

- report of Ukraine «20 years of the Chernobyl disaster. Looking into the future»]. (2006). Kyiv: Atika [in Ukrainian].
11. *Nacionalna dopovid Ukrayiny «15 rokiy Chornobylskoyi katastrofy. Dosvid podolannya [National report of Ukraine «15 years of the Chernobyl disaster. Experience overcoming»]. (2001). Kyiv: MNS Ukrayiny [in Ukrainian].*
 12. Yaskovets, I.I., Giryi, V.A., Onishchuk, V.A., & Shpinar, L.I. (2001). Rezultaty dinamicheskogo modelirovaniya radioekologicheskoy obstanovki v Ukrain-skom Polesye i sravneniye ikh s dannymi izmereniy [Results of dynamic modeling of the radioecological situation in the Ukrainian Polesye and comparing them with measurement data]. *Ahroekologichnyy zhurnal – Agroecological journal*, 2, 62–67 [in Ukrainian].
 13. Zakon Ukrainy «Pro oхoronu zemel»: vid 19 cherv. 2003 r. № 962-IV 2003 [Law of Ukraine «On the Protection of Land»]. (2003). *Oriientyr – Reference point*, 29, 1–8 [in Ukrainian].
 14. Ryzhuk, S.M., Lisovyy, M.V., Benczarovskiy, D.M. (2003). *Metodyka agrochimichnoyi pasportyzaciyi zemel silskogospodarskogo pryznachennya [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands]*. Kyiv: Svit [in Ukrainian].
 15. Yaczuk, I.P., Balyuk, S.A. (2013). *Metodyka agrochimichnoyi pasportyzaciyi zemel silskogospodarskogo pryznachennya [Methodology of agrochemical certification of agricultural lands]*. Kyiv: Vikprynt [in Ukrainian].
 16. Kashparov, V.A., Lazarev, N.M., & Perepelyatnykova, L.V. (2007). *Metodyka kompleksnoho radiatsiinoho obstezhennia zabrudnenykh vlaslidok Chornobylskoi katastrofy terytorii (za vynyatkom zony vidchuzhennia) [Methodology of complex radiation survey of the territories contaminated as a result of the Chernobyl catastrophe (excluding the exclusion zone)]*. Kyiv: Atika [in Ukrainian].

Отримано 30.10.2018

УДК 631.81. 631.816.1

ДИНАМІКА ВМІСТУ МІКРОЕЛЕМЕНТІВ І ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СІРОМУ ЛІСОВОМУ ҐРУНТІ ЗА ТРИВАЛОГО ЗАСТОСУВАННЯ ДОБРІВ У СІВОЗМІНІ

О.А. Літвінова¹, О.В. Дмитренко², С.П. Ковальова³

¹ ННЦ «Інститут землеробства НААН»

² ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

³ Житомирська філія ДУ «Інститут охорони ґрунтів України»

Наведено результати досліджень зміни вмісту рухомих форм мікроелементів і важких металів у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті за систематичного застосування органічних і мінеральних добрив. Встановлено, що застосування добрив мало вплив на зростання цих показників у ґрунті порівняно з вихідним станом, але перевищення ГДК за всіма елементами не спостерігалось. Найефективнішою як у процесах накопичення найбільш значущих для життєдіяльності рослин мікроелементів, так і створення високого рівня продуктивності ланки сівозміни виявилась орґано-мінеральна система удобрення (12 т/га гною + N₆₀P₆₀K₆₀). За таких умов відмічено раціональне співвідношення між кальцієм та маґнієм. Застосування органічних добрив, з одного боку, створює умови для відтворення запасів гумусу та оптимізації структури ґрунтового вбирного комплексу, але з іншого, — не забезпечує оптимальних параметрів доступних форм поживних елементів у ґрунтовому середовищі для культур польової сівозміни. Застосування суто мінеральних добрив за високих навантажень у системах удобрення є недоцільним з агрономічного погляду.

