

КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА СТАНУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ м. МАРІУПОЛЬ
МЕТОДОМ ГОЛОВНИХ КОМПОНЕНТ

М.Н. Жуков¹, І.В. Кураєва², Ю.Ю. Войтюк², І.Р. Стахів¹, А.Я. Буніна¹, О.В. Матвієнко²

¹Київський національний університет імені Тараса Шевченка, вул. Васильківська, 90, Київ 03022, Україна, e-mail: jukov42@ukr.net, fatix@ukr.net, 2940954@gmail.com

²Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, просп. Акад. Палладіна, 34, Київ 03680, Україна, e-mail: igmr@igmf.gov.ua, yuliasun86@mail.ru, aleksandramatvi@gmail.com

Проведено комплексну оцінку забруднення ґрунтів м. Маріуполь важкими металами. Рівень забруднення ґрунтів залишається високим, головним джерелом забруднення є підприємства чорної металургії. Встановлено, що найбільш техногенними металами є цинк і мідь. Для виявлення факторів, які впливають на забруднення ґрунтів, застосовано метод головних компонент.

Ключові слова: важкі метали, чорна металургія, ґрунти, метод головних компонент.

Вступ. Чорна металургія є однією з пріоритетних галузей економіки, яка почала розвиватися на території нашої держави у 4–5 ст. до н. е. До 2008 р. Україна займала сьоме місце у світі за обсягом виробництва сталі. Водночас металургійна галузь є головним джерелом забруднення південно-східних регіонів України, унаслідок чого виникають екологічні проблеми, що потребують нагального розв'язання.

Місто Маріуполь Донецької області займає перше місце в Україні за значенням індексу забруднення атмосфери (рис. 1), а за рейтингом Держкомстату – друге місце після м. Кривий Ріг за критичністю екологічного стану навколишнього середовища, що викликає необхідність проведення комплексних еколого-геохімічних досліджень на регіональному та об'єктовому рівнях з метою оцінки забрудненості довкілля важкими металами.

Найінтенсивнішими джерелами забруднення навколишнього середовища м. Маріуполь насамперед є підприємства чорної металургії – ПАТ “Маріупольський металургійний комбінат імені Ілліча” (ММК ім. Ілліча) (працює з 1897 р.) і ПАТ “Металургійний комбінат «Азовсталь»” (МК “Азовсталь”) (працює з 1933 р.). Їх багаторічна діяльність призводить до зміни фізико-хімічних і геохімічних властивостей ґрунтів, які акумулюють викиди цих підприємств. Результати наших досліджень біогеохімічних особливостей ґрунтів та рослинності в зонах впливу згаданих підприємств викладено у публікаціях [2, 4, 5].

У вивчення геохімії важких металів у об'єктах довкілля, що зазнають техногенного впливу, значний внесок зробили українські вчені-геохіміки – Б.Ф. Міцкевич, Е.В. Соботович, Е.Я. Жовинський,

О.Ю. Митропольський, Г.М. Бондаренко, А.І. Самчук, В.В. Долін, В.О. Ємельянов, Н.О. Крюченко та ін. Проте геохімічні особливості розподілу важких металів у геологічному середовищі м. Маріуполь вивчено недостатньо.

Мета статті – комплексна оцінка стану ґрунтового покриву м. Маріуполь в умовах техногенезу за допомогою методу головних компонент.

Завдання дослідження – проведення комплексного еколого-геохімічного дослідження на основі сучасних підходів екологічної геохімії (багатовимірного статистичного аналізу та ГІС-технологій).

Методика досліджень. Для визначення особливостей латерального розподілу важких металів проби ґрунту відбирали, відповідно до вимог ГОСТ 17.4.4.02–84, з інтервалів 0–5 та 5–10 см [9]. Для вивчення проникнення забруднення на глибину досліджено ґрунтові профілі завглибшки до 1 м. Загалом на території м. Маріуполь було відібрано 224 зразки (50 зразків – із 11 шурфів і розчистки, 174 зразки – на території міста) сучасних ґрунтів (рис. 2).

Концентрації хімічних елементів у пробах визначено за допомогою атомно-абсорбційного аналізу на спектрометрі КАС-115. Коефіцієнти концентрації та еколого-геохімічну оцінку за сумарним показником забруднення розраховано за методикою Ю.Ю. Саєта [10]. Техногенність важких металів визначено із застосуванням профільного підходу за методикою Ю.Н. Водяницького [3].

Карти розподілу важких металів у ґрунтах побудовано програмою MapInfo 9 відповідно до методичних рекомендацій Н.К. Андросової [1] соєсовно побудови середньомасштабних карт.

