

DETERMINATION OF HEAVY METALS CONTENT IN AGRICULTURE PRODUCTS IN REGIONS SUFFERED FROM HOSTILITIES: FIRST RESULTS

Hulich M.P., Petrenko O.D., Kharchenko O.O.

ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ ІЗ РЕГІОНІВ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ БОЙОВИХ ДІЙ: ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

**ГУЛІЧ М.П.,
ПЕТРЕНКО О.Д.,
ХАРЧЕНКО О.О.**
ДУ «Інститут
громадського
здоров'я
ім. О.М. Марзеєва
НАМН України»,
Київ, Україна

В

оєнні дії створюють численні загрози для продовольчої безпеки, оскільки значна частина забруднювачів потрапляє у довкілля внаслідок бойових дій та включається до харчового ланцюга. Основні групи забруднювачів охоплюють широкий спектр небезпечних для здоров'я та довкілля речовин. Основними групами таких забруднювачів є важкі метали, хімічні сполуки вибухових речовин, радіоактивні речовини, органічні токсиканти, нафтопродукти, мікробіологічне забруднення, пестициди та агрохімікати, пластикові мікрочастинки та фізичні забруднювачі [1-6]. Ці групи забруднювачів комплексно впливають на довкілля, на якість харчових продуктів та сировини, створюючи значні ризики для

здоров'я населення, які потребують постійного моніторингу та впровадження заходів з очищення постраждалих територій.

Однією з найбільш небезпечних груп забруднювачів, які потрапляють у довкілля внаслідок воєнних дій, є важкі метали, що характеризуються високою токсичністю, здатністю до біоаккумуляції та стійкістю у довкіллі [7-9].

Загальні джерела забруднення важкими металами включають боеприпаси, складові снарядів, куль та інших вибухових пристроїв, які часто містять свинець, кадмій, мідь і цинк. Під час вибухів ці метали потрапляють у ґрунт і воду, створюючи локальні зони забруднення. Крім того, за руйнування інфраструктури, знищення промислових об'єктів, бу-

**ВИЗНАЧЕННЯ ВМІСТУ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ
У СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКІЙ ПРОДУКЦІЇ
ІЗ РЕГІОНІВ, ЩО ЗАЗНАЛИ ВПЛИВУ
БОЙОВИХ ДІЙ: ПЕРШІ РЕЗУЛЬТАТИ
ДОСЛІДЖЕННЯ**

**Гулiч М.П., Петренко О.Д.,
Харченко О.О.**

ДУ «Інститут громадського здоров'я
ім. О.М. Марзеєва Національної академії
медичних наук України», Київ, Україна

Мета роботи – визначення концентрацій важких металів у зернових та овочевих культурах (пшениці, овочах та городині), вирощених на територіях, що зазнали впливу бойових дій.

Матеріали і методи. Дослідження проводили у районах, що зазнали впливу бойових дій. Вміст свинцю, кадмію, міді та цинку у зразках визначали методом інверсійної вольтамперометрії з використанням аналізатора «АВА-1-01».

Результати. У зразках пшениці та овочів виявлено підвищені концентрації важких металів (свинцю та міді). У 7-10% випадків концентрації важких металів перевищують встановлені гра-

нично допустимі рівні, що свідчить про суттєве забруднення продовольчого ланцюга. Основними джерелами забруднення можуть бути наслідки бойових дій: руйнування інфраструктури, застосування боеприпасів та потрапляння хімічних речовин у довкілля. Виявлені перевищення вмісту токсичних металів у продуктах харчування створюють потенційні ризики для здоров'я населення, зокрема загальне погіршення стану здоров'я та розвиток специфічних захворювань.

Висновки. Встановлено підвищений рівень забруднення сільськогосподарської продукції важкими металами у постраждалих від воєнних дій регіонах, що у 7-10% випадків перевищує допустимі нормативи. Це становить потенційну загрозу для здоров'я населення та вимагає подальшого моніторингу, контролю безпечності харчових продуктів і впровадження заходів зниження ризиків.

Ключові слова: воєнні дії, важкі метали, зерно, овочі, продовольча безпека.

© Гуліч М.П., Петренко О.Д., Харченко О.О. СТАТТЯ, 2025.

