

Вінницький національний технічний університет

(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії

(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля

(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

**«АНАЛІЗ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМЕДІАЦІЇ,
РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД СТІЙКИХ
ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ»**

Виконав: студент групи ТЗД-22м
спеціальності 183 - Технології захисту
навколишнього середовища

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

Годованюк. А.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник: д.т.н., професор. каф ЕХТЗД

Петрук В. Г.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 12 2024 р.

Опонент: д.х.н., професор каф. ЕХТЗД

Ранський А.П.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри ЕХТЗД

к.т.н., доц. Іщенко В.А.

(прізвище та ініціали)

« 10 » 12 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ

Вінницький національний технічний університет
Факультет Будівництва, цивільної та екологічної інженерії
Кафедра Екології, хімії та технологій захисту довкілля
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань – 18 «Виробництво та технології»
Спеціальність – 183 – «Технології захисту навколишнього середовища»
Освітньо-професійна програма – «Технології захисту навколишнього середовища»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**
Завідувач кафедри ЕХТЗД
Іщенко В.А.
24.09 2024 року

ЗАВДАННЯ

НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Годованюку Андрію В'ячеславовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «АНАЛІЗ ПРИРОДООХОРОННИХ ТЕХНОЛОГІЙ РЕМЕДІАЦІЇ, РЕКУЛЬТИВАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ ВІД СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ»

керівник роботи Петрук Василь Григорович
затверджені наказом вищого навчального закладу від «17» 09 2024 року
№ 3/0

2. Строк подання студентом роботи: «10» 12 2024 року

3. Вихідні дані до роботи: Результати інвентаризації пестицидів групи «А,Б,В» в Україні (Додаток Б).

4. Зміст текстової частини:

1. Характеристика стійких органічних забруднювачів.
2. Вплив стійких органічних забруднювачів у вигляді непридатних пестицидів на довкілля.
3. Аналіз технологій рекультивації, ремедіації та відновлення ґрунтів.
4. Природоохоронні заходи відновлення забруднених ґрунтів від залишків непридатних пестицидних препаратів.
5. Економічне обґрунтування виконання роботи «Аналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів»

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

- 1.Схема очищення з реактором каталітичного окислення
- 2.Схема установки опромінення води електронним пучком
- 3.Схема технології хімічного окислення
- 4.Принцип методу з відкачуванням рідкої фази під вакуумом
- 5.Промивка ділянки ґрунту при забрудненні нижче рівня ґрунтових вод

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	виконання прийняв
5	декан ФМБ, к.е.н, доц Краєвська А.С.		

7. Дата видачі завдання «24» 09 2024 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розробка технічного завдання.	30.09.24	
2.	Дослідити основні характеристики стійких органічних забруднювачів та їх вплив на людину і довкілля.	08.10.24	
3.	Дослідження концентрації непридатних пестицидних препаратів у ґрунтах прилеглих до занедбаного складу ХЗЗР в с. Вінницькі Хутори.	15.10.24	
4.	Аналіз сучасних технологій рекультивації, ремедіації та відновлення ґрунтів.	31.10.24	
5.	Природоохоронні заходи з метою очищення і відновлення забруднених ґрунтів від залишків непридатних пестицидних препаратів і стійких органічних забрудників.	15.11.24	
6.	Підготовка висновків, додатків і переліку літератури. Оформлення пояснювальної записки та графічної частини	30.11.24	
7.	Підготовка презентації та доповіді на захист МКР	10.12.24	

Студент Годованюк А.В.

(підпис)

Керівник роботи Петрук В.Г.

(підпис)

ВІДГУК

наукового керівника на магістерську кваліфікаційну роботу студента групи ТЗД- 23м, спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Годованюка Андрія В'ячеславовича на тему: «Аналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів»

Стійкі органічні забруднювачі - це отруйні хімічні речовини, що негативно впливають на здоров'я людей і навколишнє середовище. Поширюючись у повітрі, воді та ґрунті, вони можуть впливати на людей і живу природу на значній відстані від того місця, де їх використовували та випустили в атмосферу. Вони довгий час не розкладаються та можуть накопичуватися і передаватися по харчовому ланцюгу.

Національний план виконання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі визначає Національну стратегію, політику, цілі та пріоритети щодо впровадження Стокгольмської конвенції про СОЗ.

Національна стратегія впровадження в Україні Стокгольмської конвенції про СОЗ базується на здійсненні таких заходів, які будуть гарантувати захист здоров'я населення і навколишнього середовища від шкідливого впливу СОЗ.

В процесі виконання магістерської кваліфікаційної роботи студент Годованюк Андрій В'ячеславович на підставі проведених власних аналітичних досліджень, розглянув екологічну проблематику впливу ХЗЗР і СОЗ на навколишнє природне середовище та здоров'я населення і запропонував ряд ефективних природоохоронних заходів.

Магістрант Годованюк А. В. в повній мірі володіє сучасними комп'ютерними технологіями, основами проектування, теоретичними та експериментальними методами досліджень.

Магістрант Годованюк А. В. характеризується виключно з позитивного боку, старанний, відповідальний, коректний, володіє фаховими знаннями з екологічних дисциплін та комп'ютерної техніки.

Отже, на підставі добре виконаної роботи та особистих якостей магістранта, рекомендую оцінити магістерську кваліфікаційну роботу оцінкою «відмінно» і присвоїти Годованюку Андрію В'ячеславовичу освітньо-кваліфікаційний рівень «Магістр» за спеціальністю «183 – Технологія захисту навколишнього середовища».

Науковий керівник, д. т. н., професор,

Заслужений природоохоронець України  Петрук В.Г.

ВІДГУК

опонента на магістерську кваліфікаційну роботу студента групи ТЗД- 23м, спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» Годованюка Андрія В'ячеславовича на тему: «Аналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів»

Магістерська кваліфікаційна робота Годованюка А. В. присвячена аналізу екологічних технологій відновлення, регенерації та рекультивації ґрунтів, забруднених стійкими органічними забруднювачами, зокрема непридатними до використання хімічними засобами захисту рослин. Актуальність теми не викликає сумнівів, адже навіть незначні кількості стійких органічних забруднювачів, що потрапляють в навколишнє середовище, чинять негативний вплив на довкілля та всі живі організми.

В магістерській роботі наведена характеристика стійких органічних забруднювачів, проаналізовано вплив на довкілля стійких органічних забруднювачів, зокрема непридатних до використання хімічних засобів захисту рослин, проаналізовано технології рекультивації та відновлення ґрунтів, наведені рекомендації та природоохоронні заходи, спрямовані на відновлення забруднених ґрунтів від залишків непридатних до використання хімічних засобів захисту рослин, проведене економічне обґрунтування процесів знешкодження стійких органічних забруднювачів. Робота виконана згідно із завданням, відповідає обраній темі.

Магістерська кваліфікаційна робота має практичну цінність, оскільки містить науково обґрунтовані рекомендації для зменшення негативного впливу на довкілля.

Зауваження до магістерської кваліфікаційної роботи: для повної оцінки екологічної небезпеки від непридатних хімічних засобів захисту рослин і стійких органічних забруднювачів, а також їх впливу на довкілля та здоров'я населення, доцільно було б розглянути результати ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів у місті Вінниця та Вінницькій області.

Магістерська кваліфікаційна робота у цілому виконана на достатньому рівні і заслуговує на оцінку «А».

Опонент, д.х.н., професор
професор кафедри ЕХТЗД

 — А. П. Ранський

АНОТАЦІЯ

УДК 504.06

Годованюк А.В «Аналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів». Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 183 – «Технології захисту довкілля», освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища». Вінниця: ВНТУ, 2024. 90 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 25 назва; рис.: 32; табл.13 .

В магістерській дипломній роботі проведено оцінку впливу стійких органічних забруднювачів на довкілля Вінницької області.

Досліджено концентрації непридатних іпестицидних препаратів у ґрунтах прилеглих до занедбаного складу ХЗЗР в с. Вінницькі Хутори.

Зроблений аналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів.

Запропоновані природоохоронні заходи з метою очищення і відновлення забруднених ґрунтів від залишків непридатних пестицидних препаратів і стійких органічних забрудників.

Ключові слова: природоохоронні заходи, стійкі органічні забруднювачі (СОЗ), екологічна безпека, деструктивне очищення, , компостування, ремедіація ґрунтів.

ABSTRACT

UDC 504.06

Godovanyuk A.V. “Analysis of environmental technologies for remediation, reclamation and restoration of soils from persistent organic pollutants”. Master’s qualification work in the specialty 183 – “ Environmental protection technologies ”, educational program “Environmental Protection Technologies”. Vinnytsia: VNTU, 2024. 90 p.

In Ukrainian language. Bibliography: 25 titles; Fig.: 32; tabl.13: .

In the master's thesis, an assessment of the impact of persistent organic pollutants on the environment of the Vinnytsia region was carried out.

The concentration of unsuitable pesticide preparations in the soil adjacent to the abandoned warehouse of chemical plant protection agents in the village of Vinnytsia Khutory was investigated.

The analysis of nature protection technologies of remediation, reclamation and recovery of soils from persistent organic pollutants was made.

Proposed environmental protection measures to clean and restore contaminated soils from residues of unsuitable pesticide preparations and persistent organic pollutants.

Keywords: environmental protection measures, persistent organic pollutants (POPs), environmental safety, destructive cleaning, composting, soil remediation.

ЗМІСТ

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ.....	8
1.1 Визначення СОЗ.	8
1.2 Стокгольмська конвенція про СОЗ.	8
1.3 План заходів з виконання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі	12
1.4 Аналіз хімічних загроз екологічній безпеці Вінниччини.....	15
2 ВПЛИВ СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ВИГЛЯДІ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ НА ДОВКІЛЛЯ	25
2.1 Оцінка масштабів впливу складів непридатних пестицидів на довкілля.....	25
2.2 Дослідження просякання та поширення пестицидів в довкіллі.....	26
2.3 Вплив СОЗ на людину і довкілля	33
2.4 Класифікація методів і технологій ремедіації	36
3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ, РЕМЕДІАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ	41
3.1 Загальна характеристика рекультивації земель.	41
3.1.1 Порухнені землі як об'єкт рекультивації.	42
3.1.2 Види напрямів рекультивації.....	45
3.1.3 Умови проведення та вимоги до вибору рекультивації земель.	46
3.2 Основні фактори, що впливають на вибір способів ремедіації ґрунтів	48
3.3 Небіологічні методи і технології ремедіації ex situ і on site.....	52

3.4 Деструктивне очищення	57
3.5 Обробка в штабелях, буртах, насипах, компостуванням.	65
4 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДЕНИХ ГРУНТІВ ВІД ЗАЛИШКІВ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДНИХ ПРЕПАРАТІВ	75
4.1 Природоохоронні заходи на складах ХЗЗР.....	75
4.2 Природоохоронні відновлювальні роботи на складах пестицидів.....	77
4.3 Природоохоронні заходи очищення земельних ділянок зайнятих складами пестицидних препаратів.....	78
5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	80
5.1 Техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження СОЗ	80
ВИСНОВКИ	90
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	91
Додаток А Протокол перевірки кваліфікаційної роботи на наявність текстових запозичень.....	94
Додаток Б. Результати інвентаризації пестицидів групи «А,Б,В» в Україні	95
Додаток В. Ілюстративна частина	99

ВСТУП

Актуальність. Проблема стійких органічних забруднювачів (СОЗ) є надзвичайно важливою для України, адже її економіка базується на розвиненому сільськогосподарському виробництві, енергетиці та металургії. Значна частина технологій у цих галузях застаріла, що призводить до масштабних викидів СОЗ.

Джерелами таких забруднень є процеси спалювання відходів, термометалургійне виробництво, енергетичні об'єкти, хімічні виробництва та сміттєспалювальні заводи у великих містах. Це зумовлює значний вплив на навколишнє середовище та здоров'я населення, особливо через утворення токсичних діоксинів та фуранів.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дана робота виконувалася відповідно до стратегічних завдань екологічної політики України, а також враховує міжнародні рекомендації щодо зниження викидів стійких органічних забруднювачів.

Мета роботи. Аналіз екологічних технологій відновлення, регенерації та рекультивації ґрунтів, забруднених стійкими органічними забруднювачами.

Завдання роботи. Для досягнення мети сформульовані такі завдання:

1. Відобразити основні властивості стійких органічних забруднювачів та їхній вплив на людину і навколишнє середовище.
2. Дослідити концентрацію невідповідних пестицидних препаратів у ґрунті поблизу занедбаних складів у фермерських господарствах Вінниччини.
3. Проаналізувати сучасні технології меліорації, відновлення та рекультивації ґрунтів.
4. Запропонувати екологічні заходи щодо очищення та відновлення забруднених ґрунтів.

Об'єкт досліджень. Забруднені ґрунти, що містять стійкі органічні забруднювачі.

Предмет досліджень. Технології очищення, регенерації та рекультивації ґрунтів, забруднених СОЗ.

Новизна одержаних результатів. Науково обґрунтовано та розроблено екологічно ефективні технології очищення та відновлення ґрунтів, забруднених залишками пестицидів і стійкими органічними забруднювачами, з урахуванням сучасних міжнародних підходів.

Практична цінність роботи. Розроблено рекомендації з очищення і відновлення ґрунтів, що можуть бути застосовані для реабілітації земель, зокрема у фермерських господарствах України, де зберігалися непридатні пестициди.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ

1.1 Визначення СОЗ.

Стійкі органічні забруднювачі (СОЗ) є найбільш токсичними і небезпечними сполуками для навколишнього середовища і здоров'я людини.

Стійкі органічні забруднювачі-це токсичні хімічні речовини, які негативно впливають на здоров'я людини та навколишнє середовище. При поширенні по повітрю і воді вони можуть вражати людей і диких тварин на значних відстанях від місця їх використання і потрапляти в атмосферу. Вони не розкладаються протягом тривалого часу і можуть накопичуватися і передаватися по харчовому ланцюгу.

1.2 Стокгольмська конвенція про СОЗ.

У 2001-5-23 рр.була прийнята Стокгольмська Конвенція "про стійкі органічні забруднювачі", ініціатором якої виступила ООН. Конвенція була ратифікована 151 із 128 сторін, але набула чинності лише у 2004-5-17 роках.

Це головна мета турніру", - сказав він.Здоров'я людини і навколишнього середовища від СОЗ".

Програма ООН з навколишнього середовища 19. Відповідно до резолюції Ради з питань СОЗ (ЮНЕП) від 1997 р Стокгольмська Конвенція про СОЗ спрямована на обмеження, скорочення або заборону використання СОЗ, які токсичні, важко розкладаються в природних умовах, характеризуються біоаккумуляцією і підлягають транскордонному повітряному і водному транспорту. і вони осідають далеко від мігруючих видів тварин і джерел випуску. Він був розроблений як мета.

І результатом 3-річної боротьби став список з 12 стійких органічних речовин, заборонених до виробництва (існуючі повинні бути усунені) або включених до списку обмеженого використання [1-5].

Договір набув чинності в 2004-5-17 роках з першим поп-списком та 12 статтями, які швидко стали відомими як "брудний десяток".:

1. Дихлордифенілтрихлоретан (ДДТ).
2. Олдрін (інсектицидні агрохімікати, інсектициди, які спочатку виявилися токсичними для риб, птахів і людей).
3. Ділдрін (пестицид, витягнутий з альдрину; у ґрунті альдрін швидко перетворюється на ділдрін із ґрунту з періодом напіввиведення 1 рік, на відміну від 5 років для альдрину).
4. Ендрін (інсектицидний інсектицид та пом'якшувач тканин; дуже токсичний для риб);
5. Хлордан (інсектицид від термітів, який вважається токсичним для риб і птахів; впливає на імунну систему, потенційний канцероген для людини);
6. Мірекс (інсектицид проти мурашок і термітів, нетоксичний для людини, але потенційний канцероген);
7. Токсафен (інсектициди проти кліщів є потенційними канцерогенами);
8. Гептахлор (інсектицид, що застосовується проти ґрунтових комах, виявився токсичним для птахів; це, швидше за все, призвело до знищення місцевих популяцій Канадських гусей та американських пустель у басейні річки Колумбія в США; потенційні канцерогени);
9. Поліхлорований біфеніл (ПХБ);
10. Гексахлорбензол (ГХБ) (інсектицид-фунгіцид, що вражає репродуктивні органи);
11. Поліхлородибензодіоксин (ПХДД);
12. Поліхлородибензофуран (PCDF; дибензофуран за структурою дуже схожий на діоксини, і багато його токсичних ефектів постійні).

Конвенція закріпила зобов'язання країн, що ратифікують, заборонити виробництво та використання (за певних обмежень) дев'яти речовин зі списку СОЗ — олдрина, хлордану, дільдрину, ендріну, гептахлору, гексахлорбензолу, мірексу, токсафену та поліхлорованих біфенілів (ПХБ).Фурані (тривіальні назви - поліхлордібензодіоксини і поліхлородібензофурані). Конвенція також передбачає безпечне знищення накопичених запасів коксу.

Список Соз в Стокгольмській Конвенції не був закритий, і на четвертому засіданні сторін Стокгольмської СОЗ Конвенції в 2009 році до цього списку були додані 9 нових статей, запропонованих новим комітетом з огляду СОЗ.:

* Інсектициди: хлордекон; альфа-гексахлорциклогексан; бета-ексахлорциклогексан; липа; пентахлорбензол.

• Промислові хімікати: гексабромбіфеніл; гексабромбіфеніл та гептабромбіфенілові ефіри (частина комерційно доступного октабромбіфенілового ефіру К-октабде); Пентахлорбензол; перфтороктансульфонова кислота (перфтороктансульфонова кислота—ПФОС) та інші хімічні солі, перфтороктансульфонілфторид (ПФОСФ); тетрабромбіфеніл та пентабромдифеніл ефір (комерційно доступний пентабромдифеніловий ефір С-пентабде).

* Побічні продукти: альфа-гексахлорциклогексан; бета-ексахлорциклогексан; пентахлорбензол.

Ці доповнення до списку популярних додатків Стокгольмської конвенції набули чинності в жовтні 2010-8-26 рр.

5-а сторона Стокгольмської конвенції 2011-5 рр.на твоїй конференції. POPS-наступні pops були додані до списку технічних ендосульфанив (пестицидів) та їх ізомерів, і додаток набув чинності в жовтні 2011-10-27.

Стаття 10 Договору. Його стаття "інформування, підвищення обізнаності та освіта громадськості" описує зобов'язання кожної з держав-учасниць щодо надання допомоги та допомоги в максимально можливій мірі [1-5].:

- 1) Підвищення обізнаності органів, що приймають рішення та керівних органів з питань СОЗ;
- 2) надайте громадськості всю доступну інформацію про POP;
- 3) розробляти та впроваджувати освітні та національні програми підвищення обізнаності щодо СОЗ, особливо для жінок, дітей та найменш освічених, а також для здоров'я та навколишнього середовища.;
- 4) розробити відповідні заходи реагування, включаючи створення можливостей для внесення національного внеску в реалізацію цієї Конвенції, а також участь громадськості у вирішенні питань, пов'язаних з СОЗ і впливом на здоров'я і навколишнє середовище;;
- 5) підготовка робочого, наукового, викладацького, технічного та управлінського персоналу;
- 6) підготовка та обмін матеріалами, що стосуються освіти та інформування громадськості на національному та міжнародному рівнях;
- 7) Розробка та реалізація освітніх та навчальних програм на національному та міжнародному рівнях.

Конвенція також передбачає, що в межах своїх можливостей кожна сторона забезпечує публічний доступ до загальнодоступної інформації про СОЗ і що ця інформація регулярно оновлюється.

У 2011/5 році Стокгольмському поп-контракту виповнилося 10 років. До цієї дати Секретаріат Стокгольмської конвенції оголосив "Розділ 10 Стокгольмської конвенції". Він підготував спеціальний буклет під назвою "ювілей".

Україна підписала Стокгольмську Конвенцію про СОЗ в 2001-5-23 рр., ратифікувала її в 2007-4-18 РР., а в 2007-12-24 рр. в Україні набула чинності Стокгольмська Конвенція про СОЗ. Кабінет Міністрів України затвердив план дій щодо реалізації Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі.

1.3 План заходів з виконання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі

План дій з реалізації (NIP) - це документ, який передбачає ряд заходів, що відповідають вимогам Стокгольмської конвенції в Україні, які повинні періодично переглядатися і оновлюватися не рідше 5 разів на 1 рік в залежності від результатів її оцінки.

Національний план виконання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі визначає національні стратегії, політику, цілі та пріоритети для реалізації Стокгольмської конвенції про СОЗ.

Національна стратегія реалізації Стокгольмської конвенції про СОЗ в Україні вимагає таких заходів, як забезпечення захисту здоров'я населення і навколишнього середовища від шкідливого впливу СОЗ.

Основними принципами національної політики управління СОЗ є:

Отримайте повне уявлення про небезпеки СОЗ для населення України та навколишнього середовища, визначте місцезнаходження забруднених територій та визначте рівень небезпеки та терміновість реагування.;

Скорочуючи та зменшуючи викиди та витоки коксу, ми будемо захищати здоров'я людини та навколишнє середовище від шкідливого впливу викидів коксу та поступово відмовлятися від використання обладнання, що містить викиди та витоки коксу;

розвиток співпраці між зацікавленими сторонами, які прямо або побічно залучені або можуть декомунізувати проблеми, пов'язані з СОЗ;

Адекватне вирішення проблеми невідповідних і заборонених пестицидів, викидів і промислових відходів, класифікованих як СОЗ;

Ми можемо ефективно управляти небезпечними хімічними речовинами протягом усього життєвого циклу, щоб запобігти, запобігти або мінімізувати викиди небезпечних хімічних речовин та їх негативний вплив на здоров'я людини та навколишнє середовище.;

Залучайте інвестиції для реалізації заходів, що сприяють зменшенню або усуненню небезпек, пов'язаних з негативним впливом СОЗ на здоров'я населення і навколишнє середовище.

Національними цілями СОЗ є:

Розробити інтегровану та прозору правову базу та інституційну систему, яка включає заходи щодо зменшення та запобігання впливу СОЗ на здоров'я населення та навколишнє середовище.;

На високому рівні президента чи уряду зростає інтерес до проблем СОЗ та інших токсичних та небезпечних хімічних речовин;

Відповідно до вимог Стокгольмської конвенції та Протоколу по СОЗ, а також інших міжнародних угод ми доб'ємося значного скорочення глобального забруднення навколишнього середовища соз.;

Соз, забруднені ділянки, споруди, споруди тощо.Управління хімічними речовинами, класифікованими як. і нейтралізація екологічно та економічно обґрунтованих методів;

Розробка та реалізація заходів на національному та місцевому рівнях щодо запобігання утворенню нових джерел коксу.

Стратегічні заходи:

Розробити відповідну правову базу та створити ефективну систему управління;

Кількість звалищ та хімічних речовин, класифікованих як КОКС, а також кількість забрудненого обладнання, будівель, територій тощо для створення та ведення інвентарних записів.;

Впровадження заходів інвентаризації для визначення наявності та оцінки кількості нових 9рор, доданих до списку ООН на четвертій нараді сторін Стокгольмської конвенції в травні 2009 року,

Виявлення, регулювання та впровадження сучасних екологічно чистих технологічних рішень і зниження ризиків, нейтралізація СОЗ, забрудненого обладнання та конструктивних (складських) елементів.;

Вибір технічних рішень для утилізації СОЗ, забруднених ґрунтів, обладнання та будівель регулюється розділом 5 Стокгольмської конвенції про застосування "найкращого прийнятного методу" (НПМ). Це повинно бути зроблено відповідно до найкращих доступних заходів з охорони навколишнього середовища відповідно до положень статті II Конвенції про захист навколишнього середовища і загальними керівними принципами. Це зазначено в додатку Жовтневої Конвенції;

Реабілітація забруднених ПОП-територій;

Надання інформації для населення, щоб зрозуміти загрозу з боку населення та підтримати в українському суспільстві бажання України запровадити положення Стокгольмської конвенції. Національні пріоритети:

Розробка національної правової бази, яка повинна регулювати управління СОЗ відповідно до вимог Стокгольмської конвенції;

Удосконалення системи моніторингу естради в Україні;

Юридична підтримка для ведення та оновлення записів про стан складських приміщень та кількість речовин, класифікованих як СОЗ;

Інвентаризація товарно-матеріальних запасів на основі міжнародних стандартів та впровадження обліку пестицидів на основі системи PSMS;

Вибір найбільш прийнятних екологічно безпечних економічних технологій утилізації (нейтралізації) СОЗ відповідно до міжнародних стандартів і вимог безпеки об'єктів, забруднених ними. Проведення відповідних робіт з нейтралізації аварійних запасів за межами країни на спеціалізованих підприємствах за відсутності в Україні аналогічних підприємств, що відповідають вимогам безпеки, відповідним міжнародним стандартам.

Створення відповідних можливостей хімічного аналізу та відповідної лабораторної мережі;

Реалізація ряду заходів щодо запобігання подальшого накопичення СОЗ на складах сільськогосподарських підприємств.

Пріоритетні заходи щодо впровадження НГЗ в Україні [2-6]:

1. Зміцнення інституційної системи та вдосконалення правової бази.
2. Нейтралізація / утилізація відходів та обладнання, включаючи друковані плати.
3. Усунення або скорочення викидів СОЗ в результаті ненавмисного виробництва.
4. ідентифікація та контроль ділянок, забруднених СОЗ.
5. Діліться інформацією про ПОП із зацікавленими сторонами, щоб підвищити обізнаність і підвищити обізнаність громадськості.
6. Розвиток системи моніторингу СОЗ в Україні.

1.4 Аналіз хімічних загроз екологічній безпеці Вінниччини

Проблема СОЗ у вигляді непридатних пестицидів тісно пов'язана з ситуацією навколо складів ХЗЗР. Наприклад, у Вінницькій області нараховувалося 709 таких складів, власника яких або неможливо встановити, або юридично вони залишаються безгосподарними (див. додаток Б). Більшість із цих складів перебувають у занедбаному стані через руйнування, спричинені часом або впливом клімату.



