

УДК 550.42:631.41

**ЗАКОНОМІРНОСТІ РОЗПОДІЛУ ВАЖКИХ
МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЗОНИ ВПЛИВУ ДМК
ІМ. Ф. Е. ДЗЕРЖИНСЬКОГО**

Войтюк Ю. Ю., Кураєва І. В.

*(Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення
ім. М. П. Семененка НАНУ, м. Київ, Україна)*

Манічев В. Й.

*(Державна установа «Інститут геохімії навколишнього
середовища НАНУ», м. Київ, Україна)*

Філатов В. Ф.

(УкрНДМІ НАНУ, м. Донецьк, Україна)

Определены физико-химические, минералогические особенности техногенно загрязненных почв зоны влияния промышленного объекта. По геохимическим критериям выделены техногенные ассоциации тяжелых металлов в почвах. Приведены результаты геохимических исследований биокосных систем. Определены формы нахождения и показатели подвижности тяжелых металлов в почвах.

Physico-chemical and mineralogical peculiarities of technogenically polluted soils in the impact zone of industrial object are determined. Based on the geochemical criteria technogenic associations of heavy metals in soils are identified. The results of geochemical research into biocosmic systems are described. Occurrence forms and indexes of mobility of heavy metals in soils are defined.

У другій половині двадцятого століття у дослідженнях інститутів геологічного профілю все більше уваги приділяється еколого-геохімічному напрямку. Зростаюче антропогенне навантаження на об'єкти довкілля викликає сталі зміни у їх структурі

та функціонуванні. Південно-східні регіони України, що зазнають впливу підприємств чорної металургії становлять особливу небезпеку для населення і вимагають комплексного дослідження.

Важливою проблемою геохімічних досліджень є відсутність стандартизованої системи визначення форм знаходження ВМ у об'єктах довкілля. При геохімічних дослідженнях техногенних ландшафтів дуже часто не враховуються біогеохімічні показники, які є важливим індикатором розмежування природних і техногенних аномалій.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є визначення закономірностей розподілу ВМ у ґрунтах зон впливу ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат імені Ф. Е. Дзержинського» (ДМК ім. Дзержинського) та визначення еколого-геохімічних критеріїв оцінки стану оточуючого середовища з урахуванням біогеохімічних показників.

Для досягнення мети було поставлено наступні задачі:

1. Встановлення особливостей латеральної та радіальної диференціації ВМ у ґрунтах зон впливу ДМК ім. Дзержинського.
2. Визначення геохімічних асоціацій ВМ у ґрунтах, які зазнають впливу ДМК ім. Дзержинського та визначення еколого-геохімічних критеріїв оцінки стану оточуючого середовища.
3. Визначення форм знаходження і показників рухомості ВМ у ґрунтах зон впливу ДМК ім. Дзержинського.
4. Визначення біогеохімічних показників ґрунтів техногенно забруднених територій.

Методика досліджень. Відбір проб ґрунту проведено відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02-84. Опробування представницьких видів рослинності і пилових випадінь проведено паралельно з відбором ґрунтових проб. Гранулометричний склад ґрунту визначено відповідно до вимог ДСТУ БВ.2.1-19:2009. Рентгенофазовий аналіз досліджуваних зразків проведено на дифрактометрі ДРОН-2 та автоматичному дифрактометрі ДРОН-3М, на мідному випромінюванні ($\text{CuK}_\alpha=1,54178 \text{ \AA}$). Концентрації хімічних елементів у пробах визначено за допомогою атомно-емісійного спектрального методу на СТЕ-1 спектрографі. Вивчення форм знаходження ВМ у ґрунтах та пилових випадіннях виконано методом послідовних витяжок. Концентрації ВМ у витяжках визначе-

но методом атомно-абсорбційного аналізу на спектрометрі КАС-115. Еколого-геохімічну оцінку за сумарним показником забруднення здійснено за методикою Ю. Ю. Саєта [1]. Техногенність ВМ розраховано з застосуванням профільного підходу за методикою Ю. Н. Водяницького [2], *S. Baron* [3]. Для характеристики біогенної міграції ВМ у ґрунтах під впливом підприємств чорної металургії і біогеохімічних особливостей рослин використано методику І. А. Авессаломової [4].

