

УДК 550.46:546.7(477)

Т.В. ОГАР, А.І. САМЧУК, І.В. КУРАЄВА, О.П. КРАСЮК, В.О. СТАДНИК, К.С. ЗЛОБИНА

ЕКОЛОГО-АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ФОРМ ЗНАХОДЖЕННЯ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ УКРАЇНСЬКОГО ПОЛІССЯ

Проведене систематичне дослідження форм знаходження *Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Co, Mo, Cr, Be* у різних типах ґрунтів. За отриманими результатами укладені ряди рухомості та концентрації мікроелементів у різних типах ґрунтів Українського Полісся.

ВСТУП

Для оцінки екологічного стану навколишнього середовища, розробки геохімічних критеріїв стійкості, а також реабілітації техногенних ландшафтів особливе значення має визначення ступеня рухомості та форм знаходження (ФЗ) важких металів у екосистемі ґрунт - розчин - рослина [1]. Вчення про ФЗ хімічних елементів було засновано в працях фундаторів геохімії В.І. Вернадським, А.Є. Ферсманом і одержало широкий розвиток в дослідженнях О.П. Виноградова, Є.М. Кватковського, А.І. Перельмана, А.А. Саукова, В.Н. Щербини, К.М. Лукашева, В.К. Лукашева, Е.В. Соботовича, Б.Ф. Міцкевича, Е.Я. Жовинського. Визначення рухомих форм важких металів - пріоритетних забруднювачів - дає змогу більш об'єктивно оцінити стан навколишнього середовища, ніж за результатами визначення валового вмісту.

Мета роботи - вивчення ФЗ важких металів у природних і техногенно змінених ґрунтах Українського Полісся.

Об'єкти і методи досліджень. Проведено дослідження ФЗ важких металів за допомогою методу постадійних витяжок [2] та визначення металів методом атомної абсорбційної спектроскопії на спектрометрі Сатурн-III [3].

Для дослідження відібрані ґрунти в чотирьох найбільш поширених видах геохімічних ландшафтів Українського Полісся.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ОБГОВОРЕННЯ

До властивостей ґрунтів, що значною мірою впливають на міграцію та акумуляцію токсичних елементів, належать: сорбційна ємність, буферність, рН та фільтраційна здатність. Здатність ґрунту поглинати мікроелементи та утворювати мобільні форми залежить головним чином від ґрунтового поглинаючого комплексу (ГПК), головна функція якого - участь у реакції обміну та комплексоутворення за допомогою активних форм K^+ , Na^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , H^+ , а також гумінової та фульвової кислот. Однією з інтегральних характеристик ґрунтів є буферність, як критерій для якісної еколого-геохімічної оцінки захисних властивостей ґрунтів.

У лугових ландшафтах переважає дерново-луговий та лугово-болотний тип ґрунтів, рідше зустрічається торфво-болотний. Максимальна сорбційна ємність ГПК характерна для торфво-глеєвих, дерново-лугових ґрунтів та чорноземів (40-80 мг-екв/100 г).

Ґрунти лісових ландшафтів переважно дерново-підзолисті, піщані та супіщані слабогумусовані, потужність - від 13 до 22 см. Встановлено, що середнє значення сорбційної ємності для лісових ґрунтів складає 20 мг-екв/100 г, з глибиною воно різко зменшується.

Ґрунти антропогенних ландшафтів охоплюють сільськогосподарські угіддя і приурочені до морено-льодовикових рівнин, надпоймених терас та річкових пойм. Вони відрізняються строкатим забарвленням, але переважно сірого і темно-сірого кольору.

Мікроелементи в ґрунтах різних ландшафтно-геохімічних зон присутні у таких формах: легкообмінні іони, колоїдні частинки, комплекси з гумусовими кислотами, адсорбовані комплекси на гідроксидах заліза, марганцю, карбонатах та глинистих дисперсних мінералах, ізоморфні домішки.

ФЗ токсичних елементів у ґрунтах вивчали за результатами дослідження методом постадійного розчинення або витяжок (рис. 1).

