

Практически происходит передислокация тяжелых металлов из мест хранения осадков на сельскохозяйственные угодья. Существующая проблема с еще большей остротой встанет перед нашими потомками.

**Таблица 5.** Влияние на кукурузу раздельного и совместного внесения тяжелых металлов Zn, Pb, Cu, Cd

Элемент	Внесение	Доза, мг/кг почвы	Количество металла в листьях, мг/кг
Zn	Раздельное	300	1850
	Совместное		650
Pb	Раздельное	100	3,5
	Совместное		3,8
Cu	Раздельное	100	23
	Совместное		30
Cd	Раздельное	100	82
	Совместное		102

Из-за высокого содержания ТМ в шламах они могут использоваться в сельском хозяйстве очень осторожно. Лучше избежать применения шламов при выращивании кормовых культур и в овощеводстве. Если этого избежать невозможно, то необходимо строго регламентировать их внесение.

### Литература

1. Серебrenникова Л. Н., Обухов А. И., Решетников С. И., Горбатов В. С. Содержание и распределение тяжелых металлов в почвах техногенных ландшафтов // Почвоведение, 1982. — № 12.
2. 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.
3. 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.
4. Гармаш Г. А. Закономерности накопления и распределения тяжелых металлов в почвах, находящихся в зоне воздействия металлургических предприятий // Почвоведение, 1985. — № 2.
5. Дончева А. В., Казаков Л. К., Калуцков В. Н. Оценка поступления тяжелых металлов в ландшафт // Химия в сел. хоз-ве, 1982. — № 3.
6. Лурье Н. Ю. Влияние техногенных выбросов металлургических предприятий на структуру микробных ценозов южных черноземов // Химия в сел. хоз-ве, 1985. — № 6.
7. Williams D. E., Vlamis J., Pukite A. H., Corey J. E. Metal movement in sludge-amended soils // Soil Sci., 1987. — № 2.
8. Алексеев Ю. В. Тяжелые металлы в почвах и растениях. — Л.: Агропромиздат, 1987. — 142 с.
9. Bowie S., Thornton I. Environmental Geochemistry and Health // Boston; Lancaster: Reidel Publishing Company, 1984. — 140 p.

*О Хоботова Э.Б., Уханева М.И., Скляренко Е.Н., 2007*

УДК 622.766:546.95

**Хоботова Е. Б., Уханьова М. І., Трохименко О. В., Скляренко О. М.**  
(Харківський національний автомобільно-дорожній університет)

### 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.*

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

Вивченню важких металів в ґрунтах і рослинах у даний час приділяється підвищена, але все-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 розглянуті у роботах [15, 16]. Проте цих відомостей недостатньо, 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 ВМ, 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 з глибини до 5 см (поверхневий шар) і з різної глибини за профілем ґрунту. Концентрації ВМ визначалися з водної витяжки методом атомно-абсорбційної спектроскопії. Для вилучення рухливих форм важких металів використовували різноманітні хімічні сполуки, які мають неоднакову екстрагуючу силу. Були випробувані буфери 1 Н HCl; 0,02 М ЭДТА + 1 М CH<sub>3</sub>COONH<sub>4</sub>; 0,005М ДТПА + 0,01 М CaCl<sub>2</sub> + 0,1 МТЭА з рН 7,3. За своєю розчинною здатністю вони значно різняться. Зокрема, 1 Н HCl 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 HCl), 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, котрі осідають уздовж сліду факела. Протягом тривалого часу, можливо істотне забруднення прилягаючих 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 в запобіганні додаткового забруднення свинцем. Отримані експериментальні дані про сумарний вміст важких металів у ґрунті на території підприємства представлені в таблиці 1.

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

Вміст важких металів у ґрунтах зменшується з глибиною, а кислотність зростає. Це цілком узгоджується з типом забруднення — техногенне. 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 в рослини.

