

УДК 622.766:546.95

**Е.Б. ХОБОТОВА**, д.х.н., професор, **М.І. УХАНЬОВА**, викладач,  
**О.В. ТРОХИМЕНКО**, студентка, **О.М. СКЛЯРЕНКО**, студентка  
Харківський національний автомобільно-дорожній університет, м. Харків

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ В ҐРУНТАХ ПОБЛИЗУ ПІДПРИЄМСТВА «БАЛЦЕМ» (м. БАЛАКЛЕЯ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ)

Проаналізовано стан ґрунтів поблизу підприємства «Балцем» (м. Балаклея Харківської області) щодо забруднення важкими металами. Виділено важкі метали, які мають найбільшу міграційну здатність, площу та глибину забруднення ґрунту.

**важкі метали, ґрунт, забруднення**

Серед численних забруднювачів навколишнього середовища значне місце займають важкі метали (ВМ). Пріоритетними забруднювачами вважаються Hg, Pb, As, Cd, Zn головним чином тому, що їхнє техногенне накопичення у навколишньому середовищі йде високими темпами, а надлишкове надходження в організм живих істот порушує процеси метаболізму, гальмує ріст і розвиток.

У сільському господарстві це можна виразити у зниженні виходу продукції і погіршенні її якості.

Оскільки важкі метали надходять в організм людини і травоядних тварин в основному з рослинною їжею [1], а збагачення останньої відбувається головним чином із ґрунту – ґрунтово-агрохімічні дослідження на техногенно забруднених територіях мають важливе значення.

© Е. Б. Хоботова, М. І. Уханьова, О. В. Трохименко, О. М. Скляренко



Рослинна продукція навіть з малозабруднених ґрунтів здатна викликати кумулятивний ефект – поступове збільшення вмісту важких металів в організмі людини.

Вивченню важких металів в ґрунтах і рослинах у цей час приділяється підвищена, але все ж таки недостатня увага. У літературі є відомості щодо вмісту ВМ на техногенно забруднених територіях поблизу промислових підприємств [2–9], автострад [10, 11], або при внесенні осадків стічних вод у ґрунти [12–14]. Рухливість іонів ВМ у ґрунтах та їх розподіл за глибиною у ґрунті розглянуто в роботах [15, 16]. Проте, ці відомості недостатні, тому дуже актуальними є дослідження вмісту ВМ поблизу підприємств різних галузей промисловості.

Метою роботи був аналіз стану ґрунтів поблизу підприємства «Балцем» Харківської області щодо забруднення та виділення ВМ, які мають найбільшу міграційну здатність, площу та глибину забруднення ґрунту.

У ході виконання роботи використовувалися різні експериментальні методи дослідження. Проби ґрунту відбиралися після зняття шару дерну із глибини до 5 см (поверхневий шар) і з різної глибини за профілем ґрунту. Концентрації ВМ визначалися з водної витяжки методом атомно-абсорбційної спектрометрії. Для вилучення рухливих форм важких металів використовували різноманітні хімічні сполуки, які мають неоднакову екстрагуючу силу. Були випробувані буфери 1 Н НСІ, 0,02 М ЭДТА +1 М СН<sub>3</sub>СООН<sub>2</sub>; 0,005 М ДТПА + 0,01 М СаСІ<sub>2</sub> + 0,1 МТЭА з рН 7,3. За своєю розчинною здатністю вони значно різняться. Зокрема, 1 Н НСІ вилучає важких металів у кілька разів більше, ніж ацетатно-амонійний буфер [17]. При застосуванні розчинників передбачається, що вони вилучають доступну для рослин частину важких металів. Однак найбільш агресивні серед них (наприклад, 1 Н НСІ), крім безпосередньо засвоюваної форми, вилучають, очевидно, важкі метали ще і з ближнього резерву.

«Балцем» – виробниче об'єднання, продукцією якого є портландцемент різних марок. Цементний пил може містити важкі метали, тому що сучасні технологічні процеси виробництва цементу передбачають використання різних шлаків: доменних, вугільних, металургійних та інших. Основними викидами в атмосферу є пилові, які осідають уздовж сліду факела. Протягом тривалого часу

можливе істотне забруднення прилеглих територій цементним пилом і оксидами важких металів.

Були вивчені зразки ґрунтів на території самого підприємства й уздовж автотраси на м. Харків на різних відстанях від підприємства: 100 м; 500 м; 1 км; 3 км; 5 км; 10 км; 20 км. Напрямок на м. Харків – північно-західний. Зразки ґрунту відбиралися на відстані 800 м від автотраси для запобігання додаткового забруднення свинцем. Отримані експериментальні дані за сумарним вмістом важких металів у ґрунті на території підприємства надані в табл. 1.