**DETERMINATION OF HEAVY METALS
CONTENT IN AGRICULTURE PRODUCTS
IN REGIONS SUFFERED
FROM HOSTILITIES: FIRST RESULTS
Hulich M.P., Petrenko O.D.,
Kharchenko O.O.**

*State Institution «O.M. Marzиеiev Institute
for Public Health of the National Academy
of Medical Sciences of Ukraine», Kyiv*

The purpose of the work – determination of heavy metals concentrations in grain and vegetable crops (wheat, vegetables) grown in areas affected by hostilities.

The aim of the work – to determine the concentrations of heavy metals in grain and vegetable crops (wheat, vegetables and greens) grown in areas affected by hostilities.

Materials and methods. The research was carried out in areas affected by hostilities. The content of lead, cadmium, copper and zinc in the samples was determined by the method of inversion voltammetry using the analyzer «ABA-1-01».

Conclusions. Increased levels of heavy metal contamination of agricultural products in war-affected regions have been identified, exceeding permissible standards in 7-10% of cases. This poses a potential threat to public health and requires further monitoring, food safety control, and implementation of risk reduction measures.

Keywords: military operations, heavy metals, grain, vegetables, food security.

дівель, водопостачальних систем та електромереж вивільняються значні обсяги важких металів, які накопичувались у будівельних матеріалах, фарбах, кабелях та техніці.

Залишки військової техніки, зруйнованих транспортних засобів, зброї також містять важкі метали, які поступово вимиваються атмосферними опадами. Використання військових полігонів для тренувань та утилізації боеприпасів сприяє значному накопиченню важких металів у ґрунті [1-4].

Важкі метали, забруднення якими визначається під час воєнних дій, становлять значну загрозу для здоров'я населення та екосистем. Їх вивчення та контроль є ключовим завданням для забезпечення продовольчої безпеки у постраждалих регіонах [10].

Окрім того, важкі метали слугують маркером загального забруднення харчових продуктів та сировини через воєнні дії, оскільки їхня присутність вказує на комплексний характер забруднення продовольчого ланцюга.

Механізми надходження важких металів у довкілля включають їх дисперсію у вигляді дрібнодисперсних частинок внаслідок вибухів,

що осідають у ґрунтах з атмосферного повітря. У подальшому ці частинки мігрують до водоносних горизонтів і поширюються поверхневими та підземними водами. Додатковим джерелом забруднення є руйнування будівель та інфраструктури, що супроводжується утворенням токсичних відходів, які через неналежне поводження з ними або вплив природних факторів, таких як опади чи вітрова ерозія, інтегруються в екосистеми, підвищуючи рівень техногенного навантаження [1-4, 6, 8, 11].

Вплив важких металів на здоров'я людини є суттєвим і багатогранним. Актуальність дослідження зумовлена їхньою високою токсичністю, здатністю до біоаккумуляції та стійкістю у довкіллі. Потрапляючи у ґрунти та водні ресурси, ці метали можуть тривалий час залишатися у довкіллі, мігруючи у харчові продукти та створюючи значні ризики для здоров'я населення.

Зокрема, свинець і кадмій викликають серйозні когнітивні порушення, хвороби нирок і серцево-судинні захворювання, тоді як ртуть має нейротоксичний вплив, особливо небезпечний для дітей і вагітних жінок [12-13].

Наслідки забруднення продовольчого ланцюга важкими металами є критичними. Потрапляючи до ґрунту, вони активно поглинаються рослинами, накопичуючись у коренеплодах, зернових культурах та листових овочах. Крім того, вони можуть мігрувати через водні екосистеми, потрапляючи до водних організмів, зокрема риби, що робить їх небезпечними для споживання. Забруднені корми стають джерелом накопичення важких металів у продуктах тваринного походження, таких як м'ясо, молоко та яйця, що створює загрозу для продовольчої безпеки і здоров'я населення [14].

Вивчення важких металів як чинника забруднення довкілля під час війни є надзвичайно актуальним, оскільки вони становлять одну з найбільш небезпечних груп забруднювачів. Воєнні дії значно підсилюють антропогенне навантаження на екосистеми, призводячи до накопичення токсичних елементів у ґрунті, воді та біологічних об'єктах.

Зони інтенсивних бойових дій стають осередками забруднення, де накопичення важких металів у ґрунтах може значно перевищувати

безпечні норми. Вивчення цих елементів дозволяє ідентифікувати найбільш уражені території, оцінити рівні їхньої концентрації та визначити шляхи потрапляння у харчовий ланцюг.

