

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ,
ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКОЛОГІЇ

ДОПУСТИТИ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач випускової кафедри
_____ Т.В. Дудар
« _____ » _____ 2021 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА
(ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА)

ВИПУСКНИКА ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

ЗА СПЕЦІАЛЬНІСТЮ 101 «ЕКОЛОГІЯ»,
ОСВІТНЬО-ПРОФЕСІЙНОЮ ПРОГРАМОЮ
«ЕКОЛОГІЯ ТА ОХОРОНА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА»

Тема: «Використання пестицидів у виробництві труб для зрошення з метою захисту від шкідників»

Виконавець: студент групи ЕК-201М Шабалков Дем'ян Олександрович
(студент, група, прізвище, ім'я, по батькові)

Керівник: професор кафедри екології, доктор біол. наук, ст.н.сп. Міхеєв Олександр Миколайович
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище, ім'я, по батькові)

Консультант розділу «Охорона праці»: _____
(підпис)

Леонов В.І.
(П.І.Б.)

Нормоконтролер: _____
(підпис)

Явнюк А.А.
(П.І.Б.)

КИЇВ 2021

НАЦІОНАЛЬНИЙ АВІАЦІЙНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет екологічної безпеки, інженерії та технологій

Кафедра екології

Спеціальність, освітньо-професійна програма: спеціальність 101 «Екологія»,
ОПП «Екологія та охорона навколишнього середовища»

(шифр, найменування)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Дудар Т.В.

«_____» _____ 2021 р.

ЗАВДАННЯ

на виконання дипломної роботи

Шабалкова Дем'яна Олександровича

1. Тема роботи «Використання пестицидів у виробництві труб для зрошення з метою захисту від шкідників»

затверджена наказом ректора від «15» вересня 2021 р. №1872/ст.

2. Термін виконання роботи: з 15.09.2021 р. по 28.12.2021 р.

3. Вихідні дані роботи: результати лабораторних досліджень зразків води щодо вмісту свинцю, кадмію, миш'яку та біфентрину.

4. Зміст пояснювальної записки: хімічний аналіз води, що перебувала під впливом зразків поліетиленових труб з додаванням пестициду. Обґрунтування безпечності застосування поліетиленових труб, що містять біфентрин, для крапельного поливу.

5. Перелік обов'язкового графічного (ілюстративного) матеріалу: таблиці, формули.

6. Календарний план-графік

№ з/п	Завдання	Термін виконання	Підпис керівника
1	Огляд теоретичного матеріалу	15.09.2021 – 03.10.2021	
2	Визначення матеріалів та методів дослідження	04.10.2021 – 10.10.2021	
3	Проведення досліджень	11.10.2021 – 30.11.2021	
4	Аналітична обробка результатів досліджень	01.12.2021 – 10.12.2021	
5	Підготовка висновків	11.12.2021 – 14.12.2021	
6	Попередній захист дипломної роботи	15.12.2021	
7	Оформлення дипломної роботи	16.12.2021 – 23.12.2021	
8	Захист дипломної роботи на кафедрі	28.12.2021	

7. Консультація з окремого(мих) розділу(ів):

Розділ	Консультант (П.І.Б.)	Дата, підпис	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Охорона праці	Леонов В.І.		

8. Дата видачі завдання: «15» вересня 2021 р.

Керівник дипломної роботи (проекту): _____
(підпис керівника)

Міхєєв О.М.
(П.І.Б.)

Завдання прийняв до виконання: _____
(підпис випускника)

Шабалков Д.О.
(П.І.Б.)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до дипломної роботи «Використання пестицидів у виробництві труб для зрошення з метою захисту від шкідників»: 75 с., 9 табл., 32 літературних джерела.

Об'єкт дослідження: зразки поліетиленової труби, виготовленої із матеріалу з додаванням біфентрину.

Мета роботи: оцінити безпечність використання пестицидів у поліетилені при виробництві труб для крапельного поливу.

Методи дослідження: пробопідготовка, високоефективна рідинна хроматографія з тандемним мас-спектрометричним детектуванням, атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою й аналітична обробка даних.

Результати дипломної роботи рекомендується використовувати для розробки поліетиленових поливних труб, що виготовляються з додаванням біфентрину.

БІФЕНТРИН, ПОЛІЕТИЛЕНОВІ ТРУБИ, КРАПЕЛЬНИЙ ПОЛИВ, ВАЖКІ МЕТАЛИ, СІЛЬСЬКЕ ГОСПОДАРСТВО, ДОБРИВО

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ	8
ВСТУП	9
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ	11
1.1. Крапельний полив.....	11
1.1.1. Історія крапельного зрошення.....	11
1.1.2. Умови використання.....	13
1.1.3. Системи крапельного поливу.....	16
1.1.4. Режим зрошення.....	23
1.2. Поліетиленові труби для поливу.....	26
1.3. Пестициди.....	28
1.3.1. Визначення пестицидів.....	28
1.3.2. Історія використання.....	31
1.3.3. Розробка пестицидів.....	33
1.3.4. Сфера використання.....	34
1.3.5. Переваги використання пестицидів.....	34
1.3.6. Недоліки пестицидів.....	35
1.3.7. Вплив на навколишнє середовище.....	39
1.4. Досвід використання поливних поліетиленових труб з додаванням пестицидів за кордоном.....	41
1.5. Біфентрин.....	44
1.6. Висновки до розділу.....	48
РОЗДІЛ 2. МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ	49
2.1. Пробопідготовка.....	49
2.2. Високоєфективна рідинна хроматографія з тандемним мас-спектрометричним детектуванням.....	50
2.3. Атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою.....	52

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ	55
3.1. Підготовка зразків води для дослідження.....	55
3.2. Дослідження міграції біфентрину з труб у воду.....	56
3.2.1. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 6,8.....	56
3.2.2. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 10.....	57
3.2.3. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 2,9.....	58
3.2.4. Результати 1-денного експерименту з водою з додаванням добрива.....	59
3.2.5. Результати 3-денного експерименту з водою з температурою $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$	61
3.3. Дослідження вмісту важких металів у воді	62
3.3.1. Результати випробування добрива щодо вмісту важких металів	62
3.3.2. Результати випробування зразків води з додаванням добрива щодо вмісту важких металів	63
3.4. Висновки до розділу.....	64
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	65
4.1. Аналіз умов праці на робочому місці.....	65
4.1.1. Організація робочого місця.....	65
4.1.2. Мікроклімат виробничих приміщень.....	65
4.1.3. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони.....	66
4.1.4. Освітлення.....	66
4.1.5. Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук.....	66
4.1.6. Виробничі випромінювання.....	66
4.1.7. Небезпека ураження електричним струмом.....	67
4.1.8. Статична електрика.....	67
4.2. Розробка заходів з охорони праці.....	67
4.3. Пожежна безпека.....	68
4.4. Розрахунок параметрів мікроклімату.....	68
4.4.1. Температура повітря та швидкість руху повітря.....	68
4.4.2. Відносна вологість повітря.....	69
4.4.3. Оцінка фізіологічних показників людини.....	69
4.5. Висновки до розділу.....	70

ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	72

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СКОРОЧЕНЬ, ТЕРМІНІВ

А.-е.с.а. – атомно-емісійний спектральний аналіз;

ВЕРХ – високоефективна рідинна хроматографія;

ВЧ – високочастотний;

ГДК – гранично допустима концентрація;

ДДТ – дихлордифенілтрихлорметилметан;

НВЧ – надвисокочастотний;

НФ – нерухома фаза;

ПВХ – полівінілхлорид;

ПЕ – поліетилен;

ПНТ – поліетилен низького тиску;

РФ – рухома фаза;

СКЗ – система крапельного зрошення.

ВСТУП

Актуальність теми. На сьогоднішній день сфера сільського господарства є однією з провідних галузей економіки України. Сільськогосподарські угіддя займають значну площу земельного фонду країни, а виробництво рослинних культур забезпечує не лише внутрішні потреби, але й експорту.

Актуальність теми зумовлена широким застосуванням поліетиленових труб для крапельного поливу та необхідністю їхнього захисту від пошкодження шкідниками.

Пестицид біфентрин, що пропонується для застосування при виробництві досліджуваних труб, є небезпечною для здоров'я людини речовиною. З цієї причини необхідно визначити ступінь міграції біфентрину з матеріалу труб у воду, яка використовується для поливу.

Мета і завдання виконання дипломної роботи.

Мета роботи – оцінити безпечність використання пестицидів у поліетилені при виробництві труб для крапельного поливу.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз літературних джерел на тему застосування поліетиленових труб у сільському господарстві.
2. Визначити методи підготовки та дослідження зразків води.
3. Підготувати зразки води та провести необхідні досліді.
4. Провести аналіз отриманих даних та сформулювати висновки.

Об'єкт дослідження – зразки поліетиленової труби, виготовленої із матеріалу з додаванням біфентрину.

Предмет дослідження – ступінь впливу поліетиленової труби для поливу на воду.

Методи дослідження – пробопідготовка, високоефективна рідинна хроматографія з тандемним мас-спектрометричним детектуванням, атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою й аналітична обробка даних.

Наукова новизна отриманих результатів. Наразі в Україні не виробляються труби, що захищені від шкідників за допомогою використання пестицидів у матеріалі при виробництві, а аналогічні розробки США та країн Європи не мають широкого розповсюдження.

Практичне значення отриманих результатів. Результати роботи показують можливість використання пестицидів у матеріалі при виготовленні поліетиленових поливних труб для поливу та доцільність подальшої розробки нових видів аналогічних труб.

Особистий внесок випускника: за допомогою практичного методу пробопідготовки та хімічних методів дослідження був проведений аналіз впливу поліетиленової труби з біфентрином на воду.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ТЕОРЕТИЧНОГО МАТЕРІАЛУ

1.1. Крапельний полив

1.1.1. Історія крапельного зрошення

Крапельне зрошення полягає в подачі невеликої кількості води в кореневу зону рослин і регулювання кількості та частоти подачі води відповідно до потреб рослин. Вода надходить до всіх рослин рівномірно і однаково.

За даними американської компанії «Siris International», ідея локального зволоження ґрунту виникла в Німеччині, а в 1880 році (за іншими даними — 1860) був проведений перший експеримент із використанням керамічних коротких трубок з розгалуженнями [1]. Цю ідею розвинув у 1930-х роках Зім Хабласс (Ізраїль), якого деякі науковці вважають винахідником крапельного зрошення. Саме він запропонував першу конструкцію крапельниці. Але широко крапельне зрошення стало використовуватися пізніше – наприкінці 1950-х років. Основними технологіями, що це дозволили, стали виробництво поліетилену низького тиску (1935) і поліетилену високого тиску (1948). За допомогою останнього почалося виробництво пластмас. Перша система крапельного поливу була запатентована в Ізраїлі в 1963 році. Потім подібна система з'явилася в США в 1964 році. Після цього технологія швидко розвивалася, після 1980-х років через системне зростання використання сільськогосподарських ресурсів на землях, що поливаються методами мікрозрошення. Сьогодні, за різними оцінками, у світі методами локального зрошення обробляється приблизно 3 млн. га [1]. Методи мікрозрошення найбільш поширені в США, Ізраїлі, Австралії, Італії, Іспанії, Франції, Австрії, Німеччині, Великобританії, Україні, Єгипті, Мексиці, Бразилії, Новій Зеландії та інших країнах.

В Україні дослідження впливу крапельного зрошення на систему «рослина – ґрунт – середовище» розпочалися наприкінці 1960-х – на початку 1970-х років [2]. Їх

проводили Український науково-дослідний інститут зрошуваного садівництва (нині Інститут зрошуваного садівництва імені М.Ф. Сидоренка УААН), Український науково-дослідний інститут гідротехніки та меліорації (нині Інститут гідротехніки та меліорації УААН) та Інститут «Укргіпководхоз» (нині ВАТ «Укрводпроект»). У 1980 р. В Україні було 400 га промислових систем крапельного зрошення, які використовуються в садах і виноградниках [1]. Завдяки технологічним перевагам щорічно вводили у виробництво сотні гектарів багаторічних культур. Водночас крапельне зрошення овочевих культур не відразу стало популярним, хоча воно застосовувалося для овочів. Ефект від використання був встановлений на початку 1970-х рр. Одним із обмежень його розвитку було те, що в країні на той час не вистачало технічних засобів, необхідних промисловості для впровадження таких систем. Досить стрімко зростали і площі овочевих культур, які поливаються за допомогою систем краплинного зрошення. Якщо у 2000 р. їх налічувалися 3 тис. га, то у 2004 р. – близько 12-15 тис. га, у 2005 р. – 18–21 тис. га, 2006 р. – 23–26 тис. га, в 2008 р. – 27–29 тис. га [1]. На жаль, точних статистичних даних щодо площ овочевих культур під краплинним зрошенням немає. Найбільші площі краплинного зрошення овочів розміщені в Херсонській і Одеській областях – більше 50%. Широко застосовується краплинне зрошення овочів також у Миколаївській, Дніпропетровській, Запорізькій, Донецькій областях і в АР Крим [2]. Останніми роками спостерігається тенденція збільшення площ овочевих культур під краплинним зрошенням у Центральному, Західному і Північному регіонах України, головним чином у Закарпатській, Київській, Черкаській, Вінницькій, Полтавській і Кіровоградській областях.

У порівнянні з традиційним поливом (обприскування або полив по борознах) крапельний полив має такі основні переваги:

- економія води у 2–5 разів. Ефективність поливу досягає 85–90%, оскільки вода надходить безпосередньо у кореневу систему рослин;
- забезпечення оптимальних витрат води і добрив відповідно до фізіологічних потреб рослин на основі створення сприятливої вологості ґрунту та поживного стану;

- підвищення врожайності зрошуваних культур на 30–50% та покращення якості продукції;
- зменшення витрат мінеральних добрив, оскільки добрива та вода надходять безпосередньо до кореневої системи рослин;
- зменшення кількості засобів захисту рослин, оскільки це значно зменшує засміченість (грунт між рядками залишається сухим) та враження хворобами (порівняно з традиційними системами поливу, при яких зволожується поверхня листя);
- порівняно з енерговитратами інших методів поливу, експлуатаційні витрати зменшуються (на 50-70%);
- трудозберігаючі методи: стає все важче залучити робочу силу для виконання важких польових робіт;
- виключення впливу вітру на процес поливу;
- зменшення вимог до дренажних систем;
- можливість використання мінералізованих вод, що не є придатними для поливу іншими методами;
- зведення до мінімуму або повне виключення шкідливого впливу на навколишнє середовище;

У той же час при використанні системи крапельного зрошення для одночасного поливу та внесення добрив – фертигації, коефіцієнт використання збільшується в середньому на 25-30%, а загальна витрата добрив зменшується на 20-40%, що дуже перспективно [3].

Враховуючи те, що Україна має одні з найнижчих рівнів водних ресурсів у Європі, використання такого способу поливу дуже вологолюбних овочевих культур дозволяє не тільки підвищити їх врожайність, але й значно заощадити воду.

