

DOI 10.36074/logos-09.04.2021.v2.30

ОЦІНКА РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ АМІКАРБАЗОНУ ЯК ПОТЕНЦІЙНОГО ЗАБРУДНЮВАЧА ҐРУНТОВИХ ТА ПОВЕРХНЕВИХ ВОДОДЖЕРЕЛ В ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНИХ УМОВАХ УКРАЇНИ

ORCID ID: 0000-0002-0204-8281

Коршун Марія Михайлівна
доктор медичних наук, професор кафедри гігієни та екології № 3
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

ORCID ID: 0000-0002-9609-2717

Мартіянова Юлія Володимирівна
асистент кафедри гігієни та екології № 3
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

Шкіндер Тетяна Альбертівна
асистент кафедри гігієни та екології № 3
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця

УКРАЇНА

Анотація. Оцінено ризик для здоров'я населення амікарбазону як потенційного забруднювача ґрунтових та поверхневих вододжерел в ґрунтово-кліматичних умовах України в порівнянні з іншими країнами. Встановлено, що амікарбазон є надзвичайно небезпечним для людини (1А клас) за інтегральним показником небезпечності при потраплянні у воду (ІПНВ); середньо або високо небезпечним за інтегральним вектором небезпечності R. Співставлення максимально можливого добового надходження в організм людини амікарбазону з водою з допустимим добовим надходженням засвідчило, що потенційний ризик несприятливого впливу на здоров'я населення (P) амікарбазону є допустимим (меншим за одиницю). Оцінка небезпечності для здоров'я населення амікарбазону як забруднювача підземних вод та поверхневих водойм в ґрунтово-кліматичних умовах України збігається з оцінкою по результатах вивчення в інших країнах.

Одним з актуальних завдань гігієни та токсикології пестицидів є мінімізація ризиків для здоров'я населення, які виникають внаслідок широкого застосування хімічних засобів захисту рослин (ХЗЗР) у сучасному сільськогосподарському виробництві. Основним шляхом надходження пестицидів в організм людини, яка не має професійного контакту з ХЗЗР, є пероральний з харчовими продуктами та питною водою.

Раніше на підставі результатів математичного моделювання нами було доведено, що лімітуючою ланкою міграції амікарбазону – гербіцида з класу триазолонових амідів, є система «ґрунт – ґрунтові води» [1].

Тому метою даної роботи була оцінка ризику для здоров'я населення амікарбазону як потенційного забруднювача ґрунтових вод та поверхневих водойм в ґрунтово-кліматичних умовах України в порівнянні з іншими країнами.

На першому етапі нами була оцінена небезпечність забруднення підземних та поверхневих вододжерел амікарбазоном за результатами досліджень, проведених у різних країнах з різними ґрунтово-кліматичними умовами.

Було показано, що амікарбазон за стабільністю у ґрунті в польових умовах можна віднести як до мало стійких (III клас небезпечності), так і до високостійких (I клас) пестицидів відповідно до Міжнародної класифікації IUPAC, оскільки

період напіврозпаду (DT_{50}) у різних типах ґрунтів коливався у широкому діапазоні – 18–87 днів, а на ділянках цукрового очерету в Австралії – навіть 4–18 днів [2, 3, 4]. Основним шляхом руйнації речовини у ґрунті визнають біодеградацію. Очікують, що деградація амікарбазону відбуватиметься швидше в лужних ґрунтах через можливий додатковий внесок гідролізу, тоді як фотоліз не вважають важливим шляхом деградації у ґрунті [2].

Встановлено, що за константою сорбції органічним вуглицем ґрунту ($K_{oc} = 16,7\text{--}44$ мл/г [3, 4]) амікарбазон є мобільним у ґрунті – II клас за Міжнародною класифікацією SSLRC (Soil Survey and Land Research Centre) [5]. Оскільки амікарбазон не дисоціює, то очікують, що рН ґрунту навряд чи вплине на його рухливість [2].

Нами були розраховані скринінговий індекс вимивання (LIX) [6], індекс потенційного вимивання (GUS) [7], індекс вилуговування для оцінки потенційного забруднення ґрунтових і річкових вод ($LEACH_{mod}$) [8] та максимально можлива концентрація амікарбазону у ґрунтових водах за скринінг-моделлю (SCI-GROW) [9] у широкому діапазоні ґрунтово-кліматичних умов.

