

ФОРМИ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ЗОН ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ м. КИЇВ

А.І. Самчук, К.В. Вовк, О.Р. Акімова

*Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України
просп. акад. Палладіна, 34, м. Київ, 03680, Україна*

Досліджено форми знаходження важких металів у ґрунтах м. Київ. Виявлено, що найбільша частка металів концентрується в органічній формі (34–44 %, в парковій зоні – до 52 %). Простежено збільшення частки органічних форм і зменшення вмісту обмінних у лісопарковій зоні порівняно з ґрунтами зі значним техногенним навантаженням. Досліджено рухомість Cu, Pb, Zn, Ni, яка для техногенних ґрунтів становить 10–18 %, для ґрунтів лісопаркових зон – 6–12 %. Визначено, що найкращі захисні властивості мають ґрунти лісопаркових зон.

Ключові слова: форми знаходження важких металів, метод постадійних витяжок, мобільність важких металів, Київ.

Вступ. Стан навколишнього природного середовища є одним із найголовніших факторів, що визначають життєдіяльність людини і суспільства, тому проблеми забруднення довкілля виходять на перший план. Серед низки забруднювачів одними з пріоритетних вважають важкі метали, більшість яких є високотоксичними і мають канцерогенні властивості.

Особливої уваги потребує дослідження стану навколишнього середовища у великих містах. У них концентруються об'єкти промисловості, енергетики, автотранспорт, накопичується велика кількість побутових та промислових відходів, що негативно впливають на довкілля і, як наслідок, на здоров'я населення. Геохімія промислових центрів, поряд з природними умовами, визначена також впливом техногенних викидів і відходів, що містять велику кількість небезпечних елементів-забруднювачів, які потрапляють в атмосферу, ґрунти, води та живі організми.

Серед компонентів міських ландшафтів особливе місце належить ґрунту: у ньому відбувається активне накопичення і перерозподіл в інші середовища (повітря, поверхневі і підземні води, рослинність) забруднювальних речовин.

Негативний вплив на міське середовище досяг рівня, за якого відбуваються істотні перетворення природних компонентів і зміна їх хімічного складу: поява геохімічних аномалій, виникнення антропогенних типів ґрунтів, у яких порушені кислотність та промивний режим, що в свою чергу веде до накопичення забруднювачів у верхніх горизонтах. Багато міст за інтенсивністю і площею забруднення токсичними речовинами різних природних середовищ зараз представляють собою техногенні геохімічні аномалії [3].

Літературні дані свідчать, що більшість важких металів техногенного походження потрапляють у ґрунти у вигляді оксидів. Там вони трансформуються, переходять у розчинні форми, або зв'язуються компонентами ґрунту (утворюють комплекси з гумусовими кислотами, адсорбовані комплекси на гідроксидах заліза, мангану, карбонатних і глинистих дисперсних мінералах). Закономірності міграції важких металів у ґрунтах, їх потрапляння в трофічні ланцюги, визначені не тільки їх концентрацією, а і формами знаходження. Тому визначення форм знаходження важких металів у ґрунтах є актуальною і важливою частиною еколого-геохімічних досліджень.

Останнім часом в екологічній геохімії все більше уваги приділяється вивченню розподілу і

міграції мобільних (рухомих) форм важких металів техногенного походження в ґрунтах. Мобільними вважають ті форми металів, які легко переходять у різні витяжки. Найчастіше це сполуки, які розчиняються у воді, слабких кислотах і буферних розчинах.

Мета дослідження. Вивчення форм знаходження важких металів у ґрунтах Києва та визначення їх рухомості, оцінка небезпечності забруднення території.

Об'єкти і методи дослідження. Дослідження проведено в межах м. Київ у зонах екологічного ризику: навколо підприємств хімічної промисловості (завод "Радикал", Борщагівський хім.-фарм. завод), енергетики (Дарницька ТЕЦ, завод "Енергія"), автовокзалів (Центральний автовокзал, автостанції Південна та Західна) та головних автомагістралей міста (проспекти Бажана, Броварський, Перемоги, 40-річчя Жовтня, Кільцева дорога, Столичне шосе та ін.); а також у лісопаркових зонах на значній відстані від підприємств та транспорту (Парк Партизанської слави, Голосіївський ліс). Ґрунти останніх обрані в якості фонових для лівобережної та правобережної частин Києва відповідно. Проби відібрано з верхньої частини гумусового горизонту (0–10 см) методом конверту згідно з ДСТУ 4287:2004.

