

COMPARATIVE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTENT IN SOILS OF DIFFERENT URBAN AGGLOMERATIONS: METHODOLOGICAL APPROACHES TO ENVIRONMENTAL MONITORING

Andrusyshyna I.M., Holub I.O., Demchenko V.F., Lampeka O.G.

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ РІЗНИХ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ: МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

У

**АНДРУСИШИНА І.М.,
ГОЛУБ І.О.,
ДЕМЧЕНКО В.Ф.,
ЛАМПЕКА О.Г.**
ДУ «Інститут
медицини праці
ім. Ю.І. Кундієва НАМН
України», м. Київ

наш час актуальною є проблема збереження екологічної рівноваги у системі людина – довкілля. У багатьох містах України останнім часом спостерігається складна екологічна ситуація, зумовлена наявністю і концентрацією підприємств чорної та кольорової металургії, теплоенергетики, хімії та нафтохімії, гірничодобувної промисловості, цементних заводів [1-3]. Такі міста є безперечними лідерами з забруднення повітря, водойм та ґрунтів [4-7].

На думку експертів ВООЗ [7], стан ґрунтів слід розглядати як інтегральний показник багаторічного процесу

забруднення довкілля. У науковій літературі є дані, що сполуки ВМ мають низькі міграційні властивості за вертикальним профілем ґрунтів [8-11]. Вони акумулюються переважно у поверхневому орному шарі, а з нього переміщуються у сільськогосподарські культури, які у подальшому споживаються людиною [3, 4, 8].

Таким чином, ґрунти являють собою потрійний інтерес як початковий харчовий ланцюг, як джерело вторинного забруднення атмосфери і як інтегральний показник екологічного стану довкілля [1-3, 8-10].

ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ РІЗНИХ МІСЬКИХ АГЛОМЕРАЦІЙ: МЕТОДОЛОГІЧНІ ПІДХОДИ ДО МОНІТОРИНГУ ДОВКІЛЛЯ

Андрусишина І.М., Голуб І.О., Демченко В.Ф., Лампека О.Г.
ДУ «Інститут медицини праці ім. Ю.І. Кундієва НАМН України», м. Київ

Мета дослідження: вивчити регіональні особливості забруднення ґрунтів важкими металами та іншими хімічними елементами, дати їм порівняльну еколого-гігієнічну оцінку.

Матеріали та методи дослідження.

Методом оптико-емісійної спектроскопії визначено вміст 12 елементів у ґрунтах міських агломерацій: м. Київ (паркова, селітебна та транспортна зони), Донецька обл. (Маріуполь, Піски та ін.) та околиці м. Галича (Івано-Франківська обл.). Досліджено валовий вміст важких металів у ґрунтах, визначено їхні рухомі форми, розраховано коефіцієнти концентрації та показник сумарного забруднення ґрунтового покриву міських агломерацій, встановле-

но характерні взаємозв'язки між металами та їхні техногенні геохімічні асоціації.

Результати та їх обговорення. Серед проаналізованих хімічних елементів у ґрунтах урбанізованих територій особливу увагу привертає високий вміст Al, Mn та Cr, який виявився у деяких випадках вищим за ГДК та фоновий рівень. Встановлено характерні техногенні геохімічні асоціації важких металів для досліджених територій: $Cu > Cr > Pb > Zn > Ni > Mn$. Рухливість важких металів у техногенно забруднених ґрунтах збільшується порівняно з фоновими рівнями.

Висновки. Порівняльна оцінка забруднення ґрунтів обстежених регіонів Київської, Івано-Франківської та Донецької областей показала, що вони зазнають комплексного екологічного тиску через антропогенне та техногенне забруднення навколишнього середовища важкими металами.

Ключові слова: важкі метали, форми металів, метод ОЕС-ІЗП, сумарний показник забруднення, геохімічна асоціація.

© Андрусишина І.М., Голуб І.О., Демченко В.Ф., Лампека О.Г. СТАТТЯ, 2020.

Метою дослідження було визначення регіональних особливостей забруднення ґрунтів важкими металами та порівняльна еколого-гігієнічна оцінка стану ґрунтів інтенсивного техногенного навантаження.

Матеріали та методи досліджень. Для характеристики ґрунтового покриву щодо вмісту форм металів (валовий та рухомий вміст) у кожній обраній локації відбиралися змішані зразки ґрунтів відповідно до загальноприйнятих методик. Визначався вміст важких металів у пробах ґрунту міста Києва та Київської області (дані моніторингу 2015, 2016, 2018, 2019 років – 40 проб), Донецької області (дані моніторингу 2018 року – 16 проб) та Галицького району Івано-Франківської області (дані моніторингу 2019 року – 26 проб).

Проби ґрунту відбирали із

поверхневого шару глибиною 0-30 см з урахуванням загальновідомих даних про відносно більше забруднення саме цього горизонту на урбанізованих та індустріальних територіях. Зразки ґрунту висушували за кімнатної температури, після чого просіювали. Кислотність ґрунту (pH) визначали потенціометрично у водній витяжці, використовуючи співвідношення ґрунт : розчин як 1 : 2,5. Підготовку зразків ґрунту до аналізу на валовий вміст металів здійснювали послідовною обробкою попередньо висушених до сталої ваги зразків ґрунту (наважка 5 г) сумішшю нітратної (конц.) та соляної кислот (у співвідношенні 2 : 1) [12]. Після вологої мінералізації кінцевий об'єм проби становив 50 мл.