1.1.2. Умови використання

Система крапельного зрошення є методом локального зволоження ґрунту, і її будівництво потребує відносно значних капіталовкладень (5-7 тис. доларів США за 1

га) [2]. Тому в Україні з економічної точки зору цей спосіб поливу рекомендований для поливу високорентабельних сільськогосподарських культур, садів, виноградників, ягідників та овочів.

Ділянки, які не придатні для традиційних методів зрошення, слід відвести під системи крапельного зрошення (СКЗ). Перш за все, це території в передгір'ях з великими схилами (до 0,3), в районах з недостатнім водопостачанням і в районах з пересіченим рельєфом.

При виборі джерела водопостачання для системи крапельного зрошення необхідно враховувати високі вимоги до якості поливної води. Для крапельного поливу необхідно виділити ділянку, де загальний вміст у кореновому шарі ґрунту солей не перевищує 0,4 %, а хлориду натрію (NaCl) - не перевищує 0,05 %. Під зони крапельного поливу рекомендується відводити ділянки із заляганням прісної води не ближче двох метрів від поверхні землі, і солоної води – не ближче чотирьох метрів від поверхні землі [1].

Для ділянок з мінералізованими підземними водами та несприятливими умовами стоку необхідно враховувати водно-сольовий стан території та в разі потреби вжити відповідних заходів.

Зрошення з використанням поверхневих або підземних вод підлягає лімітації загальної мінералізації, вмісту завислих речовин, токсичних іонів (Na^+ , Cl^- , SO_4^{2-} та ін.), пестицидів, гідробіонтів, паразитологічних та епідеміологічних показників. Необхідно враховувати агрономічні, технічні та екологічні стандарти, щоб забезпечити комплексну оцінку якості поливної води.

При оцінці якості поливної води за агрономічними нормами розрізняють два види води:

- I клас – «Придатна без обмежень»;
- II клас – «Обмежено придатна».

Вода нижчої якості, показники якої перевищують значення другої категорії, не придатна для поливу, якщо її склад і характеристики заздалегідь не покращені.

Вода для зрошення II класу використовується за умов екологічного контролю та обов'язкового застосування комплексних заходів з оздоровлення сільського

господарства. Якщо вода для зрошення за різними показниками буде розподілена на різні рівні якості води, то за найгіршими показниками буде проводитися комплексна оцінка.

При загальній мінералізації до 1 г/л допускається крапельне зрошення будь-якого типу ґрунту при різних режимах поливу. При відсутності засолення та осолонцювання ґрунту для зрошення допускається вода із загальною кількістю мінералізації від 1 до 3 г/л [1].

Температура поливної води повинна бути близькою до оптимальної для розвитку рослин. Оптимальна температура води для поливу повинна бути від 10 °С до 30 °С. Однак питання про нижню межу оптимальної температури ще до кінця не вирішене. Деякі дослідники вважають, що температура води не повинна бути нижчою ніж у 1,5 рази від температури землі, а в період росту температура не повинна бути нижче +18 °С [2].

За напором, необхідним для подачі води, системи крапельного поливу поділяються на такі категорії:

- низьконапірні з напорами в поливних трубопроводах 0,4–1,0 м ;
- середньонапірні з напорами 5–10 м;
- високонапірні з напорами понад 10 м.

Кожен з цих типів систем має свої переваги та недоліки. Найменше енергоспоживання – низький тиск, але в такому типі системи важко домогтися необхідної рівномірності розподілу води. Тому не рекомендується використовувати системи низького тиску як на ділянках з рівнинним, так і зі складним рельєфом. Для поливу з таким типом системи найкраще підходить ухил 0,005-0,10 [3].

Система середнього рівня напору ефективна на відносно рівнинній місцевості з ухилом $i < 0,05$.

Системи високого рівня напору використовуються в районах зі складним рельєфом, де інші системи практично непридатні.

Вибір конструкції системи крапельного поливу залежить від клімату, рельєфу, ґрунту, гідрогеологічних, геологічних та економічних умов території, а також якості поливної води.

1.1.3. Системи крапельного поливу

Сучасна система краплинного зрошення з крапельницями безперервної дії складається з:

- водозабірної споруди;
- напороутворюючого вузла;
- системи автоматичного контролю і управління системою;
- засобів обліку води;
- фільтростанції;
- вузла внесення добрив і хімікатів з поливною водою;
- мережі магістральних, розподільних, ділянкових і поливних трубопроводів;
- мікроводовипусків – крапельниць.

Для зрошення садів і виноградників системи краплинного поливу зазвичай проектуються стаціонарними. Мережа трубопроводів відповідає схемі посадки рослин. У плані, як правило, вона проектується тупиковою.

Довжина розподільних трубопроводів має бути не більше 300 м для садів і 500 м для виноградників.

Досвід показав, що для овочевих культур найбільш ефективні системи сезонного та сезонно-стаціонарного крапельного зрошення.

Сезонні системи встановлюють на початку вегетації і видаляють в кінці вегетації.

У сезонно-стаціонарній системі магістральні та розподільні мережі трубопроводів стаціонарно влаштовані під землею для тривалого використання, а мережа зрошувальних труб може бути встановлена та демонтована щороку залежно від потреб.

Розташування поливних труб може бути надземним, підземним і наземним, залежно від конкретної ситуації.

Джерелами зрошення можуть бути річки, озера, водосховища, зрошувальні та

обводнювальні канали, місцевий поверхневий стік і підземні води. Як водозабірні споруди, так і насосні станції обладнані спеціальними захисними сітками, що вловлюють сміття. Оскільки якість води природних джерел води не завжди відповідає сучасним вимогам, одним з основних елементів систем крапельного зрошення є засоби очищення води від механічних та біологічних забруднювачів.

Технічне рішення щодо очищення води для конкретної ділянки підбирається відповідно до якості води джерела водопостачання, прийняттого типу труби та її вимог до очищення води. Розчинні добрива також необхідно попередньо очистити перед надходженням в зрошувальну мережу.

Як джерела води для крапельного зрошення використовуються поверхневі води (річка, озеро, ставки місцевого стоку) і підземні води.

Поверхневі джерела води зазвичай використовуються в системах крапельного зрошення, які характеризуються:

- якістю води;
- споживанням води, яка може забезпечити джерела поливу під час зрошення;
- об'ємом води, що можна брати з джерела протягом вегетаційного періоду;
- відмітками рівня води джерела поливу.

Коефіцієнт забезпеченості поверхневими водними джерелами повинен досягати 85%. Іноді через нестачу води та за наявності детальних техніко-економічних обґрунтувань допускається 75% забезпеченості [3].

Для остаточного визначення площі зрошення та необхідності регулювання річкового стоку необхідно порівняти рівень води річкового стоку з планом зрошення. Тут розглядаються три ситуації:

- стік цього джерела значно перевищує потребу в зрошенні – у цьому випадку контроль стоку не потрібний;
- у деякі періоди витрата води в річці дорівнює вартості зрошення, або трохи менше – тоді виникає питання сезонного регулювання стоку;
- витрати на зрошення в певні періоди перевищують витрати річок – у

цьому випадку необхідно проаналізувати стік і забезпечити сезонне або багаторічне коригування стоку.

Вибір джерел води для систем крапельного зрошення також має ґрунтуватися на результатах хімічного, водного та санітарно-гігієнічного аналізу з урахуванням результаті проведених гідрологічних, гідрогеологічних, топографічних та інших досліджень.

Метод зрошення за допомогою підземних вод використовується в районах, де відсутні необхідні поверхневі джерела, а запаси підземних вод є достатніми і належної якості [1].

Використання підземних вод для поливу має багато переваг:

- забір води локально (не потрібно будувати дорогий водозабір і систему водопостачання);
- сприяння загальному зниженню рівня ґрунтових вод (при використанні верхнього шару);
- високий рівень ефективності зрошувальної мережі (через малу довжину каналів і труб);
- вартість відносно низька (в 1,5-2,0 рази дешевше, ніж при використанні поверхневих вод).

До недоліків використання підземних вод відносять:

- малий дебіт свердловин (до 20–25 л/с);
- частіше за все високий рівень мінералізація води.

При поливі використання підземних вод обмежується їх низькою температурою. Тому для її використання спеціально споруджують ємність для нагріву води. При крапельному зрошенні ця потреба більше не потрібна, тому що коли вода проходить через труби малого діаметру і знаходиться на поверхні ґрунту, вона стає теплішою. Крім того, вода не контактує безпосередньо з рослинами, тому цей недолік при крапельному поливі зникає.

Для збільшення площі поливу зі свердловини або колодязя необхідно облаштувати резервуар для води для добового, подекадного і річного регулювання.

Для систем крапельного зрошення вода береться з поверхневих і підземних

джерел, тому в кожному випадку використовуються спеціальні водозабірні споруди.

Крапельниці та поливні трубопроводи є основними конструктивними елементами системи крапельного зрошення, що визначають її параметри.

Сьогодні в світі існує велика кількість видів крапельниць, і вони відрізняються дизайном, вартістю, чутливістю до забруднення, ступенем контролю витрат. У цьому різноманітті за способом розміщення відносно труби крапельниці поділяються на два основних типи (види):

- тупикова (он-лайн), встановлена на зовнішній стороні труби;
- інтегрована (ін-лайн), що знаходиться посередині трубопроводу.

При цьому кінцева крапельниця нещодавно поступилася місцем інтегрованим крапельниці, а точніше трубі з інтегрованою крапельницею. Вони зручніші на всіх етапах використання, в основному за рахунок менших витрат праці на установку та демонтаж системи.

У крапельниці, незалежно від того, тупикова вона чи інтегрована, є регульовані та нерегульовані крапельниці. Особливість перших полягає в тому, що вартість залишається незмінною при зміні робочого тиску в певному діапазоні. Їх застосування може забезпечити більш рівномірний розподіл води вздовж зрошувального трубопроводу, а довжина – більшу на рівнинних ділянках та в умовах перетину [2].

З технічної точки зору вони складніші, а отже, дорожчі. У нерегульованій крапельниці швидкість потоку змінюється з тиском. Тому при прийнятті спеціальних пристроїв зрошувальних труб і засобів для регулювання тиску кожної зрошувальної труби вони в основному використовуються на рівнинній місцевості або на похилих територіях. Це ускладнює подібні схеми, а системи крапельного поливу ще більше дорожчають.

Тупикову крапельницю можна використовувати тільки при встановленні на жорстких, переважно циліндричних поліетиленових трубах діаметром 12, 16, 20 і 25 мм. Вбудована крапельниця може бути встановлена в жорстку трубку і плівкову трубку. У той же час у жорстких трубах вбудована крапельниця зазвичай може бути встановлена в двох формах - плоскій і циліндричній. Коли всі інші умови однакові, найкраще використовувати перші, оскільки вони створюють менший опір у

трубопроводі, тому при їх використанні втрата тиску вздовж трубопроводу буде меншою. Це дає можливість використовувати більш довгі труби з однаковою рівномірністю подачі води, особливо при використанні крапельного поливу з нерегульованими витратами [2].

Для крапельного поливу в садах, виноградниках і теплицях, які потребують рівномірного потоку води, крапельне зрошення з компенсацією тиску використовується в системах з довгими лініями і великими ухілами. Крапельниця виготовлена з полімеру останнього покоління, має тривалий термін служби та стійка до хімічних реагентів (хімікатів, добрив). Робочий тиск для забезпечення стабільної продуктивності становить 0,6-5,0 атм [3].

Зрошувальні труби кладуть під землю для виведення однієї-двох крапельниць під дерево, що можна використовувати для насінневих садів з розрідженою системою висадки на щільні підщепи або кісточки (вишні, сливи, черешні). Таке розташування дозволяє обробляти ґрунт на городі, зберігаючи пар в обох напрямках.

Розміщують жорсткі поливні труби з крапельницями на решітці, щоб побудувати системи крапельного поливу саду на середніх підщепах. Розташування і кількість крапельниць визначаються конкретними обставинами.

Мембранні зрошувальні труби з вбудованими дренажними трубами і товщиною стінки не менше 0,6 мм можна розміщувати на землі або на лінії сітки.

Розміщення труб прямо на землі вздовж рядків зазвичай використовується в планах щільних посадок і при використанні гербіцидів для утримання дерев або мульчування в густих яблуневих садах у ґрунті. Укладання тонкоплівкових труб по лініях сітки можна успішно використовувати в густих садах з щільними планами посадки.

У магістральному та розподільному трубопроводі в системі можуть використовуватися поліетиленові або полівінілхлоридні трубопроводи вітчизняного та зарубіжного виробництва з відключеними з'єднаннями. Тип труби визначається робочим тиском води в трубопровідній мережі з урахуванням типу і висоти засипки. Вибір поліетиленової труби ґрунтується на робочому тиску в трубопроводі, враховуючи нормальний термін служби, температуру води та спосіб підключення.

Робочий тиск у трубопроводі вважається максимально можливим внутрішнім робочим тиском у мережі при постійному витраті води. Робочий тиск у трубопроводі встановлюється за гідравлічним розрахунком.

Пластикові труби (поліетиленові, полівінілхлоридні та поліпропіленові) найкраще відповідають вимогам закритих систем поливу. Вони дуже легкі, не піддаються корозії, не ламаються навіть при замерзанні води, і в той же час збільшують продуктивність за рахунок низького гідравлічного опору, високої довговічності (до 50 років) і низької теплопровідності. До недоліків пластикових труб можна віднести: при укладанні потрібно дотримуватися певних правил, коефіцієнт лінійного розширення великий, з'єднання відносно складне.

Коли крапельне зрошення овочевих культур проводиться в сезонній системі, для встановлення труб на місці краще використовувати шлангові труби, наприклад, LAY FLAT (LFT). Вони мають різний діаметр - від 2" до 6" і розраховані на тиск 0,03-0,07 МПа [3].

Від якості поливної води значною мірою залежить надійність і термін служби поливних труб. З огляду на те, що якість води природних водних джерел не завжди відповідає цим вимогам, одним з основних елементів системи крапельного зрошення є засоби очищення водної техніки та біологічних забруднювачів..

Основними параметрами якості поливної води є вміст у воді плаваючих домішок, піску, зважених речовин і гідробіонтів. На мікрофільтрі очищатиме воду з вмістом фітопланктону понад 10 мільйонів клітин/л.

Залежно від наявності певних домішок у поливній воді та площі поливу фільтрувальна станція може включати сітчасті, дискові, гравійні та гідроциклонні фільтри.

Сітчастий фільтр не тільки підходить для очищення води, але і запобігає забрудненню після проходження через гравійний фільтр. Такі системи складаються з корпусу і фільтруючого елемента у вигляді дрібної сітки. Вони використовуються для фільтрації води, що містить невелику кількість неорганічних частинок. Ступінь очищення води залежить від розміру фільтруючої сітки, а потужність – від площі фільтра. Необхідно регулярно промивати забруднений фільтруючий елемент

протиточною водою.

