

УДК 504.054

МОНІТОРИНГ ЕЛЕМЕНТНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ**О. Ю. БОБУНОВ**, аспірант, <https://orcid.org/0000-0002-5754-9892>

E-mail: Bobunov.nubip@gmail.com

С. В. МІДИК, кандидат ветеринарних наук, старший дослідник,<http://orcid.org/0000-0002-2682-2884>

E-mail: svit.mid@gmail.com

О. І. ХИЖАН, кандидат хімічних наук, доцент,<http://orcid.org/0000-0002-2682-2884>

E-mail: olenakhyzhan@nubip.edu.ua

Л. О. КОВШУН, Доктор технічних наук, професор,<http://orcid.org/0000-0002-2682-2884>

E-mail: kovshunlidiia@nubip.edu.ua

Національний університет біоресурсів і природокористування України[https://doi.org/10.31548/dopovidi4\(104\).2023.005](https://doi.org/10.31548/dopovidi4(104).2023.005)

***Анотація** Дослідження проводили в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України. Для визначення елементного складу та важких металів були відібрані зразки ґрунтів у весняно-літній період на території господарств п'яти областей України: Київської (Броварський район), Херсонської, Львівської (Пустомитівський район), Рівненської (Млинівський район), Чернігівської області (Сосницький район). Ґрунтові зразки відбирали з глибини 0–10 см гумусового ґрунтового профілю. Середню пробу дослідної точки отримували змішуванням п'яти окремих зразків, які були відібрані з характерної ділянки площею до 100 м². Оцінку вмісту важких металів проводили атомно-емісійною спектрометрією з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AES). Вимірювання елементного складу проб проводили на атомно-емісійному спектрофотометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою IRIS Interpid II XSP (Thermo Elemental, США). Межа детектування методу 0,1 мг/кг. У якості стандарту використовували ICP multi-element standart solution IV (Mercks KGaA, Germany). Забруднення ґрунтів спостерігали на моніторингових ділянках, що перебувають під впливом промислових підприємств різного профілю: хімічної промисловості та енергетики. Ділянки спостережень характеризуються середнім (помірно небезпечним) та високим (небезпечним) рівнем забруднення. Виділено техногенні геохімічні асоціації важких металів у ґрунтах. Аналіз ґрунтів Київської області показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки, концентрація важких металів знаходяться в межах ГДК, що свідчить про можливість в місцях одібраних зразків ґрунту вирощування екологічної сільськогосподарської продукції. В жодному з п'яти господарств вміст Cd не перевищує рівень гранично-допустимої концентрації. Підвищений рівень вмісту Zn в зразках Херсонської, Рівненської, Львівської областей може бути пов'язано, як з геоморфологією досліджуваних територій, так і з*

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

антропогенним навантаженням на них, а саме: пожеж, внесенням пестицидів та мінеральних добрив, техногенного забруднення. Результати моніторингу дають можливість оцінювати ризики забруднення рослин і робити прогноз вірогідності вирощування у цих умовах екологічно безпечної сільськогосподарської продукції.

Ключові слова: ґрунт, важкі метали, забруднення, кадмій, концентрація, моніторинг, свинець, цинк

Актуальність. Ґрунти є незамінним природним ресурсом і першоджерелом для одержання сільськогосподарської продукції. Тому, екологічний стан ґрунтів визначатиме безпеку об'єктів сільського господарства, які одержані на цих ґрунтах.

Принцип нормування вмісту шкідливих речовин в орному шарі ґрунту (ГДКг) базується на тому, що потрапляння їх в організм проходить через контактуючі з ґрунтом середовища, а саме: рослини, повітря, вода. Речовини можуть мігрувати в атмосферне повітря або ґрунтові води, знижувати врожайність або погіршувати якість сільськогосподарської продукції. Елементний склад ґрунту – це основна хімічна характеристика ґрунту, яка необхідна для розуміння його властивостей, генезису і родючості. У багатьох регіонах ще збереглися в ґрунтах підвищені запаси елементів живлення, накопичені за часи інтенсивної хімізації. Тому моніторинг елементного складу ґрунтів є актуальним питанням сьогодення.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Збалансований