Результати досліджень.

Дніпродзержинськ розташований у степовій природно-кліматичній зоні. Ділянка досліджень належить до ландшафтів кальцієвого-магнієвого геохімічного класу. Геохімічні ландшафти здатні до самоочищення.

Для Дніпродзержинської ділянки було обрано фоновий аналог з подібними ландшафтно-геохімічними властивостями на території Дніпровсько-Орільського заповідника. Оскільки вплив промислового комплексу не виключався, ділянка розглядалася як «умовно чиста зона».

Було проведено дослідження пилових випадінь СЗЗ підприємства чорної металургії у м. Дніпродзержинськ. Встановлено, що вміст цинку у пилових випадіннях досягає 10000 мг/кг, хрому – 2000 мг/кг, міді – 1000 мг/кг, свинцю 400 мг/кг, що значно перевищує фонові величини.

Ґрунтово-геохімічні показники. Ґрунти м. Дніпродзержинська представлені в основному чорноземами звичайними середньопотужними малогумусними на лесах. Дослідження мінерального складу ґрунтів показало, що у складі глинистої фракції переважає гідрослюда, каолінит, монтморилоніт, хлорит. Легка фракція складається переважно із кварцу, кальциту, калієвого польового шпату, присутні також мусковіт, гідрослюда, глауконіт, опал. У складі важкої фракції ґрунтів переважають гідроксиди заліза, лейкоксен, циркон, гранат, ставроліт, ільменіт, рутил. Особливістю досліджених ґрунтів є значний вміст залізовмісних мінералів – гетиту, гематиту, магнетиту, франклініту, що надходять у ґрунти у складі викидів підприємств чорної металургії.

ВМ, що надходять із техногенних джерел, потрапляють на поверхню ґрунтів. Процеси їх міграції та акумуляції визначені фі-

зико-хімічними властивостями ґрунтового поглинального комплексу (табл. 1).

Таблиця 1

Фізико-хімічна характеристика ґрунтів

Місце відбору проб ґрунтів	Сорг, мг/кг	рН	Обмінні катіони, мг*екв/100 г						К _б
			H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	E _{сум}	
Дніпродзержинська ділянка	4,6	6,2	10,1	2,3	1,1	0,2	1,2	14,9	4,5
Фонова ділянка	7,8	6,4	10,8	49,3	18,4	0,8	0,6	79,9	87,7

Примітка. Сорг – кількість органічної речовини, рН – водневий показник, E_{сум} – сума обмінних катіонів, К_б – коефіцієнт буферності.

Однією з найважливіших еколого-геохімічних характеристик є буферність ґрунтів. Вона залежить від фізико-хімічних властивостей ґрунтового поглинаючого комплексу (ГПК), складу ґрунтової органічної речовини. Коефіцієнт буферності (К_б) прямо пропорційний сорбційній ємності (E) ГПК і зворотно пропорційний зміні рН. Еколого-геохімічна суть цього показника полягає у відображенні властивостей системи протистояти техногенному впливу [5].

Експериментальне вивчення сорбційної ємності ГПК, буферності ґрунтів під впливом підприємств чорної металургії і на фонових ділянках за методикою А. І. Самчука [5] (табл. 1) показало, що на техногенно забруднених ділянках зменшується буферність ґрунтів у порівнянні з аналогічними ґрунтами природних ландшафтів.

Встановлено, що особливістю ґрунтів у зоні впливу ДМК ім. Дзержинського є підвищений вміст оксидів заліза (у 4,2 рази), марганцю (у 3,5 рази) та кальцію (у 2 рази) у порівнянні з ґрунтами фонових ділянок (табл. 2).

Визначено валовий вміст ВМ у ґрунтах санітарно-захисної зони (СЗЗ) ДМК і регіональні фонові значення (табл. 3).

Таблиця 2

Валовий хімічний склад ґрунтів, %

Вміст окси- дів	SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	$Fe_{заг}$	MnO	MgO	CaO	Na_2O	K_2O	P_2O_5	H_2O	в.п.п.	Сума
ДД	50,4	0,11	4,28	17,9	0,39	1,46	7,86	0,42	0,7	0,06	1,94	13,9	99,5
ФД	59,5	0,66	10,71	4,23	0,11	1,57	3,91	0,83	2,4	0,06	4,48	11,2	99,6

Примітка. ДД – Дніпродзержинська ділянка, ФД – фонові ділянки, в.п.п. – втрата при прокалюванні.

