

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ЗАОЧНОЇ
ТА ПІСЛЯДИПЛОМНОЇ ОСВІТИ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ**

Допускається до захисту
« _____ » _____ 2021 р.
Зав. кафедри _____
(підпис)
доцент, к.б.н., П.Р. Хірівський
наук. ступ., вч. зв. (ініціали та прізвище)

ДИПЛОМНА РОБОТА

Бакалавр
(рівень вищої освіти)

**на тему: «Особливості транслокації хлорорганічних пестицидів
у рослинах»**

Виконала: студентка групи Еко-51

Спеціальності 101 «Екологія»

Березовська Іванна Миронівна

Керівник: М.Я. Іванків _____

Консультант: Ю.О. Ковальчук _____

Дубляни 2021

Міністерство освіти і науки України
Львівський національний аграрний університет
Навчально-науковий інститут заочної та післядипломної освіти
Кафедра екології

Рівень вищої освіти «Бакалавр»
Спеціальність 101 «Екологія»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Завідувач кафедри _____
доцент, к.б.н., П.Р. Хірівський
« _____ » _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу студенту
Березовській Іванні МIRONІВНІ

1. Тема роботи: «Особливості транслокації хлорорганічних пестицидів у рослинах»

Затверджена наказом по університету № _____ від “ _____ ” 20 _____ р.

2. Термін здачі студентом закінченої дипломної роботи 29 березня 2021 року

3. Вихідні дані для дипломної роботи

Літературні джерела, фізико-географічна та кліматична характеристика району проведення досліджень, методики виконання досліджень

4. Перелік питань, які необхідно розробити (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів)

Вступ

Розділ 1 Огляд літератури

- 1.1. Проблема забруднення довкілля залишковими кількостями пестицидів
- 1.2. Стійкі хлорорганічні пестициди – пріоритетні забруднювачі агроecosystem
- 1.3. Ріст і розвиток рослин на забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтах
- 1.4. Фіторе mediaція – ефективний еколого-безпечний метод зниження токсичного впливу хлорорганічних пестицидів на довкілля

Розділ 2 Об'єкт і методи дослідження

- 2.1. Ґрунтово-кліматичні умови території досліджень
- 2.2. Умови та методика проведення досліджень

Розділ 3 Результати досліджень

- 3.1. Напрямки розповсюдження та інтенсивність забруднення пестицидами ґрунтових горизонтів
- 3.2. Міграція та трансформація хлорорганічних забруднень профілем ґрунту

3.3. Токсикотолерантність дикорослих трав і накопичення пестицидів у рослинах

3.4. Оцінка насінневого запасу ґрунту забрудненої території

3.5. Особливості накопичення та транслокації хлороорганічних пестицидів рослинами

Розділ 4 Охорона праці

4.1. Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі з пестицидами

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Хімічне отруєння

Зробити висновки за результатами проведених досліджень

Сформуувати список використаних джерел

5. Перелік графічного матеріалу (подається конкретний перерахунок аркушів з вказуванням їх кількості)

6. Консультанти з розділів:

Роз-діл	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата		Відмітка про виконання
		завдання видав	завдання прийняв	
1,2, 3	Іванків М.Я. доцент кафедри екології			
4	Ковальчук Ю.О. доцент кафедри управління проектами та безпеки виробництва АПК			

7. Дата видачі завдання 23 вересня 2020 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	При-мітка
1	Написання вступу та розділу “Огляд літератури”	23.09.20– 21.11.20	
2	Написання розділу “Об’єкт і методи дослідження”	20.11.20– 16.12.20	
3	Написання розділу “Результати досліджень”	17.12.20– 18.02.21	
4	Написання розділу “Охорона праці”, формулювання висновків, оформлення списку використаних джерел	19.02.21– 29.03.21	

Студент _____
(підпис)

Керівник дипломної
роботи _____ М.Я. Іванків
(підпис)

УДК 631.95:631.45:632.95

Особливості транслокації хлорорганічних пестицидів у рослинах. Березовська І. М. Дипломна робота бакалавра. Кафедра екології. Дубляни, Львівський НАУ, 2021.

49 ст. текст. част., 8 табл., 9 рис., 37 джерел

На основі проаналізованих літературних джерел, зокрема дисертаційних робіт, охарактеризовано проблему накопичення залишкових кількостей пестицидів у ґрунтах та рослинності на території санітарно-захисної зони агрохімікатів. Навколо місць зберігання та поховання пестицидів утворились зони локального забруднення. Вміст пестицидів у ґрунтах таких ділянок в десятки, а іноді сотні раз перевищує гігієнічні нормативи.

Проведення локального кризового моніторингу зон, забруднених стійкими органічними забруднювачами є надзвичайно важливим та актуальним. Основним завданням екотоксикологічного моніторингу агроecosystem є дослідження ступеня забруднення сільськогосподарських земель та продуктів рослинництва і тваринництва залишками пестицидів та їх метаболітів, особливо найнебезпечніших для людського організму; вивчення процесів детоксикації й міграції токсикантів у компонентах агроecosystem (у ґрунті та рослинах); визначення зон підвищеного ризику за забрудненням високими концентраціями персистентних пестицидів; прогнозування ступеня забруднення екосистем з урахуванням багаторічних спостережень та запобігання погіршення їхньої якості. В результаті проведення такого моніторингу отримана інформація дасть можливість прийняти необхідні важливі рішення, спрямовані на зменшення негативного впливу органічних ксенобіотиків на живі організми та розроблення методів ремедіації забруднених пестицидами ґрунтів і одержання високої якості сільськогосподарської продукції.

ЗМІСТ

	ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1	ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ	8
1.1	Проблема забруднення довкілля залишковими кількостями пестицидів	8
1.2	Стойкі хлорорганічні пестициди – пріоритетні забруднювачі агроecosystem	10
1.3	Ріст і розвиток рослин на забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтах	13
1.4	Фіторе mediaція – ефективний еколого-безпечний метод зниження токсичного впливу хлорорганічних пестицидів на довкілля	14
РОЗДІЛ 2	ОБ’ЄКТ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ	16
2.1	Ґрунтово-кліматичні умови території дослідження	16
2.2	Умови та методика проведення дослідження	18
РОЗДІЛ 3	РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	22
3.1	Напрямки розповсюдження та інтенсивність забруднення пестицидами ґрунтових горизонтів	22
3.2	Міграція та трансформація хлорорганічних забруднень профілем ґрунту	27
3.3	Токсикотолерантність дикорослих трав і накопичення пестицидів у рослинах	30
3.4	Оцінка насіннєвого запасу ґрунту забрудненої території	34
3.5	Особливості накопичення та транслокації хлорорганічних пестицидів рослинами	37
РОЗДІЛ 4	ОХОРОНА ПРАЦІ	42
4.1	Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі з пестицидами	42
4.2	Безпека в надзвичайних ситуаціях. Хімічне отруєння	43
	ВИСНОВКИ	45
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	46

ВСТУП

Актуальність теми. На даний час однією з глобальних проблем людства є забезпечення населення нашої планети екологічно чистими і якісними продуктами харчування. Забруднення навколишнього середовища (повітря, води, ґрунтів) токсикантами різного походження стало на заваді вирощування і заготівлі продовольчої сировини рослинного і тваринного походження для виготовлення високоякісної продукції. Це пов'язано з тим, що токсиканти в понаднормовій кількості акумулюються в ґрунті, а особливо у кореневмісному горизонті. Екологічну загрозу спричинює поширення і накопичення стійких хлорорганічних пестицидів у загрозованих кількостях в окремих ланках трофічного ланцюга ґрунт-рослина-тварина-продукція-людина [5, 11, 12, 21, 37].

Надзвичайно гострою екологічною проблемою є напівзруйновані склади та сховища агрохімікатів, що містять залишки непридатних пестицидів та інших токсикантів, які під впливом зовнішніх факторів трансформувались у невпізнані токсичні суміші. Території та ґрунти навколо сховищ отрутохімікатів вкрай забруднені просякними пестицидними препаратами. Це, як правило, прилегла до складу отрутохімікатів територія в радіусі аж до 500 метрів, яка ніким не доглядалась і донедавна практично у більшості випадків була безхозною. При цьому прилеглі території разом із сховищем хімікатів можуть складати від 0,5 до 8-10 гектарів родючої землі. Якщо враховувати, що таких складів в Україні декілька тисяч, то можна приблизно оцінити масштаби екологічного лиха, а це понад 10 000 гектарів, тобто близько 0,02 % від загальної площі держави [24, 35].

Без вирішення зазначених проблем неможливо очікувати на формування у майбутньому сталих агроєкосистем. В основі важливих стратегічних напрямів досягнення сталого розвитку агросфери повинен бути комплекс заходів, спрямованих на зниження забруднення біосфери токсичними речовинами, зокрема органічними ксенобіотиками. Тому дослідження міграції та акумуляції залишкових кількостей стійких хлорорганічних пестицидів у навколишньому природному середовищі та пошук шляхів зниження їх негативного впливу на довкілля є актуальними і становлять значний науковий та практичний інтерес.

Мета і завдання дослідження. Основною метою проведення нашого дослідження було вивчення особливостей детоксикації та міграції хлорорганічних пестицидів у ґрунті та рослинах.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися такі завдання:

- оцінити сучасний стан забруднення ґрунтового покриву залишковими кількостями пестицидів;
- визначити залишкові кількості хлорорганічних пестицидів у тканинах рослин та ризосферному ґрунті;
- дослідити здатність до біонакопичення стійких органічних поллютантів у біомасі рослин в умовах тривалого полікомпонентного забруднення ґрунту.

1 ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРИ

1.1 Проблема забруднення довкілля залишковими кількостями пестицидів

Інтенсивний розвиток промислового і сільськогосподарського виробництва, активне використання в різних галузях народного господарства хімічних засобів веде до появи в навколишньому середовищі великого числа різноманітних хімічних сполук, які забруднюють біосферу та негативно впливають як на стан природного середовища, так і на здоров'я людини.

Серед хімічних забруднювачів навколишнього середовища чимала частка належить ксенобіотикам – речовинам неприродного походження. Загальна кількість токсикантів невідомо; за різними оцінками, людина в своєму житті використовує близько 60 тис. хімічних речовин, більшість з яких створені цілеспрямовано і є чужорідними для природного середовища.

Зібрана інформація свідчить про те, що на складах Львівщини й України загалом зберігались пестициди різних хімічних класів речовин [6, 24]. При виборі переліку пестицидів для контролю в об'єктах довкілля виходили з об'ємів зберігання окремих класів сполук, їх стійкості та міграційної здатності. В рамках нашого дослідження вибрані найнебезпечніші та найстійкіші хлорорганічні сполуки. Вони становлять біля 80% від загальної кількості виготовлених промисловістю пестицидів. Це пояснюється тим, що хлорвмісні пестициди є дуже біоактивними, доступними і дешевими [22, 31].

Небезпечність пестицидів зумовлена їх високою біологічною активністю, рухливістю у природному середовищі (переміщення з повітряними потоками, природними водами, міграція по харчовим ланцюгам, біологічним циклам), а також здатністю акумулюватися та зберігати токсичні властивості протягом тривалого часу [1, 10, 16, 18, 26, 31].

Ґрунти є акумуляторами великої кількості різних забруднювачів, які можуть включатися в процеси кругообігу речовин в біосфері і як наслідок

чинити токсичний ефект, який становить загрозу як для навколишнього середовища, так і для людини зокрема [6, 18, 29, 35, 37]. Техногенний вплив на різні види середовища біосфери з різною інтенсивністю діє на них. Найінтенсивнішого техногенного навантаження зазнає ґрунтовий покрив глибиною до 0,6 м. Науковці, які займалися вивченням даного питання відзначають, що ґрунти, а особливо їх глинисті й органічні колоїдні компоненти, які служать чудовим сорбентом пестицидів та важких металів, можуть бути кінцевим або тимчасовим їх сховищем [3, 10, 17].

