

9. Shevchenko OA, Dorohan' SB. [Radiothriving of the Population: Monograph]. Saarbrücken: LAP Lambert Academic Publishing; 2020. Ukrainian.
10. [Chief Sanitary Inspectorate]. [Internet]. Warsaw: Service of the Republic of Poland; [cited 2021 Nov 11]. Polish. Available from: <https://www.gov.pl/web/gis/stacje-sanitarne-epidemiologiczne>
11. Luo H, Tang QL, Shang YX, Liang SB, Yang M, Robinson N, Liu JP. Can Chinese Medicine Be Used for Prevention of Corona Virus Disease 2019 (COVID-19)? A Review of Historical Classics, Research Evidence and Current Prevention Programs. *Chin J Integr Med*. 2020 Apr;26(4):243-50. doi: <https://doi.org/10.1007/s11655-020-3192-6>
12. Saracci R. Prevention in COVID-19 time: from failure to future. *J Epidemiol Community Health*. 2020 Sep;74(9):689-91. Epub 2020 Jun 28. PMID: 32595136; PMCID: PMC7320718. doi: 10.1136/jech-2020-214839.
13. Tan W, Hao F, McIntyre RS, Jiang L, Jiang X, Zhang L, et al. Is returning to work during the COVID-19 pandemic stressful? A study on immediate mental health status and psychoneuroimmunity prevention measures of Chinese workforce. *Brain Behav Immun*. 2020 Jul;87:84-92. Epub 2020 Apr 23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.bbi.2020.04.055>
14. Wang J, Wang Z. Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats (SWOT) Analysis of China's Prevention and Control Strategy for the COVID-19 Epidemic. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Mar 26;17(7):2235. doi: <https://doi.org/10.3390/ijerph17072235>
15. WHO: Current WHO global phase of pandemic alert: Avian Influenza A(H5N1). [Internet]. World Health Organization; [cited 2021 Nov 11]. Available from: <https://www.who.int/influenza/preparedness/pandemic/h5n1phase/en/>

Стаття надійшла до редакції  
04.10.2021



УДК 614.777:632.95.024:616-036.3

<https://doi.org/10.26641/2307-0404.2022.3.265963>

*М.М. Коршун,  
Ю.В. Мартіянова \**

## ГІГІЄНІЧНА ОЦІНКА ПОТЕНЦІЙНОГО РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ ЧЕРЕЗ ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТОВИХ ВОД ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОЙМ ПЕСТИЦИДАМИ РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ

*Національний медичний університет імені О.О. Богомольця  
пр. Премоги, 34, Київ, 03057, Україна  
Vogotolets National Medical University  
Peremohy av., 34, Kyiv, 03057, Ukraine  
\*e-mail: ulia.martianova@gmail.com*

*Цитування: Медичні перспективи. 2022. Т. 27, № 3. С. 149-156*

*Cited: Medicni perspektivi. 2022;27(3):149-156*

**Ключові слова:** *пестициди, ґрунт, вода водойм, оцінка небезпечності*  
**Key words:** *pesticides, soil, water reservoirs, risk assessment*

**Реферат.** Гігієнічна оцінка потенційного ризику для здоров'я населення через забруднення ґрунтових вод та поверхневих водойм пестицидами різних хімічних класів. Коршун М.М., Мартіянова Ю.В. Мета дослідження полягала в порівняльній оцінці потенційної небезпеки для здоров'я людини через забруднення підземних та поверхневих вододжерел фунгіцидом підифлуметофеном та гербіцидами амікарбазоном та біциклопіроном у широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов. Використані 3 методики: визначення інтегрального вектора небезпеки (R); прогнозування негативного впливу на здоров'я населення пестицидів за інтегральним показником небезпеки за умови потрапляння у воду (ПНВ) та комплексної оцінки ризику шкідливого впливу на організм людини пестицидів при їх вимиванні у воду (P). Установлено, що найвищий рівень небезпеки для здоров'я населення внаслідок можливого забруднення вододжерел має біциклопірон незалежно від ґрунтово-кліматичних умов та використаної методики оцінки ( $R=144,6-173,2$  – дуже висока потенційна небезпека; ПНВ=12 балів – надзвичайно небезпечний для людини, клас 1А). Підифлуметофен має високу потенційну небезпеку за інтегральним вектором ( $R=115,8-137,5$ ) й одночасно може бути оцінений від небезпечного (2 клас) до високонебезпечного (1Б клас) залежно від ґрунтово-кліматичних умов за значенням ПНВ (7-9 балів). Амікарбазон з ПНВ (11 балів) надзвичайно небезпечний (1А клас) і водночас за інтегральним вектором ( $R=76,8-122,5$ ) його потенційна небезпека коливається від середньої до високої залежно від ґрунтово-кліматичних умов. Комплексна оцінка небезпеки для організму людини досліджуваних пестицидів при їх вимиванні у воду на підставі зіставлення потенційної експозиції з допустимим добовим надходженням з водою показала, що потенційний ризик несприятливого впливу на здоров'я населення (P) усіх досліджуваних речовин є допустимим.

