

UDC: 632.95.027:502.51

[https://doi.org/10.32345/USMYJ.4\(142\).2023.80-86](https://doi.org/10.32345/USMYJ.4(142).2023.80-86)

Received: June 30, 2023

Accepted: October 11, 2023

Наукове обґрунтування гранично допустимої концентрації нового інсектициду спіромезифену у воді модельних водойм

Ткаченко Інна, Антоненко Анна

Кафедра гігієни та екології № 1

Address for correspondence:

Tkachenko Inna

E-mail: inna.tkachenkooo@ukr.net

Анотація: раціональне використання пестицидів є важливою та дуже складною справою, тому впровадження полютантів в сільське господарство повинно враховувати економічну, соціальну і, особливо, екологічну сфери. Наявність нормування та регламентації засобів хімічного захисту рослин в об'єктах навколишнього середовища (воді, рослинах, ґрунті, повітрі робочої зони та атмосферному повітрі) є законодавчо необхідною умовою у використанні пестицидів. Адже, наявність залишкових кількостей препаратів у воді, продуктах харчування може призводити до виникнення різного роду захворювань та порушень в організмі людини. Метою нашого дослідження було нормування нового інсектициду спіромезифену у воді модельних водойм для використання у господарсько-питних та культурно-побутових цілях. При обґрунтуванні гранично допустимої концентрації сполукинами було використано загальноприйняті методичні підходи, лабораторні та натурні методи оцінки води за органолептичними (кольоровість, забарвлення, запах, прозорість, каламутність, піноутворення) і загальносанітарними показниками (біохімічне споживання кисню, чисельність водної мікрофлори, азот аміаку, азот нітритів, азот нітратів, рівень розчиненого кисню, активна реакція води). Також був розрахований санітарно-токсикологічний показник небезпечності спіромезифену для досліджуваних проб води. Отримані результати дослідження за здатністю впливу спіромезифену на органолептичні властивості води (запах в 2 бали при 20 і 60 °C), процеси нітрифікації та амоніфікації дозволили встановити лімітуюче значення на рівні 0,002 мг/дм³. За вмістом розчиненого у воді кисню, впливом на реакцію води (рН) і за значенням максимально недіючої концентрації (як санітарно-токсикологічного показника шкідливості) була обґрунтована величина – 0,02 мг/дм³. При здійсненні вивчення динаміки біохімічного споживання кисню та росту і розвитку сапрофітної мікрофлори виявлено вплив спіромезифену в концентраціях 0,02 та 0,002 мг/дм³. Відповідно, саме ці зазначені процеси стали лімітуючими критеріями при встановленні гранично допустимої концентрації спіромезифену у воді модельних водойм, яка склала 0,0002 мг/дм³ (за загальносанітарним показником).

Ключові слова: інсектициди, нітрати, нітрити, гранично допустима концентрація, спіромезифен, вода.



Copyright: © 2022 by the authors; licensee USMYJ, Kyiv, Ukraine.

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

Вступ

Продумане та раціональне використання пестицидів є важливою і дуже складною справою, адже асортимент препаратів із різноманітними властивостями, призначенням, особливостями дії, впливом на людину, поведінкою в навколишньому середовищі надзвичайно великий (Антоненко та ін., 2023). Оцінка ефективності застосування полютантів – це багаторівневе завдання, яке повинно охоплювати економічну, соціальну і, особливо, екологічну сфери (Syrota et al., 2022).

Для реєстрації та законного використання хімічних засобів захисту рослин в Україні необхідною умовою є наявність їх нормативів в об'єктах навколишнього середовища (воді, рослинах, ґрунті, повітрі робочої зони та атмосферному повітрі) (Антоненко та ін., 2023; Syrota et al., 2022). Надзвичайно гострою та актуальною сьогодні є проблема якості питної води. Адже вода, контамінована пестицидами, може бути причиною виникнення алергій, різних порушень обміну речовин, хвороб органів дихання, серцево-судинної системи та онкологічних захворювань (Антоненко та ін., 2023; Syrota et al., 2022; Vorysenko et al., 2021)

Мета

Метою нашої роботи стало гігієнічно-наукове обґрунтування гранично допустимої концентрації спіромезифену, який є представником нового інсектицидного класу похідних тетрамової і тетронової кислот, у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового призначення.

