

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА МАГІСТРА

на тему: Оптимізація аварійно-рятувальної діяльності на залізничному транспорті

Виконав студент 2 курсу групи МЕБ-22 з/ф
спеціальності 101 – Екологія
Титик Олексій Володимирович

Керівник Вовкодав Галина Миколаївна
к.х.н., доцент

Рецензент Васютинська Катерина Анатоліївна
к.х.н., доцент

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет природоохоронний
Кафедра екології та охорони довкілля
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 101 – Екологія
Освітньо-професійна програма Екологічна безпека
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри екології та охорони довкілля

Сафранов Т.А.
“ 23 ” жовтня 20 23 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРА

Титика Олексія Володимировича

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Оптимізація аварійно-рятувальної діяльності на залізничному транспорті

Керівник роботи Вовкодав Галина Миколаївна, к.х.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “16” жовтня 2023р. №215 ”С”

2. Строк подання студентом роботи 30 листопада 2023 року

3. Вихідні дані до роботи: офіційні статистичні дані; законодавчі та нормативні акти Верховної Ради України, Кабінету Міністрів України, монографії та науково-аналітичні статті вітчизняних і зарубіжних авторів, статистичні дані та матеріали Державної служби статистики України, статистичні щорічники та інформаційні матеріали Головного управління статистики

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунт, вплив нафтопродуктів на водне середовище, відходи нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості, методи зниження їх негативного впливу на навколишнє середовище, підвищення ефективності работ з ліквідації розливів нафтопродуктів при використанні модульного складу спеціальної техніки на залізничних підприємствах

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): обвалування місця розливу нафтопродуктів, вміст рідкої суміші (нафта + вода) у ґрунті (20 діб), локалізація розливу за допомогою бонових загород, збір нафтошлему у тимчасові ємності, фітотоксичний ефект нафтошлему на рослини-індикатори, зміни вмісту нафтопродуктів у ґрунті під дією струму, механічні прилади з ручним керуванням, механічні прилади з дистанційним керуванням, м'який резервуар для збереження

нафтопродуктів, схема обміну даними ІВС, схема модульного пожежного поїзду.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
	<i>немає</i>		

7. Дата видачі завдання 23 жовтня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи магістра	Термін виконання етапів кваліфікаційної роботи магістра	Оцінка виконання етапу	
			у %	за 4-х бальною шкалою
1	<i>Збір та узагальнення даних про вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунт</i>	23.10.23-	90	відмінно
		26.10.23		
2	<i>Охарактеризувати вплив нафтопродуктів на водне середовище</i>	27.10.23-	90	відмінно
		31.10.23		
3	<i>Провести аналіз впливу відходів нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості. Дослідити методи зниження їх негативного впливу на навколишнє середовище</i>	01.11.23-	90	відмінно
		12.11.23		
	Рубіжна атестація	13.11.23-	90	відмінно
		17.11.23		
4	<i>Охарактеризувати шляхи підвищення ефективності робіт з ліквідації розливів нафтопродуктів при використанні модульного складу спеціальної техніки на залізничних підприємствах</i>	18.11.23-	90	відмінно
		21.11.23		
5	<i>Узагальнення отриманих результатів. Складення висновків і переліку посилань. Оформлення додатків.</i>	22.11.23-	90	відмінно
		24.11.23		
6	<i>Оформлення анотації (державною та англійською мовами) і супровідних документів до роботи. Підготовка презентаційних слайдів і доповіді до публічного захисту.</i>	25.11.23-	90	відмінно
		28.11.23		
7	<i>Підготовка остаточної версії роботи і передача її на перевірку і підпис керівникові. Встановлення ступеня оригінальності, відсутності ознак плагіату та оформлення протоколу. Складення керівником висновку про допуск до захисту.</i>	29.11.23-	-	-
		04.12.23		
8	<i>Подання КРМ на перевірку завідувачу кафедри, в деканат природоохоронного факультету для перевірки готовності роботи до захисту, підготовки наказу та подання.</i>	05.12.23-	-	-
		09.12.23		
9	<i>Рецензування роботи. Укладення авторського договору на розміщення роботи в репозитарії ОДЕКУ.</i>	10.12.23-	-	-
		13.12.23		
	Інтегральна оцінка виконання етапів календарного плану (як середня по етапам)		90,0	

