

DOI: 10.31319/2519-2884.41.2022.17

УДК 504.064.2

І.Ю. Омеліч, аспірант, асистент, omelych11@hotmail.com

Н.О. Непошивайленко, к.т.н., доцент, nna2013@ukr.net

Дніпровський державний технічний університет, м. Кам'янське

ОЦІНКА РІВНЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ЗЕМЕЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ПРИЗНАЧЕННЯ НА ПРИКЛАДІ ПЕТРИКІВСЬКОЇ ГРОМАДИ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

Визначено концентрації рухомих форм важких металів таких як кобальт, хром, мідь, нікель, свинець, цинк та марганець у пробах ґрунтів сільськогосподарського використання, на яких залучаються заходи інтенсивної сільськогосподарської обробки земель з використанням мінеральних та органічних добрив на прикладі Петриківської громади Дніпропетровської області. З'ясовано, що застосування добрив незалежно від їх походження в екологічно збалансованих обсягах не впливає на забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів. Проведена оцінка рівня екологічної безпеки дослідженої території на основі сумарного показника забруднення сільськогосподарських ґрунтів. Встановлено, що одна з дослідних ділянок має помірно-небезпечний рівень забруднення та несе потенційну небезпеку у надходження рухомих форм важких металів до компонентів довкілля та людини зокрема. Для даної ділянки надано рекомендації щодо контролю обсягів застосування мінеральних добрив та зниження рівня забруднення ґрунтів важкими металами.

Ключові слова: екологічна безпека; рухомі форми важких металів; ґрунт; накопичення; сумарний показник забруднення сільськогосподарських ґрунтів.

Concentrations of mobile forms of heavy metals such as cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc and manganese in agricultural soil samples were determined, on which measures of intensive agricultural treatment of land with the use of mineral and organic fertilizers are involved, on the example of Petrykivka community of Dnipropetrovsk region. It was found that the application of fertilizers, regardless of their origin, in ecologically balanced amounts, does not affect soil pollution with mobile forms of heavy metals. An assessment of the level of ecological safety of the studied territory was carried out based on the total indicator of contamination of agricultural soils. It was established that one of the experimental sites has a moderately dangerous level of pollution and carries a potential danger in the introduction of mobile forms of heavy metals to the components of the environment and to humans in particular. For this area, recommendations have been made to control the amount of mineral fertilizers used and reduce the level of soil contamination by heavy metals.

Keywords: ecological safety; the mobile forms of heavy metals; soil; accumulation; the total indicator of agricultural soil pollution.

Постановка проблеми

Охорона та раціональне використання земель сільськогосподарського призначення — важлива складова екологічної безпеки України.

Інтенсифікація сільського господарства призводить до значного збільшення використання мінеральних добрив та хімічних засобів захисту рослин, що, в свою чергу, зумовлює збільшення вмісту важких металів в ґрунтах, порушуючи агрофізичні властивості ґрунтів та сприяючи переходу й накопиченню важких металів в сільськогосподарській продукції, а також переходу їх в підземні води або із поверхневим стоком у водні об'єкти. Як результат — дані метали, що є надзвичайно токсичними речовинами, які негативно впливають на живі істоти, потраплятимуть в організм людини.

Саме тому, важливо проводити регулярний моніторинг та агрохімічну паспортизацію ґрунтів, що допоможе визначити рівень їх родючості, деградації, стану забруднення, тощо. Проведення комплексної екологічної оцінки земель сільськогосподарського призначення є обов'язковим до виконання вимог у виробництві екологічно безпечних продуктів харчування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Екологічна безпека ґрунтів є важливою складовою безпеки країни. Адже забруднення, деградація, збіднення ґрунтів призводить до зменшення їх родючості, і як результат — зменшення обсягів врожаю та якості сільськогосподарської продукції, що може призвести до продовольчої кризи в масштабах світу та втрати якісних продуктів харчування в масштабах України.

Так, наприклад, вчені встановили, що чорнозем вкрай вразливий до антропогенних змін та під впливом даних чинників швидко деградує втрачаючи гумус [1]. В результаті знижується якість ґрунту, що прямо впливає на його здатність виступати в ролі геохімічного бар'єру та переходу забруднювачів в сільськогосподарську продукцію. Крім того, важкі метали з поверхневим стоком потрапляють у водні об'єкти та завдяки сорбційній здатності ґрунтів, накопичуються в підземних водах. Тому, важливо здійснювати постійний моніторинг вмісту хімічних та біогенних речовин в ґрунтах та проводити екологічну оцінку сільськогосподарських земель.

Брошак І. С., Гевко Р. Б., Никеруй С. С. та ін. [2] відмічають, що в Україні спостерігається вкрай негативна динаміка змін якісних показників ґрунту, що свідчить про зниження їх родючості та погіршення загальної екологічної ситуації. Цьому сприяють ряд факторів, серед яких виділяють, у тому числі, внесення мінеральних та органічних добрив. Адже, як їх нестача, так і надлишок негативно впливають на стан ґрунтів. Крім того, разом з добривами та засобами захисту рослин в ґрунт можуть потрапляти і важкі метали. Наприклад, при внесенні азотних добрив в ґрунт надходить 0,4 мг/кг свинцю та 0,3 мг/кг кадмію, фосфорних добрив — свинцю 13,1 мг/кг та 1,4 мг/кг кадмію [3, 4]. В добрива важкі метали потрапляють із сировиною та в результаті недосконалості технологічних прийомів їх виробництва.

Одним із шляхів забруднення ґрунту важкими металами є внесення органічних добрив. Відомо, що при внесенні у ґрунт органічних добрив в ньому збільшується вміст таких хімічних елементів, як кадмій, плумбум, нікель, хром [5] мідь, цинк та марганець [6].

Незважаючи на те, що добрива, як джерело живлення рослин і фактор врожайності, вивчаються багато років, значення їх як фактору, що впливає на вміст важких металів в ґрунті і переходу їх до рослин та підземних вод [7, 8], вивчено досить мало та ці дані досить суперечливі. З одного боку, в складі мінеральних добрив наявні важкі метали, що потенційно можуть забруднювати усі складові екосистеми. З іншого боку, добрива, активно змінюючи агрохімічні властивості ґрунту, впливають на рухомість важких металів в ґрунті та сприяють зниженню потенційної небезпеки забруднення ними ґрунтів та ґрунтових вод. Отже, використання добрив може стати фактором детоксикації забруднених важкими металами ґрунтів [9].