Ключові слова: мікроелементи, важкі метали, родючість ґрунту, продуктивність, сівозміна.

На сьогодні основним чинником зміни властивостей ґрунтів у агроландшафтах є антропогенний. Саме господарська

діяльність людини визначає інтенсивність і повноту повернення до ґрунту біогенних елементів, відчужених з урожаєм, зокрема вжиття заходів для поліпшення фізико-

© О.А. Літвінова, О.В. Дмитренко, С.П. Ковальова, 2018

хімічних, фізичних, біологічних властивостей ґрунту, а також включення до циклу ґрунтоутворення сполук і елементів, що є високотоксичними для біоти. Серед останніх — важкі метали (ВМ). Особливістю ВМ є те, що ці елементи — не хімічно синтезовані та нешкідливі для екосистеми загалом. Вони входять до складу магматичних порід і за їх вивітрювання можуть переходити до ґрунтоформних порід та ґрунту. Але їх уміст у нагивних ґрунтах чітко обмежується можливістю біологічних об'єктів рости і розвиватись. Ці елементи мають не лише директивний негативний (токсичний) вплив на біоту екосистеми ґрунту — їх індирективна дія на живі організми полягає у зміні агрохімічних і фізико-хімічних властивостей ґрунтів, а отже, й умов існування агробіогеоценозів.

Як відомо, визначальним щодо кількості хімічних елементів у ґрунтах є їх уміст у ґрунтоформній породі [1, 2]. У лісостеповій зоні — це, в основному, леси та лесоподібні суглинки. Успадкований ґрунтами від материнських порід уміст елементів змінюється під впливом комплексу чинників, які визначають умови ґрунтоутворення у агроландшафтах [3, 4].

Рухомість мікроелементів (МЕ) і ВМ залежить від їх форм умісту в екосистемах. Вважається, що валовий уміст ВМ доцільно використовувати для загальної характеристики стану ґрунтів і оцінювання їх потенційної небезпечності [5, 6]. Натомість вміст рухомих форм металів зумовлює рівень токсичності для біологічних об'єктів і залежить від багатьох чинників, насамперед, від реакції ґрунтового середовища, вмісту гумусу, вологозабезпеченості тощо [7]. За даними науковців частка рухомих форм МЕ і ВМ від валового вмісту у ґрунті становить 0,5–1%.

Визначення вмісту МЕ і ВМ у ґрунті є важливим за дослідження поживного режиму сільськогосподарських культур. На особливу увагу заслуговують результати, одержані у тривалих дослідках, оскільки за цих умов враховується інтегральний вплив чинників, передбачених варіантами сільськогосподарського використання екоотопів.

Останніми десятиліттями перед земле-робством країни гостро постала проблема забезпеченості рослин кальцієм і магнієм. За різних причин відбувається поступове збіднення на ці елементи орного шару ґрунтів. Доцільність регулювання кількості кальцію та магнію розглядається не тільки як засіб нейтралізації ґрунтової кислотності, а, передусім, як істотний чинник оптимізації стану ґрунтового вбирного комплексу (ГВК), процесів синтезу і деструкції органічних речовин. Про існування зв'язку між умістом кальцію, магнію і гумусом у ґрунті свідчать результати наукових досліджень [8]. Крім того, ці елементи беруть участь у біохімічних процесах, що відбуваються впродовж етапів органогенезу культур сівозміни.

Тому дослідження рівня накопичення ґрунтом МЕ та ВМ за систематичного внесення добрив є актуальним, і найповнішу характеристику цих змін можна одержати в умовах стаціонарних дослідів за ведення польових сівозмін.