Рисунок 1.1 – Занедбаний склад отрутохімікатів (с.Ступник, Хмільницького району)

За даними Комітету з поводження з безхазяйними відходами, станом на 2018 рік в регіоні вже налічується 115 складів і 864,24 тонни НППР. Це чудове місце для початку. З них 26 перебувають у задовільному стані, а 89 - у незадовільному. Більше 700 складів залишилися без уваги, оскільки вони були практично знищені часом, природою і людиною. Навіть зруйновані склади та прилеглі території становлять загрозу, оскільки хімічне забруднення триває.

Ще однією невирішеною проблемою, безпосередньо пов'язаною з неякісними пестицидами, що зберігаються з радянських часів, є проблема забрудненого ґрунту біля полігонів для зберігання пестицидів. Пестициди характеризуються великою концентрацією пестицидів у певних точках простору, а також поширюються в навколишнє середовище через водоносні горизонти підземних вод та інші резервуари.

Оскільки ці проблеми безпосередньо пов'язані зі збереженням навколишнього середовища і здоров'я людини, їх вирішення, безсумнівно, є нагальним завданням.

Маючи дані Департаменту агропромислового розвитку, екології та природних ресурсів Вінницької облдержадміністрації, ми проаналізуємо, наскільки ефективно було проведено очищення території Вінницької області від неякісної ГЕС та які аспекти цього питання досі залишаються актуальними та небезпечними.

У 2012 році, згідно з наявними документами, з Джуринського отруйовального заводу за рахунок Державного фонду охорони навколишнього середовища було вивезено 1 047,7 тонни неналежних пестицидів. Виявилося, що, викопавши бетонне укриття або траншею, пестицид був покритий шаром ґрунту, що значно збільшило загальну масу відходів. Таким чином, фактична кількість відходів перевищує розрахункову кількість. В даний час на Джуринському отруйному руднику передбачуваний залишок ГЕС оцінюється в 2100 тонн.

У 2009 році за рахунок Державного фонду ОНПС близько 500 тонн непридатної для використання ГЕС було експортовано на польське підприємство SARPI dabrowagornicza для утилізації зі складів в цьому районі. Наприклад, з 2003 по 2014 рік з території району було вивезено 2 300 174 тонни непридатних для утилізації ГЕС за рахунок державних і регіональних коштів ОНПС, а також за рахунок місцевих бюджетів. З них 1 047 649 тонн припадає на Джуринський отруйний рудник.

Таблиця 1.1 – Дані інвентаризації ХЗЗР станом на 01.06.2016 року

	Район	Загальна кількість, т	№	Район	Загальна кількість, т
.	Барський	8,900	15.	Оратівський	32,050
.	Бершадський	4,020	16.	Піщанський	3,500
.	Вінницький	0,000	17.	Погребищенський	17,000
.	Гайсинський	13,000	18.	Теплицький	220,420
.	Жмеринський	71,170	19.	Томашпільський	4,200
.	Іллінецький	27,800	20.	Тростянецький	40,000
.	Калинівський	3,084	21.	Тулчинський	2,650
.	Козятинський	87,000	22.	Тиврівський	183,400

9.	Крижопільський	41,250	23.	Хмельницький	0,000
10.	Липовецький	0,000	24.	Чечельницький	7,400
11.	Літинський	4,045	25.	Чернівецький	20,000
12.	Могилів-Поділ.	44,000	26.	Шаргородський*	15,000
13.	Мурованокурил.	46,150	27.	Ямпільський	3,800
14.	Немирівський	0,000			
Загальна кількість ХЗР у Вінницькій області, т					899,539

Після 2014 року залишки пестицидів з території не вивозилися, але були вжиті заходи щодо повторного збору невідповідних пестицидів та їх запасів на суму 1033,9 тис.грн.

Станом на 2018 рік з обласного фонду ОНПС виділено 46 тис.грн на виготовлення 115 інформаційних знаків для подальшого встановлення в області токсичних хімікатів. Такі знаки призначені для інформування місцевих жителів про небезпеку складів і пестицидів.

Крім того, основною проблемою утилізації пестицидів Жовтневого виробництва на території нашої держави без вивезення за кордон для високотемпературного знищення є характер організації, уповноваженої відповідно до нормативних документів

"Список власників ліцензій на провадження господарської діяльності з поводження з небезпечними відходами", опублікований Міністерством екології.

Явище збільшення кількості невідповідних залишків пестицидів дуже поширене. Це відбувається в результаті повторної інвентаризації та повторної інвентаризації. Наприклад, у 2016-17 роках у селищі Брайлс було виявлено 34,5 тонни ГЕС, що на 34,5 тонни перевищує заявлену кількість (таблиця 1.5). Як виявилось, 4 регіони, по суті, можна вважати вільними від непридатних залишків пестицидів, особливо Вінницький, Липовецький, Немирівський та Хмельницький. Однак у значній кількості округів спостерігається незначний залишок у грудні в діапазоні 10-15 тонн пестицидів. Однак є райони, де їх

чисельність значна, а саме Теплицький і Тивровський, які важать 220 і 183 тонни відповідно. У цій таблиці в Шаргородському районі немає даних про Юринські токсичні копальні, потужність ГЕС яких перевищує 2100 тонн. З наведених у таблиці даних можна зазначити, що проблема пестицидів все ще актуальна і що пестициди все ще становлять загрозу для навколишнього середовища та життя людей. Однак після повторного винаходу це питання можна відкласти на деякий час.

На сьогоднішній день кількість невідповідних ГЕС, які потребують перепакування відповідно до дій районної державної адміністрації, становить 163,1 тонни. З них 9100 кг - рідкі, а 154 000 кг - масові пестициди.

Крім того, особливо небезпечні інші промислові відходи, особливо місто Вінниця. Крім того, на його території є багато "проблемних" установ і споруд, які зазвичай зберігають безхазяйні відходи 1-4 класу небезпеки. Основними з них є:

А на 45 дослідних установках – відходи класу небезпеки 140 (розчин хрому, цинку і міді) об'ємом 1 м³, розчини соляної, сірчаної та азотної кислот - 8 м³, а також хром, цинк і мідь.; У Хімпромській області відходи відносяться до 4 класу небезпеки (рис. 4).1.2): фосфогіпс -211 тис. тонн, осад нейтралізаційної станції -197 тис. тонн, ванадієвий каталізатор -92,94 тонни;

Завод "Ореол" - відходи гальванічного виробництва невідомого хімічного складу-клас небезпеки 1) - близько 20 тонн;

Термінал, 120. це 1 тонна відпрацьованого шламу з гальванічного цеху класу небезпеки (розфасованого в мішки).



Рисунок 1.2 – Зображення фосфогіпсового терикону ВО «Хімпром», м. Вінниця

Крім того, на території Жовтневого району міста Вінниці розташовано більше сотні потенційно небезпечних об'єктів, в основному це автозаправні станції та підприємства, де зберігаються хімікати різних класів небезпеки.

Крім того, в районі є багато промислових джерел хімічного забруднення, які становлять значний ризик, оскільки вони є бездіяльними компаніями, які не проводять постійний нагляд за своїми відходами та відходами. distribution.In крім того, пестициди рівномірно розподіляються в надзвичайній ситуації Жовтневі пестициди також можуть бути використані як пестициди.рис (1.3).



Рисунок 1.3 – Розсіювання пестицидів у навколишньому середовищі

Використання пестицидів у надзвичайній ситуації супроводжується їх розкладанням, а розкладання пестицидів супроводжується як їх детоксикацією, що призводить до втрати токсичних властивостей вихідного матеріалу через токсичність, тобто утворення більш небезпечних речовин із залишкової маси, що беруть участь у реакції 2. ефект. або в умовах впливу температури, вологості, освітлення та інших абіотичних факторів, а також в умовах участі організмів, а також антропогенних систем розкладання (обробка ультразвуком, зональна обробка і т.д.) передбачає його участь. (Див. Рис. 1). 1.4).

У той же час мікроорганізми та їх ферменти відіграють провідну роль у біотрансформації пестицидів, оскільки задіяні процеси гідролізу, окислення та відновлення, завдяки чому останні можуть використовуватися як джерело вуглецю, азоту, фосфору та енергії для організмів. і вищі рослини, серед іншого, все має вирішальне значення для створення стійких біологічних декомунізацій на забруднених ґрунтах.

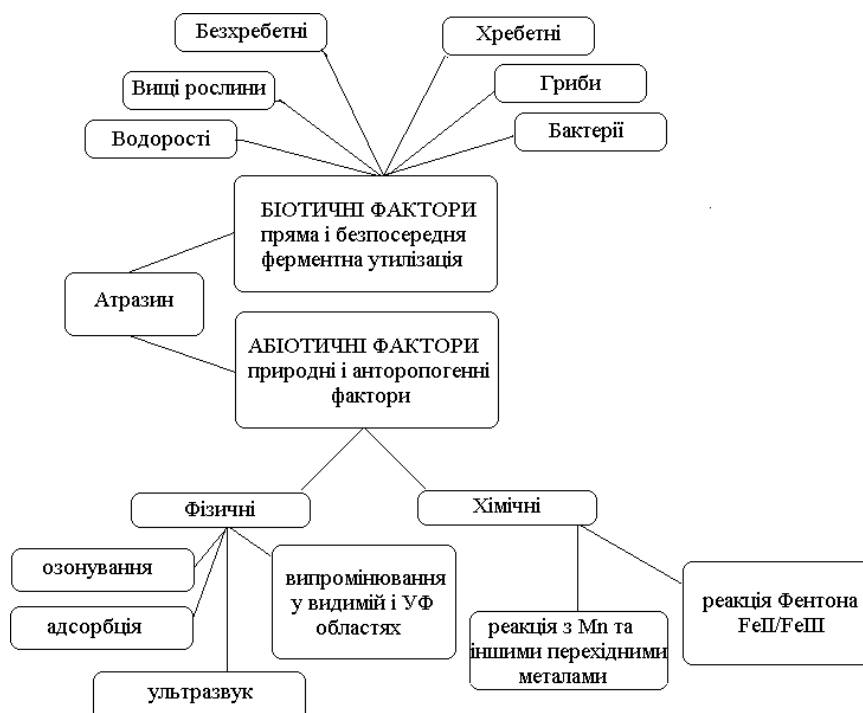


Рисунок 1.4 – Фактори, які впливають на акумуляцію та розкладання пестициду на прикладі препарату атразин

Щороку в Україну імпортується приблизно 100 тисяч тонн пестицидів, причому реєстрація або перереєстрація охоплює близько 1000 пестицидних препаратів. Найпоширеніші пестициди, що використовуються в Україні, за діючими речовинами наведено у таблиці 1.2. За даними статистики за 2018 рік, найбільше пестицидів застосовували у таких регіонах: Вінницька область (7,3 % від загального обсягу), Хмельницька (7,2 %), Кіровоградська (6,8 %), Харківська (6,4 %), Сумська (6,4 %) та інших областях.

З аналізу назви діючих речовин видно, що більшість з них належать до хлорорганічних і фосфорорганічних сполук. Це дозволяє використовувати для їх утилізації хімічні та термічні методи, включаючи багатоступеневе очищення утворених газів.

В Україні існують окремі проекти з переробки некондиційних хімічних речовин на базі діючих підприємств. Серед методів – реагентна переробка на хімічних заводах, спалювання в обертових печах цементних підприємств тощо.

На сьогодні лише одне ліцензоване підприємство в Україні, розташоване у м. Баранівка Житомирської області, займається утилізацією пестицидів термічним методом із потужністю до 300 тонн на місяць. Однак, його діяльність фактично призупинена через бюрократичні та організаційні труднощі [7-10].

Таблиця 1.2 - Використання пестицидів в Україні у 2018 році за діючими речовинами (за даними держстатистики)

Діюча речовина	% на ринку	кг
Ацетхлор	16,5	4170807,0
Гліфосат	11,5	2925859,2
S-метолахлор	5,2	1314382,3
Прометрин	5,1	1296534,7
2,4-дихлорфенокси- оцтова кислота	4,3	1092152,0
Пропізохлор	3,8	953212,6
Бентазон	3,5	884771,0
Хлорпірифос	3,4	853537,0
Карбендазим	2,9	733196,7
Тебуконазол	2,7	696682,5
Інші	41,1	10419815,9

Таким чином, найбільш актуальною з перерахованих проблем Вінницької області, безсумнівно, є хімічне забруднення навколишнього середовища, яке є основою захворювань, викликаних антропогенними факторами навколишнього середовища. Тому для поліпшення стану навколишнього середовища в регіоні пропонуються наступні заходи:

1) впровадження передових технологій зі збору, переробки та утилізації побутових відходів, безпечного зберігання у всіх населених пунктах (ліквідація природних звалищ; раціоналізація існуючих і будівництво регіональних звалищ

побутових відходів; будівництво ліній поділу відходів та очисних споруд; реалізація місцевих проектів з роздільного вивезення сміття; рекультивація традиційних місць і добровільне накопичення відходів, таких як "твоя соціальна реабілітація".);

2) розпорядження проектом завершення ліквідації та рекультивації Джуринського отруйного рудника;

3) вирішення проблеми утилізації накопичених за попередні роки відходів вулканічного видобутку на АТ "заводський термінал", колишньому Вінницькому ліквідованому підприємстві; АТ "Вінницький завод "Ореол", м. Вінниця; ДП "Завод експериментальних машин 45", м. Вінниця та ін.;

4) завершення проектування та будівництва ОСК в нечистотних районних центрах Вінницької області;

5) вирішити проблему мулового поля очисних споруд Сорока;

6) впровадження ефективних систем для зниження забруднення повітря від підприємств з виробництва теплової енергії, а також для регулювання та контролю викидів забруднюючих речовин від автомобілів;

7) подальший розвиток природоохоронних проектів, збільшення площі природоохоронного фонду;

8) розвиток інформаційної інфраструктури, орієнтованої на екологічну обізнаність, та підвищення екологічної обізнаності серед місцевого населення

Крім того, існуючі галузі промисловості та сільськогосподарські угіддя будуть виробляти певну кількість відходів у майбутньому, і капіталовкладення завжди будуть необхідні. 1. Один з найбільш зручних способів вирішення цих проблем-створити власну технологічну лінію для шкідливих хімікатів. Це дає можливість створювати нові робочі місця на території нашого штату і регіону, особливо в сфері прибирання.

2 ВПЛИВ СТІЙКИХ ОРГАНІЧНИХ ЗАБРУДНЮВАЧІВ У ВИГЛЯДІ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДІВ НА ДОВКІЛЛЯ

2.1 Оцінка масштабів впливу складів непридатних пестицидів на довкілля

Станом на 2010 рік в Україні, побудованій у 60-80-ті роки минулого століття, налічується понад 5000 складів пестицидів і мінеральних добрив. Такі склади в основному розташовані в сільській місцевості. У минулому майже в кожному колгоспі був свій штат. В даний час інвентаризація таких об'єктів проводиться регулярно через брак коштів, а в деяких випадках через невизначеність прав власників на такі об'єкти реставрацією і ремонтом тривалий час ніхто не займається. Це призвело до того, що деякі з цих сполук опинилися в невідповідному стані. Токсичні речовини потрапляють в навколишнє середовище через тріщини і отвори в стінах. В результаті з'єднання стає джерелом забруднення в сусідніх регіонах [3-7]. Більшість препаратів вже застаріли, неякісні і не містять заборонених пестицидів і добрив. Пестициди транспортуються на допоміжні склади. В даний час в Україні проживає 119 осіб, у тому числі 12 у Вінницькій області. Однак сама будівля складу залишилася. Деякі руйнуються, деякі не мають даху або перекриття, і їх потрібно знищити. Як правило, під'їзні шляхи все ж є. В цілому, велика площа зайнята через старого складу. Як правило, їх площа коливається від 4000 м² до 35000 м². Дек. Використовуючи в середньому 2 мільйони м², Ви отримуєте 5000 складських площ загальною площею близько 100 км² (10 000 га), що перевищує 0,02% від загальної площі штату.

2.2 Дослідження просякання та поширення пестицидів в довкіллі

Важливим етапом вивчення впливу пестицидів на навколишнє середовище і здоров'я людини є вивчення проникнення пестицидів в ґрунт і, відповідно, в ґрунтові води.

Дослідження проводилося в селі Вінницький хутір, недалеко від міста Вінниця. Проблема полягала в ґрунті, прилеглої до невідповідним пестицидів і рослинному складу. Депо було побудовано в 60-х роках минулого століття. Будинки побудовані в санітарному заповіднику.

Складська будівля на місці дослідження і неправильна упаковка пестицидів перебували в занедбаному стані. Разом з вітром і дощем склади, що знаходилися на складі, були вивезені на вулицю. Виявилося, що на складі знаходилося близько 30 різних з'єднань.

Ці дані послужили керівництвом для визначення сполук у ґрунті та рослинах. Наше попереднє дослідження показало, що неправильний склад пестицидів у Вінницькій області є потенційною причиною небезпек для навколишнього середовища і що залишки пестицидів присутні в ґрунті навіть на відстані 500 м від них. Аналіз отриманих даних підтвердив наявність 2 типів забруднення ґрунту залишками пестицидів: фоновий, коли їх зміст знаходиться на рівні ГДК, і локального, коли воно значно перевищує ГДК. Також з'ясовано двовекторний характер міграції пестицидів (вертикальний і горизонтальний). Дослідження вмісту пестицидів у ґрунті на глибині 20 см показало, що критерії, наведені в таблиці 2.1, були надлишковими.

Таблиця 2.1 – Вміст пестицидів, що зберігалися на складі, у пробах ґрунту на глибині 20 см

Назва	Норма мг/кг	Концентрації по пробах, мг/кг					
		1	2	3	4	5	6
ГХЦГ	0,1	0,15	0,12	0,2	0,12	0,02	0,12

ДДТ	0,1	0,23	0,15	0,24	0,14	0,1	0,14
метафос	0,1	0,12	1,2	0,2	0,1	0,1	0,1
карбофос	2,0	0,6	0,3	0,2	0,5	0,4	0,32
диметоат	0,3	0,2	0,8	0,2	0,3	0,1	0,12
хлорофос	0,5	0,1	0,1	0,1	0,12	0,2	0,76

На рисунку 2.1 зображено перевищення допустимих рівнів вмісту пестицидів у ґрунті на глибині 20 см. Їх нормативи наведені в таблиці 2.1.

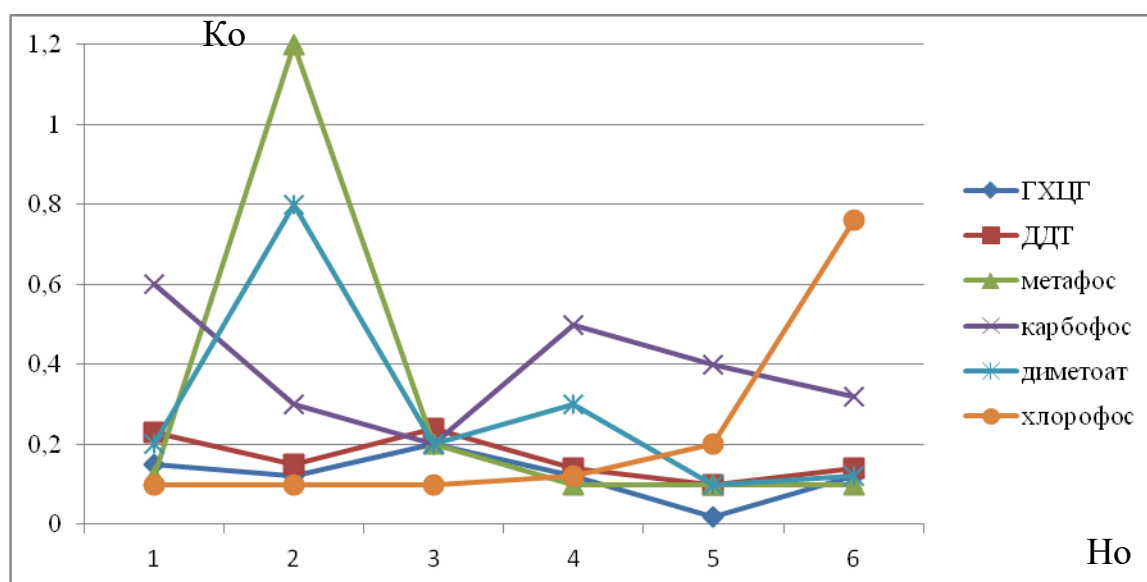


Рисунок 2.1 - Вміст деяких пестицидів у пробах на глибині 20 см.

Надлишок ГДК спостерігався в більшості пестицидів: ХГЧ, ДДТ, метафос, Бі-58, хлорофос. На малюнку 2.2 показано появу сполуки, в якій зберігаються невідповідні пестициди. Схема відбору проб вінницьких господарств біля сільського складу показана на малюнку 2.3.

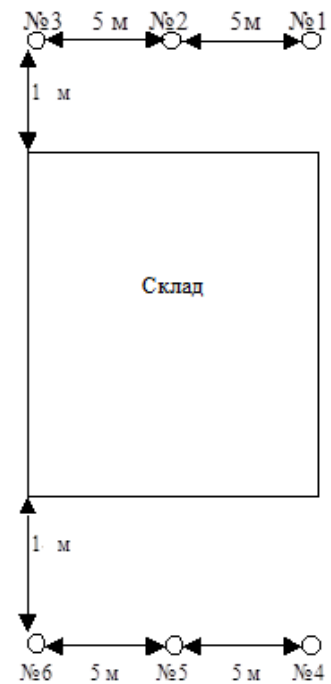


Рисунок 2.2 - Зовнішній вигляд складу ХЗЗР в с. Вінницькі Хутори. Житлові будинки знаходяться в Хутори. санітарно захисній зоні.

Рисунок 2.3 - Схема відбору проб поблизу складу в с. Вінницькі

Поперечний геологічний розріз і процес буріння свердловини біля складу в с. Вінницькі Хутори показано на рисунку 2.4 і 2.5.

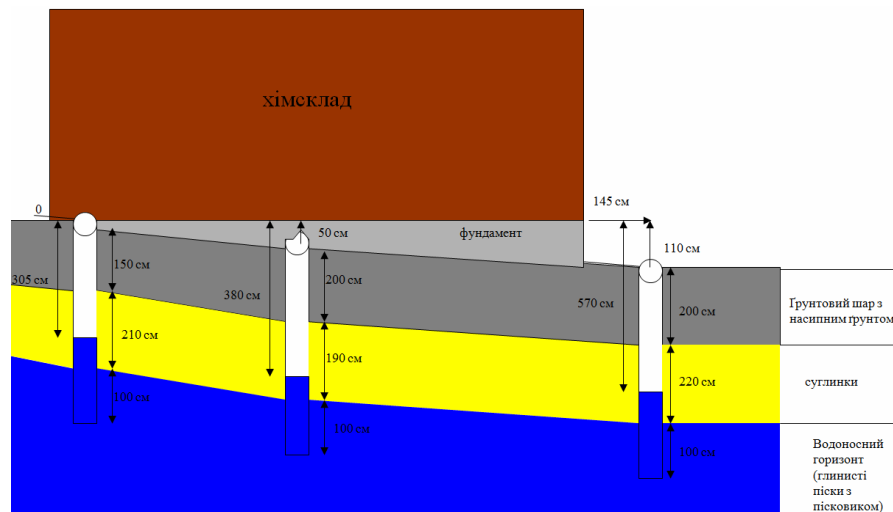


Рисунок 2.4 - Поперечний геологічний розріз



Рисунок 2.5 - Знімок буріння свердловини біля складу в с. Вінницькі Хутори

В табл. 2.2 представлено концентрації пестицидних препаратів поблизу хімічного складу.

Таблиця 2.2– Вміст мікрокілокостей пестицидів у ґрунтах, прилеглих до складу непридатних пестицидів, $M \pm m$

Відстань від складу, матриця визначення	Залишки пестицидів*, мг/кг					
	Хлорофос	Метафос	ДДЕ	ДДД	ДДТ	Бі-58
1м, різнотрав'я	0,76±0,012	0,122±0,012	0,756±0,126	0,852±0,022	0,233±0,012	0,812±0,012
10 м,	0,34±0,005	0,218±0,022	0,652±0,120	0,741±0,029	0,138±0,008	0,425±0,05

різнотрав'я						
50 м, різнотрав'я	$0,08 \pm 0,001$	$0,104 \pm 0,028$	$1,395 \pm 0,209$	$0,013 \pm 0,002$	$0,117 \pm 0,003$	$0,102 \pm 0,02$
100 м, різнотрав'я	Не виявлено	$0,058 \pm 0,010$	$0,034 \pm 0,05$	$0,008 \pm 0,001$	$0,051 \pm 0,08$	Не виявлено
500 м, різнотрав'я	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	Не виявлено	$0,015 \pm 0,001$	Не виявлено

Примітка: *- гранично допустимі кількості залишків пестицидів у ґрунті, мг/кг: ДДТ і його метаболітів – 0,1; Хлорофос– 0,5; Метафос – 0,1; Бі-58 – 0,3.

На рисунку 2.6 графічно представлена залежність концентрації забруднювальної речовини від відстані до складу.