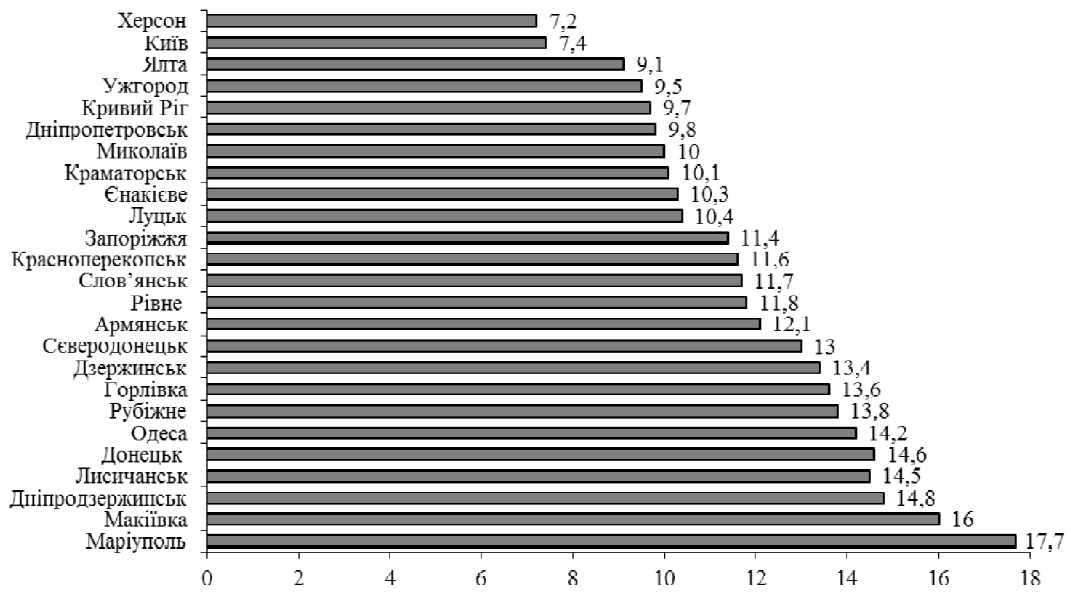


Рис. 1. Значення індексу забруднення атмосфери (ум. од.) для різних міст України [4]



Рис. 2. Розміщення точок відбору зразків (1), шурфів і розчистки (2) на території м. Маріуполь

Таблиця 1. Валовий вміст важких металів у ґрунтах м. Маріуполь, мг/кг

Елемент	Інтервал опробування 0–5 см (n = 87)			Інтервал опробування 5–10 см (n = 87)			Фонове значення (n = 38)
	Min	Max	Med	Min	Max	Med	
Mn	400	10000	1772	300	5000	1706	500
Ni	30	200	89	30	250	100	32
Co	3	20	10	4	30	12	5
V	30	400	179	30	600	186	60
Cr	40	500	214	40	600	231	50
Mo	1	6	2	1	10	3	2
Cu	20	2000	175	20	4000	261	20
Pb	40	10000	259	20	10000	288	18
Zn	30	4000	413	30	800	187	78
Sn	2	20	6	2	20	6	2

Примітка. Med – середнє значення вмісту елемента, Min – мінімальне, Max – максимальне; n – кількість проб.

Для комплексної оцінки стану забруднення ґрунтів методом головних компонент використано методику М.Н. Жукова [6].

Результати досліджень. У ґрунтовому покриві території досліджень переважають малогумусні чорноземи звичайні на лесових породах. Територія досліджень належить до кальцієвого класу геохімічних ландшафтів з переважною здатністю до акумуляції важких металів, із вмістом гумусу 3–5 % і кислотністю (рН) 6,6–7,5 [8].

На основі фактичного матеріалу отримано дані щодо вмісту важких металів у досліджених урбанізованих ґрунтах м. Маріуполь і на фонових ділянках (табл. 1). Для ґрунтів міста було вибрано фоновий аналог з подібними ландшафтно-геохімічними властивостями у районі с. Мелекіне. Оскільки вплив промислового комплексу не виключали, ділянку розглядали як “умовно чисту зону”. Результати вимірювання вмісту важких металів у ґрунтах фонові ділянки було статистично оброблено. Оцінками рівня місцевого фону слугували модальні значення.

За методикою Ю.Ю. Саєта було розраховано коефіцієнти концентрації важких металів у ґрунтах, на основі чого виділено техногенні геохімічні асоціації. Геохімічна асоціація важких металів у ґрунтах м. Маріуполь представлена такими елементами: інтервал ґрунту 0–5 см – $Pb_{14,4} > Cu_{8,8} > Zn_{5,3} > Cr_{4,3} > Mn_{3,5}$; інтервал ґрунту 5–10 см – $Pb_{16} > Cu_{13} > Cr_{4,6} > Mn_{3,4} > V_{3,2}$.

Сумарний показник забруднення (Z_c) – один із небагатьох показників, що затверджений санітарно-гігієнічними нормативами для ґрунтів, який враховує поліелементність техногенного забруднення.