Варто зазначити, що важкі метали в ґрунт потрапляють не тільки з добривами. Серед природних джерел потрапляння важких металів в навколишнє середовище можна виділити надходження з мінеральних порід при ґрунтоутворюючому процесі або внаслідок різноманітних стихійних явищ (виверження вулканів, вивітрювання гірських порід та ін.). Основними джерелами антропогенного надходження важких металів в природне середовище є промислові підприємства: теплові електростанції, транспорт, металургійні підприємства, кар'єри та шахти з видобутку поліметалевих руд та ін. Технологічні процеси підприємств чорної та кольорової металургії не забезпечені надійними засобами очищення газових викидів, що призводить до значного забруднення атмосфери навколо даних підприємств. Забруднена атмосфера є головним джерелом накопичення важких металів в сільськогосподарських ґрунтах та сільськогосподарській продукції [9, 10].

Проблематика вивчення рівня забруднення ґрунтів важкими металами є надзвичайно актуальною темою, яку вивчали та продовжують вивчати багато вчених. Так, Джордж Холмгрен займався дослідженнями аналізу концентрації свинцю, кадмію, цинку, міді та нікелю у сільськогосподарських ґрунтах [11]. Геохімією ґрунтів та вивченням рухомих форм важких металів в ґрунтах займалися Дж. Кубота, Д. Робертс, Ю. Н. Водяницький, Ю. Є. Саст [12, 13]. Серед вітчизняних науковців варто відзначити Е. Я. Жовинського, Б. Ф. Міцкевича, В. В. Доліна та ін. [14].

У сучасній літературі наведено ряд методик розрахунку поліелементного забруднення ґрунтів, що використовуються з метою екологічної оцінки рівня забруднення ґрунтів важкими металами. Зазвичай порівнюють фонове значення з концентрацією в досліджуваному зразку.

Але, при наявності багатьох складників забруднення виникає потреба в розрахунку інтегрального показника, який би враховував усі забруднюючі компоненти.

Індекс забруднення ґрунту (ІЗГ) [15] розраховується за формулою (1) у порівнянні з гранично-допустимими концентраціями (ГДК) поліютантів у ґрунті:

$$\text{ІЗГ} = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{C_{ГДК}}\right)}{n}, \quad (1)$$

де $C_{ГДК}$ — ГДК важких металів в ґрунті, мг/кг; C_i — фактичний вміст важких металів в ґрунті, мг/кг; n — кількість досліджуваних параметрів.

Однією з переваг даного методу є можливість оцінки ступеню небезпечності забруднення ґрунту відносно показників ГДК. Проте, такий спосіб не враховує тип ґрунту та його регіональні особливості.

Коефіцієнт дисбалансу (C_d), що розраховується за формулою (2), враховує як надлишок так і нестачу важких металів ґрунтів.

$$C_d = \frac{\sum_{i=1}^n \left(\frac{C_i}{C_\phi} - 1\right) \sum_{i=1}^n \left(1 - \frac{C_i}{C_\phi}\right)}{n}, \quad (2)$$

де C_ϕ — фоновий вміст важких металів в ґрунті, мг/кг; C_i — фактичний вміст важких металів в ґрунті, мг/кг; n — кількість досліджуваних параметрів.

Перевагою даного методу є використання фонового значення вмісту важких металів. Автори [16] стверджують, що даний спосіб найбільш підходить для ґрунтів міських систем, особливо при оцінці ступеня порушення їх внаслідок будівництва або іншого інтенсивного антропогенного впливу. Проте, основний недолік полягає в тому, що для даного способу відсутнє нормування.

Найпопулярнішим методом оцінки екологічної безпеки забруднення ґрунтів є розрахунок сумарного показника забруднення Z_c , запропонований Ю. Є. Састом (1990) [17]. При цьому даний спосіб оцінки має певні недоліки, наприклад, він мало підходить для аналізу дуже великих територій, результати не відображають реальну картину стану ґрунтів регіонів. Тому, даний метод екологічної оцінки ґрунтів варто використовувати локально, для невеликих територій, наприклад земель агропромислових підприємств, фермерських господарств, тощо.

Але, все ж таки, даний метод оцінки екологічної безпеки забруднення ґрунтів має ряд переваг. Серед таких варто відмітити чітку градацію ступеня небезпеки, використання фонових значень, простоту розрахунку. Методика враховує кількість елементів, що беруть участь в забрудненні, що дає можливість розрахунку поліелементного забруднення важкими металами ґрунтів. Для розрахунку сумарного показника забруднення Z_c застосовується формула (3):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{C_\phi} - (n - 1), \quad (3)$$

де C_ϕ — фоновий вміст важких металів в ґрунті, мг/кг; C_i — фактичний вміст важких металів в ґрунті, мг/кг; n — кількість досліджуваних параметрів.

Відповідно, критичні значення, що дозволяють охарактеризувати сумарне забруднення Z_c , за ступенем небезпеки [18], наступні:

- $Z_c < 16$ — забруднення вважається безпечним;
- $16 < Z_c < 32$ — помірно-небезпечне забруднення;
- $32 < Z_c < 128$ — небезпечне забруднення;
- $Z_c > 128$ — надзвичайно небезпечним.

Формулювання мети дослідження

Метою роботи є оцінка рівня екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення на прикладі Петриківської громади Дніпропетровської області за даними вмісту рухомих форм важких металів в ґрунтах з різним рівнем інтенсивності сільськогосподарської діяльності в залежності від використання мінеральних та органічних добрив.

Виклад основного матеріалу

В даній роботі для проведення екологічної оцінки ґрунтів сільськогосподарського призначення обрано методику розрахунку сумарного показника забруднення важкими металами

запропоновану Ю. Є. Састом. Оскільки аналіз проводиться для відносно невеликої території, а також визначаються фонові показники рівня вмісту рухомих форм важких металів в ґрунті.

Для оцінки рівня екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення досліджено вміст рухомих форм важких металів в ґрунтах Петриківської громади Дніпропетровської області. Місця відбору проб обрано в межах басейну річки Оріль відносно русла ріки. Відібрано 5 проб ґрунту на відповідних ділянках. П'ята проба ґрунту відібрана в безпосередній близькості до урізу води річки Оріль в межах водоохоронної зони. Місця відбору проб показано на рис. 1.

