

## **ОСОБЛИВОСТІ ВЕРТИКАЛЬНОЇ МІГРАЦІЇ НОВИХ ПЕСТИЦИДІВ З РІЗНИХ ХІМІЧНИХ КЛАСІВ В СИСТЕМІ «ГРУНТ – ПІДЗЕМНІ ВОДИ»**

**Коршун Марія Михайлівна,**

доктор медичних наук,  
професор кафедри гігієни та екології № 3  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця  
м. Київ, Україна

**Мартіянова Юлія Володимирівна,**

асистент кафедри гігієни та екології № 3  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця  
м. Київ, Україна

**Горбачевський Руслан Вікторович,**

кандидат медичних наук,  
доцент кафедри гігієни та екології № 3  
Національний медичний університет імені О.О. Богомольця  
м. Київ, Україна

Провідне місце в процесах міграції ксенобіотиків у довкіллі займає ґрунт. Його хімічний склад чинить безпосередній вплив на якість суміжних середовищ, зокрема води підземних джерел. Серед останніх найбільш незахищеними є ґрунтові води, особливо у разі їх поверхневого (на глибині 1–2 м) залягання. Водночас ґрунтові води широко використовуються сільським населенням як джерела нецентралізованого водопостачання. Адже в Україні станом на 2017 р. лише біля 30 % сільських населених пунктів охоплено централізованим водопостачанням, а з 72876 джерел нецентралізованого водопостачання, які знаходились під наглядом лабораторних центрів, було 63423 шахтних колодязі та 660 каптажів [1]. В зв'язку з цим забезпечення нешкідливості ґрунтової води за хімічним складом набуває особливої актуальності.

Раніше на підставі результатів математичного моделювання нами було доведено, що лімітуючою ланкою міграції амікарбазона, біциклопірона та підіфлуметофена – нових пестицидів з різних хімічних класів, є система «ґрунт – ґрунтові води» [2, 3].

**Метою** даного дослідження було вивчення в умовах лабораторного експерименту вертикальної міграції амікарбазона, біциклопірона та підіфлуметофена з ґрунту у підземні води в залежності від типу ґрунту, кількості атмосферних опадів та вихідних концентрацій досліджуваних речовин в орному шарі ґрунту.

Проведено 3 серії лабораторних експериментів з вивчення міграції в системі «грунт – ґрунтові води» двох гербіцидів амікарбазону з хімічного класу триазолонових сполук та біциклопірону з класу трикетонів і фунгіциду підіфлуметофену з класу карбоксамідів.

Вертикальну міграцію кожної речовини досліджували за допомогою 3 фільтраційних колон заввишки 1,05 м з площею перетину  $0,4 \times 0,4$  м<sup>2</sup> кожна, які призначені для забезпечення вільної фільтрації води [3]. Нижні 80 см кожної колони були завантажені модельним ґрунтовим еталоном № 1 (МГЕ № 1), який являє собою суміш середньо- і дрібнозернистого річкового піску і має мінімальну сорбційну та поглинаючу, а також максимальну фільтраційну здатність. Верхні 20 см, що моделюють орний шар ґрунту, завантажували або МГЕ № 1 для створення агравованих умов, або чорноземом вилуженим (ЧВ) для створення умов, наближених до реальних. Чорноземи є найбільш поширеним типом ґрунтів в Україні, займаючи 54 % її території.

Випробовували 3 режими подачі води. Для створення екстремальних умов протягом місяця (30 діб) на колону подавали або максимальну середньорічну (1000 мм), або тримісячну (250 мм) норму опадів; для створення умов, наближених до реальних, протягом місяця подавали місячну норму опадів 83 мм. Кількість щоденно поданої на фільтраційну колону дехлорованої водопровідної води становила 5,3; 1,3 та 0,44 дм<sup>3</sup> відповідно; швидкість подачі води на колону становила 3,7; 1,0 і 0,3 мл/хв. відповідно.

Умови проведення експериментів (табл. 1) обирали, виходячи з попередньої оцінки стабільності та міграційної здатності досліджуваних речовин [4]; вихідні концентрації в орному шарі ґрунту – спираючись на максимальну норму витрати речовини, яку рекомендовано для потреб сільського господарства.

