

- vitnoi roboty z problem pytnoi vody* [Guide to issues of information and education on drinking water]. Kyiv, pp. 58–63 (in Ukrainian).
- Dorohuntsov S.I., Khvesyuk M.A., Horbach L.M. (2006). *Ekoseredovyshe i suchasnist: v 8 t.* [Ekoseredovysche and modernity: 8 tons]. *Rehionalni protsesy, prohnozuvannia y optymizatsiia ekoseredovysch* [Regional processes, forecasting and optimization ekoseredovysch]. Kyiv: Kondor, vol. 2, 470 p. (in Ukrainian).
  - Gorev L.M., Nikanorov A.M., Peleshenko V.I. (1989). *Regionalnaya gidrokhimiya* [Regional hydrochemistry]. Kiev: Vishcha shkola, 277 p. (in Russian).
  - Voda pitevaya. Otbory prob: GOST R 51593-2000, vveden v deystvie v 2012.01.01* [Drinking water. Sampling: GOST R 51593-2000, is put into Action in 2012.01.01] (in Russian).
  - Voda pitevaya. Metody opredeleniya sodержaniya nitratov: GOST 18826-73 vveden v deystvie v 1973.05.25* [Drinking water. Methods for determination of nitrate content GOST 18826-73, is put into Action in 1973.05.25]. Moscow: Gosstandart SSSR, 1973, 2 p. (in Russian).
  - Nasonkina N.H. (2006). *Pidvyshchennia ekolohichnoi bezpeky system pytnoho vodopostachannia: avtoref. dys. na zdobuttia nauk. stupenia. dokt. tekhn. nauk* [Improving the environmental safety of drinking water: Author. Thesis. on competition sciences. degree. Doctor. Sc. Sciences]. Donetsk, 21 p. (in Ukrainian).
  - Revell P., Revell Ch. (1995). *Sreda nashego obitaniya: v 4 kn.* [Our environment: in 4 vol.]. Moscow: Mir, book 2.: *Zagryaznenie vody i vozdukha* [Water and air pollution]. 296 p. (in Russian).
  - Lukashev K.I., Vadkovskaya I.K. (1989). *Ekologo-geokhimicheskoe izuchenie biosfery v nauchnykh i prikladnykh aspektakh* [Ecological and geochemical study of the biosphere in the scientific and applied aspects]. Minsk: Nauka i tekhnika, 172 p. (in Russian).

УДК 631.4:631.416.9:546.3 (477.74)

## ВМІСТ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У ҐРУНТАХ ОДЕСЬКОЇ ОБЛАСТІ

В.Ф. Голубченко, Е.В. Куліджанов, О.А. Лаптева

Одеська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

*Висвітлено питання використання методів визначення і оцінки вмісту в ґрунтах мікроелементів і важких металів за їх вилучення екстрагентами Іп НСІ і ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 під час агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення в Одеській обл. Оцінка вмісту мікроелементів з використанням ацетатно-амонійного буфера засвідчила, що 41,6% ґрунтів за вмістом міді і 11,5% за вмістом кобальту відповідно характеризуються як дуже низько і низько забезпечені, а за вилучення Іп НСІ ці показники були на рівні високозабезпечених. Рівень забруднення ґрунтів кадмієм підвищився порівняно з раніше визначеним у чорноземах звичайних, чорноземах південних, дернових і намитих ґрунтах. Встановлено, що зміни значень вмісту в ґрунтах мікроелементів і важких металів обумовлено інтерпретаціями методів визначення і оцінки, а не фактичним станом ґрунтів.*

**Ключові слова:** ґрунти, мікроелементи, важкі метали, методи визначення, оцінка вмісту.

У ґрунтовому покриві Одеської обл. домінують чорноземи, які становлять близько 90% від усієї площі сільськогосподарських угідь області. Сформувавшись під трав'янистими формаціями Лісостепу і Степу, вони займають міжрічкові заплави і схили, надзаплавні тераси річок, що складені пересічно лесовими породами. У лісостеповій

частині області ґрунтовий фон утворюють переважно чорноземи типові та реградовані разом з опідзоленими і вилугуваними підтипами. Сірі лісові і темно-сірі опідзолені ґрунти поширені окремими плямами і становлять лише 0,4% від площі області.