мінеральний склад ґрунтів - це основа високого показника врожайності. До найважливіших з них відносяться елементи, без яких неможливе утворення білків, - N, P, S, Fe, Mg; такі елементи, як K, Ca, Mg, Na впливають на регуляцію роботи клітин і формування різних тканин рослин (Лозовицький, 2013). Крім того, проблема забруднення довкілля важкими металами є однією з найважливіших проблем сучасності та найближчого майбутнього. Накопичення і забруднення екополлютантами відбувається під впливом двох чинників: природного та антропогенного – переважання останнього зростає протягом останніх років. Це, насамперед, може бути обумовлено збільшенням різноманітних джерел забруднення (транспорт, промислові підприємства, побутові відходи) на відносно невеликій площі. Забруднення ґрунту важкими металами призводить до зниження врожайності і якості сільськогосподарської продукції (Кураєва, 2016).

Надходження важких металів у ґрунт визначає можливість їх міграції у ґрунтові води, рослини, а відтак і створює небезпеку для здоров'я

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

людини. Зміна клімату призвела до збільшення посушливості на території України, що спричинило дефіцит вологи для сільськогосподарських рослин. Нестача вологи може призвести до накопичення шкідливих елементів, зокрема важких металів, у сільськогосподарських культурах, які споживає людина. (Ulianych, 2018).

Особливу небезпеку становлять рухомі форми важких металів, (зокрема: Zn, Cd, Ni, Pb, Cu), які характеризуються високою міграційною здатністю у об'єктах довкілля і є легкодоступними для рослин (Гумницький, 2007, Гумницький, 2008). Особливістю важких металів є також те, що вони, на відміну від органічних токсикантів, не розкладаються, один раз включившись в біогеохімічні цикли, можуть зберігати свою біологічну активність необмежений час. Міжнародний досвід на прикладі Території Середнього Спішу в Словаччині, яка була об'єктом багатовікової гірничодобувної діяльності демонструє, що вміст важких металів у ґрунтах деяких ділянок може перевищувати гранично допустимі норми, з дуже високими рівнями забруднення для Fe, Cd і Hg. Зразки овочів також показали високі рівні деяких важких металів, таких як Cu, Pb і Hg. Однак оціночні значення добового споживання для всіх важких металів були нижчими за їхнє допустиме добове споживання.

(Musilová, 2022). Дослідження підкреслило необхідність постійного моніторингу ґрунтів і сільськогосподарських культур для зменшення потенційних ризиків для здоров'я людини.

Зважаючи на значимість негативного впливу важких металів на екологічний стан та родючість ґрунтів, якість сільськогосподарської продукції, умов існування біоти і здоров'я людини, необхідно, з одного боку, поліпшувати контроль за їх надходженням в екосистеми, а з іншого - удосконалювати технології промислового виробництва з метою зменшення викидів важких металів у навколишнє природне середовище. (Чорна, 2018)

Ще один підхід до оцінки концентрації свинцю, міді, кадмію та цинку в ґрунті з різним рівнем рН, а також ступеню забруднення та впливу забруднення ґрунту на концентрацію важких металів в овочах застосований у 2018 році на Технологічному факультеті в Тузлі. Зразки ґрунту були відібрані з ділянки, де вирощувалися різні овочеві культури для органічного сільськогосподарського виробництва. Деякі зразки ґрунту були використані для моніторингу природного вмісту важких металів, тоді як інші були штучно забруднені з підвищеним вмістом металів. Концентрації важких металів у ґрунті та овочах вимірювали за допомогою різних аналітичних методів, таких як

атомно-абсорбційна спектроскопія, оптична емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою та диференціальна імпульсна вольтамперометрія анодного розряду. (Imširović, 2019)

Мета дослідження полягає в одержанні нових даних про елементний склад ґрунтів для оцінки еколого-геохімічної ситуації регіонів України і є основою для розробки заходів щодо недопущення погіршення нинішнього стану і оздоровлення агроландшафтів шляхом коригування елементного складу ґрунтів.

Матеріали і методи дослідження. Дослідження проводили в Українській лабораторії якості і безпеки продукції АПК НУБіП України, яка акредитована згідно ДСТУ ISO/IEC 17025. Для визначення елементного складу та важких металів були відібрані зразки ґрунтів у весняно-літній період на території господарств п'яти областей України: Київської (Броварський район), Херсонської, Львівської (Пустомитівський район), Рівненської (Млинівський район), Чернігівської області (Сосницький район). Ґрунтові зразки відбирали з глибини 0–10 см гумусового ґрунтового профілю. Середню пробу дослідної точки отримували змішуванням п'яти окремих зразків, які були відібрані з характерної ділянки площею до 100 м².

