

ПРОСТОРОВА МІГРАЦІЯ ХЛОРООРГАНІЧНИХ ПЕСТИЦИДІВ**М. Іванків¹, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-4911-2877***Н. Качмар¹, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0003-4471-5895***С. Павкович¹, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-0844-3071***С. Вовк², д. б. н.***ORCID ID: 0000-001-8387-1343***В. Бальковський¹, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-3995-1909***І. Городиська³, к. с.-г. н.***ORCID ID: 0000-0002-1580-3450*¹*Львівський національний аграрний університет*²*Інститут сільського господарства Карпатського регіону України*³*Інститут агроекології і природокористування НААН України*<https://doi.org/10.31734/agronomy2020.01.023>**Іванків М., Качмар Н., Павкович С., Вовк С., Бальковський В., Городиська І. Просторова міграція хлороорганічних пестицидів**

Використання різноманітних агрохімікатів у сільському господарстві призводить до порушення природних циклів і збалансованих умов навколишнього природного середовища. Зберігання непридатних до використання пестицидів у неналежних умовах, недотримання меж санітарно-захисних зон навколо складів отрутохімікатів або повна їхня відсутність призвели до забруднення об'єктів навколишнього середовища у місцях розташування складських приміщень високими концентраціями стійких хлороорганічних пестицидів.

Очевидними є негативні наслідки застосування пестицидів, загалом спостерігається зниження екологічної стійкості агроценозів і ґрунту, його деградація, що в кінцевому результаті призводить до погіршення екологічної безпеки вирощеної продукції рослинництва й становить пряму загрозу здоров'ю людей.

Для того щоб отримати достовірні дані щодо закономірності розподілу та особливостей міграції хлороорганічних пестицидів та їхніх метаболітів у ґрунтах, необхідно вивчати й досліджувати природне середовище цілісно, на усіх рівнях організації. Стає абсолютно зрозумілою задача термінової організації ведення агро-екологічного моніторингу на ділянках, що досягли критичного стану. Отже, для виявлення хімічно деградованих і забруднених ґрунтів проводили агроекологічну оцінку забруднення ґрунту залишками хлороорганічних пестицидів (ДДТ і його метаболіти (ДДЕ, ДДД)).

Дослідженнями на темно-сірому опідзоленому ґрунті в умовах Західного Лісостепу України, у межах санітарно-захисної зони недіючого складу отрутохімікатів (с. Глинсько Жовківського району Львівської області) встановлено, що відбувається просторова міграція хлороорганічних пестицидів та оцінено ступінь хімічної деградації ґрунтів. Виявлено, що забруднення має плямистий характер, і це зумовлено особливостями експлуатації досліджуваної території в минулому.

Ключові слова: хлороорганічні пестициди, темно-сірий опідзолений ґрунт, акумуляція, міграція, забруднення ґрунту.

Ivankiv M., Kachmar N., Pavkovich S., Vovk S., Balkovskiy V., Horodyska I. Spatial migration of organochlorine pesticides

The use of various agrochemicals in agriculture leads to disruption of natural cycles and balanced environmental conditions. Storage of unusable pesticides in improper conditions, non-compliance with the boundaries of sanitary protection zones around pesticide warehouses or their complete absence has led to environmental pollution at storage sites with high concentrations of persistent organochlorine pesticides.

The negative consequences of pesticide use are obvious. In general, there is a decrease in the ecological stability of agrocenoses and soil, its degradation, which ultimately leads to a deterioration of the ecological safety of crops and poses a direct threat to human health.

In order to obtain reliable data on the regularities of distribution and migration of organochlorine pesticides and their derivatives in soils, it is necessary to study and research the natural environment as a whole, at all levels of the organization. The task of urgent organization of agro-environmental monitoring at the sites that have reached a critical state has become an absolutely clear one. Therefore, to identify chemically degraded and contaminated soils, it is important to conduct ecotoxicological assessment of soils in sanitary areas of agrochemicals for the content of persistent organic pollutants.

The research on dark gray podzolized soils in the conditions of the Western Forest-Steppe of Ukraine determined that within the sanitary protection zone of the inactive composition of pesticides village Hlynsko of Zhovkva district, Lviv region, there was a spatial migration of organochlorine pesticides and the degree of chemical soil degradation was assessed. It was found that the pollution is spotty, due to the peculiarities of the operation of the study area in the past.

Key word: organochlorine pesticides, dark-grey podzolized soils, accumulation, migration, pollution soil.

