

Яковенко О. В.

УДК 574+551.43

**ГЕОХІМІЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ГРУНТОВИХ ВІДКЛАДЕННЯХ  
ЗОНИ ВПЛИВУ ПІДПРИЄМСТВ КОЛЬОРОВОЇ МЕТАЛУРГІ****О. В. ЯКОВЕНКО**, кандидат геологічних наук, ст. викладач кафедри  
екології агросфери і екологічного контролю*Національний університет біоресурсів і природокористування України**E-mail: yalex86@ukr.net*

***Анотація.** Вивчено ґрунтові відкладення у зони впливу свинцево-цинкового комбінату на вміст мікроелементів. Визначено фізико-хімічні властивості, а також особливості забруднення техногенно порушених ґрунтів і ґрунтів умовно чистих територій. За допомогою методу стадійних витяжок визначено форми важких металів у ґрунтових відкладеннях. Так, у забруднених ґрунтах метали знаходяться переважно в сорбованій на гідроксидах, органічній і фіксованій формах. У забруднених ґрунтах помітно зростає вміст рухомих форм важких металів. Методом нормування за еколого-геохімічними критеріями визначено рівень екологічної небезпеки території, а також визначено геохімічні асоціації хімічних елементів.*

***Ключові слова:** важкі метали, ґрунт, забруднення*

**Вступ.** Радянське минуле наклало свій негативний відбиток на стан довкілля в Україні. Так, на території нашої держави було створено чотири атомні електростанції, близько двох тисяч надзвичайно небезпечних об'єктів із 300 тис т отруйних речовин, приблизно 1200 об'єктів, де знаходилося більш як 10 млн вибухонебезпечних речовин [1]. Дисбаланс у розміщенні потенційно небезпечних об'єктів призвів до того, що навантаження на довкілля у 5 разів перевищує аналогічний показник для розвинутих країн. Свідоме пограбування національних багатств задля високої мети дало можливість Україні виробити 20 % річного валового продукту Союзу Радянських Соціалістичних Республік при тому, що вона займала лише 3 % його території. Швидкий розвиток промисловості негативно позначився на довкіллі в цілому, та ґрунтах, зокрема.

Вивченням особливостей розподілу і перерозподілу важких металів (ВМ) в умовах техногенезу та здатності поліутантів потрапляти у трофічні

Яковенко О. В.

ланцюги займається екологічна геохімія [2,3]. Надходження забруднювачів у об'єкти навколишнього середовища в сучасних умовах сягає таких об'ємів, що в районах з інтенсивним промисловим навантаженням істотно перевищує допустимі норми і загрожує життю і здоров'ю сучасних і наступних генерацій [4-7]. Так, потужним джерелом забруднення навколишнього середовища ВМ, сірчаною і азотною кислотами є підприємства кольорової металургії [8-14].

У літературних джерелах тема забруднення ґрунтів мікроелементами висвітлена досить широко, але майже усі публікації стосуються лише валового вмісту хімічних елементів у ґрунтових відкладеннях і майже зовсім відсутні дані стосовно форм мікроелементів.

Так, для цілей ґрунтознавства і хімії ґрунтів вивчення лише валового вмісту ВМ в ґрунтах недостатньо. Подібні дослідження можуть відображати лише напрямки деяких процесів, наприклад, міграції (винесення чи накопичення речовини). Щоб робити обґрунтовані висновки про можливі механізми трансформації техногенних форм знаходження ВМ, які відрізняються як за рухомістю і біологічною доступністю, так і за механізмами закріплення у ґрунті, необхідне їх більш детальне вивчення з розділенням на фракції.

На даний час, не дивлячись на накопичення величезної кількості даних, відсутні не тільки загальноприйняті методи розділення ґрунтових ВМ на фракції, але й немає єдиної думки відносно того, як слід називати результати цього розділення.

Широко поширені у практиці ґрунтознавства терміни «водорозчинні форми сполук ВМ», «рухомі сполуки ВМ» та інші «форми сполук ВМ» часто не відображують хімічної природи і форм зв'язку ВМ із ґрунтовими компонентами. Вважається [15], що використовувати термін «форми сполук» у контексті результатів екстрагування з ґрунту ВМ за допомогою різних екстрагентів потрібно обережно, оскільки питання про достеменний склад багатьох сполук ВМ у ґрунті залишається відкритим.