Вміст важких металів у ґрунтах зменшується з глибиною, а кислотність зростає. Це цілком узгоджується з техногенним типом забруднення. Показник рН зменшується, тому що цементний пил має лужну реакцію, але менше проникає на глибину. Лужна реакція верхніх шарів ґрунту повинна сприяти інактивуванню важких металів у порівнянні з кислим ґрунтом, їхньому переходу в менш рухливий стан. З екологічної точки зору це явище позитивне, тому що знижується надходження ВМ у рослини.

Вміст важких металів у зразках ґрунту, узятих на різних глибинах і відстанях віддалення від підприємства, надано на рис. 1–5.

Найбільший вміст металів спостерігається в ґрунті на відстані 100 м від підприємства. Істотний рівень забруднення зберігається до відстані 5 км; далі він різко знижується. Невеликий розмір території забруднення важкими металами зумовлений тим, що цементний пил важкий і швидко осідає.

Найбільше з відстанню зменшується поверхнева концентрація міді (у 20 разів) і менш усього – Мп (1,13) і Ні (1,7). Можна зробити припущення, що мідь відноситься до більш низькодисперсних часток, що не переносяться на велику відстань. Інші метали переносяться з частками різного ступеня дисперсності. Для глибинних шарів (90–100 см) коливання концентрацій не настільки істотні; виключенням є кадмій, концентрація якого зменшилася у 137,5 рази.

Розходження у величинах концентрацій деяких важких металів у профілі ґрунту несуттєві. Навіть при невисокій поверхневій концентрації важких металів на великих відстанях від підприємства їх концентрація на

**Таблиця 1 – Вміст важких металів у профілі ґрунту на території підприємства «Балцем»**

Глибина, см	рН <sub>водн.</sub>	Іони важких металів, мг/кг сухого ґрунту						
		Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Zn	Mn
0–5	8,1	814,7	298,6	1200,0	126,4	708,2	1080,0	908,4
5–10	7,9	650,4	206,6	1050,4	118,6	341,2	680,6	875,6
40–50	7,9	115,6	98,4	258,1	105,4	86,4	200,8	817,8
90–100	7,5	78,6	89,9	68,7	104,6	15,2	75,4	816,0

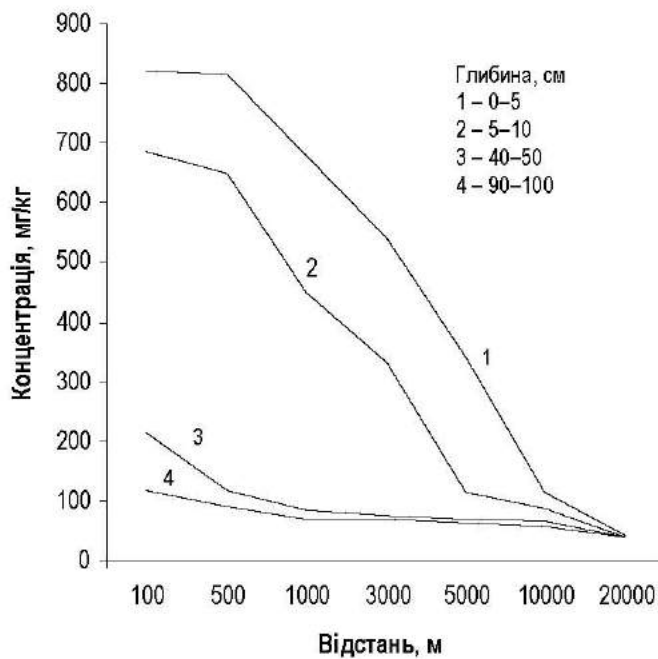


Рис. 1 – Розподіл Cu в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО «Балцєм»

глибині 90–100 см близька до поверхневої. Це свідчить про досить високу міграційну здатність сполук важких металів. До таких важких металів відносяться Cr, Ni, Mn. Навпаки, для Cu, Pb, Zn і особливо Cd дифузія в профілі ґрунту ускладнена, тому сполуки важких металів в основному фіксуються на поверхні ґрунту, що особливо помітно на невеликій відстані від підприємства. Це свідчить про те, що сполуки важких металів малорозчинні.