(до десятих)

Студент

_____ (підпис)

Титик О.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Вовкодав Г.М.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Титик О.В. Оптимізація аварійно-рятувальної діяльності на залізничному транспорті

Актуальність теми зумовлена тим, що під час аварійних випадків з розливами нафти та нафтопродуктів, аварій з небезпечними вантажами на підприємствах АТ «Укрзалізниця» доцільно використання модулів екологічної безпеки для прискорення ліквідації наслідків аварійних розливів нафти та нафтопродуктів, що суттєво скоротить час реагування на аварійні випадки, скоротить час на прибуття ліквідаційної команди на місце аварійного розливу або витoku небезпечних речовин, розширює можливості та номенклатуру видів робіт, які потребують максимально оперативних дій під час ліквідації наслідків аварії.

Мета роботи – визначити екологічну та економічну доцільність ліквідації наслідків забруднення ґрунтів нафтопродуктами з використанням модульного складу пожежного поїзду.

Для виконання даної мети необхідно виконати наступні задачі:

а) проаналізувати данні спеціальної літератури з видобування, переробки та транспортування нафти та нафтопродуктів, з'ясувати аспекти негативного впливу на НПС нафти та нафтопродуктів;

б) проаналізувати вплив розливів нафтопродуктів на водне середовище;

в) детально проаналізувати різноманітні аспекти та наслідки використання електрохімічного методу очищення ґрунтів від нафтопродуктів та промислових залишків з них;

г) запропонувати оптимальний склад модулю екологічної безпеки пожежного поїзду для виїзду на ліквідацію аварії з витокami нафти та нафтопродуктів.

Предмет дослідження – розширення номенклатури аварійних та ліквідаційних робіт АТ «Укрзалізниця» (використання модулів екологічної безпеки).

Об'єкт дослідження - можливості перереформування та доукомплектації наявних пожежних поїздів для виконання ними функцій по оперативній ліквідації розливів небезпечних вантажів та їх наслідків.

Результати дослідження. Проаналізовано доцільність застосування модульного складу пожежного поїзду для проведення термінових заходів щодо оперативної ліквідації наслідків розливу/витоку небезпечних вантажів в зоні діяльності підприємства АТ «Укрзалізниця». Використання модулів екологічної безпеки у складі пожежних поїздів має перевагу у швидкості реагування на аварійну ситуацію, розширений спектр виконуваних робіт, перевагу в часі початку аварійно – рятувальних робіт, що викликає позитивний економічний ефект.

Теоретичне та практичне значення роботи – отримані результати, які дозволять оцінити екологічну та економічну ефективність застосування модульного складу пожежного поїзду.

Структура та обсяг роботи: робота складається зі вступу, 4 розділа, висновків, переліку посилань, додатки. Робота містить 11 рисунків, 5 таблиць.

Загальний обсяг бакалаврської роботи – 88 сторінок.

Ключові слова: розлив, нафта, залізниця, ґрунт, очистка, водойми, модульний поїзд, пожежний поїзд, біоремедіація, нафтопродукти, аварія.

SUMMARY

Tytyk Oleksii " Organization of Emergency and Rescue Activities in Railway Transport"

The urgency of the topic is due to the fact that during emergencies of oil and oil products, accidents with dangerous liquids, it is advisable to use environmental safety modules to accelerate the elimination of the consequences of oil and oil spills, which will significantly reduce response time to emergencies. Reduce the time for the arrival of the liquidation team to the city of emergency spillage or leakage of hazardous substances, expands the capabilities and range of types of robots that require maximum operational action in the aftermath of the accident.

The purpose of the work is to determine the ecological and economic efficiency of liquidation of the consequences of soil pollution by oil products when using the modular composition of the fire train.