Для характеристики забруднення об’єктів навколишнього середовища розраховано коефіцієнт концентрації (K_c) і сумарний показник забруднення (Z_c) за формулою 1 [10]

$$Z_c = Z_c \sum_1^n K_c - (n-1), \quad (1)$$

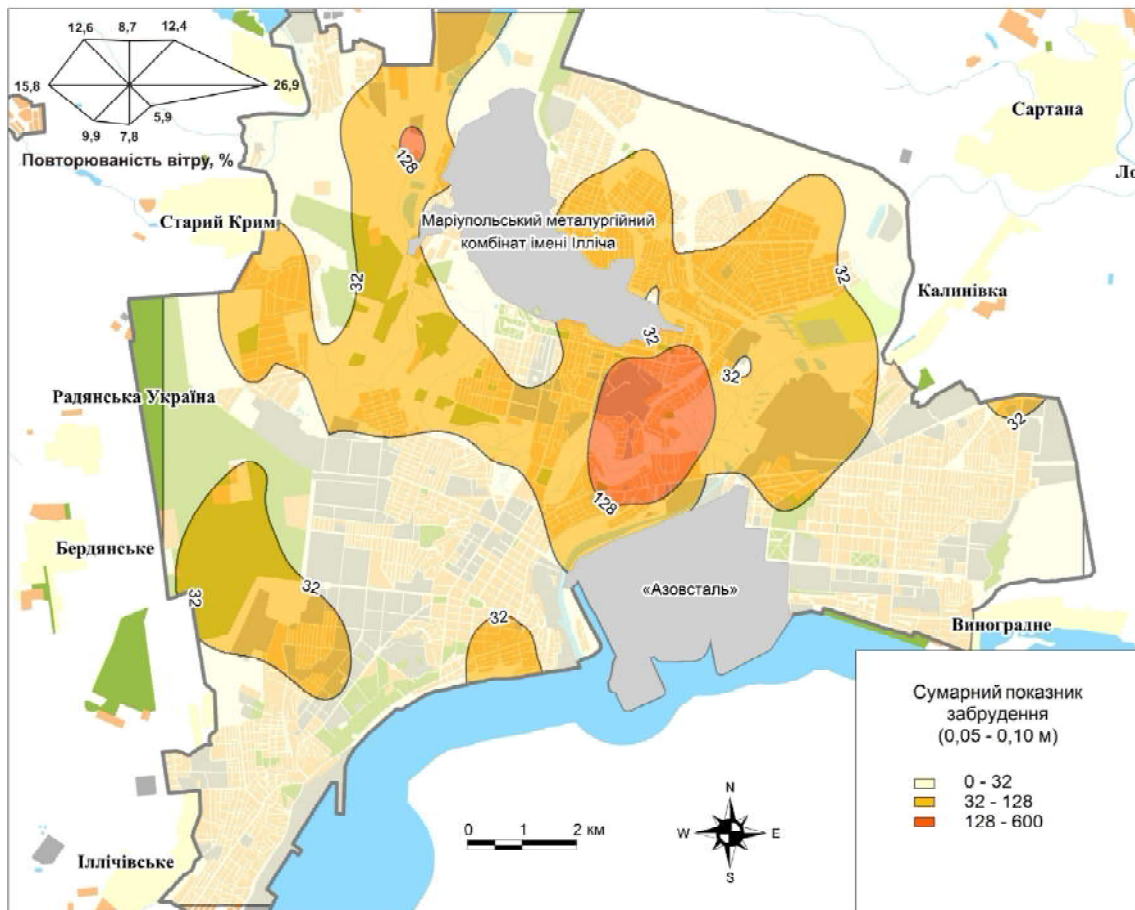
де $K_c = C_i / C_\phi$; C_i – аномальний вміст хімічного елемента в оцінюваному об’єкті; C_ϕ – фоновий вміст хімічного елемента; n – число хімічних елементів, що входять у зазначену асоціацію.

Для ґрунтів м. Маріуполь показник Z_c визначено за методикою Ю.Ю. Саєта за такими елементами: Mn, Ni, Co, V, Cr, Mo, Cu, Pb, Zn, Sn. У результаті виконаних екогеохімічних досліджень встановлено, що для ґрунтів в інтервалі 0–5 см Z_c становить 3–581 за середнього значення 38. Виділено дві техногенні аномалії з дуже високим (надзвичайно небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 128$). Перша розташована у центральній густонаселеній частині міста, друга – у північно-західній частині. Майже половина ґрунтів міста характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 32$). Ореолі розсіювання важких металів знаходяться не лише в санітарно-захисній зоні (СЗЗ) підприємств чорної металургії, а й в селітебних зонах. За сумарним показником забруднення найчистішою є південно-східна частина міста, що відповідає кліматичній розі вітрів (рис. 3, а).

