

UDC: 614.7:635-1/-2:632.95

[https://doi.org/10.32345/USMYJ.2\(146\).2024.77-83](https://doi.org/10.32345/USMYJ.2(146).2024.77-83)

Received: February 20, 2024

Accepted: June 02, 2024

Медико-санітарне обґрунтування безпечності застосування пестицидів з використанням технології 3RIVE 3D

Кондратюк Микола, Борисенко Андрій, Антоненко Анна, Алексійчук Василь, Мельничук Федір

Національний медичний університет імені О.О. Богомольця, м. Київ, Україна

Address for correspondence:

Kondratiuk Mykola

E-mail: Kondratiuk.Nikolas@gmail.com

Анотація: одним із факторів, що має вагоме значення для зменшення пестицидного навантаження на цільові об'єкти та біоценоз в цілому, є саме спосіб внесення хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР). Відповідно до директиви ЄС, врегульовано та запроваджено процедури використання машин та технологій задля безпечного внесення пестицидів. Одним із основних положень, які враховані в цій директиві, є оцінка ризику використання техніки для внесення ХЗЗР. У ході роботи було проведено медико-санітарне обґрунтування безпечності застосуванні пестицидів з використанням технології 3RIVE 3D. Дослідження поведінки діючої речовини – біфентрину – проводили за допомогою натурального експерименту; відбір проб ґрунту та рослин проводили відповідно до встановлених методичних рекомендацій. 3RIVE 3D – це інноваційний спосіб внесення пестицидів. Отримані результати вказують на те, що міграція біфентрину за профілем в піщаних та ґрунтах багатих органічними сполуками дуже низька. Речовина майже не концентрується у верхніх та нижніх водоносних горизонтах, оскільки діюча речовина відносно погано розчиняється у воді. Період напіврозпаду біфентрину до 4 діб, майже повного розпаду (95%) – 15,4 доби і повного розпаду (99%) – 26,7 доби, константа швидкості руйнації дорівнювала $0,19 \text{ доби}^{-1}$ при використанні технології 3Rive3D для внесення препарату Брігейд 3Rive 3D, КС. При порівнянні отриманих даних з середніми величинами в інших країнах Європейського регіону було встановлено, що вони є нижчими від отриманих. Також було розраховано індекс потенційного вимивання із врахуванням періоду напіврозпаду, який встановлено в агрокліматичних умовах України і становив $-0,76 \text{ у.о.}$, що свідчить про надзвичайно низьку ймовірність вимивання у ґрунтові води. За показником константи сорбції органічним вуглецем, що становить $236610 \text{ мл/г} - 5 \text{ клас}$ (не мобільна сполука). Інтегральний вектор небезпечності для біфентрину становить 51,9 балів, що свідчить про середній ризик небезпечності. Встановлено, що при внесенні препарату Брігейд 3Rive 3D, КС з використанням 3Rive3D технології період напівруйнування біфентрину становила 3,6 доби, що є нижчими від отриманих середніх величин в інших країнах Європейського регіону. Відповідно до ДСанПіН 8.8.1.002-98 за показниками стійкості у ґрунті сполуку можна віднести до 4 класу небезпечності (малонебезпечних сполук), у воді – до 1 класу небезпечності (надзвичайно небезпечних).

Ключові слова: залишки пестицидів, оцінка ризику, санітарні обстеження, забруднювачі води, забруднювачі ґрунту.

Вступ

В ряді наукових досліджень (Arias-Estévez M. et al. (2008), Lamichhane, J.R. (2017), Li Z. (2017), Syafrudin, M. et al. (2021). Wołejko, E. et al. (2020)) висвітлена інформація щодо наслідків довготривалого використання пестицидних препаратів, що призводить до їх накопичення в об'єктах біоценозу, а саме в ґрунті, підземних водах та атмосферному повітрі. В науково-дослідних роботах, проведених в різних країнах, є підтвердження того, що ґрунт є невід'ємною частиною у ланцюгу міграції діючих речовин пестицидних формуляцій, а ступінь контамінації ксенобіотиками може впливати на безпечність харчових продуктів. Кількість та частка надходження діючих речовин хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) до агропродукції залежить від фізико-хімічних характеристик ґрунту, кліматичних умов, способу внесення та норми витрат препаратів.

