

УДК 504.75:574:614.253.81

*О. В. Рибалова, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0002-8798-4780)**О. В. Бригада, к.т.н., доцент, доц. каф. (ORCID 0000-0001-5777-8516)**О. О. Бондаренко, викл. каф. (ORCID 0000-0002-7544-3442)**Є. О. Макаров, викл. каф. (ORCID 0000-0003-0785-3041)**Національний університет цивільного захисту України, Харків, Україна*

НОВИЙ МЕТОД ОЦІНКИ РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ВІД ВПЛИВУ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТІВ ВАЖКИМИ МЕТАЛАМИ

Розроблено метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами (РЗНГВМ) за моделлю пробіт-регресії. Показано, що для територій, які використовуються для сільськогосподарського використання необхідне визначення рухливих форм важких металів і порівняння їх з транслокаційними гранично-допустимими концентраціями (ГДК). У зв'язку з різними морфологічними особливостями ґрунтів і процесами ґрунтоутворення показана необхідність урахування фонових концентрацій для оцінки забруднення ґрунтів. Розроблена класифікація рівня небезпеки для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами. Надана оцінка РЗНГВМ для територій сільськогосподарського використання, звалища побутових відходів, промислового підприємства, автодоріг і рекреаційних зон. Зроблена порівняльна оцінка РЗНГВМ за новим методом і методом американського агентства охорони навколишнього природного середовища (ЕРА) для територій різного типу використання. Вперше надана оцінка РЗНГВМ для територій Донецької і Луганської областей внаслідок впливу бойових дій за новим методом. Значення РЗНГВМ внаслідок проведення бойових дій відповідають 5 класу (дуже великий вплив на здоров'я населення) і 4 класу (великий вплив, важкі гострі ефекти для здоров'я населення). Визначення РЗНГВМ дозволить прийняти науково-обґрунтоване рішення щодо пріоритетності впровадження природоохоронних заходів. Забруднення ґрунту важкими металами є важливою екологічною проблемою, бо викликає небезпеку для рослин, тварин і здоров'я людини. Новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами дозволяє визначити рівень небезпеки, що обумовлює актуальність представленого в статті дослідження.

Ключові слова: забруднення ґрунтів, важкі метали, ризик для здоров'я населення, новий метод, модель пробіт-регресії

1. Вступ

Розвиток урбанізації та індустріалізації, інтенсифікація сільськогосподарського землекористування, накопичення промислових і побутових відходів призвели до забруднення ґрунтів важкими металами. Концентрації важких металів у ґрунті ростуть загрозливими темпами та впливають на ріст рослин, безпеку харчових продуктів і розвиток ґрунтової мікрофлори. Ґрунт займає важливе місце в навколишньому природному середовищі і його стан впливає на всі компоненти екосистеми. В межах ґрунту поєднуються всі біогеохімічні процеси різних елементів екосистем. Змінюються біохімічні, фізіологічні та метаболічні процеси в рослинах, які ростуть у регіонах з високим рівнем забруднення металами. Токсичність важких металів негативно впливає на життєдіяльність ґрунтових мікроорганізмів, підземні і поверхневі води. Накопичення важких металів у ґрунті загрожує рослинам, тваринам і здоров'ю людини. Тому оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами, яка представлена в роботі, є актуальною для визначення рівня екологічної небезпеки і розробки відповідних природоохоронних заходів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Наукові дослідження в різних країнах світу показали негативний вплив накопичення важких металів на екосистему ґрунтів, зниження швидкості фотосинтезу, схожості насіння і росту коренів рослин. Забруднення ґрунтів важкими металами має негативний вплив на здоров'я населення шляхом використання в їжу сільськогосподарської продукції, яка вирощена на забрудненій території, а також питної води з підземних джерел.

Внаслідок зростаючого занепокоєння суспільства забрудненням важкими металами в ґрунті й зернах рису в роботі [1] було досліджено 101 пару проб ґрунту й рису. Щоб оцінити вміст важких металів в ґрунтах рисових систем, які розташовані уздовж річки Янцзи в Китаї, проаналізовано концентрації в ґрунті й зернах рису. Виявлено регіональні варіації ступеня забруднення важкими металами в ґрунтах рисових систем. Результати дослідження надають корисну інформацію щодо накопичення важких металів в ґрунті для безпечного виробництва рису, а також створюють міцну наукову основу для оцінки ризиків, що стосуються охорони навколишнього середовища і безпеки харчових продуктів.

В рамках проекту «Моніторинг геохімічних уразливостей, спрямованих на правильне управління використанням ґрунту в деяких районах ризику Національного парку Поліно» (MoGeSPol), проведено лабораторні дослідження, спрямовані на виявлення біомаркерів та можливих шляхів міграції забруднювачів з ґрунтів та вод до продуктів, призначених для споживання людиною [2]. Випробування токсичності в організмі *in vivo* проводилось з метою оцінки фітотоксичності та генотоксичності забруднюючих речовин у ґрунті. Вивчення токсичного впливу забруднюючих речовин на рослини є дуже важливим завдяки їх екологічній ролі: наявність в основі харчового ланцюга потенційного накопичення токсичних речовин може стати потенційною небезпекою для тваринного і людського здоров'я. В роботі [2] фітотоксичність Cr^{+6} оцінювалась за розмірами довжини основних коренів рослин *Vicia faba*, вирощених на забрудненому ґрунті. Генотоксичність хрому Cr^{+6} оцінювалась за допомогою мікроядерного тесту на первинний корінь *Vicia faba*. Проект спрямований на вивчення впливу генотоксичного ефекту Cr^{+6} на розвиток раку печінки людини. Дослідження виявляє необхідність порівняння рухливих форм важких металів з відповідними транслокаційними ГДК з метою визначення рівня безпеки для здоров'я населення і вирощування сільськогосподарських культур. Але в роботі [2] детально було визначено тільки канцерогенну дію хрому Cr^{+6} .

Накопичення важких металів у ґрунтах викликає все більшу занепокоєність через проблеми з безпекою харчових продуктів і потенційними ризиками для здоров'я людини.

Автори роботи [3] стверджують, що у жінок токсичні важкі метали можуть накопичуватися в материнському тілі до вагітності і можуть бути перенесені на плід через плаценту, а пізніше – через грудне молоко. Людський плід і немовлята чутливі до токсичності важких металів, що має негативний вплив на центральну нервову систему. Вміст внутрішньоутробного свинцю може спричинити затримку росту дитини, низькі показники IQ на тестах здібностей та низьку продуктивність у школі. Автори зауважують, що наслідки впливу важких металів на організм людини недостатньо вивчені, і ця тема є предметом зростаючої кількості досліджень [3].

Визначення впливу забруднення навколишнього природного середовища на здоров'я людини є складною задачею, бо окрім екологічних чинників впливають професійні чинники, шкідливі звички, спосіб життя, генетична схильність до захворювання [4].

У роботі [5] представлені результати трирічного дослідження щодо потенційної канцерогенної ролі важких металів у двох округах на північному заході Румунії. В одному регіоні на стан здоров'я населення впливають професійні чинники, а в іншому – ні. Результати аналізу співставлені з історичними результатами аналогічних досліджень, виконаних протягом останніх трьох десятиліть фахівцями тієї ж лабораторії. Біологічні випробування проведені з метою встановлення впливу на здоров'я людей забруднення ґрунтів важкими металами. Усі тести корелюють зі станом здоров'я населення двох регіонів.

Для визначення впливу забруднення довкілля на здоров'я населення застосовуються статистичні методи, ГІС-технології, але найбільш розповсюдженими і перспективними є методи оцінки ризику.

Робота [6] присвячена визначенню екологічного ризику забруднення ґрунтів як макроекологічного показника. Запропонований метод оцінки екологічного ризику забруднення ґрунтів використовується для визначення рівня екологічної небезпеки на регіональному рівні, але визначення впливу на здоров'я людей не розглянуто.