Одним з сучасних методів виявлення та кількісної оцінки вмісту важких металів є атомно-емісійна спектроскопія з індуктивно зв'язаною плазмою (ICP-AES), яка характеризується високою чутливістю, точністю й оперативністю, тому придатна для рутинного аналізу органічних, неорганічних речовин і мінералів (Khan et al, 2021, He et al, 2017). Пробопідготовку зразків для визначення хімічних елементів у ґрунті для визначення методом ICP-AES проводили відповідно до методики (Kimbrough et al, 1989). А саме, проби ґрунту для хімічного аналізу висушують до повітряно-сухого стану. Для визначення хімічних елементів пробу ґрунту в лабораторії розсипають на папері і розминають товкачиком великі грудки. Потім вибирають включення - коріння рослин, комах, каміння, скло, вугілля, кістки тварин, а також новоутворення - грузи гіпсу, вапняні журавчики та ін. Ґрунт розтирають у ступці товкачиком. Наважку ґрунту 1 г поміщають в конічну колбу V=100 см³, додають 10 см³ HNO₃ (1:1), накривають годинниковим склом та нагрівають при T=95°C протягом 10 хв. Додають 5 см³ конц. HNO₃, знову накривають годинниковим склом та гріють при T=95°C протягом 30 хв. Ця процедура повторюється за необхідності до закінчення окислення проби. Випарюють розчин до об'єму 10 см³. Охолоджують приблизно 30

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

хв. Додають 2 мл води та 3 см³ H₂O₂ і нагрівають проби до 95 °С; додаємо H₂O₂ порціями по 2 см³ до закінчення виділення бульбашок. Фільтрують розчин проби в скляну мірну колбу V=100 см³, додають 4 см³ розчину скандію, концентрацією 50 мг/дм³ і доводимо до мітки деіонізованою водою. Розведення проби дорівнює 100 разів.

Вимірювання елементного складу досліджуваних проб проводили на атомно-емісійному спектрофотометрі з індуктивно-зв'язаною плазмою IRIS Interpid II XSP (Thermo Elemental, США). Межа детектування методу 0,1 мг/кг. У якості стандарту використовували ICP multi-element standart solution IV (Mercks KGaA, Germany).

Результати дослідження та їх обговорення. Ґрунти містять можуть містити майже всі елементи періодичної системи. У ґрунтах майже всі елементи є обов'язковими і необхідними. Особливістю елементного складу є великий діапазон концентрацій. Аналіз забруднення ґрунтів важкими металами показав, що найвищий коефіцієнт небезпечності свинцю виявлено у ґрунті, на якому вирощували пшеницю, а найнижчий коефіцієнт небезпечності свинцю та кадмію спостерігалось на ґрунтах луків. (Гуцол, 2020) Київська область посідає особливе місце серед областей України як за соціально-політичним значенням, так і за

складністю та неоднорідністю природних умов завдяки її географічному положенню на межі Полісся та Лісостепу. Вагоме господарське значення регіону як виробника сільськогосподарської продукції, переважання в ґрунтового покриві родючих ґрунтів зумовили провідну роль земельного фонду Київщини (Яцук, 2014). Херсонська область являє собою розвинений агропромисловий регіон. Систематичне використання земельного фонду вимагає здійснення ретельного контролю за рівнем вмісту елементного складу. Найпоширенішими типами ґрунтів в області є черноземи південні малогумусні (46,1%), заликові слабо- і середньо солонцюваті ґрунти (36,1%), а також солонцові каштанові ґрунти (Зайченко, 2014). Найпоширенішими типами ґрунтів Рівненській області є дерново-підзолисті, опідзолені, дерново-оглеєні та болотні ґрунти. 60% дерново-підзолистих ґрунтів області інтенсивно використовуються в сільськогосподарському виробництві. Ґрунтовий покрив Львівщини представлений переважно дерновими, дерново-підзолистими та сірими, сірими опідзоленими ґрунтами, які відрізняються невисоким рівнем природної родючості та легко піддаються деградаційним процесам. Результати елементного аналізу ґрунтів наведено в табл.1-5.