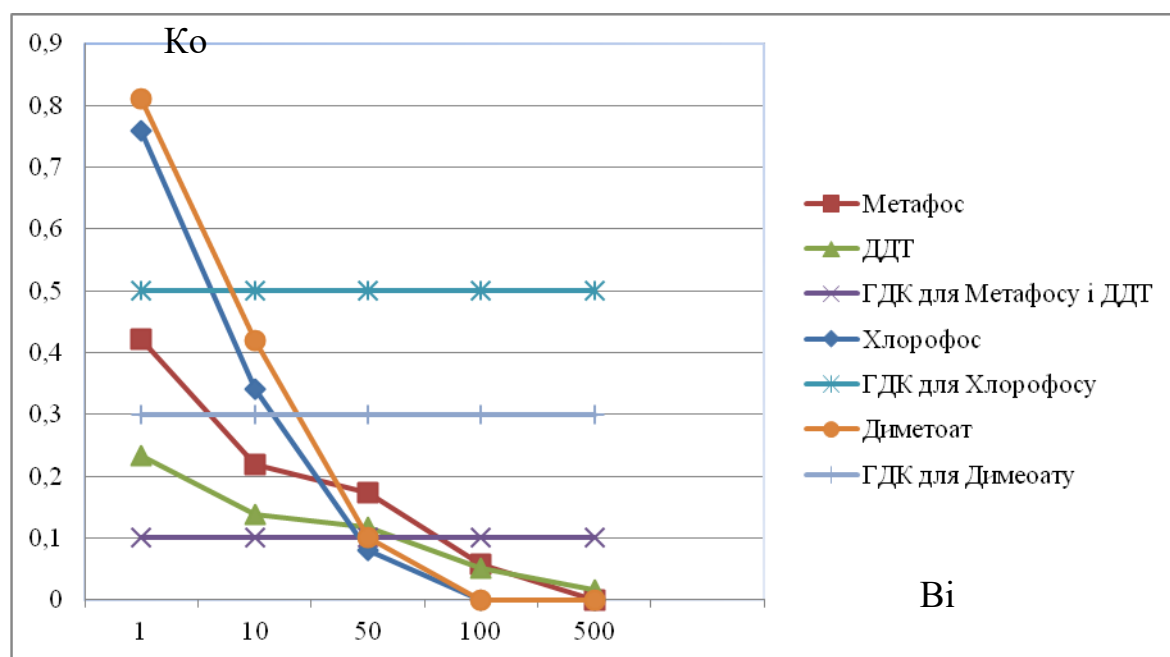


Рисунок 2.6 - Графік перевищення ГДК в ґрунті для Фозолону, Фталофосу і ДДТ.

В результаті, як впливає з цієї графічної залежності, концентрація пестицидів буде менше ГДК на відстані більше 50 метрів від складу пестицидів.

Оскільки пестициди добре вбираються в ґрунт, важливо визначити вміст товщини ґрунту. Для цієї мети було побудовано 3 колодязя (табл.2.3) і була визначена концентрація пестицидів у підземних водах (рис. 2.7, 2.8).

Таблиця 2.3. – Глибини вимірювання прясяклих пестицидів

	Глибина шару в свердловинах, м		
	№1	№2	№3
Ґрунтовий шар з насипним ґрунтом	1,5	2,0	2,0
Суглинок	2,1	1,9	2,2
Глинисті піски з пісковиком	1,0	1,0	1,0
Глибина свердловини	4,6	4,9	5,2
Рівень горизонту ґрунтових вод	3,05	3,8	5,7

Як видно з таблиці 2.4, значення концентрації пестицидів у товщі ґрунту близьке до ГДК, але не перевищує ГДК. Однак концентрація пестицидів у ґрунтових водах значно перевищує ГДК. Це графічно показано на малюнку 2.8.

Таблиця 2.4 – Концентрації пестицидів в товщі ґрунту та підземних водах

Назва	Норма у воді, мг/кг	Концентрації по пробам, мг/кг					
		Св.№1	Св.№2	Св.№3	Криниця	Норма в ґрунті	Ґрунт
ГХЦГ	0,002	0,0004	0,09	0,08	0,09	0,1	0,1
ДДТ	0,002	0,0004	0,0004	0,0004	0,0004	0,1	0,01
Метафос	0,002	0,01	0,05	0,02	0,02	0,1	0,1
Карбофос	0,05	0,05	0,1	0,05	0,025	2,0	0,01
Би-58	0,03	0,1	0,1	0,1	0,1	0,3	0,3
Хлорофос	0,01	0,1	0,25	0,2	0,01	0,5	0,01

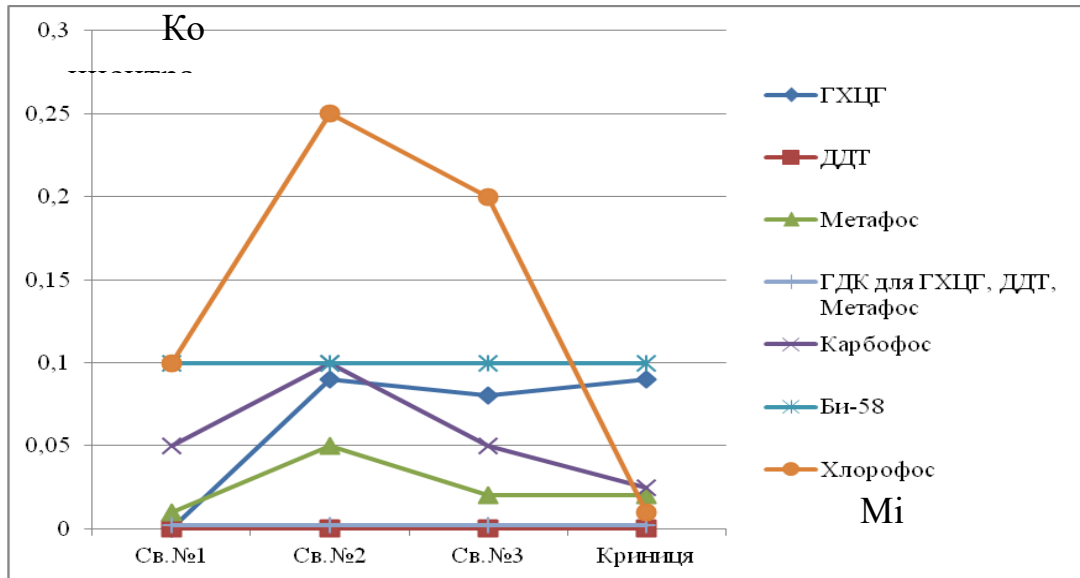


Рисунок 2.7 - Графік поширення пестицидів у підземних водах біля складу пестицидів.

Більш повне висвітлення перевищення ГДК ілюструє крива перевищення допустимих значень (рисунок 2.8).

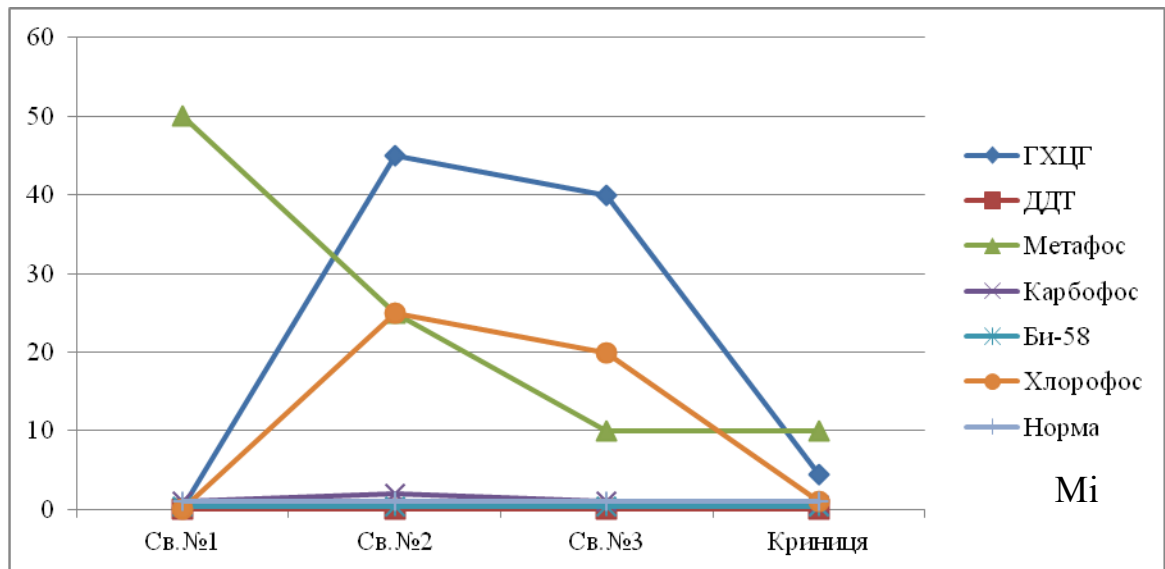


Рисунок 2.8 - Кратність перевищення ГДК для пестицидів у підземних водах

З малюнка 2.8 видно, що допустимі рівні пестицидів ХГЧ, метафосу і хлорофосу перевищені в 10-50 разів. Тобто вміст цих пестицидів значно перевищує допустимий рівень [7-10].

2.3 Вплив CO₂ на людину і довкілля

Відповідно до Додатку 3 Жовтневої Стокгольмської конвенції поліхлоровані дибензодіоксини (ПХДД) визначаються як трициклічні ароматичні сполуки зі специфічними хімічними властивостями (рис. 1). 2.10 а).

Загальна кількість можливих ізомерів пхдд становить 75. Ці сполуки є дуже токсичними і дуже стабільними домішками деяких промислових хімікатів, що утворюються в результаті різних технологічних процесів у деяких галузях промисловості.[3] вони не зустрічаються в природі і не знаходять практичного застосування.

Поліхлорований дибензофуран (PDF) визначений у Стокгольмській Конвенції як конденсована ароматична сполука (рис. 1). 2.9 б). Загальна кількість можливих ізомерів Pdf становить 13

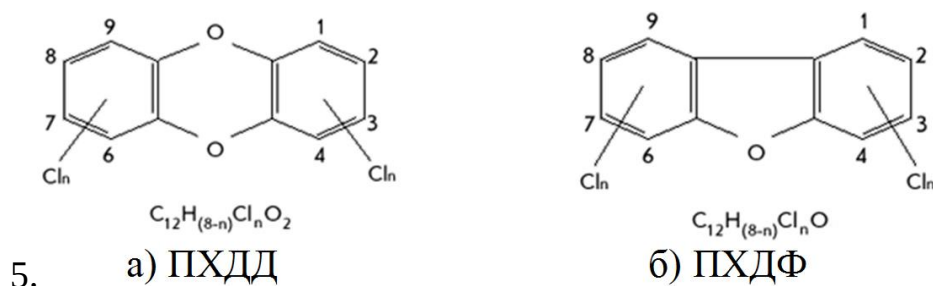


Рисунок 2.9 - Поліхлоровані дибензофурани

17 ізомери (гомологи) ПХБ і пхдф (далі звані діоксинами) є найбільш токсичними, і атом хлору завжди повинен знаходитися в положенні бензольного кільця 2, 3, 7, 8. Токсичність 2,3,7,8-TCDD перевищує токсичність ціаніду, стрітицину та кларія [4]. Токсичність інших ізомерів діоксину представлена коефіцієнтом, еквівалентним токсичності (TEF) 2,3,7,8-TCDD, і вважається токсичним фактором 1.[5] Коефіцієнт токсичності розраховується з використанням значень LD₅₀, що характеризують гостру токсичність, або параметрів, що характеризують канцерогенні ефекти.[6] так, Таблиця 2. На

малюнку 5 показаний міжнародний коефіцієнт токсичності діоксинів. Враховуючи вищевикладене, група ПХДД Стокгольмської конвенції повинна містити не менше 7 сполук, а група ПХДФ повинна містити 10 сполук.

Таблиця 2.5 - Міжнародні коефіцієнти токсичності (TEF) ПХДД и ПХДФ

Конгенер	Коефіцієнт токсичності	Конгенер	Коефіцієнт токсичності
2,3,7,8-ТХДД	1	2,3,4,7,8-ПеХДФ	0,5
1,2,3,7,8-ПеХДД	0,5	1,2,3,4,7,8-ГеХДФ	0,1
1,2,3,4,7,8-ГеХДД	0,1	1,2,3,6,7,8-ГеХДФ	0,1
1,2,3,6,7,8-ГеХДД	0,1	2,3,4,6,7,8-ГеХДФ	0,1
1,2,3,7,8,9-ГеХДД	0,1	1,2,3,7,8,9-ГеХДФ	0,1
1,2,3,4,6,7,8-ГпХДД	0,01	1,2,3,4,6,7,8-ГпХДФ	0,01
1,2,3,4,6,7,8,9-ОХДД	0,001	1,2,3,4,7,8,9-ГпХДФ	0,01
2,3,7,8-ТХДФ	0,1	1,2,3,4,6,7,8,9-ОХДФ	0,01
1,2,3,7,8-ПеХДФ	0,05		

Ситуація аналогічна ситуації з друкованою платою. Відповідно до Додатку С Стокгольмської конвенції ПХБ визначається як ароматична сполука, утворена таким чином, що атоми водню в молекулі біфенілу замінюються атомами хлору, і їх кількість досягає 10 (2.10).

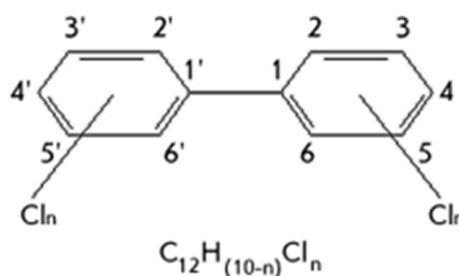


Рисунок 2.11 - Поліхлоровані біфеніли

У літературі термін " діоксин "в принципі відноситься до поліхлорованих трициклічних кисневмісних ароматичних сполук (ПХДД), але в номенклатурі Міжнародного союзу чистої та прикладної хімії (IUPAC) назва" діоксин " відноситься лише до 1,4-діоксину. нестабільна неароматична гетероциклічна сполука. він легко полімеризується і не має відомого хлорофілу.[7]

Теоретично можливе існування 209 ізомерів (гомологів) ПХБ. Однак в якості промислових побічних продуктів утворюється тільки 130 сполук.[8] найбільшу токсичність представляють гомологи ПХБ без заступників хлору в орто-положенні бензольного кільця (найбільш токсичними гомологами є 3,3 ', 4,4', 5-ресb) і деякі похідні з о-монозаміщенням. У таблиці 2.6 Показані міжнародні коефіцієнти токсичності 2,3,7,8-тетрахлордибензо-пара-діоксинів (TCDD) [9] для 11 найбільш небезпечних гомологів ПХБ.

Таблиця 2.6 - Міжнародні коефіцієнти токсичності ПХБ

Конгенер	Коефіцієнт токсичності
3,3',4,4'-ТХБ	0,0001
3,4,4',5-ТХБ	0,0001
3,3',4,4',5-ПеХБ	0,1
3,3',4,4',5,5'-ГкХБ	0,01
2,3,3',4,4'-ПеХБ	0,0001
2,3,4,4',5-ПеХБ	0,0005
2,3',4,4',5-ПеХБ	0,0001
2',3,4,4',5-ПеХБ	0,0001
2,3,3',4,4',5-ГкХБ	0,0005
2,3,3',4,4',5'-ГкХБ	0,0005
2,3,3',4,4',5,5'-ГпХБ	0,0001

Механізм дії CO₂ на живі клітини дуже складний, це серія безперервних подій на молекулярному рівні, регуляція генів і тривалість життя CO₂-клітин в

основному впливають на ендокринну систему і руйнують її. Вони володіють гормональним ефектом, але не є справжніми гормонами, які порушують нормальне функціонування ендокринної системи. Гормони є дуже потужними біологічними сполуками, які діють як хімічні посередники. Вони регулюють широкий спектр пов'язаних реакцій в організмі: обмін речовин, регенерацію, ріст, розвиток, поведінку та інші клітинні процеси. Механізм активності естрогену в Соез ще не повністю вивчений. У світі ПХДД, ПХДФ і ПХБ належать до групи "надтоксичних ліків". Їх можна знайти практично скрізь: в повітрі, воді, ґрунті, відкладеннях, тканинах риб, тварин, молоці, овочах. Найвищі концентрації діоксинів містяться в ґрунтах, відкладеннях і біоті. Вони нерозчинні у воді і нелеткі, тому їх кількість у воді і повітрі набагато менше. Особлива небезпека цих сполук для навколишнього середовища полягає в тому, що вони дуже стійкі до хімічного і біологічного розкладання, десятиліттями зберігаються в навколишньому середовищі і транспортуються харчовим ланцюгом (водорості–планктон–риба–люди, ґрунт–рослини – трав'яні– люди). [10, 11]. Забруднення ґрунту діоксинами призводить до вимирання всіх організмів і повної втрати природних властивостей ґрунту.

Діоксин-це універсальна отрута, яка діє на клітинному рівні і вражає всі види тварин і більшість рослин. Нові дані про небезпеку діоксинів виходять далеко за рамки канцерогенних ефектів. Забруднення діоксинами та діоксиноподібними сполуками може мати серйозні негативні наслідки для здоров'я людини і передаватися з покоління в покоління:

- порушення гормональної системи, особливо статевого розвитку;
- Впливає на розвиток плода і впливає на нервову систему плода;
- Порушує розвиток імунної системи [12].

2.4 Класифікація методів і технологій ремедіації

Методи відновлення можна розділити на абіотичні (механічні, фізико-хімічні, хімічні), біологічні та Комбіновані.

Залежно від місця розташування оранки або інших забруднених матеріалів прийнято розрізняти методи всередині ділянки, поза ділянкою (поза ділянкою) і всередині ділянки/

Методи на місці (разом з місцем забруднення) вимагають видалення забруднених матеріалів, методів транспортування за межі майданчика (або за межі майданчика) на звалища, спеціалізовані майданчики або очисні споруди. Метод Insitu виконується в забруднених містах без видалення забруднених речовин.

Метод in-situ зазвичай простий у застосуванні, але при застосуванні методу in-situ він може забезпечити оптимальні умови для видалення забруднюючих речовин (рис 2.12).

При обробці на місці, в польових умовах і на багатьох ділянках використовуються активні методи впливу і коригування умов навколишнього середовища для полегшення самого процесу очищення. Пасивно використовується і контролюється основний природний механізм самоочищення. Перевага пасивної технології перед активною полягає в тому, що вона знижує експлуатаційні витрати протягом тривалого періоду ремонту

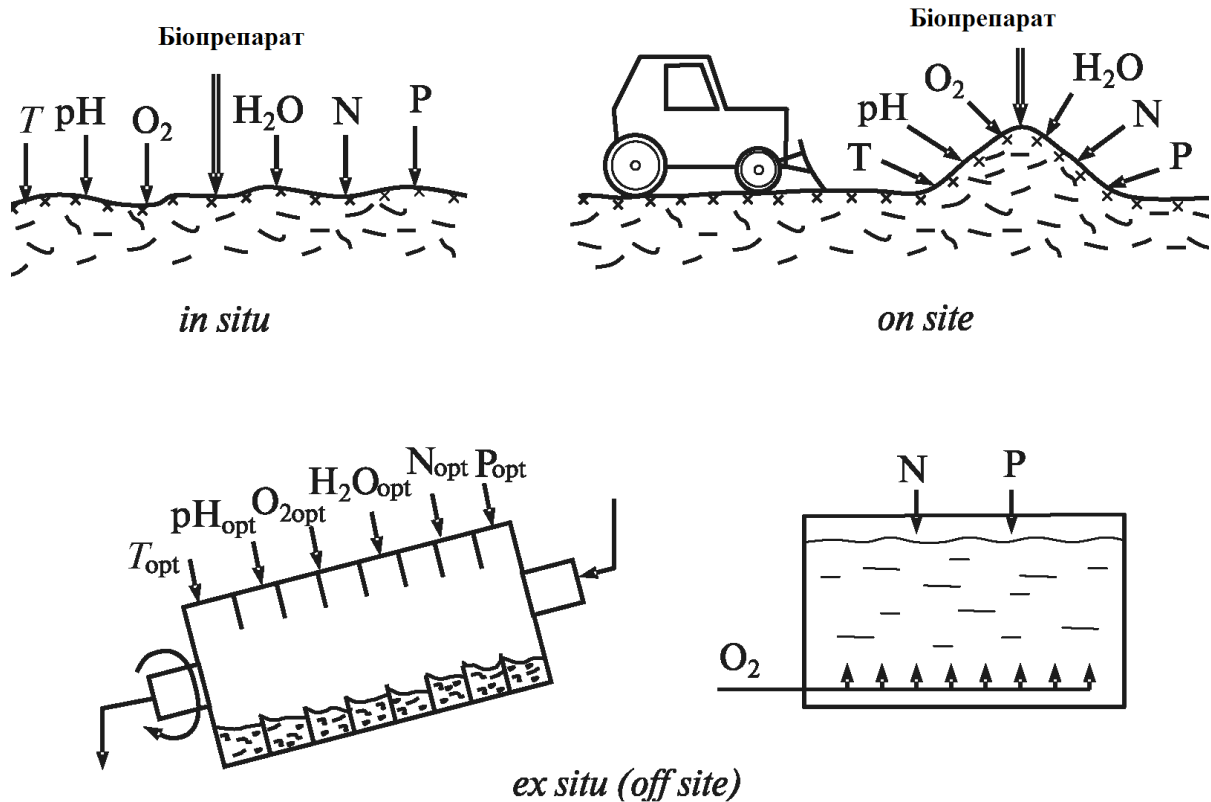


Рисунок 2.12 - Варіанти очищення забрудненого середовища на місці обробки.

Нейтралізувати забруднення можна, використовуючи технологію перетворення з однієї форми в іншу:

Під час розкладання та біорозкладання органічних біоматеріалів;

При першому регулюванні в розчинний стан найбільш забруднюючі компоненти (важкі метали, радіонукліди, органічні ксенобіотики) легко мігрують, зв'язуючись з нерозчинним станом і знерухомлюючи ґрунтове середовище (важкі метали, пестициди, поверхнево-активні речовини і т.д.).) Видобуток і переробка шляхом перетворення.) шляхом зв'язування з навколишнім ґрунтом шляхом зв'язування з нерозчинним станом шляхом перетворення та іммобілізації ґрунтового середовища (важкі метали, пестициди, поверхнево-активні речовини тощо).) Можна перетворити.) [13];

При переміщенні забруднюючих речовин з ґрунтового середовища в рослинну, мікрофлору, біомасу тварин і подальший процес біомаси; в складному процесі: абіотичний каталізатор для поліпшення біорозкладаного

процесу, такий як УФ-випромінювання, неорганічний відновник, реагент Фентона ($\text{H}_2\text{O}_2 + \text{Fe}^{2+}$). Його можна використовувати для руйнування особливо стійких молекул. За способом активації ґрунтових мікроорганізмів біологічні методи можна розділити на методи, засновані на додатковому застосуванні біологічних агентів (метод біоаккумуляції) і активації життєдіяльності природної аборигенної (синонім – природна, аборигенна, місцева, дика, аборигенна) мікрофлори, що мешкає в забрудненому середовищі (метод біостимуляції). Біоаугментація-це практика. Особливі мікроорганізми (у вигляді біопрепаратів). У першому випадку отримують спеціальні біопрепарати, наприклад, на основі мікроорганізмів, вводять їх і створюють сприятливі умови для життєдіяльності мікроорганізмів, з яких вони складаються (рис. 1). 2.14). Ефективність використання таких біологічних речовин найбільш висока при видаленні випадкових розливів і нестаріючих забруднень.

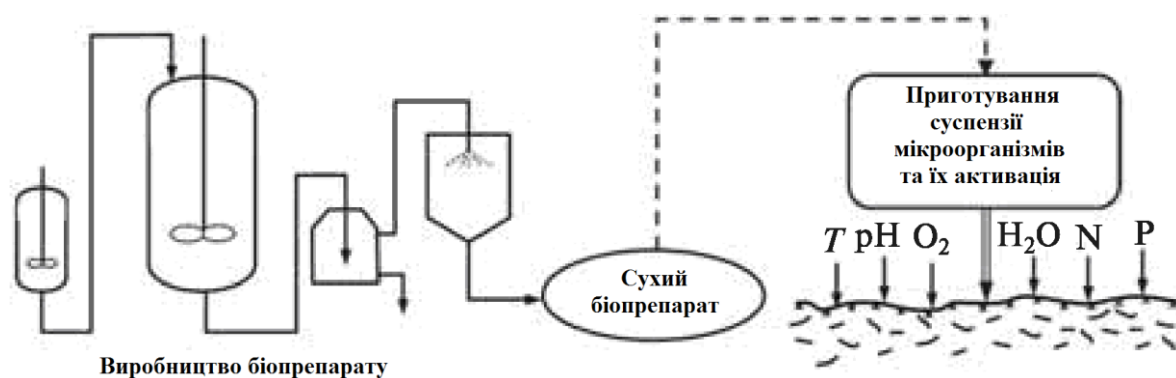


Рисунок 2.14 - Очищення забрудненого середовища з використанням біопрепарату

У цьому випадку стимулюється дика природна мікрофлора, присутня в забрудненому природному середовищі, що дозволяє утилізувати забруднення, створюючи необхідні умови, полегшуючи транспортування субстратів і мінеральних поживних компонентів в організм. Вартість біоремедіації в результаті Жовтневого додаткового зовнішнього застосування біологічних

агентів, які вимивають ґрунт з тривалим (кілька років) забрудненням, зазвичай вище, коли технологія, ймовірно, буде містити руйнівні мікроорганізми, здатні розкласти забруднюючі речовини в ґрунті. У той же час для отримання дозволу на використання в природному середовищі необхідно вирішити такі питання, як виробництво необхідної кількості біопрепаратів, токсикологічні та гігієнічні дослідження [14].

3. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ РЕКУЛЬТИВАЦІЇ, РЕМЕДІАЦІЇ ТА ВІДНОВЛЕННЯ ҐРУНТІВ

3.1 Загальна характеристика рекультивації земель.

Рекультивація земель – це процес часткового або повного відновлення земель, порушених господарською діяльністю людини. Походить від латинського слова *cultus*, що означає «обробка» або «введення». Це комплекс заходів, спрямованих на відновлення продуктивності й господарської цінності земель, а також покращення екологічного стану територій. Вперше термін набув широкого застосування у зв'язку з розвитком відкритого видобування корисних копалин, наприклад, кам'яного вугілля в Рейнланді (Німеччина) [15].

Рекультивація охоплює інженерні, гірничотехнічні, меліоративні, біологічні, санітарно-гігієнічні та інші дії, спрямовані на відновлення функцій порушених земель і їх подальше використання. Землі зазнають змін під час видобування корисних копалин, проведення геологорозвідувальних, будівельних та інших робіт. При цьому знищується ґрунтовий покрив, змінюється гідрологічний режим і формується техногенний рельєф. Завдяки рекультивації порушені території можна перетворити на сільськогосподарські угіддя, ліси, водойми, рекреаційні зони або території для забудови.