Постановка проблеми. Світовою та вітчизняною практикою підтверджено, що для отримання високих урожаїв необхідно застосовувати хімічні засоби захисту рослин. Як наслідок, широкомасштабна і недостатньо обґрунтована хімізація сільського господарства в минулому призвела до забруднення ґрунту пестицидами [1; 5; 6; 10]. Особливо гострою залишається проблема погіршення екологічного стану ґрунту в зонах розташування складів пестицидів, що заборонені до використання. Внаслідок локального забруднення ґрунтів високими концентраціями токсикантів виникає необхідність у проведенні моніторингових досліджень, зокрема контролю та систематичного аналізу, залишкових кількостей стійких органічних пестицидів у ґрунті в умовах його полікомпонентного забруднення.

Негативні зміни фізико-хімічних і агрохімічних властивостей ґрунту, погіршення умов життєдіяльності ґрунтової біоти, флори і фауни призводить до зниження рівня безпеки життєдіяльності людини, ґрунтово-екологічного дискомфорту, втрати придатності ґрунту для екологічно орієнтованого сільськогосподарського виробництва [6].

Дослідження екологічних проблем, зокрема щодо шляхів міграції екотоксикантів в агроєкосистемах, є надзвичайно важливими для розуміння небезпеки як для біоти довкілля, так і людини [1; 2; 10; 12]. У часовому вимірі просторова міграція пестицидів – процес динамічний та хаотичний, що, безумовно, впливає на біотичні компоненти екосистем. Без вирішення зазначених проблем неможливо очікувати на формування у майбутньому сталих агроєкосистем.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Численні публікації про наявність залишкових кількостей стійких хлорорганічних пестицидів у ґрунтах сільськогосподарського призначення свідчать про те, що проблема, пов'язана із застосуванням цих інсектицидів у минулому, є актуальною і нині. Зокрема, Л. Моклячук, О. Фурдичко, І. Городиська, А. Лішук, О. Никитюк, М. Клісенко, С. Мельничук зазначають: щоб прогнозувати поведінку органічних забруднювачів, необхідно враховувати, що після потрапляння у ґрунт подальшу їхню долю визначатимуть такі процеси: адсорбція, хімічна і біологічна

трансформація, дифузійні та конвективні перенесення. Висока стійкість хлорорганічних пестицидів до розпаду є важливою передумовою їхньої міграції у ґрунті, а також у суміжні середовища (рослини, повітря, воду), що становить небезпеку для природних біоценозів, – найбільш серйозна загроза для нашої планети [1; 2; 3; 5; 12].

Дослідження останніх років показали, що ДДТ може мігрувати у глибокі горизонти ґрунту за рахунок комплексоутворення у ґрунтових розчинах [3–6].

За даними літературних джерел, метаболізм ДДТ в об'єктах довкілля та живих організмах проходить двома шляхами з утворенням стійких метаболітів ДДЕ (4,4'-дихлордифенілдіхлоретилен) та ДДД (4,4'-дихлордифенілдіхлоретан) [5; 6; 8]. Їхні фізичні та хімічні властивості є аналогічними властивостям ДДТ, проте вони відзначаються ще більшою стійкістю у довкіллі порівняно власне з ДДТ. Щодо їхнього екологічного обґрунтованого регулювання та видалення, то вміст ДДЕ та ДДД слід вважати еквівалентним концентрації ДДТ. Відомо, що ДДТ в анаеробних умовах розкладається швидше, ніж в аеробних, що зумовлено різним механізмом розкладання.

Під дією пестицидного забруднення токсикантами виникає хімічна деградація ґрунтів, що призводить до зміни функцій ґрунту як елемента природного середовища, кількісного й якісного погіршення його властивостей і режимів та зниження природно-господарського значення земель [6; 12].

Постановка завдання. З огляду на необхідність забезпечення зниження екологічного навантаження на довкілля, дослідження міграції та акумуляції залишкових кількостей стійких органічних забруднювачів у навколишньому природному середовищі та пошук шляхів зниження їх негативного впливу на довкілля є актуальними і становлять значний науковий та практичний інтерес.

Виклад основного матеріалу. З метою дослідження просторової міграції хлорорганічних пестицидів та визначення ступеня хімічної деградації ґрунтів у контексті сталого розвитку агроєкосистем відібрано зразки темно-сірого опідзоленого ґрунту санітарно-захисної зони недіючого складу отрутохімікатів у с. Глинському Жовківсь-

кого району Львівської області зі шару 0–20 см методом румбічної сітки за рекомендованою методикою [8; 11], способом одинарного конверта в чотирьох напрямках (північному, південному, західному та східному).

Аналіз ґрунтових зразків проводили у Львівському обласному державному проектно-технологічному центрі охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість».

Дослідження виконували відповідно до існуючих нормативних актів та «Методичних вказівок з визначення мікрокількостей пестицидів в харчових продуктах, кормах та навколишньому середовищі» [7; 9]. Вміст залишків хлорорганічних пестицидів визначали методом газорідинної хроматографії за затвердженою Міністерством охорони здоров'я методикою на газовому хроматографі «Кристалл-2000» [7–9; 11].