Яковенко О. В.

Отже, з урахуванням існуючих методів вивчення сполук і специфічних особливостей знаходження ВМ у ґрунтах, формою знаходження важких металів у ґрунті в подальшому слід називати сукупність атомів чи іонів хімічних елементів, переведених із твердої фази у розчин за допомогою певного екстрагенту. Вони мають близьку ступінь рухомості у ґрунті, яка залежить від актуального екстрагенту, і/або зв'язані у ґрунті з визначеним типом реакційних центрів.

Дане визначення можна використовувати при обговоренні результатів вивчення вмісту ВМ практично в усіх популярних витяжках з ґрунтів [15, 16].

Вперше дослідження форм знаходження важких металів у ґрунтах техногенно забруднених та умовно чистих територій України було проведено працівниками Інституту геохімії, мінералогії та рудоутворення НАН України [17-21].

Виходячи з вищесказаного, визначення валового вмісту і форм мікроелементів у ґрунтових відкладеннях та суміжних середовищах є надзвичайно актуальним завданням, оскільки ґрунти як національне надбання і власність українського народу відіграють і будуть відігравати надзвичайно важливу роль у майбутньому становленні України як потужної економічно розвиненої світової держави.

**Об'єкти і методи досліджень.** Об'єктами досліджень були ґрунти зони впливу підприємства кольорової металургії (завод «Укрцинк», м.Костянтинівка Донецької області). Валовий вміст і вміст рухомих форм ВМ визначався за допомогою методу атомної адсорбції на приладі КАС-115 та ІСР-MS-аналізатора ELEMENT-2 (Німеччина) [21]. Вміст металів у фракціях ґрунту визначався за методикою [17, 22] (табл. 1).

Яковенко О. В.

**1. Метод екстракції форм важких металів**

Послідовність екстракції	Форма	Екстрагент, умови екстракції
1	Водорозчинна	H <sub>2</sub> O+20% C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH
2	Обмінна	1М CH <sub>3</sub> COONH <sub>4</sub>
3	Карбонатна	1М CH <sub>3</sub> COOH
4	Сорбована оксидами Fe, Mn	0,04 HCl+25% CH <sub>3</sub> COOH (95 °С)
5	Оганічна	HNO <sub>3</sub> +H <sub>2</sub> O(90 °С)
6	Залишкова	HF+HClO <sub>4</sub> (3:1)

Оцінювання рівня забруднення здійснювався за методом Ю. Є. Саєта, зокрема сумарним показником забруднення, коефіцієнтами небезпеки та концентрації [23]. Зразки ґрунту відбиралися за методикою [24].

**Результати та їх обговорення.** Територія досліджуваної ділянки відноситься до Донецької складчастої області, яка являє собою Донецький сегмент Прип'ятсько-Дніпровсько-Донецького авлакогену. За своєю історією розвитку, потужностями осадових відкладів, магматизмом і металогенією Донецький сегмент є «субгеосинклінальною» інверсійно-складчастою областю [25]. Значна частина Донецької складчастої області на поверхні складена відкладами середнього і верхнього карбону, потужність яких збільшується від 4 км на північному заході до 12 км (у синкліналях) на південному сході, а також від крайових частин Донбасу до його осьової лінії. У цілому вони утворюють вугленосну паралічну теригенну формацію, що змінюється у східному напрямку флішоїдною теригенною формацією, яка містить, очевидно, відклади нижнього і низів середнього (до C<sub>2</sub><sup>2</sup>) карбону. Теригенна товща нижнього-верхнього карбону складена переважно темно-сірими аргілітами, різною мірою алевритистими чи піщанистими, шарами пісковиків потужністю до 50-60 м, незначними прошарками вапняків потужністю від дециметрів до 10 м, а вугленосні частини розрізу містять верстви кам'яного вугілля, потужність яких зрідка перевищує 1,3 м.

Яковенко О. В.

Ґрунтові відкладення представлені чорноземами звичайними середньо гумусними на лесі.

Отже, було досліджено ґрунти як поблизу металургійного комбінату, так і у межах фонової ділянки (табл. 1).