Матеріали та методи дослідження

Спіромезифен є похідним тетронової кислоти та разом із представником авермектинів – абамектином входить до складу препарату Оберон Рапід 240 SC, КС, який представляє клас новітніх інсектицидів. На сьогодні даний препарат є єдиним пестицидом, що застосовується в Україні на основі спіромезифену. Проте він широко використовується в сільському господарстві Європи (Іспанія, Франція, Італія, Литва, Нідерланди, Британія, Кіпр, Греція, Ірландія) і Америки (США) (Tkachenko et al., 2022; PPDB, 2023). У світі, крім вищезазначеного інсектициду, випускаються препарати Oberon, Danigetter, Forbid (Bayer CropScience),

Judo (ОНР) та ін. (PPDB, 2023). Спіромезифен поєднує в собі два механізми дії: індукцію мікосомальних ферментів печінки і пригнічення 4-гідроксифенілпіруватдіоксигенази та зарекомендував себе в ефективній боротьбі з шкочинними комахами. Пестицид володіє несистемною дією по відношенню до теплокровних тварин та людини (Tkachenko et al., 2022).

Дослідження динамік вмісту сполуки у воді модельних водойм та обґрунтування гранично допустимої концентрації (ГДК) спіромезифену за органолептичною та загальносанітарною ознаками шкідливості здійснювали на основі лабораторного гігієнічного експерименту. Для оцінки пестициду за санітарно-токсикологічним показником шкідливості нами було проведено розрахунок максимально недіючої концентрації (МНК) ксенобіотику у воді згідно з (МУ № 4263-87, 1988; Перова, 2019; Наказ МОЗ України № 721, 2022; Наказ МОЗ України № 683, 2022).

В лабораторних умовах здійснювали визначення порогових концентрацій спіромезифену у воді за органолептичними показниками, використовуючи фізико-хімічні властивості сполуки та враховуючи загальноприйняті методичні підходи і органолептичні методи аналізу (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022; Наказ МОЗ України № 683, 2022). Оцінку інтенсивності запаху проводили за п'ятибальною шкалою (при температурі 20 і 60 °С) бригадним методом (Перова, 2019; Наказ МОЗ України № 721, 2022). Вплив спіромезифену на загальносанітарний режим модельних водойм оцінювали враховуючи динаміку змін нижченаведених показників: мінералізацію азотовмісних речовин, біохімічного споживання кисню (БСК), рівень розчиненого у воді кисню і зміну її активної реакції, розвиток та відмирання сапрофітної водної мікрофлори (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022; Наказ МОЗ України № 683, 2022). В якості модельного середовища використано річкову воду. Для оцінки результатів дослідження здійснювали їх обробку за допомогою методів варіаційної статистики.

При розрахунку порогової концентрації спіромезифену у воді за санітарно-токсиколо-

гічним показником шкідливості, ми скористалися загальноприйнятою формулою, згідно методичних підходів до комплексного гігієнічного нормування пестицидів в об'єктах довкілля (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022; Наказ МОЗ України № 683, 2022). Даний розрахунок базувався на допустимій добовій дозі пестициду для людини; % препарату, що надходить в організм безпосередньо з питною водою; маси тіла людини та норми водоспоживання протягом доби.

Результати

Враховуючи отримані результати, в якості порогової величини за впливом спіромезифену на органолептичні показники води встановлено концентрацію на рівні $0,002 \text{ мг/дм}^3$. Органолептичною лімітуючою ознакою став запах при 20 і 60 °С, який визначався протягом 20-25 діб силою в 2 бали. Усі інші досліджувані процеси (забарвлення, прозорість, кольоровість, каламутність, піноутворення) не були лімітуючими.

Встановлення БСК здійснювали через 1, 3, 5, 7, 10 і 20 діб дослідження при концентраціях спіромезифену від $0,02$ до $0,0002 \text{ мг/дм}^3$. Динаміку визначали за різницею вмісту розчиненого кисню (до та після інкубації в термостаті при температурі 20 °С) в порівнянні з контролем (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022). Результати наведені на рисунку 1.