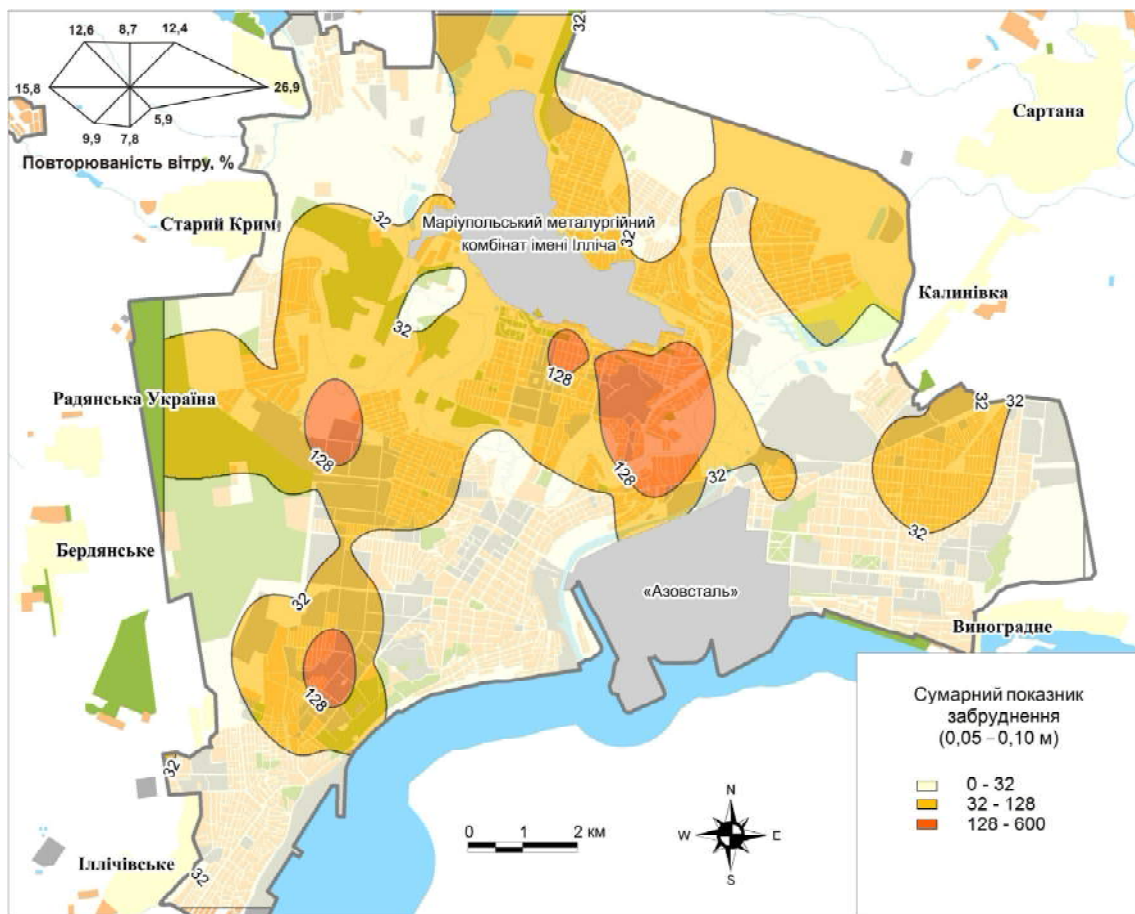
Сумарний показник забруднення ґрунтів (інтервал 5–10 см) м. Маріуполь становить 3 – 591 за середнього значення 43. За цим показником горизонт ґрунту 5–10 см більш забруднений важкими металами, ніж горизонт 0–5 см.

Для горизонту ґрунту 5–10 см виділено чотири техногенні аномалії з дуже високим (надзвичайно небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 128$). Дві з них виявлено у центральній частині міста (північна частина МК “Азовсталь”), інші дві – у західній. Приблизно дві третини території міста характеризується високим (небезпечним) рівнем забруднення ($Z_c > 32$) (рис. 3, б).

Результати еколого-геохімічних досліджень і картування території м. Маріуполь дали змогу виявити техногенні геохімічні аномалії, де вміст важких металів у ґрунтах значно перевищує фонові величини.



а



б

Рис. 3. Розподіл поліелементного забруднення ґрунтів м. Маріуполь за сумарним показником забруднення Z_c : а – інтервал 0–5 см; б – інтервал 5–10 см

Таблиця 2. Частка техногенності металів у ґрунті, %

№ з/п	Місце відбору проб	Mn	Ni	Co	V	Cr	Mo	Cu	Pb	Zn	Sn
1	м. Маріуполь, шурф 1	н	н	н	н	н	н	н	н	99	н
2	шурф 2	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
3	розчистка 3	н	н	н	н	н	67	н	н	н	н
4	шурф 4	н	69	50	н	н	н	83	н	н	67
5	шурф 5	н	н	н	50	н	н	н	н	н	н
6	шурф 6	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
7	шурф 7	60	н	н	н	н	н	н	н	н	н
8	шурф 8	н	н	н	н	50	67	н	н	н	н
9	шурф 9	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
10	шурф 10	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
11	шурф 11	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н
12	шурф 12	н	н	н	н	64	67	н	н	н	н
13	с. Мелекине, фонові ділянка	н	н	н	н	н	н	н	н	н	н

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

Для комплексної еколого-геохімічної оцінки використано профільний метод визначення частки техногенності металів (ЧТМ) для встановлення ступеня аерогенного забруднення ґрунтів за методикою Ю.Н. Водяницького (табл. 2).