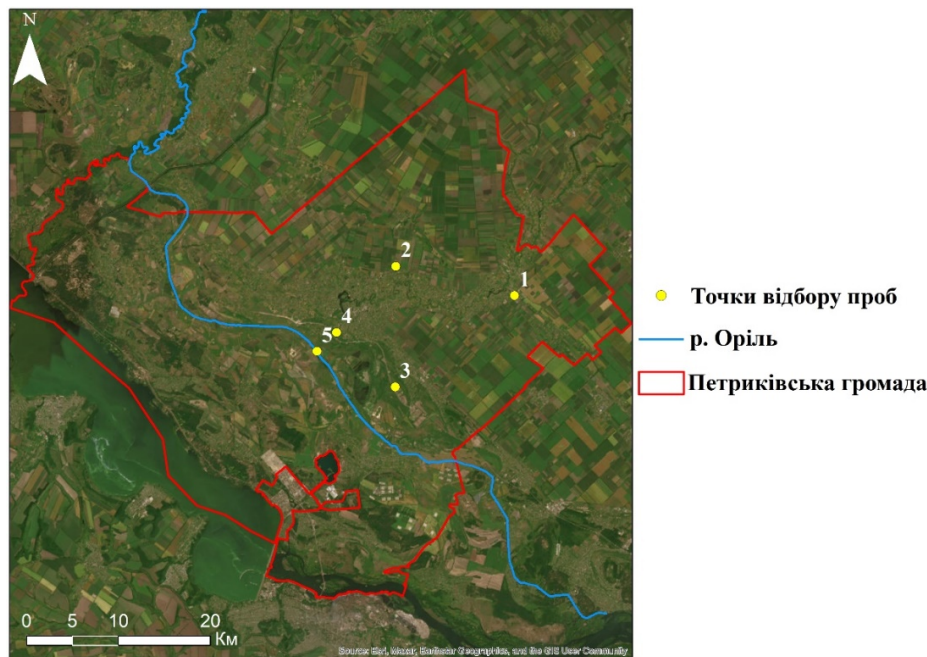


Рис. 1. Місця відбору проб

Проби ґрунту відібрані в наступних місцях:

Ділянка 1 — с/г поле в с. Чаплинка, на відстані 14 км від річки. Тип ґрунту — чорнозем звичайний. Ведеться інтенсивна сільськогосподарська діяльність з регулярним внесенням мінеральних добрив згідно норм.

Ділянка 2 — с/г поле в с. Хутірське, на відстані 8,2 км від річки. Тип ґрунту — чорнозем звичайний. Ведеться інтенсивна сільськогосподарська діяльність з регулярним внесенням мінеральних добрив згідно норм.

Ділянка 3 — с/г поле в с. Лобойківка, на відстані 3,2 км від річки. Тип ґрунту — суглинок. Ведеться екстенсивна сільськогосподарська діяльність з нерегулярним внесенням мінеральних добрив.

Ділянка 4 — город на території приватної садиби в смт Петриківка, на відстані 2 км від річки. Тип ґрунту — супісок. Ведеться екстенсивна сільськогосподарська діяльність з нерегулярним внесенням органічних добрив.

Ділянка 5 — водоохоронна зона на відстані 46 м від річки Оріль в межах с. Клешнівка. Тип ґрунту — чорнозем лучний. Сільськогосподарська діяльність не ведеться.

Місця відбору проб на ділянках 1 — 3 обрані з огляду на те, що на них тривалий час здійснюється сільськогосподарська діяльність з постійним внесенням мінеральних добрив. Місце відбору проб на ділянці 4 обрано з причини того, що ділянка знаходиться в межах приватного домоволодіння, в межах якого в ґрунт вноситься лише органічне добриво. Ділянка 5 розташована в межах водоохоронної зони р. Оріль, отже на ділянці не здійснюється сільськогосподарська діяльність, не вносяться мінеральні та органічні добрива. Ділянка 5 розташована в екологічно чистій місцевості, оскільки в даній частині громади низький ступінь антропогенного

впливу — поблизу відсутня житлова забудова, промислові підприємства, автомобільні шляхи та залізничні колії. Також дана територія зарезервована для національного природного парку «Орільський» [19].

Таким чином, місце відбору проб на ділянці 5 обрано як фонову ділянку для даного дослідження, а результати вмісту рухомих форм важких металів трактували як фонові значення для досліджуваної території.

Проби ґрунту відібрано з кожної дослідної ділянки в жовтні 2021 року в кількості 1 кг. Проби відібрано відповідно до ДСТУ 4287:2004 «Якість ґрунту. Відбирання проб» методом конверта [20].

Підготовлені проби ґрунту масою 50 г було доставлено для дослідження на вміст в них рухомих форм важких металів до випробувальної лабораторії ТОВ «Центр радіоекологічного моніторингу» у м. Жовті Води. Аналіз проведений на атомно-емісійному спектрометрі з індуктивно зв'язаною плазмою IRIS Intrepid II XSP, заводський номер атомно-емісійного спектрометру № 12451, дата останнього калібрування 27.04.2021р. Діапазон вимірів 165-1050 нм. Точність (клас, похибка, невизначеність вимірювання) $D \pm (5-10)\%$.

Методи випробування відповідали наступним нормативним документам: ISO 27085:2009 та міждержавний стандарт ГОСТ 30538-97.

Проби ґрунту досліджувалися на вміст рухомих форм таких важких металів: кобальт, хром трьохвалентний, мідь, нікель, свинець, цинк та марганець.

Визначені фонові значення вмісту рухомих форм важких металів в ґрунтах досліджуваних земель сільськогосподарського призначення Петриківської громади Дніпропетровської області, які порівняно з ГДК та середнім вмістом по Україні. Як наведено в табл. 1, всі концентрації рухомих форм важких металів для дослідної території значно нижчі показників ГДК та не перевищують середніх значень по Україні, окрім свинцю, що може бути зумовлено природним вмістом даного металу.