Для задністрівської частини області характерні чорноземи, які сформувались в умовах м'якого теплого клімату, що сприяє активній сезонній міграції карбонатів і

формуванню так званих міцелярно-карбонатних чорноземів звичайних і південних. Типовими для крайнього південного сходу області є залишково і слабосолонцюваті чорноземи південні. Переважна більшість ґрунтів Одеської обл. сформувалася на лесах, мають важкосуглинковий або легкоглинистий гранулометричний склад, що обумовлює їх середню або високу забезпеченість мікроелементами (МЕ). Але нестача елемента визначається не лише його вмістом у ґрунті, а й впливом інших чинників, зокрема явищем антагонізму іонів у розчині. Ґрунти області насичені ввібраними основами, серед яких домінує кальцій (близько 80%), що є антагоністом заліза і цинку. Надлишок надходження в рослини фосфору може спричинити нестачу в них міді. Тому в ґрунті потрібно підтримувати баланс елементів живлення, порушення якого зумовлює зниження врожаїв та заворювання рослин, тварин і людини.

Більшість ґрунтів області характеризуються як малогумусні, карбонатні, близько 60% з них мають лужну реакцію ґрунтового розчину, високу ємність катіонного обміну (ЄКО), що зумовлює зниження рухомості МЕ і важких металів (ВМ) [1, 2]. Рухомість в ґрунті і ступінь доступності МЕ і ВМ спричиняє доволі значну проблему для виробництва екологічно чистої продукції. Оптимальний уміст МЕ і відсутність забруднення ВМ є також передумовою одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур. З агрохімічного погляду різниця між МЕ і ВМ полягає у тому, що вміст перших фіксується у низьких кількостях (нижче максимально допустимого рівня – МДР), а других – у надвисоких (вище МДР), що потребує детоксикації. Як нестача, так і надлишок у ґрунті вказаних елементів негативно впливають на ріст і розвиток культурних рослин, якість продукції. На нейтральних і лужних ґрунтах спостерігається зниження доступності марганцю, кобальту, цинку; на карбонатних – цинку і заліза; на кислих – бору, молібдену і міді [3, 4]. Висока забезпеченість лужних ґрунтів молібденом зумовлює його токсичну дію на рослини. Різна рухомість

МЕ і ВМ у ґрунтах потребує зваженого підходу до впровадження у практику методів їх визначення з метою унеможливлення прийняття хибних рішень щодо норм внесення мікродобрив і захисту ґрунтів від забруднення. Об'єктивна оцінка природних процесів трансформації в ґрунтах МЕ і ВМ дає можливість уникнути похибок у визначенні норм внесення мікродобрив і запобігти ризику одержання неякісної продукції внаслідок забруднення ґрунтів. За використання різних екстрагентів визначаються метали різного ступеня рухомості, що обумовлено властивостями ґрунту (вмістом органічної речовини, гранулометричним складом, ЄКО, рН, вологістю тощо) та особливостями їх акумуляції і трансформації у ґрунтовому профілі. Частка рухомої форми ВМ в ацетатно-амонійній витяжці становить 5–10% від їх валової кількості і 10–20% кислоторозчинних сполук. Згідно з потребою у МЕ, всі культури і групи культур поділяються на три групи [5]. До першої групи (невисокого виносу) ввійшли такі культури, як зернові колосові, зернобобові і картопля; до другої (підвищеного виносу) – соняшник, коренеплоди, овочі, плодови; до третьої (високого виносу) – високоврожайні сорти та культури, вирощувані на високому агрофоні. За вмістом рухомих форм забруднювачів (МЕ і ВМ) ґрунти поділяються на шість груп, від слабкого – до дуже високого забруднення [6].

Потреба у внесенні МЕ виникає на ґрунтах із вмістом бору до 0,5 мг/кг, марганцю – 40, молібдену – 0,2, цинку – 0,3, кобальту – 1,5 мг/кг ґрунту. Академік П.А. Власюк відзначає, що в органічних комплексах (лігандах) активність МЕ зростає у сотні, тисячі і навіть мільйони разів порівняно з іонним станом у імічних сполуках, що теж слід враховувати під час визначення норм внесення мікродобрив [3].