Парк Партизанської слави розташований на східній околиці міста в Дарницькому районі. Ґрунтовий покрив представлений дерновими слабко- та середньо-підзолистими піщаними і супіщаними відмінами. Голосіївський ліс знаходиться у південній правобережній частині міста; ґрунти – сірі і дернові легкосуглинкові й супіщані.

У даній роботі представлені результати дослідження вмісту та форм знаходження міді, свинцю, цинку, нікелю у ґрунтах, які підлягають значному техногенному навантаженню (в зонах впливу промислових підприємств, автомобільно-

го транспорту) та лісопаркових зонах, а також ртуті і кадмію у ґрунтах території колишнього заводу хімікатів "Радикал".

Для визначення форм знаходження важких металів у ґрунтах різними дослідниками запропонована значна кількість методик [2, 4, 5, 9]. У нашій роботі використаний метод постадійних витяжок, розроблений А.І. Самчуком зі співавторами та детально описаний в роботі [5]. Розділення проводилося за схемою, представленою в табл. 1, у якій вказані також використані екстрагенти та умови проведення відповідних реакцій.

Повітряно-сухий ґрунт, пропущений через сито з отворами 1 мм, поміщали в конічну колбу об'ємом 250 см³ з екстрагентом, підігрівали, струшували на електромеханічному вібраторі впродовж 8 годин і через 24 години відфільтровували розчин крізь синій фільтр. Нерозчинний залишок підсушували, поміщали в реакційну колбу та додавали до неї наступний екстрагент. Подальші реакції проводилися за аналогічною схемою. Вміст важких металів у фільтратах визначено на атомно-абсорбційному спектрофотометрі Сатурн-3 у лабораторії Інституту колоїдної хімії та хімії води ім. А.В. Думанського НАН України.

Результати та обговорення. Київ належить до мегаполісів, де всі компоненти природного середовища значно змінені. Природний ґрунтовий покрив на більшості території міста перетворений внаслідок діяльності людини. У результаті на багатьох ділянках підзолисті ґрунти змінені дерновими, піщані дерново-підзолисті втратили гумусний горизонт і перетворилися на піщані, а на засаджених деревами піщаних відкладах сформувався шар ґрунту. Внаслідок антропогенного впливу відбувається нівелювання властивостей первинно різноманітних природних ґрунтів. Значні площі зайняті привозними ґрунтами, ґрунтами з сумішшю побутового і будівельного сміття. Ґрунтовий покрив Києва має головним чином піщаний і глинисто-піщаний механічний склад.

Загалом, ґрунти представляють собою унікальне середовище, здатне поглинати і утримувати у собі важкі метали, що потрапляють у довкілля внаслідок діяльності людини. Ця властивість – сорбційна здатність ґрунтів – залежить головним чином від їх фізико-хімічних параметрів.

Фізико-хімічна характеристика ґрунтів досліджуваних територій наведена в табл. 2. Вміст органічного вуглецю в цих ґрунтах змінюється від 0,86 до 5,13 %. Найменші значення спостерігаються для ґрунтів зони впливу заводу "Енергія". Вони мають

Таблиця 1. Схема розділення форм важких металів

Назва форми	Екстрагент
Водорозчинна	H ₂ O + 20 % C ₂ H ₅ OH
Йоннообмінна	1 М CH ₃ COONH ₄ , рН – 4,8
Зв'язана з карбонатами	1 М CH ₃ COOH
Зв'язана з гідроксидами Fe, Mn	0,04 HCl + 20 % CH ₃ COOH (95 °C)
Зв'язана з органічною речовиною	1 М HNO ₃ + H ₂ O ₂ (90 °C)
Важкорозчинна	HF + HClO ₄ (3 : 1)