Таблиця 3

Валовий вміст ВМ у ґрунтах СЗЗ ДМК ім. Дзержинського

Елемент	Валовий вміст, мг/кг	Фонове значення	Елемент
	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ	
<i>Mn</i>	$\frac{1984}{100 - 6000}$	875	315
<i>Ni</i>	$\frac{36}{5 - 50}$	7	20
<i>Co</i>	$\frac{4}{2 - 8}$	2	3
<i>V</i>	$\frac{82}{20 - 180}$	34	50
<i>Cr</i>	$\frac{113}{6 - 1000}$	85	55
<i>Mo</i>	$\frac{4}{1 - 10}$	2	2
<i>Cu</i>	$\frac{60}{8 - 400}$	58	20
<i>Pb</i>	$\frac{119}{5 - 300}$	47	12
<i>Zn</i>	$\frac{373}{30 - 2000}$	332	52
<i>Sn</i>	$\frac{5}{2 - 20}$	3	2

Примітка. *Med* – середнє значення елемента, *Min* – мінімальне значення елемента, *Max* – максимальне; « σ » - стандартне відхилення.

За методикою Ю. Ю. Саєта [1] розраховано коефіцієнти концентрації ВМ у ґрунтах на основі яких виділено геохімічну асоціацію ВМ у ґрунтах СЗЗ ДМК ім. Дзержинського: $Pb_{9,9} > Zn_{7,1} > Mn_{6,3} > Cu_3 > Sn_{2,5} > Cr_2$.

Для СЗЗ ДМК ім. Дзержинського за методикою Ю. Ю. Саєта [1] визначено сумарний показник забруднення ґрунтів (Z_C). Для СЗЗ ДМК ім. Дзержинського Z_C становить – 0-36 при середньому значенні 28. Рівень забруднення території СЗЗ ДМК ім. Дзержинського за середніми значеннями Z_C відноситься до помірно небезпечної категорії забруднення.

Користуючись методом Ю. Ю. Саєта важко відділити техногенну аномалію від природної. Саме тому в роботі додатково використано профільний метод визначення частки техногенності металу (ЧТМ) для оцінки аерального забруднення ґрунтів [2, 3].

На основі даних щодо розподілу ВМ по ґрунтовим розрізам (рис. 1) (табл. 4) за методикою Ю. Н. Водяницького [2] розраховано ЧТМ (табл. 5).



Рис. 1. Схема розміщення ґрунтових розрізів на плані міста Дніпродзержинська (① – Розріз № 1, ② – Розріз № 2, ③ – Розріз № 3)

Таблиця 4

Валовий вміст ВМ у ґрунтових розрізах, мг/кг

Горизонт	Глибина, см	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
Розріз № 1											
Нк	0-5	450	20	5	60	30	10	80	30	400	6
	5-20	400	10	4	60	40	4	30	10	200	4
Нрк	20-50	200	10	5	60	20	5	10	10	80	3
Phk	50-75	200	10	3	40	10	4	20	8	50	3
P	75-130	200	10	3	50	20	5	30	8	40	3
Розріз № 2											
Нк	0-5	500	10	3	40	20	3	20	40	500	5
	5-10	1000	20	4	50	50	2	20	40	400	5
Нрк	10-20	400	10	2	40	20	8	10	20	100	2
	20-30	400	20	5	50	40	5	10	8	80	2
Phk	30-40	400	10	3	40	30	3	10	20	80	2
P	40-50	400	20	4	50	40	4	10	6	80	2
Розріз № 3											
Нк	0-5	800	10	3	20	30	2	40	60	400	5
	5-10	1000	10	2	20	20	4	40	20	200	5
Нрк	10-20	1000	10	3	20	30	4	40	30	100	5
Ph(k)	20-30	1000	20	4	40	20	2	40	50	80	4
P	30-40	1000	20	5	40	60	3	40	20	50	4
Фонова ділянка											
Нк	0-5	500	50	6	80	60	5	20	30	80	3
	5-10	400	50	5	50	50	5	30	20	200	4
	10-20	400	30	4	50	40	4	20	8	100	3
PHk	20-30	600	50	6	60	60	10	30	10	80	3
	30-40	500	60	6	60	60	10	30	20	100	3
H(k)	40-50	500	50	5	50	40	4	30	20	100	4
	50-60	600	60	6	100	80	5	20	30	300	2
Нрк	60-80	400	40	4	50	40	10	20	10	100	4
PHk	80-100	500	50	5	80	60	4	20	10	100	2
Phk	100-120	300	40	5	50	50	8	20	10	80	2
Pk	120-140	500	50	5	80	60	10	30	10	100	3