Таблиця 1. Показники вмісту важких металів в ґрунтах

Контрольований параметр	ГДК важких металів в ґрунті, мг/кг	Середній вміст по Україні, мг/кг	Фонове значення на досліджуваній території, мг/кг
Co	5,0	0,80	0,121
Cr(III)	6,0	0,64	0,032
Cu	3,0	1,20	0,032
Mn	140	78	45
Ni	4,0	0,89	0,101
Pb	6,0	1,16	1,74
Zn	23,0	0,84	0,643

Результати проведених досліджень на вміст у ґрунтах рухомих форм важких металів графічно представлено у вигляді діаграми на рис. 2.

Відповідно до наведених діаграм встановлено, що нікель та мідь (рис. 2, А, В) активно накопичуються в ґрунтах с/г ділянок 1 та 2. Вміст нікелю на ділянці 1 в 4 рази перевищує фонове значення, а міді — в 8 разів, що обумовлено, в тому числі, активним внесенням мінеральних добрив. На ділянці 3 характерний низький вміст даних металів на рівні $0,095 \pm 0,009$ мг/кг для нікелю та $0,018 \pm 0,002$ мг/кг для міді, а для с/г ділянки 4 рівень вмісту нікелю та міді знаходиться в межах фонових значень та складає $0,101 \pm 0,01$ мг/кг і $0,032 \pm 0,003$ мг/кг відповідно. Оскільки нікель і мідь слабо накопичуються в ґрунтах даної ділянки, можна зробити висновок про їх збіднення, адже дані метали відносяться до мікроелементів та їх наявність важлива для нормального розвитку рослин.

Для таких металів як цинк та хром трьохвалентний (рис. 2, С, D) характерний подібний до попереднього розподіл за дослідними ділянками. Як і в попередньому випадку, спостерігається активне накопичення металів в ґрунтах ділянок 1 та 2. В пробі ґрунту ділянки 1 концентрація цинку більша за фонову в понад 4 рази, а на ділянці 2 в три рази перевищує фонову. Концентрація хрому на даних ділянках перевищує фонову майже в три рази. Проте, на обох ділян-

ках 3 та 4 спостерігається концентрація даних металів нижча за фонових значень та знаходиться в межах $0,6 \pm 0,06$ мг/кг та $0,621 \pm 0,06$ мг/кг для цинку, $0,025 \pm 0,002$ мг/кг та $0,03 \pm 0,003$ мг/кг для хрому трьохвалентного відповідно.

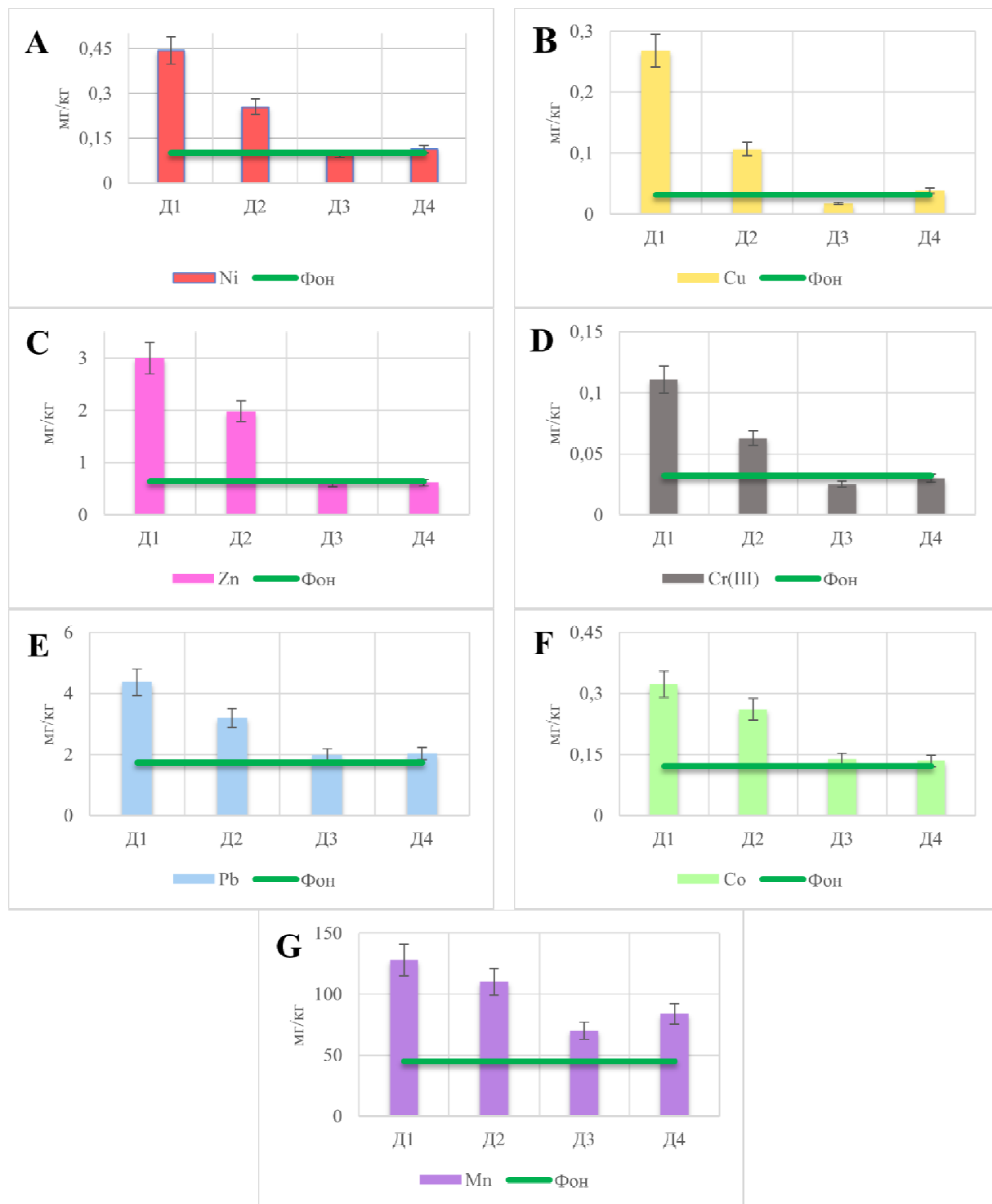


Рис. 2. Результати хімічного аналізу вмісту рухомих форм важких металів в досліджуваних ґрунтах Петриківської громади Дніпропетровської області: А — вміст нікелю, В — вміст міді, С — вміст цинку, D — вміст хрому трьохвалентного, E — вміст свинцю, F — вміст кобальту, G — вміст мангану