Мета роботи — дослідити вплив систематичного застосування добрив у польовій сівозміні на накопичення МЕ та ВМ у сірому лісовому ґрунті за різних навантажень мінеральними і органічними добривами.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дослідження проводили впродовж 2016–2018 рр. у стаціонарному досліді відділу агрохімії ДГ «Чабани» ННЦ «Інститут землеробства НААН» на сірому лісовому крупнопилувато-легкосуглинковому ґрунті в п'ятипольній сівозміні: кукурудза на зерно, ячмінь ярий, гречка, горох, пшениця озима. За вихідними пробами орний шар (0–20 см) ґрунту характеризувався середньокислою реакцією ($\text{pH}_{\text{сол.}}$ 4,6), низьким умістом загальною гумусу (1,25%), низькою забезпеченістю гідролізованим азотом (50,8 мг/кг ґрунту), підвищеним умістом рухомого фосфору (168 мг/кг P_2O_5) і середнім умістом обмінного калію (92 мг/кг ґрунту).

Дослід закладено в 2011 р. і розгорнуто в натурі на трьох полях; налічує 11 варіантів, повторення — чотириразове. Посівна

площа ділянки — 52 м², облікова — 22 м². Дефекат у повній нормі гідролітичної кислотності і підстилковий гній великої рогатої худоби (ВРХ) застосовували під кукурудзу на зерно — одинарна доза становить 60 т/га, або в перерахунку на 1 га сівозмінної площі — 12 т, решта культур сівозміни використовували післядію добрив. Одинарна доза для пшениці озимої — N₅₀P₃₀K₅₀.

Аналітичні роботи здійснювали зі зразками ґрунту, відібраними на момент завершення першої ротації сівозміни за вирощування пшениці озимої. Концентрацію рухомих (після вилучення ацетатно-амонійним буферним розчином рН 4,8) форм важких металів і металів-мікроелементів (марганець, цинк, кадмій, мідь, нікель, свинець) — методом атомно-абсорбційної спектрофотометрії за ДСТУ 4770.1:2007, ДСТУ 4770.2:2007, ДСТУ 4770.3:2007, ДСТУ 4770.6:2007, ДСТУ 4770.9:2007. Обмінну кислотність, рН сольове — потенціометричним методом (ДСТУ ISO 10390-2001); гідролітичну кислотність — титриметричним методом Каппена в модифікації ЦІНАО (ГОСТ 26212-91); суму увібраних основ — титриметричним методом Каппена (ГОСТ 27821-88); рухомі форми кальцію та магнію — у витяжці, за Шолленбергером методом атомної абсорбції (ДСТУ 3866-99). Перелічені роботи виконували в лабораторії безпеки земель, якості продукції та довкілля ДУ «Інститут охорони ґрунтів України».

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Установлено, що систематичне застосування добрив у польовій сівозміні впродовж однієї ротації зумовило зміну вмісту рухомих форм кальцію і магнію. Оптимізувати стан ГВК за одночасного підвищення концентрації кальцію та магнію можливо за використання органічних добрив, вапнякових матеріалів, мінеральних добрив, до складу яких входять ці катіони. З початком закладення досліду було здійснено одне вапнування. Вапнякові матеріали вносили в однаковій кількості на всіх ділянках досліду, тому на тлі покращення фізико-

хімічних властивостей та поживного режиму ґрунту залишається можливість відслідкувати вплив різних систем удобрення як на формування ГВК загалом, так і на забезпеченість ґрунту рухомими формами кальцію та магнію.

Дослідження засвідчили, що застосування гною ВРХ сприяло більшому накопиченню обмінного кальцію у ґрунті. Це обумовлено як поверненням до ґрунту кальцію, зв'язаного органікою, так і значно меншим його виносом товарною частиною врожаю порівняно з варіантами, де, окрім органічних добрив, вносили мінеральні, завдяки чому одержано значно вищий урожай.

На відміну від кальцію, особливої зміни щодо вмісту обмінного магнію, — залежно від удобрення, — не зафіксовано (табл. 1). Його вміст у шарі 0–20 см становить 0,3–0,8 мг-екв/100 г ґрунту. Проте найважливішим є його співвідношення з кальцієм. На думку вчених, дефіциту магнію не буде, якщо еквівалентне співвідношення між кальцієм і магнієм дорівнюватиме шести [8]. За результатами наших досліджень ця умова найповніше задовольнялась за таких еквівалентних співвідношень: на ділянках із органічною системою удобрення — 6,3 і органо-мінеральною — 6,8. На ділянках без добрив та за використання лише мінеральної системи удобрення рекомендоване співвідношення порушується, а його величина переважає 10, що свідчить про поглиблення дефіциту доступних форм магнію у ґрунті.

