

## МЕДИКО-САНІТАРНЕ НОРМУВАННЯ У ҐРУНТІ НОВОГО ВИСОКОСТІЙКОГО ПЕСТИЦИДУ ІЗОЦИКЛОСЕРАМУ (перше повідомлення)

Коршун М.М. <https://orcid.org/0000-0002-0204-8281>  
Горбачевський Р.В. <https://orcid.org/0000-0001-7246-8890>

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

*mkorshun@ukr.net*

**Ціль:** експериментальне встановлення особливостей вертикальної міграції ізоциклосоераму – сучасного інсектициду з хімічного класу ізоксазолів – з ґрунту в ґрунтові води та атмосферне повітря для подальшого наукового обґрунтування медико-санітарного нормативу – гранично допустимої концентрації у ґрунті.

**Матеріали та методи.** Проведено лабораторні експерименти з вивчення поведінки ізоциклосоераму у системах «ґрунт – ґрунтові води» та «ґрунт – повітря» та обґрунтовано порогові концентрації сполуки у ґрунті за водно-міграційним та повітряно-міграційним показниками шкідливості.

**Результати.** Показано, що міграція ізоциклосоераму з ґрунту у суміжні середовища залежить від типу ґрунту та вихідних концентрацій речовини. В екстремальних ґрунтово-кліматичних умовах встановлено порогові концентрації ізоциклосоераму у ґрунті за водно-міграційним (0,05 мг/кг) та повітряно-міграційним (більше за 1,0 мг/кг) показниками шкідливості. Доведено, що при концентраціях ізоциклосоераму в ґрунті, які дорівнюють або нижчі за 0,05 мг/кг, рівні міграції речовини в ґрунтовий потік не перевищать її максимально недіючої концентрації (МНК) у воді водойм за санітарно-токсикологічним показником шкідливості (0,01 мг/дм<sup>3</sup>), тобто не перевищать 10% від допустимого добового надходження, розрахованого виходячи з величини затверджені допустимої добової дози (ДДД), яка дорівнює 0,005 мг/кг. За концентрації ізоциклосоераму в піщаному ґрунті 1,0 мг/кг і нижче, рівні його міграції у повітря навіть при температурі ґрунту 70 °С не перевищать медико-санітарний норматив в атмосферному повітрі (0,0015 мг/м<sup>3</sup>).

**Висновки.** Провідною з двох досліджених ланок міграції ізоциклосоераму у навколишньому середовищі є система «ґрунт – ґрунтові води», оскільки порогова концентрація речовини у ґрунті за водно-міграційним показником шкідливості виявилася найменшою. Використання для захисту сільськогосподарських культур інсектицидних препаратів на основі ізоциклосоераму з рекомендованими нормами витрати та кратностями обробок не спричинить небезпечного для здоров'я населення забруднення ґрунтових вод та атмосферного повітря у ґрунтово-кліматичних умовах України.

**Ключові слова:** інсектицид, міграція, ґрунт, вода, повітря, гранично допустима концентрація.

**Актуальність.** Сучасне аграрне виробництво для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур передбачає застосування широкого спектру хімічних засобів захисту рослин (ЗЗР), асортимент яких постійно оновлюється. Однією з перспективних нових діючих речовин (ДР), препарати на основі якої вперше у світі були зареєстровані у 2021 р., є ізоцикloserам (пліназолінтм) – ізоксазоліновий інсектицид та акарицид широкого спектру дії проти кількох видів шкідників, включаючи лускокрилих, напівкрилих та двокрилих [1, 2, 3]. За механізмом дії на безхребетних шкідників ізоцикloserам є неконкурентним антагоністом рецептора  $\gamma$ -аміномасляної кислоти (ГАМК) та класифікується як алостеричний модулятор ГАМК-керованих хлоридних каналів [1, 2, 3]. За хімічною природою ізоцикloserам є діастереоізомерною сумішшю, яка містить (80–100)% (4R,5S)-ізомерів і (0–20)% (4R,5R)-, (4S,5R)- і (4S,5S)-ізомерів [2, 3]. На сьогодні ЗЗР на основі ізоцикloserаму зареєстровані у Канаді, Аргентині, Австралії [3].