Дисковий фільтр призначений для більш ретельної фільтрації. Вони складаються з корпусу і фільтруючого елемента, який являє собою набір щільно затиснутих тонких дисків з радіальними канавками. Вони поєднують в собі надійність і найнижчу вартість обслуговування. Використовується для видалення неорганічних і органічних частинок. Зазвичай використовується для забору води з колодязя. У разі засмічення їх можна промити водою або розібрати на окремі диски і промити струменем шланга.

Гравійні фільтри використовуються для видалення органічних і неорганічних частинок. В якості фільтруючого елемента використовується пісок, завдяки високій питомій поверхні фільтра, що дозволяє утримувати велику кількість зважених частинок. Вони використовуються для забору води з відкритих водойм. Ополіскування здійснюється зворотним холодильником води. Гравійно-піщану суміш у фільтрі використовують у двох варіантах фракцій: велику (1,2-2,4 мм) засипають знизу, а дрібну (0,5-0,8 мм) заповнюють зверху.

Гідроциклони використовуються для відділення та видалення важких частинок з води (переважно піску). Використовуються для попередньої обробки сильно забрудненої води, що містить важкі частинки.

При використанні для зрошення поверхневих водних джерел (річка, озеро, ставок, водосховище) необхідно використовувати гравійні та сітчасті (піддонні) фільтри для двоступеневого очищення. Якщо джерелом поливу є напірна водопровідна мережа або артезіанська свердловина, то можна використовувати розчин для первинного очищення з сітчастим або дисковим фільтром.

Потрібно використовувати дозатор або шприц для внесення розчинних добрив (фертигація) та хімічних реагентів за допомогою поливної води.

Дозатор — це пристрій, який спирається на кінетичну енергію води, що протікає через нього. Коли цей потік раптово припиняється, розчинене добриво поглинається. Розподільник можна використовувати під тиском розподільного вузла 0,05-0,07 МПа, але враховуючи високу вартість цього пристрою, його використання обмежено.

Найдоступнішим є шприц, який працює за допомогою фіксації, створюючи перепад тиску на вході та виході пристрою. Ежектор встановлюється на приладі обліку очищення води перед запобіжним фільтром.

Починати внесення добрива потрібно через 20 хвилин після початку поливу та стабілізації гідравлічних параметрів. Час підгодівлі має становити не менше 30 хвилин, потім змити [2].

Загальна кількість добрив не має перевищувати 1-1,2 кг добрива на 1000 л. Норми та пропорції їх застосування залежать від ґрунтового-кліматичних умов вирощування, стадій розвитку рослин та техніки вирощування та індивідуально підготовлені фахівцями для кожного місця.

1.1.4. Режим зрошення

Обсяг поливу крапельного поливу визначається за наступною формулою:

$$m_{нт} = 100 \times \alpha \times h \times S \times (\beta_{нв} - \beta_{пп}), \text{ м}^3/\text{га},$$

де h – потужність кореневмісного шару ґрунту, м;

α - щільність ґрунту в шарі h , т/га;

S – доля площі, що підлягає зволоженню;

$\beta_{нв}$ - вологість ґрунту в шарі, яка відповідає найменшій вологоємності, % від маси сухого ґрунту;

$\beta_{пп}$ – передполивна вологість ґрунту у шарі h , % від маси сухого ґрунту.

$$\beta_{пп} = \lambda \times \beta_{нв},$$

де λ – коефіцієнт передполивної вологості ґрунту в долях від одиниці, який відповідає нижній границі оптимального зволоження.

Для ґрунтів важкого і середнього гранулометричного складу $\lambda=0,8-0,9$, легкого – $\lambda=0,7-0,75$.

Частка площі, що підлягає зволоженню, обчислюється як

$$S = \frac{n \times w_k}{a \times b},$$

де n – кількість крапельниць-водовипусків під однією рослиною;

w_K – площа зволоження одним водовипуском, м²;

a – відстань між рослинами в ряду, м;

b – відстань між рядами рослин, м.

Відповідно до ситуації з водопостачанням, частка площ рослин, яку необхідно зволожити в різних кліматичних зонах, повинна бути в межах:

- лісостеп $0,2 > S > 0,15$;
- північний степ $0,30 > S > 0,20$;
- південний степ $0,50 > S > 0,30$;
- аридна зона $S=1,0$.

У більшості випадків $S=0,3$.

Для овочевих культур частка площі, яку необхідно зволожити, дорівнює:

$$S = l/a,$$

де a – відстань між поливними трубопроводами, м;

l – ширина смуги зволоження, м.

Для садів, які садять безперервно і густо засаджені, тобто коли водний контур на зрошувальній трубі закритий, частка зволоженої площі (в долях від одиниці) розраховується за залежністю:

$$S = l/b,$$

де b – відстань між поливними трубопроводами (рядами дерев), м;

l – ширина смуг при змиканні контурів зволоження вздовж поливного трубопроводу, м.

Для інтенсивних садів з потужністю кореневої системи 0,5–0,6 м ширину смуги зволоження можна прийняти для:

- супіщаних ґрунтів – 0,6–0,7 м;
- легкосуглинкових – 0,8–0,85 м;
- середньосуглинкових – 0,9–0,95 м;
- важкосуглинкових 1,05–1,10 м.

Спосіб водопостачання залежить від норми поливу, часу і тривалості поливу, зони вологості, вартості та кількості крапель, плану розташування та водофізичних характеристик ґрунту.

Полив можна розподілити шляхом випаровування води. Це стандартний метод, прийнятий FAO, Міжнародною сільськогосподарською організацією. Цей спосіб поливу дуже точний, але потребує облаштування метеостанції та щоденного обліку на фермі [3].

Для визначення добової евапотранспірації метеостанції встановлено спеціальний прилад-випарник, який відображає потенційну евапотранспірацію на одиницю площі в міліметрах/добу або літрах/добу. Щоб перевести фактичне випаровування рослин на одиницю площі, будь ласка, введіть коефіцієнт перерахунку – Кросл, значення якого враховує випаровування протягом періоду росту рослини, тобто ступінь листя рослини.

Коли відомі запаси ґрунтової вологи у кореневмісному шарі ґрунту на початок вегетації та її витрати на випаровування, можна визначити дату проведення поливу. Полив призначають тоді, коли розраховано, що вологість ґрунту в кореневому шарі впаде до рівня перед поливом.

Також стали поширеними способи поливу, засновані на показниках вологості ґрунту. У цьому випадку регулярно вимірюють вологість кореневого шару ґрунту. Порівнюється отримане значення з мінімально допустимою вологістю ґрунту (нижня межа оптимальної вологості). При необхідності проводиться полив.

Вологість ґрунту можна визначити гравіметричним методом постійної температури. Зразки ґрунту відбирали в полі спеціальним буром на глибину кореневмісного шару через кожні 10 см і поміщали в алюмінієвий ящик. У лабораторії їх зважують і сушать у сушильній шафі при 105 °С, а потім знову зважують. Вологість ґрунту розраховується за формулою:

$$\beta = \frac{a-b}{b} \times 100\%,$$

де β – вологість ґрунту, % від маси сухого ґрунту;

a – маса зразка ґрунту до висушування, г;

b – маса зразка ґрунту після висушування, г.

Проводити повторний відбір проб на місці потрібно не менше 3 разів, бажано 4 рази.

В даний час існує широкий спектр методів вимірювання вологості ґрунту за допомогою тензометрів. Його розраховують за допомогою тензіометра, використовуючи співвідношення між вмістом води в ґрунті та тиском водопоглинання вологості ґрунту. Тензодатчик складається з вакуумметра, поліетиленової трубки необхідної довжини та порожнистого пористого керамічного зонда.

При використанні тензометрів необхідно дотримуватися таких правил: розташування тензодатчика має бути типовим на місці, тензодатчик повинен бути встановлений на відстані 10-15 см від крапельниці, необхідно регулярно контролювати вартість крапельної води в межах норми, і немає нерозчинної солі. Засмічення водоростями, в зернових і кам'яних садах важлива відстань між рослинами. Крім того, тензіометр повинен бути розташований на певній відстані від стовбура, в ділянці з найвищою насиченістю ґрунту біля кореня; тензодатчик має показувати вранці, а температура вночі, коли все ще стабільна.

Для отримання точних даних тензіометра необхідно відкалібрувати – побудувати графік залежності обладнання від вологості ґрунту. Тому під час відбору проби з обладнання вологість ґрунту вимірюють гравіметричним методом постійної температури.

Якщо площа зрошуваної землі має чотири контрольні точки, полив призначають, коли тиск всмоктування в трьох з чотирьох контрольних точок знизиться до значення перед зрошенням. Коли одночасно контролюється триточковий тиск всмоктування, вода розподіляється, коли двоточковий тиск всмоктування падає до значення перед зрошенням. Якщо він контролюється в двох точках, то для цілей зрошення обидві контрольні точки повинні зменшити тиск всмоктування до тиску перед зрошенням.

1.2. Поліетиленові труби для поливу

На сьогоднішній день під час будівництва систем автоматичного поливу фахівці використовують труби різного діаметру і матеріалу, але варто виділити кілька

основних видів, а саме:

- Металеві труби або труби з нержавіючої сталі (у поливі використовується вкрай рідко, частіше для виведення літніх водорозбірних точок, умивальників і т.д.);
- Полімерні труби Полівінілхлорид (ПВХ) (використовують в якості футляра під кабельні магістралі);
- Полімерні труби низького тиску (ПНТ); (В основному використовуються для розгортання крапельного поливу);
- Поліетиленові труби ПЕ100 і ПЕ80 (основна лінійка трубної продукції в поливі, використовується в якості магістральних і зональних водопровідних труб).

Найчастіше використовуються для поливу саме полімерні поліетиленові водопровідні труби, оскільки метал набагато менш стійкий і набагато гірше переносить хімічні, фізичні та біологічні зовнішні чинники, вплив води або різні механічні пошкодження, такі труби недовговічні. Для більш ясної картини варто розглянути основний хімічний елемент в складі труб – поліетилен.

Поліетилен - термопластичний полімер етилену, відноситься до класу поліолефінів, клас високомолекулярних сполук (полімерів), одержуваних з низькомолекулярних речовин - олефінів (мономерів). Виробляються з нафти або природного газу шляхом полімеризації однакових (гомо полімеризації) або різних (сополімеризації) мономерів в присутності каталізатора. Широко використовуються для промислового виробництва різних плівок і волокон. Поліетилен хімічно і морозостійкий, діелектрик, не чутливий до удару (амортизатор), при нагріванні розм'якшується (80-120 °С), адгезія (прилипання) – надзвичайно низька [4].

Поліетилен стійкий до дії води, не реагує з лугами будь-якої концентрації, з розчинами нейтральних, кислих і основних солей, органічними і неорганічними кислотами, навіть концентрованою сірчаною кислотою, але розкладається при дії 50%-вої азотної кислоти при кімнатній температурі і під впливом рідкого чи газоподібного хлору і фтору. При температурі вище 70 °С він набухає та розчиняється у хлорованих і ароматичних вуглеводнях [4].

З часом розкладається з утворенням поперечних міжланцюгових зв'язків, що призводить до підвищення крихкості на тлі невеликого збільшення міцності.

Нестабілізований поліетилен на повітрі піддається термоокислювальній деструкції (термостарінню). Термостаріння поліетилену проходить за радикальним механізмом, супроводжується виділенням альдегідів, кетонів, перекису водню та ін.

У сільськогосподарському поливі в основному використовують такі діаметри труб: 16 мм, 20 мм, 25 мм, 32 мм, 40 мм, 63 мм, 75 мм, 110 мм. Труби, діаметром не більше 160 мм можуть, виготовляються в бухтах (барабанах) від 50 до 1000 м. Температура води в режимі нормальної експлуатації - не більше 40 градусів за Цельсієм. Основні показники робочого тиску 6; 8; 10; 16 бар [5].

До 110 діаметра включно поліетиленові труби можуть з'єднуватися за допомогою механічних (компресійних) фітінгів, які в свою чергу мають різні форми виконання та розміри різьбових переходів, бувають трійники, коліна, прямі муфти, різьбові, редуційні.

1.3. Пестициди

1.3.1. Визначення пестицидів

Пестициди – це речовини, призначені для боротьби зі шкідниками. Термін пестицид включає все з наступного: інсектициди – це хімічні препарати для захисту від шкідливих комах та тварин; фунгіциди – проти збудників грибних захворювань; гербіциди - це препарати, що призводять до загибелі бур'янів; овіциди – препарати, які вбивають яйця комах та кліщів; лаврициди – пестициди проти личинок комах; акарициди – використовуються для боротьби зі шкідливими кліщами; інсектоакарициди – пестициди, які здатні боротися одночасно з комахами та кліщами; нематициди – препарати, що використовуються для умиротворення круглих хробаків (нематод); лімациди – отрути, що вбивають слимаків; авіциди – використовуються для боротьби з птахами-шкідниками; родентициди – пестициди для отруєння гризунів; зооциди – препарати для знищення тварин; афіциди – препарати для боротьби з попелицями; бактерициди – проти збудників бактеріальних хвороб рослин; віроциди – використовуються для боротьби з вірусними захворюваннями; арборициди –

пестициди, які допомагають позбутися дерев'янистої та кущової рослинності; акарициди – проти злакових бур'янів; альгіциди – проти водоростей та водної рослинності; дефоліанти – отрутохімікати, які прискорюють опадання листя; десиканти – пестициди, які сприяють висиханню рослин; регулятори росту – сполуки, що впливають на процеси росту та розвитку культур ретарданти – препарати, що затримують зростання рослин; дефлоранти – використовуються для видалення квіток та зав'язей; антирезистенти – специфічні добавки, що зменшують резистентність шкідників до пестицидів; гаметоциди – препарати, що викликають стерильність бур'янів; синергісти – речовини, що посилюють вплив пестицидів на шкідливий організм.

Найпоширенішими з усіх видів пестицидів є гербіциди, на які припадає приблизно 80% всього використання пестицидів [6]. Більшість пестицидів визначаються як засоби захисту рослин, які загалом захищають рослини від бур'янів, грибків або комах. Як приклад, грибок *Alternaria solani* використовується для боротьби з водним бур'яном сальвінією.

Загалом пестицид — це хімічний (наприклад, карбамат) або біологічний агент (наприклад, вірус, бактерія або грибок), який відлякує, виводить з ладу, вбиває або іншим чином відлякує шкідників. Цільовими шкідниками можуть бути комахи, патогени рослин, бур'яни, молюски, птахи, ссавці, риби, нематоди (аскариди) і мікроби, які руйнують майно, викликають неприємності або поширюють хвороби чи є переносниками хвороб. Поряд з цими перевагами, пестициди мають і недоліки, такі як потенційна токсичність для людей та інших видів.

Продовольча та сільськогосподарська організація ООН (ФАО) визначила пестициди як:

будь-яка речовина або суміш речовин, призначені для запобігання, знищення або боротьби з будь-яким шкідником, у тому числі переносниками хвороб людини або тварин, небажаними видами рослин або тварин, що завдають шкоди під час або іншим чином заважають виробництву, переробці, зберіганню, транспортуванню або збуту харчових продуктів, сільськогосподарських товарів, деревини та виробів з деревини чи кормів для тварин, або речовин, які можна вводити тваринам для боротьби з

комахами, павукоподібними чи іншими шкідниками у їхньому тілі чи на їхньому тілі. Термін включає речовини, призначені для використання як регулятор росту рослин, дефоліант, десикант або агент для проріджування плодів або запобігання передчасного опадання плодів. Також використовується як речовини, що вносяться на посіви до або після збирання врожаю для захисту товару від псування під час зберігання та транспортування [7].