To accomplish this goal, it requires to perform the following tasks:

a) analyze the data of special literature on the extraction, refining and transportation of oil and petroleum products, identify aspects of the negative impact on the nominal pipe size of oil and petroleum products;

b) analyze the impact of oil spills on the aquatic environment;

c) analyze in detail the various aspects and consequences of using the electrochemical method of cleaning soils from petroleum products and industrial residues from them.

d) to propose the optimal composition of the module of environmental safety of the fire train for departure to eliminate the accident with leaks of oil and oil products. The subject of the research is the expansion of the nomenclature of emergency and liquidation robots with the use of environmental safety modules.

Research methods: study of the possibility of reformatting and re-assembly of existing fire trains to perform their functions of operational elimination of spills of dangerous goods and their consequences.

Results of the research: the expediency of using the modular composition of the fire train for urgent measures to quickly eliminate the consequences of spillage / leakage of dangerous goods in the area of activity of JSC "Ukrzaliznytsia" was analyzed. The use of environmental safety modules in fire trains has an advantage in the speed of response to emergencies, an expanded range of work performed, an advantage in the time of the beginning of emergency rescue operations, which causes a positive economic effect.

Theoretical and practical significance of the work - the results obtained, which will allow to assess the environmental and economic efficiency of the modular composition of the fire train.

Structure and scope of work: the work consists of an introduction, five chapters, general conclusions, a list of sources used. The work contains 11 figures, 5 tables.

The total volume of the bachelor's thesis is 88 pages.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	11
1 ВПЛИВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТ.....	12
1.1 Хімічний склад і фізичні властивості нафти.....	12
1.2 Груповий хімічний склад нафти.....	17
1.3 Вплив нафти і нафтопродуктів на ґрунт.....	21
2 ВПЛИВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	30
2.1 Особливості нафтового забруднення водойм.....	30
2.2 Забруднення гідросфери нафтою та нафтопродуктами.....	32
2.3 Методи очищення водойм від розливів нафти.....	35
2.4 Очищення водних об'єктів від нафти та нафтопродуктів за допомогою мікроорганізмів.....	40
3 ВІДХОДИ НАФТОВИДОБУВНОЇ ТА НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЕ СЕРЕДОВИЩЕ.....	46
3.1 Види нафтових відходів.....	46
3.2 Методи переробки нафтошламів.....	48
3.3 Мікробіологічні методи знешкодження нафтових відходів.....	51
3.4 Електрохімічний метод ліквідації наслідків нафтового забруднення ґрунтів.....	53
4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТ З ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДУЛЬНОГО СКЛАДУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНИКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ.....	57
4.1 Класифікація залізничних транспортних подій за критерієм економічних збитків.....	58
4.2 Особливості використання модульного складу спеціальної техники для ліквідації розливів нафтопродуктів.....	67

4.7 Переваги використання модульного складу спеціальної техники для ліквідації розливів нафтопродуктів.....	74
ВИСНОВКИ.....	78
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	81
ДОДАТКИ.....	85

ВСТУП

Природне оточення надає промисловим підприємствам всі необхідні ресурси для підтримки їхнього технологічного циклу. Зі зростанням та розширенням виробництва збільшується потреба підприємства у ресурсах, які воно використовує з оточуючого середовища. Це веде до викидання різних продуктів технологічного циклу, таких як стічні води, тверді відходи та відпрацьовані гази, причому якість цих відходів залежить від характеру підприємства. Зі зростанням виробництва також збільшується обсяг негативних викидів. Фабрики та заводи, розташовані в певному регіоні, негативно впливають на природу в цьому ареалі, а видобуток корисних копалин для їхнього технологічного процесу також призводить до екологічних проблем.

Протягом останнього десятиріччя з'явилася концепція взаємодії між здоровим оточенням та сталим економічним розвитком. Одночасно в світі відбулися значущі політичні, соціальні та економічні зміни, які призвели до реалізації програм радикальної структурної перебудови економік багатьох країн. Таким чином, вивчення впливу загальноекономічних заходів на навколишнє середовище стало актуальною проблемою, що вимагає негайного вирішення.

