

ВАЖКІ МЕТАЛИ У ҐРУНТІ: МОБІЛЬНІСТЬ ЯК КРИТЕРІЙ ЕКОЛОГІЧНОЇ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ

Н. А. МАКАРЕНКО, доктор сільськогосподарських наук, професор
кафедри екології агросфери та екологічного контролю
Національний університет біоресурсів і природокористування України
E-mail: n-mak@ukr.net

В. В. МАКАРЕНКО, кандидат сільськогосподарських наук,
доцент кафедри землезнавства та геоморфології
Київський національний університет імені Тараса Шевченка
E-mail: w-mak@ukr.net

Анотація. У статті представлено результати дослідження взаємозв'язку між мобільністю важких металів та параметрами ґрунтів України для подальшого прогнозу їх екологічної небезпечності. Для характеристики мобільних форм важких металів у ґрунті використовували комплекс екстрагентів. Валовий запас важких металів у ґрунтах вилучали сумішшю H_2SO_4+HF , потенційно мобільні форми - $0,01N HCl$, мобільні - $0,1N HCl$. Досліджували ґрунти, характерні для зони Полісся, Лісостепу та Степу України.

Було встановлено, що на фоні підвищення вмісту валових форм важких металів від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів, їх вміст у мобільних формах зменшувався. Частка мобільних форм металів (Mn^{2+}) у дерново-підзолистому ґрунті коливалася в межах 29,0-62,5 %, у чорноземі звичайному – 2,8-21,9 %.

Було виділено характеристики ґрунту, що визначали мобільність важких металів: вміст глинистих мінералів (фракція $< 0,001$ мм), вміст органічної речовини ґрунту, рН ґрунту. Найтісніша зворотна кореляція відмічалася між вмістом глинистих мінералів та вмістом мобільних форм важких металів у ґрунті, r коливався від (-) 0,643 до (-) 0,962.

Було показано, що актуальну небезпечність важких металів потрібно оцінювати за вмістом мобільних форм, що екстрагуються $0,1 N$ кислотами, потенційну – $1,0 N$ кислотами. Прогноз небезпечності важких металів повинен враховувати параметри ґрунтів: вміст фізичної глини, органічної речовини та рН.

Ключові слова: важкі метали, ґрунт, мобільність, екологічна безпека

Актуальність.

Хімічні елементи, які умовно об'єднують у групу «важкі метали» (ВМ), завжди підлягали контролю у природному середовищі, зокрема у ґрунті [8]. Проте, на питання: «Які форми ВМ у ґрунті контролювати для отримання об'єктивної оцінки їх небезпечності?» – і нині немає однозначної відповіді. Відомо, що ВМ у ґрунті можуть знаходитися у формі розчинних вільних іонів, розчинних комплексів з неорганічними аніонами і органічними лігандами, обмінних на глинистих мінералах та органічній речовині, що утримуються за рахунок електростатичних сил, у вигляді орґано-мінеральних гетерополярних, комплексно-гетерополярних солей, сорбційних комплексів тощо. Існують нормативи, які передбачають контроль за всіма (валовими) формами ВМ у ґрунті. Інформативність такого контролю дуже низька і може бути навіть шкідливою, оскільки не дає уявлення про справжній рівень екологічної небезпеки. Існують нормативи, які передбачають контроль за вмістом рухомих форм, які вилучаються ацетатно-амонійним буфером або близьким до нього розчином 0,1 N кислот. Цей норматив є інформативним і достатньо об'єктивним. Але концентрація рухомих форм ВМ у ґрунті під впливом різних екологічних чинників швидко змінюється у часі, що може бути причиною хибних висновків. Тому, триває пошук об'єктивних методів визначення небезпечності ВМ у ґрунті, які дозволять оцінити реальні та потенційні ризики для ґрунтової та суміжних екосистем.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Організація економічного співробітництва і розвитку (OECD) у своїх Керівних принципах для тестування хімічних