У дерново-підзолистих ґрунтах доля обмінних форм *Zn* та *Cu* складають - 10-14 %; *Pb, Cr, Ni* - 3-6 %; мікроелементів, адсорбованих на гідроксидах *Fe* та *Mn* - 6-10 %; органічних або зв'язаних з гумусовими кислотами - 34-98 %; важкорозчинних - 35-49; водорозчинних - 0,02-0,1 % (таблиця).

У лугових чорноземах та торфових ґрунтах, у порівнянні з дерново-підзолистими піщаними, зростає частка форм, пов'язаних з гумусовими кислотами (до 46 %) та зменшується частка легкообмінних. У техногенних ґрунтах зменшується частка форм мікроелементів, зв'язаних з гумусовими кислотами та збільшується вміст ФЗ, зв'язаних з гідроксидами *Fe*, а також обмінних.

На поведінку токсичних металів у ґрунтах суттєво впливає органічна речовина, особливо гумусові кислоти. Вони впливають на процеси розчинення, утворення нерозчинних та розчинних комплексних сполук, коагуляцію та екранування поверхні мінеральних частинок плівками гелю. Вміст гумінових

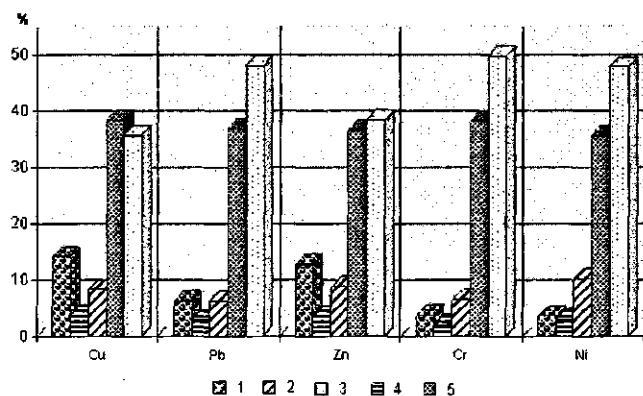


Рис. 1. Форми знаходження токсичних елементів у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах Українського Полісся, %: 1 - обмінна форма, 2 - зв'язана з гідроксидами *Fe, Mg*, 3 - залишкова, 4 - зв'язана з карбонатами, 5 - зв'язана з гумусовими кислотами.

Таблиця. Розподіл форм знаходження важких металів у ґрунтах Українського Полісся, %

Тип ґрунту	Фракція	Cu	Pb	Zn	Cr	Ni
Дерново-підзолистий піщаний	1	14,0	6,3	12,8	3,8	3,6
	2	3,8	2,9	3,4	2,1	3,0
	3	8,2	6,2	8,8	6,4	10,1
	4	38,4	36,8	36,6	38,1	35,6
	5	35,6	47,8	38,4	49,6	47,7
Лісовий	1	9,1	4,9	12,4	—	—
	2	3,0	2,4	3,0	—	—
	3	6,1	6,0	6,0	—	—
	4	34,0	39,2	38,6	—	—
	5	47,8	47,5	40,0	—	—
Луговий	1	10,0	6,0	12,0	6,0	4,0
	2	8,0	8,0	10,0	6,0	6,0
	3	12,0	10,0	16,0	12,0	12,0
	4	44,0	46,0	44,0	42,0	42,0
	5	26,0	30,0	18,0	34,0	36,0
Чорнозем	1	8,0	5,8	9,8	—	—
	2	4,0	3,0	4,0	—	—
	3	6,2	8,2	7,6	—	—
	4	42,1	44,1	42,9	—	—
	5	60,3	38,9	35,7	—	—
Техногенно змінений	1	14,2	6,1	16,1	12,1	10,2
	2	3,1	3,2	6,2	4,2	4,2
	3	22,4	20,1	22,0	20,9	18,1
	4	36,1	32,4	31,6	34,1	36,2
	5	24,2	38,2	24,1	28,7	31,2

Примітка. Фракції: 1 — обмінна; 2 — зв'язана з карбонатами; 3 — зв'язана з гідроксидами Mn та Fe; 4 — зв'язана з гумусовими кислотами; 5 — залишкова.