Нафта залишається основним джерелом енергії в XXI столітті, маючи значний вплив на науково-технічний прогрес. Щорічний обсяг видобутку нафти у 80 країнах світу набуває величезних масштабів. Проблема екологічно-безпечних методів відновлення забруднених нафтою територій залишається актуальною, особливо з урахуванням пошуку родовищ на морі та відповідної екологічної та безпечної експлуатації [1].

Незважаючи на значний внесок нафтово-газового комплексу у розвиток, його вплив на навколишнє середовище є негативним, забруднюючи ґрунти та негативно впливаючи на екосистеми. Проблема забруднення ґрунтів нафтою та нафтопродуктами стає однією з головних екологічних проблем сучасного світу і вимагає негайних заходів для її вирішення.

1 ВПЛИВ НАФТИ ТА НАФТОПРОДУКТІВ НА ҐРУНТ

1.1 Хімічний склад та фізичні характеристики нафт

Нафта є природними горючими масляними рідинами, які характеризуються унікальним ароматом та різною в'язкістю, яка може варіюватися від легкою до густої консистенції. Зазвичай нафта має різноманітні відтінки, від світло-коричневого до чорного, іноді з наявністю відтінків від жовтого до зеленуватого, а рідко може бути майже безбарвною, відомою як "біла нафта". Колір нафти визначається наявністю розчинених смол. Склад нафти включає різні вуглеводні, такі як парафіни, нафтени, ароматичні, у яких розчинені газо- та тверді вуглеводні. При цьому в нафті можна виявити невеликі кількості сірчанних і азотних сполук, органічних кислот та інших хімічних речовин. Фізично нафта розглядається як розчин газоподібних і твердих вуглеводнів у рідині. Оцінка якості сировини, продуктів нафтопереробки і нафтохімії у технологічних розрахунках часто базується на даних технічного аналізу [1].

Цей аналіз включає визначення фізичних, хімічних та експлуатаційних властивостей нафтопродуктів. Для досягнення цієї мети використовуються різні методи, які у комплексі дозволяють оцінити товарні властивості нафтопродуктів в різних умовах експлуатації, пов'язати їх зі складом продуктів та рекомендувати раціональне використання. Серед таких методів виділяють фізичні (густина, в'язкість, температура плавлення, замерзання, кипіння, теплота згоряння, молекулярна маса, penetрація, дуктильність), хімічні (застосування класичних аналітичних методів), фізико-хімічні (колориметрія, потенціометричне титрування, нефелометрія, рефрактометрія, спектроскопія, хроматографія) та спеціальні (визначення октанового і метанового чисел моторного палива, хімічної стабільності палив і масел, корозійної активності, температури спалаху і горіння).

Такий аналіз є важливим етапом для ефективного використання нафтопродуктів у різних сферах промисловості і господарства.

Густота нафти – це величина, яка визначає масу нафти в порівнянні з її об'ємом. Загалом нафта зазвичай має меншу густоту, ніж вода, і, за винятком дуже рідкісних випадків, може плавати на воді, оскільки вона відзначається відносною легкістю. Визначення густоти проводиться при 20°C у порівнянні з густотою води при 4°C і зазвичай коливається в межах від 0,5 до 1,05 кг/дм³ (зазвичай 0,82–0,95). Нафта з відносною густиною до 0,85 вважається легкою. Цей показник густоти нафти визначається як співвідношення її маси до об'єму, що відіграє важливу роль у її фізичних властивостях та можливостях взаємодії з іншими речовинами [1].

Така властивість густоти має значення у ряді промислових та наукових контекстів, враховуючи, наприклад, транспортування, обробку та використання нафтопродуктів. Поєднання легкості нафти та її густоти дозволяє розуміти і прогнозувати її поведінку в різних умовах та взаємодію з навколишнім середовищем.

Легкі нафти, завдяки преобладанню метанових вуглеводнів у їх складі, вирізняються відносною легкістю. У свою чергу, середні нафти мають відносну густоту у діапазоні від 0,85 до 0,90, тоді як важкі нафти, з перевагою циклічних вуглеводнів, відзначаються густотою понад 0,90. Чинниками, які впливають на густоту нафти, є її хімічний склад, фракційний склад, наявність смолистих речовин та розчинених газів. Густину можна виміряти при різних температурах, а відносну густоту можна розрахувати за допомогою коефіцієнта об'ємного розширення.