речовин представила понад 150 найбільш актуальних міжнародно узгоджених методів, серед яких є методи встановлення мобільності хімічних речовин у компонентах природного середовища [4]. Мобільність [1] використовують для оцінки ризиків хімічної речовини як для ґрунту, так і для інших компонентів екосистеми. Для ВМ це питання стоїть особливо гостро, оскільки вони можуть активно переходити з твердої фази ґрунту у ґрунтовий розчин і, навпаки. Екологічну небезпечність представляє не вся маса важких металів у ґрунті, а лише їх частка, що знаходиться у ґрунтовому розчині. Контролю має підлягати саме ця, найбільш мобільна частина ВМ, оскільки саме у такій формі ВМ можуть переходити у рослини [1-3, 7], бути біодоступними для ґрунтових організмів, мігрувати у підземні та поверхневі води [1, 5]. Згідно рекомендацій Community Bureau of Reference (BCR) of the European Commission, прогноз екологічної небезпечності ВМ має охоплювати не лише мобільні форми металів, а і потенційно мобільні форми, які можуть за певних умов перейти у ґрунтовий розчин [6]. Використання поняття валового вмісту ВМ доцільно використовувати лише для загальної характеристики ґрунтів, для оцінювання рівня забруднення та екологічної небезпечності такі форми непридатні.

Мета дослідження полягала у вивченні взаємозв'язку між мобільністю важких металів та фізико-хімічними параметрами ґрунтів України для подальшого прогнозу їх екологічної небезпечності.

Матеріали і методи дослідження.

Для характеристики мобільних форм важких металів у ґрунті використовували комплекс екстрагентів.

Валовий запас важких металів у ґрунтах визначали за використання суміші $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{HF}$, потенційно мобільні форми ВМ екстрагували 1,0N HCL, мобільні – 0,1N HCL. В екстрактах визначали вміст важких металів методом атомно-абсорбційної спектроскопії.

Загальний вміст гумусу визначали за методом Тюріна; актуальну кислотність ґрунту – шляхом вимірювання концентрації H^+ у розчині методом потенціометрії за допомогою іонселективних електродів; вміст часточок ґрунту розміром $< 0,001$ мм – у ході визначення гранулометричного складу ґрунту за методом Долгова і Лічманової.

Досліджували дерново-середньопідзолисті темно-сірі опідзолені ґрунти, чорнозем типовий малогумусний, чорнозем звичайний малогумусний, темно-каштановий солонцюватий ґрунт. Використовували зразки з дослідних полів ННЦ «Інститут землеробства НААН», Інституту сільськогосподарської мікробіології та агропромислового виробництва НААН, а також галузеві стандартні зразки ґрунту. Відбір зразків ґрунту здійснювали у згідно ДСТУ ISO 10381-1:2004.

Встановлення корелятивної залежності між фізико-хімічними властивостями ґрунтів та вмістом мобільних форм важких металів робили на основі математичної статистики вибіркової сукупності за допомогою кореляційного аналізу з використанням програми Microsoft Excel.

Результати дослідження та їх обговорення.

Згідно міжнародних програм з охорони довкілля, для екологічної оцінки хімічних речовин використовують еко-токсикологічний критерій небезпечності – мобільність у ґрунті. Орловце Д. С. у 1985 р. визначив мобільність, як здатність хімічних речовин переходити із

твердих фаз ґрунту у розчини. Мобільність важких металів у ґрунті, перш за все, є функцією їх хімічної природи та фізико-хімічних характеристик ґрунту.

Хімічні властивості важких металів (заряд ядер атомів, радіус атомів та іонів, будова електронних орбіталей, енергія іонізації, іонний потенціал тощо) визначаються їх положенням у періодичній системі елементів Д. І. Менделєєва. Так, ступінь окислення і утворення іонів із завершеною електронною конфігурацією визначається кількістю атомів у зовнішньому квантовому шарі. Ця ознака обумовлює здатність металів приймати участь у окисно-відновлювальних реакціях, їх акцепторні властивості та тенденцію до комплексоутворення. Заряд ядер атомів та радіус атомів і іонів металів, а також співвідношення між ними має велике значення для оцінки їх потенційної мобільності. За цією ознакою метали можна розташувати у наступній послідовності: $\text{Cu}^{1+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Hg}^{2+} > \text{Cd}^{2+} > \text{Zn}^{2+} > \text{Cu}^{2+} > \text{Co}^{2+} > \text{Ni}^{2+} > \text{Ni}^{3+} > \text{Co}^{3+} > \text{Pb}^{4+}$.