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили на найпоширеніших типах ґрунтів Одеської обл. під час агрохімічної паспортизації у 2003–2013 рр. (VIII–X тури обстеження). Зразки ґрун-

тів відбирали відповідно до нормативних документів [5, 6]. Визначення вмісту рухомих сполук металів виконували у амонійно-ацетатній буферній витяжці з рН 4,8 методом атомно-абсорбційної спектروفотометрії згідно з державними стандартами: марганцю — ДСТУ 4770.1:2007, цинку — ДСТУ 4770.2:2007, кадмію — ДСТУ 4770.3:2007, кобальту — ДСТУ 4770.5:2007, міді — ДСТУ 4770.6:2007, свинцю — ДСТУ 4770.9:2007, ртуті — ДСТУ 4770:2007. У витяжці 1н НСЛ визначали вміст кобальту, міді, кадмію, свинцю [7].

Як правило, за необхідності контролю техногенного забруднення ґрунтів ВМ прийнято визначати валовий уміст металу. Але валовий уміст не завжди може характеризувати ступінь небезпеки забруднення, оскільки ґрунт здатний зв'язувати метали у недоступні рослинам сполуки. Тому доцільніше визначити роль рухомих і доступних для рослин форм металів. Визначення вмісту рухомих форм металів бажано проводити у разі їх високого валового вмісту у ґрунтах, а також, якщо необхідно характеризувати перехід металів із ґрунту у рослини.

Рухомі форми металів вилучають розчинними екстрагентами, у т.ч. ацетатно-амонійним буферним розчином з рН 4,8 (ААБ). Він має високу буферну ємність, забезпечує стабільність реакції середовища у разі вилучення МЕ із різних типів ґрунтів. За своїм складом і кислотними властивостями не є агресивним і має розчинну здатність, як у корневих системах рослин. У різних типах ґрунтів екстрагент ААБ порівняно з соляною кислотою, за нашими дослідженнями, вилучає 2,8–19,1% міді, 5,0–13,3 кобальту, 35,5–85,0 кадмію і 9,0–38,6% свинцю. Екстрагент 1н НСЛ використовують для аналізу ґрунтів, які зазнали техногенного впливу, він вилучає міцно зв'язані рухомі сполуки металів, що становлять близько 80% ВМ від їх валового вмісту.

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Дослідження вмісту МЕ в ґрунтах Одеської обл. (табл. 1) свідчать про дуже низький уміст рухомого цинку — у серед-

ньому 0,5 мг/кг майже на всій території сільськогосподарських площ, що зумовлено лужною реакцією ґрунтів і високою ЄКО на переважній більшості ґрунтових різновидів.

Аналізи ґрунтів на вміст кобальту і міді впродовж 2003–2011 рр. виконували з вилученням їх екстрагентом 1н НСЛ. На всіх типах ґрунтів було зафіксовано високу забезпеченість кобальтом для третьої групи культур з високим виносом (5,0–7,9 мг/кг), високу забезпеченість міддю для третьої групи на чорноземах звичайних і південних, лучно-чорноземних, лучних, намитих та високу — для другої групи на чорноземах типових, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах (4,2–7,9 мг/кг). Після переходу у 2011 р. на визначення вмісту цих елементів з використанням екстрагента ААБ частка ґрунтів за вмістом міді 41,6% і за вмістом кобальту 11,5% перейшли в розряд дуже низько і низько забезпечених, що свідчить про необхідність внесення відповідних мікродобрив. Марганець і цинк, як і раніше, вилучаються розчином ААБ, їх уміст у ґрунтах залишився у тих самих градаціях. Забезпеченість ґрунтів марганцем оцінюється як дуже висока, а дернові ґрунти характеризуються навіть як помірно забруднені. Вміст цинку у всіх типах ґрунтів є низьким, окрім дернових, де він визначається як середній.

Визначення забруднення ґрунтів ВМ (табл. 2) екстрагентом ААБ засвідчило про зниження вмісту свинцю порівняно з раніше проведеними дослідженнями з використанням 1н НСЛ у сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах і — підвищення в лучно-чорноземних і дернових, щодо чорноземів, їх оцінка не змінилась.