1. Елементний аналіз зразків ґ ґрунту Київської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	4,52	±0,41	4,38	±0,40
Масова частка заліза, Fe, г/кг	4,35	±0,39	4,26	±0,39
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	1,16	±0,13	1,12	±0,12
Масова частка калію, K, мг/кг	880,07	±101,49	845,07	±98,05
Масова частка магнію, Mg, мг/кг	735,61	±87,15	720,61	±85,64
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	158,60	±23,67	161,12	±23,90
Масова частка натрію, Na, мг/кг	88,95	±14,48	86,95	±14,21
Масова частка барію, Ba, мг/кг	38,08	±7,04	36,86	±6,85
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	18,47	±3,81	17,92	±3,71
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	7,32	±1,74	7,39	±1,75
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	7,03	±1,68	7,14	±1,70
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	5,56	±1,37	5,57	±1,38
Масова частка міді, Cu, мг/кг	3,63	±0,96	3,37	±0,90
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	3,31	±0,88	3,19	±0,86
Масова частка літію, Li, мг/кг	3,12	±0,84	2,96	±0,80
Масова частка бору, B, мг/кг	3,05	±0,83	2,77	±0,76
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	2,20	±0,63	2,21	±0,63
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Аналіз одержаних результатів елементного аналізу ґрунтів Київської області (таблиця 1) показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки концентрація кобальту, нікелю, хрому, міді, а також

цинку була нижча за ГДК в деяких позиціях в кілька разів. Водночас кадмію в аналізованих зразках не було виявлено. Дані свідчать про можливість в місцях одібраних зразків ґрунту вирощування

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

екологічної сільськогосподарської продукції.

2. Елементний аналіз зразків ґрунту Херсонської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	11,69	±0,91	11,20	±0,88
Масова частка заліза, Fe, г/кг	10,96	±0,86	10,59	±0,84
Масова частка калію, K, г/кг	2,67	±0,26	2,55	±0,25
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	2,45	±0,24	2,50	±0,25
Масова частка магнію, Mg, г/кг	2,38	±0,24	2,31	±0,23
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	292,72	±39,84	287,58	±39,24
Масова частка натрію, Na, мг/кг	157,07	±23,48	157,23	±23,50
Масова частка барію, Ba, мг/кг	63,12	±10,82	60,73	±10,47
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	41,76	±7,62	39,21	±7,22
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	31,81	±6,05	31,79	±6,04
Масова частка міді, Cu, мг/кг	20,47	±4,16	18,48	±3,81
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	19,41	±3,97	18,42	±3,80
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	13,73	±2,96	13,20	±2,86
Масова частка літію, Li, мг/кг	10,68	±2,39	10,12	±2,29
Масова частка бору, B, мг/кг	9,96	±2,25	8,41	±1,95
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	7,63	±1,80	7,26	±1,72
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	5,92	±1,45	5,69	±1,40
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,39	±0,15	0,37	±0,14
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Порівняльний аналіз елементного складу зразків ґрунту Херсонської області (таблиця 2) свідчить, що вміст кадмію, кобальту

нижчий або на рівні ГДК. В свою чергу лабораторний контроль вмісту нікелю, хрому, міді і цинку показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. На

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

нашу думку, це може бути Елементний аналіз зразків результатом антропогенного впливу, ґрунту Рівненської області. наведено в таблиці 3. а саме промислової діяльності в даній місцевості.

3. Елементний аналіз зразків ґрунту Рівненської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	18,56	±1,35	17,36	±1,28
Масова частка заліза, Fe, г/кг	17,17	±1,27	16,64	±1,23
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	4,51	±0,41	4,45	±0,40
Масова частка калію, K, г/кг	3,62	±0,34	3,33	±0,31
Масова частка магнію, Mg, г/кг	3,52	±0,33	3,33	±0,31
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	525,96	±65,54	557,27	±68,84
Масова частка натрію, Na, мг/кг	140,73	±21,39	133,51	±20,45
Масова частка барію, Ba, мг/кг	108,51	±17,15	106,12	±16,83
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	58,62	±10,16	57,35	±9,98
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	29,37	±5,65	26,74	±5,22
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	26,86	±5,24	26,56	±5,19
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	23,34	±4,65	22,01	±4,42
Масова частка літію, Li, мг/кг	19,47	±3,98	17,34	±3,61
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	14,65	±3,13	15,25	±3,24
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	11,60	±2,57	11,75	±2,59
Масова частка бору, B, мг/кг	10,72	±2,40	10,00	±2,26
Масова частка міді, Cu, мг/кг	10,35	±2,33	9,58	±2,18
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,69	±0,23	0,67	±0,23
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Як свідчать результати хімічних елементів в ґрунті лабораторного контролю вмісту сільськогосподарських угідь (таблиця

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

3), кількість кадмію була меншою за ГДК. Водночас, вміст свинцю, кобальту, нікелю, хрому, міді і цинку перевищує встановлені норми в 2-2,5 рази.