Одним із факторів, що має вагоме значення для зменшення пестицидного навантаження на цільові об'єкти та біоценоз в цілому, є саме спосіб внесення ХЗЗР. Відповідно до директиви ЄС (Directive 2009/127/EC), врегульовано та запроваджено процедури використання машин та технологій задля безпечного внесення пестицидів. Одним із основних положень, які враховані в цій директиві, є оцінка ризику використання техніки для внесення ХЗЗР. Для забезпечення населення та об'єктів навколишнього середовища були введені додаткові вимоги щодо цього виду устаткування. Запроваджено контроль для зменшення витрат на нецільових ділянках, що в свою чергу має забезпечити зменшення витрат пестицидів, максимально підвищити ефективність їх застосування та мінімізувати негативний вплив на довкілля.

Мета

Медико-санітарне обґрунтування безпечності застосування пестицидів з використанням технології 3RIVE 3D.

Матеріали і методи

Система внесення засобів захисту рослин 3RIVE 3D є унікальною технологією для обробки сільськогосподарських культур, що дає змогу мінімізувати об'єми внесення пестицидів та підвищити функціональну ефективність.

Технологія 3RIVE 3D дозволяє конвертувати традиційне великооб'ємне застосування в малооб'ємне завдяки новітній технології подачі посівного матеріалу разом із пестицидом (US 10709058 B2 (2021)). 3RIVE 3D – це інноваційний спосіб внесення інсектицидів.

Аплікатор 3D RIVE RESEARCH MACHINERY було приєднано до сівалки точного висіву "Сівалка пунктирна універсальна" (СПУ-4), яка має міжсекційне розташування коліс і агрегується з трактором ЮМЗ. На ділянці площею 1 га разом із висівом кукурудзи одночасно обробляли ґрунт. Норма витрат препарату складала 1,2 л/га. Витрата робочого розчину – від 2,5 до 3,0 л/га. Розчин змішується із водою та повітрям, що супроводжується утворенням піни, в яку, зрештою, і вкладається насіння під час висівання.

Дослідження поведінки діючої речовини – біфентрину – проводили за допомогою натурального експерименту; відбір проб ґрунту та рослин проводили відповідно до встановлених методичних рекомендацій (Уніфіковані правила відбору..., 1979): від моменту обробки та надалі у рівні проміжки часу протягом всього періоду вегетації культури аж до моменту збору врожаю. Паралельно відбиралися контрольні зразки ґрунту, рослин та врожаю задля порівняння із результатами отриманими при обробці цільових культур.

Локація проведених натурних досліджень включала дві провінції Лісостепової зони: правобережна провінція (Київська обл., Білоцерківський р-н., с. Мала Вільшанка; Житомирська обл., Брусилівський р-н., с. Високе; Вінницька обл., Хмільницький р-н., с. Білий Рукав), лівобережна низовинна провінція (Київська обл., Бориспільський р-н., с. Любарці). Правобережна провінція Лісостепу характеризується наступними типами ґрунтів: чорноземи опідзолені переважно на лесових породах, лучні та чорноземно-лучні ґрунти, дерново-середньо-і слабопідзолисті супіщані і суглинкові, чорноземи типові помірновисокогумусоаккумулятивні. Лівобережна низовинна провінція Лісостепу – темно-сірі опідзолені помірно слабогумусоаккумулятивні, чорноземи опідзолені середньогумусоаккумулятивні (Panos Panagos et al. (2011)).

В рамках медико-санітарної оцінки потенційної небезпечності забруднення ґрунту та його впливу на міграцію в системі «ґрунт – підземні та поверхневі води», були проведені натурні дослідження інсектициду біфентрину з урахуванням ґрунтових та кліматичних умов України.

Для оцінки міграційної здатності пестицидів користувалися такими показниками: K_{oc} (константа сорбції органічним вуглецем), GUS (Groundwater Ubiquity Score) – індекс потенційного вимивання, який показує ймовірність міграції речовини з ґрунту в підземні води.

З метою оцінки міграційної здатності пестицидів з ґрунтового профілю до підземних вод, було використано два основні показники: K_{oc} , що є константою сорбції органічним вуглецем, і GUS (Groundwater Ubiquity Score) – індекс потенційного вимивання.

Міграційну здатність біфентрину за константою K_{oc} , оцінювали використовуючи Міжнародну класифікацію SSLRC (Soil Survey and Land Research Centre (1998)).