Для визначення рухомих (добре мігруючих у доквілля та доступних для рослин) форм елементів зразки ґрунту екстрагували в оцтово-амонійному буфері (pH = 4,8) згідно з затвердженими методиками [13-16], струшуючи протягом 1 години за співвідношення ґрунт : розчин – 1 : 10. Розчини з оцтово-амонійним буфером підкислювали 2% HNO₃ та переносили до мірного посуду об'ємом 50 мл.

Для визначення вмісту 12

хімічних елементів у пробах ґрунтів було застосовано мікрохвильовий метод мінералізації проб за допомогою мікрохвильової печі Mars One (США). Вміст хімічних елементів у пробах визначався методом оптико-емісійної спектроскопії з індуктивно зв'язаною плазмою (ОЕС-ІЗП). Математичну обробку отриманих результатів виконували методами варіаційної статистики [17] з використанням програм статистичного аналізу Microsoft Excel.

Результати досліджень та їх обговорення. Пріоритетність визначення валового вмісту полягає у тому, що ця форма перебування важких металів є найбільш небезпечною, адже рухомі форми виносяться за межі території, враховуючи сприятливу для цього міграційну структуру, тоді як нерухомі чи малорухомі елементи становлять загрозу у разі їх накопичення та збільшення концентрації у ґрунтах.

Аналіз валових форм металів у ґрунтах проводили з урахуванням функціональних зон обраних територій. Результати моніторингу забруднення ґрунтів важкими металами надано у таблиці 1. Геохімічна оцінка ґрунтів за вмістом важких металів традиційно виконується через порівняння

Таблиця 1

Вміст валових форм металів у ґрунтах (на прикладі Київської, Івано-Франківської та Донецької областей)

Рік спостереження та місце	Метали, мг/кг (M±m, медіана)		
	As	Cd	Cr
м. Київ, 2015, 2016	-	0,28±0,035	3,87±0,89
		0,24	3,88
м. Київ (промислова зона), 2019	0,10±0,07	0,37±0,04	6,78±1,33*
	0,19	0,16	7,52
Донецька обл., 2018	0,37±0,14	0,10±0,01	21,26±4,36*
	0,51	0,10	19,80
м. Галич (Івано-Франківська обл.), 2019	3,91±0,25*#	0,41±0,05	14,76±2,29*
	1,79	0,16	14,57
ГДК валова /рухома [ДСанПіН 2.2.7.029-99]	2,0	1,0 (0,7)	6,0
Фонові концентрації [Дмитрук Ю.М. та ін., 2005]	0,03-1,0 (до 5)	0,5-2,0	31-400

фактичного вмісту їх з певними показниками, зокрема, кларків хімічного елемента у літосфері чи ґрунті (часто за О.П. Виноградовим), гранично допустимою концентрацією (ГДК) або орієнтовно допустимою концентрацією (ОДК), а також з фоновими параметрами [1, 18].

ДСанПіН 2.2.7.029-99 «Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їхнього класу небезпеки для здоров'я населення» було використано як інформаційний [19], оскільки нині норматив для ґрунтів перебуває на затвердженні у Мінекоенерго. Порівняно з ГДК виявлено забруднення Zn ґрунтів Київської області у 2016 році (вміст вищий за ГДК в 1,21 рази). Ґрунти промислової зони м. Києва 2019 року мали перевищення Cd (в 1,6 рази), Cr (в 1,25 рази), Cu (в 1,21 рази) та Pb (в 1,56 рази). Порівняно з фоновими значеннями (обраховано середнє) виявлено, що переважна кількість хімічних елементів (As, Cr, Cu, Ni, Mg, Mn, Zn) у локаціях спостереження не перевищувала середньої величини фонового діапазону. Однак у Київській області 2016 року було виявлено вищий вміст Al у 2,37 рази порівняно з фоном, 2019 року (промислова зона) та-



ГІГІЄНА ҐРУНТУ

кож виявлено вищий за фон вміст Al (у 2,68 рази), Cd (в 1,28 рази) та Pb (у 2,38 рази). Ґрунти Донецької області (станом на 2018 рік) були забруднені Cr (перевищення порівняно з ГДК у 3,3 рази). Пріоритетними забруднювачами ґрунтів в Івано-Франківській області є As, Cd, Pb, Ni та окремі локації з підвищеним вмістом Zn. Вміст цих металів в окремих пробах значно перевищував фоновий рівень, а у деяких локаціях також і рівень ГДК, зокрема вмісту As, Cd, Pb – відповідно в 1,96, 2,46 та 1,47 рази.

Для рухомих форм металів окремі випадки перевищення їхнього вмісту було виявлено для Mn (1,06-1,14 рази) та Zn (1,12-4,2 рази) в окремих локаціях спостереження (с. Бовшів, с. Більшівці та м. Галич). Останнє підтверджує відомий факт кларкового розподілу ВМ у ґрунтах.