Пестициди можна класифікувати за цільовим організмом (наприклад, гербіциди, інсектициди, фунгіциди, родентициди та педікуліциди), хімічною структурою (наприклад, органічні, неорганічні, синтетичні або біологічні (біопестициди), хоча розрізнення іноді може бути розмитим), і агрегатний стан (наприклад, газоподібний – фумігант). До біопестицидів належать мікробні пестициди та біохімічні пестициди. Пестициди рослинного походження, або «ботанічні препарати», швидко розвивалися. До них належать піретроїди, ротеноїди, нікотиноїди та четверта група, яка включає стрихнін і сцилірозид.

Багато пестицидів можна згрупувати в хімічні родини. До відомих родин інсектицидів належать хлорорганічні, фосфаторганічні та карбамати. Хлорорганічні вуглеводні (наприклад, ДДТ) можна розділити на дихлордифенілетани, циклодієнові сполуки та інші споріднені сполуки. Вони діють, порушуючи баланс натрію/калію в нервовому волокні, змушуючи нерв передавати безперервно. Їх токсичність значно варіюється, але їх поступово припиняють через їхню стійкість і здатність до біоаккумуляції. Фосфаторганічні та карбамати значною мірою замінили хлорорганічні речовини. Обидва діють шляхом інгібування ферменту ацетилхолінестерази, дозволяючи ацетилхоліну передавати нервові імпульси на невизначений термін і викликаючи різноманітні симптоми, такі як слабкість або параліч. Фосфати органічні є досить токсичними для хребетних тварин і в деяких випадках їх замінили менш токсичними карбаматами. Тіокарбамат і дитіокарбамати є підкласами карбаматів. Найвідоміші сімейства гербіцидів включають фенокси і бензойну кислоту (наприклад, 2,4-D), триазини (наприклад, атразин), сечовини (наприклад, діурон) і хлорацетанлід (наприклад, алахлор). Фенокси сполуки, як правило, вибірково знищують широколистяні бур'яни, а не трави. Гербіциди фенокси та бензойної кислоти

функціонують подібно до гормонів росту рослин і ростуть клітини без нормального поділу клітин, руйнуючи систему транспорту поживних речовин рослини. Триазини заважають фотосинтезу. Багато часто використовуваних пестицидів не включені у цих родин, включаючи гліфосат.

Застосування засобів боротьби з шкідниками зазвичай здійснюється шляхом диспергування хімічної речовини в системі розчинник-поверхнево-активна речовина (часто на основі вуглеводнів) для отримання однорідного препарату. Дослідження смертності від вірусів, проведене в 1977 році, продемонструвало, що певний пестицид не збільшує летальність вірусу, однак комбінації, які включали деякі поверхнево-активні речовини та розчинник, чітко показали, що попередня обробка ними помітно підвищувала вірусну летальність у піддослідних мишей [8].

Пестициди можна класифікувати на основі їх біологічного механізму функції або способу застосування. Більшість пестицидів діють, отруюючи шкідників. Системний пестицид рухається всередині рослини після поглинання нею. Для інсектицидів і більшості фунгіцидів цей рух зазвичай відбувається вгору (через ксилему) і назовні. Результатом може бути підвищення ефективності. Системні інсектициди, які отруюють пилок і нектар у квітках, можуть вбивати бджіл та інших необхідних запилювачів.

У 2010 році було оголошено про розробку нового класу фунгіцидів під назвою палдоксини. Вони працюють, використовуючи природні захисні хімічні речовини, що виділяються рослинами, які називаються фітоалексинами, які гриби потім детоксикують за допомогою ферментів. Пальдоксини пригнічують ферменти детоксикації грибів. Вважається, що вони безпечніші та екологічніші.

1.3.2. Історія використання

Ще до 2000 року до нашої ери люди використовували пестициди для захисту своїх посівів. Першим відомим пестицидом був елементарний сірчаний пил, який використовувався в стародавньому Шумері близько 4500 років тому в Стародавній Месопотамії. У Рігведі, якій близько 4000 років, згадується про використання

отруйних рослин для боротьби з шкідниками [9]. До XV століття токсичні хімікати, такі як миш'як, ртуть і свинець, почали застосовувати до сільськогосподарських культур для знищення шкідників. У XVII столітті сульфат нікотину був витягнутий з листя тютюну для використання в якості інсектициду. У XIX столітті з'явилися ще два природних пестицидів: піретрум, який отримують з хризантем, і ротенон, який отримують з коренів тропічних овочів. До 1950-х років домінували пестициди на основі миш'яку. Пауль Мюллер виявив, що ДДТ був дуже ефективним інсектицидом. Хлорини, такі як ДДТ, були домінуючими, але в США вони були замінені органофосфатами та карбаматами до 1975 року. Відтоді сполуки піретрину стали домінуючим інсектицидом. Гербіциди стали поширеними в 1960-х роках на чолі з «триазином та іншими сполуками на основі азоту, карбоновими кислотами, такими як 2,4-дихлорфеноксіоцтова кислота та гліфосат» [10].

Перший закон, який надав федеральний орган для регулювання пестицидів, був прийнятий у 1910 році; однак, десятиліттями пізніше протягом 1940-х років виробники почали виробляти велику кількість синтетичних пестицидів, і їх використання стало широким. До першої світової війни Німеччина була провідною хімічною промисловістю у світі й експортувала більшість барвників та інших хімічних речовин, які використовувалися в Сполучених Штатах. Війна ввела тарифи, які стимулювали зростання хімічної промисловості в США, що зробило хімію престижним заняттям, оскільки ця галузь розширювалася і ставала прибутковою. Після вступу США у Першу світову війну з Європи повернулися гроші та ідеї, змінивши спосіб взаємодії американців із собою та природою, а індустріалізація війни прискорила індустріалізацію боротьби зі шкідниками. Деякі джерела вважають 1940-1950-ті роки початком «ери пестицидів». Хоча Агентство з охорони навколишнього середовища США було створено в 1970 році, а поправки до закону про пестициди внесені в 1972 році, використання пестицидів збільшилося на 50- 2,3 мільйона тонн (2,5 мільйона коротких тонн) промислових пестицидів тепер використовуються щороку. Сімдесят п'ять відсотків усіх пестицидів у світі використовуються в розвинених країнах, але використання в країнах, що розвиваються, також зростає. Дослідження тенденцій використання пестицидів у США до 1997 року було

опубліковано в 2003 році Центром комплексної боротьби зі шкідниками Національного наукового фонду [10].

У 1960-х роках було виявлено, що ДДТ перешкоджав розмноженню багатьох птахів, які харчуються рибою, що становило серйозну загрозу для біорізноманіття. Рейчел Карсон написала книгу-бестселер «Тиха весна» про біологічне підсилення. Використання ДДТ в сільському господарстві зараз заборонено Стокгольмською конвенцією про стійкі органічні забруднювачі, але він все ще використовується в деяких країнах, що розвиваються, для запобігання малярії та інших тропічних захворювань шляхом розпилення внутрішніх стін для знищення або відлякування комарів [10].

1.3.3. Розробка пестицидів

Доступних пестицидів недостатньо, і потрібні нові розробки. Постійні дослідження основної біології шкідників можуть виявити нові вразливі місця та виробляти нові пестициди; він також може давати пестициди з кращими фінансовими та екологічними характеристиками, ніж ті, що використовуються зараз. Пестициди рослинного походження, або «ботанічні препарати», швидко розвивалися. До них належать піретроїди, ротеноїди, нікотиноїди та четверта група, яка включає стрихнін і сцилірозид. У 2010 році було оголошено про розробку нового класу фунгіцидів під назвою палдоксини. Вони працюють, використовуючи природні захисні хімічні речовини, що виділяються рослинами, які називаються фітоалексинами, які гриби потім детоксикують за допомогою ферментів. Пальдоксини пригнічують ферменти детоксикації грибів. Вважається, що вони безпечніші та екологічніші [9].

Цікаво, що стійкість до фунгіцидів збільшує частку неактивних енантіомерів у застосуванні фунгіцидів: еволюція стійкості вимагає дослідження та відкриття нових АІ, які відходять від уже відкритих класів до більш складних хімічних структур. Вони, як правило, частіше мають більше хіральних центрів, що означає більше побічних продуктів під час синтезу.

1.3.4. Сфера використання

Пестициди використовуються для боротьби з організмами, які вважаються шкідливими або згубними для навколишнього середовища. Наприклад, вони використовуються для знищення комарів, які можуть передавати потенційно смертельні захворювання, такі як вірус Західного Нілу, жовта лихоманка та малярія. Вони також можуть вбивати бджіл, ос або мурах, які можуть викликати алергічні реакції. Інсектициди можуть захистити тварин від хвороб, які можуть бути викликані паразитами, такими як блохи. Пестициди можуть запобігти хворобам у людей, які можуть бути викликані запліснявілими харчовими продуктами або хворими продуктами. Гербіциди можна використовувати для очищення придорожніх бур'янів, дерев та кущів. Вони також можуть знищувати інвазивні бур'яни, які можуть завдати шкоди навколишньому середовищу. Гербіциди зазвичай застосовуються в ставках і озерах для боротьби з водоростями та рослинами, такими як водяні трави, які можуть заважати такій діяльності, як плавання та риболовля, і спричиняти неприємний вигляд або запах води. Неконтрольовані шкідники, такі як терміти та цвіль, можуть пошкодити такі конструкції, як будинки. Пестициди використовуються в продуктових магазинах і приміщеннях для зберігання продуктів харчування для боротьби з гризунами та комахами, які вражають їжу, наприклад зерно. Кожне використання пестициду несе певний ризик. Правильне використання пестицидів зменшує ці пов'язані ризики до рівня, який вважається прийнятним регуляторними органами щодо пестицидів, такими як Агентство з охорони навколишнього середовища США (EPA) та Регулятивне агентство з боротьби зі шкідниками (PMRA) Канади.

1.3.5. Переваги використання пестицидів

Пестициди можуть заощадити гроші фермерів, запобігаючи втраті врожаю комахами та іншими шкідниками; у США фермери отримують приблизно чотирикратну віддачу від грошей, які вони витрачають на пестициди. Одне дослідження показало, що невикористання пестицидів знижує врожайність

приблизно на 10%. Інше дослідження, проведене в 1999 році, показало, що заборона пестицидів у Сполучених Штатах може призвести до зростання цін на продукти харчування, втрати робочих місць і зростання голоду у світі [11].

Існує два рівні переваг використання пестицидів: первинний і вторинний. Первинні переваги – це прямі вигоди від використання пестицидів, а вторинні – це ефекти, які є більш довгостроковими та опосередкованими.

До первинних переваг відносяться:

Боротьба зі шкідниками та переносниками хвороб рослин:

- підвищення врожайності сільськогосподарських культур;
- покращення якості врожаю/худоби;
- контроль інвазивних видів;

Боротьба з переносниками хвороб людини/худоби та шкідливими організмами:

- врятовані людські життя та зменшено кількість захворювань.

Захворювання, які контролюються, включають малярію;

- врятовані життя тварин та зменшена захворюваність;

Контроль над організмами, які завдають шкоди іншій діяльності та структурам людини:

- уникнення небезпек від дерев/кущів/листя;
- захист дерев'яних конструкцій.

1.3.6. Недоліки пестицидів

Пестициди можуть викликати гострі та відстрочені наслідки для здоров'я у людей, які зазнали впливу. Вплив пестицидів може спричинити різноманітні несприятливі наслідки для здоров'я, починаючи від простого подразнення шкіри та очей до більш серйозних наслідків, таких як вплив на нервову систему, слух, імітуючи гормони, що спричиняють репродуктивні проблеми, а також викликають рак. Систематичний огляд 2007 року показав, що «більшість досліджень Негоджкінської лімфоми та лейкемії показали позитивний зв'язок із впливом пестицидів» і таким чином дійшов висновку, що використання пестицидів у косметичці слід зменшити [12].

Існують значні докази зв'язку між впливом фосфорорганічних інсектицидів і нейроповедінковими змінами. Існують обмежені докази щодо інших негативних наслідків впливу пестицидів, включаючи неврологічні, вроджені вади та смерть плода.

Через неналежне регулювання та заходи безпеки 99% смертей від пестицидів відбуваються в країнах, що розвиваються, на які припадає лише 25% використання пестицидів. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я та Програми ООН з навколишнього середовища, 3 мільйони сільськогосподарських працівників у країнах, що розвиваються, щороку відчувають сильне отруєння пестицидами, що призводить до 18 000 смертей [13]. Згідно з одним дослідженням, щороку близько 25 мільйонів працівників у країнах, що розвиваються, можуть страждати від легкого отруєння пестицидами. Крім сільськогосподарських працівників, інші види професійного впливу, включаючи доглядальників за тваринами, також можуть піддавати людей ризику впливу пестицидів на здоров'я.

Вважається, що найбільш поширені випадки отруєння пестицидами є результатом впливу фосфорорганічних і карбаматних інсектицидів. Використання пестицидів у домашніх умовах, використання нерегульованих продуктів і роль нелегальних працівників у сільськогосподарській промисловості роблять характеризувати справжнє вплив пестицидів складним завданням. Вважається, що 50–80% випадків отруєння пестицидами не зареєстровані.

Заниження інформації про отруєння пестицидами є особливо поширеним у районах, де сільськогосподарські працівники рідше звертаються за допомогою до закладу охорони здоров'я, який може контролювати або відстежувати випадки гострих отруєнь. Ступінь ненавмисного отруєння пестицидами може бути набагато більшим, ніж свідчать наявні дані, особливо серед країн, що розвиваються. У всьому світі сільське господарство та виробництво харчових продуктів залишаються однією з найбільших галузей промисловості. У Східній Африці сільськогосподарська промисловість є однією з найбільших галузей економіки, майже 80% її населення покладається на сільське господарство для отримання доходу. Фермери в цих громадах покладаються на пестицидні продукти для підтримки високих врожаїв.

У деяких країнах Східної Африки уряди переходять до комерційного сільського господарства, а можливості для іноземних конгломератів керувати комерційними фермами призвели до більш доступних досліджень щодо використання пестицидів і впливу пестицидів серед працівників. В інших районах, де велика частина населення покладається на натуральне господарство, веде дрібне фермерство, оцінити використання пестицидів і вплив пестицидів важче.