Індекс потенційного вимивання розраховували за формулою 1 запропонованою в (Gustafson DI (1989)):

$$GUS = \lg \tau_{50} \times (4 - \lg K_{oc}) \quad (1),$$

де GUS – індекс потенційного вимивання, у.о.; τ_{50} – період напівруйнування речовини у ґрунті, доба; K_{oc} – константа сорбції органічним вуглецем, мл/г.

При величині $GUS > 4,0$ ймовірність потрапляння пестициду у ґрунтові води є дуже високим (1 клас), якщо GUS в межах 3,0-4,0 – високим (2), в межах 2,0-3,0 – помірним (3), в межах 1,0-2,0 – низьким (4), в межах 0,1-1,0 – дуже низьким (5), якщо $GUS < 0,1$ – надзвичайно низьким (6) (Vogue PA et al. (1994)).

Також, за формулою 2, наведеною в дослідженні Sergeev SG. et al. (2010), була розрахована токсичність і кумулятивні властивості речовини, а також зона біологічної дії ($Z_{biol.ef}$)

$$Z_{biol.ef} = LD_{50}/Lim_{ch} \quad (2),$$

де LD_{50} – доза, що викликає загибель 50% щурів при одноразовому введенні в шлунок, мг/кг; Lim_{ch} – поріг хронічної дії при пероральному надходженні в організм щурів, мг/кг.

За формулою 3 було розраховано інтегральний вектор небезпечності (R):

$$R = \sqrt{x^2 + y^2 + z^2} \quad (3)$$

де x, y, z – оцінка індексу потенційного вимивання, період напіврозкладання у воді та зони біологічної дії, відповідно (бали).

Результати

Біфентрин практично не мігрує за профілем, як в піщаних, так і багатих органічними сполуками ґрунтах (PPDB (2024)). Сполука відносно погано розчинна у воді, в зв'язку з чим, речовина не концентрується у водоносних горизонтах. Період напівруйнування у воді складає 8 діб; в системі «вода/осад» – 161 доба. Константа сорбції органічним вуглецем становить 236610 мл/г.

Біфентрин демонструє низький рівень міграції у вертикальному профілі, що спостерігається як у ґрунтах з високим вмістом піску, так і в ґрунтах, багатих органічними речовинами, згідно з даними (PPDB (2024)). Ця сполука характеризується низькою розчинністю у водному середовищі, що обмежує її здатність до накопичення в аквіферах. Період напівруйнування біфентрину в акватичному середовищі становить приблизно 8 діб, тоді як у системі «вода/осад» цей період продовжується до 161 дня. Константа сорбції органічним вуглецем біфентрину встановлена на рівні – 236610 мл/г, що свідчить про значну афінитетність до органічного матеріалу ґрунту і низьку мобільність у водному середовищі.

У рамках наукової роботи було здійснено польові дослідження в різноманітних агрокліматичних умовах південно-східної Європи, охоплюючи спектр типів ґрунтів, з метою деталізованого аналізу міграції та перетворення інсектициду Брігейд 3Rive 3D, КС в екосистемах при застосуванні інноваційної технології 3RIVE 3D.

Було виявлено, що в день застосування інсектициду Брігейд 3Rive 3D, КС з аплікатором 3RIVE 3D рівень концентрації біфентрину у ґрунті становив менше 0,05 мг/кг. Через 3 дні після обробки кількість біфентрину у ґрунті трохи зросла і склала $0,083 \pm 0,015$ мг/кг, а на 7-й день його концентрація становила

0,06±0,01 мг/кг, що в свою чергу менше рівня встановленої ОДК (0,1 мг/кг).

Базуючись на отриманих значеннях залишкових кількостей пестициду у ґрунті, нами було розраховано константи швидкості розпаду (K) та кількісні параметри стійкості в ґрунтовому та водному середовищі за методом найменших квадратів, включаючи періоди розпаду на 50, 95 та 99 % (τ_{50} , τ_{95} і τ_{99}) (див. таблицю 1).

Наступним етапом був розрахунок індексу потенційного вимивання (GUS) із врахування періоду напіврозпаду, який встановлено в агрокліматичних умовах України і становив -0,76 у.о., що свідчить про надзвичайно низьку ймовірність міграції у ґрунтові води. Відповідно до величини константи сорбції органічним вуглецем, що становить 236610 мл/г речовину віднесено до 5 класу (не мобільна сполука).