Ізоцикloserам є ДР комбінованого препарату Вердавіс 250 ЗС, ФК (лямбда-цигалотрин, 150 г/л + ізоцикloserам, 100 г/л), який у 2023 р. проходив державні випробування в Україні як інсектицид для захисту соняшнику з максимальною нормою витрати (м.н.в.) 0,2 л/га, двократно, цукрових буряків з м.н.в. 0,15 л/га, двократно та картоплі з м.н.в. 0,1 л/га, двократно [4]. Згідно з Законом України «Про пестициди і агрохімікати» [5] одним із завдань державних випробувань, які проводяться з метою біологічної, токсиколого-гігієнічної та екологічної оцінки, є розроблення регламентів їх застосування, у тому числі медико-санітарних нормативів в об'єктах довкілля, зокрема у ґрунті.

Серед найважливіших характеристик будь-якої хімічної речовини, що зумовлює її небезпеку для здоров'я людини, є, поряд з токсичністю, її стабільність в об'єктах навколишнього середовища, зокрема у ґрунті як центральній ланці кругообігу речовин у природі. Відомо, що в лабораторних аеробних умовах за 20 °С у темряві період напіврозпаду (DT50) ізоцикloserаму у 5

європейських ґрунтах коливався від 56 до 293 діб, у 4 бразильських ґрунтах – від 244 до 723 діб; середнє геометричне значення DT50 у ґрунті становило 186 діб [6]. В анаеробних умовах в 4 ґрунтах ізоцикloserам руйнувався швидше зі значеннями DT50 від 37 до 132 діб (середнє геометричне значення – 56 діб). У польових умовах при обробці непокритого рослинністю ґрунту в Німеччині DT50 становило від 452 до 470 діб [6]. За даними [3] ізоцикloserам важко піддається біодеградації та є дуже стійким у ґрунті: DT50 в лабораторних аеробних умовах за 20 °С становить 390 діб. Зазначене дозволяє віднести ізоцикloserам до високостійких у ґрунті пестицидів (I клас небезпечності) за чинною в Україні гігієнічною класифікацією [7]. Варто зазначити, що при руйнуванні ізоцикloserаму у ґрунті утворюються 2 гігієнічно значущі метаболіти, які можуть спричинити забруднення навколишнього середовища: SYN549107 та SYN550738 [3, 6]. При вивченні в лабораторних аеробних умовах їх стабільності на п'яти ґрунтах встановлено, що значення DT50 першого коливалося від 72 до 314 діб (середнє геометричне значення – 147 діб), другого – від 19 до 360 діб (середнє геометричне значення – 60 діб) [6], тобто обидва були високостійкими, як і вихідна речовина.

Саме тому, у відповідності до теорії та методології комплексного гігієнічного нормування пестицидів [8] і згідно з сучасними підходами до медико-санітарного нормування у ґрунті ДР ЗЗР виникла необхідність експериментального обґрунтування гранично допустимої концентрації (ГДК) у ґрунті (ГДК<sub>ґ</sub>) ізоцикloserаму.

**Ціль:** експериментальне встановлення особливостей вертикальної міграції ізоцикloserаму – сучасного високостійкого інсектициду з хімічного класу ізоксазолів – з ґрунту в ґрунтові води та атмосферне повітря для подальшого наукового обґрунтування медико-санітарного нормативу – гранично допустимої концентрації у ґрунті.

## МАТЕРІАЛИ І МЕТОДИ

Лабораторні експерименти з вивчення

особливостей вертикальної міграції ізоциклосоераму з ґрунту у суміжні середовища були проведені згідно з [9].