Важливою характеристикою при видобутку та транспортуванні нафти є її в'язкість, яка може бути динамічною або кінематичною. Легкі нафти мають меншу динамічну в'язкість, а кінематична в'язкість, визначена як відношення динамічної в'язкості до густини, широко використовується на практиці [1].

В'язкість сильно залежить від температури, і для транспортування важких нафт потрібен їх підігрів. При температурі 50°C, кінематична в'язкість нафти коливається від 1,2 до 55 сСт і залежить від її хімічного складу та вмісту асфальто-смолистих речовин.

Поверхневий натяг нафти при контакті з повітрям варіюється від 25 до 30 мН/м і залежить від її хімічного складу. Процеси замерзання та розтікання нафти описуються температурними інтервалами, причому температура застигання збільшується відповідно до хімічного складу.

Температура кипіння нафти варіюється від 50 до 550°C, а урахування процесу випаровування стає ключовим під час зберігання та транспортування. Оскільки нафта та нафтопродукти є складними сумішами різних вуглеводнів та інших сполук, температурні межі випаровування різних компонентів визначаються. Також дуже важливо враховувати взаємовплив розчинності води та нафтопродуктів, оскільки їхнє змішування може бути пробле-матичним, зокрема для уникнення утворення кристалів льоду чи мікрокрапель води, що може ускладнювати роботу двигунів [1].

Жирний газ проявляє вищу розчинність у нафті порівняно зі сухим газом. В певних умовах рідкі вуглеводні можуть знаходити своє розчинення у газоподібній фазі. При відносно великій кількості газу у порівнянні з об'ємом нафти, значному підвищенні тиску (20–25 МПа) та високій температурі (90–95°C), рідкі вуглеводні можуть переходити у пароподібний стан (випаровуватися) та розчинятися у газі. Цей процес, відмінний від явища розчинення (конденсації) вуглеводневих газів у нафті, отримав назву зворотного або ретроградного випаровування. Подібні умови спостерігаються на глибині земної кори. Коли газ видобувається на поверхню, температура та тиск стрімко знижуються, і конденсат у вигляді рідких вуглеводнів видається із газової суміші. Це відомо як явище зворотної конденсації. Родовища газу, де нафта перебуває у пароподібному стані й насичує вільний газ, отримали назву газоконденсатних. Кількість конденсату у таких родовищах коливається від 50

до 300. Молекулярна маса виявляється значущим параметром для нафти та нафтопродуктів, оскільки вона представляє "середнє" значення маси молекул у їх фракціях і використовується для аналізу їх хімічного складу. Цей показник пов'язаний з температурою кипіння продуктів і використовується для розрахунків у приладах нафтопереробних заводів. Методи визначення молекулярної маси включають кріоскопічний, ебуліоскопічний, метод Раста або використання емпіричних формул, таких як формула Б.П. Войнова.

Теплові характеристики є ключовими для нафти та горючих газів, визначаючи їх роль як виняткових енергоносіїв. Теплота згоряння, виміряна як відношення кількості виділеної теплоти до маси вигорілого палива, є важливим параметром. Нафта та природний горючий газ володіють найвищою теплотою згоряння серед усіх видів палива, і її можна визначити у калориметричній бомбі, а газів – в газовому калориметрі [1].

Колір нафти обумовлений її хімічним складом, де більше смол і асфальтенів призводить до темнішого відтінку. Флуоресценція, що виявляється світінням нафти синьо-зеленим ультрафіолетовим світлом, є характерною для багатьох нафт, і люмінесценція використовується для пошуку нафти.

Оптичні та фізичні характеристики нафти охоплюють її здатність викликати обертання площини поляризації світла, що залежить від молекулярної маси та температури. Ймовірно, більшість природних нафтових вуглеводнів мають цю властивість, у той час як штучні нафти не проявляють оптичної активності.