### 1. Фізико-хімічні властивості ґрунтів досліджуваної ділянки

Тип ґрунту	C <sub>орг</sub> , %	рН	Обмінні катіони, мг·екв/100 г					Σ E
			H <sup>+</sup>	Ca <sup>2+</sup>	Mg <sup>2+</sup>	K <sup>+</sup>	Na <sup>+</sup>	
Чорнозем звичайний середньо гумусний на лесоподібних суглинках	0,37	6,7	6,9	7,60	1,70	0,24	1,1	17,54
Чорнозем звичайний середньо гумусний («Хомутовський степ»)	3,6	7,2	7,20	30,10	9,10	0,50	0,90	55

Примітка: Σ E – сума поглинених катіонів

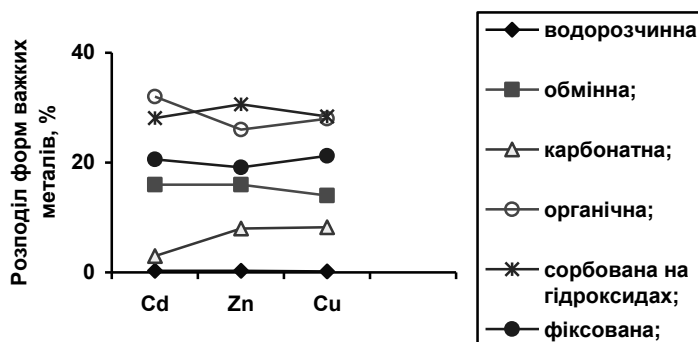
### 2. Вміст хімічних елементів у чорноземах заповідника «Хомутовський степ», мг/кг

Тип ґрунту	h, см	Cd		Zn		Cu		Co	
		1	2	1	2	1	2	1	2
Чорнозем звичайний середньо-гумусний	0-20	0,07	0,175	80	21	20	4,5	10	2,0
	20-40	< 0,067	< 0,167	50	6	10	5	4,0	< 0,7
	40-60	< 0,054	< 0,159	87	3,6	23	5,5	10,3	< 0,8
	60-82	< 0,055	< 0,165	80	2,9	20	5,8	8,3	< 0,8
	> 82	< 0,047	< 0,157	80	4,2	20	6,1	11,2	< 0,8

Примітка: 1 – валовий вміст; 2 – рухомих форм

Фізико-хімічні властивості ґрунтів у зоні впливу комбінату відрізняються від аналогічних показників умовно чистої території (заповідник «Хомутовський степ»): сума поглинених катіонів Σ E значно вища у ґрунтах заповідника, а у техногенно забруднених ґрунтах у 10 разів нижчий вміст C<sub>орг</sub>. Вміст Ca<sup>2+</sup> у ґрунтах заповідної території у 4 рази вищий, ніж у ґрунтах поблизу металургійного комбінату.

Вивчали також форми ВМ у ґрунтах вищезгаданих територій за методиками [17, 22] (рис.1).



**Рис.1 Розподіл форм важких металів у ґрунті**

Уміст обмінної та водорозчинної форм для кадмію становить 16 %, для цинку – 16,1 %, для міді – 14 %, що є вказує на підвищену міграційну здатність цих елементів. Вміст рухомих (обмінної та водорозчинної) форм у техногенно забруднених ґрунтах є вищим, ніж у ґрунтах фонові території, що пов'язано зі специфікою зв'язування катіонів ВМ ґрунтовим поглинаючим комплексом [26].

Результатом геохімічного вивчення території стало визначення валового вмісту мікроелементів у ґрунтових відкладеннях та обчислено коефіцієнти небезпеки й концентрації, показник сумарного забруднення (табл. 3).

### 3. Показники забруднення ґрунтів досліджуваної території (за даними дослідження 21 точки)

Показник	Уміст, мг·кг <sup>-1</sup>		K <sub>0</sub>		K <sub>c</sub>	
	min–max	av	min–max	av	min–max	av
Cd	60–4000	1182	60–4000	1182	857–57143	16886
Cr	30–400	159	0,3–4	1,6	=	=
Co	3–80	8	0,4–2,5	1	0,2–1,6	0,7
Ni	10–100	63,6	0,1–1,2	0,7	0,3–3,1	2
Zn	200–10000	5263,6	2–100	52,6	2–100	53
Mn	800–10000	3664	0,5–6,7	2,4	1,3–17	6,1
Pb	100–10000	4173	3,1–312,5	130	5–488	203
Cu	40–4000	1364	0,7–73	25	1,6–160	0,5
Z <sub>c</sub>						17145

*Примітка:* K<sub>0</sub> – коефіцієнт небезпеки; K<sub>c</sub> – коефіцієнт концентрації; Z<sub>c</sub> – сумарний показник забруднення

Яковенко О. В.