Пестициди можуть виявляти токсичний вплив на людей та інші нецільові види, тяжкість якого залежить від частоти та величини впливу. Токсичність також залежить від швидкості всмоктування, розподілу в організмі, метаболізму та виведення сполук з організму. Зазвичай використовувані пестициди, такі як фосфаторганічні та карбамати, діють шляхом інгібування активності ацетилхолінестерази, що запобігає розпаду ацетилхоліну в нервовому синапсі. Надлишок ацетилхоліну може призвести до таких симптомів, як м'язові судоми або тремтіння, сплутаність свідомості, запаморочення та нудота. Дослідження показують, що у працівників ферм в Ефіопії, Кенії та Зімбабве знижені концентрації ацетилхолінестерази в плазмі, ферменту, що відповідає за розщеплення ацетилхоліну, що діє на синапси всієї нервової системи. Інші дослідження в Ефіопії спостерігали зниження дихальної функції серед працівників ферм, які обприскують посіви пестицидами [14]. Численні шляхи впливу для працівників ферми підвищують ризик отруєння пестицидами, включаючи поглинання шкірою під час прогулянок по полях і застосування продуктів, а також вдихання.

Існує кілька підходів до вимірювання впливу пестицидів на людину, кожен з яких дає оцінку внутрішньої дози людини. Два широкі підходи включають вимірювання біомаркерів і маркерів біологічного ефекту. Перший передбачає пряме вимірювання вихідної сполуки або її метаболітів у різних типах середовищ: сечі, крові, сироватці. Біомаркери можуть включати пряме вимірювання сполуки в організмі до того, як вона буде біотрансформована під час метаболізму. Інші відповідні біомаркери можуть включати метаболіти вихідної сполуки після того, як вони були біотрансформовані під час метаболізму. Токсикокінетичні дані можуть надати більш детальну інформацію про те, як швидко сполука метаболізується та

виводиться з організму, а також надати уявлення про терміни впливу.

Маркери біологічного ефекту забезпечують оцінку впливу на основі активності клітин, пов'язаної з механізмом дії. Наприклад, багато досліджень, що вивчають вплив пестицидів, часто включають кількісне визначення ферменту ацетилхолінестерази в нервовому синапсі для визначення величини інгібуючого ефекту фосфорорганічних і карбаматних пестицидів.

Інший метод кількісної оцінки впливу включає вимірювання на молекулярному рівні кількості пестициду, що взаємодіє з місцем дії. Ці методи частіше використовуються для професійного впливу, де механізм дії краще зрозумілий, як описано в рекомендаціях ВООЗ, опублікованих у «Біологічний моніторинг впливу хімічних речовин на робочому місці». Необхідне краще розуміння того, як пестициди викликають їх токсичну дію. раніше цей метод оцінки опромінення може бути застосований до професійного опромінення сільськогосподарських працівників.

Альтернативні методи оцінки впливу включають опитувальники, щоб розпізнати від учасників, чи відчувають вони симптоми, пов'язані з отруєнням пестицидами. Симптоми, які повідомляють самостійно, можуть включати головні болі, запаморочення, нудоту, біль у суглобах або респіраторні симптоми.

Існує безліч проблем при оцінці впливу пестицидів серед населення в цілому, а також багато інших, характерних для професійного впливу сільськогосподарських працівників. Крім працівників ферми, оцінка впливу на членів сім'ї та дітей створює додаткові проблеми, і може статися через вплив залишків пестицидів, зібраних на одязі чи обладнання батьківських працівників ферми, і випадково занесених до дому. Діти можуть також піддаватися впливу пестицидів у внутрішньоутробному періоді від матерів, які піддаються впливу пестицидів під час вагітності. Характеризувати вплив на дітей внаслідок переносу пестицидів у повітрі та розпиленням так само складно, але добре задокументовано в країнах, що розвиваються. Через критичні періоди розвитку плода та новонароджених дітей ці непрацездатні групи населення є більш вразливими до впливу пестицидів і можуть мати підвищений ризик розвитку нейрокогнітивних ефектів та порушення розвитку.

Хоча вимірювання біомаркерів або маркерів біологічних ефектів може дати більш точні оцінки впливу, збір цих даних у польових умовах часто непрактичний, а багато методів недостатньо чутливі для виявлення низькорівневих концентрацій. Існують набори для швидких тестів на холінестеразу для збору зразків крові в польових умовах. Проведення широкомасштабної оцінки сільськогосподарських працівників у віддалених регіонах країн, що розвиваються, ускладнює впровадження цих наборів. Аналіз холінестерази є корисним клінічним інструментом для оцінки індивідуального впливу та гострої токсичності. Однак значна варіабельність вихідної активності ферменту серед індивідів ускладнює порівняння польових вимірювань активності холінестерази з контрольною дозою для визначення ризику для здоров'я, пов'язаного з впливом. Іншою проблемою, з якою дослідники стикаються при отриманні референтної дози, є визначення кінцевих точок здоров'я, які мають відношення до опромінення. Потрібні додаткові епідеміологічні дослідження, щоб визначити критичні кінцеві точки здоров'я, особливо серед груп населення, які піддаються професійному впливу.

Зведення до мінімуму шкідливого впливу пестицидів можна досягти шляхом правильного використання засобів індивідуального захисту, відповідного часу повторного входу в зони, що нещодавно обприскувалися, та ефективного маркування продуктів для небезпечних речовин відповідно до правил FIFRA. Навчання груп високого ризику, включаючи сільськогосподарських працівників, щодо правильного використання та зберігання пестицидів, може знизити частоту гострого отруєння пестицидами та потенційні хронічні наслідки для здоров'я, пов'язані з впливом. Постійні дослідження токсичного впливу пестицидів на здоров'я людини слугують основою для відповідної політики та стандартів, які захищають здоров'я всіх груп населення.

1.3.7. Вплив на навколишнє середовище

Використання пестицидів викликає ряд екологічних проблем. Понад 98% розпоросених інсектицидів і 95% гербіцидів досягають місця призначення,

відмінного від цільових видів, включаючи нецільові види, повітря, воду та ґрунт [15]. Дрейф пестицидів відбувається, коли пестициди, зважені в повітрі у вигляді частинок, переносяться вітром в інші області, потенційно забруднюючи їх. Пестициди є однією з причин забруднення води, а деякі пестициди є стійкими органічними забруднювачами та сприяють забрудненню ґрунту та квітів (пилок, нектар). Крім того, використання пестицидів може негативно вплинути на сусідню сільськогосподарську діяльність, оскільки шкідники самі переносять і завдають шкоди сусіднім культурам, на яких пестициди не використовуються.

Крім того, використання пестицидів зменшує біорізноманіття, сприяє зниженню кількості запилювачів, руйнує середовище проживання (особливо для птахів) та загрожує зникаючим видам. Шкідники можуть розвивати стійкість до пестициду (стійкість до пестицидів), що вимагатиме нового пестициду. В якості альтернативи для протидії резистентності можна використовувати більшу дозу пестициду, хоча це призведе до погіршення проблеми забруднення навколишнього середовища.

Стокгольмська конвенція про стійкі органічні забруднювачі, перерахованих 9 з 12 найбільш небезпечних і стійких органічних хімічних речовин, які були (в даний час в основному застарілі) хлорорганічні пестициди [16]. Оскільки хлоровані вуглеводневі пестициди розчиняються в жирах і не виводяться з організму, організми мають тенденцію утримувати їх майже необмежено довго. Біологічне збільшення – це процес, при якому ці хлоровані вуглеводні (пестициди) більш концентруються на кожному рівні харчового ланцюга. Серед морських тварин концентрація пестицидів вища у м'ясоїдних риб, а тим більше у рибоїдних птахів і ссавців на вершині екологічної піраміди. Глобальна дистиляція – це процес, за допомогою якого пестициди транспортуються з теплих регіонів Землі в холодніші, зокрема на Полюси та гірські вершини. Пестициди, які випаровуються в атмосферу при відносно високій температурі, можуть бути перенесені вітром на значні відстані (тисячі кілометрів) в область з нижчою температурою, де вони конденсуються і повертаються на землю під час дощу або снігу.

Щоб зменшити негативний вплив, бажано, щоб пестициди розкладалися або

принаймні швидко дезактивувалися в навколишньому середовищі. Така втрата активності або токсичності пестицидів зумовлена як вродженими хімічними властивостями сполук, так і процесами або умовами навколишнього середовища. Наприклад, присутність галогенів у хімічній структурі часто сповільнює деградацію в аеробному середовищі. Адсорбція в ґрунті може уповільнити рух пестицидів, але також може зменшити біодоступність для мікробних деградаторів.

1.4. Досвід використання поливних поліетиленових труб з додаванням пестицидів за кордоном

Розглянута національна міжнародна заявка США № РСТ/IL2018/050996, подана 6 вересня 2018 р., яка претендує на перевагу та пріоритет щодо ізраїльської заявки № 254439, поданої 7 вересня 2017 р. Даний винахід відноситься до області крапельного зрошення і поливу сільськогосподарських полів. Зокрема, даний винахід надає композицію відлякувача шкідників для виробництва труб для крапельного зрошення та процес виробництва таких труб [17].

Системи крапельного зрошення включають перфоровані труби, які дозволяють воді повільно капати до коріння рослин на сільськогосподарських полях. Труби або розташовані над поверхнею ґрунту, або заглиблені під поверхню. В обох випадках відомо, що такі труби страждають від пошкодження шкідниками, такими як гризуни та комахи. Такому впливу сприяє наявність крапельної води, що призводить до пошкодження трубопроводу внаслідок подряпин і обгризання різними видами шкідників у пошуках води. Як правило, рівень пошкодження та швидкість зношення труб визначаються факторами навколишнього середовища, такими як клімат, тип посівів та види шкідників, що мешкають на полі; а також механічними факторами, такими як склад і товщина труби.

На сьогоднішній день найбільш поширеною практикою боротьби зі спричиненим шкідниками пошкодженням крапельниці є пестициди та засоби від шкідників, які або розпилюються з повітря, або доставляються на землю через систему зрошення.

US 2013/0334334 розкриває інформацію про хімічну суміш, призначену для зменшення пошкодження заглиблених трубопроводів і компонентів системи крапельного зрошення під землею від гризунів, які інакше можуть прокусити ці компоненти. Хімічна суміш містить рідку основу, поверхнево-активну речовину, барвник і хімічну речовину, що виділяє запах, переважно метилмеркаптан. Система та спосіб введення хімічної суміші в розподільні лінії системи крапельного зрошення проектується таким чином, щоб суміш разом з поливною водою надходила в ґрунт. Метилмеркаптан зв'язується з ґрунтом, створюючи запах, який порушує життєвий цикл гризунів [17].

Оскільки шкідливі пестициди та репеленти, які поширюються на сільськогосподарські поля, можуть потрапити до кінцевого споживача сільськогосподарської продукції, альтернативні підходи постійно розробляються. Наприклад, було запропоновано підвищити довговічність труб за рахунок зміни механічних властивостей труб. Відповідно, було показано, що пошкодження шкідниками пластикових труб малого діаметру визначаються твердістю труби. Наприклад, труби з поліетилену та гнучкого полівінілхлориду (ПВХ) більш схильні до пошкоджень, ніж труби з жорсткого ПВХ, а труби з поліетилену високої щільності менш схильні до пошкоджень, ніж труби з поліетилену низької щільності.

WO/2017/027269 розкриває інформацію про іригаційну трубку, що має частинки кремнезему або оксиду заліза, рівномірно розподілені по всій внутрішній і зовнішній частині трубки [17].

Інший підхід – включення засобу від гризунів до складу зрошувального апарату. Патент США № 4,095,618 розкриває інформацію про іригаційну трубку для відлякування гризунів, що містить:

- трубчастий елемент;
- перетинки, що простягаються збоку діаметрально протилежними краями трубчастого елемента й утворюють бар'єри від гризунів достатньої ширини, щоб запобігти контакту прокусів через полотно з трубчастим елементом
- відлякувач гризунів, розташований всередині та обмежений віддаленими краями сітки.

Залишається незадоволеною потреба в надійних системах крапельного зрошення, що відлякують шкідників.

Між тим, піретроїд — це органічна сполука, подібна до природних піретринів, що виробляються квітками піретрумів (*Chrysanthemum cinerariaefolium* і *C. coccineum*). Піретроїди становлять більшість комерційних побутових інсектицидів. У концентраціях, які використовуються в таких продуктах, вони також можуть мати властивості відлякування комах і, як правило, малошкідливі для людини [18].

У піретроїдній групі відомих матеріалів Біфентрин є відомим піретроїдним інсектицидом, який використовується в основному проти червоної вогняної мурашки, впливаючи на її нервову систему. Його додають у сітки для відлякування комарів, що є переносниками малярії, і в пакети з бананами для відлякування шкідників. Іншим видом матеріалу, який відноситься до групи піретроїдів, є дельтаметрин. Дельтаметрин це ефірний піретроїдний інсектицид. Цей матеріал також входить до складу інших пестицидів, які називаються синтетичними піретроїдами.

Даний винахід пропонує систему бічного крапельного зрошення, що містить оприскувач (наприклад, екструдовану безшовну трубу, трубчасту трубу, виготовлену зі складного листа тощо), виготовлену з полімерної композиції, що містить піретроїд (наприклад, біфентрин або дельтаметрин). Репелентні властивості піретроїду забезпечують захист водопроводу від шкідників і, згодом, покращують довговічність у середовищі крапельного зрошення, тобто на сільськогосподарських полях.

В одному аспекті винахід реалізовано у вигляді системи бічного крапельного зрошення, що містить водопровід, виготовлений з полімерної композиції, що містить піретроїд.

У кращому варіанті піретроїдом є або біфентрин, або дельтаметрин.

В іншому кращому варіанті виготовлення винаходу бічна сторона являє собою цілісну (вбудовану) латеральну частину крапельного зрошення, в якій безліч оприскувачів прикріплено до внутрішньої окружності трубопроводу на відстані один від одного; бічний зовнішній (он-лайн) тип крапельного зрошення, в якому безліч оприскувачів приєднані до зовнішньої окружності трубопроводу на відстані один від

одного; латеральне крапельне зрошення інтегрального стрічкового типу, в якому постійна смуга оприскувачів прикріплена або до внутрішньої окружності трубопроводу, або до області шва труби (у випадку, якщо вона виготовлена шляхом згинання листа в трубу); або бічне крапельне зрошення такого типу, де оприскувачі прикріплені або сформовані (наприклад, шляхом тиснення або формування під вакуумом) в зоні шва трубопроводу, утвореного шляхом згинання листа в трубу.

Ще в одному аспекті винаходу він забезпечує досить загальний спосіб (процес) виготовлення системи інтегрального бічного крапельного зрошення. Спосіб, що включає етапи:

- формування безшовної трубчастої труби шляхом екструзування суміші, що містить поліетилен і піретроїд (наприклад, біфентрин або дельтаметрин), щонайменше для формування зовнішньої окружності труби;
- розміщення множини випромінювачів у внутрішній окружності труби на відстані вздовж її довжини;
- утворення множини вихідних отворів у трубі з відстанню вздовж її довжини таким чином, що випромінювач розташовується над випускним отвором.

Ще в одному аспекті винаходу він забезпечує досить загальний спосіб (процес) виготовлення бічного крапельного зрошення. Спосіб, що включає етапи: формування трубчастої труби за допомогою процесу продування плівки під час екструзування суміші, що містить поліетилен і піретроїд (наприклад, біфентрин або дельтаметрин), щонайменше для формування зовнішньої окружності труби; і утворення множини оприскувачів на ділянці шва труби [17].