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

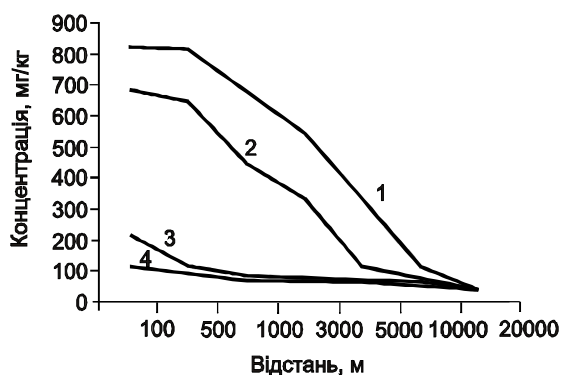


Рис. 1. Розподіл Cu в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО "Балцем" на глибині: 1 — 0–5 см; 2 — 5–10 см; 3 — 40–50 см; 4 — 90–100 см.

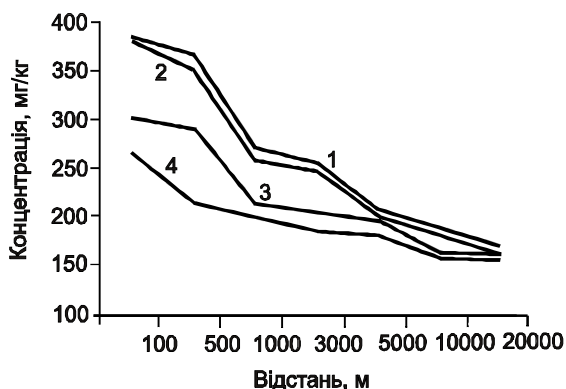


Рис. 2. Розподіл Cr в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО "Балцем" на глибині: 1 — 0–5 см; 2 — 5–10 см; 3 — 40–50 см; 4 — 90–100 см.

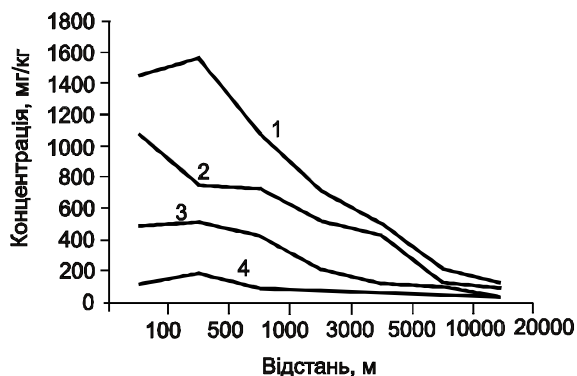


Рис.3. Розподіл Pb в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО "Балцем" на глибині: 1 — 0–5 см; 2 — 5–10 см; 3 — 40–50 см; 4 — 90–100 см.

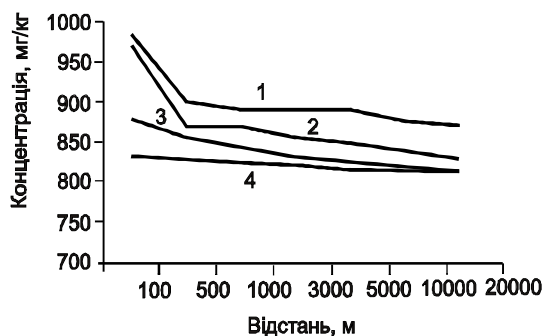


Рис.4. Розподіл Mn в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО "Балцем" на глибині: 1 — 0–5 см; 2 — 5–10 см; 3 — 40–50 см; 4 — 90–100 см.

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 відзначається тим, що цементний пил важкий і швидко осідає.