Середній уміст ВМ у ґрунті зони впливу комбінату «Укрцинк» перевищує фонові значення і ГДК (гранично допустиму концентрацію) у тисячу разів.

За коефіцієнтом концентрації виділено геохімічну асоціацію: Cd ( $1,7 \cdot 10^4$ )  $\gg$  Pb (203) > Zn (53) > Mn (6,1) (табл. 3.). За допомогою значень коефіцієнтів небезпеки виділено таку асоціацію: Cd (1182) > Pb (130) > Zn (52) > Cu (25) Mn (2,4) > Cr (1,6).

Сумарний показник забруднення  $Z_C = 1,7 \cdot 10^4$  ґрунтів досліджуваної ділянки дає змогу визнати місцевість як таку, що зазнала екологічної катастрофи.

**Висновки і перспективи.** На дослідній території основним забруднюючим об'єктом є комбінат «Укрцинк». Показано, що використання методу фракціонування і визначення форм ВМ дозволяє отримати більш повну картину про особливості забруднення ґрунтів ВМ. Визначено, що ВМ у ґрунтах зони впливу металургійного комбінату знаходяться в основному в залишковій, сорбованій на гідроксидах та зв'язаній із органікою формах, а підвищений вміст рухомої форми говорить про значну міграційну здатність елементів. В ґрунтах умовно чистих територій спостерігається низький рівень рухомих форм, а в техногенно порушених – навпаки. За еколого-геохімічними показниками визначено рівень забруднення ґрунтових відкладень: за показником сумарного забруднення екологічну ситуацію у зоні впливу комбінату оцінено як катастрофічну. Результати дослідження можуть бути використані для визначення зон екологічного ризику, з метою ведення екологічного землеробства, вироблення стратегії ремедіації техногенно порушених ґрунтів.

### Список літератури

1. На межі екологічної катастрофи [Електронний ресурс] / Режим доступу: <http://universum.lviv.ua/previous-site/journal/2010/2ecol3.htm>
2. Chunjie, C. Distribution and pollution of soil heavy metals upland around Pindingshan coal mining area / C. Chunjie, Z. Jinfeng // Geographical Research. 2014. – 33 (7). – P.: 1383 – 1392.;

Яковенко О. В.

3. Bixiong, Y. (2013). Heavy metal pollution and migration in soil-wheay system of different livestock manures agricultural areas / *Geographical Research*. – 32 (4). – P:645–652.
4. Kumar, P. (2013) Distribution Pattern of Some Heavy Metals in the Soil of Silghat Region of Assam (India), Influenced by Jute Mill Solid Waste/ // *J. of Chemistry*. – Vol.7. – P.812–820.
5. Zhu, Gang (2012). Combined pollution of heavy metals and PAHs and its risk assessment in industrial sites of Chenzhou city // *Geographical Research*. – 31(5). – P. 831-839.
6. Ji W. The advances in research on heavy metals of the surface dust in urban areas / W. Ji, Zh. Yi-xiu, G.Xiang // *Geographical Research*. – 2012. – N 31(5). – P.821–830.
7. Fang, Feng-man / Particle size distribution and health risk assessment of heavy metals in surface dust of Wuhu urban area / Fang Feng-man, Jiang Bing-yan, Wang Hai-dong, Xie Hong-fang // *Geographical Research*. – 2010. – N 29(7). – P. 1193 – 1202.
8. Distribution of Forms of Heavy Metals in Soils Contaminated by Metallurgical Smelter Emissions Available at: [www.pubfacts.com/detail/15055927/Distribution-of-forms-of-heavy-metals-in-soils-contaminated-by-metallurgical-smelter-emissions](http://www.pubfacts.com/detail/15055927/Distribution-of-forms-of-heavy-metals-in-soils-contaminated-by-metallurgical-smelter-emissions)
9. Multiple Exposure and Effects assessment of Heavy Metals in the Population near Mining Area in South China. Available at: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984172/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984172/)
10. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in stream sediments from a typical nonferrous metals mining city. Available at: [www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23745416/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23745416/)
11. Baran, A., Chemical properties and toxicity of soils contaminated by mining activity / A. Baran, T.Czech, J.Wieczorek // *Ecotoxicology*. – 2014. – N 23 (7). – P.1234 – 1244.
12. Zhang, X. (2013). The Influence of soil solution properties on phytotoxicity of soil soluble copper in a wide range of soils // *Geoderma*. – N2. – P. 112 – 211.
13. Plaza, G. (2010). Ecotoxicological and microbiological characterization of soils from heavy metal and hydrocarbon contaminated sites // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 163. – P.477 – 488.
14. Dynamical variation and improvement strategies of urban agricultural development at the country level / D. Wang [et al.] // *Geographical Research*. – 2014, – Vol.33. - N9. – P. 1706–1715
15. Ладонин Д. В. Соединения тяжелых металлов в почвах -проблемы и методы изучения / Д. В. Ладонин// *Почвоведение*. – 2002, №6. – С.682 – 692.
16. Ладонин Д. В. Влияние техногенного загрязнения на фракционный состав меди и цинка в почвах / Д. В. Ладонин // *Почвоведение*. – 1995., №10. – С.1299 – 1305.