За скринінговим індексом вимивання ($LIX = 0,0005\text{--}0,8759$) амікарбазон можна класифікувати і як невимивний (в окремих випадках) і як вимивний (у більшості ґрунтово-кліматичних умов) пестицид за [6]. Здатність до вимивання за індексом GUS амікарбазону ($GUS = 1,42\text{--}5,39$ у.о.) оцінена від низької (IV клас) до дуже високої (I клас) за класифікацією [10].

Ризик потенційного забруднення поверхневих та підземних вод за індексом $LEACH_{mod}$ (418,18–9095,45), який, на відміну від GUS, враховує не лише DT_{50} та K_{oc} речовини, але й її розчинність у воді (S_w), є високим (I клас) за класифікацією [8].

Максимально можлива концентрація амікарбазону у ґрунтових водах за скринінг-моделлю (SCI-GROW) залежно від ґрунтово-кліматичних умов коливається у широкому діапазоні: від $3,38 \times 10^{-3}$ до $6,60$ мкг/л. При найбільш несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах вона перевищить гранично допустиму концентрацію пестициду у питній воді ($0,0001$ мг/дм³ або 1×10^{-1} мкг/л) у 66 рази.

Оскільки вище вказані показники дозволяють прогнозувати можливість і навіть рівень (зокрема показник SCI-GROW) забруднення води підземних та поверхневих водойм, але жодний з них не дає оцінки небезпечності такого забруднення для організму людини, нами були використані моделі [11, 12, 13], які пов'язують поведінку речовини у системі «ґрунт–вода» з критеріями її токсичності та кумулятивності, що дозволяє оцінити ризик для здоров'я населення потенційного забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання внаслідок міграції пестицидів з ґрунту.

У методиках [11] і [12] використано принципово однаковий підхід – бальну оцінку 3 критеріїв: мобільності у ґрунті (за індексами GUS і $LEACH_{mod}$ відповідно), стабільності у воді, токсичності та кумулятивності (за зоною біологічної дії $Z_{boil.ef}$ та допустимою добовою дозою ДДД відповідно) речовини, тоді як спосіб комплексної оцінки ризику негативного впливу на організм людини пестицидів при їх вимиванні у воду згідно з [13] базується на співставленні потенційної експозиції (максимально можливого добового надходження пестициду з водою) з допустимим добовим надходженням пестициду з водою.

Відомо, що амікарбазон є високостійким у воді (I клас небезпечності): період напівруйнування T_{50} внаслідок гідролізу становить 64 доби, в системі

«вода–осад» – 116 діб. Речовина є малотоксичною при одноразовому введенні у шлунок щурів (середня смертельна доза $LD_{50} = 1015$ мг/кг). Мінімальний NO(A)EL (No Observed Adverse Effect Level) амікарбазону (2,3 мг/кг) встановлено в хронічному експерименті на щурах-самицях [3]. За значенням зони біологічної дії амікарбазон ($Z_{boil.ef} = 441,3$) належить до високонебезпечних (II клас) речовин. В Україні науково обґрунтовано та офіційно затверджено ДДД амікарбазону на рівні 0,005 мг/кг, виходячи з найменшої величини NOAEL в досліді з вивчення хронічної токсичності на собаках-самцях (1,6 мг/кг) і коефіцієнту запасу 300.

Потенційна небезпечність для здоров'я населення забруднення підземних вод амікарбазоном за інтегральним вектором небезпечності R (76,8–122,5) згідно з методикою [11] оцінена нами від середньої до високої залежно від ґрунтово-кліматичних умов.

У відповідності до способу [12] за інтегральним показником небезпечності при потраплянні у воду (ІПНВ) амікарбазон (11 балів) визнано надзвичайно небезпечними для людини (1A клас).

Комплексна оцінка небезпечності для організму людини амікарбазону при вимиванні у воду за методикою [13] засвідчила, що потенційний ризик його несприятливого впливу на здоров'я населення є меншим за одиницю (P коливається у межах $2,3 \times 10^{-5}$ – $4,62 \times 10^{-2}$), тобто є допустимим.