Дана оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення атмосферного повітря, поверхневих вод і ґрунтів в роботі [7] відповідно до методичного підходу американського агентства охорони навколишнього природного середовища Environmental Protection Agency (EPA) [8]. Цей методичний підхід застосовується в багатьох країнах світу, навіть у вигляді нормативного документу в Росії [9].

Робота [10] присвячена визначенню концентрацій важких металів у ґрунті та сільськогосподарських продуктах навколо міських та промислових районів провінції Заньджан (північний захід Ірану) та вірогідності небезпеки споживання. Концентрації важких металів у ґрунті визначались атомно-абсорбційною спектроскопією. Оцінка ризику для здоров'я населення здійснена відповідно до методики EPA. Коефіцієнт небезпеки (HQ) вмісту Pb для дітей та дорослих складає 9,07 і 6,94 відповідно, що свідчить про високий рівень забруднення Pb і загрозу здоров'ю споживачів у цьому місці. Відповідно до класифікації рівнів небезпеки за значенням індексу небезпеки (HQ) [7] ці значення відповідають 4 класу, що вказує на ризик розвитку несприятливих ефектів у більшій частині населення.

За методом EPA в роботі [11] дана оцінка ризику для здоров'я населення внаслідок урбанізації та індустріалізації району Хелван у Єгипеті. Для цього з території Хельвана були зібрані проби ґрунтів, рослин і води, і визначено вміст концентрацій неорганічних забруднювачів (Cd, Cr, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Zn) та органічних забруднювачів (фенол та вуглеводні). Отримані результати показали, що концентрації органічних забруднюючих речовин у водних потоках та ґрунтах характеризуються більш високими значеннями концентрацій, ніж допустимі норми, а неорганічні елементи перебувають у безпечних межах для зрощення. Крім того, в ґрунтах, які зрошують стоками промислових об'єктів, зафіксовані високі значення неорганічних та органічних забруднювачів. Встановлено, що рівні цих забруднювачів були високими у рослинних тканинах, особливо їстівних частин. Оцінка ризику для здоров'я людини розрахована з використанням щоденного надходження металів через споживання їстівних рослин. Значення індексу небезпеки (HI) показали, що концентрації Cr можуть спричинити серйозну небезпеку для людей у цій області, особливо, для дітей.

Методичний підхід EPA до оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів передбачає визначення канцерогенного ризику та індексу небезпеки шляхом інтегрування перорального, інгаляційного і нашкірного надходження в організм людини.

Оцінки ризику для здоров'я населення часто використовуються для визначення екологічної небезпеки діяльності підприємств. Важко уявити як в організм дітей або дорослих на території промислових підприємств і навіть рекреаційних зон потрапляють хімічні речовини із ґрунту пероральним, інгаляційним і нашкодним шляхами.

Але забруднення ґрунту важкими металами може впливати на здоров'я людини шляхом вживання їжі та питної води з забруднених територій. Тому вважаємо, що необхідно визначати ризик для здоров'я населення окремо для територій сільськогосподарського використання із застосуванням транслокаційних ГДК, які показують небезпеку потрапляння важких металів із ґрунту в рослинність, а для інших територій з визначенням перевищення вмісту важких металів над фоновими концентраціями за моделлю пробіт-регресії.

Аналіз сучасних методичних підходів до визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами показує необхідність удосконалення методу оцінки ризику для здоров'я населення.

3. Мета та завдання дослідження

Метою дослідження є розробка методу визначення рівня небезпеки для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами шляхом оцінки РЗНГВМ з використанням моделі пробіт-регресії.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні завдання:

- розробити метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами;
- здійснити порівняльну оцінку ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за методом ЕРА і запропонованим методом (на прикладі територій різного типу використання м. Харків);
- надати оцінку ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом внаслідок проведення бойових дій на Сході України (Донецька і Луганська області).

4. Методи визначення рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами для здоров'я населення

4.1. Метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами

Вплив забруднення ґрунту важкими металами на здоров'я людини може здійснюватися шляхом вживання у їжу продуктів харчування, які вирощені на забрудненій сільськогосподарській території. З метою оцінки ймовірності негативних наслідків моделі пробіт-регресії часто використовується для визначення залежності «доза – ефект» [12]. Нормально-ймовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику наведено в табл. 1 [7, 12].

Відповідно до представленого методу ризик для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами на територіях сільськогосподарського використання визначається за формулою

$$\text{Probit} = -1,32 + 1,45 \lg \frac{C_i}{C_{\text{ГДК}i}}, \quad (1)$$

де C_i – концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг; $C_{гдкі}$ – транслокаційна гранично-допустима концентрація (ГДК_{тр}) i -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Табл. 1. Нормально-ймовірнісний розподіл при взаємозв'язку пробітів і ризику

Prob	ER	Prob	ER
-3,0	0,001	0,1	0,540
-2,5	0,006	0,2	0,579
-2,0	0,023	0,3	0,618
-1,9	0,029	0,4	0,655
-1,8	0,036	0,5	0,692
-1,7	0,045	0,6	0,726
-1,6	0,055	0,7	0,758
-1,5	0,067	0,8	0,788
-1,4	0,081	0,9	0,816
-1,3	0,097	1,0	0,841
-1,2	0,115	1,1	0,864
-1,1	0,136	1,2	0,885
-1,0	0,157	1,3	0,903
-0,9	0,184	1,4	0,919
-0,8	0,212	1,5	0,933
-0,7	0,242	1,6	0,945
-0,6	0,274	1,7	0,955
-0,5	0,309	1,8	0,964
-0,4	0,345	1,9	0,971
-0,3	0,382	2,0	0,977
-0,2	0,421	2,5	0,994
-0,1	0,460	3,0	0,999
0,0	0,50	–	–

Ризик для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами на територіях, які не використовуються для вирощування сільськогосподарської продукції, пропонується визначати за формулою

$$\text{Probit} = -1,32 + 1,45 \lg \frac{C_i}{C_{\text{фоні}}}, \quad (2)$$

де $C_{\text{фон}}$ – фонові концентрація i -ої забруднюючої речовини в ґрунті, мг/кг.

Ризик для здоров'я населення визначається для кожної забруднюючої речовини. Для території, що досліджується, визначається сумарний ризик за правилом множення ймовірностей, де як множник виступають не величини ризику здоров'ю, а значення, що характеризують ймовірність його відсутності [7]

$$\text{Risk}_{\text{сум}} = 1 - (1 - \text{Risk}_1)(1 - \text{Risk}_2) \dots (1 - \text{Risk}_n), \quad (3)$$

де $\text{Risk}_{\text{сум}}$ – ризик комплексного впливу забруднення ґрунтів важкими металами на здоров'я населення; $\text{Risk}_1, \dots, \text{Risk}_n$ – ризик впливу кожної окремої забруднюючої речовини.

Рівень небезпеки за оцінкою РЗНГВМ пропонується визначати за табл. 2.

Табл. 2. Характеристика ризику для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами

Значення ризику для здоров'я населення (Risk)	Клас небезпеки	Характеристика ризику
0,01 – 0,19	1	Незначний ризик для здоров'я населення
0,20 – 0,39	2	Підвищений ризик для здоров'я населення (граничні хронічні ефекти для здоров'я людини)
0,40 – 0,59	3	Значний ризик для здоров'я населення (важкі хронічні ефекти для здоров'я людини)
0,60 – 0,79	4	Високий ризик для здоров'я населення (важкі гострі ефекти для здоров'я людини)
0,80 – 1,00	5	Небезпечний ризик для здоров'я населення (дуже великий вплив на здоров'я людини)

Новий метод оцінки РЗНГВМ дозволяє визначати рівень небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами для здоров'я людини.

4.2. Метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами відповідно ЕРА

Відповідно до міжнародного досвіду оцінюється окремо канцерогенний ризик та індекс небезпеки збільшення неонкологічної захворюваності [8, 9].

Канцерогенний ризик визначається ймовірністю розвитку злоякісних новоутворень протягом усього життя людини внаслідок впливу канцерогенних речовин.