Величина іонного потенціалу:

$$\mu = Z / r,$$

де Z – заряд ядра,

r – іонний радіус.

Важкі метали у ґрунті можуть бути у вигляді розчинних вільних іонів і розчинних комплексів з неорганічними аніонами і органічними лігандами, обмінних на глинистих мінералах та органічній речовині, що утримуються за рахунок електростатичних сил, у вигляді органо-мінеральних гетерополярних, комплексно-гетерополярних солей, сорбційних комплексів тощо. Екологічну небезпечність буде проявляти не вся маса ВМ у ґрунті, а лише та, що знаходиться у ґрунтового розчині.

Мобільність важких металів (Me^{n+}) досліджували у різних за фізико-хімічними властивостями ґрунтах, пошире-

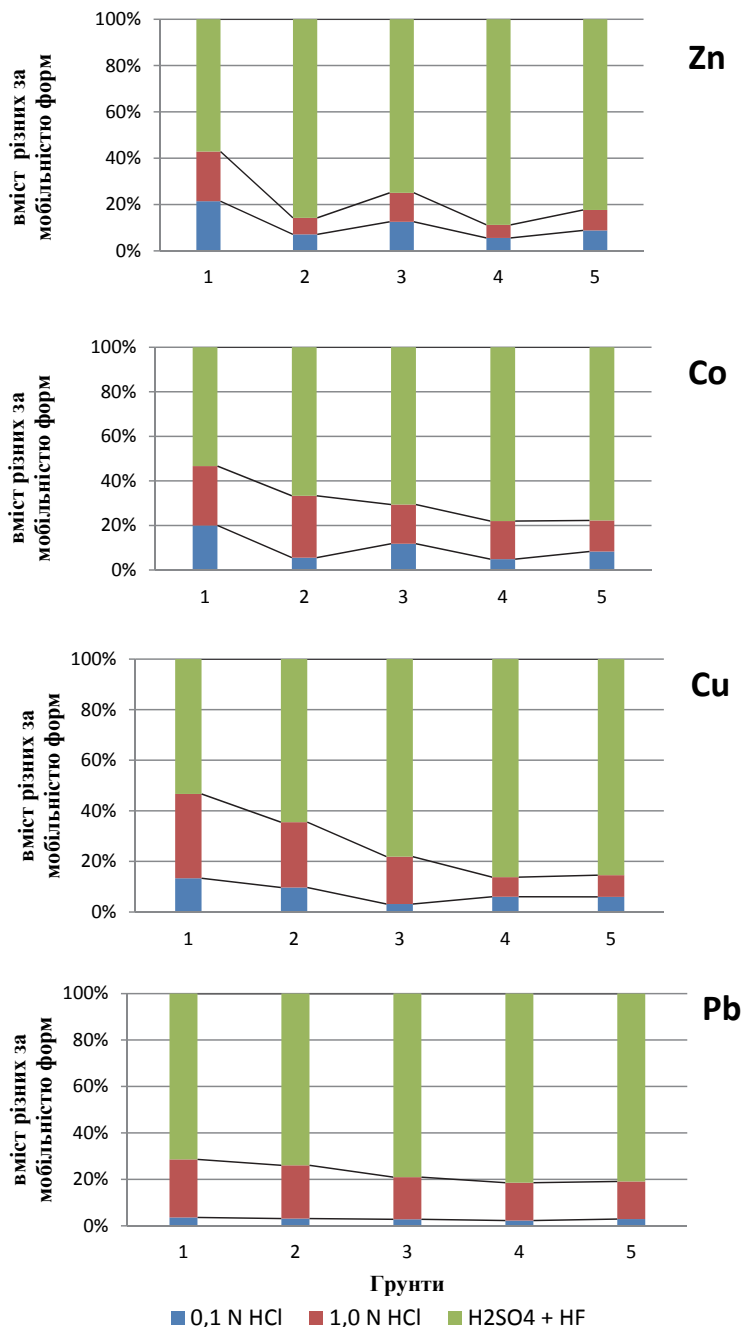


Рис. 1. Співвідношення (%) різних за мобільністю форм важких металів у ґрунтах: 1 – дерново-середньопідзолистий; 2 – темно-сірий опідзолений; 3 – чорнозем типовий мало гумусний; 4 – чорнозем звичайний мало гумусний; 5 - темно-каштановий солонцюватий