Вищенаведені розрахунки надали можливість розрахувати зону біологічної дії ($Z_{\text{biol.ef}}$) та провести оцінку за інтегральним вектором небезпечності (R).

Зона біологічної дії для біфентрину становила:

$Z_{\text{biol.ef}} = 54,5 \text{ мг/кг} / 4,7 \text{ мг/кг} = 11,6$, що свідчить про низький рівень небезпеки.

Інтегральний вектор небезпечності для біфентрину становить 51,9 балів, що свідчить про середній ризик небезпечності.

Обговорення

За результатами наших розрахунків та аналізу даних відповідно до ДСанПіН 8.8.1.002-98 (Держстандарт (1998)), біфентрин відноситься до 4-го класу небезпечності, за показниками стійкості у ґрунті, у воді – надзвичайно небезпечних, 1-ий клас небезпечності. Ці дані становлять особливий інтерес у контексті оцінки ризиків для довкілля від використання

біфентрину і розробки стратегій управління ризиками.

Отримані результати польових випробувань при використанні сучасної технології застосування пестицидів 3Rive3D в різних агрокліматичних зонах України з встановленням персистентності біфентрину в ґрунті, показали меншу його персистентність у порівнянні з даними, отриманими в агрокліматичних зонах інших країн (PPDB, 2024).

В ході дослідження були отримані значення констант швидкості руйнації для біфентрину: період розкладання 50 % вихідної кількості речовини – 3,6 доби, 15,4 доби для розкладання 95 % та 26,7 доби для розкладання 99 % речовини, константа швидкості руйнації – 0,19 доби⁻¹. Ці значення нижчі порівняно з середніми даними, отриманими в інших країнах Європейського регіону (EFSA, 2011). Дослідження проведені в Європейському Союзі з метою визначення швидкості розкладання біфентрину в ґрунті показують наступні результати: τ_{50} – від 54,2 до 173,7 діб, τ_{90} – від 223 до 577 діб у лабораторних умовах; τ_{50} – від 5,4 до 267 діб, τ_{90} – від 135,3 до 965,2 діб у натурних умовах. Дослідження наведені в (PPDB, 2024; EFSA, 2011) також підтверджують широкий діапазон значень τ_{50} від 65 до 125 днів, або від 2 до 6 місяців в залежності від типу ґрунту.

Значення індексу GUS, яке становить -0,76 у.о., вказує на дуже низьку ймовірність вимивання біфентрину у ґрунтові води. Це важливий показник, який свідчить про безпечне використання цього пестициду з точки зору ризику забруднення ґрунтових вод, низьку ймовірність ураження нецільових організмів водної екосистеми, особливо в районах інтенсивного сільськогосподарського вирощування кукурудзи при дотриманні рекомендованих норм внесення.

Таблиця 1. Швидкість руйнації біфентрину в ґрунті

Показники швидкості руйнації в ґрунті				
k^{-1} , доба	τ_{50}	τ_{95}	τ_{99}	τ_{50}^*
0,194±0,031	3,55±0,965	15,38±2,134	26,66±4,64	26,0-86,8

Примітки: 1. « k^{-1} » – константа швидкості руйнації; 2. « τ_{50} » – період розкладання 50 % вихідної кількості речовини; 3. « τ_{95} » – період розкладання 95 % вихідної кількості речовини; 4. « τ_{99} » – період розкладання 99 % вихідної кількості речовини 5. «*» – за даними літератури (PPDB (2024)).

Значення $Z_{\text{biol.ef}}$, яке становить 11,6, вказує на низький рівень небезпеки, тоді як інтегральний вектор небезпечності, що становить 51,9 балів, свідчить про середній ризик. Це підкреслює необхідність зваженого підходу до використання біфентрину, з особливою увагою до заходів зі зниження ризику для навколишнього середовища.

На нашу думку це пояснюється, перш за все, особливістю технології 3Rive3D, що дозволяє максимально зменшити норму витрат пестициду та забезпечує точне внесення його в борозну одночасно з висівом насіння кукурудзи. Також, важливе значення мають клімато-погодні умови, тип ґрунтів, значення їх рН, вологість і температура повітря, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання та інші.