Канцерогенний ризик розраховується за формулою [8, 9]

$$CR = SF \cdot LADD, \quad (4)$$

де CR – ймовірність занедужати раком, безрозмірна величина (звичайно виражається в одиницях 1:1000000); SF – міра додаткового індивідуального канцерогенного ризику або ступінь збільшення ймовірності розвитку раку при впливі канцерогену. Визначається як верхня 95% довірча межа нахилу залежності "доза–відповідь" в нижній лінійній частині кривої, мг/(кг·доба)⁻¹; LADD – (Lifetime Average Daily Dose) – середня щоденна доза речовини з урахуванням очікуваної середньої тривалості життя людини (70 років), мг/кг·добу.

При оцінці канцерогенних ризиків середня добова доза (LADD) обчислюється за формулою [8, 9]

$$LADD = \frac{C \times CR \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365}, \quad (5)$$

де LADD – середня добова доза надходження (або I), мг/(кг·доба); C – концентрація речовини в забрудненому середовищі, мг/л, мг/м³, мг/см², мг/кг; CR – швидкість надходження середовища впливу (питної води, повітря, ґрунту, продуктів харчування, тощо), л/добу, м³/добу, кг/добу, тощо; ED – тривалість впливу, років; EF – частота впливу, діб/рік; BW – маса тіла людини, кг; AT – період усереднення експозиції (для канцерогенів AT = 70 років); 365 – число діб в році.

Для речовин, які не мають канцерогенної дії визначається індекс небезпеки. Індекс небезпеки (ІН) для умов одночасного надходження декількох речовин тим самим шляхом (наприклад, інгаляційним або пероральним) розраховується за формулою [8, 9]

$$HI = \sum HQ_i, \quad (6)$$

де HI – індекс небезпеки збільшення захворюваності населення від впливу забруднюючих речовин, які не мають канцерогенної дії, безрозмірна величина; HQ_i – коефіцієнти небезпеки для окремих забруднюючих речовин, безрозмірна величина.

Коефіцієнт небезпеки (HQ) представляє собою відношення дози надходження (або концентрації) хімічної речовини до її безпечного (референтного) рівня впливу.

Для не канцерогенних речовин оцінюється коефіцієнт небезпеки за формулою [8, 9]

$$HQ = \frac{LADD}{RfD}, \quad (7)$$

де HQ – коефіцієнт небезпеки одержати неракове захворювання, безрозмірна величина; RfD – гранична доза речовини забруднювача, що викликає неракове захворювання, мг/кг у добу.

При забрудненні ґрунтів канцерогенними речовинами розраховують середню добову дозу (I) за формулою [9]

$$I = \frac{Cs \times FI \times EF \times ET \times CF2 \times \left(\left(\frac{EDc \times IRc}{BWc} \right) + \left(\frac{EDa \times IRa}{BWa} \right) \right)}{AT \times 365}, \quad (8)$$

де I – середня щоденна доза надходження канцерогенної речовини з ґрунтом, мг/кг·добу; Cs – концентрація речовини в ґрунті, мг/кг; FI – забруднена фракція ґрунту, від. од. (1,0; тобто 100%); EF – частота впливу, днів/рік; (350 діб/рік); ET – час впливу, год./добу; (1 година/добу); CF2 – перерахунковий коефіцієнт, днів/годину (ET/24 діб/год.); EDc – тривалість впливу для дітей, роки (6 років); IRc – швидкість надходження для дітей, мг/добу (0,0002 мг/добу); BWc – вага тіла дітей, кг (15 кг); EDa – тривалість впливу для дорослих, роки (24 роки); IRa – швидкість надходження для дорослих, мг/добу (0,0001 мг/добу); BWa – вага тіла дорослих, кг (70 кг); AT – час усереднення (період, за який усереднюється експозиція), роки (70 років).

Для оцінки коефіцієнт небезпеки (HQ) розраховують окремо середню добову дозу при пероральному, інгаляційному і нашкірному надходженню забруднюючих речовин з ґрунту.

При пероральному надходженню забруднюючих речовин з ґрунту середня щоденна доза речовини (Iso) обчислюється за формулою [9]

$$Iso = \frac{Cs \times FI \times ET \times CF2 \times IRn \times EDn}{BWn \times ATn \times 365}, \quad (9)$$

де Iso – середня щоденна доза перорального надходження забруднюючих речовин з ґрунтом, мг/кг·добу; IRn – швидкість надходження, мг/добу (для дорослих: $IRn=IRa$; для дітей: $IRn=IRc$); EDn – тривалість впливу, роки (для дорослих: $EDn=EDa$; для дітей: $EDn=EDc$); BWn – вага тіла, кг (для дорослих: $BWn=BWa$; для дітей: $BWn=BWc$); ATn – період, за який усереднюється експозиція, роки (для дорослих: 30 років, для дітей: 6 років).

Середня добова доза при інгаляційному впливі хімічних речовин (I_{si}), що попадають у повітря із ґрунту, розраховується за формулою [9]

$$I_{si} = \frac{Ca \times IR \times ED \times EF}{BW \times AT \times 365}, \quad (10)$$

Для розрахунку середньої добової дози при інгаляційному впливі хімічних речовин, що попадають у повітря із ґрунту, в [9] наведено стандартні значення.

$$Ca = Cs \times \left(\frac{1}{PEF} + \frac{1}{VF} \right), \quad (11)$$

де Ca – концентрація речовини в повітрі, mg/m^3 ; Cs – концентрація речовини в ґрунті, mg/kg ; PEF – фактор емісії пилових часток, m^3/kg ; VF – фактор випару із ґрунту, m^3/kg ;

Розрахунок фактора емісії пилових часток (PEF) проводять за формулою [9]

$$PEF = \frac{Q}{C} \times \frac{36667}{0,036 \times (1 - V)} \times \left(\frac{U_m}{U_t} \right)^3 \times F(x), \quad (12)$$

де Q/C – середня інверсна концентрація в центрі ділянки площею 0,2 га, g/m^3 на kg/m^3 ; V – фракція землі, покрита рослинністю, від. од.; U_m – середньорічна швидкість вітру, m/s ; U_t – еквівалентне граничне значення швидкості вітру на висоті 7 м, m/s ; $F(x)$ – функція, що залежить від U_m/U_t .

Стандартні величини показників наведено в [9].

Розрахунок фактора випару речовини із ґрунту (VF) проводять за формулою [9]

$$VF = \frac{Q}{C} \times \sqrt{(3,14 \times Da \times T)} \times 10^{-4} \times (2 \times \rho_{ob} \times Da), \quad (13)$$

де Da – спостережувана дифузія, cm^2/s ; T – інтервал впливу, s ; ρ_{ob} – щільність сухого ґрунту, g/cm^3 .

В [9] наведено стандартні значення для розрахунку фактора випару речовини із ґрунту.

Розрахунок середньої добової дози при наскірній експозиції ґрунту (DAD) проводять за формулою [9]

$$DAD = \frac{DAe \times ED \times EF \times EV \times SA}{BW \times AT \times 365}, \quad (14)$$

де DAD – абсорбована наскірня доза, $mg/kg \cdot \text{добу}$; DAe – абсорбована доза за подію, mg/cm^2 ; ED – тривалість впливу, роки (для дорослих: 30 років; для дітей: 6 років); EF – частота впливу, подія/рік; EV – число подій у добу; SA – площа поверхні шкіри, cm^2 (для дорослих: $5700 cm^2$; для дітей: $3300 cm^2$); BW – маса тіла, kg (для дорослих: 70 kg ; для дітей: 15 kg); AT – період усереднення експозиції, роки (для дорослих: 30 років; для дітей: 6 років).

$$DAe = Cs \times CF \times AF \times ABSd, \quad (15)$$

де Cs – концентрація речовини в ґрунті, мг/кг; CF – перерахунковий коефіцієнт, кг/мг (10^{-6}); AF – фактор забруднення шкіри, мг/см² (для дорослих: 0,1 мг/см²; для дітей: 0,2 мг/см²); $ABSd$ – абсорбована фракція, від. од. (для органічних речовин – 0,1; для неорганічних речовин – 0,01).