Тривале використання ґрунту в землеробстві за різного агрохімічного навантаження призвело не лише до формування ґрунтових фонів із різним поживним режимом, а й до змін у ГВК.

Так, частка іонів водню та алюмінію, концентрація яких у ґрунтового розчині визначає гідролітичну кислотність, змінювалась у межах 1–2 мг-екв/100 г ґрунту. Закономірно, що ділянки варіантів досліду без внесення добрив та з внесенням гною у кількості 12 т/га орних земель відзначались найнижчим рівнем кислотності ґрунту. Обмінна кислотність (рН_{сол.}) була

Вплив системи удобрення на фізико-хімічні властивості сірого лісового ґрунту (шар 0–100 см), за 2016–2018 рр.

Варіант удобрення (на 1 га орних земель)	Шар ґрунту, см	Обмінна кислотність (рН _{сол.})	Гідролітична кислотність	Сума ввібраних основ	Обмінний кальцій (Ca ²⁺)	Обмінний магній (Mg ²⁺)
Без добрив (контроль)	0–20	5,3	1,23	6,4	4,2	0,3
	0–40	5,3	1,60	6,6	3,7	0,3
	40–60	5,3	1,56	8,2	3,6	0,6
	60–80	5,4	0,83	8,2	7,7	1,4
	80–100	5,1	1,03	11,4	8,1	1,9
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈ + 12 т/га гною	0–20	4,8	1,60	7,8	4,8	0,7
	0–40	4,8	1,28	7,6	4,4	0,8
	40–60	5,2	0,83	9,8	8,4	1,5
	60–80	5,4	0,83	11,8	9,4	1,9
	80–100	5,2	0,83	11,8	7,4	1,7
12 т/га гною	0–20	5,1	1,03	9,4	5,1	0,8
	0–40	5,2	1,03	7,8	5,0	0,9
	40–60	5,5	1,01	10,8	7,0	1,4
	60–80	5,8	0,99	13,6	6,9	1,4
	80–100	5,7	0,67	12,4	1,8	1,4
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈	0–20	4,6	1,98	7,0	4,4	0,4
	0–40	5,7	1,60	10,8	2,8	0,8
	40–60	4,8	1,85	11,6	4,2	0,7
	60–80	5,3	0,83	11,4	3,5	0,9
	80–100	5,3	0,93	11,0	4,5	1,0
НІР ₀₅		0,2	0,2	0,9	0,3	0,1

близькою до слабокислої. Загалом, фізико-хімічні показники на ділянках дослідів відповідали оптимальним параметрам для сірого лісового ґрунту, за винятком обмінної кислотності у варіанті з мінеральною системою удобрення.

Зміни позначилися не лише на внутрішній перебудові ГВК, а й на сумі його вбирних основ. Хоча різниця між варіантами була незначною, але спостерігалась тенденція до її підвищення у варіантах із органічною системою удобрення. Доповнення органічного удобрення мінеральною складовою дещо зривало ГВК. До того ж ці зміни відбувались у відповідності з накопиченням органічних речовин ґрунтом різних варіантів. Отже, було встановлено, що для забезпечення найвищих показників потенційної родючості сірого лісового ґрунту насиченість польової сівозміни

мінеральними добривами має становити близько 188 кг/га НРК, а органічними – 12 т/га сівозміної площі. За таких умов досягається раціональне співвідношення між кальцієм та магнієм. Застосування органічних добрив для відтворення запасів гумусу та оптимізації структури ГВК не забезпечує оптимальних параметрів доступних форм поживних елементів у ґрунтового середовищі для культур польової сівозміни.