Елементний аналіз зразків ґрунту Львівської наведено в таблиці 4.

4. Елементний аналіз зразків ґрунту Львівської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка заліза, Fe, г/кг	11,59	±0,91	10,15	±0,81
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	10,76	±0,85	11,20	±0,88
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	3,33	±0,31	3,29	±0,31
Масова частка магнію, Mg, г/кг	2,06	±0,21	1,98	±0,20
Масова частка калію, K, г/кг	1,76	±0,18	1,68	±0,18
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	417,92	±53,91	408,28	±52,85
Масова частка натрію, Na, мг/кг	108,95	±17,21	102,29	±16,31
Масова частка барію, Ba, мг/кг	69,28	±11,71	68,28	±11,57
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	38,42	±7,10	38,05	±7,04
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	28,47	±5,50	28,21	±5,46
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	16,73	±3,50	16,03	±3,38
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	15,47	±3,28	15,18	±3,23
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	11,37	±2,52	11,34	±2,52
Масова частка літію, Li, мг/кг	9,63	±2,19	9,30	±2,13
Масова частка бору, B, мг/кг	8,03	±1,88	7,77	±1,83
Масова частка міді, Cu, мг/кг	7,80	±1,83	7,43	±1,76
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	6,78	±1,63	6,59	±1,59
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,46	±0,16	0,44	±0,16
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Аналіз результатів елементного аналізу ґрунтів Львівської області

(таблиця 4) показав, що концентрація кадмію знаходиться в межах норми.

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

При цьому вміст кобальту свинцю, нікелю, хрому, міді і цинку перевищує ГДК 1,5-2 рази Одержані дані свідчать про результат антропогенного впливу, який в даному випадку має місце при

вирощуванні сільськогосподарської продукції.

Елементний аналіз зразків ґрунту Чернігівської області аведено в таблиці 5.

5. Елементний аналіз зразків ґрунту Чернігівської області

Найменування показників, одиниці вимірювань	Зразок 1		Зразок 2	
	Результати випробувань	Розширена невизначеність	Результати випробувань	Розширена невизначеність
Масова частка алюмінію, Al, г/кг	8,20	±0,68	8,83	±0,72
Масова частка заліза, Fe, г/кг	8,06	±0,67	8,59	±0,70
Масова частка кальцію, Ca, г/кг	5,22	±0,46	5,34	±0,47
Масова частка магнію, Mg, г/кг	1,50	±0,16	1,51	±0,16
Масова частка калію, K, г/кг	1,44	±0,15	1,64	±0,17
Масова частка марганцю, Mn, мг/кг	361,28	±47,64	361,58	±47,67
Масова частка натрію, Na, мг/кг	119,01	±18,55	135,18	±20,67
Масова частка барію, Ba, мг/кг	84,62	±13,88	89,56	±14,57
Масова частка стронцію, Sr, мг/кг	35,05	±6,57	36,08	±6,73
Масова частка цинку, Zn, мг/кг	26,63	±5,20	28,37	±5,49
Масова частка хрому, Cr, мг/кг	14,15	±3,04	15,89	±3,35
Масова частка нікелю, Ni, мг/кг	10,85	±2,42	11,41	±2,53
Масова частка міді, Cu, мг/кг	9,38	±2,14	9,30	±2,13
Масова частка свинцю, Pb, мг/кг	8,15	±1,90	8,31	±1,93
Масова частка літію, Li, мг/кг	7,26	±1,72	8,07	±1,89
Масова частка бору, B, мг/кг	7,16	±1,70	6,56	±1,58
Масова частка кобальту, Co, мг/кг	4,68	±1,19	4,92	±1,24
Масова частка кадмію, Cd, мг/кг	0,27	±0,11	0,28	±0,11
Масова частка срібла, Ag, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-
Масова частка вісмуту, Bi, мг/кг	<0,1	-	<0,1	-

Елементний склад зразків ґрунту Чернігівської області (таблиця 5) свідчить, що вміст кадмію, кобальту, нижчий за ГДК. Вміст цинку знаходиться практично в межах норми. В той же час лабораторний аналіз вмісту міді, нікелю і хрому показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. В свою чергу, лабораторний контроль вмісту нікелю, хрому і міді показав про перевищення ГДК в 2-3 рази. На нашу думку це може бути результатом антропогенного впливу, а саме промислової діяльності в даній місцевості.