Проблема залишкових кількостей пестицидів у навколишньому середовищі багатопланова, що зумовлено відмінностями фізико-хімічних і токсиколого-гігієнічних характеристик пестицидів, особливістю їх поведінки, та залежить не тільки від властивостей самих препаратів, але і від природних факторів, можливістю комплексного внесення пестицидів різного функціонального призначення (боротьба з шкідниками, хворобами рослин і бур'янами на одних й тих же угіддях), а також спільно з іншими засобами хімізації, технічною оснащеністю заходів щодо захисту рослин та ін.

Дослідженнями останніх років показано, що ДДТ може мігрувати у глибокі горизонти ґрунту за рахунок комплексоутворення у ґрунтових розчинах. При порівнянні швидкості детоксикації залишків пестицидів у ґрунті та рослинах виявили, що в ґрунті цей процес іде повільніше в 1,5 рази [1, 3, 7, 8, 22, 34].

Для того, щоб прогнозувати поведінку органічних забруднюючих речовин, необхідно врахувати, що після потрапляння у ґрунт, подальшу їх долю визначатимуть наступні процеси: адсорбція, хімічна і біологічна трансформація, дифузійне та конвективне перенесення.

Оскільки пестициди є токсичними речовинами, які людина свідомо вносить у агроценози, питання міграції, транслокації та трансформації їхньої діючої речовини у об'єктах довкілля є одним з першочергових завдань.

1.2 Стійкі хлорорганічні пестициди – пріоритетні забруднювачі агроєкосистем

Необхідність застосування хімічних засобів захисту рослин для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур супроводжується процесами забруднення агроєкосистем токсичними речовинами. Загально визнано, що найбільш стійкими серед них є хлорорганічні сполуки, які здатні тривалий час перебувати в навколишньому середовищі у незмінному стані, зберігаючи свої токсичні властивості. Через значне накопичення стійких пестицидів у ґрунтах, природних водах, атмосфері можуть відбуватися глибокі і незворотні порушення циклів біологічного кругообігу, а також зменшення біопродуктивності ландшафту [2, 26, 27, 37].

За хімічною природою ХОП – це хлорпохідні циклічних вуглеводнів з середньою або високою токсичністю, що мають великі періоди напіврозкладання, а їх стійкість до деградації підвищується із збільшенням атомів хлору [3, 6, 18, 25]. Завдяки здатності до біоконцентрування спостерігається збільшення вмісту ХОП на декілька порядків величини у кінцевих ланках ланцюгів живлення [10, 16, 17, 21, 29, 35].

У ґрунті пестициди сорбуються ґрунтовим вбирним комплексом зв'язуються гумусом, розподіляються вздовж профілю, трансформуються мікроорганізмами, виносяться поверхневим та ґрунтовим стоком, а решта надходить до рослин.

Аналіз антропогенного впливу на природні агроєкосистеми свідчить, що швидкість деградації довкілля України набула таких масштабів, що вийшла за межі швидкості біологічного пристосування живих організмів до середовища існування, тобто втрачена стійкість екосистем.

Більшість дослідників стверджують, що хлорорганічні пестициди надзвичайно стійкі в кислому середовищі, але розкладаються при дії лужних агентів [3, 6, 26]. За літературними даними застосування хімічних меліорантів на сільськогосподарських угіддях протягом багатьох років

нормою в середньому 6 т/га (2 кг/т ґрунту) сприяє отриманню екологічно безпечної продукції [3, 14].

ДДТ [1,1,1-трихлор-2,2-біс-(4-хлорфеніл)етан] [10, 18, 30, 31] є пестицидом, що найбільш широко використовували у різних країнах. Так з 1950 до 1972 року у світі було використано більш ніж 4,5 млн т. З 1972 року застосування ДДТ заборонено в США, СРСР, також заборонено та обмежено його застосування у ряді інших країн, внесено до переліків небезпечних відходів відповідно до додатку VIII до Базельської конвенції.

Хімічно чистий ДДТ – безбарвна кристалічна малолетка речовина з молекулярною масою 354,5, практично не розчинна у воді, температура плавлення 108,5 – 109°C. Технічний препарат є складною сумішшю ізомерів, у якому домішки складають 24 – 25%. Основною його складовою є 4,4'-ДДТ, що володіє вираженою інсектицидною активністю. Температура плавлення технічного ДДТ – 74,5 – 93°C [31]. Надзвичайно низькі леткість та водорозчинність ДДТ (0,001 мг/л) є причиною його високої стійкості у ґрунтах та донних відкладеннях [1, 3, 26].

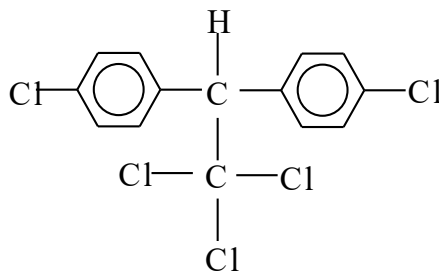


Рис.1.1. Структурна формула дихлордифенілтрихлоретану (ДДТ)

Технічний ДДТ складається з 4,4'-дихлорфенілтрихлоретану (4,4'-ізомер, 70–75%), а також з 2,4'-дихлорфенілтрихлоретану (2,4'-ізомер \approx 20%) і невеликої кількості інших сполук [6, 16] (рис. 1.2). У воді практично не розчиняється (1,2–5,5 мкг/л при 25°C; нелеткий – тиск насиченої пари $0,2 \times 10^{-6}$ мм.рт.ст. 20°C) [10, 17, 18].

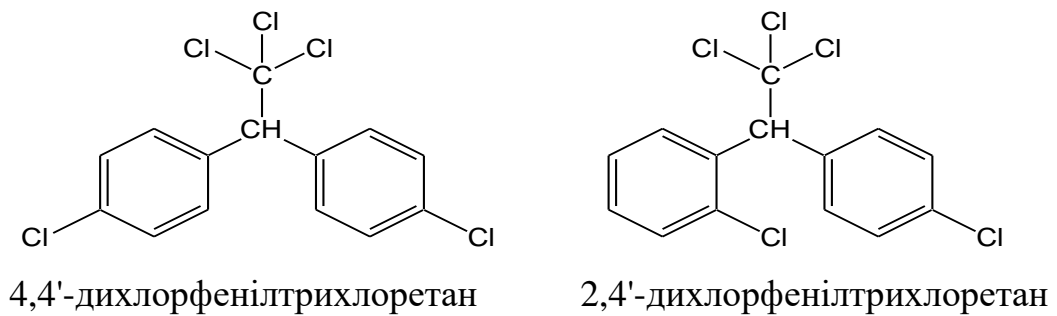


Рис. 1.2. Ізомери ДДТ

У об'єктах довкілля та живих організмах відбувається метаболізм ДДТ з утворенням стійких метаболітів ДДЕ (4,4'-дихлордифенілдіхлоретилен) та ДДД (4,4'-дихлордифенілдіхлоретан) [12, 24]: ДДТ в анаеробних умовах розкладається швидше, ніж в аеробних, що обумовлено різним механізмом розкладення. Анаеробна деградація призводить до утворення досить нестійкого метаболіту ДДД, здатного досить швидко перетворюватись в нетоксичні сполуки; аеробна деградація веде до утворення надзвичайно стійкого метаболіту ДДЕ, період напіврозпаду якого деякі вчені визначають як 150 років [1, 22].

Нині ДДТ визнаний виключно токсичним препаратом. Токсична доза ВООЗ для живих організмів складає 10 – 15 мг/кг, а для найбільш чутливих – 6 мг/кг [4]. ДДТ викликає подразнення при контакті та добре всмоктується через покриви організмів (у т.ч. шкіра людини). Смертельна доза для людини при надходженні в організм – 70–85 мг/кг [12]. ГДК_{ддт} у ґрунті – 100 мкг/кг, у воді побутового призначення – 0,002 мг/л. У зерні хлібних злаків – 0,02, у ягідних соках для дитячого харчування – 0,005 мг/кг [4]. На прикладі рослин, Нуржанова А. А. показала, що наявність у ґрунті 4,4-ДДЕ навіть у межах ГДК викликає високий рівень хромосомних мутацій у соматичних клітинах [18].

Раніше вважали, що ДДТ не здатний рухатися у глибокі шари ґрунту через його низьку розчинність у воді. Проте, результати досліджень останніх років свідчать про значний рух ДДТ профілем ґрунту [24], пояснюючи це комплексоутворенням у ґрунтових розчинах [3, 6]. Завдяки високій персистентності ДДТ такий значний фон у об'єктах довкілля зберігатиметься ще не одне десятиріччя [26, 27, 29, 34, 35, 37].

1.3 Ріст і розвиток рослин на забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтах

Дослідження процесів міграції хлорорганічних пестицидів у ґрунті за імпактного типу забруднень є вкрай необхідним, оскільки отримана інформація надасть можливість прогнозувати час виведення пестицидів із ґрунту і, відповідно, отримати якісну продукцію. Проте на даний час залишається ще цілий ряд невивчених питань стосовно рівнів та оцінки вмісту залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у системі «ґрунт-рослина»; немає розроблених заходів щодо повного обмеження надходження токсикантів до рослин.

Збереження хлорорганічних пестицидів у ґрунті визначається рядом факторів, серед яких найбільш важливими слід вважати характер ґрунту (кислотність, структура, ступінь мінералізації), метеорологічні умови (температура, кількість опадів), склад мікрофлори та ін. Тривале перебування хлорорганічних пестицидів в ґрунті призводить до появи їх в культурних рослинах.

Характер розподілу та локалізації інсектицидів в рослині визначає відмінності в напрямку та швидкості трансформації хімічних сполук. Рослинні угруповання володіють неоднаковою здатністю поглинати і накопичувати пестициди, так як мають різні фізіолого-біохімічні захисні механізми, що перешкоджають надходженню токсикантів. У зв'язку з цим на одному і тому ж ґрунті можна отримувати від однієї культури придатну для споживання продукцію, а від іншої – небезпечну для здоров'я.

Відповідна реакція рослин при обробці їх пестицидами залежить від анатомо-морфологічних особливостей (товщини кутикули, кількості і розміру порохів тощо), які зумовлюють у багатьох випадках можливість та швидкість проникнення препарату в рослину. Крім того, вона зумовлена особливостями фізіологічних і біохімічних процесів у рослинах, які в одних випадках приводять до швидкого знешкодження токсиканту, а в інших — до

пригнічення життєвих функцій, у третіх – до посилення роботи захисних механізмів, що мобілізують на подолання негативної дії пестицидів додаткові ресурси поживних речовин.

Тривала та інтенсивна дія токсичних речовин стає причиною порушення у рослинах фізіологічних функцій, а саме: пригнічується робота ферментативних систем, пошкоджуються і відмирають окремі групи клітин та ділянки тканин, що часто призводить до загибелі рослин і навіть зникнення цілих видів, порушується рівновага в надходженні мікро- і макроелементів [2, 20].

Толерантність рослин до дії на них пестицидів визначається цілим рядом ознак: фізіологічними особливостями культури, умовами вирощування, забезпеченістю елементами живлення, періодом фенофази, глибиною проникнення коренів, тривалістю вегетаційного періоду, освітленістю, вологістю, температурою [11, 15, 19].