Примітка. Горизонти: Н(к) – гумусовий горизонт із невеликою кількістю карбонатів; Нк – гумусовий горизонт, але порівняно з Н(к) горизонтом більша кількість карбонатів; Нрк – верхній перехідний горизонт; PHk – нижній перехідний горизонт до породи; Ph(k) – нижній перехідний горизонт до породи (аналогічний до PHk, але менш гумусований і менш

карбонатний); Phk – нижній перехідний горизонт до породи (аналогічний Ph(k), але з більшою кількістю карбонатів); Pk – материнська порода з карбонатами (карбонатний горизонт); P – материнська порода.

Високу ЧТМ встановлено для *Zn* (90 %) і *Pb* (85 %), для *Cu* (63 %), *Sn* (60 %) і *Mn* (56 %) – середню. Це найбільш техногенні метали в ґрунтах, що перебувають під впливом підприємств чорної металургії. Для порівняння розраховано ЧТМ на фоновій ділянці. В межах цієї ділянки всі приведені ВМ мають низьку, недостовірну техногенність.

Значення техногенності елементів у ґрунтах поблизу ДМК ім. Дзержинського утворюють ряд $Zn > Pb > Cu > Sn > Mn$.

Таблиця 5

Частка техногенності металів (ЧТМ) у ґрунті, %.

№ з/п	Місце відбору проб	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>
1	Дніпродзержинськ (Розріз № 1)	56	50	н	н	н	50	63	73	90	50
2	Дніпродзержинськ (Розріз № 2)	н	н	н	н	н	н	50	85	84	60
3	Дніпродзержинськ (Розріз № 3)	н	н	н	н	н	н	н	67	87	20
4	Фонова ділянка	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н

Примітка. ЧТМ > 75% - висока техногенність, 50% < ЧТМ < 75% - середня техногенність, н – низька техногенність елемента (ЧТМ < 50).

Форми знаходження важких металів. Для задач сучасної геохімії ґрунтів вивчення лише валового вмісту ВМ є недостатнім. Подібні дослідження можуть відображати лише направленість процесів, наприклад, міграції (винос чи накопичення речовини). Робити висновки про можливі механізми трансформації техногенних форм ВМ у ґрунтах і про їх подальшу долю в даному випадку складно. Наявність різних форм знаходження ВМ, які відрізняються як по рухомості та біологічній доступності, так і по механізмам їх закріплення в ґрунті, передбачає їх більш детальне вивчення.

Формою знаходження важких металів у ґрунті далі будемо називати сукупність атомів або іонів хімічних елементів, що переведені із твердої фази в розчин за допомогою певного екстрагента. Вони мають близьку ступінь рухомості в ґрунті, яка залежить від застосованого екстрагента і/або сполучені в ґрунті з певним типом реакційних центрів [6].

В наш час вивчення форм знаходження ВМ заслуговує особливої уваги. Головним чином це стосується рухомих форм, так як їх дослідження дає можливість оцінити здатність різних хімічних елементів і їх сполук переходити із твердої фази ґрунту в ґрунтовий розчин, а після цього переміщуватись по профілю з ґрунтовим розчином і по трофічному ланцюгу переходити в організм людини.

Для оцінки ступеню рухомості і біологічної доступності ВМ, в тому числі при техногенному забрудненні, не завжди є необхідність знати, який саме компонент ґрунту утримує яку кількість іонів ВМ. В даному випадку можна користуватися методами, направленими на вилучення із ґрунту форм ВМ, що мають певну ступінь рухомості не залежачи від того, з якими компонентами вони були зв'язані.