Рухливі форми сполук металів визначалися в експерименті з аналізом зразків ґрунту, відібраних у профілі на відстані 100 м від «Балцєм». Отримані дані представлені в табл. 2. Для Cu і Pb рухлива форма складає 44–45 % від валового вмісту металу в шарі, 0–5 см – в орному шарі, до 18–23 % – у підорному шарі.

Для Cd, Zn і Mn ці цифри такі: для шару (0–5 см) – 30–32 %, для (90–100 см) – 5–8 %. Дані щодо Cd і Pb дуже важливі, тому що практично відсутні в літературі. Для Ni і Cr характерні високі відсотки рухливої форми сполук відповідно: для шару (0–5 см) – 55 % і 57 %, для (90–100 см) – 38 % і 41 %. Найцікавіше

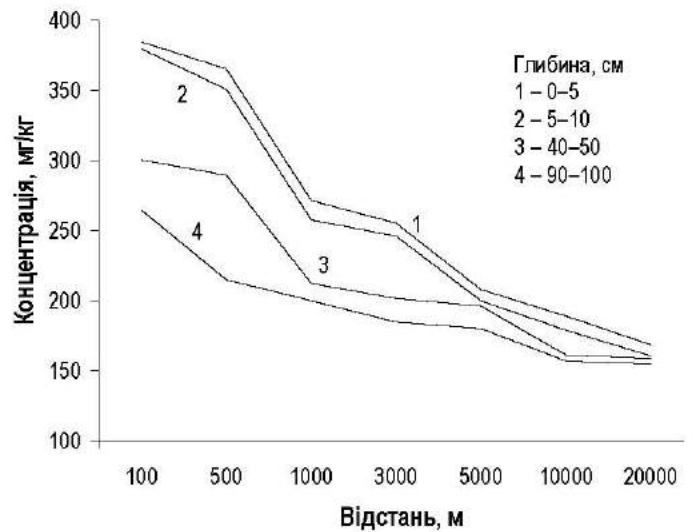


Рис. 2 – Розподіл Cr в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО «Балцєм»

те, що для цих металів не було виявлено рухливих форм при фоновому рівні забруднення [18]. Таким чином, важкі метали викидів цементного виробництва, потрапляючи в ґрунт, здобувають високу мобільність. Отримані дані цікаві з позиції впливу кислотності ґрунтів на рухливість важких металів. Група важких металів: Cd, Pb, Cu, Zn і Ni звичайно рухлива в кислому ґрунті, але при підлужуванні втрачає міграційну здатність. У нашому випадку Ni є виключенням, як і Cr, – малорухомі в більшості типів ґрунтів. Дані щодо концентрацій важких металів важливі для оцінки потоку сполук важких металів із ґрунту в рослини. Цю оцінку легше зробити, маючи дані не про валові кількості важких металів, а про їхні рухливі форми.

Таким чином, поблизу підприємства «Балцєм» осідають низькодисперсні фракції, збагачені сполуками міді, які до того ж є поганорозчинними і немігруючими в профілі ґрунту. Відділення високодисперсної фази цементного пилу, віднесеної на значні відстані, супроводжується хімічною сепарацією сполук Mn і Ni. Високою міграційною здатністю в профілі ґрунту володіють сполуки Ni і Cr. Виходячи з вищесказаного, можна відзначити, що найбільша площа і глибина забруднення буде спостерігатися для Ni, Cr і Mn.

Таблиця 2 – Вміст рухливої форми важких металів в профілі ґрунту на відстані 100 м від ВО «Балцєм»

Глибина, см	Важкі метали, мг/кг сухого ґрунту						
	Cu	Cr	Pb	Ni	Cd	Zn	Mn
0–5	360,9	211,5	623,5	78,5	230,3	403,2	305,2
5-10	273,4	189,8	378,2	64,9	69,5	302,6	271,7
40-50	75,5	126,2	121,1	57,1	8,0	30,5	105,2
90-100	20,9	100,6	20,84	48,5	0,82	5,77	66,5

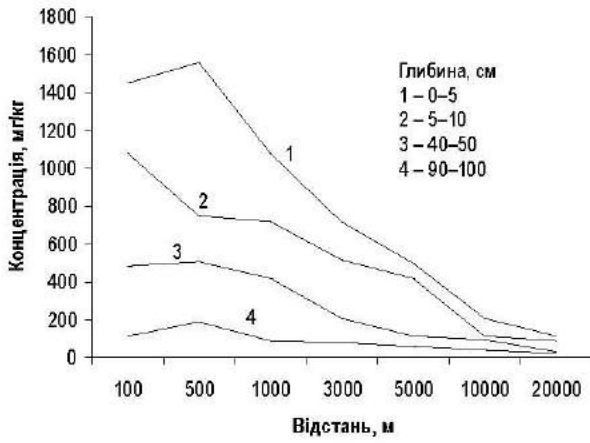


Рис. 3 – Розподіл Pb в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО «Балцем»