1.4 Фіторе mediaція – ефективний еколого-безпечний метод зниження токсичного впливу хлорорганічних пестицидів на довкілля

Ґрунти територій, прилеглих до складів отрутохімікатів, характеризуються певним, унікальним у кожному конкретному випадку, набором забруднювачів, а тому потребують індивідуального підходу до вирішення проблеми відновлення ґрунтового покриву. За результатами досліджень вчених виділено групу деревних порід та культурних видів рослин, що здатні акумулювати та розкладати СОЗ у своїх тканинах [19, 20, 32, 33]. Але ґрунти із забрудненням широким спектром пестицидів досить часто бувають токсичними для відомих рослин-ремедіаторів. Культурні рослини, здатні накопичувати стійкі полютанти, гинуть через 30–35 днів вегетації при їх вирощуванні на ґрунтах з полікомпонентним забрудненням пестицидами. Тому для таких ділянок існує нагальна необхідність пошуку стійких до фітотоксичної дії ґрунту видів рослин і дослідження їхньої фіторе mediaційної

спроможності. У процесі природного заселення рослинами територій, забруднених ксенобіотиками, відбувається зміна фізичних, хімічних, фізико-хімічних та біологічних властивостей ґрунтів, розвивається вторинна сукцесія і поступово формуються стійкі рослинні угруповання, у структурі яких присутні толерантні види рослин – перспективні фіторемедіатори для відновлення територій з тривалим полікомпонентним забрудненням пестицидами.

Останнім часом у багатьох країнах світу дедалі частіше застосовують біологічне очищення антропогенно порушених територій за допомогою рослин, які не лише самі активно беруть участь у процесах ремедіації, але й у багатьох випадках сприятливо діють на мікрофлору ґрунтів, підвищуючи ефективність процесів відновлення навколишнього середовища. Тому перспективним екологічно безпечним та економічно доцільним методом відновлення ґрунтів та зниження пестицидів є фіторемедіація – набір екологічних технологій, що ґрунтуються на спроможності рослин акумулювати, деградувати, стабілізувати, трансформувати та випаровувати забруднювачі з великої кількості природних матриць, зокрема ґрунту та води[1, 6, 17, 19, 32].

Фітотехнології пропонують ефективні інструменти й екологічно привабливі рішення щодо відновлення ґрунтів та вод, забруднених металами, радіонуклідами, пестицидами та іншими органічними сполуками, отримання екологічно безпечної продукції і розвитку відновлюваних джерел енергії. Сучасні фітотехнології дають змогу отримувати відносно чисту сільгосппродукцію на забруднених землях, обмежувати горизонтальну й латеральну міграцію лабільних форм токсикантів завдяки їх концентруванню в рослинах та здійснювати очищення забруднених об'єктів довкілля [17, 19, 20, 32, 36, 37].

2 ОБ'ЄКТИ І МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Ґрунтово-кліматичні умови території дослідження

Дослідження закономірностей міграції та акумуляції стійких пестицидів у ґрунтах і рослинному покриві проводили на території недіючого складу мінеральних добрив та отрутохімікатів, що розташований у с. В'язова (7 км на північ від Жовкви) Жовківського району Львівської області (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 – Сучасний стан досліджуваної території у с. В'язова

Рельєф Львівської області тісно пов'язаний зі складною тектонічною будовою, характером геологічних відкладів, тривалою історією розвитку в різних палеокліматичних епохах, та впливає на формування ґрунтових комбінацій.

Відповідно до агрокліматичного районування України, рівнинна територія Львівської області належить до вологої помірно теплої агрокліматичної зони, підзони достатнього зволоження ґрунту зі значенням гідротермічного коефіцієнта 2,0–1,3 та сумою температур за період активної вегетації від 1800 до 2500 °С. Отже, клімат даної території визначає не лише напрям ґрунтоутворення, а й властивості природної рослинності. На території в

основному панують західні вологі повітряні маси, що сприяє м'якому переходу температур упродовж року і характеризується помірною кількістю опадів.

Середньобагаторічна температура повітря в зоні розташування території санітарно-захисної зони складу агрохімікатів становить 7,0-7,5°C. Найхолодніший місяць року – січень, із середньомісячною температурою до -4,6°C, а найтепліший – липень, коли температура повітря в середньому сягає 18,4-19,2°C. Річна амплітуда середньомісячних температур становить близько 24,0°C, тоді як різниця між абсолютним максимум й мінімум є значно вищою.

На формування фізичного складу ґрунту у даному випадку впливають безліч чинників. Найважливішими у диференціації ґрунтового покриву стали ґрунтоутворюючі породи та особливості рельєфу, які вплинули на перерозподіл гідротермічних умов ґрунтоутворення та рослинного покриву. У межиріччі Західного Бугу і Свині (між м. Кам'янка-Бузька і с. Туринка) найбільше поширений гідроморфний комплексний ґрунтовий покрив.

Темно-сірі опідзолені ґрунти є найпоширенішими ґрунтами Пасмового Побужжя та розташовані на нижчих гіпсометричних рівнях з меншими абсолютними висотами, ніж ясно-сірі та сірі лісові ґрунти.

Для характеристики фізико-хімічних властивостей ґрунту відбір зразків проводили за загальноприйнятними методиками (ДСТУ ISO 11464-02001) [9, 12, 14, 15]. Як показав аналіз вміст гумусу в темно-сірих опідзолених ґрунтах даного регіону коливається в межах 2,5–4,0%, поступово знижується з глибиною, сума ввібраних основ углиб ґрунтових горизонтів від 22 до 12 ммоль/100 г, гідролітична кислотність цього ґрунту коливається у межах 1–3,7 ммоль/100 г, рН (сольової витяжки) 5,8–6,0, а ступінь насичення основами 80–95% [4, 12, 13]. Характеристику основного типу ґрунту темно-сірих опідзолених ґрунтів наведено в табл. 2.1. Усі аналітичні роботи виконано згідно із валідованими методиками.

Таблиця 2.1. – Агрохімічна характеристика ґрунту дослідної ділянки

Тип ґрунту	Вміст гумусу, %	рН сольової витяжки	Вміст поживних речовин, мг на 1 кг ґрунту		
			азот легко-гідролізова-ний (N)	рухомий фосфор (P ₂ O ₅)	обмінний калій (K ₂ O)
темно-сірий опідзолений ґрунт	3,8	5,9	140	121	134

За агрохімічною характеристикою вміст гумусу у ґрунті підвищений. Реакція ґрунтового розчину – слабо кисла, близька до нейтральної (5,9). Вміст легкогідролізованого азоту – високий, рухомого фосфору – підвищений, калію – високий. Отже, дані ґрунти придатні для вирощування як основних зернових так і технічних культур.

Агроекологічна оцінка ґрунтів має важливе значення для їхнього раціонального використання та охорони, оскільки Львівська область характеризується неоднорідністю природних, агрокліматичних і ґрунтових умов і значним ступенем сільськогосподарської освоєності.

2.2 Умови та методика проведення дослідження

Дослідження проведено на території санітарно-захисної зони навколо недіючого на сьогоднішній день, але тривало експлуатованого в минулому складу масового зберігання отрутохімікатів. Склад агрохімікатів с. В'язова (власник складу – ТзОВ «Пролісок» (ЄДРПОУ/ПІН 20801044)) розташовано на відстані 400 м до житлових будинків, за 300 м від складу знаходиться тваринницький комплекс, на відстані – 395,84 м до річки Свиня, що при зазначеній ємності складів є значним порушенням гігієнічних нормативів експлуатації (рис. 2.1). Будівля складається із трьох приміщень: приміщення

для зберігання для зберігання стійких органічних забруднювачів, приміщення для мінеральних добрив та приміщення для зберігання пестицидів. Значним порушенням в експлуатації даного складу є піщана, а не забетонована підлога, що може викликати забруднення ґрунту, а, можливо, і підземних вод агрохімікатами. Територія розташування складу рівнинна. Ще значним порушенням при будівництві складських приміщень є неврахування близького залягання ґрунтових вод (безпосередньо біля складу отрутохімікатів – менше 4 м), що може бути причиною забруднення їх токсикантами різного роду.



Рисунок 2.2 – Недіючий склад агрохімікатів

Виходячи з вищевикладеного, необхідно ретельно проаналізувати стан ґрунтів навколо складів та земель сільськогосподарського призначення, розташованих поблизу місць складування отрутохімікатів, для визначення рівнів забрудненості пестицидами ґрунтів, а також привести аналіз фітоценозу та пристосування рослин до забруднених територій навколо складів.

Визначення вмісту залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів проводять фізико-хімічними методами за методиками та нормативно-методичними документами ДСТУ ISO 10382:2004 [13, 14, 15, 28].

Щоб визначити зони забруднення ґрунтів навколо джерела забруднення, відбір зразків проводять за способом румбічної сітки (рис. 2.2) [14]. У кожному секторі відбирають зразки ґрунту по радіальним смугам способом конверта з глибини 0–20 см та 20–40 см, що відповідає основному кореневмісному шару для більшості трав'янистих видів рослин. Для

дослідження процесу вертикальної міграції профілем ґрунту, зразки за допомогою ґрунтового бура відбирали на глибину до 1 м пошарово через кожні 20 см. Контролем слугував ґрунт перелогу на відстані 150 м від складу.

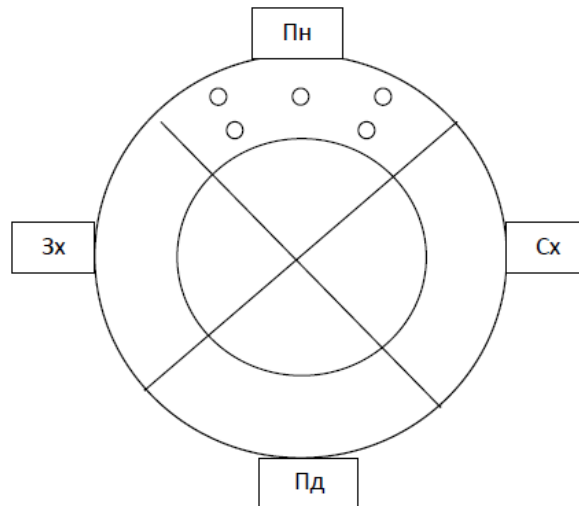


Рисунок – 2.2 Спосіб відбору зразків за румбічною сіткою

Оцінку фітотоксичності ґрунту проводять у відповідності до стандартів ДСТУ ISO 11269-1,2:2004 [1, 15]. Зразки рослин відбирали на ділянках з різними рівнями забруднення ґрунту хлорорганічними пестицидами. Рослини викопували, очищували від ґрунтових часточок, промивали під проточною водою та висушували.

Вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у ґрунтових та рослинних зразках визначали у Львівському обласному державному проектно-технологічному центрі охорони родючості ґрунтів і якості продукції «Облдержродючість» за затвердженими методиками Міністерства охорони здоров'я (ДСТУ ISO 10382:2004, IDT) методом газорідинної хроматографії (ГРХ) на хроматографі «Кристал-2000» з детектором із захоплення електронів [28].

Кількісно-видовий склад фітоценозу оцінювали за допомогою облікової рамки квадратної форми площею 0,25 м² (50×50 см) у трикратній повторності по діагоналі кожної з 5 дослідних ділянок (по 3–4 облікові ділянки для кожної з дослідних ділянок) згідно [14, 15]. Облік проводили на початку

червня протягом 2018–2020 рр. Рослини, які не потрапили у рамку, але присутні на досліджуваній ділянці, також фіксували. Для ідентифікації рослин використовували атлас-визначник.