Результати досліджень свідчать, що основна частка запасу МЕ і ВМ у ґрунті входить до складу мінералів і є недоступною для рослин, тому під час визначення небезпечності кожного з елементів досліджували вміст їх рухомих фракцій (табл. 2).

Слід зауважити, що для сірого лісового крупнопилувато-легкосуглинкового ґрунту характерною є радіальна міграція низько-

Таблиця 2

Уміст рухомих мікроелементів і важких металів (мг/кг) у сірому лісовому ґрунті за різних систем удобрення (шар 0–20 см), за 2016–2018 рр.

Удобрення (на 1 га орних земель)	Шар ґрунту, см	Марганець	Кобальт	Мідь	Цинк	Кадмій	Свинець
Без добрив (контроль)	0–20	21,8	0,30	0,13	0,70	0,12	0,98
	20–40	20,9	0,27	0,14	0,21	0,11	0,64
	40–60	15,5	0,47	0,11	0,24	0,12	0,75
	60–80	5,7	0,36	0,08	0,21	0,10	0,60
	80–100	5,2	0,16	0,11	0,08	0,09	0,58
12 т гною + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈	0–20	26,1	0,60	0,15	0,20	0,10	1,00
	20–40	21,8	0,49	0,19	0,13	0,10	0,82
	40–60	6,6	0,59	0,12	0,19	0,07	0,78
	60–80	5,7	0,23	0,17	0,09	0,05	0,96
	80–100	5,8	0,39	0,08	0,08	0,08	0,95
12 т гною	0–20	29,6	0,80	0,08	0,55	0,07	0,67
	20–40	17,9	0,70	0,10	0,12	0,07	0,48
	40–60	10,1	0,27	0,11	0,12	0,06	0,72
	60–80	4,1	0,50	0,18	0,14	0,06	0,75
	80–100	4,9	0,35	0,12	0,10	0,04	0,71
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₈	0–20	31,5	0,70	0,15	0,50	0,09	0,92
	20–40	27,1	0,67	0,06	0,39	0,08	0,84
	40–60	12,3	0,64	0,07	0,31	0,09	0,70
	60–80	7,6	0,36	0,23	0,30	0,05	0,35
	80–100	6,9	0,34	0,24	0,35	0,05	0,32
Вихідний уміст (контроль, 2011 р.)	0–20	20,0	0,26	0,12	1,05	0,10	1,00
НІР ₀₅	0–20	9,3	0,11	0,16	0,39	0,05	0,44
ГДК		140	5,0	3,0	23,0	0,7	2,00

молекулярних органічних речовин та мулистих часток, зазвичай багатих на важкі метали, з накопиченням їх в ілювіальному горизонті ґрунтового профілю.

Установлено, що в жодному з варіантів не було зафіксовано перевищення ГДК та фонового вмісту рухомих форм міді, цинку, а також марганцю, кадмію і свинцю для ґрунтів України.

Слід зауважити, що за період 2016–2018 рр. у всіх варіантах дослідження спостерігалась тенденція до підвищення вмісту рухомих форм мікроелементів орного шару ґрунту порівняно з вихідним рівнем. Найбільшим накопиченням МЕ і ВМ було у варіанті з максимальним насиченням мінеральними добривами — 188 кг/га НРК

на фоні 12 т/га сівозмінної площі гною. Вміст міді за цих умов становив 0,15 мг/кг, цинку — 0,20, кобальту — 0,60, свинцю — 1,00 мг/кг ґрунту, тоді як у вихідних зразках — 0,12; 1,2; 0,26 і 1,00 мг/кг ґрунту відповідно. Крім того, вміст рухомих форм марганцю за тривалого застосування добрив збільшився у 1,3 раза.