Вертикальну міграцію ізоциклосоераму в системі «ґрунт – ґрунтові води» вивчали за допомогою 3 фільтраційних колон конструкції акад. Гончарука Є.Г. висотою 1,05 м і площею перетину 0,4 м × 0,4 м кожна. Нижні 0,8 м кожної колони були завантажені модельним ґрунтовим еталоном № 1 (МГЕ № 1), який є сумішшю середньо- та дрібнозернистого річкового піску з мінімальною сорбційною та максимальною фільтраційною здатністю. Верхні 0,2 м, що моделюють орний шар ґрунту, в колонах № 1 та № 2 завантажували МГЕ № 1 для створення агравованих умов, в колоні № 3 – чорноземом вилуженим для створення умов, наближених до реальних, оскільки серед ґрунтів сільськогосподарських угідь України превалюють (62 %) саме чорноземи [10].

Вихідні концентрації ізоциклосоераму в верхньому шарі ґрунту становили 0,05; 0,25 і 0,25 мг/кг (колони № 1, 2 і 3 відповідно), що відповідало 4; 20 і 20 максимальним нормам витрат (м.н.в.) – 0,04 кг ДР/га, яка була розрахована, виходячи з м.н.в. препарату Вердавіс 250 ЗС, ФК на соняшнику – 0,2 л/га, вмісту ізоциклосоераму в препараті – 100 г/л та кратності обробки – 2 рази за сезон.

При обґрунтуванні гідравлічного навантаження на фільтраційні колони враховували, що на рівнинній території України річна кількість опадів змінюється від (300–350) мм у південних районах до 700 мм на заході Полісся і Лісостепу; найбільше опадів випадає у Кримських горах (понад 1000 мм за рік) та на гірських хребтах Карпат (понад 1500 мм) [11]. Тому, для створення екстремальних умов, протягом місяця на колони подавали максимальну середньорічну норму опадів – 1000 мм. Кількість дехлорованої водопровідної води, яку щоденно подавали на кожну фільтраційну колону, становила 5,3 дм<sup>3</sup>; швидкість подачі води – 3,7 мл/хв. Відбір проб фільтрату здійснювали щодня; тривалість експерименту склала 36 днів.

Моделювання поведінки ізоциклосоераму в системі «ґрунт – атмосферне повітря»

здійснювали за допомогою 2 модернізованих лабораторних мікрокліматичних пристроїв, кожний з яких складався з термостату «BINDER» (Німеччина) з двома герметичними скляними робочими камерами (всього 4 камери). Від кожної камери за межі термостату відводили 2 гумові трубки з затискачами: одна – для відбору проб повітря (приєднана до скляних поглинальних приладів), інша – для вирівнювання тиску всередині камери.

Міграцію в повітря вивчали з МГЕ № 1 та чорнозему вилуженого при зволоженні на рівні 60% від повної вологоємності. З огляду на низьку леткість ізоциклосоераму (тиск насиченої пари при 20 °С –  $6,2 \times 10^{-3}$  мПа [3]) створювали досить високі вихідні концентрації речовини: у МГЕ № 1 – 0,5 і 1,0 мг/кг, які відповідали 40 і 80 м.н.в., у чорноземі вилуженому – 1,0 і 2,0 мг/кг, які відповідали 80 і 160 м.н.в.

Для створення екстремальних кліматичних умов дослідники проводили при температурі ґрунту 70 °С, яка відтворювала найвищу температуру, що була зафіксована в південних регіонах України на поверхні ґрунту влітку в середині дня під прямими сонячними променями [12]. Відбір проб повітря проводили через 1, 2, 4 і 6 днів; тривалість дослідів становила 7 днів.