Забрудненість ґрунтів ВМ визначається валовим вмістом їх, але доступними для рослин є лише рухомі форми та форми, що можуть легко переходити до суміжних середовищ [23]. У ході дослідження форм вмісту важких металів у ґрунтах виділено водорозчинну форму металів. Виявлено високе співвідношення валового вмісту металів і їхніх рухомих форм для таких металів, як Cr, Cu, Fe, Mg та Mn, що свідчить про дефіцит їх у розчинній формі, яка є дуже важливою для живлення рослин (табл. 2). Також виявлене перевищення природного вмісту Са над його валовим вмістом.

Для рухомих форм металів окремі випадки перевищення їх вмісту було виявлено для Mn (1,06-1,14 рази) та Zn (1,12-4,20 рази) у деяких локаціях спостереження.

Однак враховуючи різні типи ґрунтів Київщини та

Примітки до таблиці 1:

* – порівняно з ГДК;

– порівняно з фоновими значеннями ($p < 0,05$).

Метали, мг/кг (M±m, Медіана)				
Cu	Ni	Mn	Pb	Zn
8,70±1,50	2,50±0,20	132,47± 20,80	11,08± 0,46	251,19± 27,77*#
7,20	2,35	144,20	10,16	252,3
63,61±16,31*	12,07±6,19	116,56±28,94	21,76±12,64#	12,45±2,94
66,42	15,14	134,80	29,98	12,51
16,51±3,40	17,40±3,95	181,03±47,35	5,13±0,58	35,09±6,46
16,07	16,77	224,36	5,45	35,91
15,10±1,90	24,84±2,04	408,83±65,47	47,03±0,53*#	52,10±16,59
12,91	12,06	326,43	11,0	40,49
55 (3,0)	85(4,0)	700/(2,0)	32 (6,0)	100 (23,0)
10-296	16-58	300-800	10-32	55-220

великі межі фонового вмісту і ГДК/ОДК для низки хімічних елементів, у даних дослідження не відзначено навантаження металами. Водночас 2016 року зафіксовано високий вміст Al, Cr, Mn, Fe порівняно з їхніми фоновими рівнями.

Тип ґрунту має значення і у міграції рухомої форми елемента. Зі зміною кислотно-лужних властивостей ґрунту ВМ поведуться неоднаково: з залуженням у багатьох з них зменшується рухливість,

а у деяких збільшується (табл. 3). Дослідженнями було показано, що вміст кожного металу залежить від типу ґрунту.

Так, для глинозему за відсотком є більший вміст рухомої форми Zn. Абсолютна величина для Fe була притаманною чорноземам, але у відсотковому відношенні вищий вміст його був у глиноземі. Для Cu виявлено високий вміст рухомої форми для глинозему та чорнозему, і цей відсоток виявився ви-

щим для чорнозему. У піщаних ґрунтах і рН, і рухомий вміст Zn, Fe і Cu були дуже низькими.

Для аналізу концентрацій хімічних речовин у досліджуваних ґрунтах нами розраховано коефіцієнт концентрації хімічної сполуки (Кс) як співвідношення її реального вмісту у ґрунті та фонового рівня. Для оцінки ступеня забруднення згідно з класифікацією хімічних речовин відповідно до небезпеки біологічної дії [19] для контролю ґрунтів

Таблиця 2

Вміст та співвідношення валової ($M \pm m$, $n=40$) та рухомої ($M \pm m$, $n=10$) форм металів у ґрунтах (за умов екстракції рухомої форми ацетатно-амонійним розчином з рН 4,8)

Хімічний елемент, мг/кг	Валовий вміст	Вміст рухомої форми металу, мг/кг	Співвідношення валової форми та рухомої	Фонова форма/ (рухома ГДК)
Ca, г/кг	37,25±0,24	4,54±1,74	8,20	23,0-51,0
Cd	0,280±0,035	0,071±0,031	3,94	0,25-0,60 (0,70)
Cr	3,87±0,89	0,082±0,026	47,20	31-400
Cu	8,70±1,50	0,067±0,017	129,85	10-296 (3,0)
Fe, г/кг	5,58±0,40	0,130±0,005	42,92	2,76-33,90
Mg, г/кг	2,10±0,09	0,190±0,044	11,05	0,31-7,92
Mn	0,130±0,021	0,019±0,005	6,86	0,23-3,0 (2,0)
Ni	2,51±0,20	0,160±0,028	15,69	16-58 (4,0)
Pb	10,32±0,61	0,170±0,084	60,71	13-130 (6,0)
Zn, г/кг	0,25±0,03	0,010±0,006	24,53	0,23-3,0 (0,023)

Таблиця 3

Валовий та рухомий вміст хімічних елементів у різних типах ґрунтів (мг/кг)

Тип ґрунту	рН	Валовий вміст	Рухома форма	%
	Цинк			
Піщаний	6,59±0,49	7,01±2,30	0,08±0,02	1,91
Глинозем	7,26±0,30	12,69±0,73	0,08±0,014	2,52
Чорнозем	7,39±0,19	15,30±0,70	0,14±0,08	1,19
Залізо				
Піщаний	6,59±0,49	2098,27±452,52	1,13±0,18	0,06
Глинозем	7,26±0,30	2167,41±478,97	1,31±0,29	0,09
Чорнозем	7,39±0,19	4150,82±518,03	1,50±0,16	0,04
Мідь				
Піщаний	6,59±0,49	8,78±0,49	0,072±0,03	1,22
Глинозем	7,26±0,30	10,38±3,98	0,10±0,03	1,81
Чорнозем	7,39±0,19	6,32±2,02	0,09±0,01	1,83

