

ГІГІЄНА АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ

УДК 613: 632.954:628.113

ОБҐРУНТУВАННЯ ГІГІЄНІЧНОГО НОРМАТИВУ ГЕРБІЦИДУ ІЗОПРОТУРОНУ У ВОДІ ВОДОЙМ

*Бардов В.Г., Омельчук С.Т., Вавріневич О.П., Зінченко Т.І., Омельчук С.А., Ткаченко С.М.
Інститут гігієни та екології Національного медичного університету
імені О.О. Богомольця, м. Київ*

Еколого-гігієнічні проблеми охорони навколишнього середовища і здоров'я населення визначають актуальні задачі перед гігієнічною наукою з метою оцінки факторів – забруднювачів біосфери.

Аналіз впливу факторів оточуючого середовища на стан здоров'я населення є одним із пріоритетних напрямків профілактичної медицини. В комплексі цих складних завдань значне місце належить охороні та оздоровленню оточуючого середовища від глобального забруднення хімічними чинниками атмосферного повітря, ґрунту, води відкритих та підземних водойм. За обсягом та номенклатурою одне із перших місць посідають хімічні засоби боротьби зі шкідниками сільськогосподарських культур.

Серед чисельних хімічних забруднювачів біосфери значну квоту займають пестициди. Зростаюче пестицидне навантаження на всі складові оточуючого середовища обумовлює негативний вплив на здоров'я населення.

Проблема здоров'я населення щорічно загострюється, що потребує комплексного вивчення пестицидів [1-3]. В умовах зростаючого антропогенного забруднення докілья значно погіршився екологічний стан водних об'єктів [4-5].

Серед значної кількості хімічних сполук, що надходять в навколишнє середовище, доля пестицидів становить 3%, а в числі зареєстрованих захворювань нараховується від 25 до 35%, безпосередньо пов'язаних з використанням недоброякісної води [6].

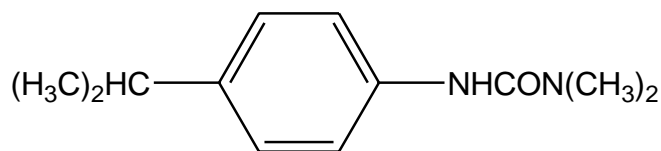
Гігієнічне нормування шкідливих хімічних речовин у воді водних об'єктів визнається одним із важливих заходів санітар-

ної охорони водойм при широкому застосуванні у сільському господарстві пестицидів, в тому числі і гербіцидів. В системі водно-санітарного законодавства значимість гранично допустимих концентрацій шкідливих хімічних сполук є важливим критерієм захисту від забруднення водойм поверхневими стоками. Дотримання цих нормативів обумовлює безпечні умови водокористування та якість води, призначеної для споживання людиною.

Метою даної роботи була комплексна санітарно-гігієнічна оцінка ізопротурону (діюча речовина препарату Марафон) для встановлення токсикологічних параметрів і критеріїв безпечності, визначення класу небезпечності та обґрунтування гранично допустимої концентрації ізопротурону у воді водойм.

Матеріали та методи досліджень. Нами проведені експериментальні дослідження для виявлення особливостей впливу ізопротурону на органолептичні властивості води, основні показники загальносанітарного режиму водойм та обґрунтування ГДК речовини у воді водойм господарсько-питного призначення; розроблено та затверджено метод визначення залишкових кількостей ізопротурону у воді; при цьому використовували фізико-хімічні, органолептичні, хроматографічні, мікробіологічні та математичні методи.

Ізопротурон – порошок світло-жовтого кольору з неприємним органічним запахом силою 5 балів. Ізопротурон легко розчиняється у воді (розчинність у воді – 70,2 мг/л).



Досвід гігієнічного нормування хімічних речовин, які надходять у водойми, показує, що для більшості хімічних забруднювачів лімітуючою ознакою шкідливості є погіршення органолептичних властивостей води.

Вивчення впливу ізопротурону на органолептичні властивості води проведене згідно з сучасними методичними підходами до гігієнічної регламентації пестицидів [7-10].

Визначення порогу запаху проводили при концентраціях водних розчинів від 0,03 до 20,0 мг/дм³. Водні розчини ізопротурону 20,0 та 10,0 мг/дм³ надавали воді неприємного запаху, який оцінювався у 70-80% випадків з рівнем інтенсивності 3-4 бали. Досліди проведені при температурі 20°C та 60°C.