Таблиця 2. Фізико-хімічні властивості ґрунтів м. Київ

Досліджувані об'єкти	C _{орг} , %	Обмінні катіони, мг-екв/100 г					
		H ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Σ
Автомагістралі (25)	2,52 ± 1,10	6,20 ± 0,35	8,20 ± 3,05	1,90 ± 0,39	0,21 ± 0,20	0,40 ± 0,02	11,5
ТЕЦ (10)	1,69 ± 0,70	2,86 ± 0,84	9,60 ± 3,40	0,55 ± 0,41	0,16 ± 0,08	0,06 ± 0,02	13,26
З-д "Енергія" (15)	0,86 ± 0,15	3,03 ± 1,33	6,19 ± 1,52	1,46 ± 1,02	0,17 ± 0,05	0,20 ± 0,13	10,55
З-д "Радикал" (15)	3,65 ± 1,00	5,4 ± 1,26	9,10 ± 2,44	1,10 ± 0,08	0,16 ± 0,09	0,42 ± 0,11	14,2
Боршагівський хім-фарм з-д (9)	1,38 ± 0,30	0,47 ± 0,26	7,64 ± 0,89	1,01 ± 0,11	0,35 ± 0,21	0,12 ± 0,02	9,58
Лісопаркова зона (16)	5,13 ± 0,07	8,51 ± 3,87	16,22 ± 6,57	0,31 ± 0,27	0,3 ± 0,13	0,1 ± 0,05	25,44

Примітка: тут і в табл. 3 в дужках вказана кількість проб.

піщаний склад, що сприяє процесам розмиву та проникнення в нижні горизонти профілю утворених на поверхні речовин. У межах лісопаркових зон зафіксовано найвищі значення; тут відбувається процес накопичення органічної речовини через утворення шару лісової підстилки. Як правило, чим вищий вміст органічного вуглецю, тим більша ємність катіонного обміну, яка для ґрунтів техногенних об'єктів коливається в межах 10,20–13,26 мг-екв/100 г ґрунту, лісопаркової зони – 16,95–31,4 мг-екв/100 г з переважанням обмінного кальцію. За даними [6], ця величина для ґрунтів Києва, не підданих інтенсивному техногенному навантаженню, становить 20,4–27,1 мг-екв/100 г ґрунту. Тобто для техногенних ґрунтів спостерігається значне зменшення (удвічі та більше) кількості обмінних катіонів. Це, в свою чергу, знижує можливість утворення фіксованих форм металів, зменшує буферність і захисні властивості ґрунтів.

Однією з важливих для оцінки небезпечності забруднення характеристик ґрунту є його буферність. Під цим терміном розуміють здатність ґрунтів підтримувати і відновлювати екологічну рівновагу в системі ґрунт–розчин [6]. Вона відображає здатність ґрунтів протистояти зміні властивостей і складу під впливом хімічних речовин природного чи антропогенного походження.

Мірою буферної чи захисної здатності ґрунтів до важких металів співвідношення їхньої сорбційної ємності (ємності катіонного обміну, що визначається як сума обмінних катіонів ґрунту), до кількості важкого металу (C_с/[Me]) [1]. Відомо, що обмінні катіони мобілізують захисні властивості ґрунтів, підвищуючи їхню здатність до поглинання металів. Ґрунт зі значною сорбційною

ємністю поглинає більшу кількість важких металів, знижуючи їх доступність для рослин. Чим вищий показник C_с/[Me], тим більшу кількість елемента здатен утримувати ґрунт (табл. 3). Ґрунти лісопаркових зон мають вищі захисні властивості, порівняно з техногенними об'єктами. Це можна пояснити їх меншою деградованістю внаслідок діяльності людини.

Загальна забрудненість ґрунтів визначається валовою кількістю важкого металу. Доступними для рослин є лише рухомі форми та форми, що можуть легко переходити в рухомі за підкислення ґрунтів, наприклад, під час кислотних дощів.

Мікроелементи в ґрунтах знаходяться в таких формах: легкообмінні йони, колоїдні частки, комплекси з гумусовими кислотами, адсорбовані комплекси на гідроксидах заліза, марганцю, карбонатах і глинистих дисперсних мінералах, а також ізоморфні домішки [5]. Під час дослідження за допомогою методу послідовних екстракцій виділено такі форми знаходження важких металів у ґрунтах:

Таблиця 3. Середня буферна здатність ґрунтів м. Київ до важких металів

Техногенні об'єкти	Cu	Pb	Zn	Ni
Дарницька ТЕЦ (10)	0,15	0,2	0,1	0,8
Завод "Енергія" (15)	0,1	0,62	0,09	0,21
Автомагістралі (25)	0,14	0,13	0,16	0,58
Лісопаркова зона (16)	0,64	0,64	8,48	2,54