COMPARATIVE ASSESSMENT OF HEAVY METAL CONTENT IN SOILS OF DIFFERENT URBAN AGGLOMERATIONS: METHODOLOGICAL APPROACHES TO ENVIRONMENTAL MONITORING
Andrusyshyna I.M., Holub I.O., Demchenko V.F., Lampeka O.G.
 SI «Kundiiev Yu. Institute for Occupational Health, NAMSU», Kyiv, Ukraine

Objective: We studied the regional characteristics of soil pollution with heavy metals and other chemical elements, presented their comparative ecological and hygienic assessment.

Materials and methods: We detected the content of 12 elements in the soils of urban agglomerations of the city of Kyiv (park, residential and transport zones), Donetsk oblast (Mariupol, Pisky etc.) and in the vicinity of the city of Halych (Ivano-Frankivsk oblast) with the help of the method of optical emission spectrometry. We studied the gross content of heavy metals in soils, determined their mobile forms, calculated the concentration coefficients and the indicator of the total soil cover

pollution of urban agglomerations, established characteristic relationships between metals and their technogenic geochemical associations.

Results and discussion: Among the analyzed chemical elements in soils of urban areas, the high content of Al, Mn and Cr attracts a special attention. In the number of cases, it was higher than the MAC and the background level. The characteristic technogenic geochemical associations of heavy metals for studied territories were established: $Cu > Cr > Pb > Zn > Ni > Mn$. The mobility of heavy metals in technologically polluted soils increases in comparison with the background levels.

Conclusion: A comparative assessment of soil pollution in the surveyed regions of Kyiv, Ivano-Frankivsk and Donetsk showed that they are under complex environmental pressure because of anthropogenic and technogenic environmental pollution with heavy metals.

Keywords: heavy metals, forms of metals, OES-ISP method, total pollution index, geochemical association.

взято важкі метали усіх трьох класів небезпеки: I клас – дуже небезпечні (Cd, Pb, Ni), II клас – помірно небезпечні (Cr, Zn, Cu, Co), III клас – малонебезпечні – (Mn, Fe).

Оцінку внеску кожного важкого металу у загальне забруднення території наведено у таблиці 4.

Обстежену територію міста Києва умовно було поділено на 3 ділянки: паркова, сельбищна та транспортна, а Донецький регіон представлено окремими населеними пунктами: м. Маріуполь, с. Піс-

ки, м. Волноваха, м. Щастя, м. Павлопіль, м. Широкине станом на 2018 рік. В Івано-Франківській області коефіцієнти розраховували за спостереженнями 2019 року: м. Галич та заповідна зона с. Залуква. За коефіцієнтами забруднення (K_c), розрахованими для кожного елемента, які були вищими за фоновий вміст у ґрунтах (паркова зона), виявлено високі значення для Cr, Mn та Zn на Київщині. Сумарний показник забруднення характеризував транспортну зону як небезпечну.

Для аналізу концентрацій хімічних речовин у досліджуваних ґрунтах нами розраховано коефіцієнт концентрації хімічної сполуки (K_c) як співвідношення її реального вмісту у ґрунті та фонового рівня. Таким чином, еколого-гігієнічними дослідженнями ґрунту було виявлено різний характер розподілу металів у ґрунтах різних антропогенних ландшафтів м. Києва та його околиць. Найбільш забрудненою виявилася транспортна частина міста порівняно з фоновим вмістом ($Z_c=8,82$)

Таблиця 4

Коефіцієнти концентрацій хімічних речовин та сумарний показник забруднення металами ґрунтів різних населених місць

Місто	Коефіцієнт концентрації хімічної речовини (K_c)						Сумарний показник забруднення (Z_c)
	As	Cr	Cd	Mn	Pb	Zn	
м. Київ, паркова зона	1,09	0,01	0,28	0,03	0,03	0,45	1,89
м. Київ, сельбищна	1,43	0,74	0,09	0,21	0,35	1,54	4,36
м. Київ, транспортна	1,09	2,05	1,39	1,60	1,09	1,60	8,82
м. Маріуполь (Донецька обл.), околиці	2,06	5,65	1,61	3,63	1,55	2,90	17,40
м. Галич, сельбищна зона	1,49	0,89	1,19	1,01	1,34	1,31	7,23

для 6 елементів, які за особливостями біологічної дії належать до I та II класів небезпеки.

Для обраних локацій Донецької області (околиці м. Маріуполя) зазначені елементи склали помірно небезпечний рівень забруднення за величиною сумарного показника забруднення ($Z_c = 17,40$).

Для м. Галича ступінь сумарного забруднення ґрунтів становив 7,23 (порівняно з зоною відпочинку с. Залуква), що характеризує рівень забруднення як помірний, що зумовлене переважно впливом транспортних магістралей та частково ТЕС.