На другому етапі були проведені натурні дослідження у ґрунтово-кліматичних умовах України, а саме у Київській області (Києво-Святошинський район) та Одеській області (Роздільнянський район). Обробка посівів кукурудзи здійснена до появи сходів препаратом Віжн, В.Г. (діючі речовини амікарбазон, 280 г/кг + мезотріон, 288 г/кг) з нормою витрати 0,5 кг/га однократно. Досліджено динаміку залишкових кількостей амікарбазону у ґрунті. За фактичними даними розраховано константу швидкості руйнації ($k = 0,0513 \pm 0,0018$ доба⁻¹), періоди напівруйнування ($DT_{50} = (13,5 \pm 0,5)$ діб), руйнування 95 % вихідної кількості речовини ($DT_{95} = (58,7 \pm 2,1)$ діб) та майже повного (99 % = $(90,2 \pm 3,2)$ діб) руйнування амікарбазону у ґрунті. Показано, що в ґрунтово-кліматичних умовах України амікарбазон за стабільністю у ґрунті можна віднести до помірно стійких (III клас небезпечності) за чинною у нашій країні гігієнічною класифікацією пестицидів [14] та до мало стійких пестицидів відповідно до Міжнародної класифікації IUPAC.

За скринінговим індексом вимивання ($LIX = 0,1046$ – $0,4245$) амікарбазон в ґрунтово-кліматичних умовах України можна класифікувати як вимивний пестицид за [6]. Здатність до вимивання за індексом GUS (2,66–3,14 у.о.) оцінена від помірної (III клас) до високої (II клас) за класифікацією [10]. Ризик потенційного забруднення поверхневих та підземних вод амікарбазоном за індексом $LEACH_{mod}$ (1411,36–3718,56) є високим (I клас) за класифікацією [8].

Максимально можлива концентрація амікарбазону у ґрунтових водах за скринінг-моделлю (SCI-GROW) коливається у доволі вузькому діапазоні: від $1,05 \times 10^{-1}$ до $1,66 \times 10^{-1}$ мкг/л. При найбільш несприятливих ґрунтово-кліматичних умовах вона перевищить гранично допустиму концентрацію пестициду у питній воді ($0,0001$ мг/дм³ або 1×10^{-1} мкг/л) лише в 1,7 рази.

Результати оцінки ризику для здоров'я населення потенційного забруднення підземних та поверхневих джерел водопостачання внаслідок міграції пестицидів з ґрунту за методиками [11, 12, 13] наведені у таблиці.

Таблиця 1

**Оцінка ризику для здоров'я населення потенційного забруднення
підземних та поверхневих вододжерел амікарбазоном
в ґрунтово-кліматичних умовах України**

Методика оцінки*	Показники, одиниці вимірювання	Значення показника		Інтегральна оцінка	Оцінка небезпечності
		абсолютне	бали		
R	GUS, у.о.	2,66–3,14**	50–80**	86,6–106,8**	від середнього до високого рівня
	T ₅₀ у воді, доба	64	50		
	Z _{boil.ef}	441,3	50		
ІПНВ	LEACH _{mod}	3718,6–1411,4**	4	11	1А (надзвичайно небезпечні)
	T ₅₀ у воді, доба	64–116**	4		
	ДДД, мг/кг	0,005	4		
P	SCI-GROW, мкг/л	1,05×10 ⁻¹ –1,66×10 ⁻¹ **		7,4×10 ⁻⁴ –1,2×10 ⁻³ **	допустимий ризик
	N, кг/га	0,14			
	ММДНВ, мкг/добу	0,0441–0,0697**			
	ДДНВ, мкг/добу	60			

Примітки:

1. * – Оцінка за: R – інтегральним вектором небезпечності – згідно з [11], ІПНВ – інтегральним показником небезпечності при потраплянні у воду – згідно з [12], P – ризиком несприятливого впливу на здоров'я населення – згідно з [13];

2. ** – Наведено діапазон коливань від мінімального до максимального значення.

В ґрунтово-кліматичних умовах України потенційна небезпечність для здоров'я населення забруднення підземних вод амікарбазоном за інтегральним вектором небезпечності ($R = 86,6–106,8$) оцінюється від середньої до високої; за інтегральним показником небезпечності при потраплянні у воду амікарбазон (ІПНВ = 11 балів) визнано надзвичайно небезпечними для людини (1А клас), що збігається з оцінкою по результатах вивчення в інших країнах.

Комплексна оцінка небезпечності для організму людини амікарбазону при його вимиванні у воду засвідчила, що потенційний ризик несприятливого впливу на здоров'я населення (P) є меншим за одиницю (P коливається у межах $7,4 \times 10^{-4}–1,2 \times 10^{-3}$), тобто допустимим.