кислот у ґрунті залежить від ландшафтно-геохімічних та кліматичних умов. Так, в умовах Українського Полісся підвищені вологість та кислотність сприяють процесу підзолювання, окисненню гумусових кислот в підзолистих ґрунтах та утворенню фульво- та оксикарбонових кислот. Вони утворюють з важкими металами комплекси, розчинні в широкому інтервалі рН, мігрують по профілю ґрунтів. Мікроелементи з гуміновими кислотами утворюють нерозчинні та малорухомі в кислому середовищі комплекси. Це сприяє накопиченню рухомих форм мікроелементів у приповерхневому гумусовому горизонті.

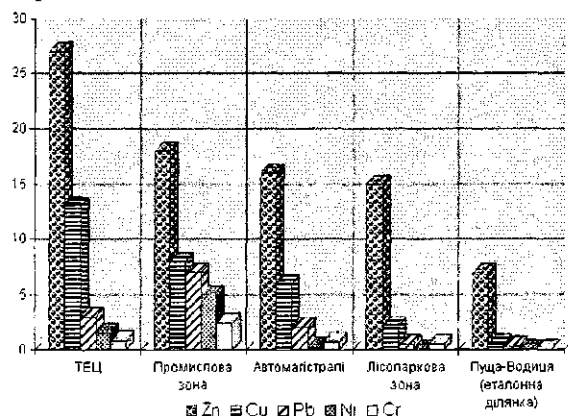


Рис. 2. Рухомі форми важких металів у ґрунтах з різним техногенним навантаженням, мг/кг.

Особливий інтерес представляє вивчення рухомих форм мікроелементів, для визначення яких ми використовували м'які (вода + етиловий спирт або ацетатно-амонійний буферний розчин) та жорсткі розчинники (1 н HCl, 1 н HNO₃). Такий підхід дозволяє прогнозувати потік важких металів із ґрунту та визначати вміст форм металів, доступних для рослин. Вміст рухомих форм ми визначили як суму значень концентрації металів водорозчинної, обмінної та карбонатної форм, а рухомість - як відношення вмісту суми фракцій до загального вмісту (рис. 2).

За отриманими результатами були укладені такі ряди рухомості іонів металів у різних типах ґрунтів: дерново-підзолистий: Cu > Zn > Pb > Cr > Ni > Co; лісовий: Zn > Cu > Pb > Cr > Ni > Co; луговий: Zn > Cu > Pb, Cr > Co > Ni; чорноземний: Zn > Cu > Cr > Pb > Co > Ni; техногенно змінений: Zn > Cu > Cr > Ni > Pb > Co.

З метою визначення забруднення важкими металами навколишнього середовища ми досліджували важкі метали у рослинах. У різних породах дерев по різному нагромаджуються важкі метали: у корі берези (*Betula pendula*) переважає Mn, у корі тополі (*Populus alba*) - Zn, в листі навпаки - у березовому переважає Zn, у тополиному - Mn. Є також різниця між концентрацією металів у корі та листі дерев. Наприклад, в листі берези спостерігається високе значення вмісту Zn, а в її корі переважає Mn. Серед рослинних видів найбільш високою здатністю до

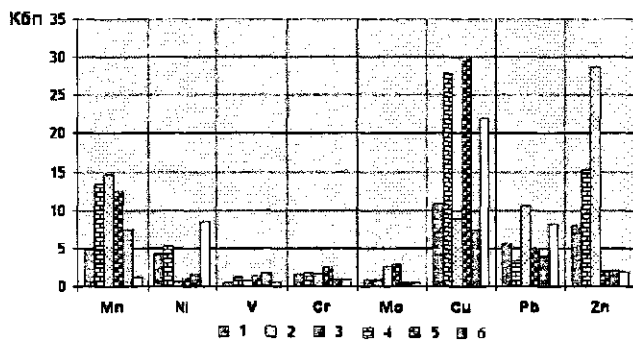


Рис. 3. Коефіцієнти біологічного поглинання важких металів різними породами дерев: 1 - акація (*Acacia*), 2 - береза (*Betula pendula*), 3 - яблуня (*Malus sulvestris*), 4 - тополя (*Populus alba*), 5 - шовковиця (*Morus nigra*), 6 - фон