На основі проведених досліджень встановлено, що препарат надає воді запах, який визначався одораторами як неприємний органічного походження. Інтенсивність запаху залежала від концентрації ізопротурону у воді. Так, межа сприйняття запаху (1 бал) при 20°C визначалась при концентрації 6,84±0,05 мг/дм³ (нижня межа 6,79 мг/дм³). Концентрація гербіциду, яка надавала запах воді інтенсивністю 2 бали становила 14,6±0,70 мг/дм³ (межа 13,9 мг/дм³). Найменші з випробуваних концентрацій 0,03; 0,06 мг/дм³ за оцінкою всіх одораторів не надавали воді запаху, який би відрізнявся від контролю. Підігрів розчинів до температури 60°C суттєво не впливав на характер та інтенсивність запаху (таблиця 1).

Таблиця 1. Підсумкові дані з визначення впливу ізопротурону на запах води.

Запах, бал	°C	Статистичні параметри				
		n	X	Sx	P%	X-2Sx
1	20	88	6,84	0,052	1,0	6,79
2		23	14,6	0,70	4,8	13,9
1	60	45	7,47	0,037	0,5	7,43
2		16	15,31	0,70	4,6	14,61

Запах води інтенсивністю 1 бал визначався одораторами впродовж 5 діб, а запах 2 бали – впродовж 7 діб досліджень, що дозволяє віднести ізопротурон до класу помірно стабільних речовин (за стійкістю запаху). Всі досліджувані концентрації ізопротурону не впливали на прозорість, забарвленість, каламутність та не створювали піни при температурі 20°C і 60°C.

В буферних розчинах (рН 5,7) при температурі 25°C період розкладання речовини на 50% (T₅₀) складав 540-1560 діб. Фотоліз: при впливі ультрафіолетового випромінювання різної інтенсивності T₅₀ ізопротурону склав 48 діб. У водній фазі в аеробних умовах T₅₀ ізопротурону – 40 діб, у системі вода-осад – 149 діб [11].

Таким чином, на основі аналізу представлених даних можна зробити висновок, що ізопротурон слід відносити до стійких сполук у водному середовищі (I клас небезпечності) [12].

Результати дослідів показали, що хлорування води в присутності ізопротурону в концентраціях, що надавали запах силою 1 та 2 бали, не змінювало органолептичні властивості води.

Таким чином, граничною величиною за органолептичним показником шкідливості (лімітуючий показник – запах при температурі 20°C (p≤0,05)) обґрунтовано концентрацію ізопротурону на рівні 6,79 мг/дм³. Беручи до уваги перспективність використання у сільському господарстві пестицидних препа-

ратів на основі ізопротурону, та враховуючи біологічну активність пестицидів, які здатні порушувати природні процеси самоочищення водойм, нами проведені серії дослідів для встановлення порогових концентрацій ізопротурону за впливом на санітарний режим водойм. Дослідження процесу природного самоочищення в присутності ізопротурону проводили в умовах експериментального моделювання (скляні ємкості на 20 л заповнювали річковою водою), вивчали вплив речовини на основні показники санітарного режиму. В експериментальні водойми вносили ізопротурон в концентраціях 6,79 (6,8); 0,679 (0,68); 0,0679 (0,068) мг/дм³, виходячи із порогової величини за органолептичною ознакою (ПК_{орг}). Здатність препарату до окислення оцінювали за біохімічною потребою у кисні (БПК); процесами амоніфікації, нітрифікації, вивчали вплив ізопротурону на розвиток та відмирання сапрофітної водної мікрофлори, вміст розчиненого у воді кисню та рН середовища. При вивченні динаміки мі-

нералізації враховували вміст азоту аміаку, нітритів та нітратів у воді дослідних та контрольних водойм.

Під впливом ізопротурону значення БПК не відрізнялось від контролю більше ніж на 2-14% при всіх досліджуваних концентраціях. При двох найбільших концентраціях (0,68 та 6,80 мг/дм³) на 20 добу досліджень був відсутній кисень. Це свідчить про те, що ці концентрації сприяли інтенсивному процесу природного самоочищення, в ході якого зростає інтенсивність фази біохімічного окислення нестійких органічних сполук, що призвело до збільшення витрат кисню та створення анаеробних умов. При вихідній концентрації 0,068 мг/дм³ значення БПК впродовж всього періоду спостережень відрізнялось від такого у контролі на 2,0-10,0% ($p > 0,05$); таким чином ця концентрація ізопротурону є пороговою за впливом на першу фазу самоочищення водойм (рис 1).