В Україні площа порушених земель перевищує 190 тис. гектарів. Відновлення їхнього ґрунтового покриву й повернення у господарський обіг є надзвичайно актуальною проблемою. Рекультивація не тільки відновлює природні територіальні комплекси, але й створює продуктивні антропогенні ландшафти.

Зростання площ порушених земель зробило рекультивацію невід'ємною складовою охорони та відновлення земельних ресурсів.

Деградація ґрунтів – це погіршення їх якості й зниження родючості. Вона може бути наслідком як природних (зміна кліматичних умов, стихійні лиха), так і антропогенних чинників. До деградованих земель належать:

території, порушені землетрусами, зсувами, карстоутворенням, повеннями або видобуванням корисних копалин [16];

ділянки з еродованими, перезволоженими, засоленими або забрудненими хімічними речовинами ґрунтами.

Основні види деградації ґрунтів:

- Біоенергетичні порушення: девегетація, дегуміфікація, виснаження ґрунтів.
- Порушення структури: ерозія, ущільнення, руйнування профілю.
- Зміни водного й хімічного режиму: опустелювання, засолення, кислотність, затоплення.
- Хімічне забруднення: промислове, сільськогосподарське, радіоактивне.
- Руйнування воєнними діями.

До техногенно забруднених земель належать території, забруднені внаслідок діяльності людини (радіоактивні, забруднені важкими металами тощо). При їх використанні обов'язково враховують особливості режиму.

Малопродуктивні землі – це сільськогосподарські угіддя з низькою родючістю, економічно неефективні для традиційного використання.

Таким чином, раціональне використання й відновлення деградованих і техногенно забруднених земель є важливим завданням для збереження екологічної рівноваги й забезпечення сталого розвитку.

3.1.1 Порушені землі як об'єкт рекультивації.

Зростаючий вплив людини на природні ресурси призводить до значного руйнування природних ландшафтів. Цей процес зумовлений активним

видобутком мінеральної сировини, масштабними будівельними роботами, прокладанням магістральних доріг та трубопроводів, геологорозвідувальними заходами, а також іншими техногенними впливами. У результаті цих дій порушується ґрунтовий покрив, змінюється гідрологічний режим територій, формується штучний рельєф, а також виникають нові техногенні поверхні.

До таких техногенних поверхонь належать:

зони деформацій, які включають звалища, канави, відстійники, торф'яні розробки, трубопровідні траси, канали, бурові та шахтні майданчики. Ці території класифікуються як порушені ґрунти.

Деградовані землі – це території, які втратили первісну екологічну та економічну цінність через руйнування ґрунтового покриву, спричинене виробничою діяльністю або природними явищами. Вони мають негативний вплив на довкілля.

- Основні чинники, що спричиняють деградацію земель:
- Видобуток корисних копалин підземним способом або буріння.
- Розробка родовищ на поверхні землі.
- Переробка корисних копалин.
- Інші види промислової та транспортної діяльності.
- Типи порушених земель:
- Звалища побутових і промислових відходів, такі як золошлакові або шлакові відвали.
- Транспортні шляхи, створені під час будівництва або прокладання комунікацій.
- Гідротехнічні споруди та їх ліквідація, що супроводжується створенням гребель, каналів або дренажних систем.
- Будівельні траншеї, утворені під час прокладання комунікацій чи інших інженерних робіт.

До порушених земель також належать споруди ліквідованих підприємств, такі як відстійники, фільтраційні майданчики чи гаражі.

Вплив видобутку корисних копалин

Основним джерелом формування деградованих земель є розробка корисних копалин. Процеси видобутку можуть бути представлені як:

Підземні роботи, що призводять до просідання поверхні (занурення, прогини).

Поверхневі роботи, які включають утворення кар'єрів, звалищ та інших техногенних об'єктів.

Розробка неметалевих будівельних матеріалів, таких як пісок, гравій, глина або торф, формує відкриті кар'єри зі складним рельєфом, значними глибинами, крутими схилами та нерівним дном.

- Класифікація деградованих ґрунтів
- Ґрунти можуть бути:
- Повністю видалені.
- Частково видалені, змішані з кам'яною породою.
- Поховані під шаром породи на глибину понад 20 см.
- Забруднені нафтою чи хімічними речовинами.
- Штучні ландшафти деградованих земель:
- Ландшафти зі звалищами.
- Торф'яні розробки.
- Території шахтних терас.
- Сільськогосподарські антропогенні ландшафти.

Залежно від походження та умов утворення, деградовані землі потребують спеціалізованих заходів з рекультивації, щоб мінімізувати їх негативний вплив на довкілля і повернути території до економічно вигідного використання.

3.1.2 Види напрямів рекультивації.

Рекультивація земель спрямована на відновлення порушених територій для подальшого використання їх за цільовим призначенням. Основними напрямками рекультивації є:

- сільськогосподарський;
- лісове господарство;
- водне господарство;
- рекреаційний;
- будівництво;
- санітарно-гігієнічний.

Сільськогосподарська рекультивація застосовується в регіонах з розвиненим сільським господарством, переважно на великих площах відвалів або кар'єрів. Він найдорожчий через високі вимоги до землі, призначеної для вирощування сільськогосподарських культур, наприклад, ухил місцевості не повинен перевищувати 3°.

Лісогосподарська рекультивація проводиться на ділянках, де є можливість відновити ліси цінними породами дерев. Його вартість і вимоги до агрохімічних показників ґрунту нижчі порівняно з агротехнічним напрямком.

Санітарно-гігієнічна рекультивація спрямована на збереження порушених земель і мінімізацію їх негативного впливу на навколишнє середовище, наприклад, для запобігання забруднення повітря або підземних вод звалищами. Такий підхід використовується, якщо подальше використання території вважається недоцільним [17].

Будівельна рекультивація передбачає підготовку порушених земель для будівництва житлових і промислових об'єктів, спортивних майданчиків і т. д. Вона включає засипку кар'єрів породою, зміцнення стінок, прокладку доріг і комунікацій, а також меліоративні роботи у вигляді осушення [18].

3.1.3 Умови проведення та вимоги до вибору рекультивації земель.

Умови приведення порушених земель у придатний для подальшого використання стан, а також порядок зняття, збереження та застосування родючого шару ґрунту встановлюються органами, які надають земельні ділянки в користування та видають дозволи на проведення робіт, пов'язаних із порушенням ґрунтового покриву. Ці умови ґрунтуються на проектах рекультивації, що пройшли державну екологічну експертизу. Проекти розробляються з урахуванням екологічних, санітарно-гігієнічних, будівельних та інших нормативів і стандартів, а також з огляду на природно-кліматичні умови і специфіку місця розташування порушеної ділянки.

Рекультивація земель зазвичай здійснюється в кілька етапів: підготовчий, гірничотехнічний та біологічний. До цих основних етапів можуть додаватися географічний, що проводиться під час підготовчих робіт, та ландшафтний, який виконується після завершення біологічних і агротехнічних заходів. Роботи зі зняття, транспортування, складування та подальшого використання родючого шару ґрунту проводяться згідно з технологічними схемами та розробленими артограммами [19].

Терміни проведення рекультивації визначаються так, щоб порушені землі відновлювалися паралельно з проведенням гірничо-видобувних чи інших робіт або ж не пізніше ніж через рік після їх завершення. При цьому напрямок повторного використання відновлених земель може не збігатися з їхнім початковим призначенням. Вибір напрямків рекультивації залежить від комплексного врахування природних умов, стану порушених земель, їхнього мінералогічного складу, агрохімічних властивостей, інженерно-геологічних умов, а також соціально-економічних та екологічних чинників. Рекультивовані землі повинні утворювати екологічно збалансований ландшафт, придатний для подальшого використання.

Підготовчий етап включає дослідження порушених земель, визначення напрямку їхнього подальшого використання, а також розробку техніко-економічного обґрунтування і проектної документації. На цьому етапі проводяться топографічні, гідрогеологічні, геологічні та інші дослідження. Отримані дані узагальнюються у звітно-технічній документації, яка включає плани ділянок, таблиці оцінки запасів торфу, профілі каналів та іншу інформацію.

Гірничотехнічний етап передбачає приведення техногенного рельєфу у стан, придатний для використання. Основними роботами цього етапу є зняття родючого шару ґрунту, грубе та чистове планування, а також підготовка ділянки до меліоративних заходів. Під час планування можуть створюватися тераси для висадження дерев або інших рослин [20].

Біологічний етап спрямований на покращення властивостей ґрунту та запобігання його ерозії. Він включає внесення добрив, посів трав, догляд за рослинами та інші заходи, які дозволяють створити зімкнутий травостій або деревну рослинність. Залежно від кінцевого призначення, біологічна рекультивація може бути сільськогосподарською (створення пасовищ, сінокосів) або лісовою (висаджування деревної рослинності).

Землювання малопродуктивних земель є окремим комплексом робіт, який передбачає нанесення родючого шару ґрунту з метою підвищення їхньої продуктивності. Родючий шар наноситься з урахуванням кліматичних умов, подальшого призначення ділянки та економічної доцільності. Землювання може бути суцільним або вибіркоvim, звичайним або комбінованим, залежно від умов та властивостей ґрунтів.

На завершення робіт з рекультивації проводиться приймання ділянок, яке здійснює робоча комісія. У подальшому здійснюється моніторинг екологічного стану рекультивованих територій для попередження негативного впливу на навколишнє середовище.

3.2 Основні фактори, що впливають на вибір способів ремедіації ґрунтів

Ремедіація – це процес очищення навколишнього середовища від забруднювачів, таких як ґрунт, підземні та поверхневі води, а також атмосфера. Основна мета цього процесу – захист здоров'я людей і довкілля, адже сам термін "remedy" походить від латинського слова *remedium*, що означає лікувати або усувати порушення.

Одним із ключових напрямків ремедіації є біоремедіація, яка передбачає використання біологічних організмів, таких як рослини, гриби, бактерії, черв'яки або їх ферменти, для очищення середовища. У ґрунтах забруднювачі можуть зазнавати різних змін: накопичуватися, трансформуватися, розпадатися чи навіть полімеризуватися, утворюючи зв'язані залишки. Завданням ремедіаційних технологій є контроль і спрямування цих процесів для усунення або нейтралізації шкідливих речовин [21].

Вибір способу ремедіації залежить від багатьох факторів, таких як рівень забруднення, площа і глибина його проникнення, концентрація шкідливих речовин, структура екосистеми, кліматичні умови, тип джерела забруднення (точковий чи дифузний), а також терміни та вимоги до очищення. За високих концентрацій забруднювачів, які перевищують поріг токсичності для живих організмів, біологічні методи виявляються непридатними. У таких випадках використовують фізичні або фізико-хімічні методи. Біологічні методи, своєю чергою, застосовуються лише тоді, коли концентрація забруднювачів нижча за рівень біотоксичності.

Характер і поведінка забруднювачів у середовищі залежать від їхніх фізико-хімічних властивостей, таких як хімічна структура, розчинність, густина, леткість, токсичність, гідрофобність чи гідрофільність. Наприклад, органічні забруднювачі з малою густиною, такі як нафтопродукти, мають тенденцію накопичуватися над ґрунтовими водами й поширюватися

горизонтально. Цей процес сприяє видаленню летких компонентів завдяки евапорації, але збільшує площу забруднення. Натомість важкі нерозчинні забруднювачі, як-от хлорорганічні сполуки, рухаються вертикально вниз, проникаючи крізь водоносні шари й осідаючи на погано проникних ґрунтових горизонтах. Такі процеси можуть призводити до глибокого забруднення підґрунтових вод, і очищення цих горизонтів є складним завданням [22].

Таким чином, ефективність ремедіаційних технологій залежить від точного врахування властивостей забруднювачів, екологічних умов і методів очищення, обраних для конкретної ситуації.

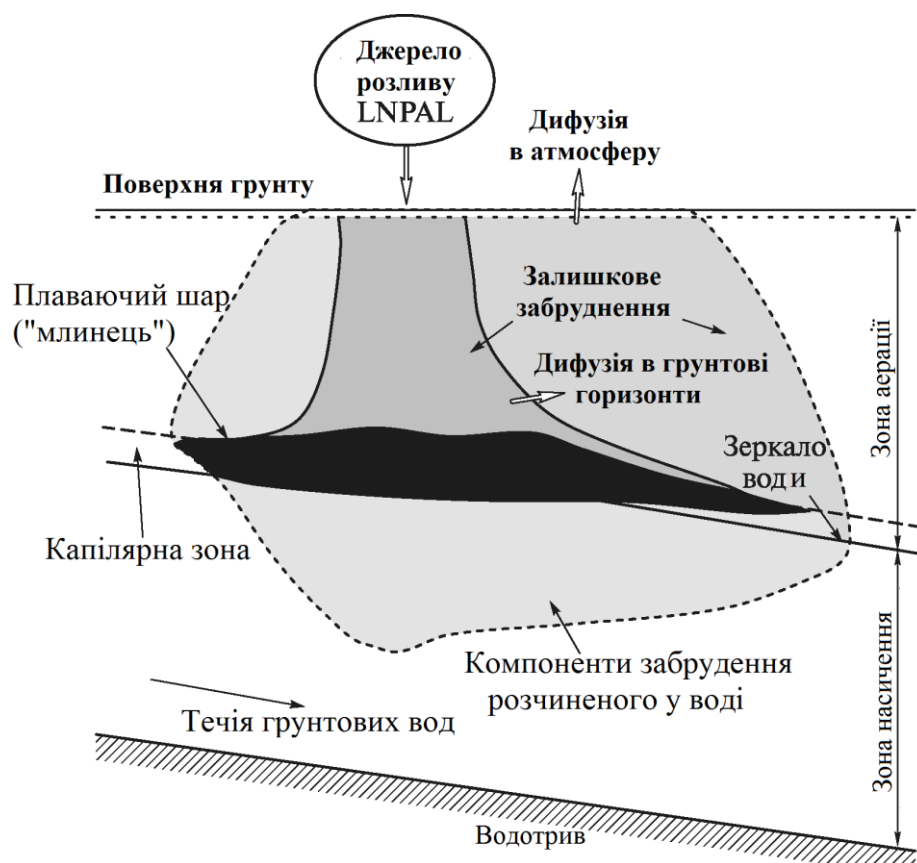


Рисунок 3.1 - Схема підповерхневого розподілу розливу легкої рідкої неводної фази (LNAPL)

Гідрофобні органічні сполуки зазвичай рухаються ґрунтовими водами значно повільніше, ніж сама вода. Їх мобільність зростає зі збільшенням

розчинності, що дозволяє забруднювачам легше проникати у водоносні горизонти, насичені вологою (так звану фреатичну зону, розташовану нижче дзеркала ґрунтових вод).

Розчинність таких речовин може бути підвищена за допомогою низки методів: зміни рівня рН у ґрунтових розчинах, введення поверхнево-активних речовин (ПАР), комплексоутворювачів, кислот або розчинників (сольвентів) у водне середовище. Крім того, ґрунтові мікроорганізми можуть активно сприяти підвищенню рухливості забруднювачів. Цей ефект досягається завдяки утворенню біосурфактантів – природних поверхнево-активних речовин, які змінюють гідрофобно-гідрофільні властивості первинних продуктів біотрансформації [23].

Таким чином, управління процесами розчинності та мікробної активності є важливими інструментами у підвищенні ефективності технологій ремедіації для очищення забруднених середовищ.

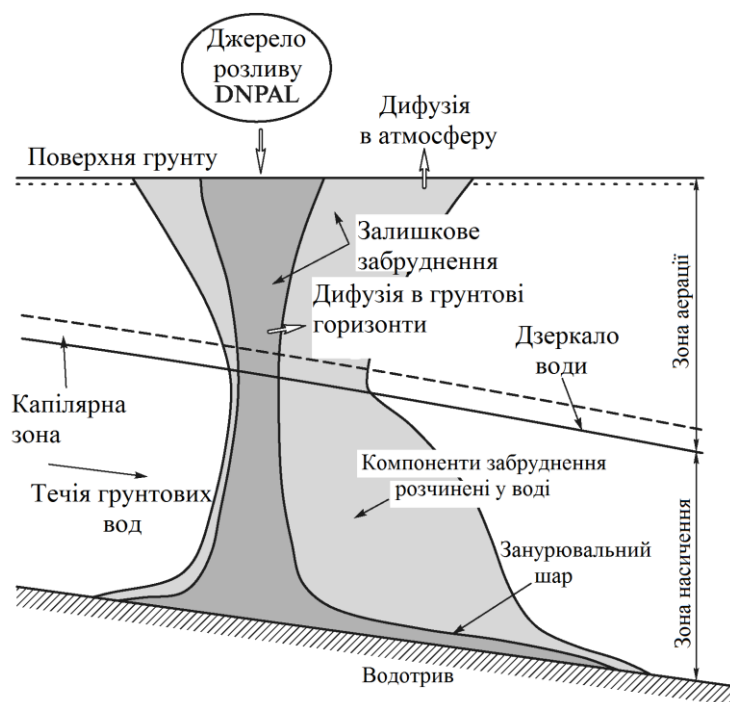


Рисунок 3.2 - Схема розподілу густої рідкої неводної фази (DNAPL)

У ненасиченій зоні ґрунту (зоні аерації, яка розташована вище дзеркала ґрунтових вод) ключовим фактором є летючість забруднювачів. Її можна підвищити завдяки використанню таких методів, як вентилування (продувка повітрям або його відкачування), а також пропускання пари. Ці технології широко застосовуються для очищення ґрунтів у рамках ремедіаційних процесів.

Адсорбція забруднень на поверхні або в твердій фазі ґрунту, механічне включення в ґрунт, низька розчинність або формування зв'язаних залишків унаслідок хімічних реакцій обмежують фізичну і біологічну доступність забруднень, ускладнюючи їх видалення. Це має як позитивні, так і негативні наслідки: з одного боку, знижується їх шкідливий вплив на довкілля, з іншого — залишається ризик повторної появи забруднень після очищення. Збільшити доступність забруднювачів для деградації можна за допомогою добавок (поверхнево-активних речовин, хелатуючих агентів), які сприяють десорбції, розчиненню і диспергуванню [24].

Природні процеси самоочищення ґрунтів спершу видаляють легкодоступні забруднення. З часом хімічний зв'язок між забруднювачами та ґрунтовою матрицею міцнішає, зростає частка важкоруйнівних залишків, а забруднення "старіє". Це ускладнює очищення, але одночасно може знижувати екологічну загрозу. Для застарілих забруднень ефективними є біологічні методи очищення, зокрема біостимулювання, яке активує місцеві мікроорганізми-деструктори.

Вологість ґрунту також відіграє важливу роль у біоремедіації. Оптимальний рівень вологості для цих процесів становить 60–80% від граничної польової вологоємності (ГПВ). При вологості нижче 40% або понад 90% ГПВ процеси біодеградації уповільнюються через дефіцит кисню або надлишок вологи, що спричиняє розвиток анаеробних умов. Крім того, вологість впливає на ефузію забруднень до поверхні та їх випаровування, що особливо актуально для летючих органічних сполук.

Кислотність ґрунту (рівень рН) є ключовим фактором для мікроорганізмів-деструкторів. Оптимальний діапазон рН для бактерій — 6–8, для грибів — 4–6. Висока або низька кислотність впливає на швидкість міграції важких металів, радіонуклідів і органічних забруднювачів, а також на адсорбцію і комплексоутворення. Наприклад, низький рН сприяє міграції катіонів важких металів, тоді як високий рН стимулює переміщення аніонів. Регуляція рН, зокрема через карбонатну буферну систему, має вирішальне значення для процесів очищення.

Окисно-відновний потенціал (Eh) визначає умови для міграції багатьох хімічних елементів і забруднень. Високий Eh пов'язаний із наявністю кисню і переважанням аеробних процесів, тоді як низький Eh сприяє анаеробній деструкції ксенобіотиків і накопиченню відновлених іонів.

Розчинені органічні й мінеральні речовини у ґрунтових водах також впливають на міграцію забруднень. Наприклад, фульвокислоти сприяють переміщенню важких металів, особливо в ґрунтах, багатих органікою. У таких випадках доцільно застосовувати методи мобілізації й вимивання забруднень.

Накопичення солей у ґрунті впливає на його структуру та адсорбційні властивості, що важливо для процесів біоремедіації. При засоленні необхідно організовувати полив і дренаж для вимивання надлишкових солей, оскільки вони перешкоджають росту рослин, які використовуються для очищення.

3.3 Небіологічні методи і технології ремедіації *ex situ* і *on site*.

Методи *ex situ* і *on-site* часто застосовуються для очищення глинистих та інших ґрунтів із низькою водопроникністю, а також у випадках, коли обсяги забруднених ґрунтів є відносно невеликими. Основною особливістю цих підходів є необхідність вилучення забрудненого ґрунту з його подальшим транспортуванням та обробкою. Процес виїмки і переміщення ґрунту вимагає значних фінансових витрат, але дає змогу більш ефективно локалізувати

забруднення. При вилученні важливо уникати перемішування шарів ґрунту, щоб після завершення робіт повернути їх у такому ж порядку, в якому вони знаходилися до вилучення.

Одним із найпоширеніших підходів є вилучення забрудненого ґрунту та його поховання на спеціальних полігонах чи майданчиках. Цей метод дозволяє ізолювати забруднення, однак він не усуває проблему, а лише переносить її з одного місця в інше. Для реалізації цього підходу потрібне виділення великих територій під полігони, які повинні бути обладнані системами захисту, що запобігають міграції забруднень у ґрунтові та поверхневі води, а також у повітря. Зазвичай для вилучення ґрунту використовуються екскаватори, транспортні засоби й інша техніка. Вартість таких робіт становить приблизно 200 доларів за тонну забрудненого ґрунту, що робить метод дорогим. Тому його найчастіше застосовують для невеликих проектів, оперативного обмеження поширення забруднень або як підготовчий етап перед застосуванням інших технологій очищення.

Термічні методи очищення ґрунтів *ex situ* включають спалювання, піроліз, газифікацію, термічну десорбцію та обробку гарячою парою. У процесі прямого термічного впливу, як-от спалювання або газифікація в частково окисленому середовищі, органічні речовини, зокрема забруднення, повністю розкладаються. Зазвичай термічні системи працюють у два етапи: спочатку відбувається висушування ґрунту і термічна десорбція забруднень, а потім леткі продукти допалюються в спеціальних камерах до повного розпаду шкідливих речовин. Цей метод є високоефективним, але дорогим і потребує складного обладнання, що обмежує його застосування для великих обсягів забруднень (рис.3.7).

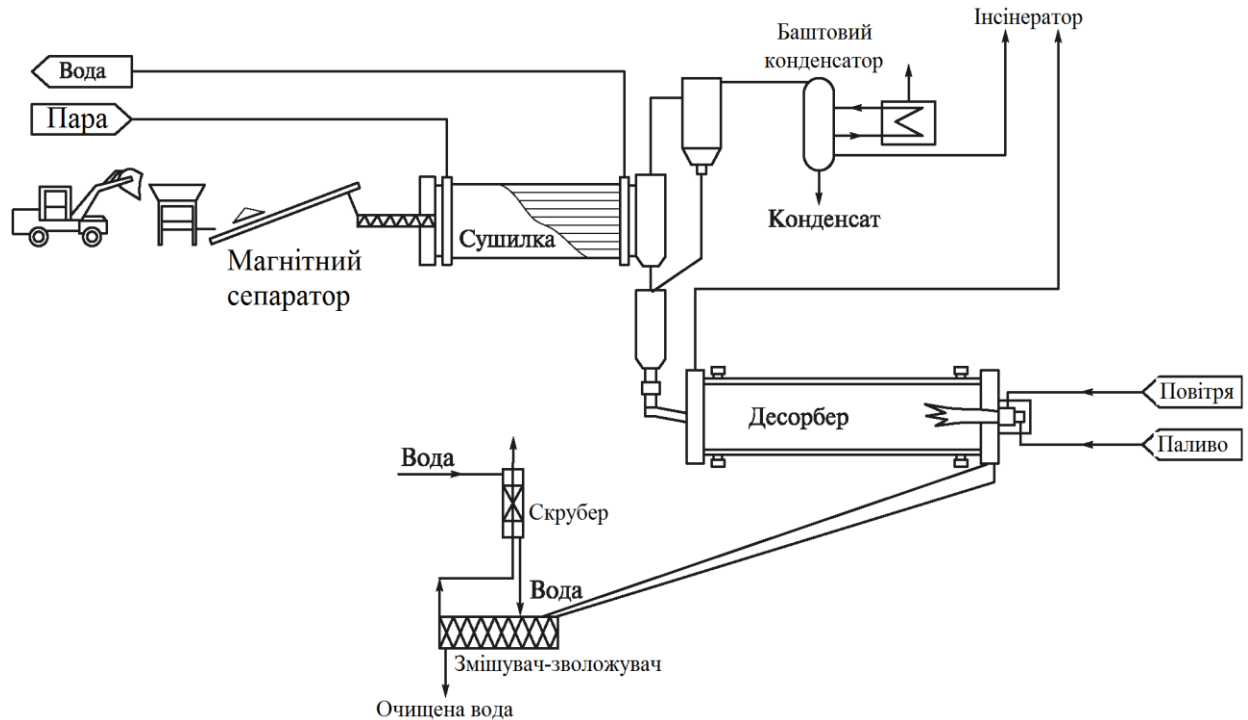


Рисунок 3.3 - Схема установки термічного знешкодження ґрунтів

Обробка ґрунтів за допомогою обертових печей, зокрема печей цементного виробництва, є одним з найбільш простих і ефективних методів термічної очистки. Це дозволяє застосовувати печі, які вже використовуються в промисловості, для обробки забруднених ґрунтів, що знижує витрати на додаткове обладнання. Однак основним недоліком прямого спалювання є утворення токсичних побічних продуктів, зокрема поліхлорованих дибензодіоксинів (ПХДД) та ді-бензофуранів (ПХДФ), які можуть утворюватися при температурах від 250 до 650°C. Вони є високотоксичними і можуть потрапити в навколишнє середовище, якщо не будуть належним чином нейтралізовані. Для запобігання цьому необхідна складна система очищення відхідних газів, яка передбачає допалення забруднень при температурі не нижче 800°C. Така система дозволяє значно знизити рівень токсичних викидів, але її вартість та складність також значно збільшують загальні витрати на процес.