Рівень забрудненості ґрунтів та рослинної маси залишками пестицидів визначають шляхом порівняння фактичного вмісту пестицидів у ґрунті або у сільськогосподарській продукції з ГДК. Перевищення фактичного вмісту залишкової кількості пестицидів відносно ГДК є показником небезпечності екологічного стану ґрунтів за пестицидним навантаженням. Коли фактичний вміст залишкової кількості пестициду перевищує нормативи ГДК, то даний норматив є показником екологічної небезпеки. За результатами хімічного аналізу визначають ступінь хімічної деградації ґрунтів [1, 6] за допомогою табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Агроекологічні нормативні показники хімічної деградації сільськогосподарських ґрунтів

Компоненти забруднення (ГДК)	Основні діагностичні критерії, одиниці вимірювання	Агроекологічні нормативні параметри хімічної деградації ґрунтів				
		0 Недеградовані (нормальний стан)	1 Слабодеградовані (задовільний стан)	2 Середньодеградовані (передкризовий стан)	3 Сильнодеградовані (кризовий стан)	4 Дуже сильно деградовані (катастрофічний стан)
ДДТ та метаболіти (0,1 мг/кг)	Вміст, мг/кг (ГДК)	<0,002 (<0,02)	<0,05 (<0,5)	0,06-0,10 (0,6-1)	0,11-0,15 (1-1,5)	0,16-1,00 (1,6-10)

*ГДК за транслокаційним показником 0,5 мг/кг

**ГДК за показником фітотоксичності 0,02 мг/кг

Статистичне оцінювання вірогідності отриманих результатів проводили методом дисперсійного аналізу з додатковим використанням програми Microsoft Office Excel.

3 РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Напрямки розповсюдження та інтенсивність забруднення пестицидами ґрунтових горизонтів

Одним з найбільш негативних факторів, що впливають на якість ґрунтів, є забруднення стійкими пестицидами та їхніми метаболітами. За визначенням, локально забруднена ділянка – це територія з окремими площами високої концентрації речовин, що погіршують якість ґрунту [22]. Зокрема, такими ділянками є території, прилеглі до санітарно-захисних зон складів непридатних пестицидів.

Інтенсивність вертикальної міграції пестицидів за профілем ґрунту залежить в основному від фізичних та хімічних властивостей досліджуваного ґрунту. Володіючи інформацією про низхідну міграцію, можна частково оцінити можливість умовного очищення кореневмісного шару ґрунту та час отримання продукції з ділянки, яка характеризувалася б допустимим рівнем вмісту даних токсикантів. Радіальну міграцію встановлювали шляхом відбору зразків ґрунту на глибину до 1 м на віддалі від 2 м до 50 м від складу.

Отримані результати щодо вмісту залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів 4,4'-ДДТ та його метаболітів 4,4'-ДДД і 4,4'-ДДЕ у ґрунті санітарної зони недіючого складу отрутохімікатів у с. В'язова Жовківського району Львівської області наведені у таблицях 3.1–3.3.

Відповідно до проведених досліджень встановлено, що максимальний сумарний вміст ДДТ і його метаболітів у шарі ґрунту 0–20 см, який перевищує ГДК у 11,2 рази виявлено у південному напрямку від складу на відстані 10 м. У решті відібраних зразків не було відмічено перевищень ГДК за вмістом метаболітів хлорорганічних токсикантів.

Таблиця 3.1 – Вміст залишкових кількостей ДДТ та його метаболітів у ґрунті на глибині 0-20 см, мкг/кг

Відстань від джерела забруднення	4,4'-ДДЕ	4,4'-ДДТ	4,4'-ДДД	Σ ддт + ддд + дде
Північний напрямок				
2 м	0,4±0,1	н.в.	2,7±0,3	3,1±0,3
5 м	0,7±0,3	н.в.	н.в.	0,7±0,3
10 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
50 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
Східний напрямок				
2 м	5,9±0,3	н.в.	1,7±0,3	7,6±0,3
5 м	3,7±0,3	н.в.	н.в.	3,7±0,3
10 м	н.в.	н.в.	1,5±0,3	1,5±0,3
50 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
Південний напрямок				
2 м	90,1±0,3	0,2±0,1	3,1±0,1	93,4±0,3
5 м	8,4±0,2	н.в.	1,5±0,3	9,9±0,3
10 м	85,0±0,3	н.в.	27,4±0,3	112,4±0,3
50 м	0,3±0,1	н.в.	н.в.	0,3±0,1
Західний напрямок				
2 м	8,7±0,1	н.в.	0,1±0,3	8,8±0,3
5 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
10 м	1,3±0,1	н.в.	н.в.	1,3±0,1
50 м	4,6±0,3	н.в.	н.в.	4,6±0,3
ГДК, мкг/кг	100			

Примітка: н.в. – не виявлено на рівні чутливості методу.

За результатами аналізу виявлено незначне перевищення забруднення ґрунту залишками ДДТ у шарі ґрунту 20-40 см до 127,4 мкг/кг (12,7 ГДК) на відстані 10 м у південному напрямку від складу (табл. 3.2). Основну частину в досліджуваних зразках ґрунту складають метаболіти ДДТ: 4,4'-ДДЕ та 4,4'-ДДД, що підтверджує процес розкладу пестициду та давнє забруднення ґрунту хлорорганічними пестицидами.

Таблиця 3.2 – Вміст залишкових кількостей ДДТ та його метаболітів у ґрунті на глибині 20-40 см, мкг/кг

Відстань від джерела забруднення	4,4'-ДДЕ	4,4'-ДДТ	4,4'-ДДД	Σ ддт + ддд + дде
Північний напрямок				
2 м	5,7±0,3	н.в.	0,3±0,3	6,0±0,3
5 м	0,1±0,3	н.в.	н.в.	0,1±0,3
10 м	1,1±0,3	н.в.	н.в.	1,1±0,3
50 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
Східний напрямок				
2 м	7,9±0,3	0,5±0,2	2,1±0,2	10,5±0,3
5 м	9,1±0,3	1,8±0,2	6,4±0,2	17,3±0,3
10 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
50 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
Південний напрямок				
2 м	9,8±0,3	0,7±0,2	6,4±0,2	16,9±0,3
5 м	70,0±0,3	1,1±0,2	9,1±0,2	100,7±0,3
10 м	109,2±0,3	0,6±0,3	30,1±0,3	127,4±0,3
50 м	8,6±0,2	н.в.	н.в.	8,6±0,2
Західний напрямок				
2 м	7,5±0,3	н.в.	5,3±0,3	12,8±0,3
5 м	1,0±0,3	н.в.	0,4±0,3	1,4±0,3
10 м	0,5±0,3	н.в.	н.в.	0,5±0,3
50 м	2,6±0,3	н.в.	1,9±0,3	4,5±0,3
ГДК, мкг/кг	100			

Примітка: н.в. – не виявлено на рівні чутливості методу.

Характерним є значне накопичення залишків ДДТ у шарі ґрунту 60–80 см (табл. 3.3). Найбільший сумарний вміст ДДТ та його метаболітів був виявлений у пробах ґрунту в південному – 223,2 мкг/кг (22,3 ГДК), а найменший у західному напрямку – 3,4 мкг/кг на відстані 10 м від джерела забруднення. На відстані 2 м від складу теж у південному напрямі найбільша забрудненість – 125,4 мкг/кг (12,5 ГДК), а найменша на півночі – 2,5 мкг/кг. Характерна тенденція поступового зниження вмісту знайденого токсиканта по мірі відділення від складу.

Таблиця 3.3 – Вміст залишкових кількостей ДДТ та його метаболітів у ґрунті на глибині 60-80 см, мкг/кг

Відстань від джерела забруднення	4,4'-ДДЕ	4,4'-ДДТ	4,4'-ДДД	Σ ДДТ + ДДД + ДДЕ
Північний напрямок				
2 м	0,6±0,3	1,9±0,6	н.в.	2,5
5 м	2,6±0,3	н.в.	6,7±0,3	9,3
10 м	5,4±0,1	н.в.	н.в.	5,4
50 м	2,9±0,3	н.в.	н.в.	2,9
Східний напрямок				
2 м	7,1±0,1	н.в.	2,4±0,3	9,5±0,3
5 м	1,2±0,1	н.в.	н.в.	1,2±0,1
10 м	н.в.	н.в.	0,6±0,3	0,6±0,3
50 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
Південний напрямок				
2 м	117,0±0,3	0,9±0,3	7,5±0,3	125,4±0,3
5 м	104,0±0,3	1,3±0,3	11,0±0,3	116,3±0,3
10 м	120,1±0,3	5,7±0,1	97,4±0,3	223,2±0,3
50 м	н.в.	н.в.	2,4±0,3	2,4±0,3
Західний напрямок				
2 м	2,7±0,3	0,6±0,1	н.в.	3,3±0,3
5 м	н.в.	н.в.	н.в.	н.в.
10 м	3,4±0,1	н.в.	н.в.	3,4±0,1
50 м	н.в.	н.в.	0,9±0,3	0,9±0,3
ГДК, мкг/кг	100			

Примітка: н.в. – не виявлено на рівні чутливості методу.

На відстані 50 м відмічено найменші показники забрудненості в південному напрямку – 2,4 мкг/кг, в північному – 2,9 мкг/кг, в західному – 0,9 мкг/кг, а на сході – не виявлено. У ході проведених досліджень було встановлено, що сумарний уміст ДДТ не перевищував встановлених допустимих гігієнічних нормативів та є фоновим для сільськогосподарських угідь України. Таким чином, на підставі представлених у таблицях даних можна стверджувати, що з віддаленістю від складу уміст токсиканта у ґрунті зменшувався.

Децю підвищене забруднення ґрунту залишками ДДТ у південному напрямку можна пояснити наявністю в минулому в даному місці майданчика для заправки сільськогосподарської техніки, приготування робочих розчинів пестицидів та інших технологічних зон.

Згідно агроекологічних показників хімічної деградації ґрунтів за вмістом суми ізомерів та метаболітів ДДТ у південному напрямку на відстані 50 та 10 м ґрунти – середньо деградовані (передкризовий стан), в інших випадках – не деградовані та слабо деградовані ґрунти (до 0,5 ГДК).

Відповідно до досліджень було відмічено, що наявність в досліджуваних зразках ґрунту метаболітів – є свідченням трансформації хлорорганічних пестицидів. Зокрема, за співвідношенням вмісту ДДТ та його метаболітів можна говорити про активне проходження процесу розкладання ДДТ та здатності ґрунтів до самоочищення (рис. 3.1).

На основі отриманих даних у ґрунті досліджуваної території, розраховано процентне співвідношення ізомерів та метаболітів ДДТ у ґрунті санітарної зони недіючого складу агрохімікатів показане на рис 3.2. Відмічено, що основну частину складають метаболіти 4,4'ДДЕ (51%) та 4,4'ДДД (37%), найменшу – 4,4'ДДТ (12%).

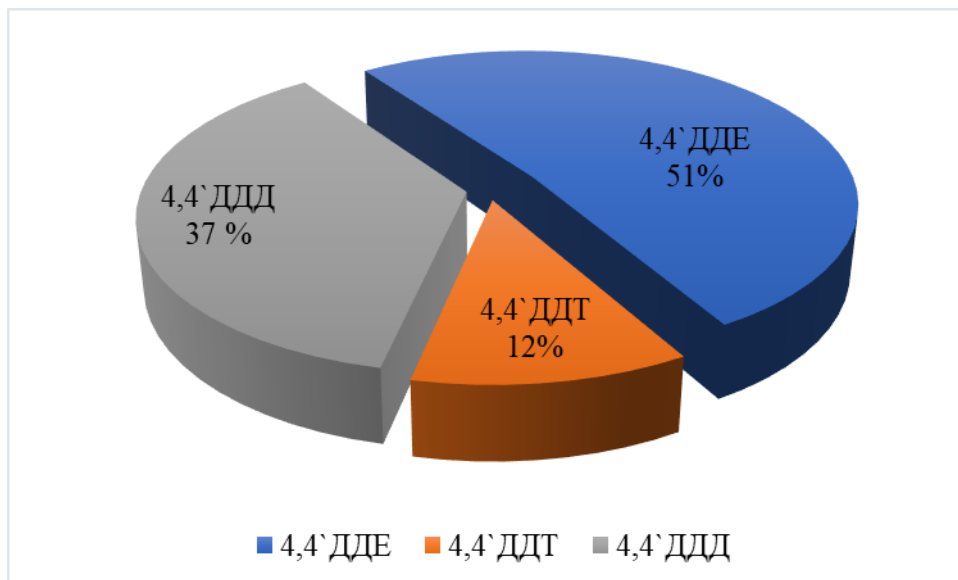


Рисунок 3.1 – Співвідношення метаболітів ДДТ

Такий уміст ізомерів та метаболітів ДДТ, як за даними літературних джерел і власних досліджень підтверджує, що відбувається процес інтенсивної трансформації пестициду. Отже, співвідношення 4,4'ДДТ до вмісту його основних метаболітів є свідченням давнього забруднення ґрунту полютантом та про проходження сильно вираженої його трансформації.