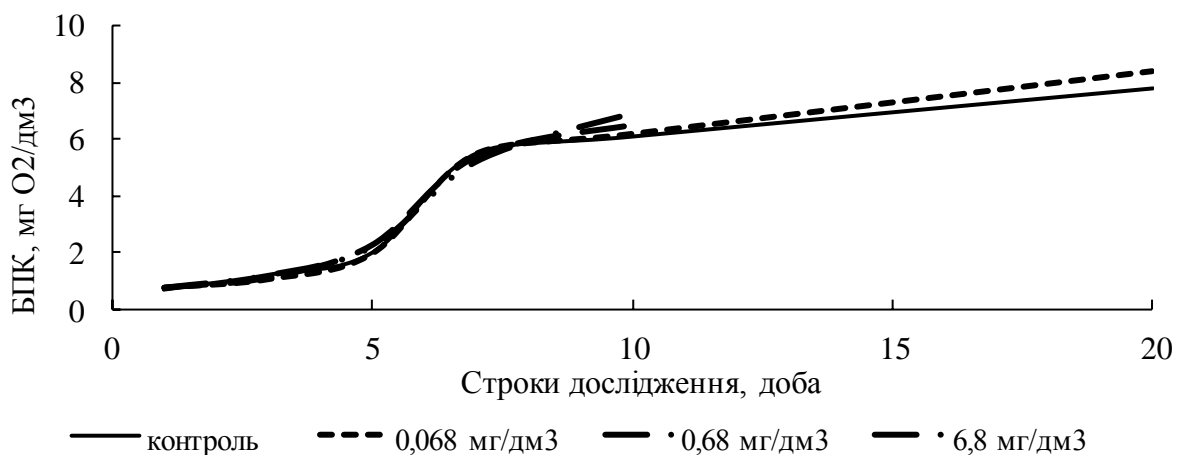


Рисунок 1. Гігієнічна оцінка впливу різних концентрацій ізопротурону на процес біохімічної потреби в кисні у воді модельних водойм.

Одночасно з динамікою БПК оцінювали зміни чисельності водної сапрофітної мікрофлори. У контролі (модельна водойма без внесення досліджуваної речовини) спостерігали деяке поступове зниження чисельності сапрофітів (рис. 2). Подібну динаміку спостерігали у модельній воді з вихідною концентрацією ізопротурону 0,068 мг/дм³. Математична обробка результатів досліджень при концентраціях 0,68 і 6,80 мг/дм³ засвідчила суттєве пригнічення розвитку са-

профітної мікрофлори. Ізопротурон гальмував розвиток сапрофітної мікрофлори починаючи з 1 по 20 добу досліджень, отримані результати були статистично достовірними, $p \leq 0,05$ (рис. 2). Таким чином, дві найвищі концентрації речовини є діючими на розвиток сапрофітної мікрофлори. Пороговою можна визнати концентрацію ізопротурону 0,068 мг/дм³.