Отримані дані щодо рухомих, найбільш доступних для рослин сполук МЕ і ВМ, тобто тих, які переходять у ацетатно-амонійний буферний розчин (рН 4,8), свідчать, що вміст міді, цинку, свинцю, кобальту, марганцю був значно вищим або не змінювався у всіх варіантах дослідження порівняно з контрольними зразками ґрунту. Ці результати узгоджуються з даними інших

науковців щодо підвищення рухомих форм МЕ і ВМ у верхньому шарі ґрунту за його інтенсивного використання у землеробстві. Такий ефект є вищим на тлі застосування добрив, оскільки за цих умов метали стають більш рухомими і надходять до організму рослин за дефіциту необхідних мікроелементів.

Незважаючи на загальноприйнятую думку про накопичення МЕ і ВМ лише у верхньому шарі ґрунту і зменшення їхніх запасів з глибиною за профілем до величини фонового вмісту ґрунтотвірної породи, нами виявлено іншу тенденцію.

Так, згідно з отриманими даними, розподіл рухомих форм МЕ і ВМ за профілем ґрунту залежав від особливостей генезису ґрунту — спостерігалася тенденція до збільшення запасів у нижній частині ілювіального гумусованого та верхній — ілювіального горизонтів, що в межах дослідного поля сформувались на глибині 50–80 см, а також зменшення на межі гумусово-елювіального та ілювіального гумусового горизонтів — 25–45 см (табл.).

ВИСНОВКИ

Визначено, що фізико-хімічні показники на ділянках досліді відповідали оптимальним параметрам, встановленим для сірого лісового ґрунту, за винятком величин обмінної і гідролітичної кислотності у варіанті з мінеральною системою удобрення ($N_{60}P_{60}K_{68}$), де вони становили рН 4,6 і 1,98 мг-екв/100 г (для порівняння, у

контрольному варіанті — 5,3 і 1,23 відповідно). Найраціональніше для суглинків співвідношення між кальцієм та магнієм збереглося за органічної системи удобрення (12 т га сівозмінної площі) і органо-мінеральної ($N_{60}P_{60}K_{68} + 12$ т/га гною) — 6,3 і 6,8 відповідно.

Встановлено, що систематичне застосування добрив у польовій сівозміні на сірому лісовому ґрунті мало вплив на накопичення рухомих форм МЕ і ВМ у ґрунті порівняно з показниками вихідного рівня, але перевищення ГДК за всіма елементами не спостерігалось.

Виявлено, що найбільше накопичення МЕ і ВМ відбувалось за органо-мінеральної системи удобрення (12 т/га гною + $N_{60}P_{60}K_{68}$). За таких умов вміст рухомих форм МЕ і ВМ становив: міді — 0,15 мг/кг, цинку — 0,20, кобальту — 0,60, свинцю — 1,00 мг/кг ґрунту, тоді як у вихідних зразках — 0,12; 1,2; 0,26 і 1,00 мг/кг ґрунту відповідно. До того ж вміст рухомих форм марганцю за тривалого застосування добрив зріс у 1,3 раза.

Визначено, що розподіл рухомих форм МЕ і ВМ за профілем ґрунту обумовлено особливостями його генезису — спостерігалася тенденція до збільшення запасів у нижній частині ілювіального гумусового та верхній — ілювіального горизонтів, що у межах дослідного поля сформувались на глибині 50–80 см, і зменшення — на межі гумусово-елювіального та ілювіального гумусового горизонтів на глибині 25–45 см.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Лархер В.* Екологія рослин / В. Лархер. — М.: Наука, 1978. — 384 с.
2. *Лебедевский И.А.* Оценка содержания тяжелых металлов в черноземе, выщелоченном при длительном применении удобрений / И.А. Лебедевский // *Агротехнический вестник*. — 2010. — № 6. — С. 13–16.
3. *Білявський Г.О.* Основи екології: теорія та практикум: навч. посіб. / Г.О. Білявський, Л. І. Бутченко. — К.: Лібра, 2006. — 368 с.
4. *Гаврилов В.Л.* До питання про джерела надходження в ґрунті екзогенних хімічних елементів / В.Л. Гаврилов, В.І. Кисіль, Л.О. Дикач // *Агротехніка та охорона навколишнього середовища: тези доп. ІV з'їзду ґрунтознавців і агрохіміків України* (Харків, 1994 р.). — Х., 1994. — С. 82–84.
5. *Важенин И.Г.* Почва как активная система самоочищения от токсического воздействия тяжелых металлов / И.Г. Важенин // *Химия в сельском хозяйстве*. — 1982. — № 3. — С. 3–5.
6. *Макаренко Н.А.* Контроль за вмістом важких металів у ґрунті / Н.А. Макаренко // *Вісник аграрної науки*. — 2001. — № 4. — С. 55–57.
7. Спосіб оцінювання забрудненості ґрунту / С.Г. Корсун, Л.І. Шкарівська, Г.В. Давидюк, І.І. Клименко // *Аграрна наука — виробництво: Науково-інформаційний бюлетень завершених наукових розробок*. — 2013. — № 4 (66). — С. 14.