3.2 Міграція та трансформація хлорорганічних забруднень профілем ґрунту

Вертикальна міграція відбувається під дією молекулярної дифузії з капілярною вологою, низхідної течії гравітаційної води, ексудації кореневою системою рослин, у результаті дифузії з ґрунтовим повітрям, у процесах сорбції та десорбції, переміщенні розчинів, емульсій, суспензій. Десорбція пестициду із ґрунтового-вбирного комплексу визначається іонно-обмінними реакціями, температурним фактором, вологістю ґрунту і суттєво залежить від природи препарату. На значні відстані персистентні полютанти, як відомо з літературних джерел, переміщуються під дією потоку гравітаційної води, що виникає після дощу або зрошення. Пониження

токсичного впливу пестицидів на рослинні угруповання, ґрунтові організми пов'язано із здатністю пестициду зв'язуватися з органічною речовиною ґрунту. Отже, гальмування біодеградації органічних забруднювачів може свідчити про зменшення їх доступності рослинам.

Досліджено процес міграції хлорорганічних пестицидів (суми метаболітів ДДТ) профілем темно-сірого опідзоленого ґрунту у зразках, відібраних на відстані від 2 м до 50 м від складу на глибину до 1 (рис. 3.2).

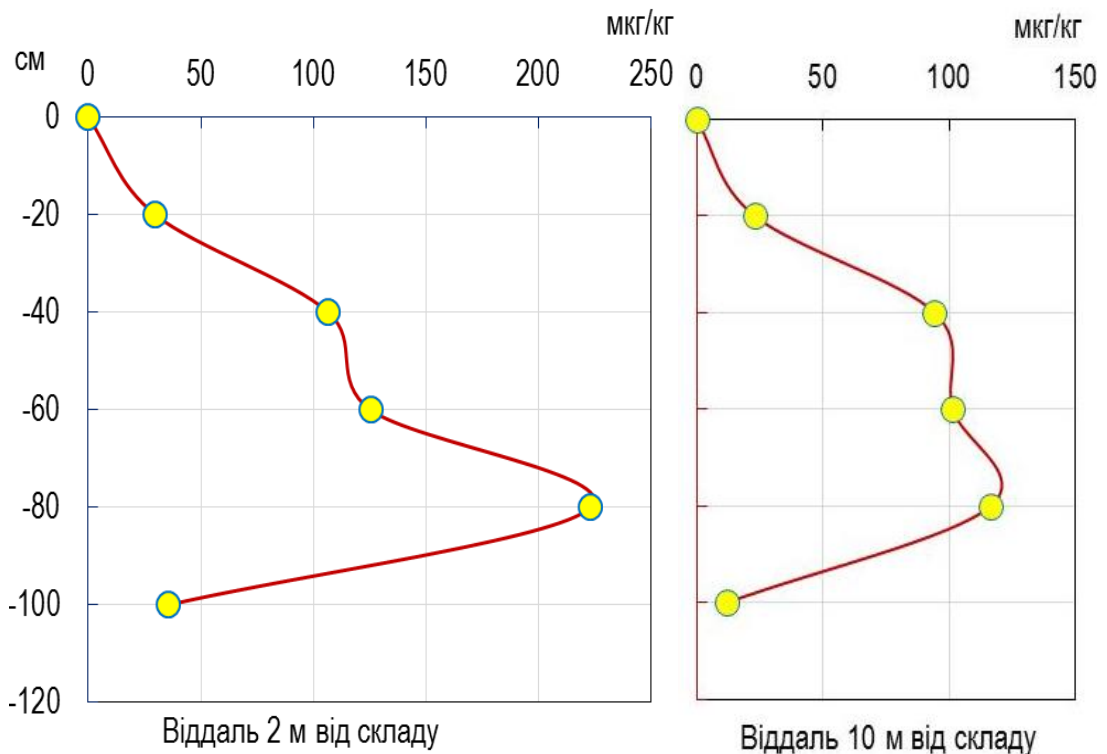


Рисунок 3.2 – Міграція метаболітів ДДТ профілем досліджуваного ґрунту на різних відстанях від складу агрохімікатів

Виявлено, що незначна концентрація ДДТ та його метаболітів на відстані до 2 м від складу спостерігається в орному шарі ґрунту. Такий розподіл за профілем очевидно можна пояснити неоднаковою вихідною кількістю забруднювача, що надійшов до ґрунту. Крім того, це може бути свідченням антропогенного порушення ґрунтового покриву. Метаболіти ДДТ виявлені навіть на глибині до 80 см, що підтверджує міграцію даного ксенобіотика, незважаючи на його низьку розчинність у воді. На відстані

10 м від складу уміст залишків метаболітів ДДТ було виявлено практично у всіх досліджуваних зразках відібраних пошарово (через кожні 20 см) за профілем ґрунту. При цьому, найбільша концентрація спостерігалася на глибині 60–80 см (рис. 3.2). Тобто можна стверджувати, що відбувається процес міграції токсикантів профілем ґрунту, що може спричинити забруднення ґрунтових вод. Виявлено, що в досліджуваних зразках, відібраних на відстані 2 м від складу, спостерігається значна концентрація ХОП на глибині 60-80 см, а на відстані 10 м – на глибині 40-60 см. Тобто можна стверджувати про те, що відбувається процес міграції хлорорганічних пестицидів за профілем ґрунту.

За вмістом хлорорганічних пестицидів розраховано ступінь хімічної деградації ґрунтів. Встановлено, що в радіусі до 10 м навколо складу агрохімікатів ґрунти середньодegradовані (передкризовий стан); а на відстані 10-50 м від складу – слабодegradовані, що відповідає задовільному стану ґрунтів за показниками хімічної деградації ґрунтів.

Крім того показано, що міграція хлорорганічних пестицидів у нижні шари ґрунту відбулася незалежно від ступеня забруднення ґрунтів залишковими кількостями пестицидів: в обох випадках хлорорганічні пестициди знайдено на глибині до 60-80 см. Різна ж глибина міграції хлорорганічних пестицидів в межах одного ґрунту пояснюється особливістю експлуатації санітарних зон складів агрохімікатів.

На сьогодні неможливо віднайти та відновити документацію щодо експлуатації складу, тим більше відновити схеми технологічних зон (місцезнаходження майданчиків для знезараження транспортних засобів, місць затарювання агрохімікатами сільськогосподарського транспорту, ям знезараження тари після використання пестицидів тощо). Тому, при відборі зразків ґрунту не можна достовірно встановити, на яку технологічну зону ми потрапили. У даному випадку досить значну роль поряд з ґрунтово-кліматичними умовами відіграє антропогенний фактор.

З віддаленням від складу вміст хлорорганічних пестицидів у ґрунті зменшується: на відстані 10 м від складу в орному шарі ґрунту кількість виявленого ДДТ майже вдвічі менш від знайденої на метровій відстані від складу (112,4 мкг/кг), а в 50 м від складу вміст ДДТ відповідає фоновим значенням для сільськогосподарських ґрунтів України.

Стовідсоткове прогнозування поведінки пестицидів в системі «ґрунт-рослина» неможливе через існування таких факторів, як: кліматичні умови місцевості, інтенсивність надходження цих ксенобіотиків в ґрунт. До вище перелічених факторів можна віднести ще й те, що потоки речовин у ґрунті зв'язані з нижніми шарами атмосфери, поверхневими і підземними водами, рослинністю, які теж здатні змінюватися [27, 37].

Визначальну бар'єрну роль у ґрунті щодо ксенобіотиків виконує органічна речовина, яка здатна сорбувати значну частину токсикантів і тим самим перешкоджати їх потраплянню в рослини і ґрунтові води. Інтенсивність накопичення хлорорганічних пестицидів та їх похідних у гумусовому горизонті у великій мірі залежить від реакції середовища і від того, які аніони переважають у ґрунтовому розчині [3].

На прикладі закинутого складу, показано рівні різного забруднення ґрунту санітарної зони стійкими ксенобіотиками. Міграція хлорорганічних пестицидів у нижні шари ґрунту відбулася незалежно від рівня забруднення ґрунтів залишками пестицидів: оскільки токсиканти знайдено на глибині до 80 см.

3.3 Токсикотолерантність дикорослих трав і накопичення пестицидів у рослинах

Наступним завданням роботи було дослідити закономірність та інтенсивність нагромадження токсикантів дикорослими рослинами в умовах тривалого полікомпонентного забруднення ґрунту за встановлених ступенів його деградації під впливом хлорорганічних пестицидів.

Встановлено, що у структурі рослинних угруповань територій, прилеглих до складів агрохімікатів, присутні як токсикотолерантні, так і чутливі до токсичного впливу види рослин, що пов'язано з наявністю комплексу токсикантів та їх нерівномірним розподілом у ґрунті. Відокремити вплив певного препарату в польових умовах полікомпонентного забруднення ґрунту неможливо. Можна лише оцінити реакцію рослин на весь комплекс забруднюючих речовин, присутніх у ґрунті, за даних умов середовища.

Для оцінки рослинного угруповання санітарно-захисної зони складу агрохімікатів було проаналізовано такі показники, як видовий склад фітоценозу; видова насиченість і густина рослинного покриву на 1 м² досліджуваної території з віддаленням від джерела забруднення (рис. 3.3).





Рисунок 3.3 – Рудеральні фітоценози навколо складу агрохімікатів

Для виявлення змін у рослинному угрупованні з віддаленням від джерела забруднення територію навколо складського приміщення радіусом 50 м умовно поділили на 12 секторів (дослідних ділянок), розміщених у південному, північному, східному та західному напрямках на відстанях 1-50 м від приміщення складу. У межах кожного з секторів закладали по 3–4 облікові рамки.

Отриманими результатами досліджень встановлено, що рослинне угруповання досліджуваної території представлено 18 видами та виявлено, що з віддаленням від джерела забруднення у всіх напрямках збільшується густина рослинного покриву та видова насиченість рослинного угруповання. Порівняння облікових ділянок за кількістю видів та густиною рослинного покриву на різній відстані від джерела забруднення протягом дослідних років показало, що відбувається поступове заростання забрудненої території.

Найменша видова насиченість та мінімальна щільність рослинного покриву спостерігається у безпосередній близькості до джерела забруднення (1 м). Ці показники свідчать про наявність фітотоксикантів у ґрунті у значних концентраціях, що виключають наявність чутливих до токсичного впливу видів рослин.

При полікомпонентному забрудненні ґрунту насіннєве розмноження рослин має другорядне значення, завдяки посиленому токсичному впливу на проростки, тому багаторічні рослини, що здатні до вегетативного розмноження набувають більшого поширення. На більшості облікових ділянок домінують багаторічники, лише з віддаленістю від складу частка як однорічних, так і дворічних видів зростає. Максимальна частка багаторічних рослин (96%) була виявлена у межах ділянки 50 м від джерела забруднення (рис. 3.4).