1.5. Біфентрин

Біфентрин [2-метил-3-ілметил(Z)-(1RS, 3RS)-3-(2-хлор-3,3,3-трифторпроп-1-енил)-2,2-диметилциклопропанкарбоксилат] – хімічна речовина, пестицид (піретроїд), використовується (в тому числі в сумішах з іншими активними компонентами) у сільському господарстві для боротьби з шкідливими комахами і шкідниками запасів [18].

Біфентрин погано розчинний у воді і часто залишається у ґрунті. Його залишковий період напіврозпаду в ґрунті становить від 7 днів до 8 місяців [19], залежно від типу ґрунту, з низькою рухливістю у більшості типів ґрунтів. Це біла, воскоподібна тверда речовина зі слабким солодкуватим запахом. Він хімічно синтезований у різних формах, включаючи порошок, гранули та пелети.

Як і інші піретроїди, біфентрин є хіральним; він має різні енантіомери, які можуть мати різні ефекти. Біфентрин міститься у двох енантіомерах: 1S-цис-біфентрин та 1R-цис-біфентрин. 1S-цис-біфентрин у 3-4 рази токсичніший для людини, ніж 1R-цис-біфентрин, тоді як останній більш ніж у 300 разів ефективніший як пестицид [20].

Застосування біфентрину:

- Сільське господарство. Піретроїдний інсектоакарицид широкого спектру дії раніше застосовувався на великому числі культур-бавовнику, зернових, ріпаку, сої, кукурудзі, картоплі, плодкових, овочевих, декоративних культурах, виноградній лозі, на чайних плантаціях. Дозволяє боротися з рядом сільськогосподарських шкідників, на які не діють піретроїди попереднього покоління, зокрема з кліщами і білокрилками. Знищує попелиць та інших шкідливих комах контактним шляхом, відлякує сільськогосподарських шкідників від посівів, попереджаючи можливий збиток;

- Шкідники запасів. На основі суміші біфентрину і малатіону зареєстрований і широко використовується інсектоакарицид простір, який активний проти всіх фаз розвитку комах і кліщів-шкідників запасів;

- Деревина. Раніше препарати на основі біфентрину застосовувалися для обробки заготовленої деревини проти більш ніж 40 видів стовбурових і технічних шкідників. Тривалість дії на комах – протягом 1,5-2 місяців з моменту обробки, що дозволяє шляхом одноразового обприскування захистити заготовлену деревину від весняної (короїди, довгоносики) і літньої (короїди, вусачі, златки) фенологічних груп стовбурових шкідників на весь період зберігання і транспортування деревини. Не впливає на колірні якості заготовленої деревини [21].

Препарати на основі біфентрину діють на шкідливі організми контактно і кишково. Біфентрин, як і інші піретроїди, впливає на нервову систему. Ефективно діє

на всі стадії розвитку комах: яйця, німф, імаго (дорослих особин). Володіє репелентними властивостями. Симптоми ураження дуже схожі на такі при отруєнні хлорорганічними інсектицидами: сильне збудження з подальшим паралічем. Біфентрин порушує процес обміну іонів натрію в пресинаптичній мембрані, що призводить до виділення зайвої кількості ацетилхоліну при проходженні нервового імпульсу через синаптичну щілину.

Токсикодинаміка: Існує два типи піретроїдів – з і без α -ціаногрупи. Нейротоксичність біфентрину ґрунтується на спорідненості з напруженими каналами натрію (у комах, а також у ссавців). Піретроїди з α -ціаногрупою назавжди блокують натрієвий канал, викликаючи постійну деполяризацію мембрани. Піретроїди без α -ціаногрупи, до якої належить біфентрин, здатні лише тимчасово зв'язуватися з натрієвим каналом. Це призводить до потенційних наслідків і, можливо, безперервного вигорання аксонів [22].

Біфентрин відкриває натрієвий канал на коротший період, ніж інші піретроїди. Механізм дії у ссавців та безхребетних не відрізняється, але вплив на ссавців значно менший через вищу температуру тіла, більший об'єм тіла та меншу спорідненість біфентрину з натрієвими каналами.

Токсикокінетика: Було проведено численні дослідження щодо періоду напіврозпаду біфентрину в ґрунті, воді та повітрі в різних умовах, таких як аеробні чи анаеробні, та при різних температурах та рН. Ймовірно, що він затримується в ґрунті та в меншій мірі у воді (речовина гідрофобна) та повітрі (малоймовірно випаровується через свої фізичні властивості). Через нерозчинність у воді біфентрину він не спричиняє швидкого забруднення ґрунтових вод. Однак певне забруднення може відбуватися у поверхневій воді через стік через зв'язаний із ґрунтом біфентрин. Основним шляхом деградації є 4'-гідроксибіфентрин [16].

Біотрансформація: Піретроїди набагато менш токсичні для ссавців, ніж для комах та риб, оскільки ссавці мають здатність швидко розривати ефірний зв'язок у біфентрині та розщеплювати речовину на її неактивні кислотні та спиртові компоненти. У людей та щурів біфентрин деградується цитохромами р450 [16].

Токсичність для тварин:

- Комарі. Біфентрин - ефективний пестицид для боротьби з комарами - переносниками малярії та філярії. Він все ще ефективний, коли виявляється стійкість до інших піретроїдів. Москитні сітки та стіни в приміщенні можна обробити біфентрином, щоб уникнути більшої кількості комарів. Біфентрин є ефективно використовуваним інсектицидом, але високий ризик його дії лише короткий час. Комарі також можуть виробити до нього опір;

- Водні тварини. Речовина погано розчинна у воді, тому майже весь біфентрин залишатиметься в осаді, але він дуже шкідливий для водних організмів. Навіть у невеликих концентраціях біфентрин впливає на рибу та інших водних тварин. Однією з причин високої чутливості риби є уповільнення обміну речовин. Біфентрин довше затримується у внутрішніх органах. Іншою причиною високої чутливості риби є вплив біфентрину як інгібітора АТФ-ази. Для контролю осмотичного балансу кисню зябра потребують АТФ. Якщо риба більше не здатна поглинати кисень, оскільки АТФ більше не може використовуватися, риба загине. У холодній воді біфентрин ще більш небезпечний. рН та концентрація кальцію також є факторами, що впливають на токсичність. Хребетні менш чутливі до впливу біфентрину як інгібітора АТФ-ази;

- Бджоли. У бджіл летальна концентрація біфентрину (LC50) становить близько 17 мг/л. При сублетальних концентраціях біфентрин зменшує плодючість бджіл, зменшує швидкість, з якої личинки бджіл розвиваються до дорослих особин, і збільшує їх незрілі періоди;

- Токсичність у людини. Біфентрин та інші синтетичні піретроїди все більше використовуються в сільському господарстві через високу ефективність цих речовин у знищенні комах, низьку токсичність для ссавців та хорошу біорозкладність. Однак, завдяки його успіху, вони використовуються частіше (також у приміщенні), і може спостерігатися сильний вплив біфентрину на людей;

- Канцерогенність. ЕРА США класифікує біфентрин як категорію С, можливий канцероген для людини. Цей рейтинг базується на збільшенні частоти пухлин сечового міхура у мишей, аденомі та аденокарциномі печінки у самців мишей та бронхоальвеолярних аденомах та аденокарциномах легенів у деяких самок мишей;

- Потенціал нейротоксичності. Біфентрин може поглинатися людиною при контакті зі шкірою або при прийомі всередину. Контакт зі шкірою не є токсичним, викликаючи лише легке поколювання на конкретному місці контакту. Проковтування у концентраціях нижче 10^{-4} М не є токсичним. Однак комерційно доступні продукти біфентрину, розроблені для побутового використання можуть викликати токсичні ефекти через додавання інших хімічних речовин для підвищення стійкості біфентрину. Симптомами надмірного впливу є нудота, головні болі, підвищена чутливість до дотику та звуку та подразнення шкіри та очей [22].

1.6. Висновки до розділу

Таким чином, аналіз теоретичного матеріалу показав, що в сучасному сільському господарстві для поливу найширше використання завдяки своїм характеристикам отримали полімерні поліетиленові водопровідні труби. При експлуатації вони можуть бути пошкоджені шкідниками. Для боротьби з ними застосовуються пестициди з родини піретроїдів, зокрема біфентрин. Для захисту труб від шкідників можлива розробка труб із застосуванням біфентрину в матеріалі при їхньому виготовленні.

РОЗДІЛ 2

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ

2.1. Пробопідготовка

Підготовка проб води проводиться за СанПіН 4259-87 «Інструкція по санитарно-хімічному дослідванню изделий из полимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении» [23]. Зразки синтетичних матеріалів та виробів насамперед піддаються ретельному огляду. При цьому відзначається наявність запаху, характер поверхні, колір зовні та зсередини. Потім зразки піддають механічному очищенню, промивають у проточній воді і приступають до дослідження.

Контакт води з пластмасовими трубами моделюється в такий спосіб. Відрізок труби закривається з одного боку скляною, кірковою або дерев'яною пробкою, а потім заливається вода. Зручніше занурювати відрізки випробуваних труб заповнені водою широкогорлі скляні судини. Така форма контакту з водою можлива у тих випадках, коли труби зсередини та зовні виготовлені з одного матеріалу (нерідко труби покривають лише з одного боку захисним покриттям). При цьому треба дотримуватися певного співвідношення між площею поверхні досліджуваного матеріалу (відрізка пластмасової труби) і об'ємом води, що стикається з ним (питома поверхня). Ця вимога пояснюється тим, що кількість речовин, що вимиваються з пластмаси в певний об'єм води, пропорційно до поверхні, що стикається з водою, тобто ступінь несприятливого впливу на якість води обернено пропорційно величині питомої поверхні.

2.2. Високоєфективна рідинна хроматографія з тандемним мас-спектрометричним детектуванням

Високоєфективна рідинна хроматографія (ВЕРХ) – це метод колонкової хроматографії, в якому рухомою фазою (РФ) служить рідина, що рухається через хроматографічну колонку, заповнену нерухомою фазою (сорбентом). Колонки для ВЕРХ характеризуються високим гідравлічним тиском на вході в колонку, тому ВЕРХ іноді називають «рідинною хроматографією високого тиску» [24].

Залежно від механізму поділу речовин розрізняють такі варіанти ВЕРХ: адсорбційну, розподільну, іонообмінну, ексклюзивну, хіральну та ін.

В адсорбційній хроматографії поділ речовин відбувається за рахунок їхньої різної здатності адсорбуватися та десорбуватися з поверхні адсорбенту з розвиненою поверхнею, наприклад, силікагелю.

У розподільній ВЕРХ поділ відбувається за рахунок відмінності коефіцієнтів розподілу речовин, що розділяються між нерухомою (як правило, хімічно щепленою до поверхні нерухомого носія) і рухомою фазами.

За полярністю РФ та НФ ВЕРХ поділяють на нормально-фазову та обернено-фазову.

Нормально-фазовим називають варіант хроматографії, у якому використовуються полярний сорбент (наприклад, силікагель або силікагель з щепленими NH₂ - або CN-групами) та неполярна РФ (наприклад, гексан з різними добавками). У обернено-фазовому варіанті хроматографії використовують неполярні хімічно модифіковані сорбенти (наприклад, алкільний неполярний радикал ¹⁸C) і полярні рухливі фази (наприклад, метанол, ацетонітрил).

В іонообмінній хроматографії молекули речовин суміші, що дисоціювали в розчині на катіони та аніони, поділяються під час руху через сорбент (катіоніт або аніоніт) за рахунок їх різної швидкості обміну з іонними групами сорбенту.

В ексклюзивній (ситової, гель-проникаючої, гель-фільтраційної) хроматографії молекули речовин поділяються за розміром за рахунок їх різної здатності проникати в пори нерухомої фази. При цьому першими з колонки виходять

найбільші молекули (з найбільшою молекулярною масою), здатні проникати в мінімальне число пір нерухомої фази, а останніми виходять речовини з малими розмірами молекул.

Метод ВЕРХ може застосовуватися для контролю якості будь-яких негазоподібних аналізованих речовин. Для аналізу використовують відповідні прилади – рідинні хроматографи.

До складу рідинного хроматографа зазвичай входять такі основні вузли:

- вузол підготовки ПФ, включаючи ємність з рухомою фазою (або ємності з окремими розчинниками, що входять до складу рухомої фази) та систему дегазації ПФ;
- насосна система;
- змішувач рухомої фази (при необхідності);
- система введення проби (інжектор);
- хроматографічна колонка (може бути встановлена в термостаті);
- детектор;
- система збору та обробки даних.

Насоси забезпечують подачу РФ у колонку із заданою постійною швидкістю. Склад рухомої фази може бути постійним або таким, що змінюється під час аналізу. У першому випадку процес називають ізократичним, тоді як у другому – градієнтним. Перед насосною системою іноді встановлюють фільтри з діаметром пір 0,45 мкм для фільтрації рухомої фази. Сучасна насосна система рідинного хроматографа складається з одного або кількох насосів, керованих комп'ютером. Це дозволяє змінювати склад РФ за певною програмою при градієнтному елююванні. Змішування компонентів РФ в змішувачі може відбуватися як при низькому тиску (до насосів), так і високому тиску (після насосів). Змішувач можна використовувати для підготовки РФ та при ізократичному елююванні, проте більш точне співвідношення компонентів досягається при попередньому змішуванні компонентів РФ для ізократичного процесу. Насоси для аналітичної ВЕРХ дозволяють підтримувати постійну швидкість подачі РФ колонку в інтервалі від 0,1 до 10 мл/хв при тиску на вході колонку до 50 МПа. Доцільно, однак, щоб це значення

не перевищувало 20 МПа. Пульсації тиску мінімізуються спеціальними демпферними системами, що входять до конструкції насосів. Робочі деталі насосів виготовляються з корозійностійких матеріалів, що дозволяє використовувати у складі РФ агресивні компоненти [24].

2.3. Атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно-зв'язаною плазмою

Сьогодні атомно-емісійна спектрометрія з індуктивно зв'язаною плазмою є найпоширенішим високочутливим методом якісного та кількісного визначення хімічних елементів у твердих та рідких речовинах. Перевагою цього методу досліджень порівняно з іншими оптичними спектральними, а також багатьма хімічними та фізико-хімічними методами дослідження є можливість безконтактного, швидкісного, одночасного кількісного визначення більшої частини хімічних елементів у широкому інтервалі концентрацій з високою точністю із використанням незначної маси досліджуваного зразка [25].