Висока техногенність встановлена для таких елементів: Zn – 99 % (шурф 1), Cu – 75 % (шурф 4); середня – Cr – 70 % (шурф 12), Ni – 69 % (шурф 4), Mo – 67 % (розчистка 3, шурф 8, 12), Sn – 67 % (шурф 4), Mn – 60 % (шурф 7). Це найбільш техногенні метали в ґрунтах, що зазнають впливу підприємств чорної металургії. Для порівняння розраховано техногенність на фоновій ділянці в с. Мелекіне. У її межах всі наведені важкі метали мають низьку недостовірну техногенність. Найбільша кількість техногенних важких металів характерна для шурфу 4, який закладено з північно-східної частини “ММК ім. Ілліча”.

Для виявлення факторів, які впливають на забруднення ґрунтів м. Маріуполь, використаний метод головних компонент. З метою приведення усіх компонент до єдиного масштабу всі змінні були нормовані діленням на середній квадратичний відхил. Відповідно, для визначення власних чисел і векторів використано кореляційну матрицю [6].

Факторний аналіз призначений для інтерпретації кореляційної матриці m -вимірної величини $\bar{\xi}$. У результаті дістають: оцінку кількості незалежних факторів, які керують розподілом $\bar{\xi}$; факторні навантаження, які характеризують вплив факторів; головні компоненти, які посередньо відображують фактори через нормовані компоненти:

$$\eta_i = \xi_i / \sqrt{D\xi_i}.$$

Факторні навантаження $\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_m$, визначають із системи рівнянь

$$|R - \lambda I| = 0,$$

де $|R - \lambda I|$ – визначник матриці $R - \lambda I$; R та I – кореляційна та одинична матриці відповідно. Корені розміщують у порядку спадання $\lambda_1 \geq \lambda_2 \geq \dots \geq \lambda_m$. Відкидають ті, що мало відрізняються від нуля (з урахуванням того, що $\sum \lambda_i = m$). Кількість коренів, що залишились, дає оцінку числа незалежних факторів. Перша головна компонента, що відповідає λ_1 , має вигляд

$$\zeta_1 = \sum_{j=1}^m \beta_j \eta_j = \bar{\beta}' \bar{\xi},$$

де $\bar{\beta}$ знаходять із системи рівнянь

$$(R - \lambda_1 I) \bar{\beta} = 0$$

за умови $\sum \beta_i^2 = 1$. Аналогічно знаходимо другу, третю та всі інші головні компоненти. Факторне навантаження λ – це дисперсія j -ї головної компоненти.

На рис. 4 представлено коефіцієнти при нормованих хімічних елементах, за якими визначали першу головну компоненту. Із діаграми видно, що на ґрунті м. Маріуполь переважно впливають важкі метали Ni, Co, Ti, V, Cr, Cu, основним джерелом яких є чорна металургія.

На рис. 5 показано просторовий розподіл першої головної компоненти вмісту важких металів у ґрунтах м. Маріуполь. Максимальні значення припадають на ділянки біля МК “Азовсталь” та

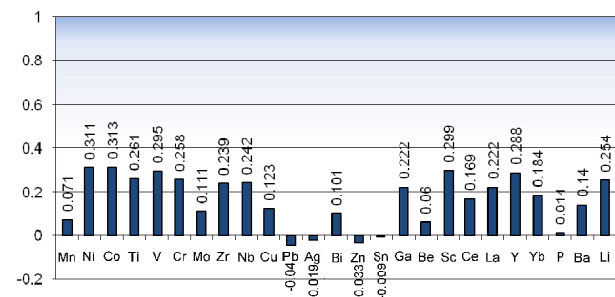


Рис. 4. Коефіцієнти першої головної компоненти вмісту важких металів у ґрунтах м. Маріуполь