Проте для всебічного аналізу суміжних середовищ та виявлення пріоритетних маркерів впливу, як зазначають науковці [4, 5, 9, 20-23], слід враховувати характер багатоконпонентної взаємодії хімічних елементів.

За результатами проведеного моніторингу (табл. 5) встановлено, що метали у ґрунтах досліджуваних міст характеризувалися певними

закономірностями сумісної присутності. Для значної кількості металів взаємодія мала синергійний характер та була вірогідною, що може бути зумовленим здатністю іонів металів до утворення комплексних сполук у ґрунті [9, 11, 23]. Виявлено високий позитивний кореляційний зв'язок між парами елементів: Pb-Zn, Mn-Al, Ca-Al, Al-P, що свідчить про їхню синергійну дію.

Дослідження вмісту рухомих форм металів у ґрунтах на територіях, що перебувають під впливом техногенного забруднення, показали, що рухомість важких металів підвищується порівняно з фоновими ділянками. Це і є критерієм забруднення ґрунтів [3, 8, 11, 18].

Вміст фіксованої форми важких металів у ґрунтах зменшується у ряду $Cd > Mn > Ni > Zn > Pb$. У більшості випадків спостерігається збільшення рухомості важких металів на тлі підвищення валового вмісту їх у ґрунтах. Підвищене техногенне навантаження на ґрунт за рахунок виявлених позитивних асоціацій між ксенобіотиками є додатковим показником його забруднення та може негативно впливати на подальший розподіл і шляхи міграції ВМ.

Таким чином, проведені порівняльні дослідження показали, що об'єкти довкілля у містах Київ, Галич та окремих локаціях Донецької області

зазнають комплексного екологічного тиску через його антропогенне та техногенне забруднення. Сформовані ґрунтово-геохімічні аномалії мають поліелементний характер (переважно за рахунок хімічних елементів I та II класів небезпеки) та за своїм складом характеризуються кларковим розподілом за окремими елементами, що підтверджується і низкою наукових [1-3, 19-23] та моніторингових досліджень та пов'язано з особливостями промислових виробництв і метеорологічних ситуацій.

Висновки

1. Досліджено вміст і форми перебування важких металів у ґрунтах. Найбільш забрудненими є ґрунти Донецької області, м. Галича та транспортної зони м. Києва.

Серед проаналізованих хімічних елементів у ґрунтах урбанізованих територій особливу увагу привертає вміст Al, Mn та Cr, який виявився вищим за ГДК і фоновий рівень.

2. Порівняно з ГДК дещо забруднені Zn ґрунти Київської області у 2016 р., ґрунти Донецької області у 2018 р. були забруднені Cr, а ґрунти промислової зони м. Києва у 2019 р. мали перевищення вмісту Cd, Cr, Cu та Pb. Виявлені перевищення свідчать про локальний характер забруднення металами об'єктів довкілля.

3. Пріоритетними забруднювачами ґрунту на обстежених ділянках Галицького району (2019 р.) є As, Cd, Pb, Ni, сполуки яких належать до 1 класу небезпеки, та окремі локації з підвищеним вмістом Zn, сполуки якого належать до 2 класу небезпеки. Їхній вміст в окремих пробах значно перевищував фоновий рівень, а для деяких металів – також і рівень ГДК, що свідчить про техногенний характер забруднення.

4. Встановлено характерні техногенні геохімічні асоціації важких металів для досліджених територій: $Cu > Cr > Pb > Zn > Ni > Mn$.

Таблиця 5
Взаємозв'язок металів у ґрунтах

Бінарна система	Коефіцієнт кореляції, r	Бінарна система	Коефіцієнт кореляції, r
Pb-Cd	-0,15	Al-Zn	0,33
Pb-Zn	0,47	Ca-Al	0,99
Pb-Al	0,13	Al-P	0,95
Mn-Al	0,81	Mn-Mg	0,23
Pb-Cr	0,93	Cu-Fe	0,25
Mn-Pb	0,44	Mg-K	0,71
Mn-Al	0,81	Cr-Al	0,34
Mn-Zn	0,01	Cr-Mn	0,71

Примітка: показник значимості $p < 0,05$ для виділених пар металів.

СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ РАЗНЫХ ГОРОДСКИХ АГЛОМЕРАЦИЙ: МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ К МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ
Андрусишина И.У., Голуб И.А., Демченко В.Ф., Лампека Е.Г.
 ГУ «Институт медицины труда им. Ю.И. Кундиева НАМН Украины», г. Киев, Украина

Цель исследования: изучить региональные особенности загрязнения почв тяжелыми металлами и другими химическими элементами, дать их сравнительную эколого-гигиеническую оценку.

Материалы и методы исследования.

С помощью метода оптико-эмиссионной спектрометрии определено содержание 12 элементов в почвах городских агломераций: г. Киев (парковая, селитебная и транспортная зоны), Донецкая обл. (г. Мариуполь, с. Пески и др.) и окрестности г. Галича (Ивано-Франковская обл.). Исследовано валовое содержание тяжелых металлов в почвах, определены их подвижные формы, рассчитаны коэффициенты концентрации и показатель суммарного загрязнения почвенного покрова городских

агломераций, установлены характерные взаимосвязи между металлами и их техногенные геохимические ассоциации.