1. Вміст різних за ступенем мобільності форм важких металів у ґрунтах, мг / кг

Ґрунт 0,1 N HCl	Екстрагування Me ⁿ⁺ :		
	1,0 N HCl	H ₂ SO ₄ + HF	
Zn			
дерново-середньопідзолистий	9,5	14,5	40,0
темно-сірий опідзолений	9,5	14,5	45,0
чорнозем типовий малогумусний	4,5	9,5	48,0
чорнозем звичайний малогумусний	0,5	9,5	58,0
темно-каштановий солонцюватий	4,5	9,5	70,0
НІР ^{1%} F _ф > F _т	2,86	4,03	3,83
НІР ^{5%}	1,82	2,57	2,44
Co			
дерново-середньопідзолистий	3,0	4,0	8,0
темно-сірий опідзолений	1,0	5,0	12,0
чорнозем типовий малогумусний	2,0	3,0	12,0
чорнозем звичайний малогумусний	1,0	3,5	16,0
темно-каштановий солонцюватий	3,0	5,0	17,9
НІР ^{1%} F _ф > F _т	1,37	1,80	5,10
НІР ^{5%}	0,88	1,13	3,25
Cu			
дерново-середньопідзолистий	2,0	5,0	8,0
темно-сірий опідзолений	3,0	8,0	20,0
чорнозем типовий малогумусний	1,0	6,0	25,0
чорнозем звичайний малогумусний	1,0	1,0	36,0
темно-каштановий солонцюватий	8,0	10,0	20,0
НІР ^{1%} F _ф > F _т	0,51	0,90	3,83
НІР ^{5%}	0,33	0,57	2,44
Ni			
дерново-середньопідзолистий	2,0	4,0	12,0
темно-сірий опідзолений	8,0	8,0	40,0
чорнозем типовий малогумусний	7,0	4,0	72,0
чорнозем звичайний малогумусний	7,0	8,0	80,0
темно-каштановий солонцюватий	7,0	9,0	60,0
НІР ^{1%} F _ф > F _т	2,60	2,60	4,42
НІР ^{5%}	1,66	1,66	2,82
Cd			
дерново-середньопідзолистий	-	0,11	0,35
темно-сірий опідзолений	-	0,17	0,40
чорнозем типовий малогумусний	-	0,11	0,42
чорнозем звичайний малогумусний	-	0,08	0,50
темно-каштановий солонцюватий	-	0,12	0,65
НІР ^{1%} F _ф > F _т	-	0,04	0,04
НІР ^{5%}	-	0,03	0,02
Pb			
дерново-середньопідзолистий	0,4	2,8	8,0
темно-сірий опідзолений	0,5	3,7	12,0
чорнозем типовий малогумусний	0,6	3,9	17,0
чорнозем звичайний малогумусний	0,5	3,6	18,0
темно-каштановий солонцюватий	0,5	3,4	14,0
НІР ^{1%} F _ф > F _т	-	1,30	2,63
НІР ^{5%}	0,23	0,83	1,68

них у зоні Полісся, Лісостепу та Степу. Вивчали дерново-середньопідзолисті супіщані, темно-сірі опідзолені легкосуглинкові, чорноземи типові малогумусні легкосуглинкові, чорноземи звичайні малогумусні на лесах та темно-каштанові солонцюваті ґрунти.

Валовий запас важких металів у ґрунтах визначали за використання комплексу екстрагентів – суміші $H_2SO_4 + HF$, потенційно мобільні форми ВМ екстрагували 1,0N HCL, мобільні – 0,1N HCL. Результати представлено у табл. 1.

Незважаючи на різний вміст валових і рухомих форм ВМ, для всіх ґрунтів спостерігалася єдина тенденція: на фоні підвищення вмісту валових форм ВМ від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів, вміст ВМ у мобільних формах зменшувався. Частка мобільних форм металів (M^{n+}) у дерново-середньопідзолистому ґрунті коливалася в межах 29,0-62,5%, у чорноземі звичайному малогумусному – 2,8-21,9% (рис.1).