8. Кулаковская Т.Н. Некоторые аспекты влияния минеральных удобрений на окружающую среду / Т.Н. Кулаковская // Охрана сельскохозяйствен-

ных угодий и окружающей среды. — Минск: Урожай, 1984. — С. 92–99.

REFERENCES

1. Larher, V. (1978). *Jekologija rastenij [Plant ecology]*. Moskva: Nauka [in Russian].
2. Lebedovskij, I.A. (2010). Ocenka sodержanija tjazhjolih metallov v chernozjome, vyshhelochennom pri dlitel'nom primenenii udobrenij [Estimation of the content of heavy metals in chernozem leached with prolonged use of fertilizers]. *Agrohimicheskij vestnik — Agrochemical Bulletin*, 6, 13–16 [in Russian].
3. Biliavskiy, H.O., Butchenko L.I. (2006). *Osnovy ekologii: teoriia ta praktykum: navch. posib. [Fundamentals of Ecology: Theory and Practice: Teach. manual]*. Kyiv: Libra [in Ukrainian].
4. Havrylov, V.L., Kysil, V.I., Dykach, L.O. (1994). Do pytannia pro dzerela nadkhodzhennia v grunty ekzohennykh khimichnykh elementiv [On the source of the exogenous chemical elements in the soil]. *Agrochemicals and environmental protection '94: IV Z'ezd gruntoznactsviv i ahrokhimikiv Ukrainy (Kharkiv, 1994 r.) — IV Congress of Soil Scientists and Agrochemicals of Ukraine.* (pp. 82–84). Kharkiv [in Ukrainian].
5. Vazhenin, I.G. (1982). Pochva kak aktivnaja sistema samoochishhenija ot toksicheskogo vozdeystvija tjazhelyh metallov [The soil as an active system of self-purification from the toxic effects of heavy metals]. *Himija v sel'skom hozjajstve — Chemistry in agriculture*, 3, 3–5 [in Russian].
6. Makarenko, N.A. (2001). Kontrol za vmistom vazhkykh metaliv u grunty [Control over the content of heavy metals in the soil]. *Visnyk aharnoi nauky — Bulletin of Agrarian Science*, 4, 55–57 [in Ukrainian].
7. Korsun, S.H., Shkarivska, L.I., Davydiuk, H.V., Klymenko, I.I. (2013). Sposib otsiniuvannia zabrudnenosti gruntu [Method of estimation of soil pollution]. *Ahrarna nauka — vyrobnytstvu: Naukovo-informatsiyni biuleten zavershenykh naukovykh rozrobok — Agrarian science-production: Scientific and informational bulletin of the completed scientific developments*, 4 (66), 14 [in Ukrainian].
8. Kulakovskaja, T.N. (1984). Nekotorye aspekty vlijanija mineral'nyh udobrenij na okruzhajushuju sredu [Some aspects of the influence of mineral fertilizers on the environment]. *Ohrana sel'skohozjajstvennyh ugodij i okruzhajushhej sredy [Agricultural land and environment protection]*. Minsk: Urozhaj [in Russian].

Отримано 8.11.2018