Електричні характеристики нафти включають електропровідність, що свідчить про високий електричний опір. Запобігання накопиченню статичного електричного заряду, що може призвести до потенційно небезпечних вибухів і пожеж, досягається за допомогою заземлення та використання антистатичних присадок під час обробки та транспортування нафти.

Діелектрична проникність та пробивна напруга нафт і нафтопродуктів є відносно низькими порівняно з іншими діелектриками. Їхній хімічний склад

включає вуглець і водень у відсотках від 79,5% до 87,5%, сірку, кисень і азот у концентраціях від 0,5% до 8%, а також деякі метали та інші елементи у слідових кількостях. Важливо відзначити, що цей хімічний склад може змінюватися в залежності від конкретного родовища нафти, що впливає на їхні електричні властивості.

Для аналізу хімічного складу фракцій та окремих компонентів нафти в умовах лабораторії використовуються різноманітні методи перегонки. Ці методи включають [1]:

- низькотемпературну ректифікацію: використовується для розріджених газів та фракцій вуглеводнів, які киплять при температурі до 20 °С;

- середньотемпературну перегонку: застосовується для нафтопродуктів, які випаровуються при температурі до 350 °С;

- вакуумну перегонку: використовується для рідин, які випаровуються при температурі вищій за 350 °С;

- молекулярну дистиляцію: Застосовується для високомолекулярних речовин;

- перегонку методом одноразового випарювання: використовується для розділення нафти в інтервалі температур від 40 до 180–205 °С.

Під час проведення лабораторних процесів перегонки нафти виділяють різноманітні фракції відповідно до температурних інтервалів.

Ці методи дозволяють отримати репрезентативні відомості про склад нафти та визначити характеристики її різних компонентів.

Мазут, коли розглядається як вторинна продукція під час обробки нафти, залишається щільною темною рідиною. За допомогою промислового процесу вакуумної перегонки, який включає зниження тиску, мазут розподіляється на солярові фракції та спеціальні масла, включаючи ті, що застосовуються у двигунах внутрішнього згорання. В промислових умовах застосовується метод одноразового випарювання з подальшою ректифікацією для ефективної перегонки нафти [1].

Світлі дистиляти, такі як бензинові, керосинові та дизельні фракції, після додаткової обробки, перетворюються в товарні продукти, такі як бензини, розчинники, керосини та інші. Мазут та залишок від прямої перегонки піддаються вакуумній ректифікації для отримання масляних дистилятних масел, які застосовуються у різних галузях, таких як авіація, автомобільна та промислова сфери.

Лише мазути від "масляних нафт" піддаються перегонці на масла. У багатьох випадках мазути цих "масляних нафт" використовуються як самостійні продукти чи у поєднанні з іншими нафтопродуктами, як мастильні мазути — економічні мастильні матеріали. Значна частина мазуту використовується як паливо, включаючи використання для суднових двигунів. Також велика кількість мазуту використовується як сировина для виготовлення легких моторних палив.

Нафти з різних родовищ суттєво відрізняються за фракційним складом та, відповідно, за потенційним вмістом бензинових, керосинових, дизельних і масляних дистилятів. Очевидно, що фракційний склад нафти визначає методи її промислової переробки. Більшість нафт включає у себе в середньому від 15% до 30% фракцій, які випаровуються при температурі до 200 °С, і від 40% до 50% фракцій, які переганяються в інтервалі 300–360 °С. Рідко зустрічаються легкі нафти без масляних фракцій; вони частіше виявляються у вигляді супутників газів у газоконденсатних родовищах і отримують назву газоконденсатів [1].

1.2 Груповий хімічний склад нафти

Вуглеводні, що утворюють основну структуру нафти та горючих газів, представлені різноманітним спектром індивідуальних сполук. Навіть хоча хімічний склад нафти досі не вивчено повністю, вже відомо про існування 425 окремих вуглеводневих сполук. Кожна з цих сполук слугує початковою точкою для формування більш складних хімічних структур. Залежно від молекулярної

будови вуглеводнів, які становлять склад нафти та природних газів, їх можна розділити на три основні категорії: метанові або парафінові (алкани), нафтенові (циклани) і ароматичні (арени). Члени цих груп відрізняються за співвідношенням числа атомів вуглецю і водню, яке відображається загальною формулою групи, а також характером їх внутрішніх структурних зв'язків.