З даних таблиць 1-5 необхідно зазначити, що в жодному з п'яти областей вміст Cd не перевищує ГДК. Аналіз ґрунтів Київської області показав, що на сільськогосподарських угіддях, де було відібрані зразки, концентрація важких металів знаходяться в межах ГДК. В зразках ґрунтів Херсонської, Львівської, Рівненської, Чернігівської областей зафіксовано перевищення концентрацій важких металів.

Підвищення вмісту важких металів може носити природничий характер. Так, наприклад, може простежуватися велика різниця у вмісті важких металів між грубими (піщаними) і тонкими (суглинними і глинистими) породами. В пісках вміст важких металів в кілька разів менше, ніж в суглинках і глинах. Основна причина - несхожість мінералогічного складу порід. В пісках переважає кварц, майже

позбавлений важких металів, тоді як в суглинках і глинах велика частка глини мінералів, багатих важкими металами. На цьому фоні можуть бути досить помітні регіональні особливості близьких ґрунтоутворюючих порід. Значні відмінності в елементному хімічному складі виявляються також між лесовидними суглинками регіонів. Причина відмінностей - неоднакова насиченість важкими металами гірських порід, деривати яких послужили матеріалом для формування ґрунтоутворюючих порід. Тому, підвищений рівень вмісту Zn в зразках Херсонської, Рівненської, Львівської областей може бути пов'язано, як з геоморфологією досліджуваних територій так і з антропогенним навантаженням на них. В зразку Львівської області підвищення вмісту цинку може пояснюватись пожежею на території підприємства, що займається виготовленням пакувальних матеріалів, промислової та побутової хімії (<https://varianty.lviv.ua/66413-ekolohy-pereviriaiut-hrunt-bilia-sela-chyshky-na-vmist-zabrudniuiuchykh-rechovyn>). Звертає на себе увагу підвищений в два рази рівень цинку в зразку Рівненської області, що носить характер техногенного забруднення.

Оскільки значна частина важких металів потрапляє в ґрунт разом з пестицидами та мінеральними

Бобунов О. Ю., Мідик С. В., Хижан О. І., Ковшун Л. О.

добривами, їхній вміст необхідно регулювати.

Висновки і перспективи. Дані елементного складу ґрунтів дають можливість оцінювати ризики забруднення рослинної продукції і прогнозувати вірогідність

Список використаних джерел

1. Гумницький, Я. М., Сабадаш, В. В., Люта, О. Н., Гебій, О. В. Дослідження міграції мінеральних добрив у ґрунтовому середовищі. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2007. 590, 246-250.

2. Гумницький, Ю. М., Сабадаш, В. В., Тижбір, Г. А. Міграція важких металів у ґрунтовому середовищі. Вісник Національного університету "Львівська політехніка", 2008. 609, 211-213.

3. Гуцол Г.В. Оцінка інтенсивності забруднення ґрунтів важкими металами та заходи щодо підвищення їх якості. The scientific heritage. 2020, No 48

4. Hu, X., Wang, J., Lv, Y., Liu, X., Zhong, J., Cui, X., Zhang, M., Ma, D., Yan, X., & Zhu, X. Effects of Heavy Metals/Metalloids and Soil Properties on Microbial Communities in Farmland in the Vicinity of a Metals Smelter. *Frontiers in Microbiology*, 2021. 12, Article 707786.

5. Imširović, E., Salkić, B., Keran, H., Salkić, E., & Salkić, A. Examination of the impact of contaminated soil on the concentration of heavy metals in vegetables. *International Journal of Development Research*, 2019. 9(2), 25612-25619.