Таблиця 1 – Схема експериментів

Речовина (максимальна норма витрат)	Умови проведення експерименту	Фільтраційна колона, №		
		1	2	3
Амікарбазон (0,14 кг/га)	Верхній (20 см) шар	ЧВ*	ЧВ	ЧВ
	Вихідна концентрація у ґрунті, мг/кг	0,05	0,02	0,02
	Кількість опадів за 30 діб, мм	250	250	83
Біциклопірон (0,15 кг/га)	Верхній (20 см) шар	МГЕ № 1	ЧВ	ЧВ
	Вихідна концентрація у ґрунті, мг/кг	0,05	0,05	0,01
	Кількість опадів за 30 діб, мм	1000	1000	83
Підіфлуметофен	Верхній (20 см) шар	МГЕ № 1	ЧВ	ЧВ

(0,18 кг/га)	Вихідна концентрація у ґрунті, мг/кг	0,06	0,3	0,06
	Кількість опадів за 30 діб, мм	1000	1000	1000

Примітка. \* – ЧВ – чорнозем вилужений.

Відбір проб фільтрату здійснювали щоденно. Підготовку проб фільтрату і кількісне визначення досліджуваних речовин у воді методом високоефективної рідинної хроматографії (ВЕРХ) виконували відповідно до затверджених у чинному порядку методичних вказівок<sup>21</sup>. Гранично допустимі концентрації (ГДК), межі кількісного визначення (МКВ) та межі виявлення (МВ) досліджуваних речовин у воді наведені у табл. 2.

Таблиця 2 – Гранично допустимі концентрації, межі кількісного визначення та межі виявлення досліджуваних речовин у воді

Речовина	ГДК у воді водоєм, мг/дм <sup>3</sup>	Межа кількісного визначення, мг/дм <sup>3</sup>	Межа виявлення, мг/дм <sup>3</sup>
Амікарбазон	0,002	0,001	0,0003
Біциклопірон	0,0006	0,0006*	0,0003
Підіфлуметофен	0,002	0,001	0,0003

Примітка. \* – При об'ємі проби 500 мл. При об'ємі проби 750 мл МКВ становить 0,0004 мг/дм<sup>3</sup>.

Встановлено, що рівні та тривалість міграції амікарбазона в ґрунтовий потік залежали від його вихідної концентрації в поверхневому шарі ґрунту та кількості води, що подається щодня на фільтраційну колону. Так, при вихідних концентраціях амікарбазона у ґрунті 0,05 мг/кг і 0,02 мг/кг та моделюванні тримісячної норми опадів максимальний вміст речовини у фільтраті був зареєстрований на 11-у добу і склав відповідно 0,104 мг/дм<sup>3</sup> і 0,045 мг/дм<sup>3</sup>. При початковій концентрації амікарбазона у ґрунті 0,02 мг/кг і місячній нормі опадів максимальний вміст речовини в фільтраті становив 0,010 мг/дм<sup>3</sup> на 14-у добу, а при тримісячній нормі опадів – 0,045 мг/дм<sup>3</sup> на 11-у добу. На 50-у добу при тримісячній нормі опадів і вихідних концентраціях 0,02 мг/кг і 0,05 мг/кг вміст амікарбазона у фільтраті був на рівні <0,001 мг/дм<sup>3</sup> і 0,003 мг/дм<sup>3</sup> відповідно; при місячній нормі опадів і вихідній концентрації 0,02 мг/кг – <0,0003 мг/дм<sup>3</sup>. Тобто, чим більшими були вихідна концентрація амікарбазона у ґрунті та кількість

<sup>21</sup> Хроматографічний аналіз проводили разом із науковими співробітниками Інституту гігієни та екології Національного медичного університету імені О.О. Богомольця: кандидатом хімічних наук Мілоховим Д.С., кандидатом біологічних наук Коршун О.М. та Ліпавською А.О.

води, що подавали на колону, тим вищими були концентрації речовини у фільтраті.