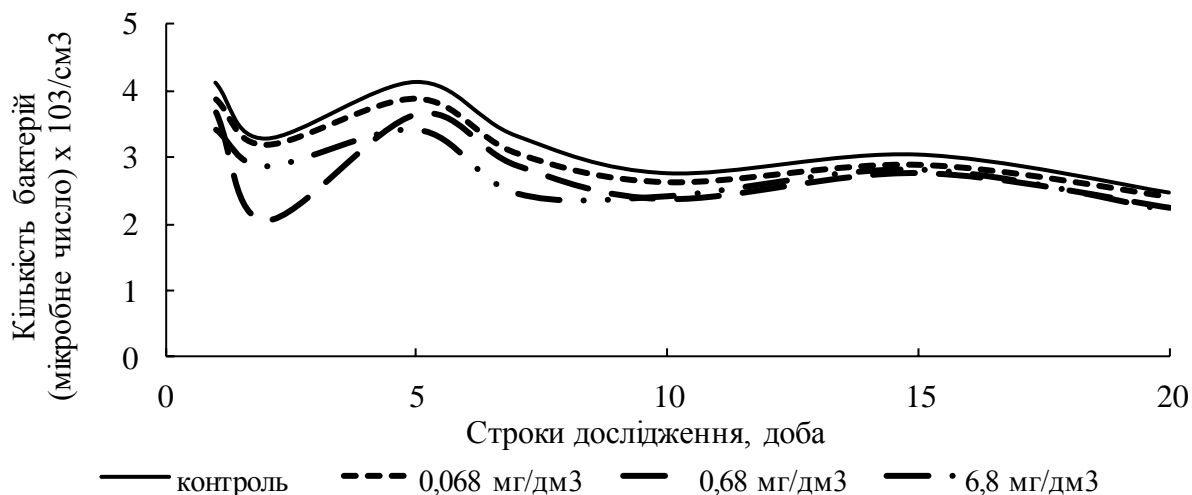
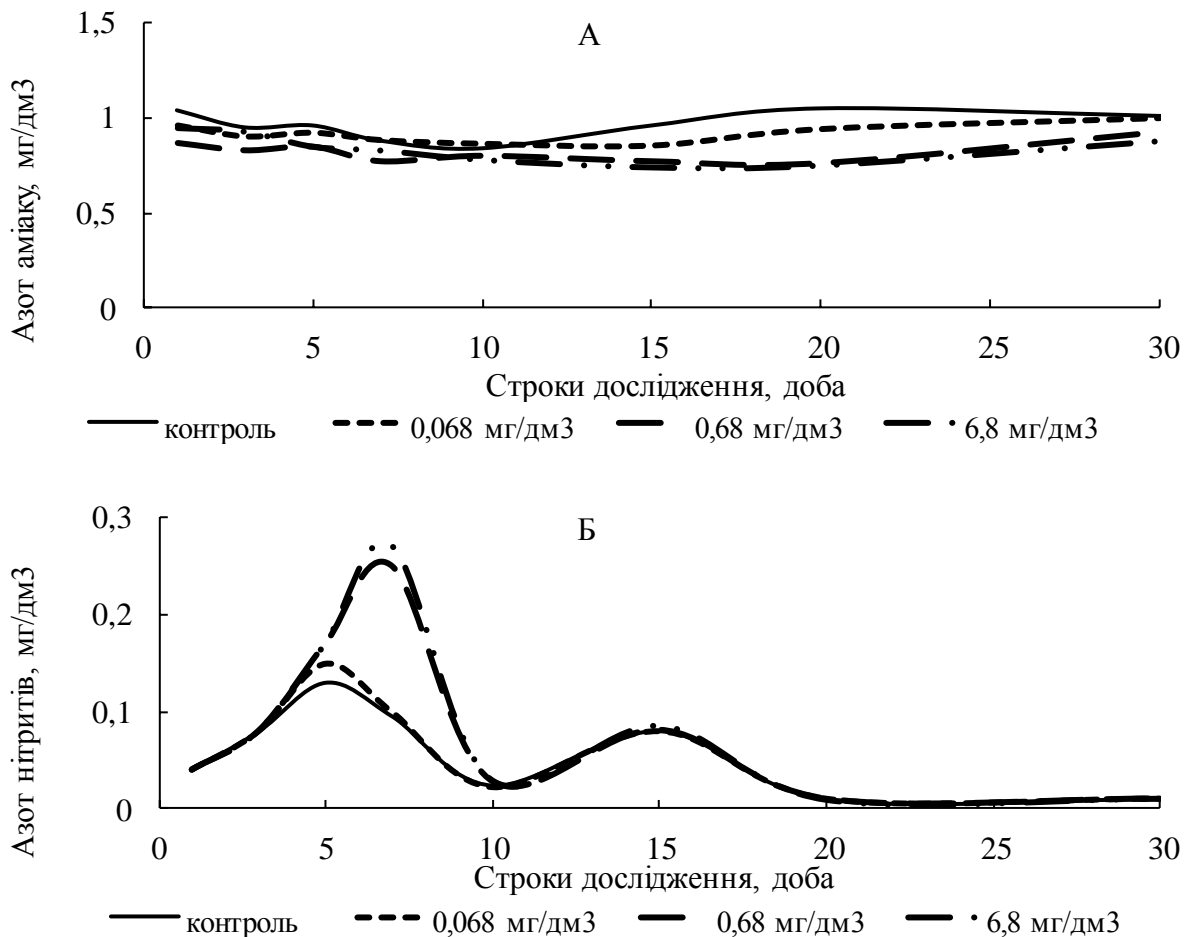


Рисунок 2. Гігієнічна оцінка вивчення впливу ізопротурону на динаміку розвитку сапрофітної мікрофлори.