Мобільність важких металів у ґрунті залежить від направленості процесів сорбції/десорбції, здатності до комплексоутворення та процесів утворення малорозчинних солей. У свою чергу, на ці процеси істотно впливають такі показники ґрунту як кислотно-основні і окисно-відновлювальні умови грантового середовища, наявність глинистих мінералів та органічної речовини ґрунту.

Глинисті мінерали і органічна речовина конкурують між собою у процесі сорбції металів. Особлива роль належить групі монтморилоніту, яка характеризується високою ємністю поглинання катіонів і високою дисперсністю. Органічна речовина ґрунту, зокрема, гумусові кислоти, характеризуються високою здатністю до поглинання і утримання ВМ. Міцність зв'язку гумусових кислот і важких металів у значній мірі залежить від рН середовища та особливостей гумусових сполук. З огляду на зазначене, можна виділити характеристики ґрунту, які будуть визначати мобільність важких металів: наявність глинистих мінералів (фракції часточок розміром $< 0,001$ мм), вмісту гумусу і окремих гумусових кислот, кислотно-основні параметри ґрунту (рН, гідролітична кислотність). Ґрунти, що досліджувалися, характеризувалися наступними параметрами (табл.2):

Встановлення корелятивного взаємозв'язку між властивостями ґрунтів та вмістом мобільних і потенційно мобільних форм важких металів дозволило виявити у всіх випадках зворотну залежність з високим рівнем достовірності: коефіцієнти парної кореляції (r) коливалися у межах 0,474-0,991. Потрібно відмітити, що найтісніша зворотна кореляція відмічалася між вмістом глинистих мінералів (фракція часточок $< 0,001$ мм) та вмістом різних за мобільністю форм важких металів у ґрунті, $r = 0,643-0,962$.

2. Параметри ґрунтів, що виступають аргументом мобільності Mn^{+}

Параметр ґрунту	Ґрунт				
	дерново-середньопідзолистий	темно-сірий опідзолений	чорнозем типовий	чорнозем звичайний	темно-каштановий
рН	$5,50 \pm 0,25$	$5,25 \pm 0,14$	$6,20 \pm 0,15$	$7,17 \pm 0,14$	$7,00 \pm 0,25$
Вміст гумусу, %	$0,86 \pm 0,05$	$2,02 \pm 0,04$	$2,70 \pm 0,05$	$4,61 \pm 0,09$	$4,30 \pm 0,04$
Глинисті мінерали (вміст фракції $< 0,001$ мм), %	$8,32 \pm 0,18$	$16,9 \pm 0,25$	$24,9 \pm 0,25$	$36,7 \pm 0,18$	$30,6 \pm 0,19$

Мобільність Cd і Zn залежала від рН ґрунту: $r = 0,96$ за екстракції 1,0 N HCl і $r = 0,99$ за екстракції 0,1 N HCl. Мобільність Pb була обумовлена наявністю глинистих мінералів: $r = 0,96$ і вмістом гумусу: $r = 0,89-0,91$. Аналогічна залежність спостерігалася для Co і Ni, але з меншим рівнем корелятивної залежності. Для потенційно мобільних форм Cu (екстракція 1,0N HCl), було встановлено середню залежність від кислотно-основних умов: $r = 0,54$ і вмісту гумусу і вторинних мінералів: $r = 0,63-0,75$; для форм Cu, що екстрагувалися 0,1 N HCl, було встановлено тісний зв'язок із вмістом гумусу і вторинних мінералів: $r = 0,90-0,98$ (табл. 3)

Отже, отримані результати доводять, що мобільність важких металів у ґрунтах залежить як від хімічних властивостей самих металів, так і від фізико-хімічних властивостей ґрунтів. Достовірні результати для прогнозу мобільності важких металів у різних типах ґрунтів можна отримати шляхом дослідження кислотно-основних

показників, вмісту органічної речовини та вмісту вторинних мінералів (фізичної глини). Встановлено, що чим вище рН ґрунту, вміст гумусу, і вміст фізичної глини, тим меншою мобільністю будуть характеризуватися важкі метали. Підвищення мобільності важких металів у верхніх шарах ґрунту може призводити до зростання їх екологічної небезпечності (рис. 2)

У свою чергу, важкі метали у мобільній формі будуть нести загрозу ґрунтовій біоті, вищим рослинам, суміжним водним екосистемам. (рис. 3).