Найбільше розповсюдження отримали екстрагенти, що дозволяють виділяти із ґрунтів форми ВМ, які можуть бути поглинуті рослинами. Основний вибір екстрагента – висока кореляція між сполуками ВМ у витяжці із ґрунту і в рослинах, що ростуть на цьому ґрунті [7].

За допомогою неселективних екстрагентів визначено іонообмінну (ацетатно-амонійний буфер (рН 4,8)), резервну (1 н HCl) та фіксовану форми знаходження ВМ (визначалася з розрахунку, залишок після всіх екстракцій). Розподіл ВМ по формам знаходження у ґрунтах представлено на рисунку 2.

Частка іонообмінних форм ВМ у ґрунтах Дніпродзержинської ділянки зменшується в ряду (%): $Zn (16,9) > Pb (5,2) > Ni (4,5) > Cu (1,8) > Cr (0,8)$. Частка резервних форм ВМ у ґрунтах дослідженої ділянки зменшується в ряду (%): – $Pb (55,2) > Cu (40,7) > Zn (39,2) > Ni (35,4) > Cr (16,9)$. За зменшенням частки фіксованих форм ВМ у ґрунтах (%) можна побудувати ряд: $Cr (82,3) > Ni (60,1) > Cu (57,5) > Zn (43,9) > Pb (39,6)$.

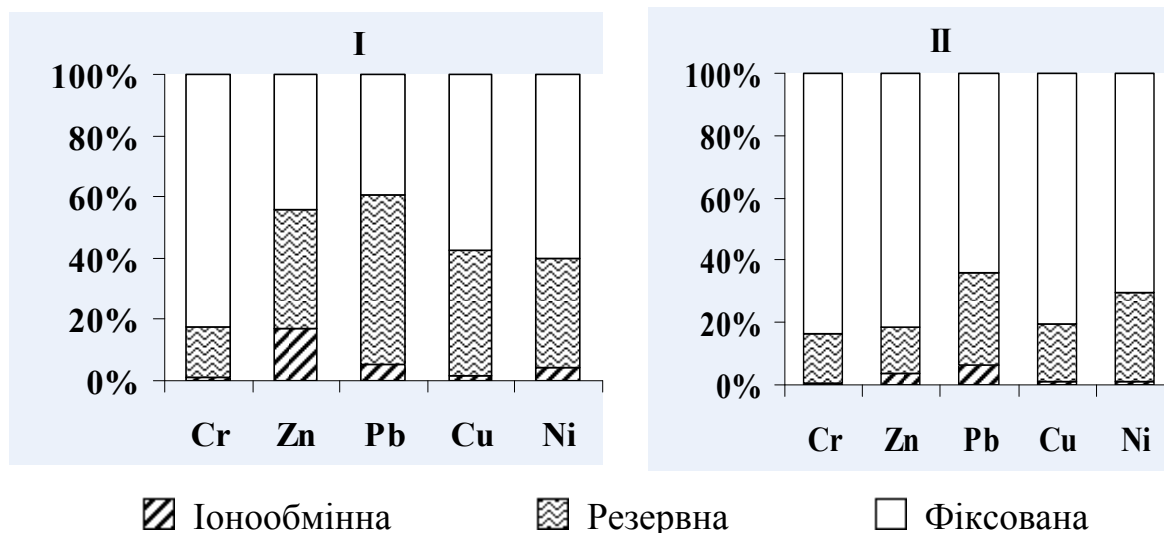


Рис. 2. Форми знаходження ВМ у ґрунтах (інтервал 0-5 см) Дніпродзержинської (I) та фоновій (II) ділянок

На фоновій ділянці ВМ розподіляються наступним чином (%): у іонообмінній формі – $Pb (5,2) > Zn (3,5) > Ni (0,8) = Cu (0,8) > Cr (0,6)$; у резервній формі – $Pb (30) > Ni (29) > Cu (19) > Cr (16) > Zn (15)$; у фіксованій формі – $Cr (83,4) > Zn (81,5) > Cu (80,2) > Ni (70,2) > Pb (64,8)$.