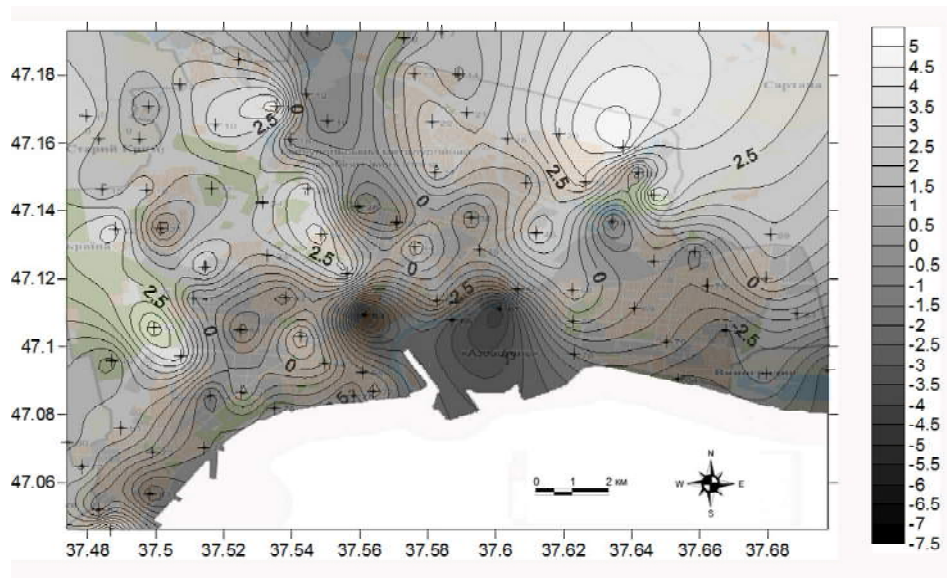


Рис. 5. Просторове відображення забруднення важкими металами ґрунтів м. Маріуполь за першою головною компонентою

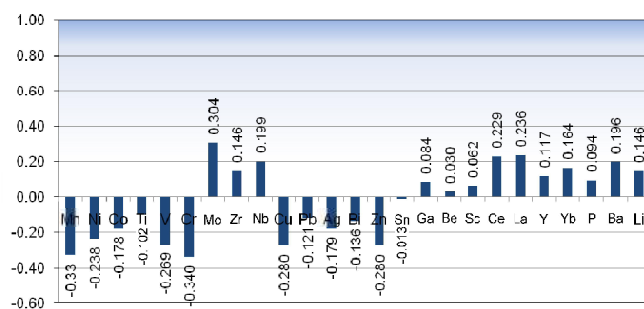


Рис. 6. Коефіцієнти другої головної компоненти вмісту важких металів у ґрунтах м. Маріуполь

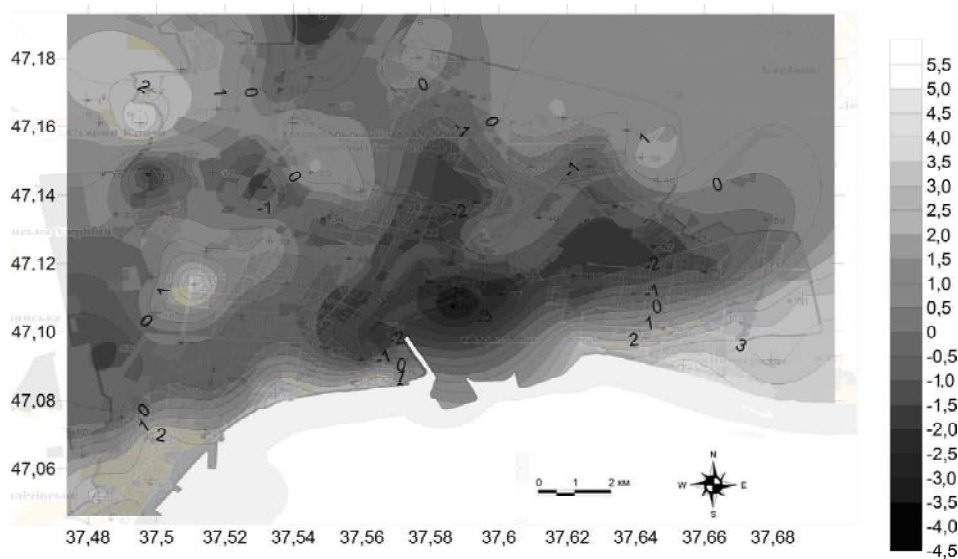


Рис. 7. Просторове відображення забруднення важкими металами ґрунтів м. Маріуполь за другою головною компонентою

ММК ім. Ілліча, які є основними джерелами забруднення ґрунтів.

На рис. 6 представлено коефіцієнти, за якими визначено другу головну компоненту. Із діаграми видно, що основне навантаження складають Се, La, Ва, Уь.

На рис. 7 видно, що максимальні значення другої головної компоненти вмісту важких металів у ґрунтах міста також припадають на ділянку біля МК “Азовсталь”.

Висновки. На основі даних еколого-геохімічного картування території м. Маріуполь встановлено, що ореоли розсіювання важких металів знаходяться не лише в СЗЗ підприємств чорної металургії, а й в селітебних. Техногенні аномалії з найбільшою концентрацією важких металів у ґрунтах зафіксовано на відстані до 1–2 км від підприємств чорної металургії.