**Abstract.** Hygienic assessment of the potential risk for public health caused by groundwater and surface water pollution by pesticides of various chemical classes. Korshun M.M., Martiianova Y.V. The aim of the study was to compare the potential danger for human health caused by pollution in both underground and surface water sources with the fungicide pydiflumetofen and herbicides amicarbazone and bicyclopyrone in a wide range of soil-climatic conditions. Three methods were used: determination of the integral hazard vector (R); predicting the negative impact of pesticides on the health of the population by integral groundwater contamination hazard index (IGCHI), and a comprehensive risk assessment of the negative effects of pesticides on human body, when they are washed out into water (P). It was found that the highest level of danger for public health due to possible pollution of water sources, is inherent in bicyclopyrone regardless of the soil-climatic conditions and the used assessment method ( $R=144.6-173.2$  – very high potential hazard; IGCHI=12 points – extremely dangerous for humans, 1A class). Pydiflumetofen has a high potential integral vector hazard ( $R=115.8-137.5$ ) and simultaneously by the value of the IGCHI (7-9 points) can be assessed from dangerous (2 class) to highly dangerous (1B class) for humans, depending on soil-climatic conditions. Amicarbazone by IGCHI (11 points) is extremely dangerous for humans (1A class), and at the same time by the integral vector ( $R=76.8-122.5$ ) its potential danger varies from medium to high, depending on the soil-climatic conditions. Assessing the risk of the investigated pesticides, based on the comparison between potential exposure and the permissible daily intake it was concluded that the potential risk of adverse effects on public health (P) of all investigated substances is acceptable.

Натепер основним видом питного водопостачання населення в Україні є централізоване з використанням в якості джерел як поверхневих водойм, так і підземних (міжпластових) вод з глибоко залеглих водоносних горизонтів. Водночас таким водопостачанням у країні охоплено лише 22,1% сільських населених пунктів та 86,7% селищ міського типу [5], тобто переважна більшість сільського населення отримує воду в умовах нецентралізованого водопостачання, а саме з шахтних і трубчастих колодязів, каптажів джерел та індивідуальних свердловин. Нецентралізоване водопостачання є найпроблемнішим в Україні, зокрема з огляду на антропогенне забруднення, оскільки джерела такого водопостачання часто не мають надійного захисту. Серед головних забруднювачів таких джерел на аграрних територіях України є органо-мінеральні, фосфатно-калійні добрива та хімічні засоби захисту рослин [1]. Саме тому оцінка потенційного ризику для здоров'я населення забруднення поверхневих та підземних вод новими пестицидами на етапі їх передресстраційних випробувань є вкрай актуальним завданням.

Метою дослідження була порівняльна оцінка потенційної небезпеки для здоров'я людини через забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання (ППДВ) гербіцидами амікарбазоном (з класу тріазолонів) і біциклопіроном (з класу трикетонів) та карбоксамідним фунгіцидом підифлуметофеном у широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов. Вибір для дослідження саме цих пестицидів був зумовлений їх упродовженням у практику сільського господарства в Україні та тим, що вони належать до хімічних класів, представникам яких притаманні висока стабільність (карбоксаміди – боскалід, тифлузамід, пентіопірад) або значна мобільність (трикетони – темботріон, сулкотріон) та здатність до вилуговування (тифлузамід) у ґрунті [6].

#### МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Дані про стабільність у ґрунті та воді, сорбцію у ґрунті, розчинність у воді та параметри токсикометрії досліджуваних речовин були взяті з друкованих та електронних джерел інформації та узагальнені в таблиці 1.

**Вихідні дані щодо токсичності та поведінки в ґрунті та воді досліджуваних речовин [6, 8, 9, 12–15]**

Показники		Речовина		
		амікарбазон	біцклопірон	підфлуметофен
Період напіврозпаду в ґрунті (DT <sub>50</sub> ), min – max, доба	ЛУ	14 – 87	19,8 – 434	84 – 4170
	ПУ	4 – 87	1,7 – 36	29 – 8540
K <sub>oc</sub> min – max, мл/г		16,7 – 44	6 – 500	1165 – 3808
Період напіврозпаду у воді (T <sub>50</sub> ), доба	Гідроліз	64	>365	>365
	Система вода-осад	116	681	662
Розчинність у воді (S <sub>w</sub> ), мг/л		4600	119000	1,5
Середня смертельна доза (LD <sub>50</sub> ), мг/кг		1015	5000	5000
Поріг хронічної дії (Lim <sub>ch</sub> ), мг/кг		2,3	0,28	9,9

**Примітки:** ЛУ – лабораторні умови; ПУ – польові умови.

Для оцінки потенційної небезпечності для здоров'я населення внаслідок забруднення ППДВ досліджуваними пестицидами за рахунок їх вертикальної міграції та поверхневого стоку використали три підходи [2, 3, 4].

Методика [2] передбачає інтегральну оцінку небезпечності (за вектором R) на основі 3 показників: 1) індексу потенційного вилуговування (GUS) для характеристики можливості міграції речовини з ґрунту в ґрунтові води (ГВ), який визначений нами з урахуванням періоду напівруйнування сполуки у ґрунті (DT<sub>50</sub>, доба) та коефіцієнту сорбції, скорегованому на вміст органічного вуглецю в ґрунті (K<sub>oc</sub>, мл/г); 2) періоду напівруйнування речовини у воді внаслідок гідролізу (T<sub>50</sub>, доба) та 3) зони біологічної дії (Z<sub>biol.ef.</sub>), яка розрахована як відношення середньої смертельної дози при одноразовому введенні речовини в шлунок щурів (LD<sub>50</sub>, мг/кг) до порогу хронічної дії при пероральному надходженні речовини в організм щурів (Lim<sub>ch</sub>, мг/кг). Вказані вище показники виражали в балах та використовували для розрахунку вектора R, оцінювальна шкала якого наведена в [2].

Метод [3] прогнозування шкідливого впливу на здоров'я населення пестицидів при їх надходженні в організм людини з питною водою також базується на врахуванні 3 критеріїв: 1) індексу вилуговування речовини для прогнозу потенційного забруднення ґрунтових і річкових вод (LEACH<sub>mod</sub>, у.о.), який визначали за формулою, наведеною в [10], виходячи з розчинності

речовини у воді (S<sub>w</sub>, мг/л), періоду напівруйнування сполуки в ґрунті в польових умовах (DT<sub>50 field</sub>, доба) та K<sub>oc</sub> (мл/г); 2) періоду напівруйнування у воді (T<sub>50</sub>, доба) та 3) допустимої добової дози пестициду для людини (ДДД, мг/кг) [3]. Усі 3 вказані вище показники переводили в бали та розраховували інтегральний показник небезпечності при надходженні досліджуваних пестицидів у воду (ІПНВ), за яким визначали клас небезпечності [3].

Метод комплексної оцінки ризику шкідливої дії на організм людини пестицидів за умови їх потрапляння у воду передбачає розрахунок максимально можливого добового надходження речовини з водою (ММДНВ, мкг/добу) та її допустимого добового надходження з водою (ДДНВ, мкг/добу) з подальшим визначенням ризику несприятливого впливу пестициду (Р) шляхом зіставлення показників ММДНВ та ДДНВ [4]. При визначенні ММДНВ враховували максимально можливу концентрацію пестициду в ГВ при нормі витрати 1 кг(л)/га (SCI-GROW, мкг/л), яку визначали за скринінг-моделлю згідно з [11]; максимальну норму витрати пестициду за діючою речовиною, скореговану на кратність застосування за вегетаційний сезон (кг(л)/га), та норму добового споживання води людиною (3 л). Показник ДДНВ визначали з урахуванням ДДД пестициду (мг/кг); середньої маси тіла людини (60 кг) та частки ДДД (20 %), що надходить в організм з питною водою. Ризик шкідливої дії пестициду на організм людини оцінювали як

допустимий, якщо значення  $P \leq 1$ ; при  $P > 1$  ризик є недопустимим [4].