Іншим підходом є непряме спалювання, коли забруднений ґрунт подається в спеціальний реактор, де створюються відновлювальні умови, і дегазація проходить при низькому вакуумі (залишковий тиск не вище 50 Па) при температурах від 300 до 350°C. Важливо, що пари газу, які утворюються в результаті процесу десорбції, безпосередньо спалюються при температурах від 850°C для органічних забруднень і від 1250°C для галогенованих забруднень, з мінімальним часом перебування в камері 2 секунди. Такий підхід мінімізує утворення діоксинів і дибензофуранів, а відхідні гази очищаються в багатостадійному мокрому скрубєрі, що дозволяє знизити рівень токсичних викидів.

В результаті цього процесу очищений ґрунт охолоджується і вивантажується. Важливо, що після обробки в ґрунті утворюється пористий вуглець, який може утримувати вологу, що створює сприятливі умови для подальшої рекультивації. Така обробка дозволяє ефективно очистити ґрунт від органічних забруднень і повернути його до використання.

Ще одним варіантом термічної обробки є метод віддування з парою. Він застосовується для ґрунтів, осадів або шламів, що містять від 20 до 45% сухої речовини, що є важливою перевагою порівняно з іншими методами, які потребують попереднього зневоднення матеріалу. Віддування відбувається шляхом перегрівання парою (при тиску 2 МПа та температурі до 450°C) або шляхом різкого зменшення тиску, що сприяє випаровуванню води з ґрунту. Одночасно руйнуються агломерати забруднених частинок, забруднення вивільняються в газову фазу, а сам ґрунт осушується і очищується. Цей процес є комплексним, поєднуючи деконтамінування, висушування та пневматичний транспорт. Віддування з парою зазвичай проводиться в трубчастому реакторі при тиску від 0,05 до 0,1 МПа і температурі до 300°C.

Нарешті, термокаталітична обробка є менш інтенсивним варіантом термічної обробки, при якому ґрунт або пісок, забруднений хлорорганічними сполуками, обробляється за двоступеневою системою. Перший етап включає

обробку при помірних температурах та використанні каталітичних процесів, що дозволяє ефективно розкласти хлорорганічні забруднення з мінімальним утворенням токсичних побічних продуктів (рис.3.8).

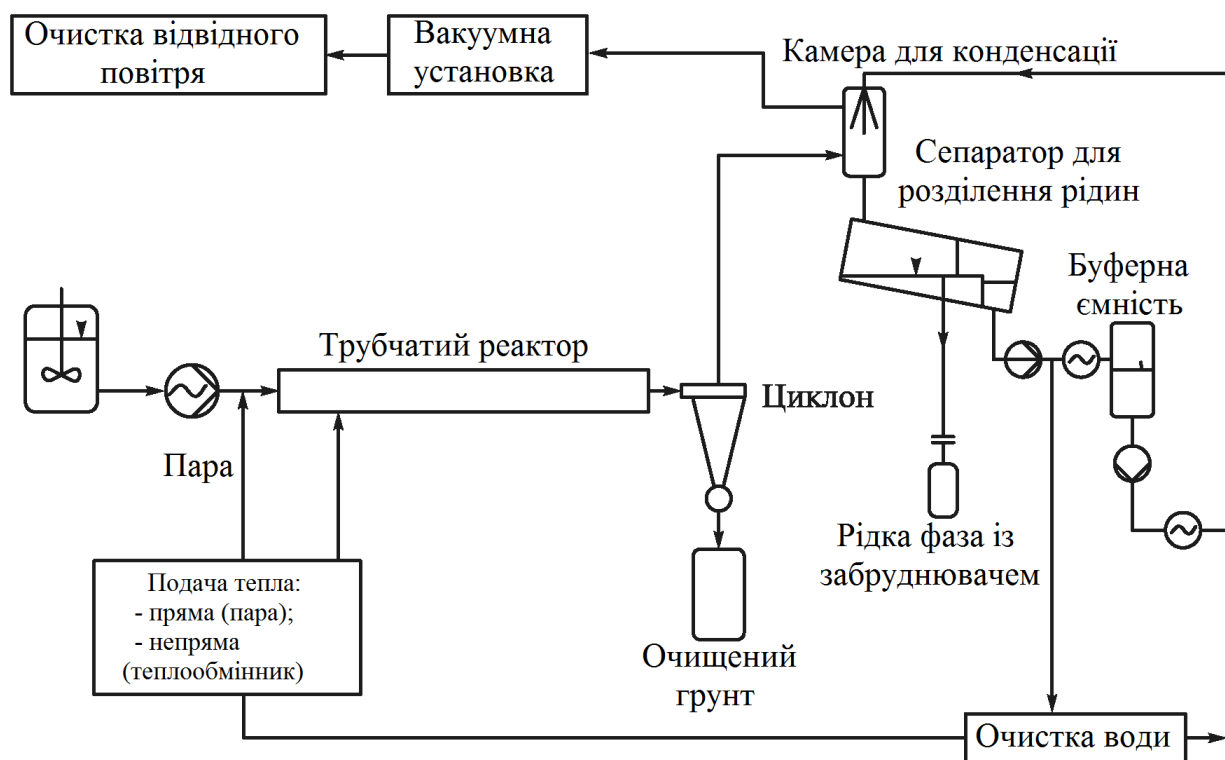


Рисунок 3.8 - Схема процесу термічною обробки ґрунту в трубчастому реакторі з продуванням паром

На першому етапі термокаталітичної обробки ґрунт обробляється з додаванням 2–12% натрій гідрокарбонату (NaHCO_3) за масою, який нагрівається до температури 340°C . Взаємодія NaHCO_3 з галогенованими органічними забруднювачами, такими як хлорфеноли та поліхлоровані біфеніли (ПХБ), призводить до часткового або повного дехлорування цих сполук з утворенням побічних продуктів, зокрема NaCl . Крім того, гідрокарбонат натрію допомагає руйнувати агломерати в ґрунті, що полегшує процес десорбції забруднень та сприяє їх випаровуванню.

Після цього на другій стадії обробляються летючі забруднення та пилові частки, що утворюються під час термічного процесу. Для очищення газів, які

містять хлоровані органічні сполуки, використовується суміш реагентів. У процесі очищення газів, що виходять після термічної обробки, на фінішному етапі застосовуються системи уловлювання летких забруднень, зокрема адсорбційні колони з активованим вугіллям. Це дозволяє значно знизити рівень поліхлорованих дибензодіоксинів (ПХДД) і дибензофуранів (ПХДФ) до допустимих рівнів, що робить технологію безпечною для навколишнього середовища.

Результати цього процесу показують високу ефективність очищення — до 99,99%. Очищений ґрунт має вміст ПХБ не більше 2 мг/кг, що є нижчим за допустимі рівні забруднення для таких сполук. Це робить технологію надзвичайно ефективною для деконтамінації ґрунтів, забруднених ПХБ, ПХДД і ПХДФ, хоча вона має обмеження. Зокрема, ця методика не підходить для обробки глинистих ґрунтів, оскільки вони спікаються при зазначених умовах обробки, що може призвести до негативних результатів.

Таким чином, застосування цієї технології є дуже перспективним для очищення ґрунтів від хлорорганічних забруднювачів, але її доцільність обмежена типом ґрунту та наявністю специфічних забруднень.

3.4 Деструктивне очищення

Для ефективного руйнування різних органічних забруднень, зокрема хлорованих вуглеводнів, розчинників, формальдегіду та кисневмісних ароматичних сполук, таких як феноли, широко застосовуються методи деструктивного очищення з використанням сильних окислювачів. До них належать реактив Фентона ($\text{H}_2\text{O}_2/\text{Fe}^{2+}$), перманганат калію, озон, ультрафіолетове випромінювання та іонізуюча радіація. Ці методи можуть бути застосовані для обробки ґрунтів, дренажних та промивних вод, які утворюються під час очищення забруднених ґрунтів. У деяких випадках окислювачі можуть

безпосередньо вноситися в об'єм ґрунтового матеріалу для прискорення процесу очищення [25].

Особливе місце займає фотохімічне очищення, яке здійснюється під дією ультрафіолетового випромінювання. Жорстке ультрафіолетове випромінювання (<250 нм) може викликати фотоліз хлорованих вуглеводнів, що призводить до їх розкладу і подальшого руйнування у вільнорадикальних реакціях. Цей процес активується атомами хлору, які утворюються в результаті фотолізу. Для очищення газів, що утворюються при обробці ґрунтів та вод, забруднених хлорованими вуглеводнями, була розроблена трьохступенева технологія. Вона включає:

Фотолітично ініційоване окислення хлорованих вуглеводнів у фотореакторі з ексимерною лампою 222 нм.

Газопромивання та гідроліз водорозчинних продуктів реакції в абсорбційній колоні з використанням розчину NaOH.

Термічне дехлорування органічних продуктів в безперервному проточному реакторі.

Ця технологія успішно застосовується для очищення повітря, забрудненого леткими органічними сполуками, такими як толуол, трихлоретилен і тетра-хлоретилен, з видаленням до 95% забруднень. Для очищення води важливо, щоб вона була вільна від зважених часток та фарбувальних речовин. Пероксид водню може бути доданий до води для збільшення кількості реакційно здатних часток, які утворюють радикали HO під дією ультрафіолетового випромінювання, що сприяє ефективному очищенню води від забруднень.

Однією з інноваційних технологій є застосування електронного пучка для обробки забруднених середовищ. Пучок високоенергетичних електронів реагує з органічними забрудненнями, руйнуючи їх до низькомолекулярних сполук. Ця технологія була успішно випробувана для обробки віддувних парів під час

ремедіації ґрунтів і води, ефективно видаляючи такі речовини, як ТХЕ, ПХЕ та ВТЕХ-сполуки (рис.3.9).

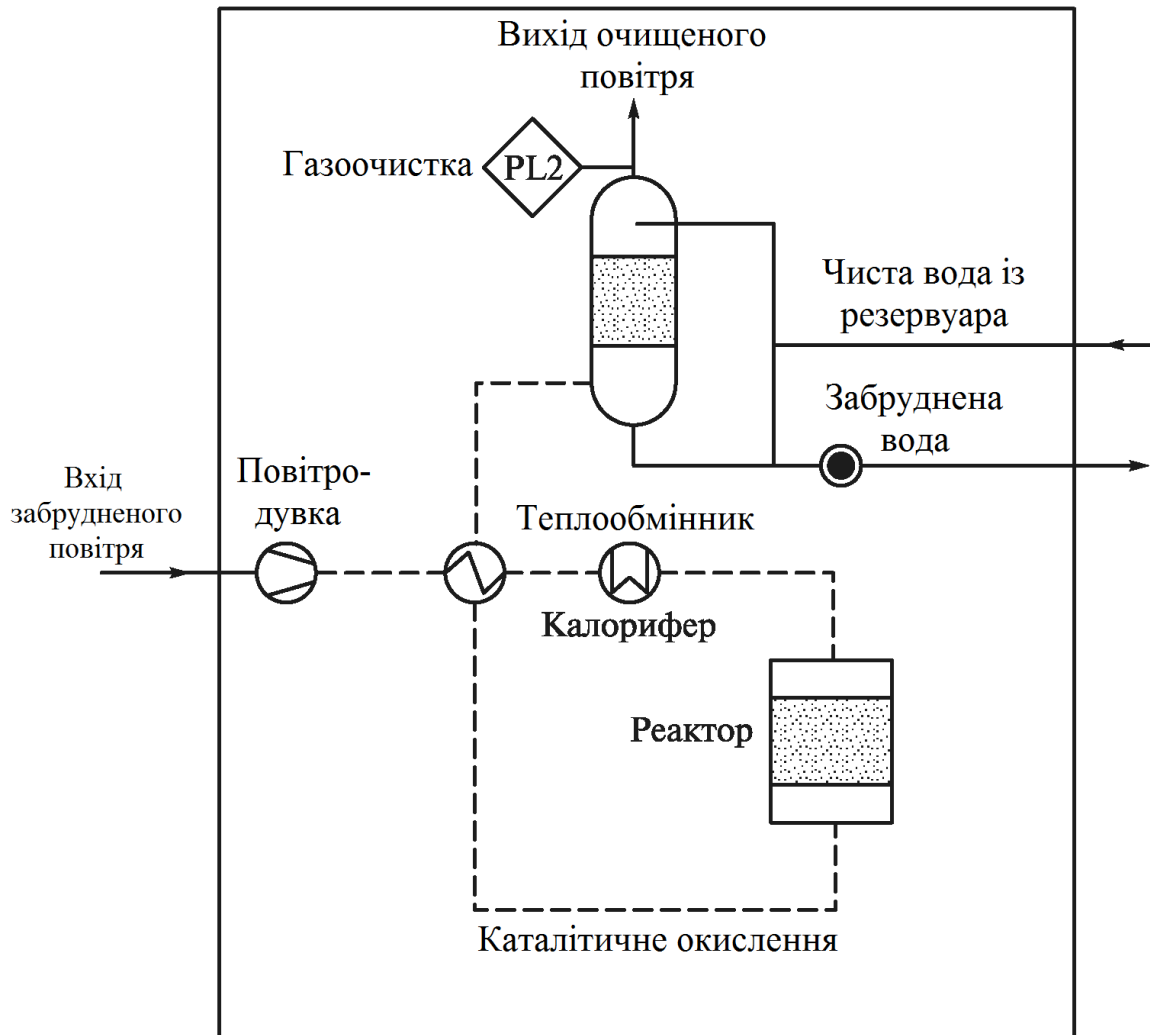


Рисунок 3.9 - Схема очищення з реактором каталітичного окислення

При обробці віддувних парів із концентрацією забруднень близько 100 мг/м³ використовують опромінення високою дозою електронного пучка в межах 5-30 кГр (кілогрей). Це дозволяє утворювати **ОН-радикали**, озон та NO_x, які активно взаємодіють з ароматичними органічними сполуками, сприяючи їх розкладу. Частина продуктів цих реакцій перетворюється на частинки аерозолі. Оскільки ці частки є значними за розмірами, вони можуть

бути ефективно видалені з газового потоку за допомогою електростатичного осадження.

Отриманий осад, що складається з розкладених органічних сполук та інших продуктів реакцій, може бути підданий подальшому біологічному очищенню, за допомогою мікробіологічних методів. Це дозволяє знизити забруднення до безпечних рівнів, а також сприяє утилізації органічних компонентів осаду.

Для обробки забрудненої води зазвичай застосовують попереднє фільтрування для видалення суспендованих частинок. Процес фільтрації знижує рівень твердої фази в воді, що підвищує ефективність подальшого очищення за допомогою хімічних або біологічних методів. Це важливий етап перед застосуванням інтенсивніших методів очистки, таких як фотохімічне або електронне опромінення води (рис.3.10).

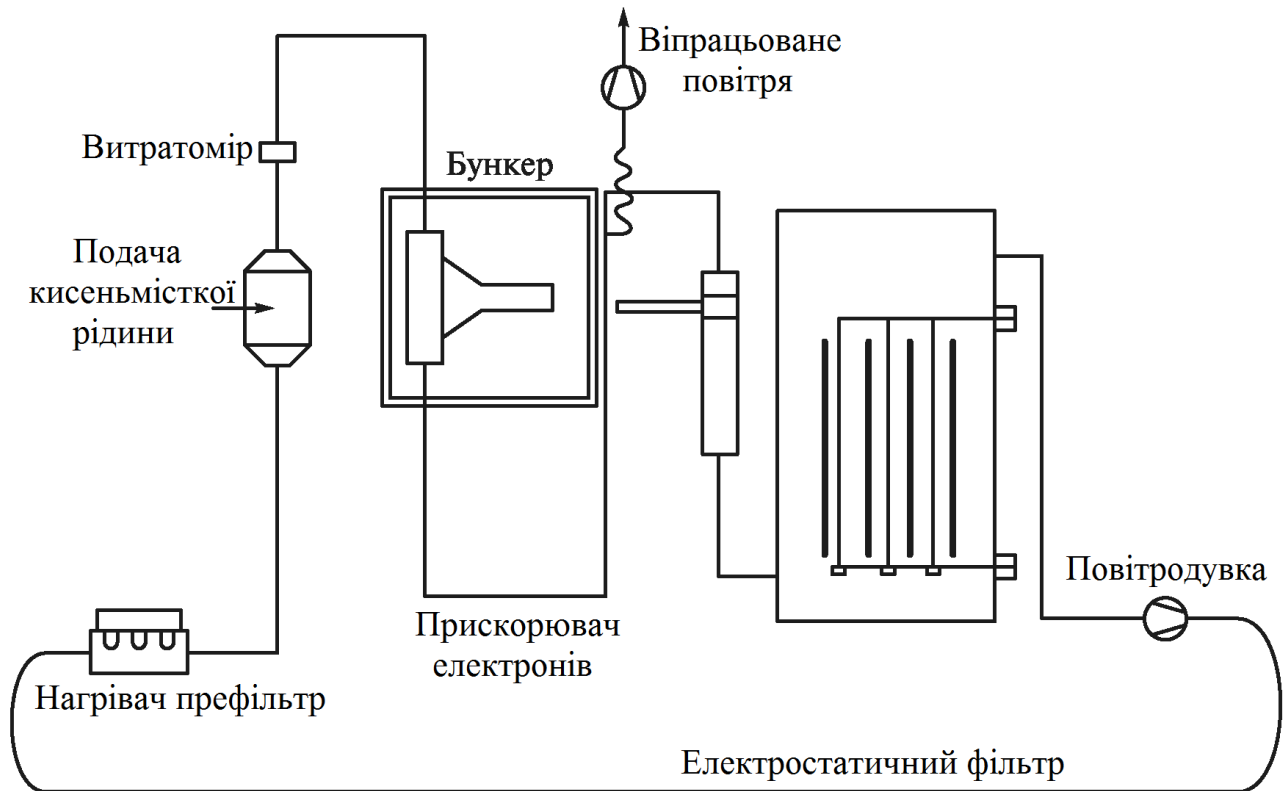


Рисунок 3.10 - Схема установки опромінення води електронним пучком.

У процесі опромінення забрудненої води потоком електронів, вода спочатку пропускається через прискорювач електронів, який генерує електрони з енергією 500 кеВ при струмі 50 мА. Електронний пучок фокусується на потоці води, що призводить до утворення реакційноактивних частинок: водню, пероксиду водню та іону гідроксонію (H_2O^+). Ці частинки активно взаємодіють з органічними забруднювачами, що сприяє їх розкладу і очищенню води.

Одним з ефективних методів для обробки забруднених матеріалів є механодеструкція. В цьому методі забруднений матеріал, який може містити поліхлоровані сполуки, перемелюється за допомогою кульової млини в присутності металів, таких як магній (Mg), алюміній (Al) чи натрій (Na), або джерел водню. Цей процес реалізується як для вологих матеріалів (наприклад, мулів), так і для сухих забруднень. В результаті механічного оброблення утворюються нешкідливі кінцеві продукти, які можуть бути утилізовані. Цей метод відрізняється низьким енергоспоживанням, швидкістю обробки та відсутністю шкідливих викидів у довкілля. Він також може використовуватися для рециркуляції детоксифікованих матеріалів, таких як трансформаторні олії, або для перетворення токсичних сполук у корисні продукти.

Для подальшого очищення використовуються й інші методи, зокрема електроокислення (анодне окислення) або комбіновані методи, що включають електроокислення та ферментативний каталітичний процес в електробіореакторах. Оксидування або відновлення різними металами (наприклад, Fe(III), Mn(III), Mn(IV), Mn(VII)) є ще одними можливими методами очищення. Ці методи можуть поєднуватися з георемедіацією та іншими підходами для ефективної обробки забруднених середовищ.

У процесах деструктивного очищення, що здійснюються *in situ*, хімічні реагенти, такі як пероксид водню, реактив Фентона, озон, перманганат калію та інші окислювачі, безпосередньо вносяться в забруднене середовище. Вибір окислювачів залежить від їх здатності до реагування з конкретними забрудненнями, можливості доставки до забрудненої зони, а також їх впливу на

біологічні процеси. Окислювачі повинні бути ефективними, забезпечувати біологічну очищення та не утворювати шкідливі побічні продукти. Наприклад, перманганат калію, який є більш стабільним і здатним до доставки у великій кількості, використовують для окислення хлорованих етиленів (ТХЕ, ПХЕ) у підповерхневі шари ґрунту (рис.3.11).

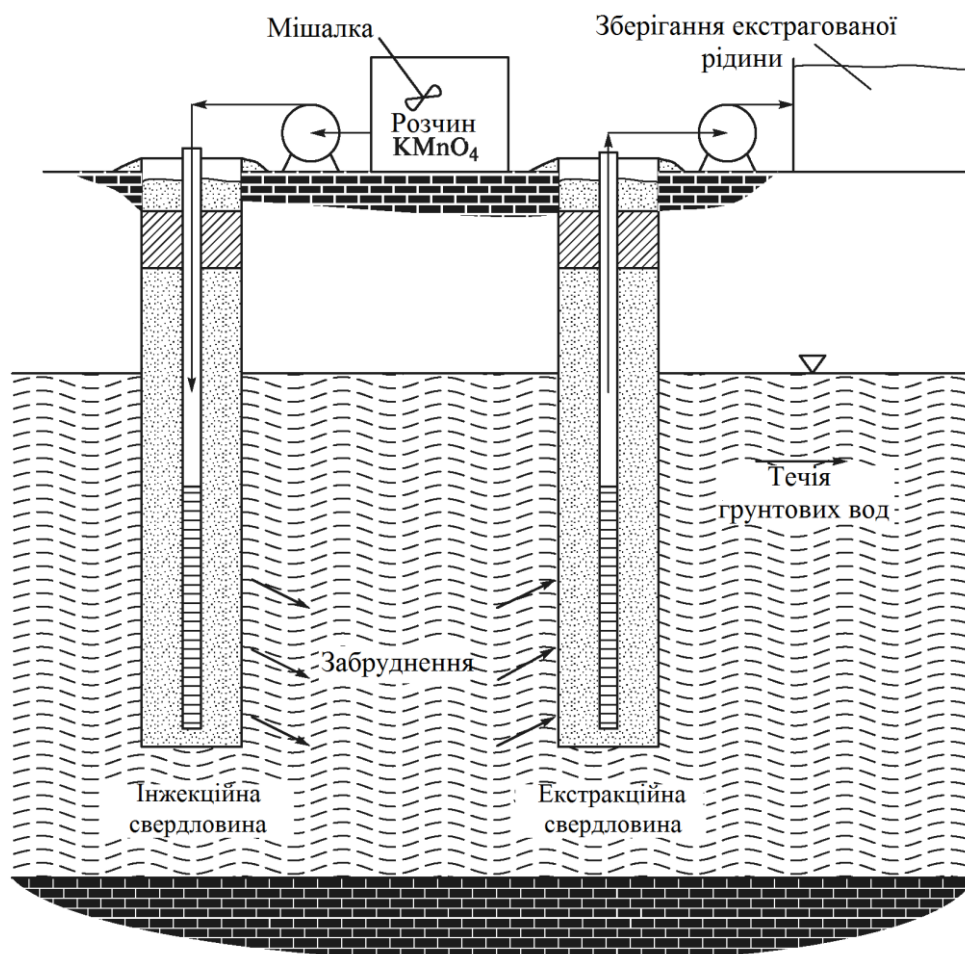


Рисунок 3.11 - Схема технології хімічного окислення.

Збіднений розчин перманганату калію, який використовується для очищення ґрунтів та води, вилучається через екстракційні колодязі. При необхідності він може бути рециркульований або зібраний на зберігання для повторного використання. Це дозволяє знизити витрати на реагенти та забезпечити ефективність процесу.

Озон, що застосовується для очищення забруднених територій, виробляється безпосередньо на місці з повітря або чистого кисню. У газовій фазі його концентрація може коливатися від 3-6% при використанні повітря до 7-12% при використанні чистого кисню. Озон подається в забруднені зони для окислення органічних сполук. Однак ефективність цього методу може знижуватися через наявність лінз або шарів з низькою проникністю в підґрунтових горизонтах, що обмежують контакт реагенту з забрудненням, а також через високий вміст органіки в ґрунті, оскільки органічні сполуки можуть реагувати з окислювачами, підвищуючи витрати реагентів.

Технологія очищення ґрунтів від пестицидів, що застосовується в США, включає кілька етапів: ґрунт вилучається, змішується з вапном і гідроксидом натрію, після чого він розкидається по забрудненій території та поливається водою, збагаченою залізом та добавками, що поглинають сонячну й ультрафіолетову радіацію. Цей метод забезпечує ефективне видалення забруднень без застосування хімічно агресивних окислювачів, використовуючи фотохімічні процеси.

Електрокінетична обробка:

Електрокінетичний метод полягає в застосуванні електричного поля для переміщення води та забруднень у ґрунті. Під впливом постійного струму між електродами у ґрунті відбуваються процеси електроосмосу (переміщення води до катоду), електроміграції (переміщення іонів та полярних молекул) та електрофорезу (переміщення заряджених частинок). Мобілізовані забруднення транспортуються до електродів, де вони потім видаляються за допомогою колекторної системи збору. Цей метод дозволяє видаляти важкі метали, радіонукліди, деякі органічні сполуки, такі як хлоровані леткі сполуки, розчинники та феноли. Він ефективний для обробки піску, мулу, дрібнозернистих глин та осадів.

Для покращення доступності забруднень у важких ґрунтах також використовуються пневматичні методи дроблення, які дозволяють знижувати

в'язкість або міграцію забруднень у таких середовищах, як засохлі ґрунти або скелясті матеріали.

Методи *in situ*:

Методи *in situ* включають очищення забруднених середовищ без їх вилучення, що дозволяє зменшити витрати на транспортування та обробку матеріалів. Вони використовуються для великих обсягів ґрунтів (2000-3000 м³ і більше), коли вилучення ґрунту є технічно неможливим. Однак у випадках очищення від хлорорганічних розчинників цей метод може бути обмежений, оскільки потрібно витратити значні ресурси на очищення води та повітря, що видаляються з забруднених зон.