Аналіз дії важких металів під час війни також є основою для розробки заходів зі зниження їхнього впливу, включаючи очищення ґрунтів і водних джерел, моніторинг продуктів харчування та забезпечення відповідності міжнародним стандартам продовольчої безпеки.

Мета роботи – ідентифікація маркерів загального забруднення продовольчого ланцюга, визначення концентрацій токсичних елементів у зернових та овочевих культурах (пшениці, овочах та городині), а також аналіз відповідності отриманих значень гранично допустимим рівням.

Матеріали і методи. Визначення районів забруднення здійснювалося з урахуванням Наказу № 309 Міністерства з питань реінтеграції тимчасово окупованих територій України від 22.12.2022 «Про затвердження Переліку територій, на яких ведуться (велися) бойові дії або тимчасово окупованих російською федерацією». Цей документ слугував основою для уточнення меж постраждалих територій, де ведення сільськогосподарської діяльності могло бути ускладненим або небезпечним через забруднення доквілля. Також було проведено групування територій за інтенсивністю та характером забруднення. Для цього використовувалася методика просторового аналізу даних з урахуванням географічного розташування територій, тривалості та інтенсивності бойових дій, а також близькості їх до потенційних джерел забруднення (промислових об'єктів, місць вибухів, складів боеприпасів).

Особливу увагу приділено територіям з підвищеним ризиком накопичення важких металів та інших токсикантів у ґрунті. На даному етапі було відібрано та про-

аналізовано шість ліній проб, що охоплюють окремі райони Харківської, Миколаївської та Херсонської областей. Проби були взяті у місцях з найвищим потенціалом забруднення еко-токсикантами через близькість до зон активних бойових дій та руйнування інфраструктури.

Визначали масову частку свинцю, кадмію, міді та цинку у зразках методом інверсійної вольтамперометрії за МВВ 081-12/05-98 «Методика виконання вимірювань вмісту кадмію, свинцю, міді у водних розчинах інверсійними електрохімічними методами» та МВВ 081-12/04-98 «Методика виконання вимірювань вмісту цинку у водних розчинах методом інверсійної вольтамперометрії». Метод ґрунтується на принципі концентрування на індикаторному електроді елементу, що визначається, безпосередньо із досліджуваного розчину і наступному розчиненні концентрату з реєстрацією вольтамперометричної кривої. Визначення проводили за допомогою вольтамперометричного аналізатора «ABA-1-01», який укомплектовано вуглеститаловим електродом з електрохімічно нанесеною безпосередньо перед проведенням вимірювання ртутною плівкою, допоміжним електродом типу ЭПЛ-02, електродом порівняння типу ЭВЛ-1М4. Отримані дані було проаналізовано та оцінено з урахуванням статистичних методів аналізу. Вміст свинцю та кадмію у продуктах оцінювався відповідно до наказу № 368 Міністерства охорони здоров'я України від 13.05.2013 «Про затвердження Державних санітарних норм та правил «Максимально допустимі рівні окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах», а вміст міді та цинку –

Таблиця 1

Результати визначення вмісту кадмію в овочах та городині

Продукт	Вміст кадмію (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Цибуля	<0,005 – 0,013	0,10	±0,002
Часник	0,007 – 0,013	0,10	±0,003
Картопля	0,006 – 0,014	0,10	±0,002
Буряк	0,006 – 0,011	0,10	±0,002
Морква	<0,005 – 0,009	0,10	±0,002
Петрушка	0,005	0,20	±0,001
Капуста білокачанна	<0,005	0,20	±0,001

Таблиця 2

Результати визначення вмісту свинцю в овочах та городині

Продукт	Вміст свинцю (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Цибуля	0,008 – 0,022	0,1	±0,003
Часник	0,051 – 0,088	0,1	±0,005
Картопля	0,011 – 0,108	0,1	±0,004
Буряк	0,048 – 0,098	0,1	±0,005
Морква	0,034 – 0,065	0,1	±0,004
Петрушка	0,086 – 0,294	0,3	±0,007
Капуста білокачанна	0,082	0,3	±0,003

відповідно до галузевих стандартів щодо зерна та овочевої продукції, згідно з якими допустимий рівень міді в овочах становить 5,0 мг/кг, цинку – 10,0 мг/кг, тоді як у зерні норматив для міді становить 10,0 мг/кг, а для цинку – 50,0 мг/кг.

Результати дослідження. Було відібрано та проаналізовано зразки зерна, овочів та городини на вміст важких металів, зокрема кадмію, міді, цинку та свинцю.