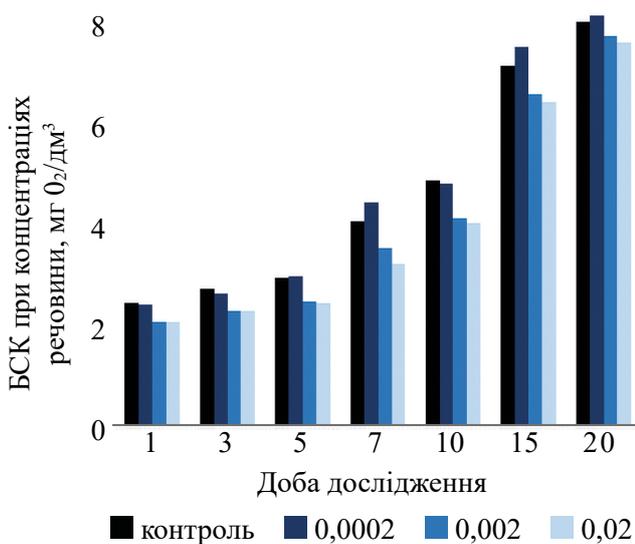


Рис. 1. Біохімічне споживання кисню при різних концентраціях спіромезифену, мг/дм^3

З даних, представлених на рисунку 1 видно, що спіромезифен здатен до стимуляції процесів БСК, тобто впливає на здатність водойм до самоочищення від наявного органічного забруднення. Отримані результати дозволили обґрунтувати в якості порогової величини значення $0,0002 \text{ мг/дм}^3$, так як концентрації речовини $0,002$ та $0,02 \text{ мг/дм}^3$ відрізнялися від контрольних зразків на 20-27 % ($p \leq 0,05$).

Дослідження впливу спіромезифену на чисельність мікробного забруднення модельних водойм проводили паралельно в ті самі доби, що і БСК та в тих же концентраціях, відповідно до (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022). Отримані результати наведені на рисунках 2, 3.

При дослідженні динаміки росту і розвитку сапрофітної мікрофлори виявлено бактерицидну дію спіромезифену в концентраціях $0,002$ та $0,02 \text{ мг/дм}^3$. Дані, наведені в на рисунках 2, 3, показують також, що при вмісті сполуки у воді в концентрації $0,0002 \text{ мг/дм}^3$ критерій Ст'юдента не досягав статистично значущого рівня ($t < 2,9$). Отже, за впливом на даний процес встановлена величина спіромезифену у воді на рівні $0,0002 \text{ мг/дм}^3$.

Дослідження процесів нітрифікації азотовмісних речовин (азоту аміаку, нітритів, нітратів) у воді скористалися фотоколориметричними методами згідно з (МУ № 4263-87, 1988; Наказ МОЗ України № 721, 2022). Щоб провести кількісне визначення азотовмісних сполук (азот амонію, азот нітритів, азот нітратів) в досліді з водою використали попередньо побудовані градувальні залежності оптичної густини стандартних розчинів від їх концентрації. З використанням рН-метра зі скляним електродом здійснювали вивчення динаміки впливу спіромезифену на рівень розчиненого у воді кисню і на активну реакцію у воді модельних водойм. Усі отримані величини не відрізнялися від контролю ($p < 0,05$) при досліджуваних концентраціях речовини ($0,02$, $0,002$ та $0,0002 \text{ мг/дм}^3$) та не були лімітуючими при встановленні гранично допустимої концентрації спіромезифену у воді. Дані наведені на рисунках 4-6.

Так, отримані результати вивчення вмісту речовини за впливом на динаміку процесів