Математичну обробку результатів проводили за допомогою програмних продуктів Microsoft Excel та MedCalc v.19.4.1 (MedCalc Software Inc, Broekstraat, Belgium, 1993–2020).

### РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Відомо, що оцінку міграційної здатності діючих речовин пестицидів у системі «грунт – вода» та ймовірності їх потрапляння до ППДВ проводять за декількома показниками: коефіцієнтом сорбції, скорегованим на органічний вуглець ґрунту ( $K_{oc}$ ) [6], скринінговим індексом вилуговування (LIX) [7], індексом потенційного вилуговування (GUS) [6], індексом вимивання для оцінки потенційного забруднення ґрунтових і річкових вод ( $LEACH_{mod}$ ) [10], максимально можливою концентрацією пестициду в ґрунтових водах (SCI-GROW) [11]. Зазначені показники дають можливість прогнозувати надходження речовини у воду ППДВ і навіть передбачати рівень такого надходження (показник SCI-GROW), але за жодним з них неможливо оцінити небезпечність такого забруднення для здоров'я людини.

Саме тому були запропоновані моделі [2-4], які враховують не лише поведінку в системі «грунт – вода», а й пов'язують її з критеріями токсичності та кумулятивності речовини, що дає можливість оцінити ризик для здоров'я населення потенційного забруднення ППДВ у зв'язку з вертикальною міграцією та поверхневим стоком пестициду з ґрунту.

Установлено, що поведінка досліджуваних пестицидів у різних за механічним складом та значенням рН ґрунтах при різному температурно-вологісному режимі суттєво відрізняється (табл. 1). Так, амікарбазон та біциклопірон за  $DT_{50}$  можна віднести в лабораторних (аеробних) умовах як до помірно стійких (III клас небезпечності), так і до високостійких (I клас); у натурних умовах – від малостійких (IV клас) до високостійких (I клас, амікарбазон) або стійких (II клас, біциклопірон) пестицидів за ДСП 8.8.1.2.002-98 «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності». Найвищу стабільність має підфлуметофен, який у більшості випадків є високостійким (I клас) і лише в окремих натурних дослідженнях – стійким (II клас) або помірно стійким (III клас).

Амікарбазон за значенням коефіцієнту сорбції  $K_{oc}$  (табл. 1) є мобільним у ґрунті (II клас), біциклопірон – від надзвичайно (I клас) до мало (IV клас) мобільного (в окремих ґрунтах), підфлуметофен – маломобільний (IV клас) згідно з

Міжнародною класифікацією, запропованою фахівцями Soil Survey and Land Research Centre (SSLRC) [6]. Тобто підфлуметофен, який з трьох досліджуваних речовин є найстійкішим у ґрунті, водночас є найменш рухливим. Крім того, підфлуметофену властива низька розчинність у воді, тоді як амікарбазон та біциклопірон є високорозчинними пестицидами [6].

Усі 3 речовини є високостійкими у водному середовищі як у буферному розчині з рН 7 при температурі 20°C, так і в системі «вода – осад» (I клас небезпечності за класифікацією, наведеною у [6]) та малотоксичними при одноразовому введенні в шлунок щурів (IV клас небезпечності) згідно з ДСП 8.8.1.2.002-98. Найменший NO(A)EL (No Observed (Adverse) Effect Level) амікарбазону (2,3 мг/кг) встановлено в хронічному досліді на самицях щурів, біциклопірону (0,28 мг/кг) та підфлуметофену (9,9 мг/кг) – у хронічних експериментах на самцях щурів [9, 13, 14].