Геохімічна асоціація важких металів у ґрунтах м. Маріуполя представлена такими елементами: Pb > Cu > Zn > Cr > Mn (інтервал ґрунту 0–5 см); Pb > Cu > Cr > Mn > V (інтервал ґрунту 5–10 см). Найбільшою техногенністю характеризуються Zn і Cu.

Згідно з оцінкою еколого-геохімічного стану ґрунтів м. Маріуполь за сумарним показником забруднення, ґрунти міста характеризуються високим (небезпечним) рівнем забруднення. У зонах впливу підприємств чорної металургії рівень забруднення ґрунтів є дуже високим (надзвичайно небезпечним). За допомогою методу головних компонент виділено основні фактори, які впливають на екологічний стан ґрунтів.

Автори щиро вдячні С.П. Кармазиненку та В.Й. Манічеву за допомогу у відборі зразків ґрунтів у м. Маріуполь та його околицях для еколого-геохімічних досліджень.

1. *Андросова Н.К.* Геолого-экологические исследования и картографирование (Геоэкологическое картирование): учеб. пособие. – М.: Изд-во Рос. ун-та дружбы народов, 2000. – 98 с.
2. *Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Маріуполь (еколого-геохімічні аспекти): [монографія] / С.П. Кармазиненко, І.В. Кураєва, А.І. Самчук, Ю.Ю. Войтюк, В.Й. Манічев.* – К.: Інтерсервіс, 2014. – 168 с.
3. *Водяницкий Ю.Н.* Тяжелые и сверхтяжелые металлы и металлоиды в загрязненных почвах / Ю.Н. Водяницкий. – М.: Почв. ин-т им. В.В. Докучаева, 2009. – 95 с.
4. *Войтюк Ю.Ю.* Микробиологические особенности почв в зонах влияния предприятий черной металлургии // Школа экологической геологии и рационального недропользования. Материалы 14-й межвуз. мол. науч. конф. С.-Петербург, 2–5 июня 2014 г. – СПб: Изд-во СПбГУ, 2014. – С. 144–146.
5. *Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / За ред. Е.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої.* – К.: Альфа-реклама, 2012. – 156 с.
6. *Жуков М.Н.* Математична статистика та обробка геологічних даних: підручник / М.Н. Жуков. – К.: Вид-полігр. центр “Київ. ун-т”, 2008. – 518 с.
7. *Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2010 році.* – К.: Центр екол. освіти та інформації, 2011. – 254 с.
8. *Національний атлас України / [гол. редактор Л. Г. Руденко].* – К.: ДНВП “Картографія”, 2007. – 440 с.
9. *Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа: ГОСТ 17.4.4.02–84.* – [действующий от 1986–01–01]. – М.: Госстандарт СССР, 1984. – 7 с.
10. *Саэт Ю.Е.* Геохимия окружающей среды / Ю.Е. Саэт, Б.А. Ревич, Е.П. Янин. – М.: Недра, 1990. – 325 с.

Надійшла до редакції 17.04.2015 р.

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА СОСТОЯНИЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ г. МАРИУПОЛЬ МЕТОДОМ ГЛАВНЫХ КОМПОНЕНТ

Н.Н. Жуков¹, И.В. Кураева², Ю.Ю. Войтюк², И.Р. Стахив¹, А.Я. Бунина¹, А.В. Матвиенко²

¹Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, ул. Васильковская, 90, Киев 03022, Украина, e-mail: jukov42@ukr.net, fatix@ukr.net, 2940954@gmail.com

²Институт геохимии, минералогии и рудообразования им. М.П. Семененко НАН Украины, просп. Акад. Палладина, 34, Киев 03680, Украина, e-mail: igmr@igmof.gov.ua, yuliasun86@mail.ru, aleksandramatvi@gmail.com

Проведена комплексная оценка загрязнения почв г. Мариуполь тяжелыми металлами. Уровень загрязнения почв остается высоким, главный источник загрязнения – предприятия черной металлургии. Установлено, что наиболее техногенными металлами являются цинк и медь. Для определения факторов, влияющих на загрязнение почв, применен метод главных компонент.

Ключевые слова: тяжелые металлы, черная металлургия, почвы, метод главных компонент.

COMPREHENSIVE ESTIMATION OF CONTAMINATION OF THE MARIUPOL CITY SOIL BY THE METHOD OF MAIN COMPONENTS

M.N. Zhukov¹, I.V. Kuraeva², Yu.Yu. Voytyuk², I.R. Stakhiv¹, A.Ya. Bunina¹, A.V. Matvienko²

¹Taras Shevchenko National University of Kyiv, 90 Vasylykivska Str., Kyiv 03022, Ukraine,
e-mail: jukov42@ukr.net, fatix@ukr.net, 2940954@gmail.com

²M.P. Semenenko Institute of Geochemistry, Mineralogy and Ore Formation of the National Academy of Sciences of Ukraine, 34 Palladina Ave., Kyiv 03680, Ukraine,
e-mail: igmr@igmof.gov.ua, yuliasun86@mail.ru, aleksandramatvi@gmail.com

Purpose. Iron and steel industry is the leading sector of the economy of Ukraine. But at the same time, the industry is a major polluter of the environment and its individual components. By the index of atmospheric pollution, the city of Mariupol of Donetsk region is the number one polluter in Ukraine. The aim of this study was to conduct a comprehensive ecological and geochemical study using modern approaches to eco geochemistry.