Результаты и их обсуждение. Среди проанализированных химических элементов в почвах урбанизированных территорий особое внимание привлекает высокое содержание Al, Mn и Cr, которое оказалось в ряде случаев выше ГДК и фонового уровня. Установлены характерные техногенные геохимические ассоциации тяжелых металлов для исследуемых территорий: $Cu > Cr > Pb > Zn > Ni > Mn$. Подвижность тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах увеличивается по сравнению с фоновыми уровнями.

Вывод. Сравнительная оценка загрязнения почв обследованных районов Киевской, Ивано-Франковской и Донецкой областей показала, что они испытывают комплексное экологическое давление вследствие антропогенного и техногенного загрязнения окружающей среды тяжелыми металлами.

Ключевые слова: тяжелые металлы, формы металлов, метод ОЭС-ИСП, суммарный показатель загрязнения, геохимическая ассоциация.

Рухомість важких металів у техногенно забруднених ґрунтах збільшується порівняно з фоновими ґрунтами, що призводить до інтенсивної міграції елементів до суміжних середовищ.

5. Встановлено, що рівень техногенного забруднення ґрунтів за кратністю перевищення ГДК характеризується як «допустимий», але за коефіцієнтом концентрації – як «небезпечний», що підтверджує техногенність їх походження.

Виявлене техногенне навантаження територій важкими металами, серед яких присутні метали з високим класом небезпеки (I та II клас для As, Cd, Pb, Ni), вимагає постійного контролю над компонентами навколишнього середовища, основними серед яких є атмосферне повітря, ґрунти, водоносні горизонти.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дмитрук Ю.М., Назаренко І.І., Тураш М.М., Назарок П.Г. Особливості вмісту та розподілу важких

металів у ґрунтах Горганів. *Ґрунтознавство*. 2005. Т. 6, № 1-2. С. 53-61.

2. Кармазиненко С.П., Кураєва І.В., Самчук А.І., Войтюк Ю.Ю., Манічев В.Й. Важкі метали у компонентах навколишнього середовища м. Мариуполя (еколого-геохімічні аспекти). К. : Інтерсервіс, 2014. 168 с.

3. Сердюк С.Н. Опыт зонирования почвенного покрова урбоэкосистемы по степени загрязнения тяжелыми металлами. *Ґрунтознавство*. 2004. Т. 5, № 1-2. С. 79-85.

4. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України. За ред. Е.Я. Жовинського, І.В. Кураєвої. К. : Альфа-реклама, 2012. 156 с.

5. Національна доповідь про стан навколишнього природного середовища в Україні у 2014 році. К. : Міністерство екології та природних ресурсів України, 2016. 350 с.

6. Некос В.Ю., Максименко Н.В., Владимірова О.Г.

Нормування антропогенного навантаження на навколишнє середовище: навчальний посібник. Харків : ХНУ ім. В.Н. Каразіна, 2005. 184 с.

7. Показатели на основе биомониторинга экспозиции к химическим загрязнителям. Отчет о совещании. Европейское региональное бюро ВОЗ. Катанья, Италия, 2012. 43 с.

8. Андрусишина І.М., Голуб І.О., Лампека О.Г. Еколого-гігієнічна оцінка навантаження довкілля важкими металами у системі сніг-вода-ґрунт. *Екологія та природокористування*. 2015. № 2 (18). С. 66-75. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebp_k_2015_2_10

9. Соколова О.Я., Стряпков А.В., Антимонов С.В., Соловых С.Ю. Влияние техногенного воздействия на содержание валовых и подвижных форм тяжелых металлов в почвах. *Вестник ОГУ*. 2006. № 2. С. 35-42. URL : <https://doi.org/10.25198/1814-6457>

10. Методические рекомендации по оценке степени загрязнения атмосферного воздуха населенных пунктов металлами по их содержанию в снежном покрове и почве : МР 1743-90. Москва : ИМГРЭ, 1990. 112 с.

11. Самохвалова В., Фатеев А., Лучникова Є. Еколого-геохімічна оцінка фонового рівня вмісту різних форм мікроелементів ґрунту. *Вісник Львівського університету. Серія : Біологічна*. 2011. Вип. 55. С. 125-133.

12. Якість ґрунту. Екстракція мікроелементів, розчинних у царській горілці : ДСТУ ISO 11466-2001.

13. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук міді у ґрунті у буферній амонійно-ацетатній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії : ДСТУ 4770.6:2007.

14. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук свинцю в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії : ДСТУ 7832:2015.

15. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук хрому в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії : ДСТУ 7851:2015.

16. Якість ґрунту. Визначення вмісту рухомих сполук нікелю в однонормальній солянокислій витяжці методом атомно-абсорбційної спектrophотометрії : ДСТУ 7852:2015.

17. Антомонов М.Ю. Математическая обработка и анализ медико-биологических данных. К., 2006. 558 с.

18. Фоновий вміст мікроелементів у ґрунтах України. За ред. А.І. Фатеева. Харків, 2003. 117 с.

19. Гігієнічні вимоги щодо поводження з промисловими відходами та визначення їхнього класу небезпеки для здоров'я населення : ДСанПіН 2.2.7.029-99.