Забруднення ґрунтів кадмієм у десятому турі порівняно з восьмим і дев'ятим підвищилось у чорноземах звичайних, південних, дернових і намитих. Але рівень забруднення ґрунтів ВМ кадмієм, свинцем, ртуттю та іншими металами не перевищує гранично допустимої концентрації (ГДК), що за використання для вилучення ААБ становить: для кадмію — 0,7 мг/кг, свинцю — 6,0, ртуті — 2,1, міді — 3,0, кобальту —

Таблиця 1

## Забезпеченість ґрунтів мікроелементами, мг/кг ґрунту\*

Назва ґрунту	Площа, га	Екстрагент					
		1н НСL		ААБ			
		Co	Cu	Mn	Zn	Co	Cu
Сірі опідзолені	4299	5,0	4,2	20,39	0,49	0,27	0,19
Темно-сірі опідзолені	29097	5,0	4,6	19,03	0,37	0,25	0,15
Чорноземи типові	251725	5,6	4,9	23,59	0,34	0,41	0,17
Чорноземи звичайні	682531	5,5	5,2	28,29	0,43	0,48	0,22
Чорноземи південні	374067	5,4	6,4	37,17	0,47	0,38	0,18
Лучно-чорноземні	7881	6,0	5,7	36,59	0,44	0,40	0,31
Лучні	9150	5,2	5,2	39,63	0,58	0,42	0,33
Дернові	10290	7,6	7,9	99,72	1,02	0,73	1,12
Намиті	6968	5,4	5,8	40,53	0,46	0,72	1,11

Примітка: \*(до табл. 1, 2) — розрахунки середньозважених показників здійснено на підставі даних VIII–X турів агрохімічного обстеження.

Таблиця 2

## Забрудненість ґрунтів важкими металами, мг/кг ґрунту\*

Назва ґрунту	Екстрагент				
	1н НСL		ААБ		Суміш кислот
	Cd	Pb	Cd	Pb	Hg
Сірі опідзолені	0,33	6,29	0,12	0,66	0,036
Темно-сірі опідзолені	0,31	9,87	0,11	0,89	0,040
Чорноземи типові	0,17	10,97	0,13	1,82	0,039
Чорноземи звичайні	0,28	16,28	0,17	2,08	0,039
Чорноземи південні	0,27	12,31	0,16	1,87	0,041
Лучно-чорноземні	0,33	16,22	0,13	1,86	0,039
Лучні	0,25	15,93	0,15	1,96	0,040
Дернові	0,44	12,63	0,22	4,88	0,041
Намиті	0,20	12,65	0,17	2,24	0,040

5,0, цинку — 23,0, марганцю — 140,0 мг/кг ґрунту.

## ВИСНОВКИ

Дослідженнями, виконаними в Одеській обл. у 2003–2013 рр., виявлено зміни в оцінці вмісту в ґрунтах таких МЕ, як кобальт і мідь, та ВМ — кадмію і свинцю, що

обумовлено заміною екстрагента 1н НСL на ААБ. За визначення з використанням 1н НСL уміст МЕ у всіх типах ґрунтів оцінювався як високий для третьої групи культур щодо кобальту і середній або високий щодо міді для цієї групи на чорноземах звичайних і південних, лучно-чорноземних, лучних, дернових, намитих; і високий —

для другої групи на чорноземах типових, сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах. Вилучення екстрагентом ААБ засвідчило, що 41,6% ґрунтів за вмістом міді і 11,5% за вмістом кобальту оцінюються як дуже низько і низько забезпечені. Отже, було виявлено, що екстрагент 1н НСЛ вилучає з ґрунту не лише легко-, а й важкодоступні для рослин форми МЕ, внаслідок чого завищуються показники вмісту в ґрунтах рухомих форм. Оцінка забруднення переважної більшості ґрунтів свинцем, що входять в групу чорноземів, за використання ААБ не змінилась порівняно з використанням 1н НСЛ, у сірих і темно-сірих опідзолених ґрунтах виявлено зниження забруднення, а у лучно-чорноземних і дернових — підви-

щення вмісту свинцю відповідно до шкали градацій. Рівень забруднення ґрунтів кадмієм підвищився в чорноземах звичайних і південних, дернових і намитих ґрунтах. Але рівень забруднення всіма досліджуваними ВМ і МЕ не перевищує ГДК.