В [9] наведено стандартні значення для розрахунок середньої добової дози при нашкірній експозиції ґрунту.

При значенні канцерогенного ризику 10^{-4} - 10^{-6} , ризик вважається допустимим [7, 9]. В табл. 3 наведено класифікацію рівнів канцерогенного ризику.

Табл. 3. Класифікація рівнів канцерогенного ризику [7, 9]

Рівень ризику	Ризик протягом життя
Високий (De Manifestis) – не прийнятний для виробничих умов і населення. Необхідне здійснення заходів з усунення або зниження ризику	$> 10^{-3}$
Середній – припустимий для виробничих умов; за впливу на все населення необхідний динамічний контроль і поглиблене вивчення джерел і можливих наслідків шкідливих впливів для вирішення питання про заходи з управління ризиком	10^{-3} - 10^{-4}
Низький – припустимий ризик (рівень, на якому, як правило, встановлюються гігієнічні нормативи для населення)	10^{-4} - 10^{-6}
Мінімальний (De Minimis) – бажана (цільова) величина ризику при проведенні оздоровчих і природоохоронних заходів	$< 10^{-6}$

В роботі [7] наведено наступна градація границь розвитку неканцерогенних ефектів (за величиною коефіцієнта небезпеки): надзвичайно високий (>10), високий (5-0), середній (1-5), низький (0,1-1,0), мінімальний (менш 0,1).

Для порівняння методичних підходів до оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами в цій статті визначено рівень небезпеки за новим методом і методом ЕРА для територій міста Харків різного типу використання.

4.3. Визначення ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом внаслідок проведення бойових дій

Визначення екологічного ризику погіршення стану ґрунтів і земельних ресурсів при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження, які представлено в роботах [7, 13] показали, що в найбільш небезпечному стані знаходяться промислові регіони країни (Донецька, Дніпропетровська і Луганська області). Але ці дослідження були проведені в 2013-2014 рр. З 2014 року на частині територій Донецької і Луганської областей проходять бойові дії, які, безумовно, мають значний негативний вплив на стан навколишнього природного середовища і здоров'я населення.

В роботі [14] досліджено вплив вибухів боєприпасів на екологічний стан довкілля, в тому числі якісний стан ґрунтів. А робота [15] присвячена зменшенню екологічного ризику шляхом оптимізації проектів пожежогасіння в бойових майданчиках. Але вплив забруднених ґрунтів внаслідок вибухів боєприпасів на здоров'я населення в цих роботах не досліджено.

Бойові дії призводять до забруднення компонентів навколишнього природного середовища і виникнення надзвичайних ситуацій. Особливістю Донецької і

Луганської області є наявність великої кількості об'єктів підвищеної техногенної небезпеки, які внаслідок проведення антитерористичної операції (АТО) знаходяться під загрозою вибухів, пошкодження та інших аварійних ситуацій, що призводить до забруднення хімічними речовинами ґрунтів, атмосферного повітря, поверхневих і підземних вод. Під час проведення АТО на території Донбасу затоплено близько десяти шахт, а також існує ризик зупинки повного виробництва і затоплення вугледобувних підприємств, що призводить до забруднення ґрунтів. Шахтні води насичені великою кількістю шкідливих солей, важких металів та ртуті. Піднімаючись горизонтом вище, шахтні води насичують солями з нижніх шарів ґрунту родючі шари землі на поверхні, перетворюючи їх на непридатні для сільськогосподарської діяльності солончаки. Моніторингу стану навколишнього природного середовища, в тому числі якості ґрунтів, на окупованих територіях Донбасу не проводиться.

В роботі [16] представлено матеріали кабінетних і польових досліджень, проведених у рамках проекту «Визначення шкоди, завданої довкіллю на сході України», який виконувався Координатором проектів ОБСЕ в Україні за фінансової підтримки урядів Канади та Австралії у співпраці з екологічною мережею «Зой» (Швейцарія).

Під час проведення антитерористичної операції (АТО) з 2014 по 2017 рік на підприємствах регіону зафіксовано понад 500 аварійних ситуацій, які мали вплив на навколишнє природне середовище і населення [16].

Польові дослідження ґрунтів в зоні проведення бойових дій, які представлені в роботі [16], показали значне, в порівнянні з даними 2008 року, забруднення важкими металами. Максимальне перевищення за окремими показниками становило 1,2-2 рази від фонового, а іноді досягало в 7-17 разів. Тому вважаємо важливим проведення оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами для територій, де відбувались бойові дії.

5. Результати оцінки рівня небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами для здоров'я населення

5.1. Оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом

З метою визначення ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими відібрано 6 проб на території сільськогосподарського використання в с. Безруки Дергачівського району Харківської області. Вміст важких металів визначено атомно-абсорбційною спектрофотометрією з полум'яною атомізацією на приладі Hitachi Z-8000. Результати оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за формулами (1) і (2) наведено в табл. 4.

Результати оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського використання показали можливість безпечного вирощування продукції. Всі проби ґрунтів за величиною ризику для здоров'я населення віднесено до 1 класу – незначний вплив на здоров'я населення (табл. 2).

Для визначення рівня небезпеки для здоров'я населення від забруднення важкими металами відібрані проби ґрунтів в 4-х точках рекреаційних зон м. Харків, 3-х точках автодоріг, поблизу звалища побутових відходів і території промислового підприємства.

Табл. 4. Ризик для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів сільськогосподарського використання

Назва речовини	Концентрація (С),	ГДК транслокаційне,	Risk
Проба 1			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	92	220	0,038
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,113
Проба 2			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	74	220	0,030
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,106
Проба 3			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	59	220	0,023
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,099
Проба 4			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	56	220	0,022
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,098
Проба 5			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	51	220	0,020
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,097
Проба 6			
Цинк (Zn)	1	23	0,001
Марганець (Mn)	73	220	0,029
Мідь (Cu)	1	3,5	0,025
Хром (Cr)	2	6	0,030
Нікель (Ni)	2	6,7	0,026
Risk сум			0,105

Оцінка канцерогенного ризику за методикою [9] показала небезпеку для територій звалища побутових відходів і промислового підприємства (рис. 1). Значення канцерогенного ризику на цих територіях відповідають середньому рівню небезпеки [7].

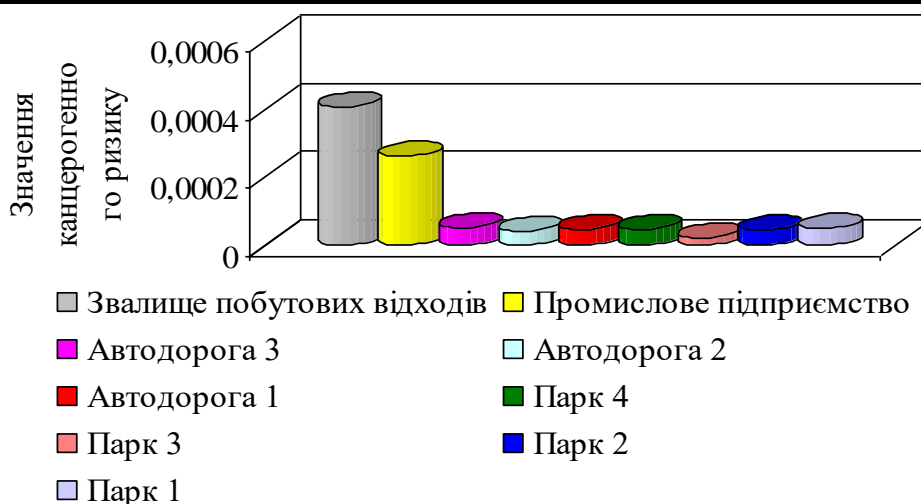


Рис. 1. Ранжування точок відбору проб в м. Харків за значенням канцерогенного ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами

Результати оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів міста Харків наведено в табл. 5.