Результати визначення та бальної оцінки міграційної здатності (за GUS), токсичних та кумулятивних властивостей (за  $Z_{boil,ef}$ ), стабільності у воді (за  $T_{50}$ ) та інтегральна оцінка за вектором R згідно з [2] представлені в таблиці 2.

Установлено, що здатність до вимивання у ГВ за індексом GUS усіх досліджуваних речовин коливається в доволі широкому діапазоні (табл. 2): амікарбазону – від низької (IV клас) до дуже високої (I клас); біциклопірону – від дуже низької (V клас) до дуже високої (I клас); підфлуметофену – від дуже низької (V клас) до високої (II клас) згідно з класифікацією, запропованою в [16]. Тобто підфлуметофену властива найменша здатність до потрапляння в ґрунтовий потік порівняно з амікарбазоном і біциклопіроном, що зумовлено його значно нижчою рухливістю за  $K_{oc}$ .

За  $Z_{boil,ef}$  – кількісним показником безпеки хронічної інтоксикації – амікарбазон та підфлуметофен належать до високонебезпечних (II клас), біциклопірон – до надзвичайно небезпечних (I клас) речовин відповідно до класифікації, що наведена в ГОСТ 12.1.007-76 «ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація і загальні вимоги безпеки».

Потенційна небезпечність для здоров'я населення забруднення ГВ амікарбазоном за інтегральним вектором R (76,8-122,5) оцінюється від середньої до високої залежно від ґрунтово-кліматичних умов (табл. 2); підфлуметофеном (R=115,8-137,5) – як висока, незважаючи на найменшу здатність до потрапляння в ґрунтовий потік за індексом GUS; біциклопіроном (R=144,6-173,2) – як дуже висока, що зумовлено високою

стабільністю у воді та надзвичайно широкою зоною біологічної дії. При цьому оцінка рівня небезпечності забруднення ГВ підифлуметофеном та біциклопіроном була однаковою при

різних ґрунтово-кліматичних умовах. Найвищий рівень небезпечності для здоров'я населення внаслідок можливого забруднення ГВ властивий біциклопірому.

Таблиця 2

**Оцінка небезпеки для здоров'я населення досліджуваних пестицидів як потенційних забруднювачів підземних вод згідно з [2]**

Речовина	Показники							
	GUS		T <sub>50</sub>		Z <sub>boil.ef</sub>		R	
	значення	бали	значення	бали	значення	бали	значення	рівень небезпечності
Амікарбазон	2,70	50	64	50	441,3	50	86,6	середній
	5,39	100					122,5	високий
	1,42	30					76,8	середній
	5,39	100					122,5	високий
Біциклопірон	1,69	30	>365	100	17857,1	100	144,6	дуже високий
	8,50	100					173,2	дуже високий
	0,30	30					144,6	дуже високий
	5,01	100					173,2	дуже високий
Підифлуметофен	0,80	30	>365	100	505,1	50	115,8	високий
	3,38	80					137,5	високий
	0,61	30					115,8	високий
	3,67	80					137,5	високий

Метод прогнозування шкідливого впливу на здоров'я людини пестицидів при їх надходженні в організм з водою, розроблений за нашої участі [3], відрізняється від методики [2] тим, що як критерій міграційної здатності обрано індекс LEACH<sub>mod</sub> [10], який враховує не лише DT<sub>50</sub> та K<sub>oc</sub> речовини, як індекс GUS, але і її розчинність у воді (S<sub>w</sub>). До того ж індекс LEACH<sub>mod</sub> застосовується для оцінки небезпеки забруднення пестицидами як ГВ, так і річкових вод [10]. Як критерій можливості хронічної інтоксикації в методиці [3] застосовано ДДД пестициду, при обґрунтуванні якої спираються на мінімальну NO(A)EL з урахуванням як результатів хронічних дослідів на щурах, так і вивчення віддалених наслідків дії (канцерогенності, тератогенності, репродуктивної, ембріо- та фетотоксичності тощо), зокрема й на інших видах тварин (мишах, собаках, кроликах), які можуть виявитись більш

чутливими до впливу досліджуваної речовини, ніж щури.