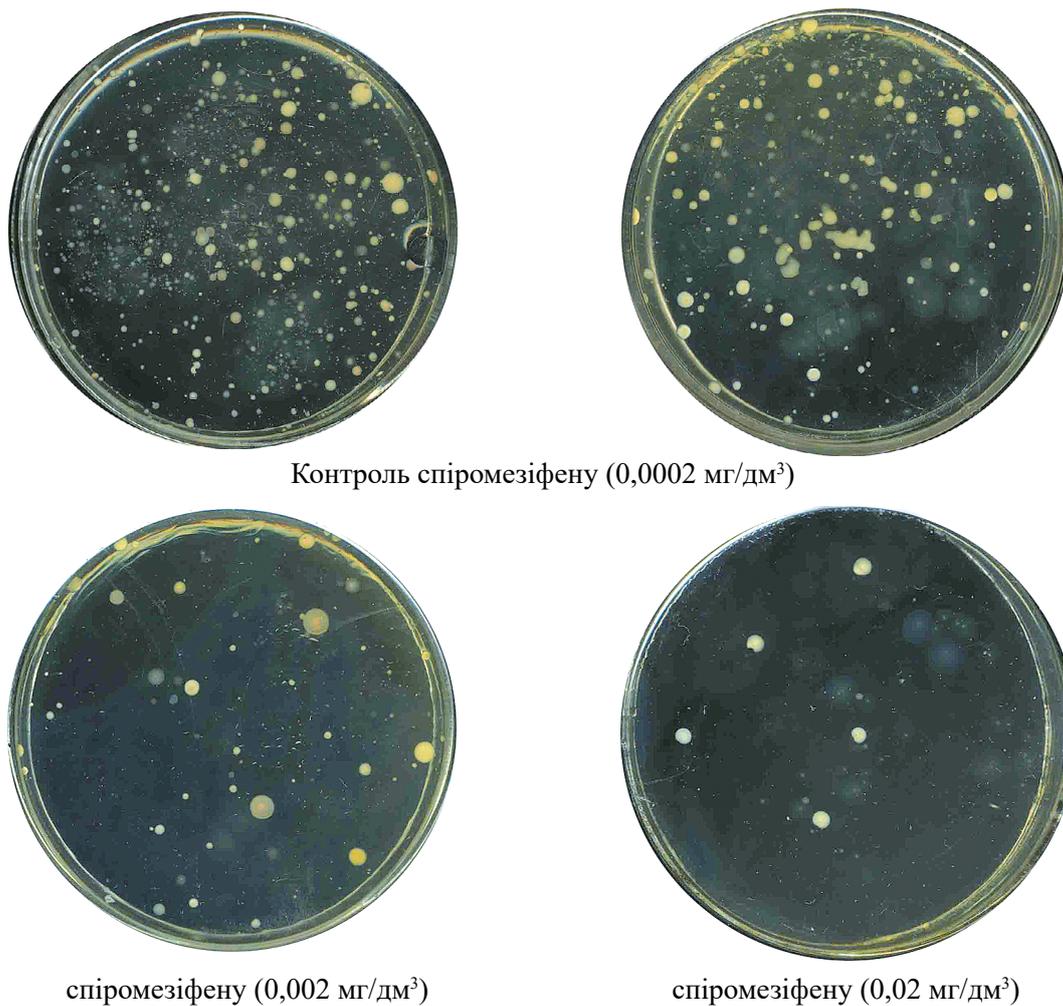


Рис. 2. Вплив різних концентрацій спіромезифену на сапрофітну мікрофлору води водойм