Слід зауважити, що рослини різняться за здатністю мобілізувати елементи живлення та за рівнем потреби у макро- і мікроелементах. Щодо мікроелементів, градація забезпеченості залежить не тільки від їхнього вмісту в ґрунті, а й від властивостей рослин. Тому було б логічно використовувати в оцінці забезпеченості МЕ градацію ґрунтів, розроблену І.Г. Важениним [8] для різних за фізіологічними властивостями сільськогосподарських культур.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Оптимізація мікроелементного живлення сільськогосподарських культур (рекомендації) / За ред. А.І. Фатєєва. — Х.: ННЦ ІГА ім. О.Н. Соколовського, 2012. — 38 с.
2. *Труфанов О.* Мікроелементи незамінні для нормального росту й розвитку рослин // Пропозиція. — 2012. — № 5. — С. 50–51.
3. *Власюк П.А.* Биологические элементы в жизнедеятельности растений. — К.: Наукова думка, 1969. — 512 с.
4. *Пейве Я.В.* Агрохимия и биохимия микроэлементов: Избр. труды. — М.: Наука, 1980. — 426 с.
5. Методика проведення агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. І.П. Яцука, С.А. Балюка. — К., 2013. — 104 с.
6. Методика агрохімічної паспортизації земель сільськогосподарського призначення / За ред. С.М. Рижука, М.В. Лісового, Д.М. Бенцаровського. — К., 2003. — 63 с.
7. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. — Изд. 2-е, перераб. и доп. — М.: ЦИНАО, 1992. — 61 с.
8. *Важенин И.Г.* Методические указания по агрохимическому обследованию и картографированию почв на содержание микроэлементов / И.Г. Важенин. — М.: ВАСХНИЛ, 1976. — 40 с.

#### REFERENCES

1. *Fatieieva A.I. (2012). Optymizatsiia mikroelementnoho zhyvlennia silskohospodarskykh kultur (rekomen-datsii)* [Optimization of trace element nutrition of crops (recommendations)]. Kharkiv: NNTs IHA im. O.N. Sokolovskoho, 38 p. (in Ukrainian).
2. *Trufanov O. (2012). Mikroelementy nezaminni dlia normalnoho rostu y rozvytku roslyn* [Trace elements are essential for normal growth and development of plants]. Propozytsiia, no. 5, pp. 50–51 (in Ukrainian).
3. *Vlasiuk P.A. (1969). Biologicheskie elementy v zhiz-nedeyatel'nosti rasteniy* [Biological elements in the life of the plant]. Kyiv: Naukova dumka, 512 p. (in Russian).
4. *Peyve Ya.V. (1980). Agrokhimiya i biokhimiya mikroelementov: Izbr. Trudy* [Agricultural chemistry and biochemistry of trace elements: Fav. works.]. Moskva: Nauka, 426 p. (in Russian).
5. *Yatsuka I.P., Baliuka S.A. (2013). Metodyka provedennia ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silsko-hospodarskoho pryznachennia* [The methodology of agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, 104 p. (in Ukrainian).
6. *Ryzhuk S.M., Lisovoy M.V., Bentsarovskyy D.M. (2003). Metodyka ahrokhimichnoi pasportyzatsii zemel silskohospodarskoho pryznachennia* [Methods agrochemical certification of agricultural lands]. Kyiv, 63 p. (in Ukrainian).
7. *Metodicheskie ukazaniya po opredeleniyu tyazhelykh metallov v pochvakh selkhozugodiy i produktsii rastenievodstva* [Guidelines for determination of heavy metals in the soils of farmland and crop production]. Iss. 2 Revised. and add. Moskva: TsINAО, 1992, 61 p. (in Russian).
8. *Vazhenin I.G. (1976). Metodicheskie ukazaniya po ag-rokhimicheskomu obsledovaniyu i kartografirovaniyu pochv na sodержание mikroelementov* [Guidelines for agrochemical survey and mapping of soils on the content of microelements]. Moskva: VASKhNIL, 40 p. (in Russian).