Табл. 5. Ризик для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів міста Харків

Місце відбору проб	Клас	Характеристика ризику
Парк 1	2	Підвищений ризик
Парк 2	1	Незначний ризик
Парк 3	1	Незначний ризик
Парк 4	2	Підвищений ризик
Автодорога 1	2	Підвищений ризик
Автодорога 2	2	Підвищений ризик
Звалище побутових відходів	5	Небезпечний ризик
Промислове підприємство	5	Небезпечний ризик

Ранжування точок відбору проб в м. Харків за значенням ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами показало високий рівень небезпеки територій звалища побутових відходів і промислового підприємства (рис. 2).

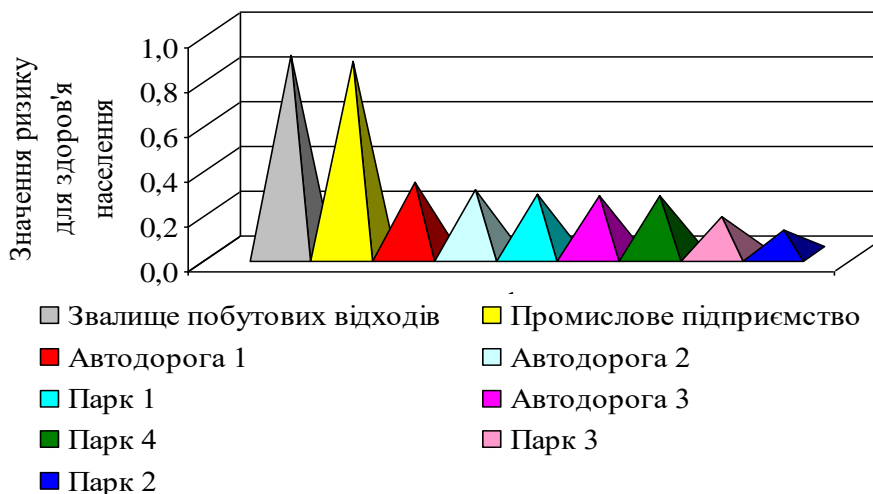


Рис. 2. Ранжування точок відбору проб в м. Харків за значенням ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами

Оцінка РЗНГВМ для територій різного типу використання в місті Харків і Харківській області показала ефективність застосування нового методу.

5.1. Оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за методом ЕРА

Території рекреаційних зон позначені таким чином: парк 1 – без значного впливу (БЗВ 1), парк 2 – без значного впливу (БЗВ 2), парк 3 – без значного впливу (БЗВ 3), парк 4 – без значного впливу (БЗВ 4). Території автодороги позначено наступним чином: автодорога 1 – вплив автотранспорту (ВА 1), автодорога 2 – вплив автотранспорту (ВА 2), автодорога 3 – вплив автотранспорту (ВА 3). Звалище побутових відходів позначили – вплив звалища побутових відходів (ВЗПВ), а територію промислового підприємства – Вплив промислового підприємства (ВПП).

Розрахунок канцерогенного ризику забруднення ґрунтів важкими металами показав, що він є припустимий (табл. 6).

Табл. 6. Канцерогенний ризик забруднення важкими металами ґрунтів міста Харків

Місце відбору проб	CR _{si}	CR _{so}	CR _s	CR _{si}	CR _s
	Cr	Cd	Pb	Ni	
Парк 1– БЗВ 1	5E-05	6,5E-08	3E-08	5,7E-07	5E-05
Парк 2– БЗВ 2	4E-05	6,5E-08	3E-08	5,7E-07	4,5E-05
Парк 3– БЗВ 3	2E-05	6,5E-08	3E-08	5,7E-07	2,3E-05
Парк 4– БЗВ 4	5E-05	6,5E-08	3E-08	5,7E-07	4,7E-05
Автодорога 1 – ВА 1	5E-05	9,3E-08	1,6E-07	5,7E-07	4,8E-05
Автодорога 2 – ВА 2	4E-05	7,2E-08	3,6E-08	8E-07	4,2E-05
Автодорога 3 – ВА 3	5E-05	6,5E-08	3,6E-07	5,7E-07	5,3E-05
Територія звалища побутових відходів – ВЗПВ	0,0003	2,3E-07	3,9E-07	2,9E-06	0,00026
Територія промислового підприємства – ВПП	0,0004	1,2E-07	2E-07	4E-06	0,00041

Ранжування джерел забруднення показало найбільшу ймовірність отримати онкологічне захворювання при впливі на забруднення ґрунтів важкими металами промислового підприємства.

Розрахунок індексу небезпеки вмісту важких металів в місті Харків показало надзвичайно високий ризик отримати неонкологічне захворювання як для дорослих (табл. 7), так і для дітей (табл. 8).

Табл. 7. Індекс небезпеки вмісту важких металів в ґрунті отримати неонкологічне захворювання для дорослих міста Харків

Місце відбору проб	Коефіцієнти небезпеки (HQ)								Загальний індекс небезпеки (HI)
	Zn	Fe	Mn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	
БЗВ 1	0,13	18,22	2,12	0,82	2,66	3,91	1,12	0,39	50,17
БЗВ 2	0,07	12,01	0,92	0,23	2,35	3,91	1,12	0,39	34,69
БЗВ 3	0,11	13,96	1,45	0,35	1,17	3,91	1,12	0,39	38,39
БЗВ 4	0,11	17,61	1,76	0,91	2,51	3,91	1,12	0,39	48,42
ВА 1	0,15	17,01	3,05	1,07	2,51	5,64	5,82	0,39	55,02
ВА 2	0,20	18,04	1,54	0,74	2,19	4,38	1,34	0,55	49,56
ВА 3	0,19	12,68	1,37	0,74	2,82	3,91	13,42	0,39	49,98
ВЗПВ	1,59	39,01	4,59	10,71	13,93	14,09	14,54	1,96	144,91
ВПП	1,99	41,45	4,19	6,18	21,92	7,05	7,38	2,74	140,17

Табл. 8. Індекс небезпеки вмісту важких металів в ґрунті отримати неонкологічне захворювання для дітей міста Харків

Місце відбору проб	Коефіцієнти небезпеки (HQ)								Загальний індекс небезпеки (HI)
	Zn	Fe	Mn	Cu	Cr	Cd	Pb	Ni	
БЗВ 1	0,06	18,22	0,99	0,38	1,24	1,83	0,52	0,18	23,44
БЗВ 2	0,03	12,01	0,43	0,11	1,10	1,83	0,52	0,18	16,21
БЗВ 3	0,05	13,96	0,68	0,16	0,55	1,83	0,52	0,18	17,93
БЗВ 4	0,05	17,61	0,82	0,42	1,17	1,83	0,52	0,18	22,62
ВА 1	0,07	17,01	1,42	0,50	1,17	2,63	2,72	0,18	25,70
ВА 2	0,09	18,04	0,72	0,35	1,02	2,05	0,63	0,26	23,15
ВА 3	0,09	12,68	0,64	0,35	1,32	1,83	6,27	0,18	23,35
ВЗПВ	0,74	39,01	2,14	5,00	6,51	6,58	6,79	0,91	67,70
ВПП	0,93	41,45	1,96	2,89	10,24	3,29	3,45	1,28	65,48

Ранжування джерел забруднення за значенням індексу небезпеки вмісту важких металів в ґрунті показало найбільшу ймовірність отримати неонкологічне захворювання при впливі звалища побутових відходів як для дорослих, так і для дітей.

З'ясовано, що найбільший внесок в індекс небезпеки збільшення загальної захворюваності з причини забруднення ґрунтів м. Харків важкими металами вносить залізо (рис. 3).