У складі фітоценозу досліджуваної території присутні як рудеральні бур'яни, так і лучні види. З віддаленням від джерела забруднення зростає частка лучної рослинності. Отже, рослинне угруповання змінюється за видовим багатством, набором видів, густиною рослинного покриву, кількістю ботанічних родин та агробіологічних груп у залежності від близькості джерела забруднення. В умовах полікомпонентного забруднення території формується фітоценоз, в якому переважають багаторічні види рослин із здатністю до вегетативного розмноження.

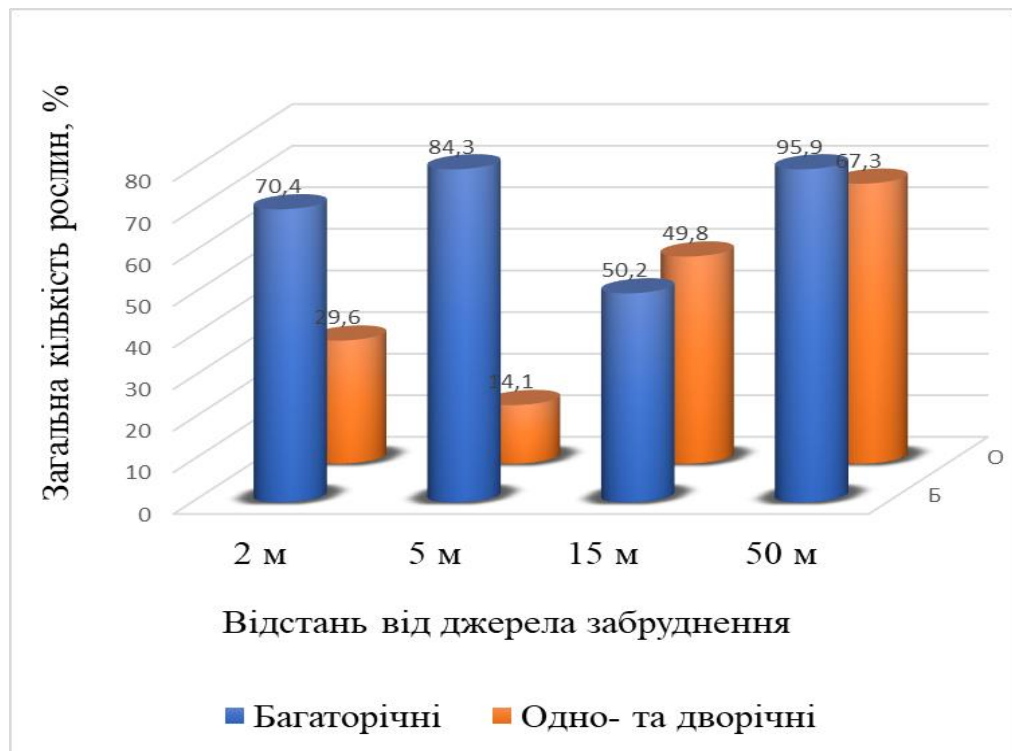


Рисунок 3.4 – Структура рослинного угруповання за тривалістю життя рослин

Кількісні та якісні характеристики рослинності у межах санітарно-захисних зон складів пестицидів можуть слугувати індикаційними показниками ступеня забруднення ґрунту токсикантами.

3.4 Оцінка насіннєвого запасу ґрунту забрудненої території

Проаналізувавши отримані дані щодо фітотоксичності ґрунтового покриву та домінування у структурі місцевого фітоценозу багаторічних видів, здатних до вегетативного розмноження, дозволяють зробити припущення, що в умовах полікомпонентного забруднення ґрунту високими концентраціями пестицидів насіннєве розмноження навіть у стійких видів зводиться до мінімуму або й узагалі відсутнє. У літературі є дані щодо фертильності та втрати життєздатності пилку у рослин, а також збільшення рівня структурних мутацій хромосом у репродуктивних клітинах як результату хронічної дії пестицидів [2, 18, 25]. У зв'язку з цим виникає питання чи формують рослини в умовах полікомпонентного забруднення

грунту життєздатне насіння, здатне до проростання, і чи впливають залишки пестицидів у ґрунті на схожість насіння місцевих та заносних видів.

За відсутності забруднення у природних умовах запас насіння різних видів рослин, наявний у ґрунті, щороку поповнюється новим “урожаєм”. Насіння проростає малими порціями за сприятливих умов (температури, освітлення, вологості, газового режиму, наявності нітратів у ґрунтового розчині). Повноцінні сходи з’являються з глибини близько 5, не більше 7–8 см. Повне очищення ґрунту дослідники спостерігали лише через 24 роки за умов відсутності надходження нових порцій насіння у ґрунт [2, 11, 19, 20]. У природі в умовах забруднення ґрунту на здатність насіння до проростання можуть негативно впливати як токсиканти, так і метеорологічні умови.

У табл. 3.4 наведено перелік видів рослин місцевого фітоценозу у межах та поблизу точок відбору дослідних зразків (результати облікових досліджень).

За отриманими результатами досліджень та даними облікових обстежень дослідних років можна зробити висновок, що найнижчі показники забруднення ґрунту пестицидами і потенційно більший насінневий запас у ґрунті у порівнянні з іншими варіантами спостерігається на відстані 50 м, а отже, найкращі можливості для насінневого розмноження рослин та максимальним проростанням рослин у весняний період, що підтверджується найбільшою густиною рослинного покриву та кількістю представлених видів у природних умовах у порівнянні з іншими варіантами. Ґрунт дослідних варіантів на відстані 2 та 5 м забруднений значними концентраціями хлорорганічних пестицидів, тому є низький насінневий запас у ґрунті у порівнянні з обліком рослинності на відстані 50 м від складу. Закріплення деяких дикорослих рослин у рослинному угрупованні свідчить про толерантність цих видів до негативного впливу пестицидів.

Отже, мінімальні запаси життєздатного насіння свідчать про те, що комплекс наявних залишкових кількостей препаратів у ґрунті проявляє інгібуючу дію на насіннєве розмноження рослин.

Таблиця 3.4 – Видовий склад та густина рослинного покриву

Відстань від складу, м	Кількість особин на 1 м ²		Перелік видів
	видів	рослин	
2	7	79	деревій звичайний, кропива дводомна, лопух великий, пирій повзучий, полин гіркий, полин звичайний, різак звичайний, різнотрав'я
5	5	124	деревій звичайний кропива дводомна, пирій повзучий, полин гіркий, полин звичайний, різнотрав'я
10	9	148	деревій звичайний, кропива дводомна, пирій повзучий, полин гіркий, полин звичайний, лопух великий, тонконіг лучний, кульбаба лікарська, різак звичайний, різнотрав'я
50	18	251	деревій звичайний, лопух великий, полин гіркий, полин звичайний, пирій повзучий, різак звичайний, тонконіг лучний, кропива дводомна, кульбаба лікарська, тонконіг вузьколистий, амброзія полинолиста, куничник наземний, злінка канадська, метлюг звичайний, грястиця збірна, підмаренник чіпкий, морква дика, конюшина рожева, різнотрав'я

Найбільш негативний вплив на формування та життєздатність утвореного насіння, процеси його проростання спричиняється забрудненням ґрунту гербіцидами у кількостях, що перевищують ГДК.

Таким чином бачимо, що рослинне угруповання змінюється за видовим багатством, набором видів, густотою рослинного покриву, кількістю ботанічних родин та агробіологічних груп у залежності від близькості до джерела забруднення. В умовах полікомпонентного забруднення території формується фітоценоз, в якому переважають багаторічні види рослин із здатністю до вегетативного розмноження.

3.5 Особливості біоаккумуляції та транслокації хлорорганічних пестицидів рослинами

З метою виявлення у структурі фітоценозу, сформованого в умовах високого пестицидного навантаження ґрунту в межах зони складу отрутохімікатів, дикорослих видів рослин з високою здатністю до фітоекстракції та фітодеградації токсикантів проведено визначення залишкових кількостей ХОП у тканинах рослин. На основі отриманих даних про ступінь хімічної деградації ґрунтового покриву навколо складського приміщення, для дослідження було відібрано види рослин з ділянок з максимальними рівнями забруднення ДДТ, у тому числі, і види толерантні до присутності гербіцидів у ґрунті.

Одним із основних показників здатності рослин до фітоекстракції забруднювачів із забруднених ґрунтів є коефіцієнт транслокації, який характеризує інтенсивність процесу переходу токсикантів з підземної у надземну частину рослин [19, 20]. Це безрозмірна величина, що визначається як співвідношення вмісту пестицидів у надземних органах рослин до їх вмісту у кореневій системі. Американський вчений Дж. Ввайт вважає, що при значеннях цього коефіцієнта ≥ 1 , рослини володіють високою здатністю переміщувати токсиканти із кореневої у надземну частину та є перспективними для використання у технологіях фітоекстракції [19, 32, 36].

Для рослин кожного виду ми визначали залишкові кількості хлорорганічних пестицидів окремо у надземних і підземних органах (у

мкг/кг), а також розраховували коефіцієнт біонакопичення (співвідношення вмісту пестицидів у рослині до їх вмісту у ризосферному ґрунті) та коефіцієнт транслокації токсикантів (співвідношення вмісту пестицидів у надземній частині до вмісту у кореневій системі рослин). Серед наведених показників проводили вибір критеріїв фіторе mediaційної спроможності для дикорослих видів рослин.

В основі фіторе mediaційної спроможності рослин лежить здатність толерантних видів до акумуляції і транслокації токсикантів, що дозволяють здійснити фітоекстракцію пестицидів. Внесення мінеральних та органічних добрив у забруднений пестицидами ґрунт збільшує фіторе mediaційну спроможність рослин за рахунок подовження вегетаційного періоду, зростання висоти рослин і, у результаті, збільшення біомаси [19, 20, 36].

Концентрація пестицидів у рослинах визначається комплексом факторів: адсорбцією і властивостями токсиканта, типом ґрунту, видовими і фізіолого-біохімічними особливостями рослин, зокрема потужністю кореневої системи, тривалістю вегетаційного періоду, фазою розвитку, а також метеорологічними умовами. Сукупність цих факторів визначає нерівномірний розподіл пестицидів у різних частинах рослин [3, 11, 27, 31, 33, 34].

Аналізуючи отримані результати щодо концентрації хлорорганічних пестицидів у структурі рослинних угруповань навколо складу непридатних до використання пестицидів (табл. 3.5) зазначимо, що найбільше перевищення ГДК для стійких хлорорганічних пестицидів спостерігається в рослинах, відібраних безпосередньо біля сховища.

Таблиця 3.5 – Вміст залишкових кількостей хлорорганічних пестицидів у біомасі дикорослих видів рослин

Вид рослини	Вміст суми ізомерів та метаболітів ДДТ, мкг/кг		
	грунт ризосфери	надземні органи	коренева система
Полин звичайний	1530,8±4,9	1715,2±2,4	1691,1±2,7
Кульбаба лікарська	2174,4±9,7	1661,6±1,9	2617,0±4,6
Тонконіг вузьколистий	1376,4±2,7	620,2±0,8	1365,6±1,7
Лопух великий	1427,3±3,2	195,3±0,7	1204,2±2,4
Різак звичайний	1164,2±4,2	225,4±0,9	930,1±1,3
Пирій повзучий	1611,5±2,7	51,0±0,3	538,5±2,0
Деревій звичайний	1834,6±3,1	14,7±0,2	382,5±1,8
ГДК	100		

Результати досліджень показали, що дикорослі види рослин, толерантні до токсичного впливу пестицидів, здатні активно накопичувати ДДТ у тканинах своїх надземних і підземних органів. Причому, у переважній більшості, досліджувані багаторічні дикорослі рослини здатні до накопичення ДДТ та його метаболітів у значно більших кількостях у тканинах коренів, порівняно з надземними органами. Виключення становив полин звичайний, який при вмісті ДДТ у ґрунті ризосфери у кількості 1530,8 мкг/кг (15,3 ГДК), накопичував пестицид у надземних органах рослин у концентрації 1715,2 мкг/кг у перерахунку на суху масу рослин, а його коренева система – 1691,1 мкг/кг. Найнижчі показники вмісту пестицидів

отримано для деревію звичайного, де мінімальні концентрації ДДТ знайдено в надземних органах – 14,7 мкг/кг, а у кореневій системі – 382,5 мкг/кг.