Підготовка проб фільтрату та повітря, кількісне визначення ізоциклосоераму у них методом високоефективної рідинної хроматографії виконані за участі співробітників Інституту гігієни та екології НМУ імені О.О. Богомольця у відповідності до розроблених ними та затверджених у чинному порядку методичних вказівок [13, 14]. При оцінці отриманих результатів враховували значення медико-санітарних нормативів ізоциклосоераму в суміжних з ґрунтом середовищах [15] – ГДК у воді водойм господарсько-питного та культурно-побутового водокористування і орієнтовно безпечний рівень (ОБРВ) в повітрі робочої зони та атмосферному повітрі, а також максимально недіючу (підпорогову) концентрацію (МНК) ізоциклосоераму у воді за санітарно-токсикологічним показником шкідливості, яку розраховували, виходячи з допустимої добової дози (ДДД) (табл. 1).

Таблиця 1

## Медико-санітарні нормативи та межі аналітичних методів визначення ізоцикloseramu

Норматив, одиниці вимірювання	Значення нормативу	Межа кількісного визначення	Межа виявлення
ДДД, мг/кг	0,005	–	–
ОБРВ у повітрі робочої зони, мг/м <sup>3</sup>	1,0	0,1	0,03
ОБРВ в атмосферному повітрі, мг/м <sup>3</sup>	0,0015	0,001	0,0005
ГДК у воді водойм, мг/дм <sup>3</sup> (лімітуючий показник шкідливості)	0,001 (органолептичний, загальносанітарний)	0,001	0,0003
МНК, мг/дм <sup>3</sup>	0,01	–	–

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

## РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Потенційна небезпечність ДР ЗЗР як хімічних забруднювачів навколишнього середовища пов'язана, з одного боку, з їх стабільністю в об'єктах довкілля, з іншого – з їх міграційною здатністю, яка попередньо може бути оцінена за коефіцієнтом адсорбції Фрейндліха ( $K_f$ ) та  $K_p$ , що нормалізований на вміст органічного вуглецю в ґрунті ( $K_{foc}$ ). За результатами 3 досліджень на 13 ґрунтах зазначені коефіцієнти для ізоцикloseramu коливалися:  $K_f$  – від 62 до 601 л/кг,  $K_{foc}$  – від 5890 до 21565 л/кг, що вказує на малу рухливість сполуки в ґрунтового середовищі. Середні значення  $K_f$  на 6 ґрунтах для двох основних ґрунтових метаболітів ізоцикloseramu SYN549107 і SYN550738 становили 31 і 3119 л/кг відповідно [6].

Результати експериментального вивчення міграції ізоцикloseramu за профілем ґрунту в ґрунтовий потік наведені в табл. 2.

Встановлено, що рівні та тривалість міграції ізоцикloseramu в ґрунтовий потік залежали від типу ґрунту та вихідної концентрації

речовини у поверхневому шарі завантаження фільтраційної колони. Так, при вихідній концентрації ізоцикloseramu у МГЕ № 1 на рівні 0,25 мг/кг, яка відповідала 20 м.н.в., сполуку знаходили у фільтраті з 3-ї по 10-у добу спостереження; саме на 3-ю добу була зафіксована найбільша концентрація сполуки у воді ( $0,0162 \pm 0,002$  мг/дм<sup>3</sup>). При такій самій вихідній концентрації в чорноземі вилуженому ізоцикloserам виявляли у фільтраті лише на 22-у та 27-у добу спостереження на рівні, що наближався до межі виявлення (МВ) методу визначення (див. табл. 1).

При вихідній концентрації у МГЕ № 1 на рівні 0,05 мг/кг, яка відповідала 4 м.н.в., ізоцикloserам виявляли у фільтраті з 6-ї по 9-у добу спостереження; максимальний вміст сполуки у фільтраті становив ( $0,0017 \pm 0,0004$ ) мг/дм<sup>3</sup> на 8 добу спостереження; в усі інші терміни спостереження концентрація ізоцикloseramu у фільтраті була нижче за межу кількісного визначення (МКВ) або навіть МВ.

