та листках рослин проводився атомноабсорбційним методом на спектрофотометрі АС – 115, М –1 у мг/кг ґрунту і у мг/кг сирової та сухої маси листків відповідно [11].

Третій етап – встановлення кореляційної залежності між вмістом важких металів у повітрі, листках рослин та ґрунті на підставі середньомісячних показників. Для розрахунку кореляційних показників був використаний спосіб розрахунку кореляції для невеликої кількості спостережень А.М. Меркова, Л.Е. Полякова [12].

Відбір проб ґрунту на вміст важких металів проводився на поверхні (0-2 см), а також на глибині 20-25 см на початку і в кінці вегетаційного періоду рослин.

### Результати дослідження та їх обговорення

Аналіз вмісту важких металів у повітрі міста свідчить про значні концентрації Pb, Zn, Cd, Cu на територіях промислової зони та центру міста, а також їх наявність у атмосфері різних районів міста Черкаси.

Попередньо визначені рН ґрунтів на вибраних ділянках міста засвідчили кислу (5,2-4,9) та слабко-кислу (5,6-6,8) реакцію ґрунтового розчину, за виключенням ділянок районів “Дахнівка” та “Першотравневий парк” (7,3-7,5), що сприяє процесам концентрації рухомих форм важких металів у ґрунті. Вміст важких металів на поверхні ґрунтів наведені в таблиці 1.

Як свідчать дані таблиці у ґрунтах Першотравневого парку, а також Площі 700-річчя має місце перевищення гранично допустимих концентрацій (ГДК) по цинку (у 4, а іноді і у 10 разів). Майже у всіх пробах ґрунту, що аналізувалися присутні у підвищених кількостях свинець, мідь, кадмій. До того ж перевищення ГДК по свинцю спостерігалось у центрі міста на магістральних ділянках та Площі 700-річчя. Проведені дослідження вказують на процес накопичення важких металів у ґрунтах, причому масові значення їх на кілограм ґрунту зростають у такій послідовності: Cd < Pb < Cu < Zn.

*Таблиця 1*

Середні значення рухомих форм важких металів на поверхні (0-2 см) ґрунтів деяких районів міста Черкаси, мг/кг

Найменування району міста Черкаси	Cu	Zn	Pb	Cd
	ГДК, мг/кг			
	3,0	23,0	20,0	1,0
	Середні концентрації, мг/кг			
1	2	3	4	5
Дахнівка	7,6	30,6	7,5	0,23
Луначарського	12,4	45,7	9,0	0,54

*Продовження таблиці 1*

1	2	3	4	5
Південно-Західний	3,9	20,4	6,5	0,18
Центр	12,1	47,6	25,5	0,13
Площа 700-річчя	39,2	49,7	32,5	0,25
Митниця	8,6	46,5	12,5	0,15
Першотравневий парк	30,7	98,8	15,0	0,35
Дніпровський	12,2	50,2	15,0	0,32
Вантажний порт	8,1	34,7	11,0	0,30

Визначення вмісту рухомих форм важких металів на глибині 20-25 см засвідчило зниження їх концентрації, що вказує на міграцію поллютантів у нижчі шари ґрунту та у кореневу систему рослин.

Викликає занепокоєння і факт наявності у ґрунтах району “Дахнівка” підвищеного вмісту важких металів  $Pb < Cu < Zn$ . Адже цей район вважається зоною відпочинку, так званий спальний район. Підвищений вміст вище названих речовин може бути наслідком як інтенсивної забудови даної території та збільшенням одиниць транспорту, так і результатом аеротехногенних перенесень внаслідок промислових емісій.

Результати дослідження листків дерев наведені у таблиці 2.

З таблиці видно, що листки досліджуваних дерев на початку вегетаційного періоду містять значно менше важких металів, ніж в кінці вегетаційного періоду. Така динаміка спостерігалась для усіх видів дерев, що використовувались як біоіндикатори даного типу забруднень.

Аналіз отриманих показників дає змогу встановити високу ймовірність потрапляння поллютантів у рослини через різні середовища. Це призводить до пригнічення фотосинтезуючої активності рослин, впливає на їх фізіологічний розвиток та протягом вегетаційного періоду суттєво знижує можливості рослинності у очищенні повітря урбоєкосистеми міста.

Результати досліджень показують більш високі індикаційні можливості тополі дельтолистої порівняно з липою серцелистою та гіркокаштаном звичайним. Останнє дає підстави рекомендувати цей вид для використання в біоіндикаційних дослідженнях під час проведення фітомоніторингових робіт. Використання липи серцелистої більш ефективно на початку вегетації.

Для підтвердження достовірності отриманих результатів були розраховані кореляційні коефіцієнти, що характеризують залежність між накопиченням забруднювачів у листках форофітів: липи, гіркокаштану та тополі (табл. 3).