За результатами дослідження визначено базовий рівень вмісту важких металів у продукції, отриманій із регіонів, що постраждали внаслідок бойових дій.

Овочі та городина є важливими складовими раціону, які забезпечують організм вітамінами, мінералами та мікроелементами. Проте їхня здатність накопичувати важкі метали, зокрема свинець, кадмій, мідь та цинк, підвищує ризик екологічного забруднення. Накопичення важких металів в овочах залежить від виду рослини, складу ґрунту, рівня забруднення довкілля та умов вирощування. Визначення рівнів важких металів у продукції важливе для оцінки її безпечності для споживання, особливо у регіонах, де відбулися зміни внаслідок техногенного впливу або бойових дій.

У таблиці представлено концентрацію кадмію (мг/кг) у різних видах овочів та городини. Найвищий вміст кадмію зафіксовано у картоплі (0,014 мг/кг) та буряку (0,011 мг/кг), однак ці показники не перевищують нормативні значення та залишаються у межах безпечного рівня.

У таблиці 2 наведено концентрацію свинцю у різних видах овочів та городини. Найвищий рівень свинцю зафіксовано у петрушці (0,294 мг/кг), що наближа-

ється до допустимого рівня (0,3 мг/кг). Часник і буряк також демонструють підвищений рівень свинцю порівняно з іншими культурами, проте залишаються у межах допустимих норм. Отримані результати вказують на можливі ризики накопичення свинцю у певних овочах, особливо у листовій зелені (петрушці).

У таблиці 3 представлено концентрацію міді у різних видах овочів. Найвищий рівень міді зафіксовано у картоплі (до 2,09 мг/кг), проте цей показник не перевищує встановлений норматив (5,0 мг/кг). Цибуля та буряк демонструють значну варіативність вмісту міді, що може бути пов'язаним з

екологічними умовами вирощування.

Отримані дані свідчать про відсутність перевищення допустимого рівня міді у досліджених зразках, що підтверджує їхню безпечність для споживання.

Цинк є важливим мікроелементом для організму, однак його надмірне накопичення може досягати токсичних рівнів. Найвищі концентрації цинку зафіксовано у часнику (до 7,38 мг/кг) та петрушці (до 5,67 мг/кг), що значно перевищує вміст цього елемента в інших досліджених продуктах (табл. 4).

Високий вміст цинку може свідчити про значне забруднення ґрунту та інших фак-

Таблиця 3
Результати визначення вмісту міді в овочах та городині

Продукт	Вміст міді (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Цибуля	0,011 – 0,226	5,0	±0,015
Часник	0,871 – 1,15	5,0	±0,025
Картопля	0,187 – 2,09	5,0	±0,045
Буряк	0,127 – 0,562	5,0	±0,030
Морква	0,201 – 0,269	5,0	±0,010
Петрушка	0,602 – 0,810	5,0	±0,020
Капуста білокачанна	0,153	5,0	±0,005

Таблиця 4
Вміст цинку в овочах та городині

Продукт	Вміст цинку (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Цибуля	0,413 – 1,8	10,0	±0,12
Часник	4,08 – 7,38	10,0	±0,25
Картопля	0,919 – 3,63	10,0	±0,18
Буряк	1,14 – 3,6	10,0	±0,15
Морква	1,3 – 1,78	10,0	±0,10
Петрушка	5,13 – 5,67	10,0	±0,20

Таблиця 5
Вміст кадмію у зерні та зернових продуктах

Продукт	Вміст кадмію (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Пшениця	<0,005 – 0,017	0,2	±0,003
Соняшник	0,139 – 0,171	0,1	±0,010
Кукурудза	<0,005	0,1	±0,002
Просо жовте	0,023	0,1	±0,004
Просо біле	0,007	0,1	±0,002
Горох	0,030	0,1	±0,005
Ярий ячмінь	-	0,1	-

торів середовища вирощування.

Аналіз показав, що вміст важких металів у більшості зразків не перевищує максимально допустимого рівня (10,0 мг/кг), проте значне накопичення цинку у часнику та петрушці може бути наслідком забруднення ґрунту або особливостей біоаккумуляції рослинами.