Рівні міграції біциклопірона в ґрунтовий потік залежали від його вихідної концентрації у поверхневому шарі ґрунту та кількості води, що подавали на колону, та майже не відрізнялися залежно від типу ґрунту у верхньому (20 см) шарі завантаження колони. Так, при вихідній концентрації у ґрунті 0,05 мг/кг та річній нормі опадів біциклопірон з'явився у фільтраті на 2-у добу спостереження при міграції як з МГЕ № 1, так і з чорнозему вилуженого. Максимальні концентрації у фільтраті спостерігали відповідно на 5-у (0,054 мг/дм<sup>3</sup>) і 6-у (0,052 мг/дм<sup>3</sup>) добу спостереження. Концентрації біциклопірона у фільтраті, які були менші за МКВ 0,0006 мг/дм<sup>3</sup>, реєстрували в обох випадках на 20-у добу спостереження. При вихідній концентрації біциклопірона у чорноземі вилуженому 0,01 мг/кг та місячній нормі опадів речовина з'являлася у фільтраті на 5-у добу спостереження, максимальну концентрацію у фільтраті (0,0006 мг/дм<sup>3</sup>) спостерігали на 9-у добу; на 19-у добу спостереження концентрація біциклопірону у фільтраті була менша за МКВ 0,0004 мг/дм<sup>3</sup>. Тобто, чим більшими були вихідна концентрація біциклопірона у ґрунті та кількість води, що подавали на колону, тим раніше і у вищих концентраціях речовина з'являлася у фільтраті.

Рівні та тривалість міграції підіфлуметофена в ґрунтовий потік залежали від типу ґрунту та вихідної концентрації речовини у верхньому шарі завантаження колони. Так, при вихідній концентрації у ґрунті 0,06 мг/кг підіфлуметофен з'явився у фільтраті при міграції з МГЕ № 1 на 24-у добу спостереження, а при міграції з чорнозему вилуженого – на 51-у добу спостереження; максимальні концентрації у фільтраті спостерігали відповідно на 38–41 добу та 80 добу спостереження; концентрації у фільтраті, які були менші за МКВ 0,001 мг/дм<sup>3</sup>, реєстрували на 55-у та 95-у добу спостереження відповідно. При вихідних концентраціях у чорноземі вилуженому 0,06 мг/кг і 0,3 мг/кг максимальний вміст підіфлуметофена у фільтраті становив 0,0032 мг/дм<sup>3</sup> на 80 добу спостереження і 0,0043 мг/дм<sup>3</sup> на 69–73 добу спостереження відповідно. Тобто підіфлуметофен довше утримувався чорноземом вилуженим, ніж МГЕ № 1, та при більшій вихідній концентрації у ґрунті створював вищі концентрації у фільтраті.

Виявлено значні відмінності між поведінкою досліджуваних речовин у системі «ґрунт – ґрунтові води». При однакових умовах проведення експерименту, а саме при завантаженні верхньої частини колони МГЕ № 1, майже однакової вихідній концентрації у ґрунті (біциклопірону 0,05 мг/кг, підіфлуметофену 0,06 мг/кг) та річній нормі опадів (див. табл. 1, колона 1) підіфлуметофен з'явився у фільтраті на 22-у добу на рівні <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, а біциклопірон – на 2 добу на рівні 0,015 мг/дм<sup>3</sup>, тобто в 15 разів більше. Підіфлуметофен виявляли у фільтраті протягом 33 діб і на 55-у добу концентрація була на рівні <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, біциклопірон – протягом 18 діб і на 20-у добу концентрація була на рівні <0,0006 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації у фільтраті підіфлуметофена і біциклопірона спостерігали відповідно на 38-41-у

(0,0032 мг/дм<sup>3</sup>) і 5-у (0,042 мг/дм<sup>3</sup>) добу спостереження. Тобто біциклопірон є більш рухливим, з'являється у фільтраті значно раніше і мігрує інтенсивніше, створюючи вищі концентрації у фільтраті, ніж підфлуметофен. Зазначене співпадає з попередніми висновками про те, що підфлуметофен є мало мобільним (IV клас за  $K_{oc}$ ), а біциклопірон – дуже мобільним (I–II клас за  $K_{oc}$ ) у більшості ґрунтів [4].