В екстремальних ґрунтового-кліматичних умовах (МГЕ № 1, річна норма опадів 1000 мм за 1 місяць) максимальний вміст речовини у фільтраті при вихідній концентрації ізоцикloseramu у ґрунті 0,05 мг/кг становив ( $0,0017 \pm 0,0004$ ) мг/дм<sup>3</sup>. Ця концентрація лише в 1,7 рази перевищувала порогові концентрації ізоцикloseramu у воді водойм за органолептичним та загальносанітарним

## Динаміка вмісту ізоциклосоераму у фільтраті при вивченні міграції в системі «ґрунт–ґрунтові води»

Термін спостереження, доба	Концентрація ізоциклосоераму у фільтраті* (мг/дм <sup>3</sup> ) в залежності від типу ґрунту та вихідного вмісту речовини у ґрунті (мг/кг)		
	МГЕ № 1		чорнозем вилужений
	0,05	0,25	0,25
2	н.в.	н.в.	н.в.
3	н.в.	0,0162±0,002	н.в.
4	н.в.	0,0017±0,0003	н.в.
6	≤0,0003	≤0,0003	н.в.
7	<0,001	<0,001	н.в.
8	0,0017±0,0004	<0,001	н.в.
9	≤0,0003	–	н.в.
10	–	≤0,0003	н.в.
11	–	н.в.	–
13	н.в.	–	–
17	н.в.	н.в.	–
20	–	н.в.	н.в.
22	н.в.	–	≤0,0003
27	≤0,0003	н.в.	≤0,0003
32	н.в.	–	–
36	–	н.в.	н.в.

Примітки: 1. \* – Наведено середні значення з трьох визначень; 2. н.в. – не виявлено при межі виявлення 0,0003 мг/дм<sup>3</sup>; 3. «–» визначення не проводили

показниками шкідливості (0,001 мг/дм<sup>3</sup>) та була у 5,9 рази нижчою, ніж МНК за санітарно-токсикологічним показником (0,01 мг/дм<sup>3</sup>). Водночас, протягом 36 днів спостереження ізоциклосоераму практично не надходив у фільтрат з чорнозему вилуженого при такому самому гідравлічному навантаженні та вихідній концентрації у ґрунті, що була у 5 разів більшою.

Зазначене дозволяє вважати концентрацію ізоциклосоераму в ґрунті 0,05 мг/кг, яка відповідає 4 м.н.в., пороговою за водно-міграційним показником шкідливості. При такому вмісті ізоциклосоераму в ґрунті рівні міграції речовини у ґрунтовий потік навіть за екстремальних ґрунтово-кліматичних умов не перевищать МНК у воді (0,01 мг/дм<sup>3</sup>), тобто

не перевищать 10 % від допустимого добового надходження, розрахованого виходячи з величини ДДД 0,005 мг/кг.

Результати експериментального вивчення поведінки ізоциклосоераму в системі «ґрунт – атмосферне повітря» засвідчили, що при усіх випробуваних вихідних концентраціях ізоциклосоераму як в МГЕ № 1 (0,5 та 1,0 мг/кг), так і в чорноземі вилуженому (1,0 та 2,0 мг/кг), вміст речовини у повітрі в усі терміни спостереження був меншим за МВ 0,0005 мг/м<sup>3</sup>, тобто не перевищував ОБРВ в атмосферному повітрі (0,0015 мг/м<sup>3</sup>). Тому порогова концентрація ізоциклосоераму в ґрунті за повітряно-міграційним показником шкідливості, яка була визначена в екстремальних ґрунтово-кліматичних умовах

(МГЕ № 1, вологість ґрунту на рівні 60 % повної вологоємності, температура 70 °С), вища за 1,0 мг/кг, що відповідає 80 м.н.в.