Надходження важких металів у рослини буде супроводжуватися порушенням нормального перебігу процесів метаболізму, їх нагромадженням в окремих органах і, як наслідок, погіршенням якості сільськогосподарської продукції. Вони будуть чинити негативний вплив на ґрунтові організми, перш за все, мікроорганізми, змінюючи їх груповий склад і загальну чисельність. Це може призвести до зміни напрямів процесів синтезу/мінералізації у ґрунті, фор-

3. Взаємозв'язок між мобільністю Мп+ та властивостями ґрунтів

Коефіцієнти парної кореляції, r	Екстрагент	Параметр ґрунту		
		pH	Вміст гумусу, %	Фракція < 0,001 мм, %
Zn	0,1 N HCl	-0,991	-0,922	-0,943
	1,0 N HCl	-0,963	-0,874	-0,861
Ni	0,1 N HCl	-0,671	-0,532	-0,643
	1,0 N HCl	-0,611	-0,724	-0,814
Co	0,1 N HCl	-0,474	-0,773	-0,784
	1,0 N HCl	-0,894	-0,932	-0,942
Cu	0,1 N HCl	-0,802	-0,903	-0,941
	1,0 N HCl	-0,543	-0,632	-0,751
Cd	0,1 N HCl	-	-	-
	1,0 N HCl	-0,961	-0,782	-0,781
Pb	0,1 N HCl	-0,821	-0,893	-0,962
	1,0 N HCl	-0,872	-0,913	-0,961

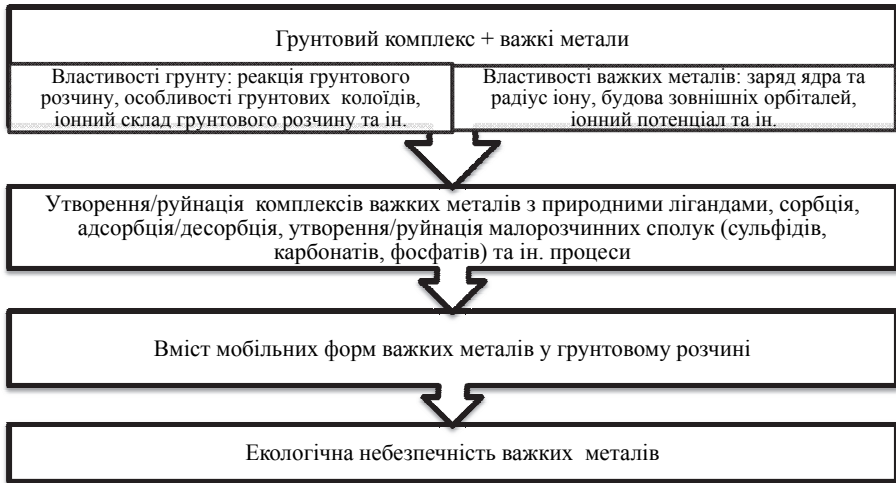


Рис. 2. Чинники, які характеризують потенційну небезпечність важких металів у ґрунті

мування родючості ґрунт, продуктивності сільськогосподарських культур. Мобільні важкі метали з верхніх шарів ґрунту будуть мігрувати у радіальному і латеральному напрямках, надходити у ґрунтові і поверхневі води, проявляти токсичність відносно водних організмів, змінюючи їх видовий склад і чисельність, погіршувати якість води.

Висновки і перспективи.

Було встановлено взаємозв'язок між мобільністю важких металів та фізико-хімічними параметрами ґрунтів України: на фоні підвищення вмісту валових форм важких металів від дерново-підзолистих ґрунтів до чорноземів, їх вміст у мобільних формах