Найбільше з відстанню зменшується поверхнева концентрація міді (у 20 разів) і менш усього — Mn (1,13) і Ni (1,7). Можна зробити припущення,

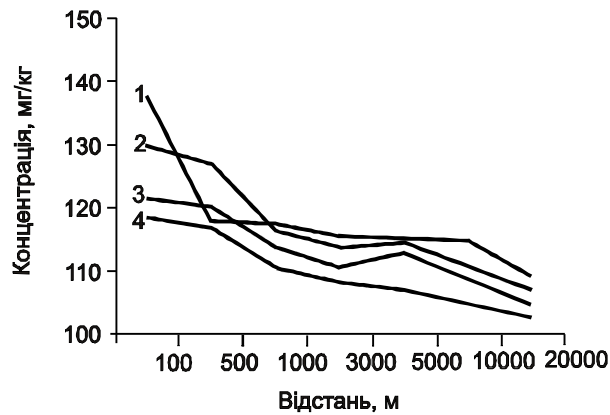


Рис.5. Розподіл Ni в профілі ґрунту на різних відстанях від ВО "Балцем" на глибині: 1 — 0–5 см; 2 — 5–10 см; 3 — 40–50 см; 4 — 90–100 см.

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 в 137,5 рази.

Розходження у величинах концентрацій деяких важких металів в профілі ґрунту несуттєві. Навіть при невисокій поверхневій концентрації важких металів на великих віддаленнях від

підприємства концентрація важких металів на 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 утруднена, тому сполуки важких металів в основному фіксуються на поверхні ґрунту, що особливо помітно на невеликому віддаленні від підприємства. Це свідчить про те, що сполуки важких металів малорозчинні.

Рухливі форми сполук металів визначалися в експерименті з аналізом зразків ґрунту, відібраних в профілі на відстані 100 м від "Балцем". Отримані дані представлені в таблиці 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 наступні: для шару (0–5 см) — 30–32%, для (90–100 см) — 5–8%. Дані по Cd і Pb дуже важливі, тому що практично відсутні в літературі. Для Ni і Cr відзначені високі відсотки рухливої форми сполук, відповідно: для шару (0–5 см) — 55% і 57%, для (90–100 см) — 38% і 41%. Це тим більше цікаво, 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 про концентрації 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.

**Таблиця 2.** Вміст рухливої форми важких металів в профілі ґрунту на відстані 100 м від ВО "Балцем"

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

Таким чином, поблизу підприємства "Балцем" осідають низькодисперсні фракції, збагачені сполуками міді, що до того ж є поганорозчинними і не мігруючими в профілі ґрунту. Відділення високодисперсної фази цементного пилу, віднесеної на значні відстані, супроводжуються хімічною сепарацією сполук Mn і Ni. Високою міграційною здатністю в профілі ґрунту володіють сполуки Ni і Cr. Виходячи з вище сказаного, можна відзначити, що найбільша площа і глибина забруднення буде спостерігатися для Ni, Cr і Mn.

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 прилягаючої території є сильно забрудненим сполуками ВМ. Рівень забруднення відповідно до ранжирування (таблиця 3), можна віднести до дуже високого за Cu, Pb, Zn; високому за Cr; низькому за Ni.

**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

Вміст рухливої форми ВМ також перевищує гранично допустимий рівень, за винятком Mn. Значне перевищення спостерігається для Cd — у 230 разів. Подібна ситуація не може не позначитися на надходженні важких металів у рослини. Ситуація змінюється для Zn на відстані 20 км від підприємства.

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

### Література

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.: Гидрометеоздат, 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.: Гидрометеоздат, 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 H., 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. — № 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., Калуцков 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 сел. хоз-ве, 1985. — № 6. — С. 52–54.
13. **Chang A. C., Page A. L., Warneke J. E.** Accumulation of cadmium and zinc in barley grown on sludge treated soils // J. Environment. Quality, 1983. — Vol. 12. — N 3. — P. 391–397.
14. **Williams D. E., Vlamsis J., Pukite A. H., Corey J. E.** Metal movement in sludge-amended soils // Soil Sci., 1987. — Vol. 143. — № 2. — P. 124–131.
15. **Ильин В. Б., Степанова М. Д.** Относительные показатели загрязнения в системе почва – растение // Агрохимия, 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., Скляренко Е. Н.** Загрязнение тяжелыми металлами почв лесопарковой зоны г. Харькова // Экология и промышленность, 2006. — № 2. — С. 46–49.

*О Хоботова Е.Б., Уханьова М.И.,  
Трохименко О.В., Скляренко О.М., 2007*