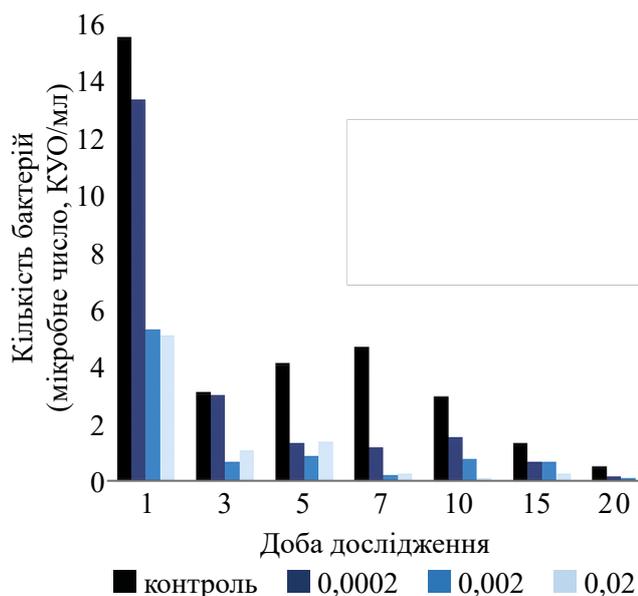


Рис. 3. Мікробне число води при різних концентраціях спіромезифену, мг/дм³

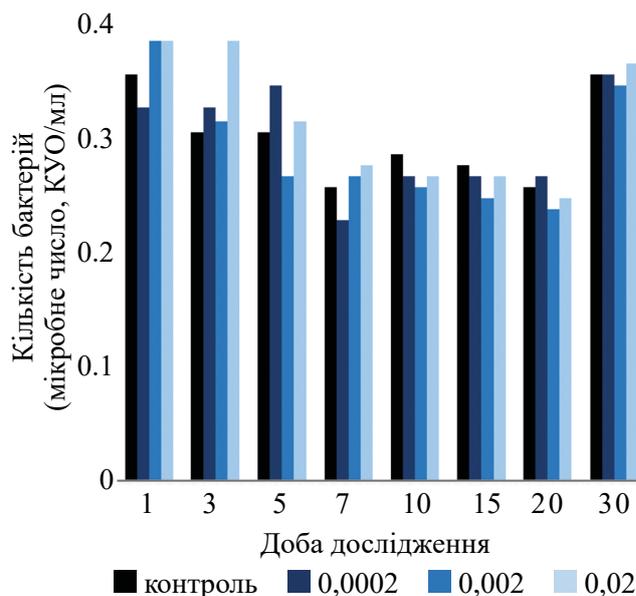


Рис. 4. Азот аміаку при різних концентраціях спіромезифену, мг/дм³

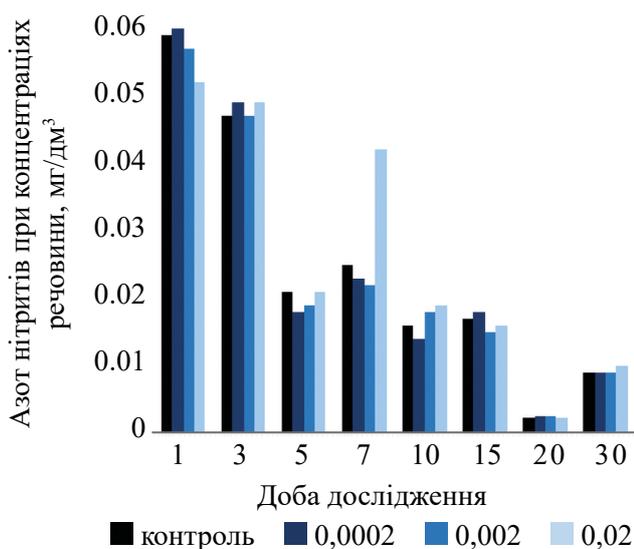


Рис. 5. Азот нітритів при різних концентраціях спіромезифену, мг/дм³

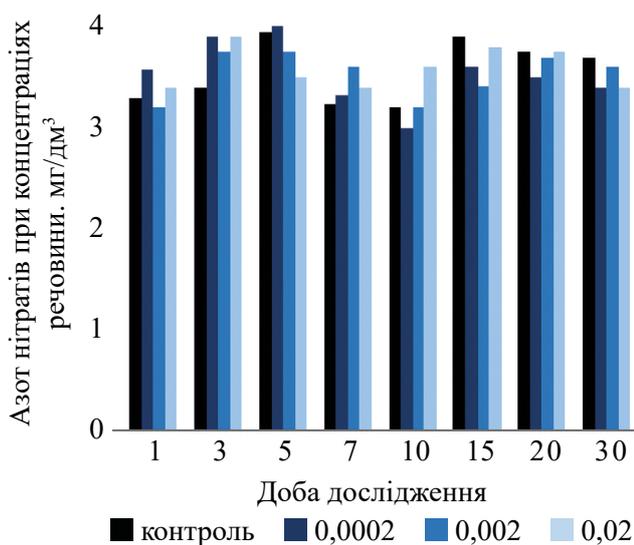


Рис. 6. Азот нітратів при різних концентраціях спіромезифену, мг/дм³

амоніфікації і нітрифікації дозволили встановити допустимий вміст спіромезифену у воді на рівні 0,002 мг/дм³, а за вмістом розчиненого у воді кисню і впливом на реакцію води (рН) – 0,02 мг/дм³.

При розрахунку значення максимально недіючої концентрації (МНК) використали величини норми споживання води – 3 л, середньої маса тіла людини – 60 кг та 10 % надходження інсектициду з водою, керуючись методичними підходами (МУ № 4263-87, 1988; Перлова, 2019). Відповідно, МНК спіромезифену дорівнюватиме:

$$МНК = \frac{0,01 \times 10 \times 60}{100\% \times 3} = 0,02 \text{ мг/дм}^3.$$

Отримана величина МНК, дозволила нам зробити висновок про те, що показник санітарно-токсикологічної шкідливості не буде лімітуючою ознакою при обґрунтуванні ГДК спіромезифену у воді, так, як його значення вище за концентраційну величину сполуки в інших досліджуваних процесах.