На наш погляд, це можна пояснити, насамперед, унікальністю технології 3Rive3D, яка дозволяє значно знизити норму витрат пестициду і забезпечує точне внесення його в борозну одночасно з висівом насіння кукурудзи. Крім того, важливу роль відіграють кліматичні та погодні умови, типи ґрунтів, їх рН, температурно-вологісний стан повітряного середовища, інтенсивність ультрафіолетового випромінювання та інші фактори.

Висновки

1. Встановлено, що при внесенні препарату Брігейд 3Rive 3D, КС з використанням 3Rive3D технології період напівруйнування біфентрину становив 3,6 доби, що є нижчими від отриманих середніх величин в інших країнах Європейського регіону. Відповідно до ДСанПіН 8.8.1.002-98 за показниками стійкості у ґрунті сполуку можна віднести до 4 класу небезпечності (малонебезпечних сполук), у воді – до 1 класу небезпечності (надзвичайно небезпечних).

2. Малий термін напіврозпаду, високі значення константи сорбції органічним вуглецем і від'ємні значення індексу потенційного вимивання свідчать про низьку міграційну здатність біфентрину та ризик забруднення ґрунтових вод. Інтегральний вектор небезпечності наведеного пестициду свідчить про середній рівень ризику контамінації підземних вод.

3. Результати цього дослідження підкреслюють необхідність удосконалення наявних та впровадження новітніх технологій внесення пестицидів в сільськогосподарську практику. Це дозволить достовірно покращити дотримання медико-санітарних нормативів щодо їх застосування і тим самим знизити ризик забруднення об'єктів навколишнього середовища та негативний вплив на здоров'я населення.

Фінансування

Фінансової підтримки від державної, громадської або комерційної організації ця стаття не отримала.

Конфлікт інтересів

Автори заявляють про відсутність потенційних та явних конфліктів інтересів, пов'язаних з рукописом.

Згода на публікацію

Всі автори ознайомлені з текстом рукопису та надали згоду на його публікацію.

ORCID ID та внесок авторів

[0000-0001-5500-6352](https://orcid.org/0000-0001-5500-6352) (A,D) Kondratiuk Mykola
[0000-0001-9665-0646](https://orcid.org/0000-0001-9665-0646) (C,D) Antonenko Anna
[0000-0002-0211-607X](https://orcid.org/0000-0002-0211-607X) (A,B) Borysenko Andriy
[0000-0003-2711-5185](https://orcid.org/0000-0003-2711-5185) (B,E) Melnychuk Fedir
[0000-0002-1700-6391](https://orcid.org/0000-0002-1700-6391) (E,F) Aleksiiichuk Vasyl

A – Work concept and design, B – Data collection and analysis, C – Responsibility for statistical analysis, D – Writing the article, E – Critical review, F – Final approval of article.