Установлено, що за індексом LEACH<sub>mod</sub> (табл. 3), відповідно до класифікації, яка запропонована в [10], ризик забруднення ППДВ амікарбазоном та біциклопіроном є високим (I клас); підифлуметофеном – від низького (III клас) до високого (I клас) залежно від типу ґрунту та кліматичних умов. Нижчі значення індексу LEACH<sub>mod</sub> підифлуметофену, незважаючи на високу стабільність останнього, зумовлені його значно нижчою мобільністю за K<sub>oc</sub> і суттєво меншою розчинністю у воді порівняно з іншими досліджуваними речовинами.

В Україні науково обґрунтовано ДДД усіх досліджуваних речовин (табл. 3): амікарбазону, спираючись на мінімальний NOAEL у хронічному досліді на самцях собак породи Бігль (1,6 мг/кг) з коефіцієнтом запасу (K) 300; біциклопірому,

виходячи з мінімального NOAEL за загально-токсичною дією та впливом на очі у дворічному досліді на щурах-самцях – 0,28 мг/кг з K=1000; підифлуметофену, спираючись на мінімальний NO(A)EL за загальнотоксичною дією та

канцерогенністю у дворічному експерименті на мишах-самцях – 9,2 мг/кг з K=300. Найбільш небезпечним з досліджуваних речовин за значенням ДДД, так само, як і за значенням Zboil.ef, виявився біциклопірон (табл. 3).

Таблиця 3

**Оцінка небезпечності досліджуваних пестицидів при їх надходженні в підземні та поверхневі води згідно з [3]**

Речовина	Показники							
	LEACH		T <sub>50</sub> у воді		ДДД		ПНВ	
	$\frac{\min}{\max}$ , у.о.	бали	значення*, доба	бали	значення, мг/кг	бали	значення, бали	клас (оцінка)
Амікарбазон	$\frac{418,18}{9095,45}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{64}{116}$	$\frac{4}{4}$	0,005	3	11	1А (надзвичайно небезпечні)
Біциклопірон	$\frac{404,6}{714000}$	$\frac{4}{4}$	$\frac{\geq 365}{681}$	$\frac{4}{4}$	0,0003	4	12	1А (надзвичайно небезпечні)
Підифлуметофен	$\frac{0,02}{11,0}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{\geq 365}{662}$	$\frac{4}{4}$	0,03	1	$\frac{7}{9}$	2 (небезпечні)/ 1Б (високонебезпечні)

Примітки: \* – у чисельнику – значення T<sub>50</sub> внаслідок гідролізу, у знаменнику – значення T<sub>50</sub> у системі «вода–осад».

За значенням ПНВ амікарбазон та біциклопірон (11 та 12 балів відповідно) є надзвичайно небезпечними для людини (1А клас), на відміну від підифлуметофену (7-9 балів), який можна віднести як до небезпечних (2 клас), так і до високонебезпечних (1Б клас). Нижчий ризик шкідливого впливу підифлуметофену зумовлений його меншою небезпечністю за токсикологічним критерієм, адже ДДД підифлуметофену вища за ДДД амікарбазону та біциклопірону відповідно в 6 і 100 разів. Найвищий рівень небезпеки для здоров'я населення властивий біциклопірону, оцінка якого як потенційного забруднювача ГВ за методиками [2] і [3] збіглась, тоді як щодо підифлуметофену та амікарбазону виявлено розходження.

Для комплексної оцінки ризику шкідливого впливу досліджуваних пестицидів при їх надходженні в організм людини з водою за способом [4] нами розраховано показник SCI-GROW (табл. 4) та встановлено, що за найнесприятливіших ґрунтових та температурно-вологісних умов максимально можлива концентрація досліджуваних речовин у ГВ при нормі витрати 1 кг/га перевищить ГДК пестициду у воді питній (0,0001 мг/дм<sup>3</sup> згідно з ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»): амікарбазону – у 66 разів, біциклопірону – у 25,2 раза, підифлуметофену – у 3,3 раза.

Водночас у сільськогосподарській практиці пестициди будуть застосовуватись у нормах витрати, які можуть значно відрізнятись від стандартизованої норми 1 кг/га. Саме тому в методиці [4] враховується фактична максимальна норма витрати, яка для амікарбазону, біциклопірону та підифлуметофену є доволі низькою (табл. 4), а саме – меншою за стандартизовану норму витрати в 7,1; 6,7 та 2,8 раза відповідно.