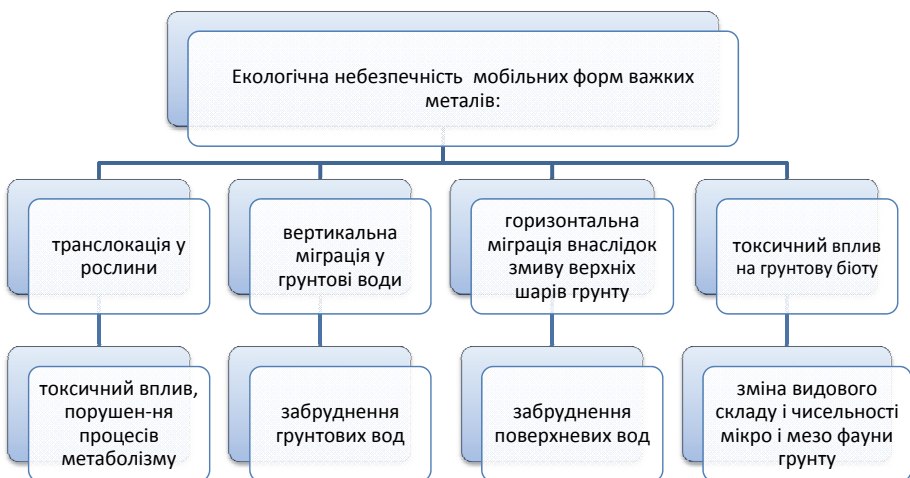


Рис. 3. Екологічна небезпечність важких металів у мобільних формах

зменшувався. Частка мобільних форм металів (Mn^{+}) у дерново-підзолистому ґрунті коливалася в межах 29,0-62,5 %, у чорноземі звичайному – 2,8-21,9 %.

Було виділено характеристики ґрунту, що визначали мобільність важких металів: вміст глинистих мінералів (фракція < 0,001 мм), вміст органічної речовини ґрунту, рН ґрунту. Найтісніша зворотна кореляція відмічалася між вмістом глинистих мінералів та вмістом мобільних форм важких металів у ґрунті, г коливався від (-) 0,643 до (-) 0,962.

Показано, що для встановлення актуальної (тобто у поточний проміжок часу) небезпечності важких металів для ґрунту і суміжних екосистем потрібно контролювати вміст їх мобільних форм, які вилучаються 1,0 N кислотами або ацетатно-аммонійним буфером. Для прогнозу можливо негативних впливів потрібно визначати вміст потенційно мобільних форм важких металів у ґрунті, які вилучаються 1,0 N кислотами. Водночас, потрібно враховувати зворотній зв'язок мобільності ВМ з такими фізико-хімічними властивостями ґрунтів, як вміст фізичної глини (часточок < 0,0025 мм), вміст органічної речовини і рН ґрунтового розчину.

У перспективі доцільним має бути дослідження взаємозв'язку мобільності і міграції важких металів у системах ґрунт-ґрунтова вода, ґрунт-рослина.

Referens

- Domergue F.-L. Mobility of Heavy Metals in Soil Profiles [Text] / F.-L. Domergue, J.-C. Védy // International Journal of Environmental Analytical Chemistry. - Volume 46, 1992 - Issue 1-3. Published online: 23 Sep 2006. <https://doi.org/10.1080/03067319208026993>
- Khaled S. Field accumulation risks of heavy metals in soil and vegetable crop irrigated

- with sewage water in western region of Saudi Arabia [Text] / Khaled S., Balkhair-Muhammad Aqeel Ashraf // Saudi Journal of Biological Sciences. - Volume 23, Issue 1, Supplement, January 2016. - Pages S32-S44. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2015.09.023>
- Krzysztof Fijałkowski, Malgorzata Kacprzak, Anna Grobelak, Agnieszka Placek. The influence of selected soil parameters on the mobility of heavy metals in soil. Inżynieria i Ochrona Środowiska. 2012, t. 15, nr 1, s. 81-92. <https://www.researchgate.net/publication/282734701>
- OECD Test Guidelines for the Chemicals (2019). OECD Guidelines for the Testing of Chemicals, Section 3. <https://doi.org/10.1787/2074577x>
- Ogundiran M. B. Mobility and speciation of heavy metals in soils impacted by hazardous waste [Text] / M. B. Ogundiran, O. Osibanjo // Chemical Speciation & Bioavailability. - Volume 21, 2009 - Issue 2. <https://doi.org/10.3184/095422909X449481>
- Sungur Ali. Characterization of Heavy Metal Fractions in Agricultural Soils by Sequential Extraction Procedure: The Relationship Between Soil Properties and Heavy Metal Fractions [Text] / Ali Sungur, Mustafa Soylak, Erkan Yilmaz, Selehattin Yilmaz, Hasan Ozcan // Soil and Sediment Contamination: An International Journal. - Volume 24, 2015 - Issue 1. <https://doi.org/10.1080/15320383.2014.907238>
- Sungur Ali. Investigation of heavy metal mobility and availability by the BCR sequential extraction procedure: relationship between soil properties and heavy metals availability [Text] / Ali Sungur, Mustafa Soylak, Hasan Ozcan // Chemical Speciation & Bioavailability. - Volume 26, 2014 - Issue 4. <https://doi.org/10.3184/095422914X14147781158674>
- Tóth G. Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety [Text] / G. Tóth, T. Hermann, M. R. Da Silva, L. Montanarella // Environment International. - 2016. - Volume 88 - Pages 299-309. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2015.12.017>