ЛІТЕРАТУРА

- 3RIVE 3D® Application System Program 2021-2022. FMC Corporation. 2021.
- Arias-Estévez M., López-Periago E., Martínez-Carballo E. et al. The mobility and degradation of pesticides in soils and the pollution of groundwater resources. *Agriculture, ecosystems & environment*. 2008. T. 123. №. 4. С. 247-260.
- Bifenthrin. PPDB: Pesticide Properties Data Base. URL: <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/78.htm> (Last accessed: 11.02.2023).
- Directive 2009/127/EC of the European Parliament and of the Council of 21 October 2009 Amending Directive 2006/42/EC with Regard to Machinery for Pesticide Application. Available online: <http://data.europa.eu/eli/dir/2009/127/oj> (Last accessed: 11.02.2023)
- European Food Safety Authority. Peer Review of the pesticide risk assessment of the active substance bifenthrin. *EFSA Journal* 2011;9(5):2159
- Gustafson DI. Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*. 1989;8:339-357.
- Lamichhane, J.R. Pesticide use and risk reduction in European farming systems with IPM: An introduction to the special issue. *Crop Prot.* 2017. V. 97. P. 1–6.
- Li Z. Prioritizing agricultural pesticides to protect human health: A multi-level strategy combining life cycle impact and risk assessments. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 2022. T. 242. С. 113869.
- Panos Panagos, Arwyn Jones, Claudio Bosco, and P.S. Senthil Kumar. European Digital Archive on Soil Maps (Eu-DASM): Preserving Important Soil Data for Public Free Access. *International Journal of Digital Earth*. Volume 4. Issue 5. 2011. URL: <https://gisandscience.com/2011/09/28/european-digital-archive-on-soil-maps-eudasm-preserving-important-soil-data-for-public-free-access/> (Last accessed: 11.02.2023).
- Sergeev SG. et al. Indicator criteria and forecast of the danger of groundwater pollution by herbicides based on acid esters. *Modern problems of toxicology*. 2010;2-3:76-79.
- SSLRC Classification: Classification of Mobility. Soil Survey and Land Research Centre. UK: Cranfield University; 1998. URL: <http://www.cranfield.ac.uk/sslrc/> (Last accessed: 11.02.2023).
- Syafrudin, M., Kristanti, R. A., Yuniarto, A. et al. Pesticides in drinking water—a review //International journal of environmental research and public health. 2021. T. 18. №. 2. P. 468.
- Vogue PA, Kerle EA, Jenkins JJ. OSU Extension Pesticide Properties Database; National pesticide information center. 1994. URL: <http://npic.orst.edu/ingred/ppdmov.htm> (Last accessed: 11.02.2023).
- Wołejko, E., Jabłońska-Trypuć, A., Wydro, U. et al. Soil biological activity as an indicator of soil pollution with pesticides—a review. *Applied Soil Ecology*. 2020. T. 147. P. 103356.
- Пестициди. Класифікація за ступенем небезпечності: ДСанПіН 8.8.1.002-98: Затверджено постановою першого заступника Головного державного санітарного лікаря України від 28 серпня 1998 р. №2. 36. Важливих офіційних матеріалів з санітарних і протиепідемічних питань. Київ, 2000. Т. 9. Ч. 1. С. 249–266.
- Уніфіковані правила вибору зразків сільськогосподарської продукції, продуктів харчування та об'єктів навколишнього середовища для визначення мікрокількостей пестицидів: затв. МОЗ СРСР 21.08.1979 №2051-79.- Москва: МОЗ СРСР, 1980.-40 с.

Medical and sanitary substantiation of the safety of pesticide use with 3RIVE 3D technology

Kondratiuk Mykola, Borysenko Andriy, Antonenko Anna, Melnychuk Fedir, Aleksiihuk Vasyl

Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Address for correspondence:

Kondratiuk Mykola

E-mail: Kondratiuk.Nikolas@gmail.com

Abstract: one factor of significant importance for reducing the pesticide load on target objects and the biocenosis as a whole is the method of introducing Plant Protection Products (PPPs). In accordance with the EU Directive, procedures for the use of machinery and technologies for the safe application

of pesticides have been regulated and implemented. The behavior of the active substance - bifenthrin - was investigated through a field experiment; soil and plant samplings were carried out in accordance with established methodological recommendations. 3RIVE 3D is an innovative method of insecticide application. The active substance bifenthrin does not practically migrate across the profile in sandy and organic-rich soils. The compound is relatively insoluble in water, which prevents its concentration in aquifers. When applying the Brigade 3Rive 3D product, the half-life (τ_{50}) of bifenthrin was 3.6 days, τ_{95} – 15.4 days, and τ_{99} – 26.7 days, with a degradation rate constant of 0.19 days⁻¹, which is lower than the average values obtained in other countries of the European region. The potential leaching index was also calculated, taking into account the half-life established in the agroclimatic conditions of Ukraine, which was -0.76 a.u., indicating an extremely low probability of leaching into groundwater. Based on the organic carbon sorption constant, which is 236610 mL/g – class 5 (non-mobile compound), the integral hazard vector for bifenthrin is 51.9 points, indicating a medium hazard risk. It was found that with the application of the Brigade 3Rive 3D product using 3Rive3D technology, the half-life of bifenthrin was 3.6 days, which is lower than the average values obtained in other European region countries. According to DSanPiN 8.8.1.002-98, based on soil stability indicators, the compound can be classified as a class 4 hazard (low-hazard compounds), and in water - as a class 1 hazard (extremely hazardous).

Key words: [Pesticide Residues](#), [Risk Assessment](#), [Sanitary Surveys](#), [Soil Pollutants](#), [Water Pollutants](#).



Copyright: © 2024 by the authors; licensee USMYJ, Kyiv, Ukraine.

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).