Таким чином, аналіз показав, що вміст важких металів у більшості досліджених зразків не перевищує встановлених нормативів. Однак висока концентрація свинцю у петрушці та значне накопичення цинку і міді у деяких продуктах можуть вказувати на ризики для

здоров'я у разі надмірного споживання їх. Для підвищення безпеки харчових продуктів необхідний подальший контроль рівня важких металів, особливо у регіонах, що зазнали впливу техногенних факторів і воєнних дій.

Зернові культури є основою продовольчої безпеки, їх використовують у харчуванні людини та тваринництві. Однак забруднення зерна важкими металами становить серйозну загрозу для здоров'я.

Здатність зернових культур абсорбувати важкі метали із ґрунту та води, а також вплив техногенних і військових факторів на зони

їх вирощування вимагають систематичного контролю їхнього вмісту у зерновій продукції.

Найвищий рівень кадмію зафіксовано у соняшнику (до 0,171 мг/кг), що перевищує встановлений норматив (0,1 мг/кг). Це може свідчити про підвищене забруднення ґрунту або здатність цієї культури до накопичення металу. В інших культурах (пшениця, просо та горох) вміст кадмію є нижчим за допустимі значення, що свідчить про їхню безпечність для споживання.

Аналіз показує значне перевищення допустимих рівнів свинцю у деяких культурах. Найвищий рівень свинцю зафіксовано у просі жовтому (1,1 мг/кг), що значно перевищує норматив (0,2 мг/кг). Підвищені рівні також виявлено у просі білому, горосі та соняшнику, що може вказувати на екологічні проблеми, спричинені техногенним навантаженням.

Найвищий вміст міді зафіксовано у соняшнику (до 14,5 мг/кг), що перевищує допустиму межу (10,0 мг/кг). Це може бути наслідком накопичення елемента в умовах вирощування. Інші культури, такі як кукурудза, пшениця та ячмінь, демонструють варіабельність концентрацій міді, проте залишаються у межах безпечних норм.

Підвищений вміст важких металів у певних продуктах потребує подальших досліджень та моніторингу для забезпечення їхньої безпечності.

Аналіз показує, що найвищий рівень цинку зафіксовано у просі білому (31,2 мг/кг) та соняшнику (до 27,1 мг/кг), що є високими показниками, але не перевищують допустимі 50 мг/кг. У пшениці концентрація цинку варіюється значно (3,3-25,1 мг/кг), що

Таблиця 6

Вміст свинцю у зерні та зернових продуктах

Продукт	Вміст свинцю (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Пшениця	0,146 – 0,359	0,2	±0,020
Соняшник	0,098 – 0,303	0,2	±0,018
Кукурудза	0,044 – 0,233	0,2	±0,015
Просо жовте	1,1	0,2	±0,050
Просо біле	0,259	0,2	±0,012
Горох	0,186	0,2	±0,010
Ярий ячмінь	0,024	0,2	±0,005

Таблиця 7

Вміст міді у зерні та зернових продуктах

Продукт	Вміст міді (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Пшениця	1,51 – 2,12	10,0	±0,15
Соняшник	8,3 – 14,5	10,0	±0,70
Кукурудза	0,0374 – 0,93	10,0	±0,10
Просо жовте	1,97	10,0	±0,08
Просо біле	3,05	10,0	±0,12
Горох	0,05	10,0	±0,01
Ярий ячмінь	1,36	10,0	±0,10

Таблиця 8

Вміст цинку у зерні та зернових продуктах

Продукт	Вміст цинку (мг/кг)	МДР (мг/кг)	Відхилення (± мг/кг)
Пшениця	3,3 – 25,1	50,0	±2,5
Соняшник	26,6 – 27,1	50,0	±0,3
Кукурудза	6,5 – 12,2	50,0	±1,2
Просо жовте	21,5	50,0	±1,0
Просо біле	31,2	50,0	±1,2
Горох	3,63	50,0	±0,5
Ярий ячмінь	7,6	50,0	±0,8

може бути наслідком відмінностей у середовищі вирощування.

Таким чином, результати дослідження свідчать про наявність забруднення зерна та овочів важкими металами, що є наслідком антропогенного впливу, зокрема воєнних дій.

Важливим аспектом подальших досліджень є виявлення джерел забруднення та розробка ефективних методів їх мінімізації. Доцільно впроваджувати заходи з фітореMediaції, оптимізувати агротехнічні прийоми та контролювати використання добрив і пестицидів, що можуть сприяти накопиченню важких металів у ґрунті. Зважаючи на результати досліджень необхідно посилити контроль над безпекою харчової продукції та здійснювати регулярний моніторинг вмісту забруднюючих речовин у сільськогосподарській продукції, особливо у регіонах, де зафіксовано перевищення норм.