Враховуючи результати проведених досліджень та оцінки отриманих результатів впливу спіромезифену на органолептичні показники води, на процеси загальногосанітарного режиму водойм (БСК, мікробне число, нітрифікація азотовмісних сполук, рН води), а також значення МНК нами було встановлено порогові величини спіромезифену за основними ознаками небезпечності, які представлені в таблиці 1.

Таблиця 1. Пороговий вміст спіромезифену у воді за основними ознаками шкідливості

Ознака шкідливості	Ступінь прояву	Вміст, мг/дм ³
Органолептична	межа	0,002
Загальносанітарна	межа	0,0002
Санітарно-токсикологічна	недіюча концентрація	0,02
Гранично допустима концентрація		0,0002

Таким чином, на основі проведених натурних та лабораторних експериментів гранично допустима концентрація спіромезифену у воді модельних водойм науково обґрунтована на рівні 0,0002 мг/дм³ за загальносанітарним показником. Дану величину дозволяє контролювати розроблений аналітичний метод визначення спіромезифену у воді (Методичні вказівки, 2018).

Обговорення

Результати проведених натурних досліджень при застосуванні препарату Оберон Рапід 240 SC, КС щодо впливу різних концентрацій спіромезифену на органолептичні, загальносанітарні, санітарно-токсикологічні властивості води дозволили нам визначити порогові величини пестициду за проявом шкідливості.

Встановлено, що інсектицид за санітарно-токсикологічним показником не чинив негативної дії на воду модельних водойм, недіюча концентрація у 100 разів була нижчою за обґрунтовану гранично допустиму концентрацію. За впливом на органолептичні властивості води при 20 і 60 С концентрація спіромезифену виявилася у 10 разів нижчою за встановлену ГДК (був присутній запах у 2 бали при значенні 0,002 мг/дм³). Також було показано відсутність будь яких змін в процесах нітрифікації, амоніфікації, розчиненого кисню і рН води у всіх досліджуваних концентраціях інсектициду. Лімітуючими, при встановленні ГДК речовини – 0,0002 мг/дм³, стали отримані результати за впливом на чисельність сапрофітної мікрофлори та БСК, їхні значення достовірно відрізнялися від контролю ($p \leq 0,05$). Тобто, як і в більшості аналогічних досліджень пестицидів, загальносанітарний показник небезпечності виявився тим, який має найбільш виражений вплив на модельну воду (Антоненко та ін., 2023; Syrota et al., 2022, Borysenko et al., 2021).

Висновки

1. Обґрунтовано порогові концентрації спіромезифену за органолептичними показниками на рівні 0,002 мг/дм³ (лімітуючий критерій – вплив на запах води при 20°C і 60°C), за загальносанітарними – 0,0002 мг/дм³ (ліміту-

ючі ознаки – вплив на процеси біохімічного споживання кисню та чисельність сапрофітної мікрофлори) і за санітарно-токсикологічним показником – 0,02 мг/дм³ (дана величина не була лімітуючою).

2. Науково обґрунтовано величину гранично допустимої концентрації спіромезифену у воді господарсько-питного та культурно-побутового призначення на рівні 0,0002 мг/дм³ (лімітуючий критерій – загальносанітарний).

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

[0000-0002-2148-0934](https://orcid.org/0000-0002-2148-0934) (А, В, D) Inna Tkachenko

[0000-0001-9665-0646](https://orcid.org/0000-0001-9665-0646) (С, Е, F) Anna Antonenko

A – Research concept and design, B – Collection and/or assembly of data, C – Data analysis and interpretation, D – Writing the article, E – Critical revision of the article, F – Final approval of article.

ЛІТЕРАТУРА

Borysenko, A. A.; Antonenko, A. M.; Shpak, B. I.; Omelchuk, S. T.; Bardov, V. G. Hygienic evaluation of the most common methods of agricultural crops treatment with chemical protection products (literature review). *Medicini Perspectivi*. 2021. Vol. 26 (3). С. 19-25. DOI: <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2021.3.241913>.

PPDB: Pesticide Properties Data Base. Spiromesifen (Ref: BSN 2060). URL: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/598.htm> (assessed 17.07.2023).

Syrota A.I., Vavrinevych O.P., Omelchuk S.T., Blagaia A.V. Hygienic assessment of the population risk after consumption of agricultural products grown with the application of triazole class-based fungicides. *Environment & Health*. 2022. № 4. P. 20-28. DOI: <https://doi.org/10.32402/dovki2022.04.020>.