Програмою гігієнічного нормування шкідливих хімічних речовин у воді водойм передбачається обов'язкове вивчення впливу речовин на другу стадію мінералізації.

Досліджували динаміку впливу ізопротурону на процеси нітрифікації. Оцінку інтенсивності другої фази окиснення органічних речовин проводили за вмістом азоту

аміаку, нітритів та нітратів. В результаті проведених дослідів встановлено, що у воді контрольних модельних водойм вміст амонійного азоту впродовж експерименту поступово зменшувався (рис. 3А); вміст азоту нітритів (рис. 3Б) та азоту нітратів (рис. 3В) неухильно зростав.



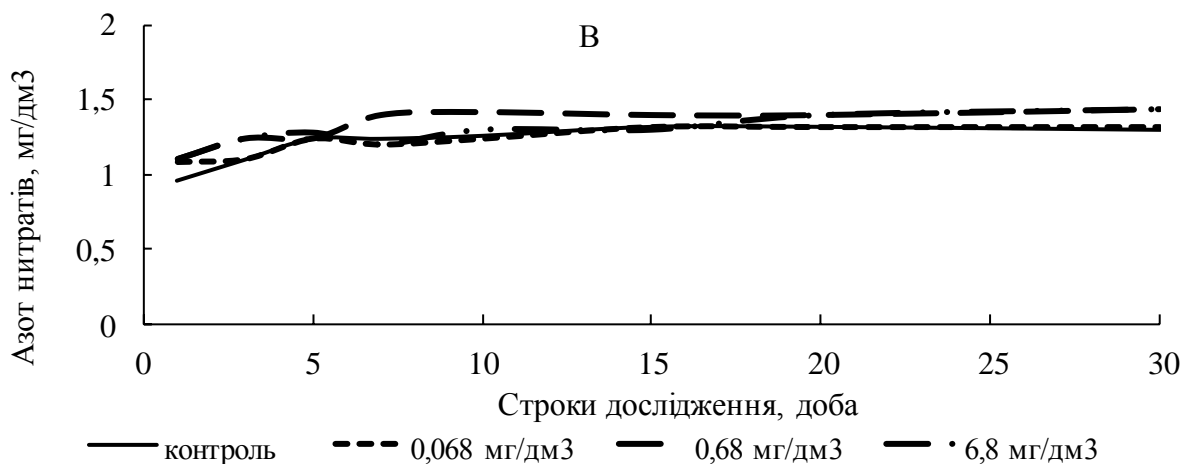


Рисунок 3. Гігієнічна оцінка впливу ізопротурону на вміст азоту аміаку (А), азоту нітритів (Б) та азоту нітратів (В) у воді модельних водойм.

Подібну динаміку азотовмісних речовин спостерігали у воді модельних водойм з внесенням ізопротурону при усіх досліджуваних концентраціях. Відхилення вмісту у воді азоту амонійного в присутності ізопротурону в концентрації 0,068 мг/дм³, порівняно з контролем, не перевищувало 7,2-10%. Азот аміаку при вмісті ізопротурону у воді 0,68 та 6,80 мг/дм³ на 15 та 20 добу був нижчим порівняно з контролем. Так, відхилення азоту аміаку на 15 добу досліджень складало 20% та 23% відповідно, на 20 добу – 28% та 29% з контролем. Так, відхилення азоту аміаку на 15 добу досліджень складало 20% та 23% відповідно, на 20 добу – 28% та 29%.