Яковенко О. В.

17. Самчук, А. И. Физико-химические условия образования форм токсичных металлов / А. И. Самчук, Г. Н. Бондаренко, В. В. Долин, Ю. Я. Сущик, И. Ф. Шраменко, Б. Ф. Мицкевич, О. С. Егоров // Минерал. журн. – 1998. – Т 20, №2. – с.48 – 59.

18. Жовинский Э. Я. Геохимия техногенных металлов в почвах Украины / Э. Я. Жовинский, И. В. Кураева – К., Наук. думка, 2002 – 215 с.

19. Кураева І. В. Еколого-гідрогеохімічні дослідження природних вод Київського мегаполісу / І. В. Кураєва, А. І Самчук, В. О. Стадник, Б. О. Батієвський – К., ІГМР, 2008 – 108 с.

20. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / За ред. Е. Я. Жовинського, І. В. Кураєвої, - К.: «Альфа-реклама», 2012. – 156

21. Пономаренко, О.М., Аналітичні схеми пробопідготовки гірських порід та мінералів і визначення в них мікроелементів методом мас-спектрометрії з індукційно зв'язаною плазмою (ICP-MS). О.М. Пономаренко, А.І. Самчук, О.П. Красюк, Т.І. Макаренко, О.Г. Антоненко // Мінерал.журн. – 2008. – 30, №4. – с.97 – 103.

22. Кузнецов, В. А. Метод стадийных вытяжек при геохимических исследованиях / В. А. Кузнецов, Г. А. Шимко. – М.: Наука и техника, 1990. – 65 с.

23. Саєт Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Саєт Ю. Е., Ревич Б. А. — М.: Недра, 1990. — 335 с

24. Андросова, Н. К. Геолого-экологические исследования и картографирование / Н. К. Андросова. – М.: «РУДГН», 2000. – 98 с.

25. Гурський Д. С. Металічні корисні копалини / Д. С. Гурський, К. Ю. Єсипчук, В. І. Калінін. – Л.: Центр Європи, 2006, - 740 с.

26. Яковенко О. В. Форми знаходження та міграції кадмію у ґрунтах та ґрунтових розчинах техногенно забруднених територій на прикладі Побузького феронікелевого комбінату / О. В. Яковенко, І. В. Кураєва, В. Ф. Філатов, Н. О. Д'яченко, Н. О. Дуброва / Зб. наук. праць УкрНДМІ НАН України, Д., – 2011. – С.416 – 428

### References

1. On border of ecological accident. Available at: <http://universum.lviv.ua/previous-site/journal/2010/2ecol3.htm>

2. Chunjie, C. Distribution and pollution of soil heavy metals upland around Pindingshan coal mining area / C. Chunjie, Z. Jinfeng // Geographical Research. 2014. – 33 (7). – P.: 1383 – 1392.;

3. Bixiong, Y. (2013). Heavy metal pollution and migration in soil-wheay system of different livestock manures agricultural areas / Geographical Research. – 32 (4). – P:645–652.