6. Khan, S. R., Sharma, B., & Chawla, P. A. (2021). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES): a powerful analytical technique for elemental analysis. *Food Anal. Methods*, 7. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02148-4>

7. Kimbrough, D. E., & Wakakuwa, J. R. Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. *Environ. Sci. Technol.*, 1989. 23(7), 898–900. <https://doi.org/10.1021/es00065a021>

8. Кураєва, І. В., Кройк, Г. А., Войтюк, Ю. Ю., Кураєва, І. В., Кройк, Г. А.,

вирощування у цих умовах екологічно безпечної продукції. Моніторингові дослідження свідчать про необхідність подальших досліджень міграції важких металів, а також інших хімічних елементів в рослинній продукції.

Матвієнко, О. В. Оцінка забруднення урбанізованих територій. Вісн. Дніпропетровського ун-ту, Сер. геол. Геогр., 2016. 24(1), 48-53. doi:10.15421/111608

9. Лозовицький, П. С. Ґрунтознавство: підручник для екологів. Київ - Житомир, ПП "Рута". 2013.

10. Musilová, J., Franková, H., Lidiková, J., Chlpík, J., Vollmannová, A., Árvay, J., Harangozo, E., Urminská, J., & Tóth, T. Impact of old environmental burden in the Spiš region (Slovakia) on soil and home-grown vegetable contamination, and health effects of heavy metals. *Scientific Reports*, 2022. 12(16371). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20847-8>

11. М. He, B. Hu, B. Chen, & Z. Jiang. Inductively coupled plasma optical emission spectrometry for rare earth elements analysis. *Physical Sciences Reviews*, 2016. 2(1). <https://doi.org/10.1515/psr2016-0059>.

12. Наказ Міністерства охорони здоров'я України. № 1595. 2020, 14 липня. Отримано 3

<https://zakon.rada.gov.ua/go/z0722-20>

13. Чорна В.І., Ворошилова Н.В., Сироватко В.О. Розподіл кадмію в ґрунтах Дніпропетровської області та його акумуляція в продукції рослинництва. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. 8(1), 910–917.

14. Ulianych, O. I., Schetyna, S. V., Slobodianyuk, G. Ya., Ternavskiy, A. G., Kuhniuk, O. V., & Didenko, I. A. Ecological Status of Soils and Vegetable Products in Cherkasy Region. *Ukrainian Journal of Ecology*, 2018. 8(3), 10-17.

15. Яцук, І. П., Матусевич, Г. Д. Агроекологічний стан ґрунтів Київської області. Збалансоване природокористування, 2014. 1, 79-84.

16. Зайченко, А. А., Щукайло, С. П., Рибін, Р. М. Агрохімічний стан Херсонської області. У Зрошуване землеробство: Збірник наукових праць 2014. Випуск 61, с. 120-122.