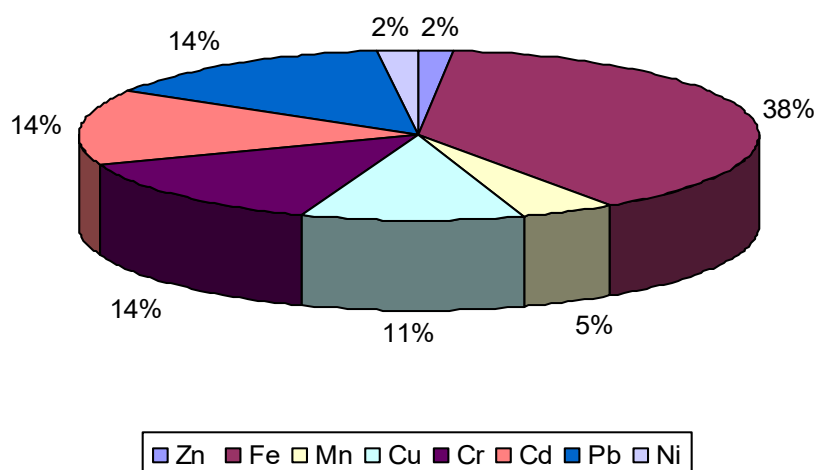


Рис. 3. Внесок окремих забруднюючих речовин в загальний індекс небезпеки збільшення загальної захворюваності з причини забруднення ґрунтів м. Харків важкими металами

Необхідно відзначити, що значення загального індексу небезпеки (HI) для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами відповідно методу ERA для всіх територій, навіть рекреаційних зон, відповідають 5 класу – надзвичайно високий ризик.

Порівняння оцінки РЗНГВМ для територій різного типу використання в місті Харків і Харківській області показало, що за новим методом значення ризику більше відповідають дійсності, ніж за методом ERA.

5.3. Оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами за новим методом внаслідок проведення бойових дій

Стан ґрунтів і земельних ресурсів в Луганській і Донецькій областях в зоні проведення бойових дій досліджено на основі матеріалів проектів ОБСЄ в Україні в роботах [16–18].

Проби ґрунтів відібрані переважно у воронках протягом короткого часу після припинення бойових дій. Відповідно до даних [18], вміст важких металів у пробах ґрунту, відібраних на ділянках бойових дій, в більшості випадків перевищував фонове значення в 1,2-12 разів. За даними [19] перевищення фонових значень спостерігалось за вмістом кадмію в 4,4 рази і свинцю – в 1,2 рази.

На основі дослідження забруднення ґрунтів внаслідок прямого впливу бойових дій, які представлено в роботі [16] дана оцінка ризику для здоров'я населення за новим методом (табл. 9).

Табл. 9. Рівень небезпеки забруднення ґрунтів важкими металами внаслідок проведення бойових дій на території Донецької і Луганської областей

Місце відбору проб ґрунтів	Клас небезпеки	Рівень небезпеки
Слов'янська ТЕС	4	Високий ризик
Луганська ТЕС	5	Небезпечний ризик
Лисичанський НПЗ	4	Високий ризик
Карлівка	4	Високий ризик
Маріуполь	4	Високий ризик
Телерадіоцентр Слов'янськ	4	Високий ризик
Аеродром Краматорськ	4	Високий ризик
ПЗФ "Слов'янський курорт"	5	Небезпечний ризик
ПЗФ "Крейдяна флора"	4	Високий ризик
ПЗФ "Клебан-Бик"	4	Високий ризик

Ранжування постів спостереження за значенням ризику для здоров'я населення показало, що найбільш небезпечним є вплив вмісту важких металів території Луганської ТЕС (рис. 4).

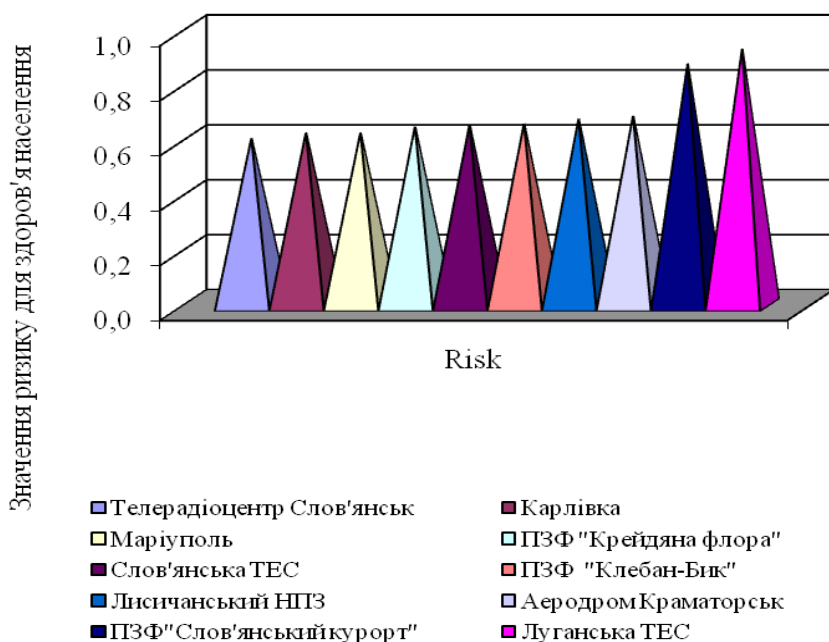


Рис. 4. Ранжування постів спостереження за значенням ризику для здоров'я населення внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами

В роботі [16] наведено чинники можливого впливу бойових дій. Так, на території Луганської ТЕС була задіяна наступна зброя: стрілецька, гранати, артилерія, реактивна система залпового вогню (РСЗВ). На території ПЗФ "Слов'янський курорт" використовувалась: стрілецька зброя, гранати, артилерія, бронетанкова техніка.

За оцінкою Світового банку, ЄС і ООН для подолання наслідків бойових дій на сході України на стан навколишнього природного середовища необхідно 30 млн. доларів США і 40 млн. доларів США на відновлення систем водопостачання і водовідведення [16].

На основі проведених досліджень щодо впливу бойових дій на сході України в роботі [16] представлено пропозиції щодо відновлення регіону в короткостроковій і довгостроковій перспективі. Для відновлення порушених земель, водних об'єктів і лісових насаджень запропоновано розмінування і очищення від залишків боєприпасів земель, лісів, прибережних територій і донних відкладів водних об'єктів, вжиття заходів із хімічної меліорації ґрунтів, відновлення лісів та інші природоохоронні заходи [16].

6. Обговорення необхідності застосування запропонованого методу оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами

Забруднення ґрунтів важкими металами становить серйозну загрозу для навколишнього середовища і здоров'я людей в глобальному масштабі. Токсичність важких металів призводить до зниження продуктивності і врожайності сільськогосподарських культур, руйнує клітинні структури рослин, порушує нормальне функціонування екосистем і негативно впливає на здоров'я населення. Тому дослідження рівня екологічної небезпеки для здоров'я людей внаслідок забруднення ґрунтів важкими металами є дуже актуальними.

З метою визначення впливу забруднення навколишнього середовища на стан здоров'я людини в багатьох країнах застосовуються методи оцінки ризику. В світі найбільш поширеним є методичний підхід до оцінки ризику для здоров'я населення, який розроблено американським агентством охорони навколишнього природного середовища (EPA). Але при сучасній системі державного моніторингу навколишнього природного середовища в Україні американська методика оцінювання ризику для здоров'я населення потребує адаптації для застосування.

В роботі [7] запропоновано адаптувати американську методику оцінювання ризику для здоров'я населення шляхом застосування гранично допустимих концентрацій при відсутності інформації щодо референтних концентрацій або референтних доз, а також на основі аналізу літературних джерел визначено критичні органи і системи людини, на які впливають забруднюючі речовини.

В роботі представлено новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами (РЗНГВМ) із застосуванням моделі пробіт-регресії. Вважаємо, що вплив забруднення ґрунтів важкими металами на організм людини здійснюється шляхом потрапляння в їжу небезпечних речовин. Тому запропоновано оцінювати РЗНГВМ для територій сільськогосподарського використання шляхом визначення кратності перевищення транслокаційних ГДК. Для територій, які не використовують для вирощування сільськогосподарської продукції, пропонуємо порівнювати вміст важких металів в ґрунті з фоновими концентраціями.

Для порівняння запропонованого в цій роботі методу оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами з американським методичним підходом наводимо результати оцінювання ризику для територій різного призначення в місті Харків (табл. 10).