Даними щодо поширення залишків пестицидів ґрунтовим профілем у горизонтальному напрямі, в силу віддаленості від складу, показано розсіяність забруднення на відстань до 50 м, де хлорорганічні пестициди, а саме ДДТ та його метаболіти, виявлено в усіх зразках ґрунту санітарної зони складу отрутохімікатів (див. табл.).

Практично в усіх сільськогосподарських угіддях більшу частину метаболітів ДДТ складає 4,4'-ДДЕ, який перевищував встановлені гранично допустимі концентрації у 9,3 раза у зразках ґрунту (937,3 мкг/кг), відібраних на відстані 2 м від складу, до 1363,8 мкг/кг (13,6 ГДК) на відстані 10 м.

Найбільший сумарний вміст залишкових кількостей ДДТ та його метаболітів спостерігали у зразках ґрунту в західному – 1735,7 мкг/кг (понад 17 ГДК), а найменший – у північному напрямі від складу – 105,4 мкг/кг на відстані 2 м від хімічного складу. У радіусі 5 м західного напрямку найбільша забрудненість становила 1523,2 мкг/кг (понад 15 ГДК), найменша – на півночі – 98,7 мкг/кг.

На відстані 10 м від джерела забруднення у західному напрямі сумарний вміст залишкових кількостей ДДТ (див. рис.) перевищував встановлені гранично допустимі концентрації у 24,3 раза у зразках ґрунту (2435,4 мкг/кг), що можна пояснити здатністю останнього максимально акумулювати пестициди, а також у східному напрямі виявлено у верхньому орному шарі (0–20 см) у концентраціях вищих за ГДК у 14,3 раза.

Таблиця

Концентрація залишкових кількостей ДДТ у шарі ґрунту 0–20 см (с. Глинсько Жовківського району Львівської області)

№ з/п	Напрямок	4,4'-ДДЕ, мкг/кг	4,4'-ДДТ, мкг/кг	4,4'-ДДД, мкг/кг	Σ ДДТ + ДДД + ДДЕ, мкг/кг
2 м від складу					
1	Північ	55,7±1,2	21,5±1,0	28,5±0,9	105,4±1,7
2	Південь	108,7±2,9	36,2±4,5	56,4±1,7	201,3±4,7
3	Захід	937,3±3,8	312,4±2,9	486,0±4,7	1735,7±4,6
4	Схід	469,2±3,5	187,7±1,7	281,5±2,0	938,5±3,4
5 м від складу					
5	Північ	50,3±0,8	17,8±1,8	30,6±1,9	98,7±2,3
6	Південь	92,6±2,1	23,2±1,7	49,6±1,8	165,4±1,9
7	Захід	822,5±2,9	259,1±4,0	441,6±4,1	1523,2±4,2
8	Схід	597,8±4,1	184,8±1,9	304,3±3,9	1086,9±4,0
10 м від складу					
9	Північ	39,7±1,1	18,1±1,0	18,6±0,8	76,4±1,1
10	Південь	43,9±1,8	17,8±1,3	22,8±1,2	84,5±1,4
11	Захід	1363,8±4,7	341,0±2,7	730,6±9,0	2435,4±9,1
12	Схід	804,0±5,2	186,6±4,4	445,1±2,1	1435,7±5,2
50 м від складу					
13	Північ	27,3±1,9	7,9±0,4	17,3±1,2	52,5±2,0
14	Південь	23,2±1,1	6,5±0,3	13,3±2,3	43,0±2,2
15	Захід	111,5±1,7	46,8±2,4	64,7±2,0	223,1±2,4
16	Схід	54,7±1,1	23,6±1,7	28,9±1,1	107,2±1,8
ГДК, мкг/кг	100				

Встановлено значне забруднення ґрунту санітарної зони складу отрутохімікатів на відстані 50 м на рівні 2,2 ГДК (в західному напрямі – 223,1 мкг/кг), де розташовані сільськогосподарські угіддя, а також у східному – 107,2 мкг/кг. Загалом простежується тенденція поступового зниження вмісту знайденого токсиканта в міру віддалення від складу. Це вказує на масштабне забруднення прилеглої до складу території та необхідність проведення контролю за вмістом хлорорганічних пестицидів в об'єктах навколишнього середовища.

Згідно з існуючими агроекологічними нормативними показниками хімічної деградації сільськогосподарських ґрунтів за вмістом ДДТ та його метаболітів територія санітарно-захисної зони складу отрутохімікатів (с. Глинсько) відповідає:

– задовільному стану – слабодegradовані ґрунти (на відстані 50 м у південному напрямі від складу);

– передкризовому стану, де переважають середньодegradовані ґрунти (південний напрям на відстані 10 м від складу та північний напрям – на відстані 5–50 м від складу);

– кризовому стану – сильнодеградовані ґрунти (до 2 м у північному напрямі та 50 м у східному напрямі від складу);

– катастрофічному стану – дуже сильнодеградовані ґрунти (на відстані 2–5 м у південному напрямі; 2–10 м у східному напрямі та в усіх точках відбору зразків у західному напрямі від складу).