Тривале використання хлорорганічних пестицидів у різних галузях народного господарства і насамперед у аграрному секторі викликали відчутні порушення біологічної рівноваги в природі. Вони характеризуються токсичними властивостями, тому вивчення особливостей їх міграції, накопичення та впливу на компоненти біоценозів і здоров'я людини становить значний науково-практичний інтерес.

Розраховано коефіцієнти біонакопичення та транслокації хлорорганічними пестицидами та їх похідними (табл. 3.6). Встановлено, що коефіцієнт транслокації при різних рівнях забруднення ґрунту ДДТ і його метаболітами змінюється у межах 0,04–1,03.

Літературні джерела вказують на те, що коефіцієнт транслокації залежить лише від фізіологічних особливостей рослин і може бути використаний як критерій фіторе mediaційної спроможності дикорослих видів рослин [11, 19, 20, 21, 27, 36].

Таблиця 3.6 – Біонакопичення та транслокація ДДТ і його метаболітів дикорослими видами рослин, мкг/кг

Вид рослини	Коефіцієнт біонакопичення	Коефіцієнт транслокації
Полин звичайний	1,14	1,03
Кульбаба лікарська	0,98	0,64
Тонконіг вузьколистий	0,63	0,45
Лопух великий	0,43	0,16
Різак звичайний	0,31	0,24
Пирій повзучий	0,18	0,09
Деревій звичайний	0,11	0,04

Розрахунки показали тісний корелятивний зв'язок між вмістом ДДТ у ризосферному ґрунті і органах рослини. Найвищі показники коефіцієнтів транслокації і біонакопичення виявлено для рослин полину звичайного, кульбаби лікарської і тонконога вузьколистого. Так, коефіцієнт біонакопичення був максимальним для полину звичайного і становив 1,14, при цьому коефіцієнт транслокації для цього виду складав 1,03. Такі показники свідчать про високу інтенсивність поглинання ДДТ цим видом рослин.

Високі значення коефіцієнтів біонакопичення і транслокації виявлено для кульбаби лікарської (0,98 і 0,64) і для тонконога вузьколистого (0,63 і 0,45). Це підтверджує припущення, що коефіцієнти біонакопичення дикорослих рослин знаходяться в тісному корелятивному зв'язку з коефіцієнтами транслокації, хоча останній не в повній мірі залежить від ступеня забруднення ґрунту ДДТ. Наприклад, виключенням була рослина лопуха великого, де при вмісті в ризосферному ґрунті ДДТ на рівні 1627,3 мкг/кг, коефіцієнт транслокації для цієї рослини становив 0,16. Так, для рослин лопуха великого, різака звичайного, пирію повзучого і деревію звичайного були невисокими показники коефіцієнтів біонакопичення (0,43, 0,31, 0,18 і 0,11) і транслокації (0,16, 0,24, 0,09 і 0,04). Отримані результати підтверджують існування певного фізіологічного бар'єру щодо накопичення рослинами хлорорганічних сполук з ґрунту та залежність такого накопичення від видових особливостей рослин, що є наслідком активізації комплексу захисних механізмів рослинного організму, спрямованих на призупинення процесу міграції токсикантів з ґрунту.

Незважаючи на те, що наведені у таблиці 4.3 види мають невисокі значення коефіцієнтів транслокації, слід враховувати, що це багаторічні рослини, здатні рости в умовах фітотоксичності ґрунту і накопичувати ДДТ та його метаболіти у значних кількостях у тканинах коренів. Це свідчить про можливість застосування даних видів як фітостабілізаторів стійких органічних забруднювачів у ґрунті для запобігання міграційним процесам.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів при роботі з пестицидами

Охорона праці – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних, гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на створення безпечних умов, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Складовими охорони праці є законодавство про працю, виробнича санітарія і безпека застосування різних технічних засобів на виробничих процесах у сільському господарстві, включаючи і пожежну безпеку.

Усі роботи з хімічного захисту рослин проводяться під керівництвом дипломованого спеціаліста з захисту рослин [22, 23]. Особи, що залучаються до роботи з пестицидами, щорічно в обов'язковому порядку проходять медичний огляд та інструктаж з техніки безпеки, що реєструється у спеціальному журналі згідно ДНАОП 2.0.00-1.01-12 «Правила охорони праці в сільськогосподарському виробництві».

Особи, що виконують роботи, пов'язані з контактом з пестицидами, обов'язково повинні користуватися засобами індивідуального захисту згідно ДНАОП 0.00-3.01-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам сільського та водного господарства».

Щоб запобігти шкідливому впливу сільськогосподарських отрутохімікатів на організм людини потрібно правильно організувати роботу. Перед початком роботи на даних пунктах робітники отримують інструктажі з техніки безпеки та навчаються надавати першу медичну допомогу. Після навчання і інструктажу робиться запис в відповідний журнал реєстрації інструктажів з охорони праці.

Заборонено працювати з пестицидами: особам, що не досягли 18-річного віку; вагітним жінкам; жінкам, в період годування; особам, у яких впродовж року були хірургічні операції; особам, які мають медичні протипоказання; особам у стані алкогольного сп'яніння.

При роботі з особливо небезпечними пестицидами, робочий день складає не більше 4 год, з можливістю допрацювання 2 год у безпечних умовах, з усіма іншими препаратами тривалість складає 6 год. Робітники повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту, спеціальним

харчуванням, та мати змогу прийняти душ і попрали одяг. Місце для прийому їжі та відпочинку розташовується з того боку, з якого дме вітер, більше ніж за 200м від поля. Тут мають бути ємність з питною водою, умивальник, миючий засіб, рушник та медична аптечка.

На відстані більше за 300 м від меж поля, перед початком використання сільськогосподарських отрутохімікатів, встановлюються попереджувальні знаки, які знімають по закінченню робіт. Також повинно відбуватися інформування про місце і термін робіт для місцевого населення та власників бджільництва. При наземній обробці СЗЗ становить 500 м, при авіаційній – 1000 м.

Найбільш шкідливим процесом є приготування робочих розчинів, адже при цьому концентрація отрутохімікатів підвищується в 15-20 разів за допустимої норми, при використанні, а при частковій автоматизації – в 6-7 разів. Розчини готуються на пунктах хімізації, які розташовують більш ніж за 200м від водозаборів, житлової зони та приміщень з тваринами. На цих спеціальних пунктах розміщують ємності з пестицидами, водою, гашеним вапном, ваги та гирі. Рідини, з особливо небезпечними пестицидами, готуються за допомогою автоматизованих апаратів, які обладнані гідромішалками.

При роботі з рідинами потрібно знаходитися з боку, з якого дме вітер та неодмінно використовувати засоби індивідуального захисту і слідкувати, щоб пил та краплі не опинилися на одязі та відкритих ділянках шкіри.

Засоби індивідуального захисту скидаються у певній послідовності: спочатку у розчині вапна, згодом у воді миють засоби захисту рук, після чого скидають окуляри та респіратор, чоботи і комбінезон, потім рукавички повторно миються і скидаються.

Заборонено покидати робочі розчини, невикористані та залишкові пестициди, без охорони, після закінчення робіт їх потрібно помістити на склад, а відкриті земельні ділянки необхідно обробити розчином вапна та перекопати [3, 23]. Працівникам заборонено підніматися на або спускатися з машин під час їх руху. Не дозволяється сівачам працювати на навісних сівалках [23].

4.2 Безпека в надзвичайних ситуаціях. Хімічне отруєння

Першими ознаками хімічного отруєння можуть бути: запаморочення, нудота, головний біль. У цьому випадку, потерпілому повинна надатися перша допомога, не очікуючи медичного працівника. В першу чергу, слід

вивести постраждалого на свіже повітря, зняти з нього спецодяг, при цьому захищаючи свої руки гумовими рукавичками. При роботі з сільськогосподарськими отрутохімікатами обов'язково потрібно мати аптечку першої долікарської допомоги.

При потраплянні пестициду в організм людини через шлунково-кишковий тракт, робітника слід напоїти теплою водою, або слабко-рожевим розчином марганцевокислого калію чи розчином гірчиці і штучно викликати блювоту, за умови якщо у постраждалого немає запаморочення. Після цього необхідно випити 0,5 склянки води з 2-3 столовими ложками активованого вугілля чи розчин крохмалю з водою. Коли, отруйна речовина зі шлунку буде видалена потрібно прийняти сольовий проносний засіб (20г гіркої солі на півсклянки води) Якщо в шлунково-кишковий тракт потрапив рідкий аміак необхідно зробити промивання 1-2% р-ном оцтової кислоти.

При потраплянні пестициду в організм людини через дихальні шляхи, симптомами чого є: кашель, задуха, синюшність, слід скористатися 2% розчином питної соди для проведення теплої інгаляції. Якщо сталося отруєння аміаком потрібно використати 1-2% розчин оцтової чи лимонної кислоти. При спазмах у горлі та сильному кашлі потрібно проковтнути 1 пігулку від кашлю, в якій міститься кадеїн фосфат та чимось теплим обв'язати шию. При порушенні дихання або його зупинці, необхідно зробити штучне дихання, за умови, що дихання постраждалого не хрипле. Якщо у потерпілого виникла задуха, потрібно підтримувати вдихання кисню з кисневої подушки, до тих пір, доки посиніння і задуха не мінімізуються.

При потраплянні препарату на шкіру, його необхідно швидко змити водою або зняти ватою чи марлею, при цьому не розмазуючи його, після чого обмити водою з милом. Якщо на шкіра була уражена аміаком, необхідно обмити обпечені ділянки водою та накладити примочки із 5 % р-ну оцтової або лимонної кислоти.

Якщо у постраждалого запаморочення, в першу чергу, необхідно понюхати вату, змочену нашатирним спиртом та розтерти шкіру в ділянці скронь. При виникненні судом постраждалого необхідно вивести на чисте повітря. Якщо серцева діяльність послаблена, то необхідно зробити масаж серця через грудну клітку [6, 23].

ВИСНОВКИ

1. Проведено агроекологічну оцінку ґрунтів на території санітарно-захисної зони агрохімікатів. Встановлено, що такі зони є небезпечними джерелами потрапляння стійких забруднювачів у трофічні ланцюги.

2. Визначено ступінь хімічної деградації ґрунтів за вмістом хлорорганічних пестицидів (ДДТ та їх метаболітів). В загальному результати досліджень показують, що забруднення в районі складу отрутохімікатів має плямистий характер, що обумовлено особливостями експлуатації території в минулому.

3. Встановлено, що в радіусі до 10 м навколо складу агрохімікатів ґрунти середньодegradовані (передкризовий стан); а на відстані 10-50 м від складу – слабодegradовані, що відповідає задовільному стану ґрунтів за показниками хімічної деградації ґрунтів.

4. Дослідженнями встановлено, що стійкі хлорорганічні пестициди можуть мігрувати у глибші горизонти ґрунту. Можна стверджувати, що відбувається це за рахунок комплексоутворення у ґрунтових розчинах. У досліджуваному темно-сірому опідзоленому ґрунті максимальні кількості ДДТ знаходяться в ілювіальному горизонті, для якого характерні виразні ознаки акумуляції винесених з верхніх горизонтів речовин, здебільшого колоїдів, які й затримують токсикант.