аккумуляції по відношенню до більшості мікроелементів характеризуються акація (*Acacia*), береза і тополя. Величина інтенсивності нагромадження характеризується відношенням вмісту елемента в золі рослини до його вмісту в ґрунті і називається коефіцієнтом біологічного поглинання (Кбп). Аналізуючи отримані дані, ми уклали такі порівняльні ряди інтенсивності нагромадження металів відносно їх валового вмісту:

акація (*Acacia*) - $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > Cr > V > Mo > Co$;

тополя (*Populus alba*) - $Zn > Mn > Cu > Pb > Ni > V > Mo > Co > Cr$;

береза (*Betula pendula*) - $Zn > Mn > Cu > Pb > Cr > Ni > V > Mo > Co$;

шовковиця (*Morus nigra*) - $Mn > Zn > Cu > Cr, Ni, Pb > V > Mo > Co$;

яблуня (*Malus sulvestris*) - $Mn > Zn > Cu > Pb, Ni > V > Cr > Mo, Co$.

Величину Кбп елементів у окремих видах дерев показано на рис. 3. Для всіх видів дерев кількість Mn, Cu, Pb та Zn більше, а V - менше 1.

Те, що в результаті біологічних процесів у гіпергенну міграцію втягується більшість металів, і в першу чергу цинк, мідь, свинець та ін., дає підставу розглядати рослинність як активний геохімічний чинник.

ВИСНОВКИ

Встановлено форми знаходження важких металів у ґрунтах. Виявлено що в лугових чорноземах та торфових ґрунтах, в порівнянні з дерново-підзолістими піщаними, зростає частка форм, зв'язаних з гумусовими кислотами, та зменшується частка легко-

обмінних. У техногенних ґрунтах зменшується частка форм мікроелементів, зв'язаних з гумусовими кислотами, та збільшується вміст форм знаходження, зв'язаних з гідроксидами Fe, а також обмінних. За отриманими результатами укладені ряди рухомості та концентрації мікроелементів у різних типах ґрунтів Українського Полісся. Захисні властивості ґрунтів - їх здатність знизити потік рухомих форм важких металів у системі ґрунт-розчин-рослина - найбільш часто проявляються на геохімічних бар'єрах органічної та сорбційної природи.

Таким чином, визначення форм знаходження важких металів у ґрунтах має першочергове значення для оцінки стану навколишнього середовища і потребує подальшого вивчення для проведення екологічного моніторингу, створення баз даних та еколого-геохімічного картування території України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Самчук А.І., Курасва І.В., Єгоров О.С. та ін. Важкі метали у ґрунтах Українського Полісся та Київського мегаполісу. - Київ: Наук. думка, 2006. - 108 с.

2. Кузнєцов В.А., Шумко Г.А. Метод постадийных вытяжек при геохимических исследованиях. - Минск: Наука и техника, 1990. - 64 с.

3. Самчук А.И. Сорбционное концентрирование и атомно-абсорбционное определение подвижных форм тяжелых металлов в природных объектах // Химия и технология воды. - 2000. - 22, № 3. - С. 274-279.

РЕЗЮМЕ

Проведено систематическое исследование форм нахождения Cu, Pb, Cd, Zn, Ni, Co, Mo, Cr, Be в различных типах почв, по результатам которого составлены ряды подвижности и концентрации микроэлементов в разных типах почв Украинского Полесья.

SUMMARY

Systematic research of forms of the Cu finding, Pb, Cd, Zn, Ni, Co, Mo, Cr, Be in different soils is carried out. The rows of mobile and concentration of the chemical elements in different types of soils of Ukrainian Polissja has been audited.

Інститут геохімії, мінералогії та рудоутворення ім. М.П. Семененка НАН України, м. Київ
e-mail: togar@online.ua