*Таблиця 3*

Кореляційні показники щодо поглинальної здатності індикаторних видів

Забруднювач	липа		гіркокаштан		тополя	
	початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації	початок вегетації	кінець вегетації
свинець	0,88	0,51	0,70	-0,72	0,47	-0,76
цинк	0,94	-0,81	0,82	-0,23	0,58	-0,66
мідь	-0,38	-0,33	-0,67	0,77	-0,59	0,68
кадмій	0,52	-0,40	0,85	0,64	0,94	0,87

Таблиця 2

Вміст важких металів у листі вищих рослин на початку і в кінці вегетаційного періоду

Назва ділянки дослідження	Усереднені показники вмісту важких металів, мг/кг																													
	Липа										Гіркокаштан										Тополя									
	Cu		Zn		Pb		Cd		Hg		Cu		Zn		Pb		Cd		Hg		Cu		Zn		Pb		Cd		Hg	
	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ	ПВ	КВ
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31
Передмістя	0,54	0,90	0,73	3,19	Н/в	Н/в	0,03	0,06	0,08	0,17	1,11	1,14	2,16	2,36	0,02	0,07	0,15	0,14	0,014	0,08	0,98	0,98	1,74	2,81	Н/в	0,01	0,13	0,27	0,068	0,08
Промзона	1,87	4,40	6,80	8,10	0,01	1,30	0,054	0,17	0,12	0,45	2,81	4,30	6,15	8,90	Н/в	3,50	0,14	0,11	0,104	0,54	3,02	4,70	5,66	7,80	0,51	2,10	0,069	0,20	0,071	0,51
Хімселище	0,81	4,50	2,81	8,40	1,22	2,41	0,08	0,16	0,05	0,54	2,14	4,90	4,89	7,90	1,31	1,50	0,38	0,10	0,403	0,59	1,44	4,90	6,84	9,00	0,01	3,60	0,31	0,17	0,06	0,52
Р-н «Д»	0,62	4,50	4,81	8,00	0,611	3,50	0,06	0,14	0,09	0,76	2,10	3,20	4,91	5,61	1,32	4,80	0,33	0,19	0,07	0,54	0,34	3,90	1,61	6,50	0,001	4,90	0,07	0,14	0,016	0,41
Центр	0,90	4,80	5,19	7,10	1,20	1,39	0,18	0,11	0,21	0,48	5,00	3,00	4,55	6,80	2,78	6,00	0,20	0,28	0,08	0,34	2,28	3,70	6,22	10,97	0,70	3,60	0,27	0,14	0,074	0,48
ПЗХ	0,81	1,60	2,12	2,30	1,07	1,40	Н/в	0,04	0,08	0,16	0,47	1,00	1,06	2,20	0,33	2,00	0,08	0,06	0,153	0,16	0,98	3,90	4,22	7,91	0,01	3,58	0,12	0,17	0,061	0,50
Митниця	0,77	3,60	2,20	8,30	Н/в	3,60	0,02	0,17	0,056	0,73	1,05	4,80	2,61	4,90	0,01	2,50	0,02	0,20	0,063	0,59	0,70	4,00	1,12	7,80	Н/в	0,12	0,05	0,14	0,035	0,37
Дахнівка	1,74	2,40	5,19	6,10	Н/в	Н/в	0,02	0,03	0,079	0,09	1,60	1,73	4,03	6,16	0,02	0,02	0,09	0,15	0,098	0,104	1,30	4,01	2,07	6,88	Н/в	0,22	0,09	0,13	0,08	0,30

Примітка: - \*Н/в – не виявлено; ПВ – початок вегетаційного періоду; КВ – кінець вегетаційного періоду.  
Довірча вірогідність показників – 0,95.

Також були розраховані коефіцієнти парціальної (подвійної) кореляції на межі “атмосфера – ґрунт”, “атмосфера – рослина”, “ґрунт – рослина”, що відображають ступінь зв’язку між двома показниками за умови незмінності третього. Кінцеві показники розрахунків коефіцієнтів парної кореляції наведені в таблиці 4.

Таблиця 4

Коефіцієнти парної кореляції на межі “атмосфера – ґрунт”, “атмосфера – рослина”, “ґрунт – рослина”

Елемент	Атмосфера – ґрунт	Атмосфера – рослина	Ґрунт – рослина
Cu	0,94	0,91	0,94
Zn	0,95	0,87	0,80
Pb	0,92	0,88	0,89
Cd	0,96	0,93	0,90

Показники розрахунків коефіцієнтів парної кореляції виявили високу здатність поллютантів до депонації у ґрунті. Водночас, ймовірність потрапляння забруднювачів у рослини з ґрунту та накопичення важких металів через листову пластину, у складі аерозолі з атмосфери, однаково висока.

## Висновки

Вплив промислових підприємств та викидів автотранспорту на урбоєкосистему міста значний, що підтверджується результатами атомно-абсорбційного аналізу ґрунту та листків рослин. Це сприяє процесам закислення едафотопів міста, накопиченню токсичних речовин в клітинному розчині рослин, що впливає на фільтруючу активність форофітів м. Черкаси. Більшу частину досліджуваної території, що зайнята житловими масивами, можна віднести до слабо-забрудненої.