Реакційно-активні біобар'єри:

Реакційно-активні біобар'єри застосовуються для локалізації та знешкодження забруднень на шляху їх міграції. Вони складаються з водо- і повітропроникних матеріалів, таких як активне вугілля чи мінеральні матеріали, на яких розвивається біоплівка мікроорганізмів-деструкторів. Ці бар'єри можуть бути використані для зменшення мобільності забруднень та запобігання їх поширенню. Штучні біогеохімічні бар'єри та біоекрани також можуть служити для захисту від забруднень, утримуючи їх у межах обробленої території (рис.3.12).

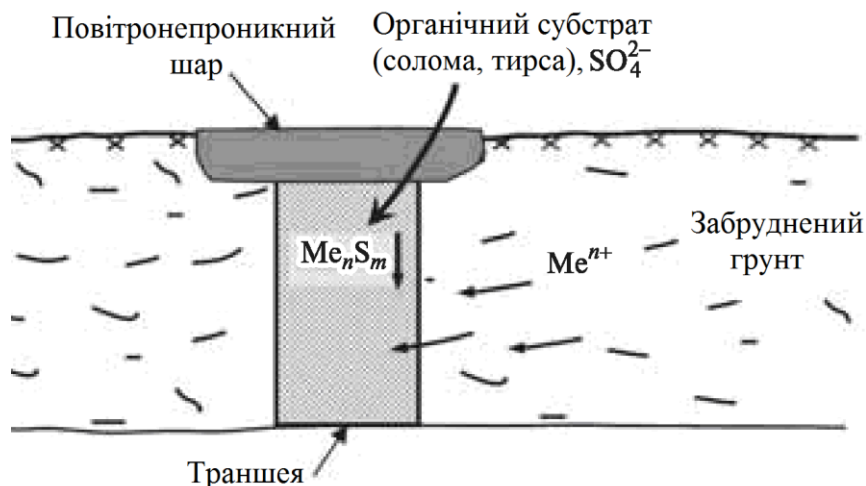


Рисунок 3.12 - Штучний біогеохімічний бар'єр

Анаеробний бар'єр для запобігання міграції важких металів влаштовується шляхом завантаження траншеї, що проходить по периметру забрудненої ділянки, матеріалами, які містять сульфати (наприклад, гіпс) та органічний субстрат (тирса, солома). Траншея ізолюється від надходження повітря для створення анаеробних умов. У таких умовах розвивається процес анаеробної сульфатредукції, де сірководень, що виділяється, реагує з іонами важких металів, утворюючи нерозчинні сульфіди. Це знижує міграцію забруднювачів, оскільки сульфіди важких металів мають низьку розчинність у воді. Такий метод використовується на смітниках, мулових майданчиках та в районах з високим вмістом токсичних металів.

Аеробні біогеохімічні бар'єри застосовуються для запобігання міграції ґрунтових вод з підвищеним вмістом таких елементів, як Sr^{2+} , Ba^{2+} , Fe^{2+} , Mn^{2+} . Внаслідок окислення органічних субстратів мікроорганізмами утворюється вуглекислота, яка сприяє осадженню карбонатів. Для видалення фосфору використовуються бар'єри, що містять залізну тирсу, що забезпечує утворення нерозчинних сполук фосфатів при взаємодії з Fe^{3+} .

Біоекран може бути організований шляхом аерування ділянок ґрунту перпендикулярно до руху ґрунтових вод. Це дозволяє забрудненням проходити через біологічні процеси окислення або десорбції. Для створення біоекрану можуть використовуватися вертикальні траншеї або серії вертикальних колодязів з системою аерування і пористими матеріалами. Це створює умови для біореактора *in situ*, де регулюються параметри, необхідні для росту мікроорганізмів, що забезпечують оптимізацію процесів біообробки та запобігання забиванню пористого матеріалу.

3.5 Обробка в штабелях, буртах, насипах, компостуванням.

Обробка забрудненого матеріалу в штабелях, буртах та насипах може здійснюватися методами *on site* (на місці) та *ex situ* (з вивезенням матеріалу). У

першому випадку забруднений матеріал складається безпосередньо на місці забруднення, де для його очищення створюються умови, що сприяють біологічним процесам, таким як біовилучення, біодеструкція або перехід забруднень у нерухому форму.

Для обробки матеріалу на спеціальних майданчиках (landfarming) його складають у вигляді штабелів (biopiles), буртів або насипів (biomounds). В такому вигляді матеріал обробляється під контролем, що дозволяє значно покращити ефективність очищення. Складування матеріалу в бурти має переваги, оскільки забезпечує кращі умови для біологічних процесів. Забруднений ґрунт вивозиться на майданчик, насипається у бурт, обваловується з усіх боків і покривається пластиковим покриттям для запобігання втратам вологи та зменшення випарів забруднювачів.

У середині бурта встановлюються перфоровані труби, через які нагнітається або відкачується повітря. Це забезпечує доступ кисню, необхідного для біологічних процесів. За потреби в ґрунт додаються кисеньгенеруючі сполуки (пероксиди та ін.), що сприяють активізації мікробіологічних процесів. Для підтримки оптимальних умов очищення регулярно зволожують ґрунт, додають живильні елементи, а за потреби – спеціальні біопрепарати, мікробні культури або хімічні реагенти (наприклад, залізну пудру для обробки ґрунтів, забруднених хлорованими розчинниками). У разі забруднення буртів леткими речовинами, повітря, що відходить, а також вилужені розчини збираються та обробляються окремо.

Цей метод також ефективний для очищення нафтозабруднених ґрунтів, а також будівельних матеріалів, забруднених нафтопродуктами, де використовуються добавки для стимулювання біодеградації органічних забруднень. Порівняно з методом польового складування, бурти мають суттєві переваги: менші площі для обробки, зменшена емісія летких забруднень, що можна ефективно контролювати, а також більш контрольовані умови для біоремедіації (рис.1.13).

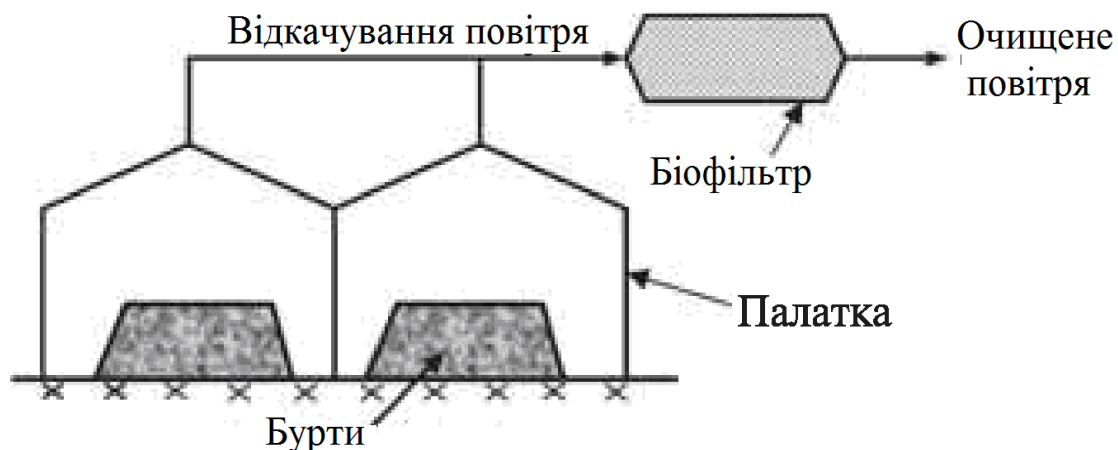


Рисунок 3.13 - Обробка забрудненого матеріалу в буртах

Біонасипи є варіантом буртів з додаванням матеріалів-структураторів, що покращують їх властивості. Для цього глинисті ґрунти попередньо розмелюються до грудок розміром менше 2 см, а каміння, гравій та сміття видаляються. Змішування піску з глиною покращує проникність ґрунту, проте висока питома густина піску обмежує висоту біонасипу. Кількість піску, що додається, визначається його якістю. Внесення органічних структурників, таких як тирса або солома, є ефективнішим за пісок, особливо при обробці нафтозабруднених ґрунтів, оскільки дозволяє швидше і повніше видаляти залишкові забруднення та відповідати нормативним вимогам щодо якості очищення.

Співвідношення компонентів ґрунту в біонасипах формується так, щоб забезпечити оптимальні умови без необхідності рихлення ґрунту протягом обробки. Для аерації використовуються прості системи, що включають ґрати та горизонтальні трубки (з перфорованих матеріалів або ПВХ), через які подається або відводиться повітря. Біонасипи також генерують тепло в результаті біологічної активності, тому їх накривають пластиковою плівкою для утримання тепла та вологи.

При компостуванні забруднений матеріал змішують з органічним матеріалом (наприклад, рослинною масою, соломною, гноєм) і обробляють у

буртах або біореакторах. Важливо, щоб співвідношення поживних елементів для мікроорганізмів було близьким до $C : N : P = 100 : 10 : 1$. При компостуванні матеріал періодично розпушують, а на стадії активного компостування спостерігається сильне розігрівання матеріалу. Цей метод є ефективним для обробки ґрунтів, забруднених нафтою, пестицидами та іншими органічними поллютантами. Завдяки біологічній активності забруднення розкладається або вступає в хімічні реакції з органічним матеріалом.

Однак компостування потребує контролю за патогенами, оскільки можливий розвиток таких плісняв, як *Aspergillus fumigatus*, що може викликати легеневі захворювання. Тому місце для компостування має бути вибрано з урахуванням санітарних вимог.

При вермикомпостуванні для обробки забрудненого матеріалу використовуються дощові черв'яки, які працюють разом з органічним субстратом.

Біореактори використовуються для ремедіації забруднених ґрунтів, що дозволяє забезпечити оптимальні умови для розвитку мікроорганізмів та досягти високих швидкостей деструкції забруднень. Біореактори можуть бути обладнані системами для видалення відпрацьованого повітря, подачі кисню та поживних речовин, а також контролю температури та рН. Вони можуть бути з фіксованим шаром або з перемішуванням (суспензійні біореактори), що дозволяє краще контролювати процеси аерації і забезпечити рівномірне розподілення кисню.

Суспензійні біореактори мають переваги над твердофазними, зокрема в легшому управлінні та кращому контролі процесу. Вони дозволяють забезпечити високий рівень аерації і не схильні до замулювання. Проте їх конструкція складніша, що збільшує енергоспоживання і витрати на очищення відпрацьованого повітря.

Для зменшення витрат біореактори можна використовувати на етапі обробки контамінованих матеріалів після попереднього фракціонування

забруднених матеріалів за ступенем забруднення механічними або гідромеханічними методами. Найбільш забруднені фракції обробляються безпосередньо в біореакторах (рис.3.14).

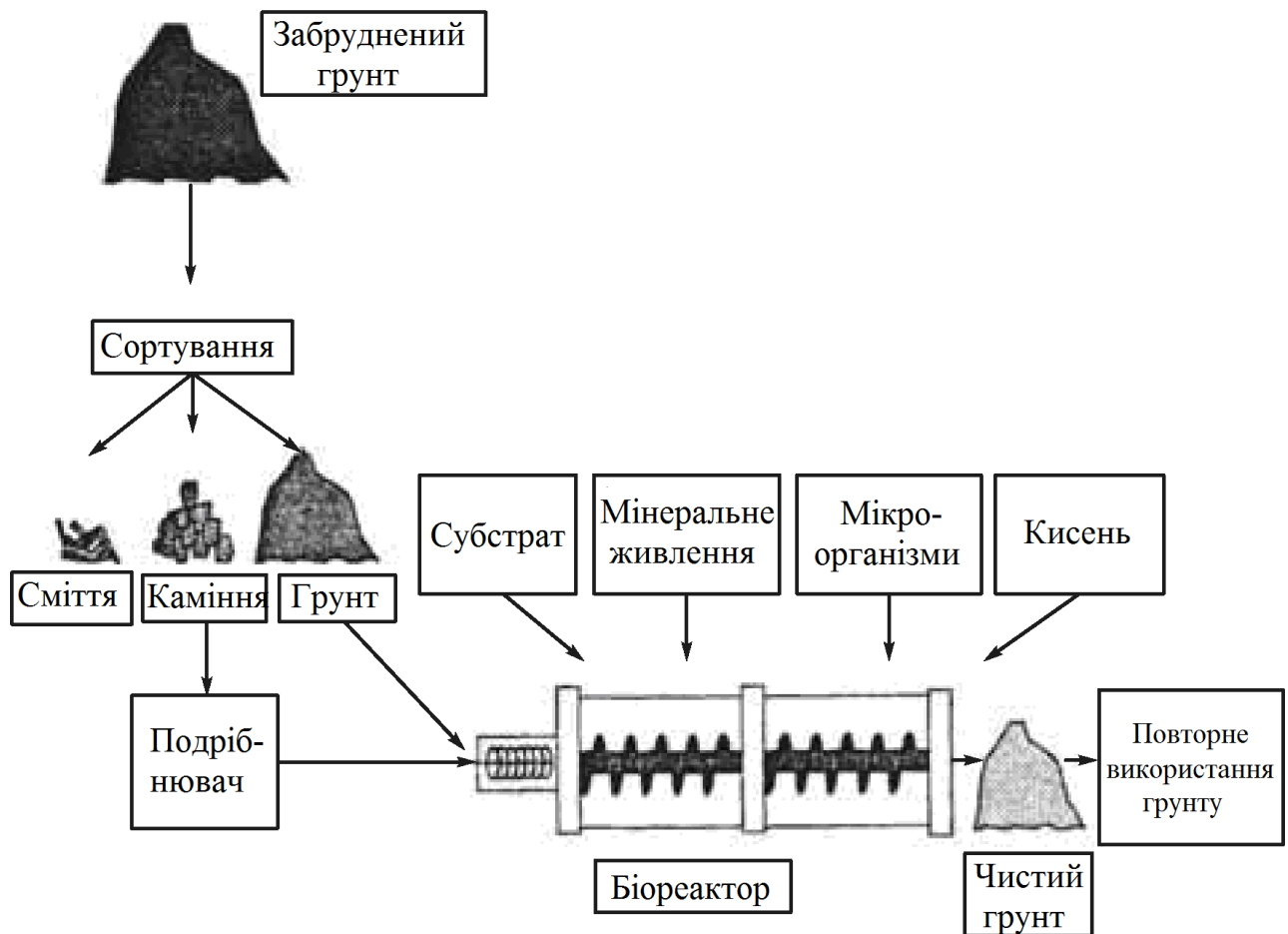


Рисунок 3.14. Обробка ґрунту з використанням шламового біореактора

У запропонованій схемі обробки бурового шламу, забрудненого мінеральною олією, процес починається з подачі вихідного матеріалу в гідроциклон для промивання. Гідроциклон розділяє матеріал на дві фракції: одну меншу або незабруднену, та найбільш забруднену тонку фракцію. Ця забруднена фракція потім прямує в аерліфтний біореактор для мікробіологічної обробки, де здійснюється біоремедіація за допомогою мікроорганізмів, що розкладають вуглеводні. Після цього проходить стадія зневоднення, що здійснюється на фільтр-пресах, де з бурового шламу видаляється волога. Весь

процес є безперервним, і при вмісті вуглеводнів нафти 20 г/кг очищення на 80-90% відбувається протягом 2-3 діб.

В іншому процесі, який передбачає обробку ґрунту, забрудненого вуглеводнями, спочатку проводиться механічне фракціонування ґрунту. Потім тонка фракція обробляється в біореакторі з рідким (зваженим) шаром, де концентрація ґрунту становить 30% від обсягу. Частки ґрунту повинні бути менше 500 мкм, а концентрація вуглеводнів у ґрунті варіює від 2 до 12 г/кг. У таких умовах вуглеводні мінералізуються за 14 годин при аерації ґрунту і додаванні азоту, що сприяє активізації мікробіологічних процесів рис (3.15 – 3.16).

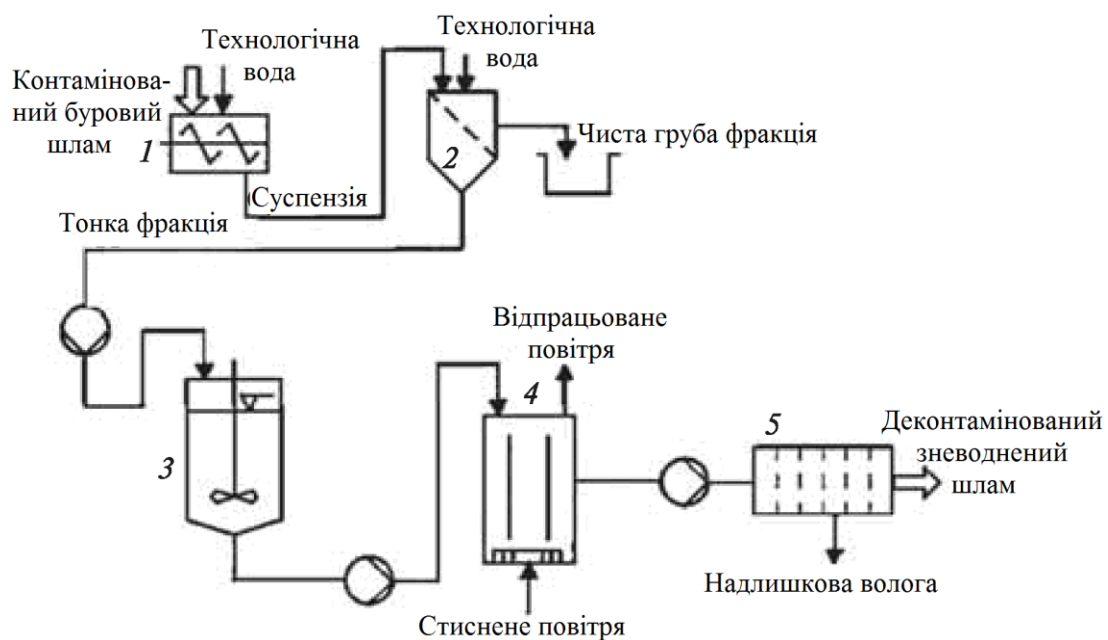


Рисунок 3.15 - Обробка бурового шламу у схемі з біореактором: 1 – міксер; 2 – машина для просівання; 3 – ємність-живильник; 4 - аерліфтний біореактор; 5 – зневоднення

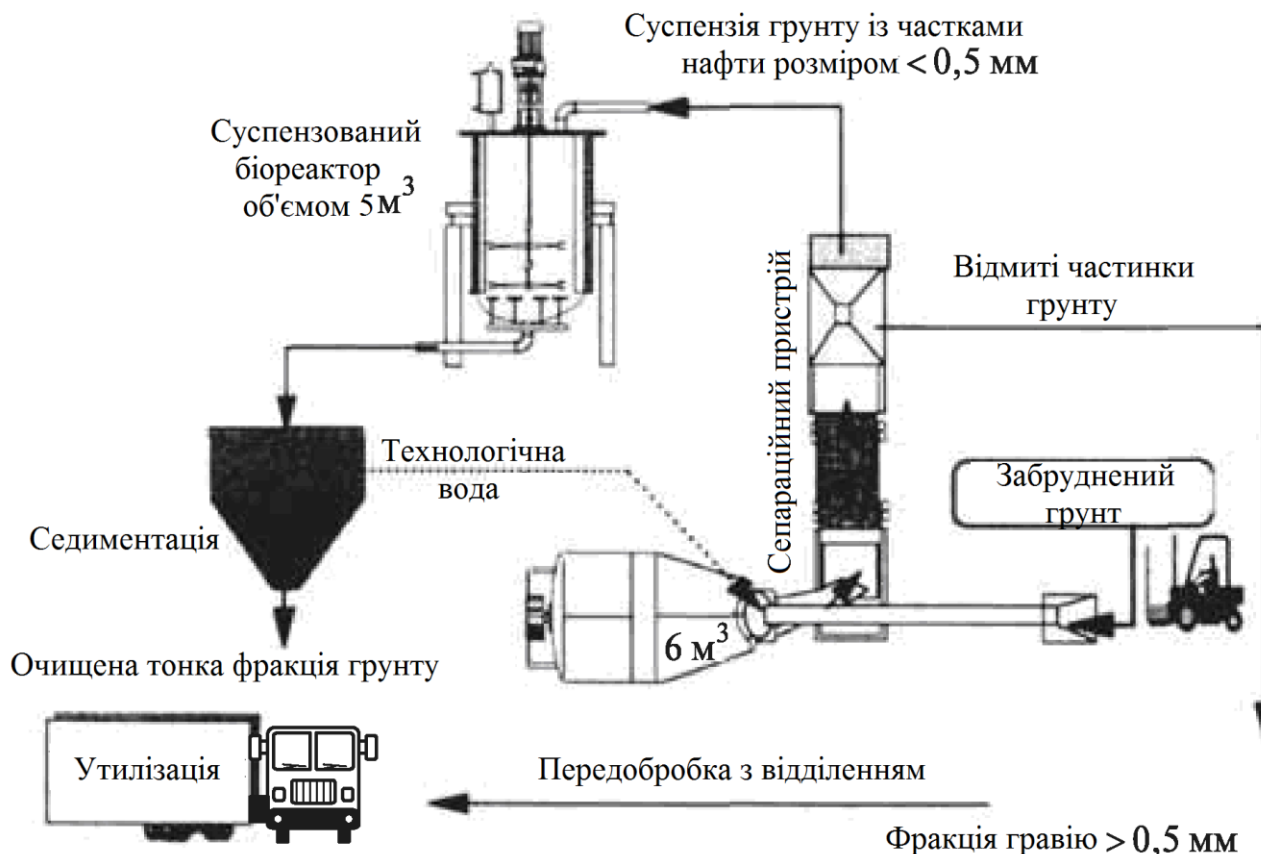


Рисунок 3.16 - Схема послідовного процесу обробки ґрунту, забрудненого вуглеводнями з використанням суспензійного біореактора.

Біологічне очищення можна ефективно комбінувати з фізико-хімічними методами, такими як промивання, віддування, екстракція для видалення летких чи розчинних сполук, електрохімічна обробка, радіочастотне нагрівання та застосування хімічних реагентів. У процесі біовилучування одночасно відбуваються біологічне окислення та хімічне окислення з участю Fe^{3+} . Можливе також хімічне відновлення хлорованих сполук за допомогою водню або елементарного заліза. Введення додаткової енергії в забруднене середовище перед біологічним очищенням значно прискорює біодеструкцію органічних сполук.

Одним з перспективних методів є комбіноване застосування біологічного очищення з використанням сильних окислювачів, таких як пероксид водню, реактив Фентона, озон, м'яке ультрафіолетове випромінювання та іонізуюча

радіація. Ці абіотичні фактори активують сполуки, які важко піддаються біологічній деградації, покращуючи їх біодоступність. Окислювальні продукти можуть бути використані мікроорганізмами як джерела енергії, завершуючи детоксикацію ксенобіотиків.

Поєднання хімічних, фотохімічних та біологічних процесів з участю O_2 , H_2O_2 , вільних радикалів та іонів металів може стати основою для створення гібридних методів очищення. Ці методи відтворюють природні процеси самоочищення, що відбуваються в освітлених природних середовищах, зокрема у водах і ґрунтах, де протікають хімічні та біологічні реакції.

Найбільш ефективними в таких гібридних процесах є пероксид водню та мікроорганізми, що адаптовані до його окислювальної дії. У природних умовах H_2O_2 в концентраціях 10^{-6} – 10^{-4} моль/л відіграє важливу роль у трансформації органічних сполук, окислюючи їх самостійно або в присутності каталітичних елементів, таких як сіль заліза або марганцю. Окислювальні властивості H_2O_2 також активно використовуються в ферментативних реакціях та метаболізмі організмів.

Оскільки великі концентрації окислювачів, як H_2O_2 , можуть гальмувати життєдіяльність організмів, в гібридних процесах важливо використовувати оптимальні дози активних форм кисню (АФК) і мікроорганізми, адаптовані до таких умов. За наявності невеликих концентрацій пероксиду водню та активного мулу спостерігається поліпшення ефективності очищення забруднених вод.

Біопрепарати для очищення навколишнього середовища, такі як мікроорганізми або ферментні системи, застосовуються для ліквідації забруднень, рекультивації ґрунтів, переробки відходів та очищення водойм. Вони здатні значно підвищити ефективність очищення, знижуючи витрати та забезпечуючи стабільність роботи очисних споруд. У випадку використання біопрепаратів, частка витрат на їх застосування зазвичай становить 7–10% від загальних витрат на очищення.

Біопрепарати виробляються на основі штамів мікроорганізмів, що мають дозволи на використання в санітарно-епідеміологічних цілях. Вони не містять патогенних мікроорганізмів і часто є природного походження, що не включає генетично модифікованих організмів. Ці препарати ефективно справляються з різними забрудненнями завдяки своїм фізіолого-біохімічним властивостям, таким як термотолерантність, осмофільність і здатність до метаболізму органічних токсикантів.

Зазначені біопрепарати повинні відповідати низці вимог, таких як використання непатогенних штамів, забезпечення їх конкурентоспроможності, здатність до зростання в промислових умовах та ефективність у зниженні забруднень без шкоди для навколишнього середовища (рис.3.17).



Рисунок 3.17 - Основні технологічні етапи отримання і використання біопрепаратів для очищення забруднених середовищ.

Процес включає такі етапи: прийом, зберігання та підготовка сировини і органічного субстрату, а також визначення розчинності мінеральних солей. Забезпечується ферментаційний процес необхідними джерелами кисню, техногічною водою, парою, миючими і дезінфікуючими засобами, а також піногасниками.

Наступним кроком є вирощування посівного матеріалу та накопичення біомаси в робочому апараті – ферментері. Концентрування суспензії мікроорганізмів здійснюється шляхом сепарації, мікрофільтрування або адсорбції на інертних матеріалах-наповнювачах. Якщо передбачено, проводиться сушіння, а також гранулювання і компаундування препарату з різними наповнювачами та додаванням добавок.

Після цього здійснюється розфасовка, пакування, складування і відправка готового продукту. Для очищення стічних вод і газоповітряних викидів з стадії ферментації, сепарації та сушіння застосовуються відповідні методи очищення. У разі випуску рідких форм препаратів стадія сушіння відсутня.