4. Distribution Pattern of Some Heavy Metals in the Soil of Silghat Region of Assam (India), Influenced by Jute Mill Solid Waste/ Pronil Kumar Bora et al. // J. of Chemistry. – 2013. – Vol.7. – P.812–820.

Яковенко О. В.

5. Zhu, Gang (2012). Combined pollution of heavy metals and PAHs and its risk assessment in industrial sites of Chenzhou city // *Geographical Research*. – 31(5). – P. 831-839;

6. Ji W. The advances in research on heavy metals of the surface dust in urban areas / W. Ji, Zh. Yi-xiu, G.Xiang // *Geographical Research*. – 2012. – N 31(5). – P.821–830.

7 Fang Feng-man, Jiang Bing-yan, Wang Hai-dong, Xie Hong-fang / Particle size distribution and health risk assessment of heavy metals in surface dust of Wuhu urban area / *Geographical Research*. – 2010. – N 29(7). – P. 1193 – 1202.

8 Distribution of Forms of Heavy Metals in Soils Contaminated by Metallurgical Smelter Emissions Available at: [www.pubfacts.com/detail/15055927/Distribution-of-forms-of-heavy-metals-in-soils-contaminated-by-metallurgical-smelter-emissions](http://www.pubfacts.com/detail/15055927/Distribution-of-forms-of-heavy-metals-in-soils-contaminated-by-metallurgical-smelter-emissions)

9 Multiple Exposure And Effects assessment of Heavy Metals in the Population near Mining Area in South China. Available at: [www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984172/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3984172/)

10. Fraction distribution and risk assessment of heavy metals in stream sediments from a typical nonferrous metals mining city. Available at: [www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23745416/](http://www.ncbi.nlm.nih.gov/m/pubmed/23745416/)

11. Baran, A., Chemical properties and toxicity of soils contaminated by mining activity / A. Baran, T.Czech, J.Wieczorek // *Ecotoxicology*. – 2014. – N 23 (7). – P.1234 – 1244.

12. Zhang, X. (2013). The Influence of soil solution properties on phytotoxicity of soil soluble copper in a wide range of soils // *Geoderma*. – N2. – P. 112 – 211.

13. Plaza, G. (2010). Ecotoxicological and microbiological characterization of soils from heavy metal and hydrocarbon contaminated sites // *Environmental Monitoring and Assessment*. – 163. – P.477 – 488.

14. Dynamical variation and improvement strategies of urban agricultural development at the country level / D.Wang [et al.] // *Geographical Research*. – 2014, – Vol.33. - N9. – P. 1706–1715

15. Ladonin, D.V. (2002). Soedineniya tyazhelyh metallov v pochvah-problemy i metodyzucheniya [Compounds of heavy metals in soils]. *Soil Science*, 6, 682-692.

16. Ladonin D.V. (1995). Vliyanie tehnogennoho zagryaznenia na frakzionnyi sostav medi I zinka v pochvah [Influence of technogenic pollution on fractional structure of copper and zinc in soils]. *Soil Science*, 10, 1299 – 1305.

17. Samchuk, A.I. Phisiko-himicheskie usloviya obrazovania form toksichnyh metallov [Physic and chemical conditions of forms of toxic metals] / A.I. Samchuk, G.N. Bondarenko, V.V. Dolin, Y.Y. Suschyk, I.F. Shramenko, B.F. Mizkevych, O.S. Egorov // *Mineral mag*. – 1998. – N 2. – P. 48 – 59.

18. Zhovinsky, E.Y., Kuraeva I.V. (2002). Geohimia tehnohennyh metallov v pochvah Ukrainy [Geochemistry of technogenic metals in soils of Ukraine]. Kiev, Ukraine: Naukova Dumka, 215.

Яковенко О. В.

19. Kuraeva I.V., Samchuk A.I., Stadnik V.O., Batievsky B.O. (2008). Ecologo-gidrogeohimichni doslidzhennya pryrodnyh vod Kyivs'koho megapolisu [Ecological and hydrogeochemical investigations of nature waters of Kiev-city]. Kiev, Ukraine: IGMOF, 108.