Табл. 10. Ризик для здоров'я населення (Risk) та індекс небезпеки (НІ) впливу забруднення важкими металами ґрунтів міста Харків

Місце відбору проб	Значення РЗНГВМ за новим методом		Значення РЗНГВМ за методом ЕРА	
	Risk	Клас небезпеки	Загальний індекс небезпеки (НІ)	Клас небезпеки
Парк 1	0,27	2	50,17	5
Парк 2	0,11	1	34,69	5
Парк 3	0,17	1	38,39	5
Парк 4	0,26	2	48,42	5
Автодорога 1	0,32	2	55,02	5
Автодорога 2	0,29	2	49,56	5
Автодорога 3	0,26	2	49,98	5
Звалище побутових відходів	0,88	5	144,91	5
Промислове підприємство	0,86	5	140,17	5

Як показують дані табл. 10, за методом ЕРА значення індекс небезпеки (НІ) для всіх територій міста Харків відповідають 5 класу (небезпечний ризик), а за новим методом значення ризику для здоров'я населення від вмісту важких металів на території рекреаційних зон відповідають 1-2 класу небезпеки і тільки на території звалища побутових відходів і промислового підприємства відповідають 5 класу небезпеки. Вважаємо перспективним впровадження запропонованого методу оцінки РЗНГВМ в управлінську природоохоронну діяльність.

Визначення впливу проведення бойових дій на стан навколишнього природного середовища і здоров'я людей, особливо для індустріально розвинутих територій з великою кількістю екологічно небезпечних підприємств і об'єктів, як Донецька і Луганська області, є дуже актуальним.

На основі даних спостереження за станом навколишнього природного середовища в зоні проведення АТО під егідою Координатора проектів ОБСЄ в Україні в статті дана оцінка ризику для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів. Результати оцінювання показали, що всі досліджувані території відносяться до 4 класу небезпеки (високий ризик) і 5 класу небезпеки (небезпечний ризик).

Оцінка ризику для здоров'я населення дозволяє визначити найбільш небезпечні території, використання яких становить загрозу для рослин, тварин і людей. Запропонована методика оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення ґрунтів важкими металами дозволить визначити найбільш небезпечні джерела ризику з метою прийняття управлінських рішень щодо його зменшення.

Наступним етапом після оцінювання ризику для здоров'я населення є управління ризиком, тобто прийняття необхідних управлінських рішень щодо досягнення рівня прийняттого ризику з урахуванням технологічних та економічних можливостей найбільш небезпечних підприємств-природокористувачів по реалізації природоохоронних заходів.

7. Висновки

1. В роботі запропоновано новий метод оцінки ризику для здоров'я населення від впливу забруднення важкими металами ґрунтів (РЗНГВМ) для територій різного типу використання. На територіях сільськогосподарського використання запропоновано порівнювати концентрації важких металів з транслокаційними

ГДК, які обмежують потрапляння забруднюючих речовин із ґрунту до рослин. Ця пропозиція є важливою, бо вплив важких металів на організм людини здійснюється шляхом вживання у їжу забруднених продуктів або питної води. Оцінка РЗНГВМ на територіях сільськогосподарського призначення показала, що ризик є незначним і можна безпечно вирощувати продукцію в с. Безруки Дергачівського району Харківської області.

Для визначення рівня небезпеки для здоров'я населення від забруднення ґрунтів важкими металами відібрано проби в 4 точках рекреаційних зон міста Харків, 3 точках поблизу автодоріг, на території звалища побутових відходів і промислового підприємства. Ранжування точок відбору проб в місті Харків за значенням РЗНГВМ показало високий рівень небезпеки територій звалища побутових відходів і промислового підприємства. Значення ризику на цих територіях відповідають 5 класу небезпеки – дуже великий вплив на здоров'я населення. Це означає необхідність негайного запровадження природоохоронних заходів.

2. Показано переваги нового методу із застосуванням моделі пробіт-регресії для оцінки ризику для здоров'я населення в порівнянні з традиційним методичним підходом визначення індексу небезпеки. Оцінка канцерогенного ризику для територій звалища побутових відходів і промислового підприємства показала необхідність проведення постійного моніторингу і вживання заходів щодо зменшення ризику. За методом ЕРА дана оцінка індексу небезпеки потрапляння важких металів з ґрунту пероральним, інгаляційним шляхами та через шкіру, яка показала надзвичайно високу загрозу збільшення загальної захворюваності для усіх досліджуваних територій, навіть рекреаційних зон. За новим методом значення ризику для здоров'я населення для рекреаційних зон відповідають 1-2 класу небезпеки, автодоріг – 2 класу небезпеки, а територій звалища побутових відходів і промислового підприємства – 5 класу небезпеки. Вважається, що використання запропонованого методичного підходу до оцінки ризику для здоров'я населення буде сприяти одержанню порівнянних даних при визначенні рівня забруднення ґрунту важкими металами. Це дасть змогу підвищити рівень екологічної безпеки.

3. Встановлено, що військові конфлікти негативно впливають на стан ґрунтів і ландшафтів, поверхневих і підземних вод, рослинного і тваринного світу, а також часто є причиною виникнення надзвичайних ситуацій на підприємствах промисловості і комунального господарства. До початку бойових дій на території Донецької і Луганської областей було розташовано біля 4500 потенційно небезпечних промислових об'єктів. За даними ОБСЄ за період з 2014 по 2017 роки в цьому регіоні зафіксовано понад 500 аварійних ситуацій, які негативно вплинули на навколишнє природне середовище і населення. В роботі вперше дана оцінка РЗНГВМ внаслідок проведення бойових дій за новим методом. Результати оцінювання ризику показали, що усі досліджувані території віднесено до 4 і 5 класу небезпеки, але найбільш небезпечним для здоров'я населення є вплив вмісту важких металів на території Луганської ТЕС, що дає змогу визначити першочерговість впровадження природоохоронних заходів після припинення бойових дій.

Література

1. Liu Z., Zhang Q., Han T., Ding Y., Sun J., Wang F., Zhu nt. J. C. Heavy Metal Pollution in a Soil-Rice System in the Yangtze River Region of China // Environ. Res. Public Health. 2016. Vol. 13(1). 63 p.

2. Boccia P., Margiotta S. Natural geochemical risk in the Pollino Massif: a case-study of chromium // *Frontiers in Genetics*. 2015. P. 6.
3. Yurdakök K. Lead, mercury, and cadmium in breast milk // *Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine*. 2015. Vol. 4. № 2. P. 1–11.
4. Рыбалова О. В., Артемьев С. Р. Определение безопасности рекреационного водопользования // *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2017. № 11. Vol. 1. P. 19–25.
5. Vlad M., Roman C., Brie I., Bocşan I. S., Brumboiu I., Călinici T., Lucia M. Ponta Surveillance of Chronic Non-occupational Exposure to Heavy Metals as Oncogenic Risk. *AIMS Public Health*. 2016. 3(1). P. 54–64
6. Рыбалова О. В., Варивода Є. О., Скиба В. А. Особливості визначення екологічного ризику забруднення ґрунтів // *Зб. наук. праць Вісник Національного технічного університету "ХПІ". Тематичний випуск: Нові рішення в сучасних технологіях*. Харків: НТУ "ХПІ". 2011. № 58. С. 64–70.
7. Васенко О. Г., Рыбалова О. В., Артем'єв С. Р. Інтегральні та комплексні оцінки стану навколишнього природного середовища: монографія. Х.: НУГЗУ. 2015. 419 с.
8. Integrated Risk Information System (IRIS) / U.S. Environmental Protection Agency (EPA). URL: <http://www.epa.gov/iris> (дата звернення 29.01.2019).
9. Руководство по оценке риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду. Р 2.1.10.1920-04. М. 2004. 143 с.
10. Afshari A., Khademi H., Ayoubi Sh. Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in Soils and Selected Crops in Zanzan Urban and Industrial Regions // *Majallah-i āb va Khāk*. 2016. Vol. 29 (1). P. 151–163.
11. Salem T., Ahmed Sh. S., Hamed M., Abd ElAziz G. H. Risk assessment of hazardous impacts on urbanization and industrialization activities based upon toxic substances // *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2016. Vol. 2(2). P. 163–176.
12. Rybalova O., Artemiev S., Sarapina M., Tsymbal B., Bakhareva A., Shestopalov O., Filenko O. Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. 2018. Vol. 2. Issue 10(92). P. 4–17.
13. Рыбалова О. В., Белан С. В. Екологічний ризик погіршення сучасного стану ґрунтів і земельних ресурсів України // *Экология и промышленность: научн.-произв. журнал*. Харьков. 2013. № 3. С. 15–20.
14. Ivanov E., Loboichenko V., Artemev S., Vasyukov A. Emergency situations with explosions of ammunition: Patterns of occurrence and progress // *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*. 2016. Vol. 1 (10). P. 26–35.
15. Vasiliev M. I., Movchan I. O., Koval O. M. Diminishing of ecological risk via optimization of fire-extinguishing system projects in timber-yards // *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2014. Vol. 5. P. 106–113.
16. Оцінка екологічної шкоди та пріоритети відновлення довкілля на сході України. К.: ВАІТЕ. 2017. 88 с.
17. Аверін Д. Кабінетне дослідження шкоди, завданої довкіллю на сході України» для Координатора проєктів ОБСЄ України. Київ. 2017. 13.07.2017.