Таким чином, незважаючи на оцінку амікарбазону як надзвичайно небезпечного для людини (1А клас) за інтегральним показником небезпечності при потраплянні у воду (ІПНВ) та середньо або високо небезпечного за інтегральним вектором небезпечності R, комплексна оцінка на підставі співставлення потенційної експозиції (максимально можливого добового надходження пестициду з водою) з допустимим добовим надходженням з водою засвідчила, що потенційний ризик несприятливого впливу на здоров'я населення (P) амікарбазону є допустимим (меншим за одиницю). Оцінка небезпечності для здоров'я населення амікарбазону як забруднювача підземних вод та поверхневих водойм в ґрунтово-кліматичних умовах України збігається з оцінкою по результатах вивчення в інших країнах.

Список використаних джерел:

- [1] Мартіянова, Ю. В. & Коршун, М. М. Прогноз лімітуючої ланки міграції амікарбазону у системі "ґрунт-суміжні середовища". *Актуальні питання розвитку медичних наук у XXI ст.: збірник тез наукових робіт учасників Міжнародної науково-практичної конференції* (с. 94-96). 22-23 травня, 2020, Львів, Україна: ГО «Львівська медична спільнота».

- [2] Australian Pesticides and Veterinary Medicines Authority (2018). *Public release summary on the evaluation of the new product Amitron 700WG Herbicide*. Retrieved from https://apvma.gov.au/sites/default/files/publication/29506-amitron_700wg_herbicide_prs.pdf
- [3] United States Environmental Protection Agency. (2005). *Amicarbazone: HED Human Health Risk Assessment for New Food Use Herbicide on Field Corn*. Washington, D.C. Retrieved from
- [4] <https://archive.epa.gov/pesticides/chemicalsearch/chemical/foia/web/pdf/114004/114004-2005-08-10a.pdf>
- [5] PPDB: Pesticide Properties Data Base. (2020). *Amicarbazone*. Retrieved from <https://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/1159.htm>
- [6] University of Hertfordshire. (2020) *Agricultural Substances Databases. Agriculture & Environment Research Unit*. Retrieved from
- [7] https://sitem.herts.ac.uk/aeru/iupac/docs/Background_and_Support.pdf
- [8] Spadotto, C. A. (2002). Screening method for assessing pesticide leaching potential. *Pesticidas: Revista de Ecotoxicologia e Meio Ambiente, Curitiba*, (12), 69-78. <https://doi.org/10.5380/pes.v12i0.3151>
- [9] Gustafson, D. I. (1989). Groundwater ubiquity score: a simple method for assessing pesticide leachability. *Environmental Toxicology and Chemistry*, (8), 339-357. <https://doi.org/10.1002/etc.5620080411>
- [10] Papa, E., Castiglioni, S., Gramatica, P., Nikolayenko, V., Kayumovb, O. & Calamaria D. (2004). Screening the leaching tendency of pesticides applied in Amu Darya Basin (Uzbekistan). *Water Research*, (38), 3485-3494. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2004.04.053>
- [11] U.S. Environmental Protection Agency. (2016). *Pesticides: Science and Polici*. Retrieved from <https://archive.epa.gov/oppefed1/web/html/index-5.html#scigrow>
- [12] Vogue, P. A., Kerle, E. A. & Jenkins, J. J. (1994). OSU Extension Pesticide Properties Database. *National pesticide information center*. Retrieved from <http://npic.orst.edu/ingred/ppdmove.htm>
- [13] Сергеев, С. Г., Гринько, А. П., Лепешкин, И. В. & Колонтаева, Н. В. (2010). Индикаторные критерии и прогноз опасности загрязнения подземных вод гербицидами на основе эфиров кислот. *Современные проблемы токсикологии*, (2-3), 76-79.
- [14] Антоненко, А. М., Вавріневич, О. П., Коршун, М. М., Омельчук, С. Т. & Бардов В.Г. (2016). *Україна Патент No. UA 105428*.
- [15] Вавріневич, О. П., Антоненко, А. М., Омельчук, С. Т. & Коршун, М. М. (2016). *Україна Патент No. UA 105429*.
- [16] Гігієнічна класифікація пестицидів за ступенем небезпечності: ДСанПіН 8.8.1.002-98. (1998).