При однакових умовах проведення експерименту, а саме при завантаженні верхньої частини колони чорноземом вилуженим, майже однакою вихідній концентрації у ґрунті (біциклопірону 0,01 мг/кг, амікарбазону 0,02 мг/кг) та місячній нормі опадів (див. табл. 1, колона 3) амікарбазон з'явився у фільтраті на 3-у добу на рівні <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, а біциклопірон – на 5 добу на рівні 0,0004 мг/дм<sup>3</sup>. Амікарбазон виявляли у фільтраті протягом 41 доби і на 44-у добу концентрація була на рівні <0,001 мг/дм<sup>3</sup>, біциклопірон – протягом 14 діб і на 19-у добу концентрація була на рівні <0,0004 мг/дм<sup>3</sup>. Максимальні концентрації у фільтраті амікарбазона і біциклопірона спостерігали відповідно на 14-у (0,01 мг/дм<sup>3</sup>) і 9-у (0,0006 мг/дм<sup>3</sup>) добу спостереження. Тобто амікарбазон є більш рухливим і мігрує з чорнозему вилуженого інтенсивніше, ніж біциклопірон. Зазначене співпадає з раніше зробленими висновками про те, що амікарбазон є мобільним (II клас за  $K_{oc}$ ) незалежно від механічного складу та рН ґрунту, тоді як біциклопірон за  $K_{oc}$  в окремих ґрунтах є мало мобільним (IV клас) [4].

#### **Висновки:**

1. Інтенсивність вертикальної міграції досліджуваних пестицидів за профілем ґрунту залежить від вихідної концентрації речовини у поверхневому орному шарі та режиму подачі води на фільтраційну колону: вміст у фільтраті був вищим при більшій вихідній концентрації (амікарбазон, підфлуметофен, біциклопірон) та за більшої кількості опадів (амікарбазон, біциклопірон). Рівні міграції біциклопірона у ґрунтовий потік майже не відрізнялися залежно від типу ґрунту у верхньому (20 см) шарі завантаження колони. За однакових інших умов з чорнозему вилуженого підфлуметофен мігрував повільніше, ніж з МГЕ №1.

2. За однакової кількості атмосферних опадів та вихідної концентрації у поверхневому шарі ґрунту біциклопірон є більш рухливим і мігрує з МГЕ №1 інтенсивніше, ніж підфлуметофен; амікарбазон є більш рухливим і мігрує з чорнозему вилуженого інтенсивніше, ніж біциклопірон.

3. Потенційна небезпека забруднення підземних вод внаслідок вертикальної міграції з найбільш поширених в Україні чорноземних ґрунтів є найвищою у разі амікарбазону та знижується у ряду амікарбазон – біциклопірон – підфлуметофен.

#### **Список літератури.**

1. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2017 році – Київ, 2018. – 382 с. <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2018/11/Proekt-Natsionalnoyi-dopovidi-za-2017-rik.pdf>

2. Мартіянова Ю. В., Коршун М. М. Прогноз лімітуючої ланки міграції амікарбазону у системі «грунт – суміжні середовища» // Актуальні питання розвитку медичних наук у ХХІ ст. : збірник тез наукових робіт учасників міжнародної науково-практичної конференції (м. Львів, 22–23 травня 2020 року). – Львів: ГО «Львівська медична спільнота», 2020. – С. 94–96.

3. Коршун М.М., Мартіянова Ю.В., Ткаченко І.І. Прогнозування провідної ланки міграції та оцінка потенційної небезпечності для довкілля та здоров'я людини підфлуметофену та біциклопірону // The XIV International scientific-practical conference “Multidisciplinary research”, December 21 – 24 –, 2020, Bilbao, Spain. P. 210–215.

4. Гончарук Е.И. Гигиеническое нормирование химических веществ в почве: Руководство / Е.И. Гончарук Г.И. Сидоренко – М.: Медицина, 1986. – 320 с.

5. Мартіянова Ю. В., Коршун М. М. Порівняльна оцінка потенційної небезпеки для здоров'я населення забруднення ґрунтових та поверхневих вод пестицидам різних хімічних класів // Медичні та фармацевтичні науки: історія, сучасний стан та перспективи досліджень: матеріали міжнародної науково-практичної конференції (м. Одеса 16–17 жовтня 2020 року). – Одеса: ГО «Південна фундація медицини», 2020. – С. 48–54.