4 ПРИРОДООХОРОННІ ЗАХОДИ ВІДНОВЛЕННЯ ЗАБРУДНЕНИХ ГРУНТІВ ВІД ЗАЛИШКІВ НЕПРИДАТНИХ ПЕСТИЦИДНИХ ПРЕПАРАТІВ

4.1 Природохоронні заходи на складах ХЗЗР

Організація робіт, пов'язаних з відновленням або демонтажем складських споруд та обладнання. Проведення підготовчих етапів до проведення робіт над будівлями та обладнанням, оцінка масштабів і масштабів робіт, оцінка екологічної та економічної доцільності відновлення або знесення складів, забезпечення під'їзних шляхів і т.д. це необхідно. У той же час, якщо відновлення складу (складського приміщення) недоцільно, рекомендується очищати Складське приміщення в кілька етапів, протягом яких елементи конструкції будівлі і ґрунт під ним повинні бути піддані примусовому очищенню і видаленню залишків пестицидів:

- Демонтаж і вивезення будівельного сміття на місце дроблення-ділянка зліва;
- Асфальт, бетон, плити і ґрунт повністю видаляються, якщо в ґрунті виявлено більше одного перевищення максимально допустимої концентрації;
- Вирівнювання зони;
- Очищення ґрунтового покриття від залишків пестицидів одним з перерахованих вище способів. Це робиться в спеціальному контейнері, наповненому миючим засобом або протиотрутою, наприклад, розчином вапна.

У той же час для підвищення надійності ізоляції поверхонь і матеріалів, забруднених пестицидами, їх необхідно додатково обробити, наприклад, сумішшю рідкого скла і гашеного вапна, а використовуваний розчин миючого засобу також очищається за допомогою спеціального пристрою, що дає можливість нейтралізувати їх.

Термічне очищення може бути основним методом очищення подрібнених конструкцій, просочених пестицидами. Крім того, шар перегною переноситься на місце ґрунту, витягнутої зі зруйнованої Жовтневої зони, і вирівнюється. Таким чином, екологічний, економічний та соціальний ефект таких реставраційних робіт може полягати у відновленні природного середовища, поліпшенні навколишнього середовища, створенні хороших умов життя для населення, зниженні ризику захворювань та хвороб та підвищенні екологічної безпеки в регіоні (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Логістична схема поводження з безхозними складами непридатних пестицидів та забрудненими територіями і ґрунтами

4.2 Природоохоронні відновлювальні роботи на складах пестицидів

Розглянемо реставраційні роботи на складах з певними залишками пестицидів. Всі роботи можна розділити на 3 етапи: підготовка, збір і видалення пестицидів, транспортування і переробка на місці переробки, демонтаж нефункціональних складів, звалище. На малюнку 4.2 показаний алгоритм дії з використанням складів



Рисунок 4.2 – Схема відновлення забруднених пестицидами земель та рекультивації територій

4.3 Природоохоронні заходи очищення земельних ділянок зайнятих складами пестицидних препаратів

Очищення і санітарна обробка земель, зайнятих складом пестицидів і мінеральних добрив, здійснюється відповідно до цього алгоритму. Існує кілька видів меліорації та меліорації земель, включаючи тимчасову меліорацію, постійну меліорацію та меліорацію ландшафтів. Тимчасовий режим включає відновлення сайтів, які ви не плануєте використовувати. Як правило, вона обмежується озелененням. Постійна рекультивація передбачає повне відновлення місцевого смітцевого ділянки до його колишнього стану. У той же час він дозволяє збільшити вміст гумусу, зменшити кількість шкідливих речовин, поліпшити озеленення, структуру ґрунту і т. д. Використовується ряд заходів, спрямованих на: рекультивація ландшафту спрямована на відновлення території до колишнього стану. Реставрація відрізняється від постійної реставрації своїми масштабами та кількістю. Розведення повинно проводитися в кілька етапів:

1. Спочатку проводиться підготовчий етап, складається проект (план) робіт з відбором проб ґрунту і дослідженням вмісту забруднень. Підготовка включає вивчення порушених ґрунтів, їх типологію, вивчення характеристик дека, розробку технічних і біологічних етапів. З часом цей період може бути дуже коротким або може бути відкладений на кілька місяців у разі отримання дозволу або ведення бюрократичного листування з різними установами.

2. Наступним етапом є залучення машини і зняття верхнього пошкодженого шару поверхні, конструкцій, асфальту і т.д. це технічне сховище з видаленням. Технічне звалище передбачає видалення і видалення ґрунту, що значно перевищує гранично допустиму концентрацію шкідливих речовин, проведення хімічної і фізичної обробки ґрунту (внесення хімікатів), засипку поверхні родючим ґрунтом, вирівнювання поверхні і т.д. за часом цей етап дуже короткий і може тривати від декількох днів до тижнів.

3. Завершальним етапом є біологічна селекція за участю рослин, спеціально відібраних для селекції певних видів забруднень. Видобуток корисних копалин, розливи нафти і т.д. механізм подальшого біологічного зберігання. Він вивчений досить детально. Проте, повторне використання і відбір біологічних агентів при забрудненні ґрунту пестицидами були в значній мірі вивчені. Біоремедіація проводиться на заключному етапі відновлення землі, але може бути найбільш трудомісткою. Біологічне розмноження проводиться протягом декількох років. Добре відомим прикладом є звалище, яке проіснувало понад 10 років. Основним методом біологічної регенерації є відновлення родючості ґрунту за допомогою рослин і мікроорганізмів. Існує багато видів біологічного відновлення, включаючи сільське господарство, лісове господарство, управління водними ресурсами, відпочинок та санітарію.

5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1 Техніко-економічне обґрунтування процесів знешкодження СОЗ

Сумарний економічний ефект (або збиток) від переробки та знешкодження СОЗ можна подати у такій формі:

$$E_{\Sigma} = \Delta Y_{np} - \Delta KЗ + \Pi_{pe} + \Pi_e + Y_{зк} + \Pi, \quad (5.1)$$

де ΔY_{np} – укрупнена величина річного економічного збитку, якому можна запобігти в результаті припинення викиду шкідливих речовин у навколишнє середовище по кожному джерелу забруднення, визначається за формулою

$$Y_{np} = j \cdot \sigma \cdot f + \Delta M, \quad (5.2)$$

де j – константа, числове значення якої для водного середовища дорівнює 80 дол. США./ум.т; σ – безрозмірний показник відносної небезпеки забруднення для водного середовища (наприклад, Сабарівське водоймище) – 2,33; f – коефіцієнт, який враховує характер розсіювання забруднювальних речовин, для водного середовища $f = 1,0$; ΔM – зниження питомої маси викидів у навколишнє середовище, ум.т.

$$Y_{np} = 80 \cdot 2,33 \cdot 1,0 \cdot (6129,14 - 4642,71) = 2592,89 \text{ дол. США./ум. т.}$$

Величина зниження питомої маси скиду забруднювальної речовини у навколишнє середовище визначається за формулою:

$$\Delta M = M_1 - M_2, \quad (5.3)$$

де M_1 і M_2 – питомі маси викиду СОЗ джерелом забруднення до і після запровадження в дію, наприклад, блочно-модульної установки, дол. США./ум.т.

Величина питомих кількостей скиду забруднювальних речовин визначається за формулами:

$$M_1 = \sum A_i \cdot m_1, \quad (5.4)$$

$$M_2 = \sum A_i \cdot m_2, \quad (5.5)$$

де A – показник відносної агресивності і-ої забруднювальної речовини, дол. США./ум. т.

Загальна величина річного економічного збитку, що запобігається при рекуперації, наприклад, хлоровмісних СОЗ за допомогою розробленої технології, дорівнює 2592,89 дол. США./ум. т.

KB – капітальні витрати на монтаж, складання і придбання апаратів, ємностей і засобів експлуатації технологічної схеми

$$KB = KB_a + KB_{\text{ємностей}} + KB_{\text{насосів}} + KB_{\text{конденсаторів}} + KB_{\text{фільтрів}} + (M + E), \quad (5.6)$$

де M – витрати на монтаж технологічної лінії; E – витрати на експлуатацію технологічної лінії.

$$KB_a = KB_1 + KB_2 + KB_4 + KB_{10} + KB_{11} + KB_{14}, \quad (5.7)$$

де KB_a – капітальні витрати на основне обладнання, KB_1 , KB_2 , KB_4 , KB_{10} , KB_{11} , KB_{14} – капітальні витрати на основний реактор, додатковий реактор, апарат розчинення луку, апарат збирання, випарні апарати відповідно.

$$KB_a = (1857 \cdot 2) + 1332 + 1294 + 980 + 194 + 1223 = 8339 \text{ дол. США.}$$

KB_e – капітальні витрати допоміжного обладнання.

$$KB_e = KB_3 + KB_6 + KB_7 + KB_9, \quad (5.8)$$

де KB_3 , KB_6 , KB_7 , KB_9 – капітальні витрати на ємність для ПП, мірник питної води, мірник для луку, розділова ємність.

$$KB_e = 55 + 52 + 212 + 53 = 369 \text{ дол. США.}$$

KB_n – капітальні витрати на відцентрові насоси;

$$KB_n = KB_0 \cdot 3; \quad KB_n = 153 \cdot 3 = 460 \text{ дол. США.}$$

$$KB = KB_8 + KB_{12} + KB_6; \quad (5.9)$$

$$KB = 78 \cdot 3 = 234 \text{ дол. США.}$$

де KB_k – капітальні витрати на конденсатори; $KB_{\phi 16}$ – капітальні витрати на нунч-фільтр, $KB_{\phi 16} = 195$ дол. США.

Крім того, економічний збиток від підвищення захворюваності населення в результаті забруднення навколишнього середовища СОЗ залежить від числа, тривалості і важкості захворювання, швидкості відновлення працездатності та ін. За даними медико-біологічної оцінки санітарно-гігієнічних умов проживання, наприклад, у Вінницькій області, розраховано умовний економічний збиток, нанесений даними джерелами забруднення.

Відтак, локальні сумарні річні витрати на лікування по конкретному виду захворювання можуть бути представлені у вигляді

$$B_{\text{зн}} = B_1 + B_2 + B_3, \quad (5.10)$$

де B_1, B_2, B_3 – відповідно сумарні річні витрати на лікування населення до робочого, робочого і після робочого періодів діяльності.

Стосовно параметрів переробки СОЗ Вінницької області можлива шкода може бути знижена при застосуванні раціональних параметрів переробки на 40,2%.

Для вибору методу переробки необхідно в першу чергу СОЗ та поділити їх на класи за вмістом. Для цього можна використати дані етикеток тари СОЗ, або за її відсутності визначити хімічний склад за допомогою фізико-хімічних методів. Для кожного з класів СОЗ є розроблені відповідні наукові методи ідентифікації. Також для них існують методи переробки, які постійно вдосконалюються. Найбільш універсальним методом утилізації є високотемпературне спалювання.

Очищення та санація земель зайятих складами СОЗ та мінеральних добрив здійснюється за таким алгоритмом. Є декілька видів відновлення земель та рекультивації: тимчасова, постійна рекультивація та рекультивація ландшафтів. Тимчасова передбачає відновлення ділянок, використання яких не заплановане. Як правило, вона обмежується озелененням. Постійна рекультивація передбачає повне відновлення локальних, незначних ділянок землі до попереднього стану. При цьому використовують комплекс заходів спрямованих на збільшення вмісту гумусу, зменшення токсичних речовин,

озеленення, покращення структури ґрунту і т.д. Рекультивація ландшафтів направлена на відновлення великих територій до попереднього стану. Відрізняється від постійної рекультивації своїми масштабами та обсягами. Рекультивацію варто проводити в декілька етапів:

1. Спочатку реалізовується підготовчий етап, на якому складається проект (план) робіт з взяттям проб ґрунтів та їх дослідженням на вміст забруднень. Підготовка містить в собі дослідження порушених земель, їх типізацію, вивчення властивостей, проектування технічного та біологічного етапу. В часі цей етап може бути як дуже коротким так і затягуватися на місяці в випадках отримання дозволів і бюрократичної переписки з різними інституціями.

2. Наступним є етап технічної рекультивації з залученням техніки та вивезенням верхніх пошкоджених шарів поверхні, конструкцій, зняттям асфальту і т.д. Технічна рекультивація передбачає зняття та вивезення ґрунту з суттєвим перевищенням СОЗ, проведення робіт хімічної та фізичної очистки ґрунту (внесення хімічних реагентів), засипання поверхні родючим ґрунтом, вирівнювання поверхонь і т.д. В часі цей етап досить короткий і може тривати від кількох днів до декількох тижнів.

3. Останнім є етап біологічної рекультивації з залученням спеціально підібраних рослин для рекультивації конкретного типу забруднення. Наразі, досить детально вивчені механізми біологічної рекультивації земель після гірничих розробок, нафтових виливах та ін. Проте рекультивація та підбір біологічних агентів при забрудненні ґрунтів СОЗ досліджено досить мало. Біологічна рекультивація виконується на завершальних стадіях відновлення земель, проте може займати найбільше часу. Біологічна рекультивація відбувається протягом декількох років. Відомі приклади рекультивація яка триває понад 10 років. Основними методами біологічної рекультивації є відновлення родючості ґрунту за допомогою рослин та мікроорганізмів. Існує багато видів біологічної рекультивації: сільськогосподарська, лісгосподарська, водогосподарська, рекреаційна та санітарно-гігієнічна.

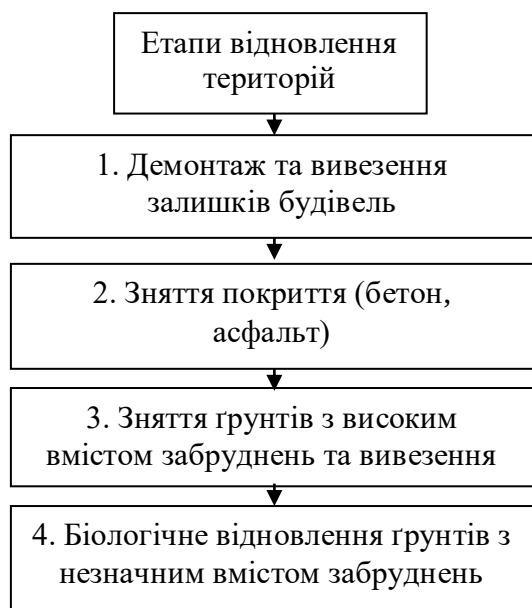


Рисунок 5.9 – Схема етапів відновлення територій кладів

Для відновлення земель поблизу складів ХЗЗР варто проводити санітарно-гігієнічну рекультивацію, а не рекреаційну, сільськогосподарську водогосподарську рекультивації. Території складів ХЗЗР, як правило, мають перевищення ГДК по вмісту у ґрунті шкідливих речовин.

Наведемо схематично алгоритм в процесу технічної рекультивації територій складів та конструкцій (рис. 5.9):

Важливої уваги заслуговує визначення критеріїв за якими ґрунти можна (і варто) відновлювати біологічним шляхом чи визнавати їх такими що не можна відновити біологічно. Такими критеріями є концентрація та хімічний склад СОЗ:

1. Концентрація токсикантів. Згідно визначення поняття ГДК навіть незначне перевищення може викликати негативний вплив на довкілля та людину. Проте на практиці для ґрунтів застосовують принципи економічної доцільності різних рекультиваційних робіт. Для ґрунтового середовища з перевищеннями вмісту СОЗ межею біологічної рекультивації варто вважати десятикратне перевищення ГДК. Тобто при перевищеннях більше 10 ГДК варто використовувати інші методи (наприклад, реагентні чи термічні зі зняттям ґрунту чи без зняття). При перевищеннях ГДК до 10 біологічні методи протягом декількох років разом з саморозпадом органічних речовин приведуть до зниження токсичності до норми.

2. Хімічний склад ґрунтів. Є певні класи СОЗ і конкретні їх представники, що мають стійкість до біологічного метаболізму, а також досить довгий період

напіврозпаду (роки). В таких випадках ефективність біологічної рекультивації буде низька і варто використовувати інші методи рекультивації.

Цим методом, окрім складів отрутохімікатів, можна відновлювати й інші непридатні до господарських робіт будівлі. Наприклад, старі ферми, зерносховища, цехи підприємств, території АЗС.

Оскільки земля – це товар, то її можна оцінювати по певних економічних показниках. Ділянка, що підлягає рекультивації може бути оцінена економічно за формулою (5.11). Далі наведено методику оцінки ефективності рекультиваційних робіт та вартості окремих її складових з врахуванням цін 2020 року:

$$Од=Зв+Зр+Зб, \quad (5.11)$$

де Од – оцінка вартості робіт на ділянці, що підлягає рекультивації, тис. грн; Зв – збитки від тимчасового вилучення земельної ділянки, тис. грн; Зр – затрати на гірничотехнічну рекультивацію; Зб – затрати на біологічну рекультивацію.

При відчуженні земель на тимчасову чи довгострокову рекультивацію власник втрачає чистий дохід, що розраховується за формулою (5.3):

$$Зв=Пд \cdot Чд \cdot К \cdot Т, \quad (5.12)$$

де Пд – площа ділянки, га; Чд – чистий дохід від 1 га ділянки, що рекультивується; К – коефіцієнт підвищення ефективності землі; Т – час проведення рекультивації, роки.

Підставивши дані в формулу 5.3 отримаємо значення збитків від вилучення земель рівним нулю, оскільки ділянки складів не використовуються і є швидше збитковими.

Затрати на гірничотехнічну рекультивацію розраховуються за формулою (5.13):

$$Зр=Зп+Зс+Зм, \quad (5.13)$$

де Z_p – затрати по плануванню та логістиці робіт, тис. грн.; Z_c – затрати на зняття верхнього шару, транспортуванні, укладці шару ґрунту; Z_m – Затрати на демонтаж конструкцій, їх вивезення.

Затрати на біологічну рекультивацію розраховуються за формулою (5.13):

$$Z_b = P_d \cdot Z_{bo} \cdot K_p \cdot T, \quad (5.13)$$

де Z_{bo} – затрати на біологічне очищення землі на 1 га, тис. грн.; K_p – коефіцієнт приросту продуктивності (відношення величини чистого доходу від гектару до чистого доходу рекультивованої ділянки).

Таблиця 5.1– Оцінка вартості робіт для ділянки складів 1 га станом на 2020 рік

Позначення	Пояснення	Вартість, грн	
		На 1 га	Всього
Зв	збитки від тимчасового вилучення земельної ділянки	0	0
Зр	затрати на гірничотехнічну рекультивацію, грн	-	70200
Зп	в т ч. затрати по плануванню та логістиці робіт, грн	13000	13000
Зс	в т ч. затрати на зняття верхнього шару, транспортуванні, грн	26000	26000
Зм	в т ч. затрати на демонтаж конструкцій, їх вивезення, грн	31200	31200
Зб	затрати на біологічну рекультивацію , грн	39400	39400
Од	Загальна вартість вартості робіт для ділянки складів		179800

При розрахунку загальної вартості рекультиваційних робіт ділянок складів для України загальною площею близько 6000 га отримаємо суму в 657 млн грн. Для держави ця сума є незначною і може бути виділена на досягнення екологічної безпеки країни.

Шляхів біологічної рекультивації територій складів є декілька. Кожен з них має певні переваги та недоліки. Необхідно їх оцінити та вибрати оптимальний з точки зору ефективності та затрат. Розглянемо їх в таблицях 5.2 - 5.4.

Таблиця 5.2– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га станом на 2020 рік

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На одиницю	Всього
Завезення гумусового шару на відстань до 10 км з завантаженням, т	3000	50	390000
Розрівнювання гумусового горизонту бульдозерами, т	3000	10	78000
Загальна вартість витрат на створення родючого шару			468000

В результаті таких робіт утворюється гумусовий шар товщиною 30 см. Існують і інші способи створення родючих ділянок є перетворення існуючих забруднених земель під дією рослинного покриву та добрив.

Таблиця 5.3– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га станом на 2020 рік

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1	Всього
Перший рік			
Планування, га	1	13000	13000
Придбання мінеральних добрив, т	0,500	-	2171
в т.ч. азотні	0,200	5200	1040
фосфорні	0,150	4160	624
калійні	0,150	3380	480
Транспортування добрив, т	0,500	260	130
Завантаження, розвантаження добрив, т	0,500	104	50
Внесення добрив, т	0,300	390	117
Передпосівна культивування з боронуванням, га	1	520	520

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1	Всього
Покупка зернят рослин, кг	160	130	20800
Підготовка до посіву та прокатування, га	1	520	520
Другий рік			
Раннєвесняне боронування, га	1	520	520
Підкормка добривами, т	0,100	390	39
Третій рік			
Раннєвесняне боронування, га	1	520	520
Підкормка добривами, т	0,100	390	390
Загальна вартість витрат на створення родючого шару за 3 роки			39400

Ще одним варіантом рекультивації є засадження територій чагарниковими рослинами та швидкорослими деревами і кущами, які також створюють гумусовий шар і поглинають токсичні речовини з ґрунту.

Таблиця 5.4– Технологічна схема створення сільгосп угідь на 1 га

Види робіт	Об'єм	Вартість, грн	
		На 1 га	Всього
Перший рік			
Планування робіт, га	1	13000	13000
Підготовка лунок. га	1	13000	13000
Удобрення лунок, га	1	5200	5200
Придбання саджанців, шт	600	130	78000
Посадка, га	1	3900	3900
Загальна вартість витрат на створення родючого шару шляхом заліснення			113100

Отже, на відновлення території одного складу площею 1 га потрібно близько 180 тис грн або близько 7 тис. дол. США. Для більшості громад, на балансі яких такі склади розташовані, – це сума, яку можна виділити на вирішення екологічної проблеми, а загальна відвернена шкода від забруднення СОЗ в області складає близько 150 тис. дол. США. В результаті їх знешкодження звільняються близько 600 га земель (лише у Вінницькій області), раніше зайнятих складами з СОЗ і їхніми санітарно-захисними зонами.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі проведено детальний аналіз впливу на довкілля стійких органічних забруднювачів, зокрема непридатних пестицидів. Проведено комплексний аналіз технологій рекультивації, рекультивації та відновлення ґрунтів, досліджено рівень концентрації залишків непридатних пестицидів у ґрунтах поблизу покинутого складу ХЗЗР, розташованого в с. Вінницькі Хутори. Особливу увагу було приділено вивченню основних властивостей стійких органічних забруднювачів, їх впливу на здоров'я людини та екосистему в цілому.

Проведено детальний аналіз сучасних методів рекультивації ґрунтів та розроблено рекомендації щодо заходів, спрямованих на відновлення ґрунтів, забруднених непридатними залишками пестицидів. У результаті наукових досліджень отримано вагомі науково обґрунтовані результати, спрямовані на вирішення актуальної проблеми екологічної безпеки. Особливу увагу приділено аналізу природоохоронних технологій рекультивації, ремедіації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів, що дозволяє істотно знизити техногенне навантаження на довкілля.

Встановлено, що для вибору оптимального методу знешкодження пестицидів необхідно спочатку ідентифікувати та класифікувати їх за складом, використовуючи наявні дані маркування або фізико-хімічні методи. Розроблені та постійно вдосконалювані методи знешкодження непридатних пестицидів включають різні підходи, серед яких, відповідно до дослідження у магістерській кваліфікаційній роботі, найбільш універсальним і ефективним є високотемпературне спалювання, що забезпечує мінімізацію негативного впливу на навколишнє середовище.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Протокол по стійким органічним забруднювачам до конвенції 1979 року до трансграничного забруднення повітря на великі відстані : Організація об'єднаних націй – 1998 р. [Електронний ресурс] The 1998 Aarhus Protocol on Persistent Organic Pollutants (POPs). / Режим доступу: http://rac.org.ua/fileadmin/user_upload/publications/IEL_Guide_final_no_cover.pdf.
2. Ecotoxicology: New Insights on Pollutants and Their Effects on Natural Systems / Edited by J. A. Walker. – Springer, 2018. – 385 p.
3. Національний план виконання стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі кийв – 2011 зміст: [Електронний ресурс] // Режим доступу : <http://govuadocs.com.ua/docs/index-19099998.html>.
4. Проект № GF/2732-03-4668. «Забезпечення заходів із розроблення Національного плану щодо впровадження у Україні Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі». Україна. Національний план використання Стокгольмської конвенції про стійкі органічні забруднювачі. – Київ, 2006. – 279 с.
5. Muir, D. C. G., Howard, P. H. Persistent Organic Pollutants: Advances in Risk Assessment // Environmental Science & Technology. – 2018. – Vol. 52, No. 6.
6. Петрук Р.В. Комплексна переробка фосфорвмісних пестицидів до екологічно безпечних продуктів та рекультивація забруднених ґрунтів / Петрук Р.В., Ранський А.П., Петрук В.Г.. – Вінниця: ФОП Барановська Т.П., 2014. – 137 с. – (Монографія). [<https://press.vntu.edu.ua/index.php/vntu/catalog/book/140>]
7. Advances in Sustainable Development and Environmental Protection / Ed. by J. Martin. – Springer, 2016. – 312 p.
8. Петрук Р.В. Аналіз сучасного екологічного стану Вінницької області / Петрук Р.В., Костюк В.В. – Вінниця: «Наукова ініціатива», 2016. – (Нілан ЛТД). – С. 44– 50. – (Монографія).