Це різноманіття вуглеводневих сполук грає важливу роль у створенні різних хімічних властивостей нафти та горючих газів [1].

Отже, груповий хімічний склад нафти обумовлюється наявністю у ній вуглеводнів конкретних хімічних груп, що характеризуються співвідношенням та структурою атомів вуглецю і водню.

Метанові вуглеводні, відомі як алкани, які є насиченими сполуками і не мають подвійних зв'язків, характеризуються загальною формулою C_nH_{2n+2} , де n - число атомів вуглецю.

Англійські хіміки вперше визначили атомарне співвідношення вуглецю і водню у цих вуглеводнях у 1833 році. Формула охоплює діапазон від $n = 1$ до 60, що вказує на існування послідовного ряду метанових вуглеводнів, які послідовно ускладнюються. Цей ряд, відомий як гомологічний, має членів, які відрізняються на один атом вуглецю і два атоми водню. Відкриття гомологічних рядів вуглеводнів у 1843 році французьким хіміком Шарлем Фредеріком Жераром було важливим для розуміння закономірностей зміни складу нафти. Метанові вуглеводні цього ряду властиві утворенню відкритих ланцюжків, що збільшуються, і мають насичену валентність атомів вуглецю, тому їх часто називають насиченими або граничними. Ще одна їхня назва - парафінові (від латинської "парум аффініс" - малоспоріднений, інертний і несхильний до реакцій) вуглеводні. Термін "парафіни" використовується для суміші вуглеводнів метанового ряду з молекулярною масою від 240 і вище, які містяться у нафтах від кількох до 20% і більше [1].

Залежно від молекулярної маси та хімічної структури, метанові вуглеводні можуть перебувати у газоподібній, рідкій та твердій фазах при

нормальних умовах. Наприклад, газоподібні фази характерні для перших чотирьох членів ряду (метан, етан, пропан, бутан) при нормальних умовах, тоді як рідкі фази властиві вуглеводням від пентану до пентадекану $C_{15}H_{32}$, а тверді фази для вуглеводнів від гексадекану $C_{16}H_{34}$ і вище.

Нафтеніві вуглеводні, які були вперше відкриті російським вченим В.В. Марковніковим у 80-х роках минулого століття, володіють загальною формулою C_nH_{2n} та містять кілька метиленових груп - CH_2 , які формують замкнуті цикли чи кільця.

Ці вуглеводні, також відомі як поліметиленові або циклани (з грецького "циклос" - коло), подібно до метанових, є насиченими. Молекули нафтенів можуть складатися з одного, двох, трьох і більше об'єднаних метиленових кілець. У складі нафти переважають нафтени з п'яти- або шестиатомними кільцями CH_2 . Ці кільця можуть містити бокові ланцюжки метанової будови, де атом водню в метиленовій групі $=CH_2$ може бути заміщений будь-яким вуглеводневим радикалом, таким як метил CH_3 , етил C_2H_5 і інші [1].

Нафтеніві вуглеводні відіграють важливу роль у покращенні характеристик моторних палив і олив для автомобільних двигунів. Легкі фракції нафти, які містять нафтени, широко використовуються як вихідна сировина для виробництва ароматичних вуглеводнів, таких як бензол і толуол. Під час каталітичного реформінгу нафтеніві вуглеводні з бензинових фракцій змінюють свою структуру, перетворюючись у ароматичні сполуки. Ароматичні вуглеводні, які описуються формулою C_nH_{2n-m} , представляють собою ще одну ключову групу вуглеводнів, у молекулах яких виявляється замкнена циклічна структура, об'єднана групами CH .

У відмінності від нафтенів, ароматичні вуглеводні визначаються своєю ненасиченістю, але через їхню закриту циклічну структуру вони виявляють малу хімічну активність. Зокрема, типові реакції включають заміщення атомів водню атомами інших елементів, таких як хлор, бром, йод та інші. Бензол (C_6H_6)

служить найпростішим представником ароматичних вуглеводнів, інші ж відомі ароматичні вуглеводні є його похідними [1].