5. З'ясовано, що залишкові кількості пестицидів здатні адсорбуватися частинками ґрунту, що зменшує їх біодоступність.

6. Виявлено, що у структурі фітоценозів едафотопів складу агрохімікатів у межах забрудненої пестицидами території зростають дикорослі види рослин здатні до акумуляції та деградації токсикантів.

7. З'ясовано, що дикорослі види рослин, які мають критерії толерантності ≈ 1 та коефіцієнти транслокації з кореневої у надземну частину рослини < 1 , є ефективними в плані фіторемедіації ґрунтів та міграції хлорорганічних пестицидів та їх похідних в умовах полікомпонентного забруднення. Встановлено тісний корелятивний зв'язок між вмістом ДДТ у ризосферному ґрунті і органах рослини.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів: Монографія / В.П. Патики, Н.А. Макаренко, Л.І. Моклячук та ін. К.: Основа, 2005. 300 с.
2. Використання апарату нечітких нейронних мереж для виявлення толерантних до пестицидного навантаження видів дикорослих рослин / В. А. Петришина, Л.І. Моклячук, В.П. Лисенко, В.М. Штепа // *Аграрна наука та освіта*. 2008. Т. 9. № 1-2. С. 87-94.
3. Городиська І.М. Ремедіація забрудненого хлорорганічними пестицидами ґрунту за допомогою лужних агентів: дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16 – екологія. Інститут агроєкології УААН. Київ, 2006. 184 с.
4. Допустимі дози, концентрації, кількості та рівні вмісту пестицидів у сільськогосподарській сировині, харчових продуктах, повітрі робочої зони, атмосферному повітрі, воді водоймищ, ґрунті: Державні санітарні правила та норми: ДСанПіН 8.8.1.2.3.4-000-2001. К., 2001. 244 с.
5. Екотоксикологія: навч. посібник / В. В. Снітинський, П. Р. Хірівський, П. С. Гнатів, Г. Л. Антоняк, Н. Є. Панас. Херсон: Олді-Плюс, 2011. 327 с.
6. Екологічні основи збалансованого розвитку агросфери в контексті європейської інтеграції України : монографія / О. І. Фурдичко // НААН України. Ін-т агроєкології і природокористування. К.: ДІА, 2014. 428 с.
7. Іванків М.Я., Вовк С.О. Особливості міграції та накопичення хлорорганічних пестицидів у ґрунті у зоні складів їх тривалого зберігання. *Вісник Львівського НАУ: агрономія*. Львів: Львівський НАУ, 2011. № 15 (1). С. 91–94.
8. Катков М.В., Юрченко А.И., Буланова А.А. Визначення об'ємної конфігурації забруднення ґрунтових компонентів лінійним джерелом хлорорганічних пестицидів. *Науково-технічний збірник «Комунальне господарство міст»*. Серія: технічні науки та архітектура. 2019. Том 1. Вип. 147. С. 106-111. DOI [10.33042/2522-1809-2019-1-147-106-111](https://doi.org/10.33042/2522-1809-2019-1-147-106-111)
9. Клисєнко М.А. Методы определения микроколичеств пестицидов в продуктах питания, кормах, и внешней среде. Справочник / М.А. Клисєнко, А.А. Калинина, К.Ф. Новикова, Г.А. Хохолькова. Т.1. М.: Колос, 1992. 567 с.; Т.2. М.: Агропромиздат, 1992. 416 с.

10. Крук Л. С. Екотоксична дія пестицидів в агроценозах України як функція фізико-хімічної будови їх молекул: дис. ... канд. с.-г. наук : 03.00.16 – екологія. УААН, Ін-т агроекології і біотехнології. К., 2001. 160 с.
11. Лобачевська О. В. Механізми толерантності рослин та їх адаптація до стресу. *Наукові основи збереження біотичної різноманітності: матеріали 8-ої наук. конф. молодих учених.* Львів, 2007. С. 25–31.
12. Малюк Л.П. Токсичні речовини у харчових продуктах та методи їх визначення: Підручник / А.А. Дубініна, Л.П. Малюк, Г.А. Селютіна, Т. М. Шапорова, Л. В. Кононенко, В.А. Науменко. К. ВД «Професіонал», 2007. 384 с.
13. Методичні вказівки з визначення мікрокількостей пестицидів у харчових продуктах, кормах та довкіллі. Зб. № 42. Офіційне вид. К., 2005. 246 с.
14. Методичні рекомендації з агроекологічної оцінки забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів / В.П. Патица, Л.І. Моклячук, Г. Г. Андрієнко та ін. К.: Мінагрополітики, 2005. 27 с.
15. Методичні рекомендації з фітотестування забруднених стійкими пестицидами ґрунтів / О.І. Фурдичко, М.М. Мовчан, Л.І. Моклячук та ін.; під наук. ред. О. І. Фурдичка. К.: ЦНТІ, 2008. 24 с.
16. Моклячук Л.І., Городиська І.М., Тертична О.В. Вплив забруднення хлорорганічними пестицидами на ферментативну активність ґрунту. *Наук. вісн. Нац. аграр. ун-ту.* НАУ. К., 2007. Вип. 117. С. 88–93.
17. Моклячук Л.І. Науково-методичні основи екотоксикологічного моніторингу і ремедіації забруднених органічними ксенобіотиками ґрунтів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктора с.-г. наук: спец. 03.00.16 – екологія. К., 2008. 40 с.
18. Нуржанова А. А. Эколого-генетические аспекты токсичности и мутагенеза пестицидов. Алматы, 2007. 172 с.
19. Петришина В.А. Агроекологічне обґрунтування фіторемердіаційної спроможності дикорослих видів рослин: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня кандидата с.-г. наук: спец. 03.00.16 – екологія. К., 2009. 21 с.
20. Петришина В. А., Моклячук Л. І. Критерії агроекологічної оцінки фіторемердіаційного потенціалу дикорослих рослин до ДДТ. *Агроекологічний журнал.* 2009. №1. С. 40-42.
21. Петрук Р.В., Петрук Р.В, Кравець Н.М., Трач І.А., Кватернюк С.М., Варакса В.В. Аналіз фітотоксичного ефекту небезпечних пестицидних

- препаратів за допомогою біоіндикації. *Науково-технічний журнал «Техногенно-екологічна безпека»*. 6(2/2019). С. 42-48. DOI: [10.5281/zenodo.3559014](https://doi.org/10.5281/zenodo.3559014)
22. Петрук Р.В. Наукове обґрунтування оптимальних форм інтегрованого управління екологічною безпекою непридатних пестицидів та пестицидвмісних відходів: дисертація на здоб. наук. ступеня д-ра техн. наук: спец. 21.06.01 «Екол. безпека». Національний університет «Львівська політехніка» МОН України, Львів, 2020. 345 с.
23. Про затвердження Правил охорони праці у сільськогосподарському виробництві [Електронний ресурс]: наказ МНС України від 26 листопада 2012 року № 1353. Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z2075-12>
24. Склади зберігання непридатних та заборонених до використання хімічних засобів захисту рослин – джерело небезпеки для навколишнього середовища / Л.І. Моклячук, Ю.С. Баранов, І.М. Городиська, В.В. Монарх, А.О. Білоус // *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Сільськогосподарські науки*. Вінниця. Вип. № 1 (57), 2012. С. 65-69.
25. Слободенюк О.А. Утилізація рослин, забруднених дихлордифенілтрихлорметилметаном. *Науковий вісник НЛТУ України: Збірник науково-технічних праць*. Львів: РВВ НЛТУ України. 2012. Вип. 22.11. С.128-132.
26. Соломенко Л.І. Виявлення ксенобіотичних властивостей пестицидів у ґрунтовому середовищі. *Biological systems: theory and innovation*. 2019. Vol. 10. №2. P. 61-67. URL: <http://journals.nubip.edu.ua/index.php/Biologiya/editor/submission/12609>
27. Соломенко Л. І., Кудрявицька А. М., Вороніна Д. Ю. Екологічна оцінка післядії пестицидів у системі «ґрунт-рослина». *Topical issues of the development of modern science. Abstracts of the 12th International scientific and practical conference*. Publishing House “ACCENT”. Sofia, Bulgaria. 2020. Pp. 288–296. URL: <https://sci-conf.com.ua/xii-mezhdunarodnaya-nauchno-prakticheskayakonferentsiya-topical-issues-of-the-development-of-modern-science-29-31-iyulya-2020-goda-sofiya-bolgariya-arhiv/>
28. Якість ґрунту. Визначення хлорорганічних пестицидів та поліхлорбіфенілів. Газово-хроматографічний метод з детектуванням захопленням електронів: ДСТУ ISO 10382:2004. [Чинний від 01.05.06]. К.: Держспоживстандарт України, 2004. 13 с.

29. Assessment of soil and soil trophic chains contamination by persistent organic pollutants / Khahula V.S., Karaulna V.M., Bogatyr L.V., Karpuk L.M., Krykunova O.V. et al. *Ukrainian Journal of Ecology*; Melitopol. 2018. Vol. 8, Iss. 2. P. 42-53. DOI:[10.15421/2018_308](https://doi.org/10.15421/2018_308)
30. Dichlorodiphenyltrichloroethane (DDT): Ubiquity, Persistence, and Risks / Vladimir Turusov, Valery Rakitsky and Lorenzo Tomatis // *Environmental Health Perspectives*. Vol. 110, No. 2, Feb., 2002. P. 125-128. DOI: [10.1289/ehp.02110125](https://doi.org/10.1289/ehp.02110125)
31. DDT and associated compounds // IARC Monogr. Eval. Carcinogen. Risks Hum.: Occup. Expos. Insect Appl. Some Pesticides: Views and Expert Opin. IARC Work Group Eval. Carcinogen. Risks Hum., Lyon. 16-23 oct.,1990. Lyon. 1991. Vol. 53. P. 179-249.
32. Fitoremediacja – niedoceniony potencjał roślin w oczyszczaniu środowiska. Phytoremediation – the underestimated potential of plants in cleaning up the environment / A. Grobelak, M. Kacprzak, K. Fijałkowski // *Journal of Ecology and Health*. Vol. 14, Nr 6 (84), 2010. s. 276-280.
33. Ivankiv M. Ya., Vovk S.O. Accumulation of organochlorine pesticides in vegetation around of places of their storage. *Folia Pomeranae Universitatis Technologiae Stetinensis, Agricultura, Alimentaria, Piscaria, et Zootechnica*. Szczecinie, 2014, 315 (32). P. 15-20.
34. Fantke P. Modeling the environmental impacts of pesticides in agriculture. In: Weidema, B.P. (Ed) *Assessing the environmental impact of agriculture*, Burleigh Dodds Science Publishing. Cambridge, United King. 2019. DOI: [10.19103/AS.2018.0044.08](https://doi.org/10.19103/AS.2018.0044.08)
35. Moklyachuk L., Slobodenyuk O., Petryshyna V., Nedashkivska O. The ecotoxicological estimation of the sites polluted with obsolete pesticides. *Obsolete pesticides in Central and Eastern European, Caucasus and Central Asia Region: Start of clean up : 20-22 September 2007*. Chisinau, Republic of Moldova, 2007. 76 p.
36. White J. Phytoremediation of weathered p,p-DDE residues in soil // *Int. J. Phytoremediat.* 2000. Vol. 2. P. 133-144.
37. Włóka D., Kacprzak M., Placek A. Badanie kinetyki procesu biodegradacji wybranych zanieczyszczeń organicznych w glebie. *Interdyscyplinarne Zagadnienia w Inżynierii i Ochronie Środowiska*. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej. Wrocław, 2015. P. 468-480. DOI:[10.13140/RG.2.1.2932.1127](https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2932.1127)