Накопичення важких металів у листках рослин та показники кореляційних коефіцієнтів вказують на можливість використання досліджених видів дерев у фітомоніторингу даних поллютантів.

Обчислені кореляційні показники на межі “атмосфера – ґрунт” підтверджують факт, що едафотопи є потужними депонаторами цих забруднень.

Тривогу викликає і той факт, що як у ґрунтах різних районів міста, так і у листі рослин цих районів виявлено вміст високотоксичної речовини – ртуті, солі якої можуть утворюватися як в результаті викидів автотранспорту, так і в результаті викидів теплоенергетичних об’єктів. А це, в свою чергу, може бути підставою для створення мережі контролю даного токсиканта в атмосферному середовищі, оскільки існує потенційна небезпека повторного забруднення атмосферного повітря під час спалювання листя. Тому постає питання необхідності розробки дієвих природоохоронних заходів по попередженню потрапляння важких металів та інших шкідливих речовин у атмосферне середовище міста.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Гармаш Г. А. Распределение тяжёлых металлов в почвах в зоне воздействия металлургических предприятий / Г. А. Гармаш // Почвоведение, 1985. – №2. – С.27-32.
2. Саєт Ю. Е. Геохимия и окружающая среда / Ю. Е. Саєт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин и др. – М.: Недра, 1990. – 335с.
3. Мамедов М.М. Геохимическая оценка состояния окружающей среды г. Баку / М.М. Мамедов, Р.А. Аллахвердиев, С.В.Гаджиева, Ю.Л. Семёнов // Тяжёлые металлы в окружающей среде и охрана природы. – М.,1988. – С.117-120.

4. Садоянникова Л.К. Показатели загрязнения почв тяжёлыми металлами в почвенно-геохимическом мониторинге / Л.К. Садоянникова, Н.Г. Зырин // Почвоведение, 1985. – №10. – С.84-89.
5. Белякова Т.М. Экологогеохимические особенности городских ландшафтов / Т.М. Белякова, А.Н. Гусейнов, М.В. Понорина // Географическое прогнозирование и охрана природы. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – С.75-83.
6. Биоиндикация наземных экосистем / [Э. Вайнер, Т.Ветцецль и др. ; под общ ред. Р. Шуберта]. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
7. Бондарь Г.С. Некоторые закономерности распространения микроэлементов в почвах и растениях различных эдафотопов Днепропетровской области / Г.С. Бондарь // Питання степового лісознавства та лісової рекультивациі земель. – Дніпропетровськ: Вид-во ДДУ, 1998. – Вип. 2. – С.194-200.
8. Горышина Т.К. Растения в городе / Т.К. Горышина. – Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1991. – 152 с.
9. Бортнік Л.М. Екологічна оцінка урболандшафтів за вмістом важких металів у системі ґрунт-рослина (на прикладі міста Харкова): Дис. на здоб наук. ступ. канд. біол. наук: спец. 03.00.16 «Екологія» / Л.М. Бортнік. – Харків, 1999. – 178 с.
10. Кузнецов А.В. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства / А. В. Кузнецов, А. П.Фесюн, С.Г.Самохвалов и др. – М.,1989. – 620 с.
11. Огляд стану забруднення атмосферного повітря. Черкаський обласний центр з гідрометеорології. – Черкаси, 2010. – 17 с.
12. Мерков А.М. Санитарная статистика / А.М. Мерков, Л.Е. Поляков. – М.: Медицина, 1974. – 378 с.

**Л.И. Жицкая**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ЭЛЕМЕНТАХ СРЕДЫ УРБОЭКОСИСТЕМЫ ГОРОДА ЧЕРКАССЫ**

В статье изложены результаты исследований динамики накопления тяжелых металлов в почвах города Черкасс, а также листьях высших растений на примере видов *Populus deltoides* Marsh, *Tilia cordata* Mill, *Aesculus hippocastanum* L., в процессе фитоиндикации атмосферных загрязнений. Определены коэффициенты корреляции между загрязнениями атмосферы, почвы и накоплениями тяжелых металлов в листьях растений в условиях повышенной техногенной нагрузки на урбоэкосистему города.

**L.I. Zhitska**

## **INVESTIGATIONS OF HEAVY METALS CONTAINING INTO ELEMENTS URBAN ECOSYSTEM'S THE CITY OF CHERKASSY**

Investigation results of dynamic of heavy metals storage in Cherkassy region soils, and in higher plants leaves as well on examples of *Populus deltoids* Marsh, *Tilia cordata* Mill, *Aesculus hippocastanum* L., species in the phytoindication process of the atmospheric pollution are note in this article Correlation indexes between atmospheric pollution, soil and heavy metals storages in plants' leaves in the conditions of raised technique loadings on urban ecosystem are defined as well.

Надійшла 20.11.2012 р.