20. Zhovinsky, E.Y., Keraeva I.V. ed. (2012). Ecologo-geohimichni doslidzhennya obyektiv dovkillia Ukrainy [Ecological and geochemical studies of object of environment of Ukraine]. Kiev, Ukraine: Alpha Reklama, 156.

21. Ponomarenko, O.M. Analytychni shemi probopidhotovky hirs'kyh porid ta mineraliv I vyznachenya v nyh mikroelementiv metodom mass-spectroskopii z indukzino zvyazanoju plazmoyu [Analytical sample preparation scheme of rocks and minerals and trace elements determination in them by mass spectrometry with inductively coupled plasma] / O.M.Ponomarenko, A.I.Samchuk, O.P.Krasyuk, T.I.Makarenko, O.G.Antonenko // Mineral mag.– P.97 – 103.

22. Kuznezov, V.A. Metod stadnyh vytyazhek pri geohimicheskikh issledovaniyah [Stepwise method of extraction in geochemical studies] / V.A. Kuznezov, G.A. Shimko. – M.: Science and technology, 1990. – 65 p.

23. Saet, Y.E. Geohimia okruzhayushchey sredi [Environmental Geochemistry] / Y.E. Saet, B.A. Revich. – M.: Nedra, 1990. – 335 p.

24. Androsova, N.K. (2000). Geologo-ecologicheskie issledovaniya I kartographirovanie [Geological and Environmental studies and mapping] / N.K. Androsova. – M.: RUDN, 98.

25. Gursky, D.S., Iesypchuk, K.Y., Kalinin, V.I. Metalichni korysni kopalyny [Metallic Minerals]. (2006). Lviv, Ukraine: Center of Europe, 740.

26. Yakovenko, A.V. (2011). Formy znahodzhennya ta migracii cadmiyu u gruntah ta gruntovykh rozchynach tehnogenno zabrudnenykh teritorii na prykladi Pobuzkoho feronikelevoho kombinatu [Forms and migration of Cadmium in soil and soil solution technologically contaminated areas for example Pobuzke ferronickel plant] // Zb. nauk. prac'UkrNDMI NAN Ukraine. – - P.416 – 428.

## ГЕОХИМИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕННЫХ ОТЛОЖЕНИЯХ ЗОНЫ ВЛИЯНИЯ ПРЕДПРИЯТИЙ ЦВЕТНОЙ МЕТАЛЛУРГИИ

А. В. Яковенко

*Аннотация.* Изучены почвенные отложения в зоне влияния свинцово-цинкового комбината на содержание микроэлементов. Определено физико-химические свойства, а также особенности загрязненных техногенно нарушенных почв и почв фоновых территорий. С помощью метода стадийных вытяжек определено формы тяжелых металлов в почвенных отложениях. Так, в загрязненных почвах металлы находятся преимущественно в сорбированной на гидроксидах, органической и фиксированной формах. В загрязненных почвах возрастает содержание подвижных форм тяжелых металлов. С помощью метода нормирования по эколого-геохимическим

Яковенко О. В.

критериям определен уровень экологической опасности территории, а также установлены геохимические ассоциации химических элементов.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, почва, загрязнение

## **GEOCHEMISTRY OF HEAVY METALS IN SOILS OF THE ZONE OF INFLUENCE OF THE NONFERROUS METALLURGY ENTERPRISES**

**A. V. Yakovenko**

**Abstract.** *Objects of researches are soil adjournment under the influence of the non-ferrous metallurgy Industrial complex. The total maintenance and the maintenance of mobile forms of heavy metals defined by means of a method of nuclear adsorption and the spectral analysis. Definition of forms of heavy metals spent with use of a method of consecutive extraction. As a result of researches it is established that the basic source of issue of heavy metals in environment is functioning of non-ferrous industrial complex. It is established that heavy metals are in soils in residual, sorbed on hydroxides and organic forms. The share of the mobile form makes 16 %. It is shown that the maintenance of mobile forms of metals in the polluted soils exceeds indicators of pure soils. On geochemical indicators define level of pollution of soils. On factor of total pollution an ecological situation in a zone of influence of industrial complex it is estimated as catastrophic.*

**Key words:** *heavy metals, soil, pollution*