9. Household waste management. The European experience / [Petruk V.G., Stalder F., Petruk R.V. etc.]. – Vinnytsia: “Nilan-LTD”, 2016. – 183 с. – (Monograph).
[<http://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/13806>]
10. Petruk R. Reliable safety routes for transportation of dangerous waste / R. Petruk, V. Khrutba, D. Nevedrov // Systemy I srodki transportu samochodowego. Efektywnosc I bezpieczenstwo. / R. Petruk, V. Khrutba, D. Nevedrov. – Politechnika rzeszowska: pod redakcja naukowa Kazimierza Lejdy., 2019. – (Monografia). – (Seria: Transport/). – С. 57–66.
11. Multispectral Methods and Means of Water pollution Monitoring Using Macrophytes for Bioindication / Vasil Petruk, Serghii Kvaternyuk, Roman Petruk та ін.] // Water Security: Monograph. – Mykolaiv:: PMBSNU, 2016. – (Bristol: UWE). – С. Р.131–142. – (Монографія).
12. Петрук Р.В., Петрук В.Г., Березюк А.П. Екологічна безпека складів і сховищ отрутохімікатів і відновлення земель навколо них /Р.В. Петрук, В.Г. Петрук, А.П. Березюк/ Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2013. (80).– С.197 - 202
[<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/1162>]
13. Smith, J., Green, K. Agricultural Impacts on the Environment: A Comprehensive Review. – London: Routledge, 2019.
14. Безвозюк І. І., Петрук Р. В., Мельник Т. В Аналіз властивостей деяких стійких органічних забруднювачів / Безвозюк І. І., Петрук Р. В., Мельник Т. В / Наукові праці ВНТУ, 2014, №3 [<http://praci.vntu.edu.ua/article/view/3747>]
15. Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук, П.М. Турчик Дослідження кінетичних аспектів екологічно безпечних процесів відновлення вітчизняних фосфоритів/ Р. В. Петрук, Г. Д. Петрук, П.М. Турчик/ Вісник ВПІ, №3 - 2015. – С.28-34
[<https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/11885?locale-attribute=uk>]
16. Environmental Management for Sustainability: Principles and Practice / Edited by P. Osborn. – Wiley, 2020. – 230 p.
17. Roman V. Petruk, Vasyl G. Petruk, Vitalii A. Ishchenko, Sergey M. Kvaterniuk The concept of environmental safety of Vinnytsia region in the waste management

- sphere Environmental Problems, №1 - 2015. - P.39-44
[<http://science.lpnu.ua/ep/all-volumes-and-issues/volume-1-number-1-2016/concept-environmental-safety-vinnytsia-region-waste>]
18. Петрук Р.В. Аналіз екологічно безпечних методів відновлення забруднених пестицидами ґрунтів / Р.В. Петрук, Т.Ф. Яковишина // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – 2019. – С. 102–111.
[<http://ebzr.nung.edu.ua/index.php/ebzr/article/download/395/412>]
 19. Carson, R. Silent Spring Revisited: Modern Implications of Environmental Science. – New York: Houghton Mifflin, 2019. – 210 p.
 20. Emerging Contaminants and Environmental Chemistry / Edited by A. Prasad. – Wiley, 2021. – 340 p.
 21. Genyk, Y.V. (2009), «Fitomelioratsiya and rec-lamation as components of sustainable development of territories», Transactions of National Forestry University of Ukraine, no. 1, pp. 8–12.
 22. Проблеми та засоби знешкодження залишків пестицидів на території складів агрохімікатів: збір- А.І., Бреславець А.І. – Херсон: Україн. науково-Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 3/2013 (80). 202 дослідний інститут екологічних проблем, 2009. – Режим доступу до матеріалу: <http://www.nbu.gov.ua/portal/natural/Ponp/2009/index.html>.
 23. Ранський А. П., Гордієнко О. А. Хлорвмісні органічні пестицидні препарати як об'єкти реактивного знешкодження // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2009. – № 5. – С. 20–25.
 24. □ Mitchell, L. C. Separation and Identification of Chlorinated Organic Pesticides by Paper Chromatography: Components of Dieldrin // *Journal of AOAC International*. – 1954. – Vol. 37, No. 1. – P. 216–221// Режим доступу. [<https://academic.oup.com/jaoac/article/37/1/216/5739698>]
 25. □ Kumar, P., et al. Removal of Organochlorine Pesticides from Soil and Water Using Advanced Remediation Technologies // *Environmental Monitoring and Assessment*. – Springer, 2020. // Режим Доступу: [<https://link.springer.com>]

Додаток А.

ПРОТОКОЛ
ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ
НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи Ааналіз природоохоронних технологій ремедіації, рекультивації та відновлення ґрунтів від стійких органічних забруднювачів»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

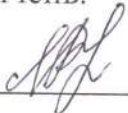
Підрозділ екології, хімії та технологій захисту довкілля

Показники звіту подібності Unichек

Оригінальність 87,0% Схожість ~~13,0%~~

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

1. Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.
2. Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її виконання автором. Роботу направити на розгляд експертної комісії кафедри.
3. Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку  Матусьяк М.В.

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichек щодо роботи

Автор роботи  Годованюк. А.В.

Керівник роботи  Петрук В.Г.

Додаток Б. Результати інвентаризації пестицидів групи «А,Б,В» в Україні

Таблиця Б.1 – Перелік непридатних пестицидів, накопичених в Україні

Група «А» — заборонені пестициди

/п	Назва ХЗЗР	/п	Назва ХЗЗР	/п	Назва ХЗЗР
	Алдікарб	21	Дихлоретан	41	Паратіон
	Анабазин сульфат	22	Ендрин	42	Поліхлоркамфен
	Арсенат кальцію	23	Ефірсульфонат	43	Поліхлорпінен
	Арсенат натрію	24	Інтраіон	44	Пентахлор
	Афалон	25	ІФК	45	Радосан
	Гексахлорбензол	26	Карботіон	46	Ртутні препарати
	Гептахлор	27	Карболінеум	47	Сульфатеп
	Гептахлорбензол	28	Картекс М	48	Тіометон
	Гермізан	29	Кермікс	49	Тіоназін
0	Гранозан	30	Лінурон	50	Тіофос
1	ГХЦГ технічний	31	Лептофос	51	Триазофос
2	ДДТ 5,5%	32	Манеб	52	Трихлорметафос
3	ДДТ 20-25%	33	Метилмекарптофос	53	Фентіурам
4	ДДТ 30%	34	Метилпаратіон	54	Фенкаптон
5	ДДТ 50%	35	Метиленхлорид	55	Хлордан
6	ДДТ 75%	36	Метилтіофос	56	Церезан
7	ДДТ	37	Нікотинсульфат	57	Ціанід кальцію
8	Дімефокс	38	Немагон	58	Ціаноплав
9	Диносаб	39	Октаметіп	59	Цирам
0	Діурон	40	Паризька зелень		

Продовження додатку Б.

Таблиця Б.2.– Група «Б» — пестициди, що втратили свої властивості

/п	Назва ХЗЗР	№ п/п	Назва ХЗЗР	№ п/п	Назва ХЗЗР
0	Агелон 50% с.п.	94	Залізний купорос	128	Ридоміл
1	Адоніт	95	Зеазін	129	Ритацин (рицид) 50% к.е.
2	Азотокс	96	Зеапос 2х 10% к.е.	130	Рицид П 50% к.е.
3	Акрекс	97	Ізофен	131	Рідеон
4	Алірокс 80% к.е.	98	Карбатіон	132	Севін
5	Амідім 50%в.р.	99	Карбокал	133	Семерон
6	Антіо	100	Карбофос	134	СИС-67
7	Арцерид	101	Которан	135	Сис-маказал
8	Атразін 50% с.п.	102	Кельтан	136	Ситрин
9	Аценіт	103	Косан 80% с.п.	137	Сімазін
0	Ацетал 55% к.е.	104	Кремнефтор натрій	138	Сінбар
1	Ацетатрін	105	Кротіловий ефір	139	Сірка
2	Ацетлур 86%з.п.	106	Крототан 25%	140	Сірка колоїдна 80%
3	Базагран	107	Купрозан 80% з.п.	141	Сірка молота
4	Базоцен 70% с.п.	108	Лассо 48% т.с.	142	Сірка см. порошок
5	Базудін 40%	109	Лассо-атразін	143	Такл 24% в.р.
6	Байлетон	110	Майазін	144	Тіазон 80% з.п.
	Байтан	111	Малоран	145	Тігам

7					
8	Бенлат 50% з.п.	112	2М-4Х 50%	146	ТМТД 80% с.п.
9	Бетанал	113	Метафос 2,5% д.п.	147	Тозоніт
0	Бі-58	114	Метафос 40%	148	Томатокс
1	Блазер	115	Метальдегід	149	Топсін-М
2	Буратал	116	Метатіон (сумітіон)	150	Триаллат 50%
3	Бурефен	117	Мідь сірчистокисла	151	Трефлан
4	Бутапон 43%	118	Мінерально-масляна емульсія	152	Трихлорацетат натрія
5	Бутиловий ефі гранульований	119	Надібут	153	Трихлороль
6	Вітатіурам	120	Немагон	154	ТУР
7	Вітокс	121	Нітосорг	155	Уніш
8	Волатон	122	Нітран	156	Фадеморф 20% к.е.
9	Вофатокс 2,5%	123	Нітрафен	157	Фамідофос 1,6%
0	Вофатокс 30%	124	Оленідел	158	Феназон
1	Гамма гексан	125	Олеогезаприм	159	Фенілмеркурацетат
2	Гезагард	126	Олітреф 25%	160	Феноксазін
3	Гексатіурам 80%	127	Паторан	161	Фенорам

Продовження додатку Б.

Таблиця Б.3 – Результати інвентаризації пестицидів групи «А,Б,В» в Україні

Область	Усього П.П., т	Невідомі ПП, т	Всього пестицидів із числа СОЗ, т
АР Крим	833,609	366,163	107,754
Вінницька	722,685	676,135	46,810
Вольнська	565,252	561,863	3,389
Дніпропетровська	867,227	724,459	0,676
Донецька	864,000	850,340	13,660
Житомирська	519,400	321,170	7,687
Закарпатська	262,922	217,537	44,385
Запорізька	1214,000	1072,909	141,091
Івано-Франківська	170,000	170,000	
Київська	1932,860	1655,440	267,420
Кіровоградська	1310,076	1310,076	
Луганська	541,797	541,440	0,360
Львівська	781,038	624,560	2,650
Миколаївська	752,970	752,970	
Одеська	1030,383	1000	1029,383
Полтавська	744,636	540,136	204,500
Рівненська	62,834	58,769	4,065
Сумська	2426,460	2361,774	64,686
Тернопільська	119,309	107,319	11,990
Харківська	1111,660	875,364	
Херсонська	840,772	840,772	
Хмельницька	572,830	524,556	48,274
Черкаська	156,749	136,812	19,937
Чернівецька	29,010	29,010	
Чернігівська	950,783	873,320	2,320
Всього	19406	16204	2044

Додаток В. Ілюстративна частина

**ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ
«ЗЕЛЕНИХ ОФІСІВ»**

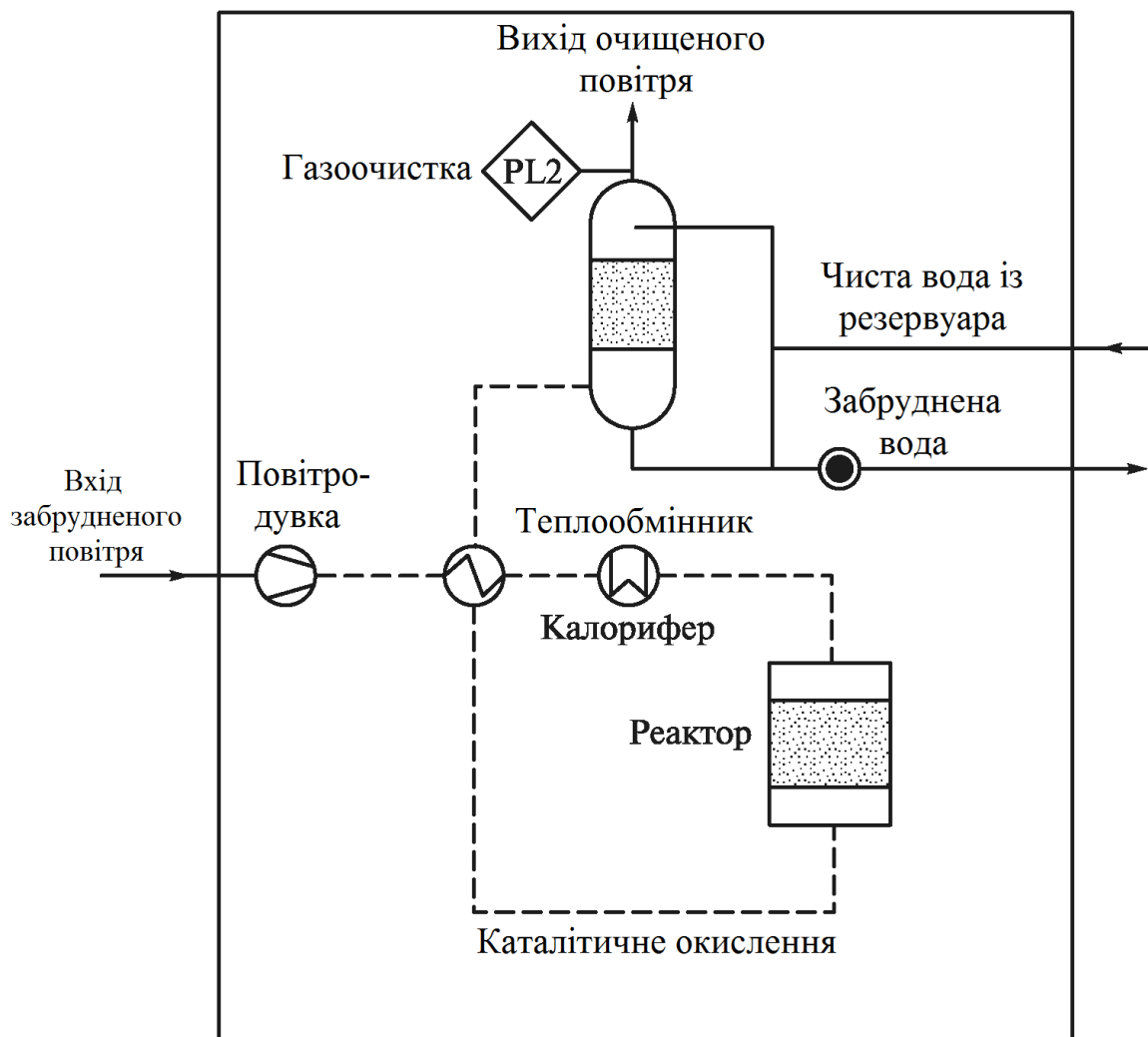


Рисунок В.1 - Схема очищення з реактором каталітичного окислення

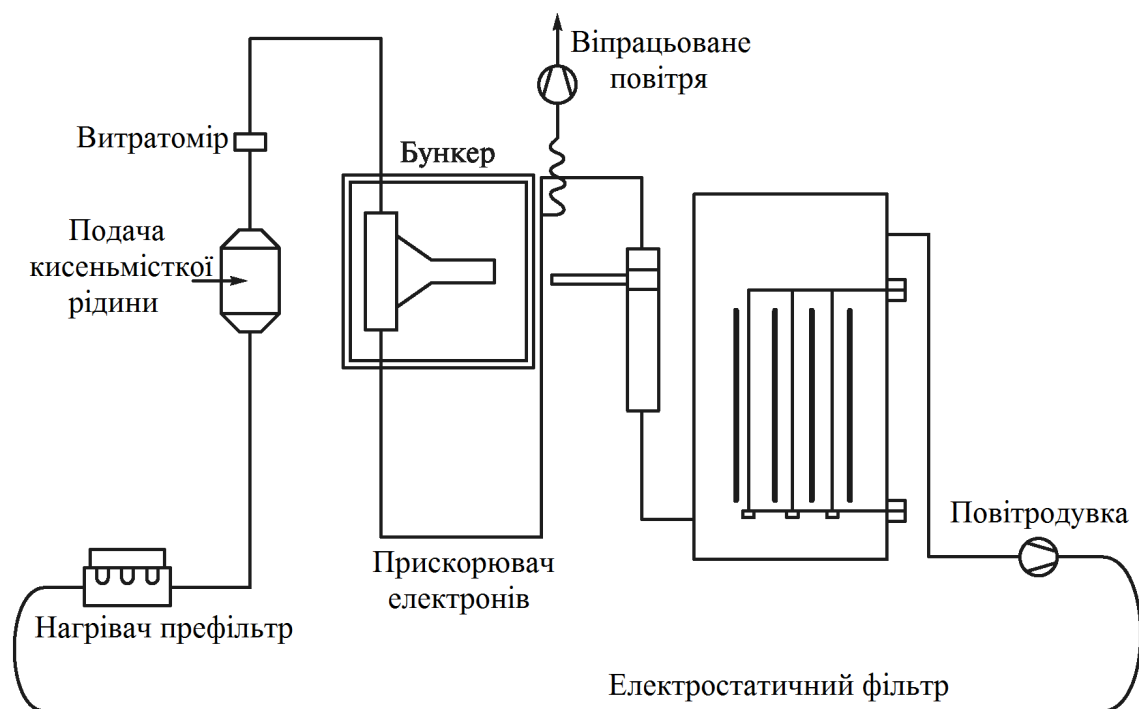


Рисунок В.2 - Схема установки опромінення води електронним пучком.

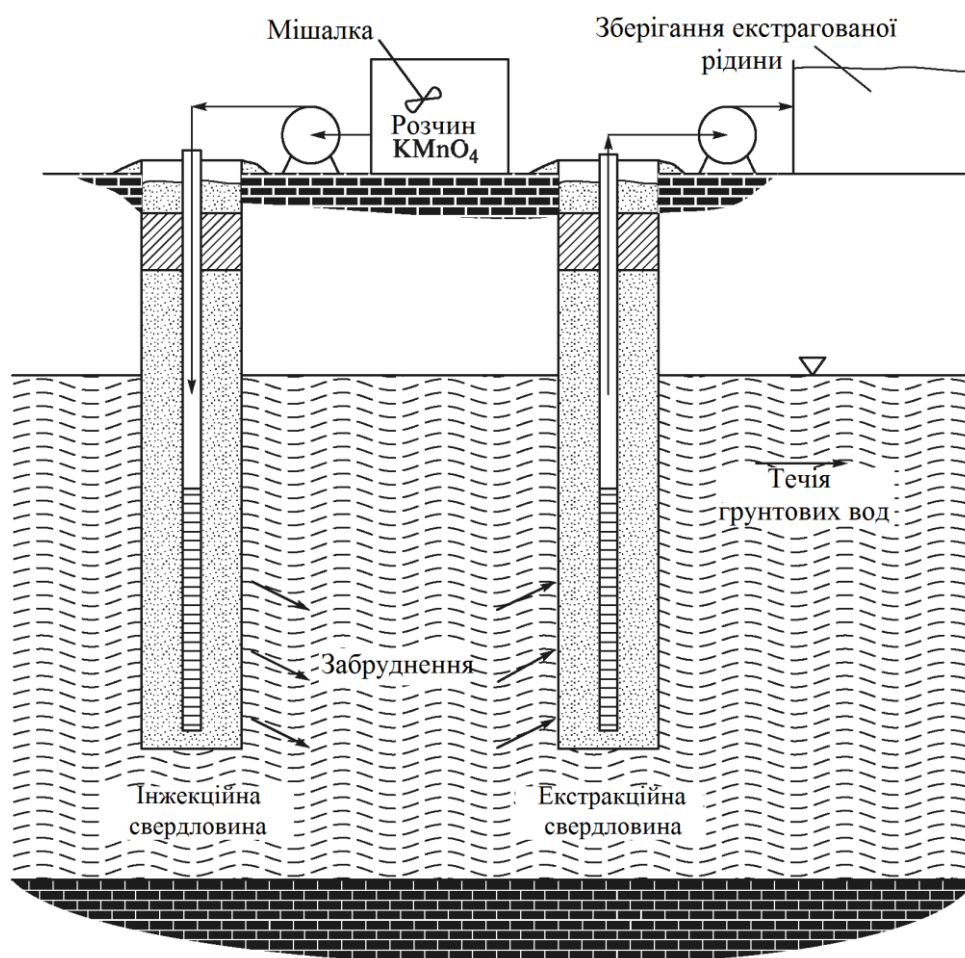


Рисунок В.3 - Схема технології хімічного окислення.

Таблиця В.1 - Класифікація природних мінеральних сорбентів

Адсорбенти	Клас
Бентоніти	Лужні Лужноземельні (суббентоніти)
Активовані бентоніти	Термічною активації
	Содовий активації
	Сольовий активації
	Лужний активації
	Кислотний активації
Цеоліти	Природні
Фільтруючі дисперсні матеріали	Кізельгур, діатоміт, опоки, тремтів
Природні іоніти	Глауконіти, пермутити

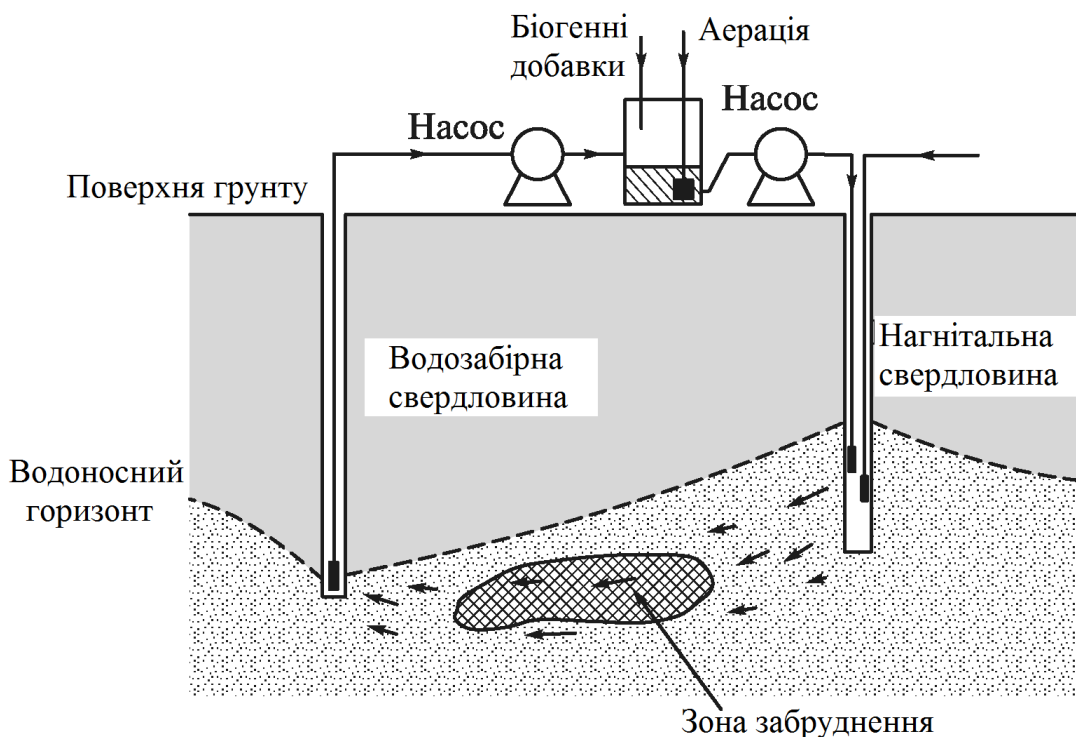


Рисунок В.4 - Промивка ділянки ґрунту при забрудненні нижче рівня ґрунтових вод

Таблиця В.2 - Придатність ґрунтів для знешкодження промиванням і іншими методами конвективного транспорту

Тип ґрунти	Придатність для кон- вективного транспорту	Значення константи k_w (м/добу) для води
Гравій, галька	придатні	>100
Крупнозернистий пісок	то ж	10–100
Пісок зі середнім розміром зерен	то ж	5–10
Тонкозернистий пісок	помірно придатні	0,1-5
Гарячий пісок	не придатні	<0,1
Глини	то ж	<0,1
Торф	то ж	<0,1

Примітка: k_w - коефіцієнт проникності для води в рівнянні руху ґрунтових вод відповідно із законом Дарсі.

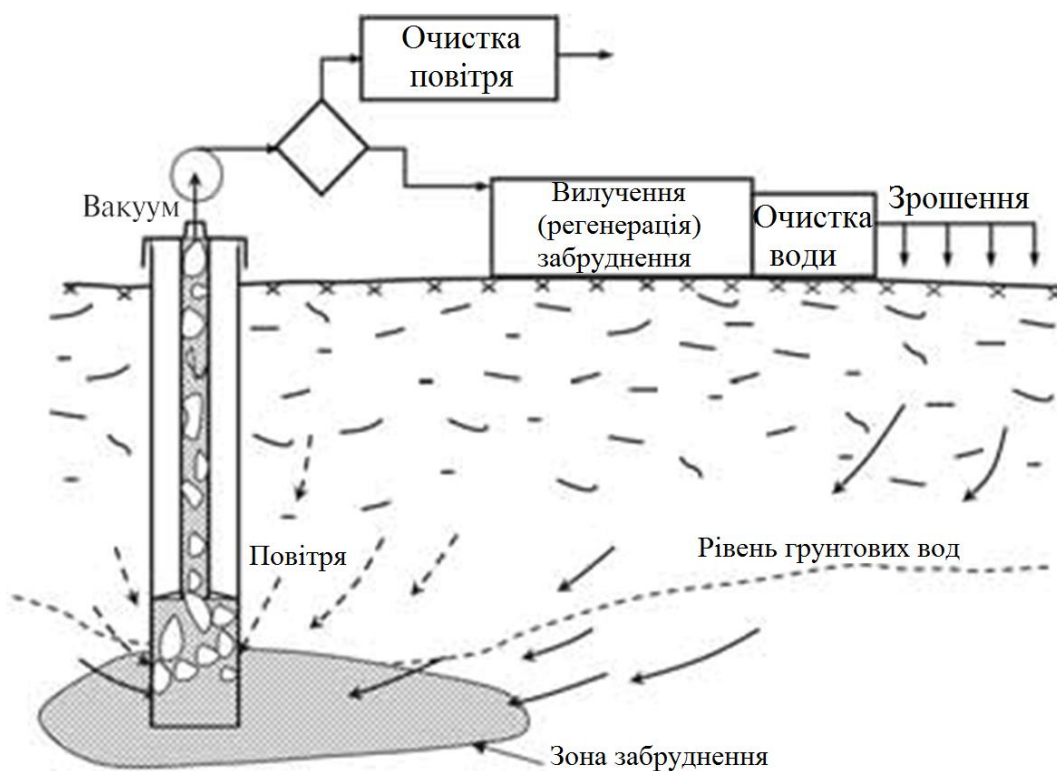


Рисунок В.5 - Принцип методу з відкачуванням рідкої фази під вакуумом