При дослідженні форм знаходження було виявлено, що частка ВМ, які вилучалися з ґрунтів зон впливу підприємств чорної металургії ацетатно-амонійним буфером вища по відношенню до умовно чистих ґрунтів. Рухомість цинку зростає у 4,8 рази, нікелю – у 5,6, міді – у 2,6.

Таким чином, в ґрунтах техногенно забруднених територій кількість ВМ у рухомих формах зростає порівняно з фоновими, одночасно зменшується їх ПБЗ до забруднення ВМ.

Форми знаходження ВМ у пилових випадіннях визначають подальшу долю полютантів у депонуючих геохімічних середовищах, тому було досліджено розподіл форм знаходження ВМ у пилових випадіннях (рис. 3).

Частка ВМ у іонообмінній формі у пилових випадіннях м. Дніпродзержинськ зменшується в ряду (%): $Zn (20,2) > Pb (10,3) > Cr (6,1) > Ni (5,4) > Cu (1,9)$; у резервній формі: $Cr (63,6) > Pb (61,1) > Cu (28) > Zn (26) > Ni (25,4)$; у фіксованій формі: $Cu (70) > Ni (69,3) > Zn (53,7) > Cr (40,2) > Pb (28,5)$.

Рухомість ВМ у пилових випадіннях є більшою ніж у ґрунтах. В іонообмінній формі у твердофазних аерозольних випадіннях міститься до 20 % цинку, до 10 % свинцю, до 6 % хрому, і відповідно зменшується частка фіксованих форм ВМ.

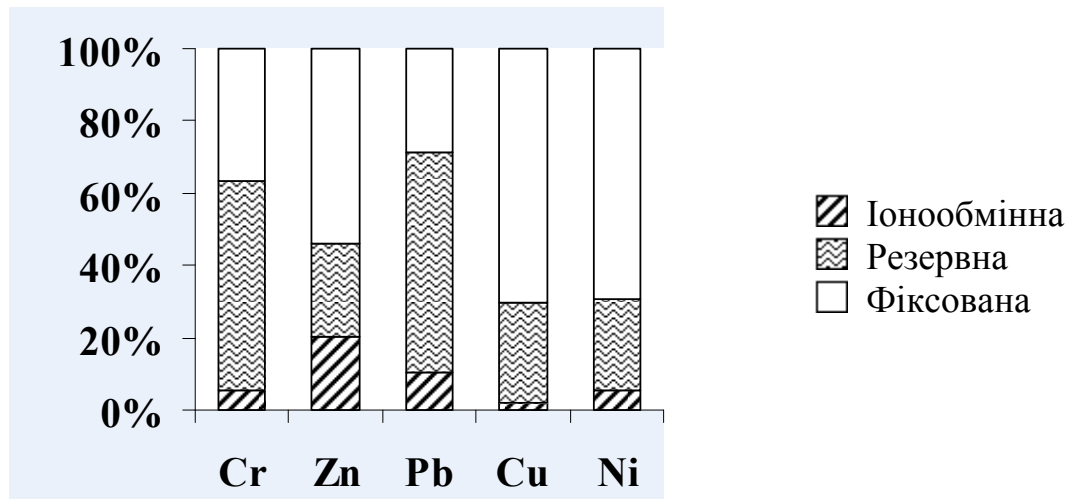


Рис. 3. Форми знаходження ВМ у пилових випадіннях на території СЗЗ ДМК ім. Держинського

Біогеохімічні показники. Рослинність є одним з найважливіших об'єктів довкілля. Техногенне надходження ВМ у оточуюче середовище негативно впливає не тільки на ґрунти, але і на рослинність. Тому вивчення процесів переходу ВМ із ґрунту в рослинність має важливе значення. Актуальність даного питання полягає ще й у тому, що рослинність виступає проміжною ланкою міграції ВМ між ґрунтом і організмом людини.

Величина інтенсивності накопичення ВМ рослинністю визначається відношенням вмісту елемента у золі до його вмісту в ґрунті і називається коефіцієнтом біологічного поглинання (КБП). Сума цих коефіцієнтів називається коефіцієнтом біогеохімічної активності виду (БХА).