18. Кравченко О. Воєнні дії на сході України – цивілізаційні виклики людству. МБО «Екологія – право – людина». Львів: ЕПЛ. 2015. 136 с.

19. Yakovliev Ye., Chumachenko S. Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Centre for Humanitarian Dialogue. Geneva, 2017. 64 p.

O. Rybalova, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

O. Bryhada, PhD, Associate Professor, Associate Professor of the Department

O. Bondarenko, Lecturer of the Department

Ye. Makarov, Lecturer of the Department

National University of Civil Defence of Ukraine, Kharkiv, Ukraine

NEW METHOD OF HEALTH RISK ASSESSMENT FROM THE INFLUENCE OF SOILS POLLUTION BY HARD METALS

In the article a method for assessing the risks to the population's health because of an influence of heavy metals contamination in soils with the model of probit regression has been developed. The paper shows that agricultural territories requires the determination of mobile forms of heavy metals; as well as, the comparison to the translocational maximum permissible concentration should be done. It was shown that background concentrations should be taken into consideration because of different morphological features of soils and formation of soils. The article proposes a danger level classification for the population's health due to soil contamination by heavy metals. The estimations of heavy metals contamination in soils for agricultural territories, a landfill for municipal waste, an industrial enterprise, highways and recreational zones are given. A comparative estimation of heavy metals contamination in soils was done with a new method and the American Environmental Protection Agency (EPA) method for territories with different types of use. For the first time, authors provided the results of an assessment of contamination by heavy metals for the territories of Donetsk and Lugansk oblasts; this contamination is a result of hostilities; the assessment was done by the new method. The significance of the impact on public's health by heavy metals contamination in soils as a result of combat operations corresponds to the grade 5 (very high impact on public health) and grade 4 (high impact, severe acute effects on public health). The measurement of the impact on public's health due to heavy metal contamination in soils will allow us to take a scientifically grounded decision on the priority of the implementation of environmental measures. Soil contamination by heavy metals is an important environmental problem, since it threatens to plants, animals and human health. The new method for the risk assessment of public's health from the effects of soil contamination by heavy metals can determine the level of danger, which determines the relevance of the research presented in the article.

Keywords: soil contamination, heavy metals, public health risk, new method, probit-regression model

References

1. Liu, Z., Zhang, Q., Han, T., Ding Y., Sun, J., Wang, F., Zhu C. (2016). Heavy Metal Pollution in a Soil-Rice System in the Yangtze River Region of China. nt. J. Environ. Res. Public Health, 13 (1), 63.

2. Boccia, P., Margiotta S. (2015). Natural geochemical risk in the Pollino Massif: a case-study of chromium. Frontiers in Genetics, 6.

3. Yurdakök, K. (2015). Lead, mercury, and cadmium in breast milk. Journal of Pediatric and Neonatal Individualized Medicine, 4, 2, 1–11.

4. Ryibalova, O. V., Artemev, S. R. (2017). Opredelenie bezopasnosti rekreacionnogo vodopolzovaniya. Norwegian Journal of development of the International Science, 11, 1, 19–25.

5. Vlad, M., Roman, C., Brie, I., Boçşan, I.S., Brumboiu, I., Călinici, T., Lucia, M. (2016). Ponta Surveillance of Chronic Non-occupational Exposure to Heavy Metals as Oncogenic Risk. AIMS Public Health, 3, 1, 54–64.

6. Ribalova, O. V., Varivoda, E. O., Skiba, V. A. (2011). Osoblivosti viznachennya ekologichnogo riziku zabrudnennya Gruntiv. Zb. nauk. prats Visnik Natsionalnogo tehnichnogo universitetu "HPI". Tematichniy vipusk: Novi rishennya v suchasniy tehnologiyah. Harkiv: NTU "HPI", 58, 64–70.

7. Vasenk, O. G., Ribalova, O. V., Artem'ev S. R. (2015). Integralni ta kompleksni otsinki stanu navkolishnogo prirodnogo seredovischa: monografiya. H.: NUGZU, 419.

8. Integrated Risk Information System (IRIS): U.S. Environmental Protection Agency (EPA). <http://www.epa.gov/iris>

9. Rukovodstvo po otsenke riska dlya zdorovya naseleniya pri vozdeystvii himicheskikh veschestv, zagryaznyayuschih okruzhayuschuyu sredu (2004). R 2.1.10.1920-04, M., 143.

10. Afshari, A., Khademi, H., Ayoubi, Sh. (2016). Risk Assessment of Heavy Metals Contamination in Soils and Selected Crops in Zanjan Urban and Industrial Regions. *Majallah-i āb va Khāk*, 29, 1, 151–163.

11. Salem, T., Ahmed, Sh. S., Hamed, M., Abd ElAziz, G. H. (2016). Risk assessment of hazardous impacts on urbanization and industrialization activities based upon toxic substances. *Global Journal of Environmental Science and Management*. 2, 2, 163–176.

12. Rybalova, O., Artemiev, S., Sarapina, M., Tsymbal, B., Bakhareva, A., Shestopalov, O., Filenko, O. (2018). Development of estimation methods of environmental risk degrading the surface water state. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 2, 10, 92, 4–17.

13. Ribalova, O. V., Belan, S. V. (2013). Ekologichniy rizik pogirshennya suchasnogo stanu Gruntiv i zemelnih resursiv Ukraini. *Ekologiya i promyshlennost: nauchn. proizv. zhurnal*. Harkov, 3, 15–20.

14. Ivanov, E., Loboichenko, V., Artemev, S., Vasyukov, A. (2016) Emergency situations with explosions of ammunition: Patterns of occurrence and progress *EasternEuropean Journal of Enterprise Technologies*, 1, 10, 26–35.

15. Vasiliev, M. I., Movchan, I. O., Koval, O. M. (2014). Diminishing of ecological risk via optimization of fire-extinguishing system projects in timber-yards *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*, 5, 106–113.

16. Otsinka ekologichnoyi shkodi ta prioriteti vidnovlennya dovkiliya na shodi Ukraini. K.:VAITE, 2017, 88.

17. Averin, D. (2017). Kabinetne doslidzhennya shkodi, zavdanoyi dovkiliyu na shodi Ukraini» dlya Koordinatora proektiv OBSE Ukraini. Kiyiv, 13.07.2017.

18. Kravchenko O. (2015). Voienni dii na skhodi Ukrainy – tsyvilizatsiini vyklyky liudstvu. MBO «Ekolohiia – pravo – liudyna», Lviv. EPL, 136.

19. Yakovliev, Ye., Chumachenko, S. (2017). Ecological Threats in Donbas, Ukraine. Centre for Humanitarian Dialogue. Geneva, 64.

Надійшла до редколегії: 29.01.2019

Прийнята до друку: 13.02.2019