Висновки

1. Проведено систематизацію основних груп забруднюючих речовин, що потрапляють у харчові продукти та сировину внаслідок воєнних дій. Дані аналізу показали, що у 7-10% проб рівні важких металів перевищували встановлені максимальні допустимі рівні (МДР). Зокрема, це стосується свинцю у зернових продуктах, картоплі та міді у соняшнику.

2. Встановлено, що у відібраних пробах городини (петрушка та часник) концентрація свинцю визначалася на межі допустимої норми (наприклад, 0,294 мг/кг за МДР – 0,3 мг/кг). У зернових та картоплі фіксуються високі рівні свинцю (з перевищенням МДР), що також характерно для 7-10% досліджених проб. Проведені дослідження підтверджують значний ризик забруднення продоволь-

чого ланцюга екотоксикантами у постраждалих регіонах. Показник у 7-10% проб з перевищенням МДР є суттєвим маркером необхідності посиленого моніторингу, розробки заходів з ремедіації забруднених територій та забезпечення відповідності харчових продуктів міжнародним стандартам безпеки.

Внески авторів

Гуліч М.П. – редагування, рецензування.

Петренко О.Д. – концептуалізація, написання першого варіанту статті.

Харченко О.О. – програмне забезпечення.

Фінансування: дослідження профінансоване за рахунок Державного бюджету України (Академією медичних наук України).

Конфлікт інтересів: автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

REFERENCES

1. Bondar O, Gandziura V, Matviienko M. Vplyv viiskovykh dii ta yikh naslidkiv na dovkillia Ukrainy [The impact of military actions and its consequences on the environment of Ukraine]. *Ecological Sciences*. 2024; 1(1(52)): 7-15. <https://doi.org/10.32846/2306-9716/2024.eco.1-52.1.1>. Ukrainian
2. Barker AJ, Clausen JL, Douglas TA, Bednar AJ, Griggs CS, Martin WA. Environmental impact of metals resulting from military training activities: a review. *Chemosphere*. 2021 Feb; 265: 129110. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2020.129110>
3. Solokha M, Pereira P, Symochko L, Vynokurova N, Demianiuk O, Sementsova K, Inacio M, Barcelo D. Russian-Ukrainian war impacts on the environment. Evidence from the field on soil properties and remote sensing. *Science of the Total Environment*. 2023

Aug; 166122.

<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.166122>

4. Meaza H, Ghebreyohannes T, Nyssen J, Tesfamariam Z, Demissie B, Poesen J, et al. Managing the environmental impacts of war: what can be learned from conflict-vulnerable communities? *Science of the Total Environment*. 2024 Mar; 171974. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.171974>

5. Filho WL, Fedoruk M, Paulino Pires Eustachio JH, Splodytel A, Smaliychuk A, Szykowska-Jóźwik MI. The environment as the first victim: The impacts of the war on the preservation areas in Ukraine. *Journal of Environmental Management*. 2024 Jul; 364:121399. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.121399>

6. Banat IM, Hassan ES, El-Shahawi MS, Abu-Hilal AH. Post-Gulf-War assessment of nutrients, heavy metal ions, hydrocarbons, and bacterial pollution levels in the United Arab Emirates coastal waters. *Environment International*. 1998 Jan; 24(1-2):109-16. [https://doi.org/10.1016/s0160-4120\(97\)00127-x](https://doi.org/10.1016/s0160-4120(97)00127-x)

7. Angon PB, Islam MS, Kc S, Das A, Anjum N, Poudel A, Suchi SA. Sources, effects and present perspectives of heavy metals contamination: soil, plants and human food chain. *Heliyon*. 2024 Apr; 10(7): e28357. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e28357>

8. Kureishy TW. Concentration of heavy metals in marine organisms around Qatar before and after the Gulf War oil spill. *Marine Pollution Bulletin*. 1993 Jan; 27:183-6. [https://doi.org/10.1016/0025-326x\(93\)90023-d](https://doi.org/10.1016/0025-326x(93)90023-d)

9. Amarloe A, Nourmora-di H, Nazmara S, Heidari M, Mohammadi-Moghadam F, Mazloomi S. Toxic heavy

metals of agricultural products in developing countries and its human health risk assessment: a study from Iran. *Heliyon*. 2024 Dec: e40886. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40886>