References

- Chorna, V. I., Voroshylova, N. V., & Syrovatko, V. A. (2018). Cadmium distribution in soils of Dnipropetrovsk oblast and its accumulation in crop production. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(1), 910-917. https://doi.org/10.15421/2018_293
- Gumnitsky, Y. M., Sabadash, V. V., Liuta, O. N., & Gebiy, O. V. (2007). Study of migration of mineral fertilizers in the soil environment. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University*, 590, 246-250.
- Gumnytsky, Y. M., Sabadash, V. V., & Tyzhbir, G. A. (2008). Migration of heavy metals in the soil environment. *Bulletin of Lviv Polytechnic National University*, 609, 211-213.
- Gutsol, G. (2020). Assessment of intensity of soil pollution by heavy metals and measures to improve their quality. *The Scientific Heritage*, 48.
- Hu, X., Wang, J., Lv, Y., Liu, X., Zhong, J., Cui, X., Zhang, M., Ma, D., Yan, X., & Zhu, X. (2021). Effects of Heavy Metals/Metalloids and Soil Properties on Microbial Communities in Farmland in the Vicinity of a Metals Smelter. *Frontiers in Microbiology*, 12, Article 707786.
- Imširović, E., Salkić, B., Keran, H., Salkić, E., & Salkić, A. (2019). Examination of the impact of contaminated soil on the concentration of heavy metals in vegetables. *International Journal of Development Research*, 9(2), 25612-25619.
- Khan, S. R., Sharma, B., & Chawla, P. A. (2021). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry (ICP-OES): a powerful analytical technique for elemental analysis. *Food Anal. Methods*, 7. <https://doi.org/10.1007/s12161-021-02148-4>
- Kimbrough, D. E., & Wakakuwa, J. R. (1989). Acid digestion for sediments, sludges, soils, and solid wastes. A proposed alternative to EPA SW 846 Method 3050. *Environ. Sci. Technol.*, 23(7), 898-900. <https://doi.org/10.1021/es00065a021>
- Kurajeva, I. V., Kroi'k, G. A., Vojtjuk, Ju. Ju., & Matvijenko, O. V. (2016). Assessment of pollution in urban areas. *Visn. Dnipropetr. Univ. Ser. Geol. Geogr.*, 24(1), 48-53. doi:10.15421/111608
- Lozovitsky, P. S. (2013). *Soil science: a textbook for ecologists*. Kyiv - Zhytomyr, PP "Ruta".
- He, B., Hu, B., Chen, B., & Jiang, Z. (2016). Inductively coupled plasma optical emission spectrometry for rare earth elements analysis. *Physical Sciences Reviews*, 2(1). <https://doi.org/10.1515/psr2016-0059>.
- Musilová, J., Franková, H., Lidiková, J., Chlpík, J., Vollmannová, A., Árvay, J., Harangozo, L., Urminská, J., & Tóth, T. (2022). Impact of old environmental burden in the Spiš region (Slovakia) on soil and home-grown vegetable contamination, and health effects of heavy metals. *Scientific Reports*, 12(16371). <https://doi.org/10.1038/s41598-022-20847-8>
- Order of the Ministry of Health of Ukraine. (2020, July 14). No. 1595. Retrieved from <https://zakon.rada.gov.ua/go/z0722-20>
- Ulianych, O. I., Schetyna, S. V., Slobodianyk, G. Ya., Ternavskiy, A. G., Kuhniuk, O. V., & Didenko, I. A. (2018). Ecological Status of Soils and Vegetable Products in Cherkasy Region. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(3), 10-17.
- Yatsuk, I. P., & Matuskevych, G. D. (2014). Agroecological state of soils of Kyiv region. *Balanced nature management*, 1, 79-84.
- Zaychenko, A. A., Shchukailo, S. P., & Rybin, R. M. (2014). Agrochemical state of Kherson region. In *Irrigated agriculture: Collection of scientific papers (Issue 61, pp. 120-122)*.

MONITORING OF ELEMENTAL COMPOSITION OF SOILS IN UKRAINE**O. Y. Bobunov, S. V. Midyk, O. I. Khyzhan, L. O. Kovshun**

Abstract A study was carried out in the Ukrainian Laboratory of Quality and Safety of Agricultural Products at the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Soil samples were collected from farms in five regions of Ukraine, namely Kyiv (Brovary district), Kherson, Lviv (Pustomyty district), Rivne (Mlyniv district), and the Chernihiv region (Sosnytskyi district) during spring and summer to determine the elemental composition and heavy metal content. The samples were taken from a 0-10 cm depth of the humus soil profile from a characteristic area of up to 100 m². The average sample of the research point was obtained by combining five separate samples. The heavy metal content was estimated using inductively coupled plasma atomic emission spectrometry (ICP-AES), and the elemental composition was measured with an inductively coupled plasma atomic emission spectrophotometer IRIS Intrepid II XSP (Thermo Elemental, USA). The method's detection limit is 0.1 mg/kg, and the standard used was ICP multi-element standard solution IV (Mercks KGaA, Germany). Soil contamination was observed in monitoring sites affected by various industrial enterprises, such as chemical industry and energy, with medium (moderately dangerous) and high (dangerous) levels of pollution. Anthropogenic geochemical associations of heavy metals in soils were identified. In the Kyiv region, the concentration of heavy metals on agricultural land where the samples were taken was within the maximum allowable concentration (MAC), indicating that it is possible to grow ecological agricultural products in those areas. The Cd content did not exceed the maximum permissible concentration in any of the five farms. The high level of Zn in samples from Kherson, Rivne, and Lviv regions could be due to the geomorphology of the studied areas and anthropogenic pressure on them, such as fires, pesticides, mineral fertilizers, and anthropogenic pollution. The monitoring results enable an assessment of plant contamination risks and forecast the likelihood of growing environmentally safe agricultural products in these conditions.

Keywords: Soil, heavy metals, pollution, cadmium, concentration, monitoring, lead, zinc