Отже, за результатами проведених лабораторних експериментів з вивчення процесів міграції ізоциклосераму з ґрунту в суміжні середовища встановлені порогові концентрації речовини у ґрунті за водно-міграційним (0,05 мг/кг) та повітряно-міграційним (більше за 1,0 мг/кг) показниками шкідливості. При цьому порогова концентрація за міграцією у системі «ґрунт – ґрунтові води» виявилася у 20 разів меншою, ніж за міграцією з ґрунту у повітря. Зазначене свідчить, що міграція речовини з ґрунту в ґрунтові води є більш небезпечною, ніж в приземний шар атмосферного повітря, що збігається з результатами досліджень інших ДР ЗЗР з низькою леткістю. Зокрема, порогові концентрації у ґрунті за водно-міграційною ознакою шкідливості виявилися нижчими, ніж за повітряно-міграційною, у разі імідазолінонових гербіцидів імазапіру та імазетапіру – у 25 та 20 разів відповідно [16], стробілуринового фунгіциду димоксистробіну – у 10 разів [17], трикетонного гербіциду біциклопірону та піразолкарбоксамідного фунгіциду підіфлуметофену – у 100 та 20 разів відповідно [18].

## ВИСНОВКИ

1. Експериментально встановлено особливості вертикальної міграції сучасного високостійкого інсектициду з хімічного класу ізоксазолів – ізоциклосераму з ґрунту в ґрунтові води: чим більшими були вихідні концентрації речовини у ґрунті та легшим механічний склад ґрунту, тим вищим був вміст сполуки у фільтраті.
2. Порогова концентрація ізоциклосераму у ґрунті за водно-міграційним показником шкідливості визначена на рівні 0,05 мг/кг, що відповідає 4 максимальним нормам витрати. За екстремальних ґрунтово-кліматичних умов при концентраціях ізоциклосераму у ґрунті, що дорівнюють, або нижчі за 0,05 мг/кг, рівні міграції речовини в ґрунтовий потік не перевищать його МНК у воді водойм за

санітарно-токсикологічним показником шкідливості (0,01 мг/дм<sup>3</sup>), тобто не перевищать 10% від допустимого добового надходження, розрахованого виходячи з величини затверджені ДДД (0,005 мг/кг).

2. Встановлено, що порогова концентрація ізоциклосераму в ґрунті за повітряно-міграційним показником шкідливості є більшою за максимально досліджену в екстремальних ґрунтово-кліматичних умовах концентрацію 1,0 мг/кг, що відповідає 80 максимальним нормам витрати. За концентрації ізоциклосераму у піщаному ґрунті 1,0 мг/кг і нижче, рівні його міграції у повітря навіть за температури ґрунту 70 °С не перевищать медико-санітарний норматив в атмосферному повітрі (0,0015 мг/м<sup>3</sup>).
3. Провідною з двох досліджених ланок міграції ізоциклосераму у навколишньому середовищі є система «ґрунт – ґрунтові води», оскільки порогова концентрація речовини у ґрунті за водно-міграційним показником шкідливості виявилася найменшою.
4. Використання для захисту сільськогосподарських культур інсектицидних препаратів на основі ізоциклосераму з рекомендованими нормами витрати та кратностями обробок не спричинить небезпечного для здоров'я населення забруднення ґрунтових вод та атмосферного повітря у ґрунтово-кліматичних умовах України.

**Подяка.** Автори висловлюють щирю подяку співробітникам лабораторії високоефективної рідинної хроматографії Інституту гігієни та екології НМУ імені О.О. Богомольця к.б.н. Коршун О.М., к.х.н. Мілохову Д.С., Голобородько С.М.

**Конфлікт інтересів.** Автори даного рукопису стверджують, що конфлікт інтересів під час виконання дослідження та написання рукопису відсутній.

**Джерела фінансування.** Дана робота є фрагментом ініціативно-пошукової теми: «Наукове обґрунтування оптимізації

експериментальних досліджень з гігієнічної регламентації екзогенних хімічних речовин у ґрунті» (№ держреєстрації 0123U102295) та госпдоговірної науково-дослідної роботи «Наукові дослідження препарату Вердавіс 250 ЗС, ФК» (№ держреєстрації 0122U200346).