Згідно з результатами аналізу, такі метали як свинець, манган та кобальт (рис. 2, Е, F, G) накопичуються в ґрунтах на ділянках сільськогосподарського призначення та їх концентрація перевищує фонові значення. Відтак, для ділянок 1 та 2, як і в інших випадках спостерігається значний, в порівнянні з фоновим, вміст даних важких металів. Для ділянки 1 концентрація даних металів вища в 2,5 рази, а для ділянки 2 — в 2 рази та мають значення в наступних межах: свинець — $3,2 \pm 0,3$ мг/кг — $4,37 \pm 0,4$ мг/кг; кобальт — $0,261 \pm 0,02$ мг/кг — $0,322 \pm 0,03$ мг/кг. Свинець та кобальт на ділянках 3 та 4 мають незначне перевищення фонових показників. Концентрація свинцю на даних ділянках знаходиться в межах $1,99 \pm 0,1$ мг/кг та $2,03 \pm 0,2$ мг/кг, а кобальту — $0,135 \pm 0,01$ мг/кг та $0,139 \pm 0,01$ мг/кг відповідно.

Окремо варто відмітити манган. Даний метал, один з найрозповсюджених в літосфері та важливий для живих організмів мікроелемент, також є складником багатьох комплексних мінеральних добрив. Тому це пояснює високу концентрацію в ґрунтах від 84 ± 8 мг/кг на ділянці 3 та 128 ± 13 мг/кг на ділянці 1. Проте, варто відмітити досить низький фоновий показник в 45 ± 4 мг/кг. Зважаючи на те, що ГДК для даного металу становить 140 мг/кг, можна говорити, що на даних ділянках вміст мангану не перевищує нормативні значення.

Отже, підсумовуючи результати аналізу, можна зробити висновок, що в ґрунтах ділянок 1 та 2 важкі метали акумулюються приблизно однаково. Це пов'язано з типом ґрунту (в обох випадках це чорнозем звичайний) та приблизно однаковою інтенсивністю сільськогосподарської діяльності. Тип ґрунту ділянки 3 — суглинок, даний тип ґрунту важкий, сорбційна здатність невелика, але, як видно з діаграм, важкі метали не накопичуються таким чином як на ділянках 1 та 2. Це може бути пов'язано саме з екстенсивною сільськогосподарською діяльністю, нерегулярним внесенням мінеральних добрив та меншим вмістом гумусу. В останньому випадку (ділянка 4), незважаючи на те, що замість мінеральних добрив в ґрунт вносяться їх органічні аналоги, концентрація усіх досліджених важких металів нижча за ділянки 1 та 2, проте вища ніж на ділянці 3. При цьому, ґрунт на ділянці 4 — легкий супіщаний та має високу сорбційну здатність. Основною причиною такого результату припускається високий вміст важких металів в органічних добривах у тому числі.

Не зважаючи на те, що отримані результати вмісту рухомих форм важких металів у пробах ґрунтів значно нижчі за ГДК, не означає, що досліджені землі сільськогосподарського використання є екологічно безпечними. Враховуючи поліелементний склад мінеральних та органічних добрив, що вносяться в ґрунт при інтенсивному використанні даних земель, а також низькі фонові показники вмісту рухомих форм важких металів, є необхідним проведення додаткових екологічних досліджень. Виникає потреба в оцінці рівня екологічної безпеки досліджених територій шляхом розрахунку показника забруднення ґрунтів важкими металами, який би спирався саме на фонові значення показників. З цією метою оцінку рівня екологічної безпеки земель сільськогосподарського призначення Петриківської громади Дніпропетровської області проведено за методикою розрахунку сумарного показника забруднення важкими металами Z_c [17].

За результатами розрахунків, наведених на рис. 3, встановлено, що для ділянки 1, згідно встановленої класифікації [18], сумарний показник забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами дорівнює $Z_c = 22,39$, що відповідає помірно-небезпечному рівню забруднення територій. Для інших ділянок рівень забруднення територій не перевищують значення $Z_c = 16$, отже дані ділянки можна віднести до умовно чистих та чистих.

Таким чином, на сільськогосподарських угіддях в межах с. Чаплинка (ділянка 1) слід рекомендувати обмежити застосування мінеральних добрив. Адже, рухомі форми важких металів вже депонуються у ґрунтах даних сільськогосподарських угідь та з високою ймовірністю можуть переходити до рослин, що на них вирощуються, й негативно впливати на організм людей, які будуть ці продукти рослинництва вживати в їжу.

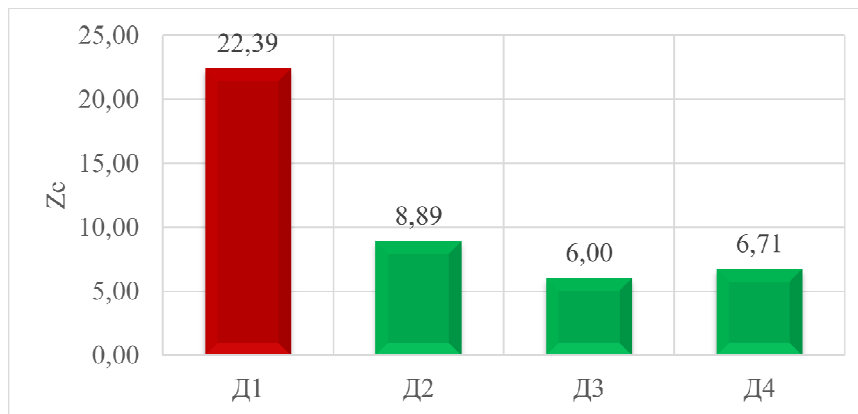


Рис. 3. Результати розрахунку сумарного показника забруднення сільськогосподарських ґрунтів важкими металами

В наслідок необґрунтованої сільськогосподарської діяльності на ділянці 1 ґрунт може зазнати значних втрат гумусового шару, що призведе до зменшення вмісту поживних речовин та корисної мікрофлори, спричинити засолення ґрунтів. В підсумку, збіднений ґрунт перестане бути геохімічним бар'єром між залишками радіонуклідів, пестицидів, ядохімікатів з одного боку та підземними й поверхневими водами, сільськогосподарською продукцією з іншого, що, в свою чергу, призведе до забруднення продуктів харчування та потрапляння надмірної кількості шкідливих полутантів до організму людини.