Порівняння рівнів забруднення ґрунтів із значеннями ГДК важких металів у ґрунтах показує, що спостерігається перевищення ГДК усіх важких металів у ґрунті на території підприємства. На відстані 5 км концентрація Zn у верхньому шарі ґрунту нижче ГДК. А на відстані 20 км нижче ГДК опускається концентрація Cu, наближається до ГДК (100 мг/кг) концентрація Ni. Таким чином, ґрунт підприємства ВО «Балцем» і прилеглої території є сильно забрудненим сполуками ВМ. Рівень забруднення відповідно до ранжирування (табл. 3) можна віднести до дуже високого за Cu, Pb, Zn, високого за Cr, низького за Ni.

Вміст рухливої форми ВМ також перевищує гранично-допустимий рівень за винятком Mn. Значне перевищення спостерігається для Cd у 230 разів. Подібна ситуація не

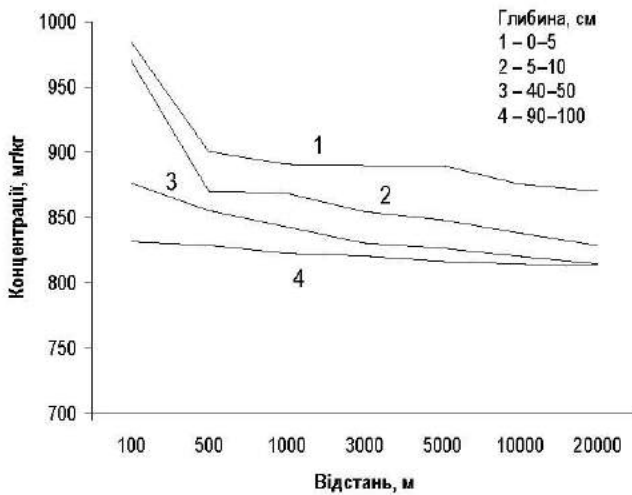


Рис. 4 – Розподіл Mn в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО «Балцем»

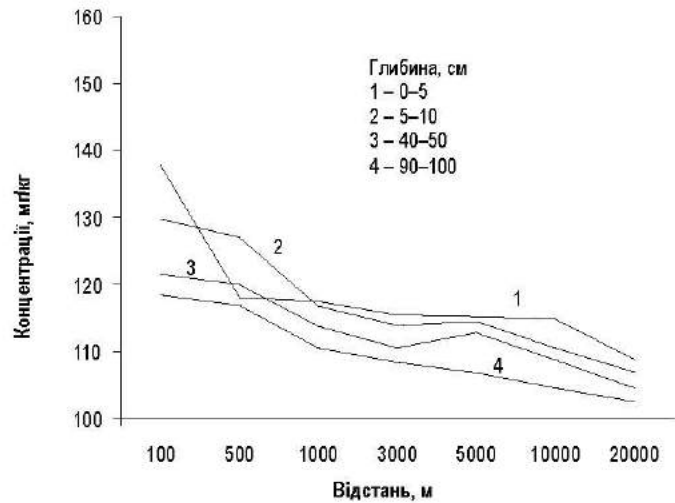


Рис. 5 – Розподіл Ni в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО «Балцем»

Таблиця 3 – Шкала екологічного нормування важких металів (за валовим вмістом) для геохімічної асоціації ґрунтів зі слабкислою і кислою реакцією, мг/кг сухого ґрунту

Градація	Hg и Cd	Cu	Pb	Ni	Zn
Рівень вмісту: дуже низький	<0,05	<5	<5	<10	<15
Низький	0,05–0,1	5–15	5–10	10–20	15–30
Середній	0,1–0,25	15–50	10–35	20–50	30–70
Підвищений	0,25–0,5	50–80	35–70	50–70	70–100
Високий	0,5–1,0	80–100	70–100	70–100	100–150
Дуже високий	1–2	100–150	100–150	100–150	150–200
Рівень забруднення: Низький (ГДК)	1–2	100–150	100–150	100–150	150–200
Середній	2–5	150–250	150–500	150–300	200–500
Високий	5–10	250–500	500–1000	300–600	500–1000
Дуже високий	>10	>500	>1000	>600	>1000

може не позначитися на надходженні важких металів у рослини. Ситуація змінюється для Zn на відстані 20 км від підприємства.