В основу методу покладено вимірювання інтенсивності випромінювання світла, яке виникає на визначених довжинах хвиль в атомах, активний стан яким надано індуктивно зв'язаною плазмою. Складна і високотехнологічна конструкція приладу забезпечує методу високі аналітичні характеристики та селективність. Істотною перевагою методу атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою є можливість виконання багатоелементного аналізу. Перевагою є також “динамічний діапазон” методу, а саме лінійність градуювальних графіків у інтервалі концентрацій, що охоплюють декілька порядків. Отже, можна визначати елементи як на найнижчому рівні концентрацій (нижче за 1 мкг/л), так і на високих рівнях (сотні мг/л). Атомно-емісійну спектрометрію з індуктивно зв'язаною плазмою широко використовують у різноманітних сферах діяльності людини, зокрема в медицині, фармації, вугільній промисловості та багатьох інших.

Висока чутливість цього методу уможлиблює визначення багатьох хімічних елементів, більшість з яких є токсичними елементами. Цей аспект доволі важливий під час дослідження вмісту хімічних елементів. Методика атомноемісійної

спектрометрії з індуктивно зв'язаною плазмою дає можливість здійснити такі дослідження.

Пробопідготовка передбачає подрібнення, зважування, додавання азотної кислоти з подальшою відповідною підготовкою і введення в масспектрометр. Стандартні розчини використовуються для побудови калібрувальних графіків [25].

Пробу вносять в атомізатор (що одночасно є джерелом випромінювання), де вона випаровується, сполуки дисоціюють і вільні атоми та іони переходять у збуджений стан. Через $\sim 10^{-7}$ с збуджений електрон переходить до основного стану, випромінюючи світло, яке за допомогою спектрального приладу розкладається на спектр і реєструється. Використання методу з аналітичною метою потребує підтримування порівняно постійної температури у джерелі збудження, тому що інтенсивність випромінювання світла I_m при електронному переході з рівня m на основний залежить від абсолютної температури T згідно зі співвідношенням:

$$I_m = BN_0 \exp(-E_m/kT),$$

де B — константа; N_0 — кількість незбуджених атомів; E_m — енергія збудженого рівня; k — стала Больцмана. Окремі методики А.-е.с.а. відрізняються за типом джерела збудження, а також способом введення в нього досліджуваної речовини. Для збудження використовують полум'я горючих газів у суміші з окиснювачами, електричну дугу постійного і змінного струму, імпульсний розряд, іскру. Як джерела збудження використовуються також і лазери. В А.-е.с.а. перспективне використання плазмотронів різних конструкцій, ВЧ- та НВЧ-розряду, магнетронних генераторів, індуктивно зв'язаної плазми. За допомогою різних прийомів у плазму цих розрядів вводиться проба у вигляді порошоків, розпилених розчинів, що підвищує точність аналізу, починаючи від звичайних 1–20 до 0,5–3% маси [25]. Метод дає змогу досліджувати складні проби і визначати одночасно декілька елементів, вміст яких може досягати десятків відсотків. Прилади, які реалізують метод А.-е.с.а., дозволяють проводити елементний аналіз практично будь-яких речовин. У важливих випадках аналізу чистих речовин використання індуктивно зв'язаної плазми дає змогу досягти межі визначення вмісту елементів 10^{-}

$5-10^{-6}$ % маси. Метод емісійного аналізу поступається методам атомно-абсорбційного та атомно-флуоресцентного спектрального аналізу за селективністю і відтворенням.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Підготовка зразків води для дослідження

На дослідження були надані зразки труб для крапельного зрошення, виготовлені з поліетилену з додаванням біфентрину. Товщина стінок труб – 1,5 мм. Зважаючи на сферу застосування труб, була виявлена необхідність дослідження впливу труб на воду з різними показниками температури та рН, а також на воду із додаванням мінерального азотно-фосфорно-калійного добрива. Тому для дослідження були обрані наступні показники:

- температура: $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 20\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- рН: $\text{pH} = 2,9$, $\text{pH} = 6,8$, $\text{pH} = 10$;
- наявність добрива.

Було підготовлено 12 колб, кожна з 50 мл води з вказаними характеристиками рН або додаванням мінерального азотно-фосфорно-калійного добрива. В кожную колбу поміщено зразок труби у вигляді квадрата 5x5 см. Підготовлені проби були залишені на 1 добу в лабораторії, проби з $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ були поміщені в автоклав, а проби з $t = 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ були поміщені в холодильник. Нумерація та характеристики проб наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Нумерація та характеристики проб

№ проби	t, °C	pH
1.	2.	3.
1	20	6,8
2	50	6,8
3	5	6,8

1.	2.	3.
4	20	10
5	50	10
6	5	10
7	20	2,9
8	50	2,9
9	5	2,9
10	20	добриво
11	50	добриво
12	5	добриво

Проби були досліджені протягом 1 доби. Проби з температурою 50°C були додатково досліджені протягом 3 діб. Проби, що містять добриво, були також проаналізовані на вміст у воді наступних важких металів: свинець, кадмій та миш'як.

3.2 Дослідження міграції біфентрину з труб у воду

3.2.1. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 6,8

Рівень рН = 6,8 відповідає нейтральному середовищу та відповідає звичайній водопровідній воді, що часто використовується для поливу на приватних ділянках. Результати дослідження проб води з нейтральною лужністю та трьома варіантами температури наведені у таблиці 3.2.

Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 6,8

№ проби	t, °C	Показання приладу, мг/л	Середній результат, мг/л
1	20	0,000167	0,000157
		0,000161	
		0,000119	
		0,000181	
2	50	0,000039	—
		0,000100	
		<0,000030	
		<0,000030	
3	5	<0,000030	—
		<0,000030	
		<0,000030	
		<0,000030	

Результати даного дослідження показали результати поза межею визначення приладу у більшості пробах, крім проби №1. Найвищий рівень вмісту біфентрину був у проби з середнім показником температури $t = 20$ °C, найнижчі – у проби з низькою температурою $t = 5$ °C. Показники усіх проб не перевищують ГДК біфентрину у поверхневих водах – 0,005 мг/л [26].

3.2.2. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 10

Рівень рН = 10 відповідає лужному середовищу, що характерне для деяких добрив, що застосовуються у сільському господарстві та додаються у воду при поливі. Для приготування проби води з рН = 10 потрібно поступово додавати піпеткою розчин аміаку до отримання потрібного значення рН.

Результати дослідження зразків води з рН = 10 та трьома варіантами температури наведені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 10

№ проби	t, °C	Показання приладу, мг/л	Середній результат, мг/л
4	20	0,001748	0,002305
		0,002378	
		0,002433	
		0,002662	
5	50	<0,000030	—
		<0,000030	
		<0,000030	
		<0,000030	
6	5	0,000194	0,000211
		0,000220	
		0,000224	
		0,000206	

Результати даного дослідження не показали перевищень ГДК біфентрину у поверхневих водах. Проба з найвищою температурою t = 50 °C мала найнижчі показники вмісту біфентрину поза межею визначення, проба з середньою температурою t = 20 °C мала найвищі показники. Жодна з проб з рівнем рН = 10 не перевищила ГДК біфентрину у поверхневих водах.

3.2.3. Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 2,9

Рівень рН = 2,9 відповідає кислому середовищу, що характерне для деяких добрив, що застосовуються у сільському господарстві та додаються у воду при

поливі. Для приготування проби води з рН = 2,9 потрібно поступово додавати піпеткою оцтову кислоту до отримання потрібного значення рН.

Результати дослідження проб з рівнем рН = 2,9 наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Результати 1-денного експерименту з водою з рН = 2,9

№ проби	t, °C	Показання приладу, мг/л	Середній результат, мг/л
7	20	0,000058	0,000048
		0,000048	
		0,000049	
		0,000038	
8	50	0,000432	0,000376
		0,000326	
		0,000342	
		0,000402	
9	5	0,000053	0,000050
		0,000059	
		0,000039	
		0,000047	

Результати дослідження проб з показником рН = 2,9 не показали перевищень ГДК біфентрину в поверхневих водах. Найвищий рівень вмісту пестициду мав показник з найвищою температурою t = 50 °C, показники проб з температурами t = 20 °C та t = 5 °C були практично ідентичні.

3.2.4. Результати 1-денного експерименту у воді з додаванням добрива

Для приготування проб води з додаванням мінерального азотно-фосфорно-калійного добрива потрібно розчинити 5 мл добрива не менше ніж у 1000 мл води.

Загальна витрата добрива в середньому становить від 50 до 100 л/га за період вегетації. Денна норма витрати добрива коливається в межах 1-10 л залежно від агрономічної необхідності.

Результати 1-денного експерименту з водою з додаванням добрива наведені в таблиці 3.5

Таблиця 3.5

Результати 1-денного експерименту з водою з додаванням добрива

№ проби	t, °C	Показання приладу, мг/л	Середній результат, мг/л
10	20	<0,000030	—
		<0,000030	
		<0,000030	
		<0,000030	
11	50	<0,000030	—
		<0,000030	
		<0,000030	
		<0,000030	
12	5	<0,000030	—
		<0,000030	
		<0,000030	
		<0,000030	

Результати визначення проб води з додаванням добрива виявилися найнижчими зі всіх, усі три зразки показали результати поза межею визначення приладу.

3.2.5. Результати 3-денного експерименту у воді з температурою $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

Було вирішено провести 3-денний експеримент на пробах з найвищою температурою $t = 50^{\circ}\text{C}$, оскільки чим вища температура, тим вища хімічна активність. Результати даного випробування наведені в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6

Результати 3-денного експерименту з водою з температурою $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

№ проби	Показання приладу, мг/л	Середній результат, мг/л
2	<0,000030	—
	<0,000030	
	<0,000030	
	<0,000030	
5	0,000371	0,000309
	0,000321	
	0,000272	
	0,000273	
8	<0,000030	—
	<0,000030	
	<0,000030	
	<0,000030	
11	<0,000030	—
	<0,000030	
	<0,000030	
	<0,000030	

Результати 3-денного експерименту з водою з температурою $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ не показали перевищень ГДК біфентрину в поверхневих водах. Усі результати, крім зразка №5 з рівнем рН = 10 були нижче межі визначення приладу.

Для простеження динаміки вмісту біфентрину у зразках води було проведене порівняння проб 1-денного та 3-денного експериментів.

Результати порівняння наведені у таблиці 3.7.

Таблиця 3.7

Порівняння результатів 1-денного та 3-денного експериментів з водою з температурою $t = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$

№ проби	Результат 1-денного експерименту	Результат 3-денного експерименту
2	<0,000030	<0,000030
5	<0,000030	0,000309
8	0,000370	<0,000030
11	<0,000030	<0,000030

Порівняння результатів 1-денного та 3-денного експериментів показують, що залежності вмісту біфентрину від рівня рН або температури немає. В цілому протягом 3 днів рівень біфентрину тримається на рівні, нижчому на ГДК, у пробі №8 навіть зменшується.

3.3 Дослідження вмісту важких металів у воді

3.3.1. Результати випробування добрива щодо вмісту важких металів

Мінеральне азотно-фосфорно-калійне добриво, що використовувалося при приготуванні зразків води №10, 11 і 12, було проаналізоване на вміст у ньому свинцю, кадмію та миш'яку. Результати дослідження наведені в таблиці 3.8.

Таблиця 3.8

Результати випробування добрива щодо вмісту важких металів

Показник	Результат, мг/кг
Масова частка свинцю	0,34±0,03
Масова частка кадмію	<0,15
Масова частка миш'яку	3,38±0,06

Вміст кадмію в добриві був нижчим за межу визначення приладу, вміст свинцю також досить невисокий. Вміст миш'яку виявився значно вищим.

3.3.2. Результати випробування зразків води з додаванням добрива щодо вмісту важких металів

Враховуючи можливість застосування добрива у воді при поливі виникла необхідність проаналізувати зразки проб на вміст важких металів. Результати цього дослідження наведені в таблиці 3.9.

Таблиця 3.9

Результати випробування зразків води з додаванням добрива щодо вмісту важких металів

№ проби	Свинець, мг/л	Кадмій, мг/л	Миш'як, мг/л
10 (1 доба)	<0,007	<0,0008	0,044±0,001
10 (3 доби)	<0,007	<0,0008	0,043±0,001
11 (1 доба)	<0,007	<0,0008	0,040±0,001
11 (3 доби)	<0,007	<0,0008	0,043±0,001
12 (1 доба)	<0,007	<0,0008	0,042±0,001
12 (3 доби)	<0,007	<0,0008	0,042±0,001

Результати випробування зразків води з додаванням добрива щодо вмісту важких металів показали рівні вмісту свинцю, кадмію та миш'яку нижчі за ГДК у поверхневих водах [27].

3.4. Висновки до розділу

Таким чином, результати дослідження міграції біфентрину з труб у воду показали, що вміст пестициду у воді після проведення експерименту залишається в межах ГДК біфентрину у поверхневій воді, що становить 0,005 мг/л. Результати дослідження проб з додаванням добрива на вміст важких металів показали, що вода після впливу зразків труб відповідає санітарним нормам щодо вмісту свинцю, кадмію та миш'яку у поверхневих водах, що становлять для свинцю – 0,03 мг/л, для кадмію – 0,001 мг/л, для миш'яку – 0,05 мг/л [27].

З цього випливає, що використання таких труб при крапельному поливі не матиме негативного впливу на якість води та навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз умов праці на робочому місці

Для аналізу умов праці було обране приміщення хімічної лабораторії відділу «Інститут екогігієни і токсикології пестицидів і агрохімікатів» Наукового центру превентивної токсикології, харчової та хімічної безпеки імені академіка Л.І. Медведя МОЗ України, на базі якої проводилася дослідна частина даної дипломної роботи.

4.1.1. Організація робочого місця

Площа лабораторії складає 20 м². Кількість робітників у лабораторії – 2. Таким чином, площа одного робочого місця складає 10 м².

4.1.2. Мікроклімат виробничих приміщень

Роботи в хімічній лабораторії можуть виконуватися сидячи, стоячи або бути пов'язаними з ходьбою та супроводжуватися деякими видами фізичного напруження. За даними параметрами відповідно стандарту ДСН 3.3.6.042-99 [28] робота відноситься до категорії Іб.

Для робіт категорії легка Іб у холодний період року оптимальними величинами температури є 21 – 23 °С, відносної вологості – 40-60%. На час виконання роботи середня температура повітря складала 22 °С, а вологість – 54%, що відповідає встановленим нормам.

4.1.3. Шкідливі речовини в повітрі робочої зони

Основним джерелом виділення шкідливих речовин у лабораторії є хімічні реагенти, що використовуються при роботі. До них входять ацетон, метанол, етанол, метиловий ефір, оцтова кислота, розчин аміаку. Для забезпечення дотримання ГДК шкідливих речовин у повітрі всі роботи з ними проводяться у спеціальних лабораторних шафах, підключених до каналних вентиляторів з перемикачами швидкості обертів до 3000 м³/год.

4.1.4. Освітлення

Приміщення лабораторії забезпечується штучним, природним та суміщеним освітленням, що відповідає вимогам НПАОП 73.1-1.11-12 [29]. При цьому забороняється використання тільки місцевого освітлення. В обраній лабораторії наявні штучні загальні (стельові світильники, 4 шт.) та місцеві (настільні лампи, 2 шт) джерела світла в комбінації з природним освітленням (вікна, 2 шт.).