Тому, для розробки та впровадження науково-обґрунтованих заходів щодо екологічно-збалансованого використання земель сільськогосподарського призначення, необхідно проводити оцінку рівня екологічної безпеки територій, одним із складників якої є ступінь їх забруднення рухомими формами важких металів.

Висновки

Отже, за результатами вмісту рухомих форм важких металів у пробах ґрунтів проведена оцінка рівня екологічної безпеки територій Петриківської громади Дніпропетровської області на основі розрахованого сумарного показника забруднення сільськогосподарських ґрунтів.

Підсумовуючи отримані результати визначення концентрацій рухомих форм важких металів у ґрунтах, встановлено, що для земель сільськогосподарського призначення, на яких ведеться переважно інтенсивна сільськогосподарська діяльність з використанням мінеральних добрив (ділянки 1 — 3), вміст у ґрунтах рухомих форм таких металів як кобальт, хром, мідь, нікель, свинець, цинк та марганець не перевищує гранично-допустимих значень. Визначено значні перевищення над фоновими показниками тих самих металів особливо для ділянок, що обробляються за інтенсивною технологією (ділянки 1 — 2). Отримані суперечливі результати не надали можливості однозначно визначити рівень екологічної безпеки досліджених земель сільськогосподарського використання та віднести їх до категорії екологічно безпечних, що не завдають потенційної шкоди довкіллю та людині, яка вживає сільськогосподарську продукцію, вирощену на таких землях.

З'ясовано, що на ділянці 4, незважаючи на застосування у сільськогосподарській діяльності органічних добрив у порівнянні з ділянками 1 — 3, де в ґрунт вносяться їх мінеральні аналоги, концентрація усіх досліджених важких металів нижча за ділянки 1 та 2, проте вища ніж на ділянці 3. Основною причиною такого результату припущено високий вміст важких металів в органічних добривах у тому числі. Це вказує на те, що застосування добрив незалежно від їх походження в екологічно збалансованих обсягах не впливає на забруднення ґрунтів рухомими формами важких металів, але зловживання добривами та використання їх без попередньої екологічної оцінки земель, може привести до депонування полутантів, особливо в умовах чорноземів, що доведено на прикладі досліджених сільськогосподарських земель.

Запропоновано використовувати сумарний показник забруднення сільськогосподарських ґрунтів рухомими формами важких металів для оцінки рівня екологічної безпеки територій,

що надасть можливість комплексно оцінити небезпеку ведення сільськогосподарської діяльності та її наслідки для людини, що вживає в їжу сільськогосподарську продукцію, вирощену на таких угіддях. За результатами проведених розрахунків встановлено, що ділянки 2 — 4, згідно з класифікацією, можна віднести до умовно чистих та чистих сільськогосподарських угідь. Проте ділянка 1 має помірно-небезпечний рівень забруднення та несе потенційну небезпеку у надходження рухомих форм важких металів до компонентів довкілля та людини зокрема. Для даної ділянки надано рекомендації щодо контролю обсягів застосування мінеральних добрив та зниження рівня забруднення ґрунтів важкими металами.

Список використаної літератури

1. Бужин, О. А., Швиденко, А. В., Куліца, О. С., Заєць, Р. А., & Гора, В. А. (2019). Екологічна безпека: експлуатація ґрунтів у Черкаській області. *Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування*, 1(19), 53–58. [https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1\(19\)-53-58](https://doi.org/10.31471/2415-3184-2019-1(19)-53-58)
2. Брошак І.С. Моніторинг ґрунтів, шляхи покращення родючості та екологічної безпеки земель тернопільської області: монографія/ І. С. Брошак, Р. Б. Гевко, С. С. Никеруй, А. О. Вітровий, Б. І. Ориник, В. Ф. Скаржинський. Тернопіль: Видавн.-поліграф. центр «Еконо-мічна думка», 2013. 160с.
3. Ткачук О. П. Особливості забруднення зернової продукції важкими металами в умовах Вінницької області / О. П. Ткачук, Л. А. Яковець // *Сільське господарство та лісівництво* / О. П. Ткачук, Л. А. Яковець., 2016. С. 179–186.
4. Яструб Т. О. Проблема важких металів при виробництві і використанні фосфоровмісних мінеральних добрив (на прикладі кадмію, свинцю, арсену) / Т. О. Яструб, В. В. Кірсенко, С. В. Вакал, М. М. Коршун // *Український журнал з проблем медицини праці*. 2013. № 3. С. 42-49.
5. Денчиля-Сакаль Г. М. Фітотоксикологічна оцінка рівня забруднення ґрунту Zn^{2+} та Cu^{2+} за реакціями *Trifolium pratense* L. : дис. канд. біол. наук : 03.00.16 «Екологія» / Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара. Дніпро, 2021. 149 с.
6. Динаміка важких металів у ґрунті за органічної технології виробництва хмелю / О. Стецюк, Л. Кириченко, В. Любченко, Т. Ратошнюк // *Збірник праць учасників X Міжнародної науково-практичної конференції «Органічне виробництво і продовольча безпека»* / О. Стецюк, Л. Кириченко, В. Любченко, Т. Ратошнюк. – Житомир: ПП "Євро-Волинь", 2022. С. 221–223.
7. Ефективність використання комплексного біологічного препарату «Мегаврожай» на формування показників врожайності та якості зерна пшениці озимої / І. О. Дерев'яно, Д. Д. Гончарова, Ю. С. Подпряткова, П. А. Аксенко. // *Аграрні інновації*. 2022. №14. С. 23–29. doi: <https://doi.org/10.32848/agrар.innov.2022.14.4>
8. Жатов О. Г. Роль мінеральних добрив у процесі формування високоврожайного посіву ячменю / О. Г. Жатов, Г. В. Гуліда // *Вісник Сумського національного аграрного університету* / О. Г. Жатов, Г. В. Гуліда., 2011. (Агрономія і Біологія; 4). С. 61–64.
9. Овчаренко М. М. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение / М. М. Овчаренко. М.: Пролетарский светоч, 1997. 290 с.
10. Богуля, О. О. Шляхи потрапляння важких металів у ґрунт / О. О. Богуля, В. Д. Вербицький ; наук. керівник Л. А. Шевченко // *Новітні технології сучасного суспільства (НТСС-2021): тези доповідей* : Ч. І. Чернігів : НУ «Чернігівська політехніка», 2021. С. 78-79.
11. Holmgren, G. G. S., Meyer, M. W., Chaney, R. L., & Daniels, R. B. (1993). Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *Journal of Environmental Quality*, 22, 335–348.
12. Kubota, J. (1964). Cobalt content of New England soils in relation to cobalt levels in forages for ruminant animals. *Soil Science Society of America*, 28, 246–251.
13. Roberts, D., Nachtgall, M., & Sparks, D. L. (2005). Speciation of metals in soils. In M. A. Tabatabai, & D. L. Sparks (Eds.), *Chemical processes in soils*. Book Series No. 8. (p. 619–654). *Madison, WI: Soil Science Society of America*