Таблиця 4. **Форми знаходження важких металів у ґрунтах м. Київ**

ВМ	Валовий вміст (середнє значення), мг/кг	Концентрація форми знаходження металу, мг/кг					
		Водорозчинна	Йонно-обмінна	Зв'язана з карбонатами	Зв'язана з оксидами Fe, Mn	Зв'язана з органічною речовиною	Важкорозчинна
Завод Радикал (15 проб)							
Cu	122	0,036 (0,03)	19,52 (16)	4,88 (4)	24,4 (20)	46,36 (38)	26,84 (22)
Pb	145	0,043 (0,03)	20,3 (14)	4,35 (3)	31,9 (22)	52,2 (36)	36,25 (25)
Zn	116	0,012 (0,01)	18,56 (16)	6,96 (6)	23,2 (20)	44,08 (38)	23,2 (20)
Ni	19	0,01 (0,05)	1,9 (10)	1,52 (8)	4,56 (24)	7,22 (38)	3,8 (20)
Hg	117	0,023 (0,02)	18,72 (16)	9,36 (8)	30,42 (26)	46,8 (40)	11,7 (10)
Cd	0.58	0,0003 (0,06)	0,104 (18)	0,035 (6)	0,151 (26)	0,22 (38)	0,104 (18)
Завод Енергія (15 проб)							
Cu	158	0,032 (0,02)	28,44 (18)	4,74 (3)	41,08 (26)	56,88 (36)	26,86 (17)
Pb	67	0,013 (0,02)	6,7 (10)	2,68 (4)	14,74 (22)	24,12 (36)	18,76 (28)
Zn	172	0,017 (0,01)	20,64 (12)	10,32 (6)	37,84 (22)	65,36 (38)	37,84 (22)
Ni	54	0,011 (0,02)	4,32 (8)	3,24 (6)	12,96 (24)	21,6 (40)	11,88 (22)
Дарницька ТЕЦ (10 проб)							
Cu	110	0,055 (0,05)	9,9 (9)	4,4 (4)	28,6 (26)	39,6 (36)	27,5 (25)
Pb	64	0,019 (0,03)	6,4 (10)	3,84 (6)	14,08 (22)	21,76 (34)	17,92 (28)
Zn	350	0,035 (0,01)	42 (12)	28 (8)	80,5 (23)	126 (36)	73,5 (21)
Ni	32	0,01 (0,03)	1,92 (6)	2,56 (8)	7,68 (24)	12,16 (38)	7,68 (24)
Завод Арсенал (6 проб)							
Cu	40	0,008 (0,02)	6,4 (16)	1,6 (4)	10,4 (26)	14,4 (36)	7,2 (18)
Pb	10	0,006 (0,06)	1,4 (14)	0,6 (6)	2,8 (28)	3,4 (34)	1,8 (18)
Zn	50	0,015 (0,03)	8 (16)	2,5 (5)	14 (28)	16 (32)	9,5 (19)
Ni	20	0,004 (0,02)	3,4 (17)	1,2 (6)	4,8 (24)	7,2 (36)	3,4 (17)
Борщагівський хім.-фарм завод (9 проб)							
Cu	50	0,005 (0,01)	5,5 (11)	4 (8)	9 (18)	23 (46)	8,5 (17)
Pb	177	0,053 (0,03)	17,7 (10)	7,08 (4)	31,86 (18)	67,26 (38)	53,1 (30)
Zn	217	0,022 (0,01)	26,04 (12)	13,02 (6)	47,74 (22)	91,14 (42)	39,06 (18)
Ni	37	0,004 (0,01)	2,22 (6)	2,22 (6)	8,88 (24)	16,28 (44)	7,4 (20)
Автовокзали (10 проб)							
Cu	54	0,011 (0,02)	8,64 (16)	2,16 (4)	11,88 (22)	21,6 (40)	9,72 (18)
Pb	54	0,038 (0,07)	6,48 (12)	1,62 (3)	11,34 (21)	19,44 (36)	15,12 (28)
Zn	350	0,21 (0,06)	52,5 (15)	21 (6)	91 (26)	140 (40)	45,5 (13)
Ni	33	0,013 (0,04)	3,63 (11)	1,98 (6)	7,92 (24)	13,86 (42)	5,61 (17)
Автошляхи Києва (25 проб)							
Cu	173	0,104 (0,06)	24,22 (14)	5,19 (3)	34,6 (20)	62,28 (36)	46,71 (27)
Pb	88	0,026 (0,03)	10,56 (12)	2,64 (3)	15,84 (18)	29,92 (34)	29,04 (33)
Zn	267	0,16 (0,06)	40,05 (15)	16,02 (6)	53,4 (20)	106,8 (40)	50,73 (19)
Ni	30	0,003 (0,01)	3,3 (11)	2,1 (7)	5,4 (18)	11,4 (38)	7,8 (26)
Лісопаркова зона (16 проб)							
Cu	40	0,004 (0,01)	4 (10)	2 (5)	6,4 (16)	19,2 (48)	7,6 (19)
Pb	40	0,012 (0,03)	3,6 (9)	1,6 (4)	7,6 (19)	20,8 (52)	6,4 (16)
Zn	3	0,0003 (0,01)	0,36 (12)	0,15 (5)	0,6 (20)	1,44 (48)	0,45 (15)
Ni	10	0,002 (0,02)	0,6 (6)	0,6 (6)	2,3 (23)	4,6 (46)	1,9 (19)