Результати визначення показників ММДНВ, ДДНВ та Р досліджуваних пестицидів, які подано в таблиці 4, свідчать, що потенційний ризик шкідливої дії на організм людини (Р) всіх досліджуваних речовин є допустимим. Отже, комплексна оцінка небезпечності для здоров'я населення досліджуваних пестицидів при їх вилуговуванні у воду за способом [4] суттєво відрізняється від результатів оцінки за методиками [2] і [3]. Це може бути зумовлено тим, що в методиках [2] і [3] застосовано принципово однаковий підхід – бальна оцінка 3 критеріїв: рухомості речовини в ґрунті, її персистентності у воді та ймовірності хронічної інтоксикації, тоді як метод комплексної оцінки ризику шкідливої дії на організм людини пестицидів при їх вилуговуванні у воду згідно з [4] ґрунтується на зіставленні потенційної експозиції (ММДНВ) з допустимою експозицією (ДДНВ) пестициду з водою.



## Оцінка ризику шкідливої дії досліджуваних пестицидів на організм людини відповідно до [4]

Показники	Амікарбазон	Біциклопірон	Підифлуметофен
SCI-GROW min-max, мкг/л	$3,38 \times 10^{-3} - 6,60$	$6,41 \times 10^{-4} - 2,52$	$1,15 \times 10^{-2} - 3,27 \times 10^{-1}$
N, кг/га	0,14	0,15	$0,18 \times 2 = 0,36$
ММДНВ min-max, мкг/добу	0,0014 - 2,772	0,0003 - 1,134	0,0124 - 0,3532
ДДНВ min-max, мкг/добу	60	3,6	360
R значення min-max	$2,3 \times 10^{-5} - 4,62 \times 10^{-2}$	$8,3 \times 10^{-5} - 3,2 \times 10^{-1}$	$3,4 \times 10^{-5} - 9,8 \times 10^{-4}$
оцінка	допустимий	допустимий	допустимий

Примітка. N – максимальна норма витрати пестициду (за діючою речовиною) з урахуванням кратності застосування за вегетаційний сезон.

## ВИСНОВКИ

1. За інтегральним вектором R та показником ПНВ найвищий рівень небезпеки для здоров'я населення внаслідок можливого забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання властивий біциклопірону ( $R=144,6-173,2$  – дуже висока небезпека та ПНВ=12 балів – 1А клас, надзвичайно небезпечний за будь-яких ґрунтово-кліматичних умов).

2. Потенційна небезпека для організму людини забруднення ґрунтових вод амікарбазоном оцінюється від середньої до високої ( $R=76,8-122,5$ ) залежно від ґрунтово-кліматичних умов; підифлуметофеном ( $R=115,8-137,5$ ) – як висока. За ПНВ амікарбазон (11 балів) визнано надзвичайно небезпечним для людини (1А клас), на відміну від підифлуметофену (7-9 балів), який можна віднести як до небезпечних (2 клас), так і до високонебезпечних (1Б клас) у різних ґрунтово-кліматичних умовах.

3. Комплексна оцінка небезпеки для здоров'я населення досліджуваних пестицидів при їх

вимиванні у водні джерела шляхом зіставлення потенційної (ММДНВ) та допустимої (ДДНВ) експозицій засвідчила, що ризик їх шкідливого впливу на організм людини (R) є допустимим.

4. Кінцева оцінка ризику для здоров'я людини застосування в сільському господарстві амікарбазону, підифлуметофену та біциклопірону буде проведена після вивчення їх поведінки в системі «ґрунт – суміжні середовища» за результатами польових досліджень в умовах України.

## Внески авторів:

Коршун М.М. – концептуалізація, методологія, написання – рецензування та редагування, ведення та адміністрування проекту, перевірка;

Мартіянова Ю.В. – дослідження, ресурси, формальний аналіз, написання – початковий проект.

**Фінансування.** Дослідження не має зовнішніх джерел фінансування.

**Конфлікт інтересів.** Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів.

## REFERENCES

1. Zorina OV. [Hygienic assessment of water quality in noncentralized potable water supply and improvement of legislative and regulatory framework in this field]. Naukovi dopovidi NUBiP Ukrainy. 2018;2;72. Ukrainian. Available from:

<http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Dopovidi/article/view/dopovidi2018.02.003/9348>.