10. Shukla S, Mbingwa G, Khanna S, Dalal J, Santhyan D, Malik A, Badhwar N. Environment and health hazards due to military metal pollution: a review. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*. 2023 Jul :100857. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2023.100857>

11. Khan J, Singh R, Upreti P, Yadav RK. Geo-statistical assessment of soil quality and identification of heavy metal contamination using Integrated GIS and Multivariate statistical analysis in industrial region of Western India. *Environmental Technology & Innovation*. 2022 May : 102646. <https://doi.org/10.1016/j.eti.2022.102646>

12. Li X, Pan Y, Zhu C, Tang L, Bai Z, Liu Y, Gu X, Gao Y, Zhou Y, Gao B. Priority areas identification for arable soil pollution prevention based on the accumulative risk of heavy metals. *Science of the Total Environment*. 2024 Dec; 954:176440. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.176440>

13. Eklund L, Degerald M, Brandt M, Prishchepov AV, Pilesjö P. How conflict affects land use: agricultural activity in areas seized by the Islamic State. *Environmental Research Letters*. 2017 Apr 27; 12(5) :054004. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/aa673a>

14. Mohod C, Dhote J. Review of heavy metals in drinking water and their effect on human health. *International Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology*. 2013 ; 2(7) : 2992-6.

Дата надходження статті – 14.12.2024.

УДК 613.63:632.95:631.4

<https://doi.org/10.32402/dovkil2025.01.030>

TO THE QUESTION OF OPTIMIZING THE VOLUME OF EXPERIMENTAL STUDIES IN JUSTIFICATION OF THE MEDICAL AND SANITARY STANDARD FOR PESTICIDES IN SOIL

Korshun M.M., Gorbachevskyi R.V.

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄМУ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕДИКО-САНИТАРНОГО НОРМАТИВУ ПЕСТИЦИДІВ У ҐРУНТІ

Н

**КОРШУН М.М.,
ГОРБАЧЕВСЬКИЙ Р.В.**
Національний медичний
університет
ім. О.О. Богомольця,
Київ, Україна

а сьогодні в Україні наукове обґрунтування медико-санітарного нормативу високостійких діючих речовин (ДР) засобів захисту рослин (ЗЗР) у ґрунті (період напіврозпаду >60 діб, I клас небезпечності згідно з гігієнічною класифікацією пестицидів [1]) здійснюється експериментальним шляхом, усіх інших ДР – розрахунковим методом з визначенням орієнтовно до-

ДО ПИТАННЯ ОПТИМІЗАЦІЇ ОБ'ЄМУ
ДОСЛІДЖЕНЬ ДЛЯ ОБҐРУНТУВАННЯ МЕДИКО-
САНИТАРНОГО НОРМАТИВУ ПЕСТИЦИДІВ У ҐРУНТІ
Коршун М.М., Горбачевський Р.В.
Національний медичний університет
ім. О.О. Богомольця, Київ, Україна

Мета: перевірка надійності методики оптимізації об'єму експериментальних досліджень для обґрунтування медико-санітарного нормативу діючої речовини (ДР) засобів захисту рослин (ЗЗР) у ґрунті на підставі аналізу результатів лабораторних експериментів з вивчення міграції пестицидів різних хімічних класів у системі «ґрунт – суміжні середовища» в екстремальних ґрунтово-кліматичних умовах.

Матеріали і методи. За оригінальною методикою здійснено прогнозування небезпеки забруднення приземного шару атмосферного повітря внаслідок випаровування із ґрунту 7 ДР ЗЗР, для яких раніше були обґрунтовані гранично допустимі концентрації у ґрунті (ГДК_г). Оцінено ризик можливого інгаляційного впливу досліджуваних ДР на організм сільськогосподарських працівників та населення шляхом визначення попереднього та кінцевого інтегральних індексів небезпечності (ПІІН та КІІН відповідно). Отримані результати дозволили зробити висновки щодо доцільності експериментального вивчення міграції досліджуваних ДР із ґрунту у повітря. Для оцінки надійності цих висновків проаналізовано порогові концентрації досліджуваних ДР у ґрунті за чотирма показниками шкідливості, які були раніше встановлені за результатами лабораторних експериментів з вивчення закономірностей міграцій у системі «ґрунт – суміжні середовища» для обґрунтування ГДК_г.

© Коршун М.М., Горбачевський Р.В. СТАТТЯ, 2025.