Tkachenko I.V., Antonenko A.M., Vavrinevych O.P., Omelchuk S.T., Bardov V.G. Substantiation of the need for monitoring in environmental objects of insecticides from the class of tetramic and tetroneic acid derivatives taking into account their specific influence on the human organism. *Wiadomosci Lekarskie*. 2022. Vol. 75(7). P. 1664-1668. DOI: <https://doi.org/10.36740/WLek202207109>.

Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов: МУ № 4263-87, утв. 13.03.87. Киев: М-во здравоохранения СССР, 1988. 210 с.

Антоненко А.М., Борисенко А.А., Омельчук С.Т., Пельо І.М., Бабієнко В.В. Гігієнічна оцінка міграції пестицидів у ґрунтові та поверхневі води після обробки агрокультур з використанням інноваційних методів та встановлення ризику впливу на здоров'я людини. *Одеський медичний журнал*. 2023. № 2 (183). С. 84-87.

Методичні вказівки з визначення спіромезифену у воді методом високоефективної рідинної хроматографії. № 1563-2018 / Затв. Міністерством екології та природних ресурсів України Наказ Наказ № 246 від 06.07.2018 та

погодж. листами т.в.о. Головного державного санітарного лікаря України (листи № 7/1173 від 13.04.2018 і № 87/2594-18 від 22.05.2018).

Наказ МОЗ України від 22.04.2022 № 683. Про затвердження Державних санітарних норм і правил «Показники безпеки та окремі показники якості питної води в умовах воєнного стану та надзвичайних ситуаціях іншого характеру»: зареєстр. в М-ві юстиції України 25.05.2022 за № 564/37900.

Наказ МОЗ України від 02.05.2022 № 721. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення: зареєстр. в М-ві юстиції України 16.05.2022 за № 524/37860.

Перлова О.В. Органолептичні показники якості води: методичні вказівки до лабораторних занять та самостійної роботи з дисципліни «Хімія природних і стічних вод» для студентів факультету хімії та фармацевції / О.В. Перлова, Н.О. Перлова. Одеса: Одес. нац. ун-т ім. І. І. Мечникова», 2019. 42 с.

Scientific substantiation of the maximum allowable concentration of the new insecticide spiromesifen in the water of model reservoirs

Tkachenko Inna, Antonenko Anna

Hygiene and Ecology Department № 1 of Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine

Address for correspondence:

Tkachenko Inna

E-mail: inna.tkachenkooo@ukr.net

Abstract: the rational use of pesticides is an important and very complex matter, therefore, the introduction of pollutants into agriculture must consider economic, social and, especially, environmental aspects. The presence of standardization and regulation of chemical plant protection agents in environmental objects (water, plants, soil, air of the working zone and atmospheric air) is a legally necessary condition for the pesticides application. After all, the presence of compounds residual amounts in water and food products can lead to the emergence of various diseases and disorders in the human body. The aim of our research was to standardize the new insecticide spiromesifen in the water of model reservoirs for use in economic, drinking and cultural and household purposes. When substantiating the maximum allowable concentration of the compound, we used generally accepted methodological approaches, laboratory and natural methods of evaluating water according to organoleptic (color, smell, transparency, turbidity, foaming) and general sanitary indices (biochemical oxygen consumption, amount of aquatic microflora, ammonia nitrogen, nitrogen nitrites, nitrogen nitrates, dissolved oxygen level, active reaction of water). The sanitary-toxicological hazard index of spiromesifen was also calculated for the studied water samples. The obtained results of the study on the ability of spiromesifen to affect the organoleptic properties of water (smell in 2 points at 20 and 60 °C), nitrification and ammonification processes allowed to establish a limiting value at the level of 0.002 mg/dm³. According to the content of oxygen dissolved in water and the effect on the active reaction of water (pH) and the value of the maximum inactive concentration (as a sanitary and toxicological index of harmfulness), the value was justified – 0.02 mg/dm³. When studying the dynamics of biochemical oxygen consumption and the growth and development of saprophytic microflora, the influence of spiromesifen in concentrations of 0.02 and 0.002 mg/dm³ was revealed. Accordingly, these specified processes became the limiting criteria when establishing the maximum allowable concentration of spiromesifen in the water of model reservoirs, which was 0.0002 mg/dm³ (according to the general sanitary index).

Key words. [Insecticides](#), [Nitrates](#), [Nitrites](#), [Maximum Allowable Concentration](#), [Water](#).



Copyright: © 2022 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/>)