Примітка: у дужках зазначено відсоток від валового вмісту металу.

- водорозчинна форма – сполуки, що екстрагуються з ґрунтів водою;
- обмінна форма, представлена неміцно адсорбованими формами ВМ, зв'язаними з гідроксидами заліза, мангану, алюмінію, кремнію, органічною речовиною, глинистими мінералами;

- карбонатна форма, яка об'єднує сорбовані карбонатами важкі метали й ізоморфні домішки;
- сорбована на аморфних гідроксидах – сукупність форм металів, які утворюють поверхневі комплекси, що переходять у розчин в результаті руйнування гідроксидів заліза і мангану;

- зв'язана з органічною речовиною, представлена міцними металоорганічними комплексами;
- залишкова важкорозчинна форма, яка об'єднує метали, що входять у кристалічні ґратки породоутворювальних і акцесорних мінералів.

Результати дослідження форм знаходження важких металів у ґрунтах Києва з різним техногенним навантаженням наведені в табл. 4. Валову концентрацію визначено як суму вмісту всіх зафіксованих форм знаходження елементу.

Як видно з наведених даних, вміст важких металів у техногенно забруднених ґрунтах істотно перевищує фонові значення. Головним елементом-забруднювачем території заводу "Радикал" є ртуть, концентрація якої в тисячі разів перевищує значення в лісопаркових зонах. Також на його території спостерігається значне підвищення вмісту свинцю (в середньому в 12 разів) та кадмію (в 19 разів). Для автострад та автовокзалів характерне забруднення свинцем і цинком, для заводу "Енергія" – міддю та свинцем, ґрунтам ТЕЦ властива значна концентрація цинку (350 мг/кг) і міді (110 мг/кг).

Побудовані ряди зменшення інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами (у дужках вказані коефіцієнти концентрацій відносно фону, розраховані за формулою, наведеною в [8]):

завод "Радикал": Hg (366) > Cd (19) > Pb (12) > Cu (6,4) > Zn (2,6) > Ni (1,7);

сміттеспалювальний завод "Енергія": – Cu (8,3) > Pb (5,6) > Ni (4,9) > Zn (4);

Дарницька ТЕЦ: Zn (8) > Cu (5,8) > Pb (5,3) > Ni (2,9);

завод "Арсенал": Cu (2,1) > Ni (1,8) > Zn (1,16) > Pb (0,8);

автошляхи: Zn (8) > Pb (4,5) > Ni (3) > Cu (2,8).

Найбільша частка металів досліджуваних територій концентрується в органічній формі (34–44 %, в парковій зоні навіть більше – до 52 %). Це пояснюється утворенням стійких комплексів важких металів з органічною речовиною. Проби відібрано з верхнього гумусного горизонту ґрунтів, де вміст органічної речовини максимальний. З гуміновими кислотами утворюються розчинні та малорухомі в кислому середовищі комплекси.