4.1.5. Шум, вібрація, ультразвук, інфразвук

За ДСН 3.3.6.037-99 [28] лабораторія відповідає виду трудової діяльності 4 – робота у приміщеннях лабораторій з шумним устаткуванням, для якої встановлений рівень шуму 75 дБА. Джерела шуму, що наявні в обраній лабораторії (холодильні камери, лабораторні автоклави, витяжки, комп'ютери), не перевищують рівень 58 дБА, що відповідає встановленим нормам.

4.1.6. Виробничі випромінювання

В обраній лабораторії ультрафіолетове, інфрачервоне, лазерне, електромагнітне та іонізуюче випромінювання відсутнє.

4.1.7. Небезпека ураження електричним струмом

Можливими причинами ураження електричним струмом у вибраній лабораторії є електроприбори, що можуть вийти з ладу, та розетки. При дотриманні умов праці ризик електротравматизму незначний.

4.1.8. Статична електрика

В обраній лабораторії речовини, матеріали, елементи обладнання та оздоблення приміщення, що можуть електризуватися в процесі їх використання, відсутні.

4.2. Розробка заходів з охорони праці

При проведенні аналізу умов праці на робочому місці найбільш несприятливим шкідливим фактором була визначена якість повітря робочої зони.

У робочій зоні хімічної лабораторії вміст пилу, газів і парів небезпечних речовин не має перевищувати ГДК за ГОСТ 12.1.005-88 [30]. Здійснюється періодичний аналіз повітря на вміст шкідливих хімічних речовин у приміщенні лабораторії (ацетон, метанол, етанол, метиловий ефір, оцтова кислота, аміак). Термін встановлюється залежно від класу небезпеки шкідливої речовини: для I класу – не рідше за 1 раз на 10 днів, II класу - не рідше 1 разу на місяць, III і IV класів - не рідше 1 разу на квартал. Для забезпечення належної якості повітря усі роботи, пов'язані з хімічними речовинами, можна проводити тільки у витяжній шафі. Витяжка має бути оснащена відсмоктувачами повітря. Починати роботу в лабораторії дозволяється виключно при справній вентиляції, також має бути передбачене автоматичне включення та блокування вентиляційної системи.

4.3. Пожежна безпека

У приміщенні обраної лабораторії причинами виникнення пожежі можуть бути:

- коротке замикання одного з електроприладів (світильник, холодильна камера, лабораторний автоклав, комп'ютер,) або розетки;
- відкритий вогонь при використанні таганків чи спиртових горілок;
- загорання горючих або вибухонебезпечних реагентів, сухого пального.

За ДСТУ Б В.1.1-36:2016 [31] дане приміщення відноситься до категорії В пожежонебезпечне. Із засобів пожежогасіння наявні ящики з сухим піском, вогнегасники (газовий і пінний), пожежні покривала з негорючого теплоізоляційного матеріалу. Також лабораторія оснащена стаціонарною системою пожежної сигналізації і пожежогасіння з комбінованими сповіщувачами.

Отже, за умов дотримання правил безпеки роботи в лабораторіях та загальних правил пожежної безпеки можливо звести ризик виникнення пожежі до мінімуму.

4.4. Розрахунок параметрів мікроклімату

Вимірювання параметрів мікроклімату здійснювалося в холодний період року. Робоче місце є постійним, відноситься до категорії легка Іб [32].

4.4.1 Температура повітря та швидкість руху повітря

Температура повітря вимірюється на робочому місці за допомогою сухого термометра аспіраційного психрометра (психрометричного гігрометра). Вимірювання швидкості руху повітря проводиться за допомогою анемометра.

Результати вимірювань:

- висота над підлогою, $h_i = 1,5$ м;
- температура повітря, $t_{\text{пов}} = 22$ °С;
- швидкість руху повітря, $V = 0,1$ м/с.

4.4.2. Відносна вологість повітря

Для вимірювань відносної вологості повітря використовується статичний чи аспіраційний психрометр. За різницею показань сухого та зволоженого термометрів психрометра, з урахуванням атмосферного тиску, у відповідності з психрометричною таблицею визначається значення відносної вологості.

Результати вимірювань:

- показання сухого термометра, $t^{\circ}_{\text{сух}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- показання вологого термометра, $t^{\circ}_{\text{вол}} = 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$;
- відносна вологість, $\varphi = 54\%$.

4.4.3. Оцінка фізіологічних показників людини

Коефіцієнт $A = 36,3 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Коефіцієнт $k = 0,32 \text{ м}^2 \times ^{\circ}\text{C}/\text{Вт}$;

Температура повітря, $t_{\text{пов}} = 22 \text{ }^{\circ}\text{C}$;

Відносний критерій середовища $K_{\text{сер}}$, за формулою:

$$K_{\text{сер}} = \left[1 + \frac{\varphi - 50}{172} \right] - \frac{A - t_{\text{пов}}}{88 \times k} \left(1 + \frac{\varphi - 50}{200} \right);$$

$$K_{\text{сер}} = 0,5;$$

Значення $K_{\text{сер}}$ в межах гранично допустимих умов середовища.

Значення коефіцієнта фізіологічного впливу мікроклімату $K_{\text{ф}}$, за формулою:

$$K_{\text{ф}} = 4 \times K_{\text{сер}}^2;$$

$$K_{\text{ф}} = 1.$$

Значення коефіцієнтів відповідають оптимальним умовам: $K_{\text{сер}} = 0,5$; $K_{\text{ф}} = 1$.

Визначення фактичних середніх фізіологічних показників роботи людини в даних мікрокліматичних умовах:

$$\text{Температура шкіри, } \Phi\Pi_1 = W_1 + F_1 \times (K_{\text{ф}} - 1);$$

$$\Phi\Pi_1 = 32 \text{ }^{\circ}\text{C}.$$

$$\text{Температура тіла, } \Phi\Pi_2 = W_2 + F_2 \times (K_{\text{ф}} - 1);$$

$$\Phi\Pi_2 = 36,4\text{ }^\circ\text{C}.$$

$$\text{Частота серцевих скорочень, } \Phi\Pi_3 = W_3 + F_3 \times (K_\Phi - 1);$$

$$\Phi\Pi_3 = 65 \text{ уд./хв.}$$

$$\text{Втрата маси вологи } \Phi\Pi_4 = W_4 + F_4 \times (K_\Phi - 1);$$

$$\Phi\Pi_4 = 100 \text{ г/год.}$$

Отже, параметри мікроклімату на даному робочому місці відповідають оптимальним значенням.

4.5. Висновки до розділу

При аналізі умов праці на робочому місці, що було використане при виконанні практичної частини дипломної роботи, було виявлено, що хімічна лабораторія відповідає поставленим вимогам та стандартам згідно з діючими в Україні стандартами ДСН 3.3.6.042-99, НПАОП 73.1-1.11-12, ГОСТ 12.1.005-88 та ДСТУ Б В.1.1-36:2016.

Для детального опрацювання було обране детальне дослідження параметрів мікроклімату виробничих приміщень. Результати розрахунків коефіцієнту фізіологічного впливу мікроклімату та відносного критерію комплексного впливу всіх параметрів середовища показали, що необхідності нормалізації мікроклімату немає, оскільки показники відповідають оптимальним.

ВИСНОВКИ

1. Проаналізовані теоретичні матеріали на тему характеристик та сфери застосування поліетиленових поливних труб показали, що поліетиленові труби широко застосовуються у сільському господарстві. Літературні джерела щодо характеристик біфентрину вказують на те, що пестицид є небезпечною речовиною для людини та нормується за допомогою ГДК.

2. Актуальність теми зумовлена широким застосуванням поліетиленових труб для крапельного поливу та необхідністю їхнього захисту від пошкодження шкідниками.

3. Результати дослідження міграції біфентрину з труб у воду показали, що вміст пестициду у воді після проведення експерименту залишається в межах ГДК біфентрину у поверхневій воді, а також те, що вміст пестициду не залежить від температури та рівня рН.

4. Результати дослідження проб з додаванням добрива на вміст свинцю, кадмію та миш'яку показали, що вміст біфентрину у матеріалі труб, які застосовуються для поливу, не впливає на концентрацію важких металів у воді, яка використовується в цих трубах.

5. В результаті досліджень можна вивести рекомендації щодо використання пестицидів для виготовлення поліетиленових труб, що використовуються для крапельного поливу: використання різних видів пестицидів залежно від умов використання та призначення труб; розробка нових видів труб з додаванням пестицидів; використання більш безпечних репелентів; застосування даної методики в інших сферах.

СПИСОК БІБЛІОГРАФІЧНИХ ПОСИЛАНЬ ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Колпаков В.В. Сельскохозяйственные мелиорации / В.В. Колпаков, И.П. Сухарев. – М. : Колос, 1988. – С. 152–154.
2. Ромащенко М.І. Системи краплинного зрошення: навчальний посібник / М.І. Ромащенко, В.І. Доценко, Д.М. Онопрієнко, О.І Шевелєв [За ред. академіка УААН М.І. Ромащенка] – Дніпропетровськ: ООО ПКФ „Оксамит-текст”, 2007/ – 175 с.
3. Сучасний стан, основні проблеми водних меліорацій та шляхи їх вирішення / за ред.. П.І. Коваленка. – К.: Аграрна наука, 2001. – С. 64–69.
4. Vasile C., Pascu M. Practical Guide to Polyethylene. — Shawbury: Smithers Rapra Press, 2008. 188 p.
5. ДСТУ Б В.2.7-151:2008. Труби поліетиленові для подачі холодної води. Технічні умови. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України. 2009. 39 с.
6. Donald Atwood, Claire Paisley-Jones. "US EPA - Pesticides Industry Sales and Usage 2008 - 2012". U.S. Environmental Protection Agency Washington, DC 20460, 2017. 32 p.
7. "International Code of Conduct on the Distribution and Use of Pesticides". Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2002. 38 p.
8. Safe S, Plugge H, Crocker JF (1977). "Analysis of an aromatic solvent used in a forest spray program". Chemosphere. 6 (10): 641–651.
9. Rao GV, Rupela OP, Rao VR, Reddy YV (2007). "Role of biopesticides in crop protection: present status and future prospects". Indian Journal of Plant Protection. 35 (1): 1–9.
10. Goldman LR (2007). "Managing pesticide chronic health risks: U.S. policies". Journal of Agromedicine. 12 (1): 67–75.
11. Cooper J, Dobson H (2007). "The benefits of pesticides to mankind and the environment". Crop Protection. 26 (9): 1337–1348.

12. Bassil KL, Vakil C, Sanborn M, Cole DC, Kaur JS, Kerr KJ (October 2007). "Cancer health effects of pesticides: systematic review". *Canadian Family Physician*. 53 (10): 1704–11.
13. Goldmann, L (May 2004). "Childhood Pesticide Poisoning: Information for Advocacy and Action" (PDF) (Report). WHO. 20 p.
14. Mekonnen, Yalemtehay; Agonafir, Tadesse (2004). "Lung function and respiratory symptoms of pesticide sprayers in state farms of Ethiopia". *Ethiopian Medical Journal*. 42 (4): 261–266.
15. Miller GT (2004). "Ch. 9. Biodiversity". *Sustaining the Earth* (6th ed.). Pacific Grove, CA: Thompson Learning, Inc. pp. 211–216.
16. Gilden RC, Huffling K, Sattler B (January 2010). "Pesticides and health risks". *Journal of Obstetric, Gynecologic, and Neonatal Nursing*. 39 (1): 103–109.
17. PEST REPELLING DRIP IRRIGATION PIPE Patent Application. Publication number: 20200305364, USA. Tomer Katzir (Kibbutz Sarid) – Filed: Sep 6, 2018. Publication Date: Oct 1, 2020. Application Number: 16/645,292
18. Liu Huigang, Zhao Meirong, Zhang Cong, Ma Yun, Liu Weiping (2008). "Enantioselective cytotoxicity of the insecticide bifenthrin on a human amnion epithelial (FL) cell line". *Toxicology*. 253 (1–3): 89–96.
19. Lund Albert E., Narahashi Toshio (1983). "Kinetics of sodium channel modification as the basis for the variation in the nerve membrane effects of pyrethroids and DDT analogs". *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 20 (2): 203–216.
20. Al-Amin (2011). "Evaluation of Bifenthrin 80 SC, as a wall treatment against *Culex quinquefasciatus* Say (Diptera: Culicidae), a vector of *Wuchereria bancrofti* Cobbold, an etiological agent of Human Lymphatic Filariasis". *Terrestrial Arthropod Reviews*. 4 (3): 183–202.
21. Dai, Ping-Li; Wang, Qiang; Sun, Ji-Hu; Liu, Feng; Wang, Xing; Wu, Yan-Yan; Zhou, Ting (2010). "Effects of sublethal concentrations of bifenthrin and deltamethrin on fecundity, growth, and development of the honeybee *Apis mellifera ligustica*". *Environmental Toxicology and Chemistry*. 29 (3): 644–9.

22. "National Pesticide Information Center: Bifenthrin Technical Information Fact Sheet". URL: <http://npic.orst.edu/ingred/aifact.html>. (Last accessed: 30.09.2021).
23. СанПиН 4259-87 «Инструкция по санитарно-химическому исследованию изделий из полимерных материалов, предназначенных для использования в хозяйственно-питьевом водоснабжении». 20 с.
24. О.В. Байер, О.С. Яремчук, Л.В. Шевченко, В.М. Михальська Розробка та оцінка придатності методу з визначення антибіотиків у молоці за допомогою рідинної хроматографії високого тиску тандемної мас спектрометрії (UPLC MS MS) // Ukrainian Journal of Ecology. 2017. №4. 575 с.
25. Королев Н.В., Рюхин В.В., Горбунов С.А. Эмиссионный спектральный микроанализ. Л.: Машиностроение, 1971, 215 с.
26. Постанова Головного державного санітарного лікаря України 17.04.2013 № 10 "Про затвердження значень гігієнічних нормативів і регламентів безпечного використання хімічних речовин". [Чинний від 17.04.2013]. Державна санітарно-епідеміологічна служба України, Головний державний санітарний лікар України, 2013, 20 с.
27. САНПин 4630-88. Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения. – М.: Изд. Минздрава СССР, 1988. – 67 с.
28. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 01.12.1999]. Все про бухгалтерський облік від 25.05.2012 — 2012 р., № 48, стор. 106.
29. НПАОП 73.1-1.11-12 Правила охорони праці під час роботи в хімічних лабораторіях. [Чинний від 11.09.2012]. Офіційний вісник України від 26.10.2012 — 2012 р., № 79, стор. 633, стаття 3219, код акта 63844/2012.
30. ГОСТ 12.1.005-88 Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. [Чинний від 01.01.1989]. М.: Стандартинформ, 2008 год. Официальное издание. 50 с.
31. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків, установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [Чинний від 01.01.2017]. Вид. офіц. Київ, 2016, 31 с.

32. Лабораторна робота з нормативної дисципліни «Основи охорони праці»: Дослідження впливу параметрів мікроклімату на працівників: Методичні вказівки і робочий зошит. — К.: 2012.— 19 с.