20. Прибилова В.М. Оцінка впливу техногенного наван-

таження на геологічне середовище та особливості накопичення забруднювачів у зоні розміщення Зміївської ТЕС (Харківська область). *Вісник Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна. Сер. «Геологія – географія – екологія»*. 2013. № 1084. С. 237-243. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKhG_2013_1084_39_42

21. Воробьев А.Е., Сарбаев В.И., Дьяченко В.В., Шилкова О.С. Транспортные магистрали как источник загрязнения окружающей среды. М. : МГИУ, 2000. 52 с.

22. Ковальчук О.П., Снитинський В.В., Шкумбатюк Р.С. Моніторинг вмісту важких металів у ґрунтах територій, прилеглих до Добротвірської ТЕС. *Науковий вісник НЛТУ*. 2017. Т. 27, № 4. С. 87-90. URL : <https://doi.org/10.15421/40270419>

23. Самчук А.И., Кураева И.В., Войтюк Ю.Ю., Матвиенко А.В., Вовк К.В. Формы нахождения тяжелых металлов в техногенно загрязненных почвах городских агломераций. *Минералогический журнал*. 2016. Т. 38, № 4. С. 66-74. URL : <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.38.04.066>.

REFERENCES

1. Dmytruk Yu.M., Nazarenko I.I., Turash M.M. and Nazarok P.H. Osoblyvosti vmistu ta rozpodilu vazhkykh metaliv u gruntakh Gorganiv [Features of the Content and Distribution of Heavy Metals in Gorgan's Soils]. *Soil Science*. 2005 ; 6 (1-2) : 53-61 (in Ukrainian).

2. Karmazynenko S.P., Kuraieva I.V., Samchuk A.I., Voitiuk Yu.Yu. and Manichev V.Y. Vazhki metaly u komponentakh navkolyshnoho seredovyshcha m. Mariupol (ekoloho-heokhimichni aspekty) [Heavy Metals in the Components of the Environment of the City of Mariupol (Ecological and Geochemical Aspects)]. Kyiv : Interservis ; 2014 : 168 (in Ukrainian).

3. Serdiuk S.N. Opyt zonirovaniya pochvennogo

pokrova urboekosistemy po stepeni zagryazneniya tyazhelymi metallami [The Experience of Zoning of Soil of Urban Ecosystem with the Degree of Pollution with Heavy Metals]. *Soil Science*. 2004 ; 5 (1-2) : 79-85 (in Russian).

4. Zhovynskiy E.Ya. and Kuraieva I.V. (eds.). Ekoloho-heokhimichni doslidzhennia ob'ektiv dovkillia Ukrainy [Ecological and Geochemical Studies of the Environmental Objects of Ukraine]. Kyiv : Alfa-reklama ; 2012 : 156 p. (in Ukrainian).

5. Natsionalna dopovid pro stan navkolyshnoho pryrodnoho seredovyshcha v Ukraini u 2014 rotsi [National Report on the State of the Environment in Ukraine in 2014]. Kyiv : Ministry of Ecology and Natural Resources of Ukraine ; 2016 ; 350 p. (in Ukrainian).

6. Nekos V.Yu., Maksymenko N.V. and Vladymyrova O.H. Normuvannia antropohennoho navantazhennia na navkolyshnie seredovyshche: navchalnyi posibnyk [Standardization of Anthropogenic Load on the Environment: Manual]. Kharkiv ; 2005 : 184 p. (in Ukrainian).

7. WHO Regional Office for Europe. Pokazateli na osnove biomonitoringa ekspozitsii k khimicheskim zagryaznitelyam. Otchet o soveshchanii [Indicators Based on Biomonitoring of Exposure to Chemical Pollutants. Meeting Report]. Catania, Italy; 2012 : 43 p. (in Russian).

8. Andrusyshyna I.M., Holub I.O. and Lampeka O.H. Ekoloho-hihienichna otsinka navantazhennia dovkillia vazhkykh metalamy v systemi snih-voda-grunt [Ecological and Hygienic Assessment of the Environmental Load with Heavy Metals in Snow-Water-Soil System]. *Ekolohia ta pryrodokorystuvannia*. 2015 ; 2 (18) : 66-75. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/ebpk_2015_2_10 (in Ukrainian).

9. Sokolova O.Ya., Stryapkov A.V., Antimonov S.V. and Solovykh S.Yu. Vliyaniye tekhnogennogo vozdeystviya

na soderzhaniye valovykh i podvizhnykh form tyazhelykh metallov v pochvakh [Influence of Technogenic Effect on the Content of Gross and Mobile Forms of Heavy Metals in Soils]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2006; 2: 35-42. doi.10.25198/1814-6457 (in Russian).

10. Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke stepeni zagryazneniya atmosfernogo vozdukha naseleennykh punktov metallami po ikh soderzhaniyu v snezhnom pokrove i pochve : MR 1743-90 [Methodical Recommendations for the Assessment of the Degree of Air Pollution of the Settlements with Metals by their Content in the Snow Cover and Soil]. Moscow ; 1990 : 112 p. (in Russian).