Отримані дані можна використовувати як базові для моніторингу забруднення ґрунтів як відправну точку при оцінюванні техногенного рівня забруднення території.

## БИБЛИОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Environmental Geochemistry and Health // Ed. S. Bowie, I. Thornton. – Boston; Lancaster: Reidel Publishing Company, 1984. – 140 p.
2. Звонарев Б. А., Зырин Н. Г. Закономерности распределения ртути в почвах вблизи источника загрязнения // Почвоведение. – 1981. – № 4. – С. 32–39.
3. Серебренникова Л. Н., Обухов А. И., Решетников С. И., Горбатов В. С. Содержание и распределение тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов // Почвоведение. – 1982. – № 12. – С. 71–76.
4. Маханько Э. П., Малахов С. Г., Вертинская Г. К. Опыт исследования загрязнения почв металлами вокруг металлургических предприятий // Тр. ин-та эксперимент. метеорол. – М.: Гидрометеиздат, 1985. – Вып. 13 (128). – С. 50–59.
5. Первунина Р. И., Зырин Н. Г., Малахов С. Г. Показатели загрязнения системы почва – сельскохозяйственные растения кадмием // Тр. ин-та эксперимент. метеорол. – М.: Гидрометеиздат, 1987. – Вып. 14 (129). – С. 60–65.
6. Davis B. E. Trace element pollution // Applied Soil Trace Elements. – N. Y.: John Wiley and Sons, 1980. – P. 287–352.
7. Matthews N., Thornton I. Seasonal and species variation in the content of cadmium and associated metals in pasture plants at Shipham // Plant and Soil. – 1982. – Vol. 66, N 2. – P. 181–193.
8. Гармаш Г. А. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах, находящихся в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение. – 1985. – № 2. – С. 27–32.
9. Дончева А. В., Казаков Л. К., Калущков В. Н. Оценка поступления тяжелых металлов в ландшафт // Химия в сел. хоз-ве. – 1982. – № 3. – С. 8–10.
10. Берзиня Д. Ж., Берзиня А. Я., Калвиня Л. К., Шарковский П. А. Диагностика загрязненности биогеоценозов выбросами автотранспорта // Бюл. Почв. ин-та им. В. В. Докучаева. – 1983. – Вып. 35. – С. 41–45.
11. Савельева Л. Е. К оценке уровней содержания свинца в почвах техногенных ландшафтов // Тяжелые металлы в окружающей среде. – М.: Изд-во МГУ, 1980. – С. 63–68.
12. Лурье Н. Ю. Влияние техногенных выбросов металлургических предприятий на структуру микробных ценозов южных черноземов // Химия в сельском хозяйстве. – 1985. – № 6. – С. 52–54.
13. Chang A. C., Page A. L., Warneke J. E. et al. Accumulation of cadmium and zinc in barley grown on sludgetreated soils // J. Environment. Quality. – 1983. – Vol. 12, N 3. – P. 391–397.
14. Williams D. E., Mamsis J., Pukite A. H., Corey J. E. Metal movement in sludge-amended soils // Soil Sci. – 1987. – Vol. 143, N 2. – P. 124–131.
15. Ильин В. Б., Степанова М. Д. Относительные показатели загрязнения в системе почва – растение // Агрехимия. – 1979. – № 11. – С. 61–67.
16. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
17. Горбатов В. С., Зырин Н. Г. О выборе экстрагента для вытеснения из почв обменных катионов тяжелых металлов // Вест. МГУ. Сер. почвовед. – 1987. – № 2. – С. 22–26.
18. Хоботова Э. Б., Трофименко Е. В., Складенко Е. Н. Загрязнение тяжелыми металлами почв лесопарковой зоны г. Харькова // Экология и промышленность. – 2006. – № 2. – С. 46–49.

Поступила в редакцию 10.03.07

Проанализировано состояние почв вблизи предприятия «Балцём» в г. Балаклея Харьковской области по загрязнению тяжелыми металлами. Выделены тяжелые металлы, которые обладают большой миграционной способностью, площадью и глубиной загрязнения почвы.

Condition of soil near the Enterprise «Baltsem» [Balakleya, Kharkov region] was surveyed related to the pollution by heavy metals. Heavy metals having the greatest migratory ability, area and depth of soil pollution were defined.