Design/methodology/approach. To determine the concentration factors to make an and ecogeochemical assessment of the total pollution index, we used the method of Yu.Yu. Sayeta. The estimation of the contamination of the soils was conducted using the method of M.N. Zhukov. The maps of the distribution of heavy metals in soils constructed using the program of MapInfo 9.

Findings. It found out that the soils of the investigated territory are mainly black earth soils. New data on the content of heavy metals obtained. It established that the halos of heavy metals scattering are not only around the enterprises, but also in the outskirts of the city. The largest concentrations of heavy metals observed at a distance of 1–2 km from the enterprises. Geochemical association of heavy metals in Mariupol soils includes such elements as $Pb > Cu > Zn > Cr > Mn$ (range 0–5 cm), $Pb > Cu > Cr > Mn > V$ (range 5–10 cm).

Practical value/ implications. The assessment of ecological and geochemical soil conditions of Mariupol by the total pollution index revealed that the soils have a high (dangerous) level of contamination. Using the method of principal components, we managed to identify the main factors that affect ecological condition of the soils.

Keywords: heavy metals, ferrous metals, soil, method of principal components.

References:

1. Androsova N.K. *Geologo-ekologicheskie issledovaniya i kartografirovaniye (Geoekologicheskoe kartirovaniye): uchebnoe posobie* [Geological and Environmental Studies kartohrafyrovaniye (Geoekologiksl mapping)]. Moscow, *Izdatel'stvo Rossiyskogo universiteta druzhby narodov*, 2000, 98 p.
2. Karmazynenko S.P., Kuraieva I.V., Samchuk A.I., Voitiuk Yu.Yu., Manichev V.Y. *Vazhki metaly u komponentakh navkolyshnoho seredovyscha m. Mariupol (ekoloho-heokhimichni aspekty)* [Heavy metals in the components of the environment of Mariupol (ecological and geochemical aspects)]. Kyiv, *Interservis*, 2014, 168 p.
3. Vodyanitskiy Yu.N. *Tyazhlye i sverkhlyazhlye metally i metalloidy v zagryaznennykh pochvakh* [Heavy and extra heavy metals and metalloids in the contaminated soils]. Moscow, *Pochvennyy institut im. V.V. Dokuchaeva*, 2009, 95 p.
4. Voytyuk Yu.Yu. *Mikrobiologicheskie osobennosti pochv v zonakh vliyaniya predpriyatiy chernoy metallurgii* [Microbiological characteristics of soils in the areas of influence of the steel industry]. *Shkola ekologicheskoy geologii i ratsional'nogo nedropol'zovaniya. Materialy 14-y mezhvuzovskoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii* [School of Environmental Geology and rational use of subsoil. Proceedings of the 14th Youth Research Conference on 2-5 June 2014]. Sankt-Peterburg, *Izdatel'stvo SPbGU*, 2014, pp. 144-146.
5. Zhovinskii E.Ya., Kuraieva I.V. *Ekoloho-heokhimichni doslidzhennia ob'ektiv dovkillia Ukrainy* [Ecological and geochemical studies of environmental objects Ukraine]. Kyiv, *Alfa-reklama*, 2012, 156 p.
6. Zhukov M.N. *Matematychna statystyka ta obrobka geologichnykh danykh: pidruchnik* [Mathematical Statistics and geological data processing: textbook]. Kyiv, *Vydavnycho-polihrafichnyi tsentr "Kiivs'kiy universitet"*, 2008, 518 p.
7. *Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyscha v Ukraini u 2010 rotsi* [National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2010]. Kyiv, *Tsentr ekolohichnoi osvity ta informatsii*, 2011, 254 p.
8. *Natsionalnyi atlas Ukrainy* [The National Atlas of Ukraine]; ed. by L.H. Rudenko. Kyiv, *State Scientific Production Enterprise "Kartographia"*, 2007, 440 p.
9. *Okhrana prirody. Pochvy. Metody otbora i podgotovki prob dlya khimicheskogo, bakteriologicheskogo, gel'mintologicheskogo analiza: GOST 17.4.4.02-84* [The Nature Conservancy. Soil. Methods of sampling and sample preparation for chemical, bacteriological, helminthological analysis: GOST 17.4.4.02-84]. Moscow, *Gosstandart SSSR*, 1984, 7 p.
10. Saet Yu.E., Revich B.A., Yanin E.P. *Geokhimiya okruzhayushchey sredy* [Environmental Geochemistry]. Moscow, *Nedra*, 1990, 325 p.

Received 17/04/2015