Проведено геохімічне дослідження травнистої рослинності Пірій повзучий (*Elytrigia repens*). Аналіз коефіцієнтів біологічного переходу дозволив виявити деякі закономірності в біологічному поглинанні ВМ цією рослинністю з твердої фази ґрунту (табл. 6).

Таблиця 6

Валовий вміст важких металів у золі трав'янистої рослинності -
 Пирій повзучий (*Elytrigia repens*) поблизу комбінатів

Елемент	Валовий вміст, мг/кг		
	$\frac{Med}{Min - Max}$	σ	КБП
<i>Mn</i>	$\frac{714}{500 - 1000}$	186	0,36
<i>Ni</i>	$\frac{144}{20 - 400}$	146	4
<i>Co</i>	$\frac{7}{5 - 10}$	147	1,75
<i>V</i>	$\frac{18}{10 - 50}$	14	0,22
<i>Cr</i>	$\frac{21}{5 - 80}$	26	0,19
<i>Mo</i>	$\frac{15}{4 - 30}$	9	3,75
<i>Cu</i>	$\frac{56}{30 - 100}$	22	0,93
<i>Pb</i>	$\frac{27}{10 - 80}$	25	0,23
<i>Zn</i>	$\frac{169}{80 - 400}$	113	0,45
<i>Cd</i>	-	-	-
<i>Sn</i>	$\frac{4}{3 - 4}$	0,5	0,8
	БХА		12,7
	Зольність, %		14,5

Примітка. «-» - елемент не визначено; в чисельнику *Med* – середнє значення елемента, в знаменнику: *Min* – мінімальне значення елемента, *Max* – максимальне; « σ » – стандартне відхилення; «КБП» – коефіцієнт біологічного поглинання; «БХА» – коефіцієнт біогеохімічної активності виду.

Найбільш інтенсивно поглинаються *Ni*, *Mo*, *Co* і *Cu*, найменше – *Cr*, *V* та *Pb*. Коефіцієнт біогеохімічної активності виду, що характеризує інтенсивність поглинання елементів рослинами, в середньому, становить 12,7. Зольність трав'янистої рослинності Пирій повзучий становить 14,5 %, що є підвищеним значенням у

порівнянні з зольністю трав'янистої рослинності Українського Полісся [8].

Коефіцієнт біологічного поглинання *Cu* високий, так як цей метал має здатність утворювати міцні комплекси з органічною речовиною, велика кількість коріння і детриту збагачені міддю. Про те, що Пирій повзучий спеціалізується на накопиченні *Cu* зазначено також у роботі А. І. Самчука з співавторами [8].

Слабко і дуже слабо більшість рослин захоплюють *V* і *Cr*, які малорухомі в ґрунтах [1]. Очевидно з цієї причини в процесі видоутворення у рослин не виробилась потреба у цих елементах.

Результати геохімічного дослідження деревної рослинності подано в таблиці 7.

Таблиця 7

Коефіцієнти біологічного поглинання ВМ рослинами зон впливу ДМК ім. Дзержинського

Листя та хвоя	<i>Mn</i>	<i>Ni</i>	<i>Co</i>	<i>V</i>	<i>Cr</i>	<i>Mo</i>	<i>Cu</i>	<i>Pb</i>	<i>Zn</i>	<i>Sn</i>	БХА
Акація біла (<i>Robinia pseudoacacia</i> L.)	0,3	2,2	2	0,2	0,1	5	0,6	0,1	0,3	0,8	11,6
Клен гостролистий (<i>Acer platanoides</i> L.)	0,4	1,1	1	0,2	0,1	0,8	0,7	0,2	0,2	0,8	5,5
Ялина європейська (<i>Picea abies</i>)	0,2	0,3	0,8	0,1	0,1	2,5	0,1	0,3	0,3	0,6	5,3
Каштан їстівний (<i>Castanea sativa</i> Mill.)	0,3	5,6	2	0,1	0,1	1	0,8	0,2	0,2	0,6	10,9
Береза бородавчата, (<i>Betula pendula</i> Roth.)	0,3	1,4	1,3	0,2	0,1	1,5	0,3	0,3	1,6	0,8	7,8
Липа європейська (<i>Tilia europaea</i>)	0,3	0,6	1	0,1	0,1	1,3	1,3	0,3	0,2	0,8	6

Примітка. «БХА» - коефіцієнт біогеохімічної активності виду.