Встановлені розходження були статистично достовірними ($p \leq 0,05$). Результати дослідів дозволяють зробити висновок, що ізопротурон в діючих концентраціях впливав на процес амоніфікації. Слід зазначити, що на 30 добу спостережень азот аміаку у воді всіх модельних водойм з досліджуваними концентраціями препарату не відрізнявся від контролю більш ніж на 8,3-13,2%. Вміст азоту нітритів значно збільшився з 5 по 10 добу спостережень у воді з концентрацією відповідно 0,68 та 6,8 мг/дм³; виявлені відхилення у порівнянні з контрольними аналізами були достовірними ($p \leq 0,05$) і становили від 17% до 184%.

В експериментах встановлено, що процес нітрифікації у всіх дослідних водоймах завершився з 15 по 30 добу спостережень. Азот нітратів при концентраціях ізопротурону 0,068 мг/дм³ підвищувався впро-

довж всього періоду досліджень і відхилення в порівнянні з контролем знаходились в діапазоні 4,2-12%; концентрація препарату у воді 0,68 та 6,8 мг/дм³ сприяли підвищенню вмісту нітратів в усі терміни спостереження і досягли 10,7-14,0% та 7,7-13,0%, відповідно ($p \geq 0,05$).

Доведено, що досліджуваний препарат не порушував послідовності стадій процесів нітрифікації. Пороговою можна вважати концентрацію 0,068 мг/дм³, при якій показники процесу нітрифікації не відрізнялись від таких у контролі більше ніж на 15%.

Аналіз результатів вивчення впливу ізопротурону на кисневий режим модельних водойм свідчить, що впродовж усіх періодів спостережень розчинний у воді кисень дослідних проб не відрізнявся від контрольних більше ніж на 1-3% ($p \geq 0,05$). Така динаміка встановлена при вивченні активної реакції водного середовища; відмінності аналізів води при вмісті всіх досліджуваних концентрацій препарату становили 1-6% у порівнянні з контролем.

Таким чином, встановлено, що ізопротурон впливає на процес самоочищення води водойм від органічного забруднення. Результатами дослідів обґрунтована гранична концентрація (ГК_{сан}) препарату за загальноносанітарною ознакою шкідливості (бактеріостатична дія на сапрофітну мікрофлору та вплив на процеси мінералізації) на рівні 0,068 мг/дм³. Загальноносанітарну лімітуючу межу дії слід оцінити як критерій реальної безпеки для гідросфери.

Ступінь ризику негативного впливу ізопротурону за санітарно-токсикологічним критерієм шкідливості оцінювали розрахунковим методом за формулою, яка дозволяє визначити максимально недіючу концентрацію (МНК) речовини.

Враховуючи добову допустиму дозу ізопротурону 0,006 мг/кг та виходячи із середньодобового споживання води 3 дм³, середньостатистичної маси тіла дорослої людини 60 кг розрахована порогова концентрація

ізопротурону у воді за санітарно-токсикологічним показником шкідливості (МНК) – 0,012 мг/дм³.

Аналіз та узагальнення результатів комплексних досліджень (табл. 2) дозволив встановити граничні концентрації ізопротурону за органолептичним, загальносанітарним та санітарно-токсикологічним критеріями шкідливості і обґрунтувати його гранично допустиму концентрацію у воді водойм на рівні 0,01 мг/дм³.

Таблиця 2. Порогові концентрації ізопротурону за основними показниками шкідливості.

Показники шкідливості	Характер прояву	Концентрація, мг/дм ³
Органолептичні (запах 20°C)	поріг	6,80
Загальносанітарні	поріг	0,068
Санітарно-токсикологічні	поріг	0,012
Гранично допустима концентрація	поріг	0,01

Розроблено та затверджено метод високоефективної рідинної хроматографії

(ВЕРХ) визначення препарату у воді (межа кількісного визначення 0,01 мг/дм³).

Висновки

1. Обґрунтовано порогові концентрації за органолептичним показником шкідливості на рівні 6,80 мг/дм³ (лімітуючий критерій – запах при 20°C); за загальносанітарним показником – 0,068 мг/дм³ (лімітуючий критерій – бактеріостатична дія на чисельність водної мікрофлори та процеси мінералізації).

2. Обґрунтовано та затверджено ГДК ізопротурону у воді водойм на рівні 0,01 мг/дм³ (лімітуючий критерій – санітарно-токсикологічний).

3. Встановлено, що згідно з Гігієнічною класифікацією пестицидів за ступенем небезпечності (ДСанПіН 8.8.1.002-98) ізопротурон належить до високостійких сполук (І клас небезпечності).