14. Еколого-геохімічні дослідження об'єктів довкілля України / За ред. Е. Я. Жовинського, І. В. Кураєвої. К.: Альфа-реклама, 2012. 156 с.
15. Богданов Н. А. Метод оценки состояния земель по индексу загрязнения почв / Н. А. Богданов, Ю. С. Чуйков, В. С. Рыбкин // *Астраханский вестник экологического образования*. 2013. № 1(23). С. 102-112.
16. Экологические основы природопользования / под ред. Н. П. Грицан; Н. П. Грицан, Н. В. Шпак, Г. Г. Шматков, А. Г. Шапарь, А. П. Бабий, Т. Н. Долгова, В. Л. Нестеренко, В. В. Федотов; Нац. Акад. Наук Украины, ин-т проблем природопользования и экологии, гос. упр. эколог. безопасности в Днепропетр. обл., Днепропетр. регион. центр устойчивого развития. – Днепропетровск: [б.и.], 1998. 409 с.
17. Сагет Ю. Е. Геохимия окружающей среды / Ю. Е. Сагет, Б. А. Ревич, Е. П. Янин. М: Недра, 1990. 325 с.
18. Выборов С.Г., Павелко А.И., Щукин В.Н., Янковская Э.В. Оценка степени опасности загрязнения почв по комплексному показателю нарушенного геохимического поля // *Современные проблемы загрязнения почв. Межд. научн. конф. М., 2004. С. 195-197.*
19. «Програма формування та розвитку національної екологічної мережі Дніпропетровської області на 2006 –2015 роки» Департаменту екології та природних ресурсів Дніпропетровської облдержадміністрації. Дніпропетровськ. 2005. 25 с.
20. ДСТУ 4287: 2004 Якість ґрунту. Відбирання проб. Київ: Держспоживстандарт України, 2005, 9 с.

**ASSESSMENT OF THE LEVEL OF ENVIRONMENTAL SECURITY OF
AGRICULTURAL LANDS ON THE EXAMPLE OF PETRYKIVKA COMMUNITY
OF DNIPROPETROVSK REGION**

Omelych I., Neposhyvailenko N.

Abstract

A chemical analysis of agricultural soils, on which various approaches to agricultural land treatment using mineral and organic fertilizers are involved, was carried out on the example of Petrykivka community of Dnipropetrovsk region. Concentrations of mobile forms of heavy metals were determined: cobalt, chromium, copper, nickel, lead, zinc and manganese in data samples soils. It was established that there is no exceedance of the maximum permissible concentrations of mobile forms of heavy metals in the soil samples of the studied areas. When comparing the obtained concentration values with the background indicators, it was found that they were mostly exceeded. The assessment of the level of ecological safety of the agricultural lands of the Petrykivka community of the Dnipropetrovsk region was carried out using the selected methodology. It was established that one of the experimental sites has a moderately dangerous level of pollution and carries a potential danger in the flow of mobile forms of heavy metals to the components of the environment and to humans in particular. For this area, recommendations have been made to control the amount of mineral fertilizers used and reduce the level of soil contamination by heavy metals.

References

- [1] Buzhyn, O., Shvydenko, A., Kulitsa, O., Zaiets, R., Hora, V. (2019). *Ekolohichna bezpeka: ekspluatatsiia gruntiv u Cherkaskii oblasti* [Environmental safety: soils exploitation in Cherkasy oblast]. *Ekolohichna bezpeka ta zbalansovane resursokorystuvannia – Environmental safety and balanced use of resources* 1(19), 53–58. [in Ukrainian]. doi:10.31471/2415-3184-2019-1(19)-53-58
- [2] Broshchak, I.S., Hevko, R.B., Nykerui, S.S., Vitrovyi, A.O., Orynyk, B.I., Skarzhynskyi, V.F. (2013) *Monitorynh gruntiv, shliakhy pokrashchennia rodiuchosti ta ekolohichnoi bezpeky zemel ternopilskoi oblasti: monohrafiia*. [Soil monitoring, ways to improve the fertility and ecological safety of lands of the Ternopil region: monograph]. Ternopil: Vydavn.-polihraf. tsentr «Ekonomichna dumka», P. 160. [in Ukrainian]