N. Makarenko, V. Makarenko (2019). Heavy metals in soil: mobility as a criterion of environmental hazard. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 10(1): 44-53. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/12603>

Abstract. The article presents results of research the relationship between mobility of heavy metals and soil parameters for the subsequent forecast their environmental hazard. For the characteristics of mobile forms of heavy metals in the soil used complex extractant transportation gross stock of heavy metals in soils were taken away by a mixture of $H_2SO_4 + HF$, potentially mobile form -1, 0 N HCL, mobile- 0,1N HCL. Examined the soil, characteristic for zones of Polissya, Forest-steppe and Steppe Ukraine.

It was found that on the background of increasing the content of gross forms of heavy metals from podzol soil to chernozem mollic, their contents in mobile forms in the future. The share of mobile forms of metals (m+n) in the podzol soil ranged 29.0-62.5 %, chernozem mollic – 2.8-21.9 %. Selected characteristics of the soil, the mobility of heavy metals contents of clay minerals (the < 0.001 mm), the content of organic matter in the soil, soil pH. Dose inverse correlation was observed between the contents of clay minerals and the contents of mobile forms of heavy metals in the soil, r ranged from (-) 0.643 (-) 0.962.

It was shown that the actual danger of heavy metals you need to evaluate the contents of mobile forms, extract with 0.1 N acids, the potential is 1.0 N acids. Prediction of danger of heavy metals must take into account the parameters of soils: physical clay, organic matter and Ph.

Keywords: heavy metals, soil, mobility, environmental safety.

Н. А.Макаренко, В. В. Макаренко (2019). Тяжелые металлы в почве: мобильность как критерий экологической опасности. BIOLOGICAL SYSTEMS: THEORY AND INNOVATION, 10(1): 44-53. <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/12603>

Аннотация. В статье представлены результаты исследований взаимосвязи мобильности тяжелых металлов и параметров почв Украины для дальнейшего прогнозирования их экологической опасности. Для характеристики мобильных форм тяжелых металлов в почве использовали комплекс экстрагентов. Валовой запас тяжелых металлов в почвах извлекали смесью $H_2SO_4 + HF$, потенциально мобильные формы - 1,0N HCL, мобильные - 0,1N HCL. Исследовались почвы, характерные для зоны Полесья, Лесостепи и Степи Украины.

Было установлено, что на фоне повышения содержания валовых форм тяжелых металлов от дерново-подзолистых почв до черноземов, их содержание в мобильных формах снижалось. Доля мобильных форм металлов (Mn+) в дерново-подзолистой почве варьировала в пределах 29,0-62,5 %, в черноземе обыкновенном – 2,8-21,9 %. Выделены характеристики почвы, которые определяли мобильность тяжелых металлов: содержание глинистых минералов (фракция < 0,001 мм), содержание органического вещества почвы, pH. Наиболее тесная обратная коррелятивная связь отмечена между содержанием глинистых минералов и содержанием мобильных форм тяжелых металлов в почве, значение r колеблется от (-) 0,643 до (-) 0,962.

Показано, что актуальную опасность тяжелых металлов необходимо оценивать по содержанию мобильных форм, экстрагируемых 0,1 N кислотами, потенциальную – 1,0N кислотами. Прогноз опасности тяжелых металлов должен учитывать параметры почв: содержание физической глины, органического вещества и pH.

Ключевые слова: тяжелые металлы, почва, мобильность, экологическая безопасность.