11. Samokhvalova V., Fatieiev A. and Luchnykova Ye. Ekoloho-heokhimichna otsinka fonovoho rivnia vmistu riznykh form mikroelementiv gruntu [Ecological and Geochemical Assessment of Different Background Level of the Content of Different Forms of Soil Microelements]. *Visnyk Lvivskoho universytetu. Seriya : Biologichna*. 2011 ; 55 : 125-133 (in Ukrainian).

12. Yakist gruntu. Ekstraktsiia mikroelementiv, rozchynnykh u tsarskii horiltsi : DSTUI SO 11466-2001 [Soil Quality. Extraction of Nitrohydrochloric Acid Soluble Microelements : NSU ISO 11466-2001] (in Ukrainian).

13. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk midi v hruntii v bufernii amonino-atsetatnii vytyazhstsi z pH 4,8 metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii : DSTU 4770.6:2007 [Soil Quality. Determination of the Content of Mobile Copper Compounds in Soil in Buffer Ammonium Acetate Extract with pH of 4.8 by the Method of Atomic Absorption Spectrophotometry : NSU 4770.6: 2007] (in Ukrainian).

14. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu

rukhomykh spoluk svytsiu v odnonormalnii solianokyslii vytyazhstsi metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii : DSTU 7832:2015 [Soil Quality. Determination of the Content of Mobile Compounds of Lead in a Mononormal Hydrochloric Extract by the Method of Atomic Absorption Spectrophotometry : NSU 7832: 2015] (in Ukrainian).

15. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk khromu v odnonormalnii solianokyslii vytyazhstsi metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii : DSTU 7851:2015 [Soil Quality. Determination of the Content of Mobile Chromium Compounds in Mononormal Hydrochloric Acid Extract by the Method of Atomic Absorption Spectrophotometry : NSU 7851: 2015] (in Ukrainian).

16. Yakist gruntu. Vyznachennia vmistu rukhomykh spoluk nikeliu v odnonormalnii solianokyslii vytyazhstsi metodom atomno-absorbtsiinoi spektrofotometrii : DSTU 7852:2015 [Soil Quality. Determination of the Content of Mobile Nickel Compounds in Mononormal Hydrochloric Acid Extract by the Method of Atomic Absorption Spectrophotometry : NSU 7852: 2015] (in Ukrainian).

17. Antomonov M.Yu. Matematicheskaya obrabotka i analiz mediko-biologicheskikh dannykh [Mathematical Processing and Analysis of Medico-Biological Data]. Kiev; 2006 : 558 p. (in Russian).

18. Fatieieva A.I. (ed.). Fonovi vmist mikroelementiv u gruntakh Ukrainy [Background Content of Microelements in Soils of Ukraine]. Kharkiv ; 2003 : 117 p. (in Ukrainian).

19. Hihienichni vymohy shchodo povodzhennia z promyslovymy vidkhodamy ta vyznachennia yikh klasu nebezpeky dlia zdorovia naseleennia : DSANPiN 2.2.7.029-99 [Hygienic Requirements for Handling with Industrial Waste and Determination of their Hazard Class for Public

Health : NSANRN 2.2.7.029-99] (in Ukrainian).

20. Prybylova V.M. Otsinka vplyvu tekhnogennoho navantazhennia na heolohichne seredovyshche ta osoblyvosti nakopychennia zabrudniuvachiv v zoni rozmishchennia Zmiivskoi TES (Kharkivska oblast) [Assessment of the Impact of Man-Made Load on the Geological Environment and the Peculiarities of the Accumulation of Pollutants in the Area of Zmiiv TPP (Kharkiv Oblast)]. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho universytetu im. V.N. Karazina. Ser. Heolohia-heohrafiia-ekolohiia*. 2013 ; 1084 : 237-243. URL : http://nbuv.gov.ua/UJRN/VKHG_2013_1084_39_42 (in Ukrainian).

21. Vorobyev A.E., Sarbayev V.I., Diachenko V.V. and Shilkova O.S. Transportnyye magistrali kak istochnik zagryazneniya okruzhayushchey sredy [Highways as a Source of Environmental Pollution]. Moscow ; 2000 : 52 p. (in Russian).

22. Kovalchuk O.P., Snytynskyi V.V. and Shkumbatiuk R.S. Monitorynh vmistu vazhkykh metaliv u hruntakh terytorii, prylyhlykh do Dobrotvirovskoi TES [Monitoring of Heavy Metals Content in Soils of the Areas Adjoining Dobrotvir TPP]. In : *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy [The Scientific Bulletin of UNFU]*. 2017 ; 27 (4) : 87-90. URL : <https://doi.org/10.15421/40270419> (in Ukrainian).

23. Samchuk A.I., Kurayeva I.V., Voytyuk Yu.Yu., Matviyenko A.V. and Vovk K.V. Formy nakhozhdennia tyazhelykh metallov v tekhnogennozagryaznennykh pochvakh gorodskikh aglomeratsiy [The Forms of Heavy Metals in Technogenically Polluted Soils of Urban Agglomerations]. *Mineralohichnyi zhurnal*. 2016 ; 38 (4) : 66-74. URL : <https://doi.org/10.15407/mineraljournal.38.04.066> (in Russian).

Надійшло до редакції 02.07.2020