Вміст важких металів, сорбованих оксидами і гідроксидами Fe і Mn коливається в межах 18–28 % від загального вмісту. На важкорозчинну форму припадає 16–33 % загального вмісту. Максимальні значення спостерігаються для Pb – 25–33 %. У цю групу потрапляють метали, які фіксуються в кристалічній ґратці та можуть бути вилучені лише шляхом руйнування мінералу.

Тобто їхня мобільність залежить від стійкості в гіпергенних умовах мінералів-утримувачів.

Йоннообмінна форма складає 6–18 % загального вмісту. Найменші значення (6–12 %) спостерігаються у лісопарковій зоні. Метали в цій формі активно поглинаються рослинами та можуть легко потрапляти до ґрунтових вод завдяки механізму йонного обміну. На досліджуваних ділянках присутність Cu і Zn в цій формі більше, ніж Pb і Ni. За літературними даними, для незабруднених ґрунтів вміст металів у цій фракції становить 2–7 % [7].

На сорбовані карбонатами йони важких металів припадає 3–8 % загального вмісту.

Найбільш рухомою і доступною для рослин частиною сполук важких металів у ґрунтах є їх водорозчинні форми, тобто кількість іонів металів, що надійшли в ґрунтовий розчин. Стан рівноваги в системі тверда фаза–розчин визначає сорбційні процеси, характер і направленість яких залежать від властивостей і складу ґрунту. Вміст цієї фракції найменший (0,01–0,07 %).

З точки зору еколого-геохімічних досліджень цікавим є визначення вмісту і розподілу рухомих форм мікроелементів, оскільки вони здатні поглинатися рослинами та потрапляти до ґрунтових та підземних вод. Вміст рухомих форм важких металів визначено як суму значень концентрацій металів водорозчинної та обмінної форм. Таким чином рухомість обраховано як співвідношення суми цих фракцій до загального вмісту. Отримані результати дозволили скласти ряди рухомості важких металів для ґрунтів м. Київ:

завод "Радикал": Cd (18) > Hg = Zn = Cu (16) > Pb (14) > Ni (10);

сміттеспалювальний завод "Енергія": Cu (18) > Zn (12) > Pb (10) > Ni (8);

Дарницька ТЕЦ: Zn (12) > Pb (10) > Cu (9) > Ni (6);

завод "Арсенал": Ni (17) > Zn = Cu (16) > Pb (14);

автошляхи: Cu (16) > Zn (15) > Pb (12) > Ni (11);

парк Партизанської слави: Zn (12) > Cu (10) > Pb (9) > Ni (6).

Як видно з наведених даних, ряди концентрацій важких металів відрізняються від рядів їх рухомості. Це пов'язано з різницею властивостей елементів, їх здатністю до утворення стійких комплексів, розчинністю.

Розрахована рухомість Cu, Pb, Zn, Ni для техногенних ґрунтів становить 10–18 %, для лісопаркових зон – 6–12 %. Нікель і свинець мають меншу рухомість, ніж мідь і цинк. У більшості випад-

ків спостерігається зростання рухомості важких металів за підвищення їх валового вмісту у ґрунтах.

Висновки. Вивчено вміст і форми знаходження Zn, Cu, Pb, Ni, Hg, Cd у ґрунтах Київського мегаполісу. Встановлено, що у ґрунтах територій, де розташовані техногенні об'єкти, форми знаходження важких металів становлять, %: йоннообмінні – 8–18; поглинуті органічною речовиною – 32–36; сорбовані на гідроксидах – 20–28. В лісопарковій зоні збільшується вміст форм, зв'язаних з гумусовими кислотами – 46–52 % і зменшується частка обмінних форм важких металів – 6–12 %.

Побудовано ряди інтенсивності забруднення і рухомості важких металів у ґрунтах з різним техногенним навантаженням. Встановлено, що ряди інтенсивності забруднення важких металів у більшості випадків не співпадають з рядами їх рухомості, що залежить від властивостей елементів та фізико-хімічних характеристик ґрунтів. Рухомість Cu, Pb, Zn, Ni для техногенних ґрунтів становить 10–18 %, для лісопаркових зон – 6–12 %. Зі збільшенням загального забруднення ґрунтів спостерігається збільшення рухомості важких металів, а отже і їх доступності для рослин.