Деревна рослинність найбільш активно з ґрунту поглинає *Mo*, *Ni*, *Co*, менш інтенсивно *Cu*, *Sn*, найменш інтенсивно – *V* і *Cr*. Найбільший коефіцієнт біогеохімічної активності із досліджених

видів мають акація біла і каштан їстівний, найменший – ялина європейська. Коефіцієнт біологічного поглинання Cu високий, так як цей метал має здатність утворювати міцні комплекси з органічною речовиною, велика кількість коріння і детриту збагачені міддю. Слабко і дуже слабо більшість рослин захоплюють V і Cr , які малорухомі в ґрунтах.

Висновки. Внаслідок аерогенних викидів підприємств чорної металургії змінюються фізико-хімічні та мінералогічні властивості ґрунтів. Відбувається зменшення рН поверхневого шару ґрунту, катіонно-обмінної ємкості та буферної здатності ґрунтів. Особливістю ґрунтів під впливом підприємств чорної металургії є підвищений вміст оксидів заліза, марганцю та кальцію у порівнянні з фоновими ділянками. У ґрунтах м. Дніпродзержинська сформувався техногенна асоціація важких металів: цинк, свинець, мідь, марганець, олово, і встановлено значне перевищення над фоновими рівнями таких залізовмісних мінералів як гетит, гематит, магнетит, франклініт, що відповідає промисловій спеціалізації району досліджень.

Рівень забруднення території СЗЗ ДМК ім. Дзержинського за середніми значеннями Z_C відноситься до помірно небезпечної категорії забруднення. Забруднення ґрунтів унаслідок роботи підприємств чорної металургії призвело до порушення природного співвідношення форм знаходження важких металів. Унаслідок викидів підприємств чорної металургії у ґрунтах підвищується рухомість важких металів (Zn в 4,8 рази, Ni – у 5,6, Cu – у 2,6) порівняно з ґрунтами фонових ділянок. Вміст іонообмінних форм важких металів у ґрунтах зменшується у ряду: $Zn > Pb > Ni > Cu > Cr$. Вміст резервних форм важких металів зменшується у ряду: $Pb > Cu > Zn > Ni > Cr$.

Збільшення вмісту важких металів у ґрунтах зон впливу підприємств чорної металургії та зміна фізико-хімічних властивостей ґрунтів (рН, ємність катіонного обміну, вміст органічної речовини) призводить до більш активної міграції важких металів із ґрунту в рослинність. Дослідження рослинного покриття можуть бути використані для біоіндикації забруднення ґрунтів.

Таким чином, комплексна характеристика екологічної ситуації техногенно забруднених територій може бути одержана тіль-

ки з урахуванням результатів проведення геохімічних досліджень біокосних систем з використанням кількісних показників техногенної міграції і акумуляції хімічних елементів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Геохимия окружающей среды / [Сагет Ю. Е. и др.]. — М. : Недра, 1990. — 325 с.
2. Водяницкий Ю. Н. Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Водяницкий Ю. Н. — М. : Почвенный институт им. В. В. Докучаева, 2009. — 95 с.
3. Baron S. Dispersion of heavy metals (metalloids) in soils from 800-year old pollution (Mont-Lozere, France) / Baron S., Carignan J., Ploquin A. // Environ. Sci. Technol, 2006. — V. 40. — P. 5319—5326.
4. Авессаломова И. А. Геохимические показатели при изучении ландшафтов. Учебно-методическое пособие / Авессаломова И. А. — М. : Изд-во МГУ, 1987. — 108 с.
5. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах / [Самчук А. И. и др.]. // Минералогический журнал. — К., 1998. — № 2. — С. 48—59.
6. Ладонин Д. В. Соединения тяжелых металлов в почвах – проблемы и методы изучения / Ладонин Д. В. // Почвоведение. — М., 2002. — № 6. — С. 682—692.
7. Ладонин Д. В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах / Ладонин Д. В. // Почвоведение. — М., 1995. — № 10. — С. 1299—1305.
8. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу / [Самчук А. І. та ін.]. — К. : Наукова думка, 2006. — 108 с.