4. Розроблено та затверджено метод визначення залишкових кількостей ізопротурону у воді, який дозволяє проводити поточний санітарно-гігієнічний контроль надходження препарату у воду водних об'єктів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бардов В.Г. Здоровье населения как критерий качества окружающей среды / В.Г. Бардов, С.Т. Омельчук, В.А. Барановський // Медицинская география на пороге 21 века. – СПб.: РГО, 1999. – С. 58-60.
2. Онищенко Г.Г. Основы оценки риска для здоровья населения при воздействии химических веществ, загрязняющих окружающую среду / Г.Г. Онищенко, С.М. Новиков, Ю.А. Рахманин [и др.]. – М. 2002.

3. Логинов В.Ф. Инструкция: «Оценка риска здоровья населения от воздействия химических веществ, загрязняющих питьевую воду» №2.1.4.10-11-2-2005 от 01.03.05. / В.Ф. Логинов // Экологический вестник. 2007. – С. 16-25.
4. Иванов А.В. Состояние здоровья населения на территориях интенсивного применения пестицидов / А.В. Иванов, В.В. Васильев // Гигиена и санитария. 2005. – №2. – С. 24-27.
5. Арсан О.М. Екологічна оцінка небезпечності пестицидів для водної екосистеми. Сучасні наукові підходи до реєстрації пестицидів / Матеріали науково-практичних семінарів. Київ, 1998. – С. 70-72.
6. Гигиенические критерии состояния окружающей среды // ВООЗ, Женева, 1995.
7. Методические указания по гигиенической оценке новых пестицидов: МУ №4263-87. – [Утв. 13.03.87]. – К.: М-во здравоохранения СССР, 1988. – 210 с.
8. Талакин А.В. Методические особенности гигиенического нормирования пестицидов в воде / А.В. Талакин, В.Н. Ракитский, Е.Ф. Горшкова [и др.] // Гигиена и санитария. 2004. – №1. – С. 56-58.
9. Методичні вказівки “Критерії обґрунтування необхідності і визначення черговості розробки гігієнічних нормативів шкідливих речовин у повітрі робочої зони, атмосферному повітрі населених місць, у воді водних об’єктів”: [Наказ МОЗ України від 21.07.2004 №369].
10. Алешня В.В. Значение индикаторных микроорганизмов при оценке микробного риска в возникновении эпидемической опасности при питьевом водопользовании / В.В. Алешня, П.В. Журавлев, С.В. Головина [и др.] // Гигиена и санитария. 2008. – №2. – С. 23-27.
11. PPDB: Pesticide Properties Data Base. – [Электронный ресурс]. – IUPAC. – Режим доступа: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/footprint/en/>.
12. Державні санітарні норми і правила. «Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності» (ДСанПіН 8.8.1.002-98). Затв. Постановою головного державного санітарного лікаря України від 28.08.1998. №2. – 20 с.

ОБОСНОВАНИЕ ГИГИЕНИЧЕСКОГО НОРМАТИВА ГЕРБИЦИДА ИЗОПРОТУРОНА В ВОДЕ ВОДОЁМОВ

*Бардов В.Г., Омельчук С.Т., Вавриневич Е.П.,
Зинченко Т.И., Омельчук С.А., Ткаченко С.М.*

Проведены комплексные экспериментальные исследования по обоснованию предельно допустимой концентрации высокоэффективного селективного гербицида изопротурона, который является действующим веществом некоторых современных перспективных пестицидных препаратов, широко применяемых в сельском хозяйстве для борьбы с сорняками.

Разработан и утвержден метод высокоэффективной жидкостной хроматографии (ВЭЖХ) определения остаточных количеств изопротурона в воде.

SUBSTANTIATION OF ISOPROTURON HERBICIDE HYGIENIC STANDARDS IN THE WATER RESERVOIRS

V.G. Bardov, S.T. Omelchuk, O.P. Vavrinevych, T.I. Zinchenko, S.A. Omelchuk, S.M. Tkachenko

Complex experimental studies to substantiate maximum allowable concentration of isoproturon in the water reservoirs were carried out. This highly effective selective herbicide is known as active ingredient of some modern prospective pesticide formulations widely used in agriculture for weed control.

High performance liquid chromatography method for isoproturon residues determination in the water was developed and approved.