Література

1. Евдокимова Т.А., Мозгова Н.П., Агеева Т.А. Миграция и трансформация соединений меди и никеля и их влияние на физико-химические свойства почвы // Труды V Всесоюзного совещания по исследованию миграции загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – 1989. – С. 278–284.
2. Зырин Н.Г. Содержание и формы микроэлементов в почвах. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. – 487 с.
3. Касимов Н.С., Перельман А.И. Проблемы и опыт регионального эколого-геохимического анализа ландшафтов // Географическое прогнозирование и охрана природы. – М.: Изд-во МГУ, 1990
4. Кузнецов В.А., Шимко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. – Минск: Наука и техника, 1990. – 65 с.
5. Самчук А.И., Бондаренко Г.Н., Долин В.В. и др. Физико-химические условия образования мобильных форм токсичных металлов в почвах // Минерал. журн. – 1998. – 20, № 2. – С. 48–59.
6. Самчук А.І., Кураєва І.В., Єгоров О.С. та ін. Важкі метали в ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу – К.: Наук. думка, 2006. – 108 с.
7. Самчук А.И., Маничев В.И., Кураева И.В. и др. Формы нахождения тяжелых металлов в почвах техногенно загрязненных территорий на примере Артемовского и Днепропетровского металлургических комбинатов // Поисковая и экологическая геохимия. – 2004. – № 4. – С. 11–14.
8. Саєт Ю.Е., Рєвич Б.А., Янин Е.П. и др. Геохимия окружающей среды. – М.: Недра, 1990. – 325 с.
9. Shuman L.M. Fractionation method for soil microelements // Soil. Sci. – 1985. – № 140. – P. 11–22.

Samchuk A., Vovk K., Akimova O.

Forms of finding of heavy metals in zones of ecological risk of Kyiv region

Authors of this article investigate the forms of heavy metals in soils of Kyiv. Concentration of water-soluble, the ion-exchange, carbonate, coupled with hydroxides, organic and the hard soluble forms of heavy metals was defined by method of step-by-step extracts. Authors revealed that the largest proportion of metals studied areas concentrated in the organic form (34–44 %, increase to 52 % in park area). In the areas of anthropogenic load the ion-exchange forms of heavy metals shape up 8–18%; organic forms – 32–36 %; adsorbed on hydroxide – 20–28 %. In the forest area the proportion of organic forms increases and the proportion of the ion-exchange forms decreases. This article show that mobility of Cu, Pb, Zn, Ni is 10–18 % for technogenic soils and 6–12 % for forest-park zones. In the study major soil pollutants of Kyiv are defined. They are mercury, lead, cadmium for Radikal plant; copper, lead for Energy plant; zinc, copper for thermal power plants and lead, zinc for highways. Authors also made ranks of concentration and ranks of mobility of heavy metals. It is established that the ranks of concentration of heavy metal in most cases do not coincide with ranks of mobility, depending on the properties of elements and physical and chemical characteristics of soils. The influence of physical and chemical properties of soils on accumulation of heavy metals is investigated. Authors established the content of organic substance and sorption capacity of the studied soils. Technogenic soils have 0.86–3.65 % of organic substance and 9.58–14.20 mg/equi on 100 g of soil of cation-exchange capacity. The soils of forest-parks zones have 5.13 % and 25.44 mg/equi on 100 g of soil respectively. Authors determined that the best protective properties have soils of the forest park zones which less affected by human activity.

Key words: forms of finding of heavy metals, method of step-by-step extracts, mobility of heavy metals, Kyiv.

Самчук А.И., Вовк Е.В., Акімова О.Р.

Формы нахождения тяжелых металлов в зонах экологического риска города Киева.

Исследованы формы нахождения тяжелых металлов в почвах г. Киев. Определено, что наибольшее количество металлов исследуемых территорий концентрируются в органической форме (34–44 %, в парковой зоне возрастает до 52 %). Авторами прослежено увеличение содержания органических форм тяжелых металлов и уменьшение обменных в лесопарковых зонах по сравнению с почвами, подверженными значительным техногенным нагрузкам. Исследована подвижность Cu, Pb, Zn, Ni, составляющая для техногенных почв 10–18 %, для почв лесопарковых зон – 6–12 %. Определено, что почвы лесопарковых зон обладают лучшими защитными свойствами.

Ключевые слова: формы нахождения тяжелых металлов, метод стадийных вытяжек, мобильность тяжелых металлов, Киев.

Надійшла 29.04.2015.