## REFERENCES

1. Jérôme Cassayre, Tomas Smejkal, Judith Blythe et al. The discovery of isocycloseram: A novel isoxazoline insecticide // *Recent Highlights in the Discovery and Optimization of Crop Protection Products*, 2021, pp. 165-212. DOI: 10.1016/B978-0-12-821035-2.00008-5
2. PubChem. Isocycloseram. Available on: <https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Isocycloseram>
3. Pesticide Properties Data Base (PPDB). Isocycloseram. Available on: <http://sitem.herts.ac.uk/aeru/ppdb/en/Reports/3194.htm>
4. Order of the Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine of 07.11.2023 № 745 “Plan for conducting state tests of pesticides and agrochemicals for 2023”. Ministry of the Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine. [in Ukrainian]. Available on: <https://mepr.gov.ua/nakaz-mindovkillya-745-vid-07-11-2023/>
5. Law of Ukraine “On Pesticides and Agrochemicals” 02.03.1995 № 86/95-VR. Verkhovna Rada of Ukraine. [in Ukrainian]. Available on: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/86/95-%D0%B2%D1%80#Text>
6. Public release summary on the evaluation of the active constituent isocycloseram in the product Simodis Plinazolin Technology Insecticide. APVMA product number 89460. October 2022. p. 51. Available on: <https://www.apvma.gov.au/node/105636>
7. Hygienic classification of pesticides according to degree of danger: DSanPiN 8.8.1.2.002-98. Approved by Ministry of Health of Ukraine 28.08.1998 №2. [in Ukrainian]. Available on: <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/va002282-98#Text>
8. Honcharuk Ye.H., Motuzynskyi M.F., Rokytskyi V.M. [Comprehensive hygienic standardization of exogenous chemicals in the environment]. *General hygiene. Propaedeutics of hygiene / edited by Ye.H. Honcharuk*. Kyiv. Vyscha shkola. 1995. pp. 330–346. [in Ukrainian].
9. Honcharuk Ye.H. [Peculiarities of hygienic standardization of exogenous chemicals in soil]. *General hygiene. Propaedeutics of hygiene / edited by Ye.H. Honcharuk*. Kyiv. Vyscha shkola. 1995. pp. 316–324. [in Ukrainian].
10. Baliuk S.A., Vorotyntseva L.I., Solovei V.B., Shymel V.V. [The realities of Ukrainian black soil: current state, evolution, protection and sustainable management]. *Bulletin of Agrarian Science*. 2023. № 3. pp. 5–13. [in Ukrainian]. DOI: 10.31073/agrovisnyk202303-01
11. Chyniak A., Prykhodko M.V. [Distribution of air temperatures and precipitation across the territory of Ukraine]. *Collection of scientific works of students of the Faculty of Geography*. Uzhhorod, 2020. pp. 116–120. [in Ukrainian]. Available on: <https://dspace.uzhnu.edu.ua/jspui/handle/lib/29493>
12. Rivne Weather Station (20.02.2013). Rivne Regional Center for Hydrometeorology. Daily and annual changes in soil surface temperature. [in Ukrainian]. Available on: [https://pogoda.rovno.ua/temperatura\\_poverhni\\_gruntu](https://pogoda.rovno.ua/temperatura_poverhni_gruntu)
13. Korshun O.M., Milokhov D.S., Holoborodko S.M. [Methodological instructions for the determination of isocycloceram (plinazolin®) in the air of the working area and atmospheric air by HPLC]. № 1958-2024. Kyiv. Order of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine № 1172 of 20.09.2024. [in Ukrainian].
14. Korshun O.M., Milokhov D.S., Holoborodko S.M. [Methodological instructions for the determination of isocycloceram (plinazolin®) in water by HPLC]. № 1959-2024. Kyiv. Order of Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine № 1172 of 20.09.2024. [in Ukrainian].
15. Order of the Ministry of Health of Ukraine of 07.06.2024 № 992 “On Amendments to the Order of the Ministry of Health of Ukraine dated February 2, 2016 № 55”. Verkhovna Rada of