Рис. Сумарний вміст ДДТ та його метаболітів у ґрунті на різних відстанях від складу, мкг/кг.

Висновки. Результати досліджень вказують на те, що ґрунтовий покрив залишається забрудненим залишками стійких органічних забруднювачів, а міграція хлорорганічних пестицидів залежить від фізико-хімічних властивостей генетичних горизонтів ґрунту. За результатами аналітичних досліджень визначено ступінь хімічної деградації ґрунтів за вмістом хлорорганічних пестицидів (ДДТ та його метаболітів). Встановлено, що досліджувані ґрунти в місцях максимального забруднення характеризуються як дуже сильно деградовані, а території відповідають катастрофічному стану. Загалом результати досліджень показують, що забруднення в районі складу отрутохімікатів має плямистий характер.

Перед введенням у загальне землекористування територій санітарних зон колишніх складів отрутохімікатів обов'язковим є проведення комплексного обстеження ґрунтів на предмет забруднення ксенобіотиками.

Із метою запобігання забрудненню об'єктів навколишнього середовища та надходженню пестицидів у трофічні ланцюги слід ізолювати забруднені ділянки, а згодом впроваджувати екологічно безпечні та економічно вигідні технології ремедіації. Застосування фітотехнологій дасть змогу не лише зменшити забруднення довкілля органічними ксенобіотиками, а й повернути рекультивовані землі у систему землекористування.

Бібліографічний список

1. Войціховська А. М., Шибанова А. М., Чаповська Р. Б., Мальований М. Р. Використання екологічно безпечних пестицидів у сільському господарстві. *Цукор України*. 2017. № 8 (140). С. 45–48.
2. Войціцький В. М., Хижняк С. В., Данчук В. В. та ін. Моделювання міграції екоотоксикантів у компонентах агроecosystem. *Агроекологічний журнал*. 2019. № 1. С. 36–41. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2019.163246>.

3. Іванків М. Я., Бальковський В. В., Кружель Б. Б., Павкович С. Я., Вовк С. О. Особливості міграції та акумуляції хлороорганічних забруднень у ґрунті. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2016. № 20. С. 18–22.
4. Іванків М. Я., Бальковський В. В., Павкович С. Я., Вовк С. О. Особливості трансформації стійких органічних забруднювачів у ґрунті. *Вісник Львівського національного аграрного університету: агрономія*. 2017. № 21. С. 24–30.
5. Моклячук Л. І., Ліщук А. М., Яцук І. П., Городиська І. М. Забруднення агроєкосистем непридатними пестицидами як регіональний індикатор стану земельних ресурсів. *Збалансоване природокористування*. 2017. № 2. С. 140–144.
6. Моклячук Л. І., Ліщук А. М., Городиська І. М. та ін. Забруднення стійкими пестицидами ґрунтів та їх ремедіація. Проблема хімічної деградації ґрунтів у контексті сталого розвитку агроєкосистем. *Посібник українського хлібороба*. 2011. С. 105–112.
7. Методичні вказівки з визначення мікродоз пестицидів у харчових продуктах, кормах та навколишньому середовищі. Київ, 2005. 246 с.
8. Методичні рекомендації з комплексної оцінки ступеня хімічної деградації ґрунтів / О. І. Фурдичко, Л. І. Моклячук, О. А. Никитюк та ін. Київ: Мінагрополітики, 2010. 35 с.
9. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах и внешней среде: справочник. Т. 1-2 / Сост. М. А. Клисенко, А. А. Калинина, К. Ф. Новикова и др. Москва: Колос, 1992.
10. Семененко М. Вплив хімізації сільського господарства в кінці 50-х – 60-х років на здоров'я сільського населення та профілактичні заходи, направлені на подолання його негативних наслідків. *Сіверянський літопис*. 2014. № 5. С. 337–342.
11. Систематичний аналіз полікомпонентного пестицидного забруднення основних типів ґрунтів України (методичні рекомендації) / О. І. Фурдичко, Л. І. Моклячук, О. А. Никитюк та ін. Київ: Мінагрополітики, 2010. 30 с.
12. Хижняк С. В., Войціцький В. М., Данчук В. В. та ін. Шляхи міграції стійких пестицидів трофічними ланцюгами наземних і водних екосистем. *Біоресурси і природокористування*. 2018. Т. 10, № 1–2. С. 36–43.

Стаття надійшла 25.03.2020