- [3] Tkachuk, O.P., Yakovets, L.A. (2016). Osoblyvosti zabrudnennia zernovoi produktsii vazhkymy metalamy v umovakh Vinnytskoi oblasti. [Peculiarities of contamination of grain products with heavy metals in Vinnytsia region]. *Silke hospodarstvo ta lisivnytstvo – Agriculture and forestry* P. 179–186. [in Ukrainian]
- [4] Yastrub, T.O., Kirsenko, V.V., Vakal, S.V., Korshun, M.M. (2013). Problema vazhkykh metaliv pry vyrobnytstvi i vykorystanni fosforovmisnykh mineralnykh dobryv (na prykladi kadmiu, svyntsiu, arsenu). [The problem of heavy metals in the production and use of phosphorus-containing mineral fertilizers (for example, cadmium, lead, arsenic)]. *Ukrainskyi zhurnal z problem medytsyny pratsi – Ukrainian journal on problems of occupational medicine*. № 3, P. 42-49. [in Ukrainian]
- [5] Denchylia-Sakal H. M. (2021). Fitotoksykologichna otsinka rivnia zabrudnennia ґruntu Zn²⁺ ta Cu²⁺ za reaktsiiamy *Trifolium pratense* L [Phytotoxicological evaluation of the level of soil contamination with Zn²⁺ and Cu²⁺ according to the reactions of *Trifolium pratense* L]. Extended abstract of the candidate's thesis. Dnipro, 2021. P. 149. [in Ukrainian]
- [6] Stetsiuk, O., Kyrychenko, L., Liubchenko, V., Ratoshniuk, T. (2022). Dynamika vazhkykh metaliv u hrunti za orhanichnoi tekhnolohii vyrobnytstva khmeliu [Dynamics of heavy metals in the soil under the organic technology of hop production]. *Zbirnyk prats uchasnykiv Kh Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi konferentsii «Orhanichne vyrobnytstvo i prodovolcha bezpeka» - Collection of works of the participants of the 10th International Scientific and Practical Conference "Organic Production and Food Safety"*. Zhytomyr: PP "Ievro-Volyn", 221–223. [in Ukrainian]
- [7] Derevianko, I.O., Honcharova, D.D., Podpriatova, Yu.S., Aksenko, P.A. (2022). Efektyvnist vykorystannia kompleksnoho biolohichnoho preparatu «Mehavrozhai» na formuvannia pokaznykiv vrozhaivosti ta yakosti zerna pshenytsi ozymoi [The effectiveness of the use of the complex biological preparation "Megavrozhai" on the formation of indicators of yield and grain quality of winter wheat]. *Ahrarni innovatsii – Agricultural innovations*, №14, 23–29. doi: 10.32848/agra.innov.2022.14.4 [in Ukrainian]
- [8] Zhatov, O.H., Hulida, H.V. (2011). Rol mineralnykh dobryv u protsesi formuvannia vysokovrozhaivnoho posivu yachmeniu [The role of mineral fertilizers in the process of forming a high-yielding barley crop]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu - Bulletin of the Sumy National Agrarian University*, (Ahronomiia i Biolohiia; 4), 61–64. [in Ukrainian]
- [9] Ovcharenko M. M. (1997). Tyazhelye metally v sisteme pochva-rastenie-udobrenie [Heavy metals in the soil-plant-fertilizer system] M.: Proletarskij svetoch, P. 290 [in Russian]
- [10] Bohulia, O.O., Verbytskyi, V.D. (2021). Shliakhy potrapliannia vazhkykh metaliv u grunt [Ways to consume important metals from the ground]. *Novitni tekhnolohii suchasnoho suspilstva (NTSS-2021): tezy dopovidei. Ch. I. - New Technologies of Daily Suspension (NTSS-2021): abstracts of additional reports: Part I.*, Chernihiv: NU «Chernihivska politekhnika», 78-79. [in Ukrainian]
- [11] Holmgren, G. G. S., Meyer, M. W., Chaney, R. L., & Daniels, R. B. (1993). Cadmium, lead, zinc, copper, and nickel in agricultural soils of the United States of America. *Journal of Environmental Quality*, 22, 335–348.
- [12] Kubota, J. (1964). Cobalt content of New England soils in relation to cobalt levels in forages for ruminant animals. *Soil Science Society of America*, 28, 246–251.
- [13] Roberts, D., Nachtgall, M., & Sparks, D. L. (2005). Speciation of metals in soils. In M. A. Tabatabai, & D. L. Sparks (Eds.), *Chemical processes in soils*. Book Series No. 8. (p. 619–654). *Madison, WI: Soil Science Society of America*
- [14] Zhovynskyi, E.Ya., Kuraieva, I.V. (2012). Ekoloho-heokhimichni doslidzhennia ob'ektiv dovkillia Ukrainy [Ecological and geochemical studies of environmental objects of Ukraine]. K.: Alfa-reklama, 156. [in Ukrainian]
- [15] Bogdanov, N.A., Chujkov, Yu.S., Rybkin, V.S. (2013). Metod ocenki sostoyaniya zemel po indeksu zagryazneniya pochv [A method for assessing the state of lands according to the soil pollution index]. *Astrahanskij vestnik ekologicheskogo obrazovaniya - Astrakhan Bulletin of Environmental Education*, № 1(23), 102-112. [in Russian]
- [16] Grican, N.P., Shpak, N.V., Shmatkov, G.G., Shapar, A.G., Babij, A.P., Dolgova, T.N., et al. (1998). Ekologicheskie osnovy prirodopolzovaniya [Ecological bases of nature management].

- Nac. Akad. Nauk Ukrainy, in-t problem prirodopolzovaniya i ekologii, gos. upr. ekolog. bezopasnosti v Dnepropetr. obl., Dnepropetr. region. centr ustojchivogo razvitiya. – Dnepropetrovsk: [b.i.], P. 409. [in Russian]
- [17] Saet, Yu.,E., Revich, B.A., Yanin, E.P. (1990). Geohimiya okruzhayushej sredy [Environmental geochemistry]. M: Nedra, P. 325 [in Russian]
- [18] Vyborov S.G., Pavelko A.I., Shukin V.N., Yankovskaya E.V. (2004). Ocenka stepeni opasnosti zagryazneniya pochv po kompleksnomu pokazatelyu narushennogo geohimicheskogo polya [Assessing the degree of danger of soil pollution by a complex indicator of a disturbed geochemical field]. Sovremennye problemy zagryazneniya pochv. Mezhd. nauchn. konf. - Modern problems of soil pollution. Int. scientific conf. M., 195-197. [in Russian]
- [19] «Prohrama formuvannia ta rozvytku natsionalnoi ekolohichnoi merezhi Dnipropetrovskoi oblasti na 2006 –2015 roky» Departamentu ekolohii ta pryrodnykh resursiv Dnipropetrovskoi obldershadministratsii. (2005) ["Program for the formation and development of the national ecological network of the Dnipropetrovsk region for 2006-2015" of the Department of Ecology and Natural Resources of the Dnipropetrovsk Regional State Administration]. Dnipropetrovsk. P. 25. [in Ukrainian]
- [20] Natsionalnyi standart Ukrainy. DSTU 4287: 2004. Yakist gruntu. Vidbyrannia prob [National standard of Ukraine. DSTU 4287: 2004. Soil quality. Sampling of samples] (2005). Kyiv: DP «UkrNDNTs».