2. Sergeev SG, et al. [Indicator criteria and prediction of the hazard of groundwater pollution by herbicides based on acid esters]. Sovremennye problemy toksikologii. 2010;2-3:76-79. Russian.

3. Antonenko AM, Vavrinevych OP, Korshun MM, et al., inventors; Bogomolets National Medical University,

assignee. [A way to predict the negative impact of pesticides on the public health when they get into the body with water]. Patent Ukraine 105428, МРКА61V 10/00. 2016 March 23. Ukrainian.

4. Vavrinevych OP, Antonenko AM, Omelchuk ST, et al., inventors; Bogomolets National Medical University, assignee. [A method of comprehensive assessment of the risk of adverse effects of pesticides on the human body by being washed into water]. Patent Ukraine 105429, МРК А61V 10/00. 2016 March 25. Ukrainian.

5. Prokopov VO. [State and Quality of Drinking Water from Centralized System of Water Supply of Ukraine under Modern Conditions (Standpoint on the

Problem from the Point of View of Hygiene)]. Hihiiena naselenykh mists. 2014;64:56-67. Ukrainian.

6. PPDB: Pesticide Properties Data Base. [Internet]. University of Hertfordshire. Version: July 2020; [cited 2021 Dec 7]. 2020. Available from: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/>

7. Claudia A. Spadotto. Screening method for assessing pesticide leaching potential. Pesticidas: R. Ecotoxicol. Curitiba. 2002;12:69-78.

doi: <https://doi.org/10.5380/pes.v12i0.3151>

8. Department of agriculture. [Internet]. Pydiflumentofen. New Active Ingredient Review. CAS 1228284-64-7. EPA PC CODE 090110; 2018 June. [cited 2021 Dec 7]. Available from:

<https://www.mda.state.mn.us/sites/default/files/inline-files/Pydiflumetofen.pdf>

9. European Commission. [Internet]. Pydiflumetofen; 2019;1. [cited 2021 Dec 7]. Available from: <https://echa.europa.eu/documents/10162/4d8943f7-5028-4c59-7421-8938ff1ef9c3>

10. Papa E, Castiglioni S, Gramatica P, et al. Screening the leaching tendency of pesticides applied in the Amu Darya Basin (Uzbekistan). Water Research. 2004;38:3485-94.

doi: <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.04.053>

11. Pesticides: Science and Polici. [Internet]. U.S. Environmental Protection Agency; 2016. [cited 2021 Dec 7]. Available from:

<https://archive.epa.gov/oppefed1/web/html/index-5.html#scigrow>

12. Public release summary on the evaluation of pydiflumetofen in the product Miravis Fungicide. [Internet]; 2018. [cited 2021 Dec 7]. Available from:

[https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/29011-pydiflumetofen\\_draft\\_prs-final\\_.pdf](https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/29011-pydiflumetofen_draft_prs-final_.pdf)

13. Public release summary on the evaluation of the new active bicycloprrone in the product Talinor Herbicide. [Internet]; 2017. [cited 2021 Dec 7]. Available from: <https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/26736-prs-bicycloprrone-talinor-herbicide.pdf>

14. Public release summary on the evaluation of the new product Amitron 700WG Herbicide. [Internet]; 2018. [cited 2021 Dec 7]. Available from:

[https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/29506-amitron\\_700wg\\_herbicide\\_prs.pdf](https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/29506-amitron_700wg_herbicide_prs.pdf)

15. US EPA-Pesticides; Amicarbazone: HED Human Health Risk Assessment for New Food Use Herbicide on Field Corn. [Internet]; 2005. [cited 2021 Dec 7]. Available from:

<https://archive.epa.gov/pesticides/chemicalsearch/chemical/foia/web/pdf/114004/114004-2005-08-10a.pdf>

16. Vogue PA, Kerle EA, Jenkins JJ. OSU Extension Pesticide Properties Database; National pesticide information center. [Internet]; 1994. Available from: <http://npic.orst.edu/ingred/ppdmov.htm>

Стаття надійшла до редакції  
23.04.2021