- Ukraine. [in Ukrainian]. Available on: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0940-24#n21>
16. Korshun M.M., Harkavyi S.I., Horbachevskyi R.V., Dema O.V., Korshun O.M. [Scientific justification of hygienic standards for imidazolinone derivatives in soil]. Current issues of hygiene and environmental safety in Ukraine: collection of abstracts of reports of the scientific and practical conference (sixth reading of Marzeev). Kyiv. 2010. Rel. 10. pp. 78–80. [in Ukrainian].
  17. Korshun M.M., Ruda T.V., Dema O.V. and others. [Migration patterns in the “soil - adjacent environments” system and the impact of new fungicide dimoxystrobin on self-purification of leached black soil]. Current issues of hygiene and environmental safety in Ukraine: collection of abstracts of reports of the scientific and practical conference (eleventh reading of Marzeev). Ivano-Frankivsk. 2015. Rel. 15. pp. 26–28. [in Ukrainian].
  18. Korshun M.M., Martiianova Yu.V., Korshun O.M. [Scientific justification of the medical and sanitary standard in the soil of new persistent pesticides - representatives of different chemical classes]. Environment & Health. 2024. № 1(110). pp. 57–65. [in Ukrainian]. DOI: 10.32402/dovkil2024.01.057

## MEDICAL AND SANITARY STANDARDIZATION OF THE NEW HIGHLY RESISTANT PESTICIDE ISOCYCLOSERAM IN SOIL (FIRST REPORT)

*Korshun M.M., Gorbachevskyi R.V.*

*Bogomolets National Medical University, Kyiv, Ukraine*

*mkorshun@ukr.net*

**Aim:** experimental establishment of the features of vertical migration of isocycloceram – a modern insecticide from the chemical class of isoxazoles from soil into groundwater and atmospheric air for further scientific substantiation of the medical and sanitary standard - the maximum permissible concentration in soil.

**Materials and methods.** Laboratory experiments were conducted to study the behavior of isocycloceram in the “soil – groundwater” and “soil – air” systems and the threshold concentrations of the compound in the soil were justified based on water-migration and air-migration indicators of harmfulness.

**Results.** It is shown that the migration of isocycloceram from soil to adjacent environments depends on the type of soil and the initial concentrations of the substance. In extreme soil and climatic conditions, threshold concentrations of isocycloceram in soil have been established according to water-migration (0.05 mg/kg) and air-migration (more than 1.0 mg/kg) indicators of harmfulness. It has been proven that at concentrations of isocycloceram in soil equal to or lower than 0.05 mg/kg, the levels of migration of the substance into the soil stream will not exceed its maximum inactive concentration (MIC) in water bodies according to the sanitary-toxicological indicator of harmfulness (0.01 mg/dm<sup>3</sup>), i.e. will not exceed 10% of the permissible daily intake calculated based on the value of the approved permitted daily exposure (PDE), which is equal to 0.005 mg/kg. At isocycloceram concentrations in sandy soil of 1.0 mg/kg and below, the levels of its migration into the air, even at a soil temperature of 70 °C, will not exceed the medical and sanitary standard in atmospheric air (0.0015 mg/m<sup>3</sup>).

**Conclusion.** The leading of the two studied links of migration of isocycloceram in the environment is the system “soil - groundwater”, since the threshold concentration of the substance in the soil according to the water-migration indicator of harmfulness turned out to be the lowest. The use of insecticidal preparations based on isocycloceram for the protection of agricultural crops with recommended consumption rates and multiplicity of treatments will not cause pollution of groundwater and atmospheric air dangerous to the health of the population in the soil and climatic conditions of Ukraine.

**Keywords:** insecticide, migration, soil, water, air, maximum allowable concentration.