Порівняно з іншими класами вуглеводнів, ароматичні вуглеводні вирізняються високою густиною і займають проміжне положення за в'язкістю між парафіновими та нафтовими. Незважаючи на те, що ароматичні вуглеводні важливі для складу бензинів, їхнє використання може негативно впливати на якість реактивних та дизельних палив через негативний вплив на характеристики згорання.

Насичені вуглеводні (алкени, алкадієни) зустрічаються в нафтах рідко і в обмежених кількостях. Проблеми екологічного забруднення виникають внаслідок низького технічного рівня нафтопереробної промисловості, недосконалості технологічних схем нафтопереробних заводів і виробництва низькоякісних нафтопродуктів. Україна стикається з цією проблемою, яку необхідно вирішити [1].

Використання біоремедіації представляє собою ефективний підхід до вирішення проблем забруднення нафтою, де біологічне очищення застосовує мікроорганізми для нейтралізації або видалення забруднюючих речовин за допомогою їхніх метаболічних властивостей. Цей метод розглядається як неінвазивний та економічно вигідний. Використання біодеградації мікроорганізмами є ключовим механізмом для більш ефективного та економічно вигідного видалення забруднюючих речовин вуглеводневої структури з навколишнього середовища, порівняно з іншими методами відновлення.

Ефективність застосування біоремедіації для очищення навколишнього середовища від нафтопродуктів залежить від здатності створювати та утримувати умови, які сприяють активізації біодеградації нафтопродуктів у природному середовищі. Факторами успіху біоремедіації є наявність мікроорганізмів із відповідними обмінними властивостями, фізичні та хімічні характеристики нафти, а також розмір зони забруднення. Мікроорганізми

повинні розвиватися в середовищі вуглеводнів, взаємодіяти біохімічно та бути стійкими до токсичного впливу вуглеводнів для повного видалення нафтопродуктів. Специфічність ферментів мікроорганізмів визначає спеціалізацію штамів щодо конкретних вуглеводнів, що підсилює ефективність процесу біодеградації нафтового забруднення [1].

1.3 Вплив нафти і нафтопродуктів на ґрунт

Прогрес сучасного суспільства та науково-технічний розвиток тісно пов'язані з відповідальним використанням природних ресурсів. Однак нафтова промисловість, яка відіграє ключову роль у споживанні природних ресурсів, впливає на різноманітні природні екосистеми та серйозно негативно впливає на навколишнє середовище на всіх етапах виробничого циклу — від геологічної розвідки нафтових родовищ до використання та переробки нафтопродуктів у різних галузях промисловості.

Вуглеводні, які потрапляють у природні середовища (повітря, вода, ґрунт), призводять до міграції речовин, розповсюджуючись у кожній з цих сфер та завдаючи серйозної шкоди природному середовищу. Ґрунти, зазначається, мають обмежену можливість відновлення після агресивного впливу нафти та нафтопродуктів, оскільки вони утримують токсичні речовини, що негативно впливають на рослинність, тварин та мікроорганізми. Це може призвести до різкого зниження або повної втрати родючості ґрунтів і значно підвищити негативний вплив на природне середовище. Безперервна експлуатація нафтових родовищ, транспортування, зберігання, обробка та використання нафтопродуктів призводять до тривалого вилучення з обігу та забруднення значних територій країни [1, 2].

В результаті промислового видобутку та використання нафти проводиться значний обсяг досліджень, які аналізують різні аспекти трансформації та адаптації ґрунтового покриву під впливом вуглеводнів.

Забруднення ґрунту нафтою та нафтопродуктами суттєво впливає на всі аспекти його морфологічних, фізичних, фізико-хімічних та біологічних властивостей, що визначають родючість і екологічні функції. Масштаб цих змін залежить від кліматичних умов, ландшафту, рельєфу, типу та вихідного стану ґрунту, а також від складу, властивостей, кількості та тривалості впливу забруднювачів. Поява змін у колірності та мозаїчності структури ґрунту після забруднення нафтою свідчить про нерівномірний розподіл вуглеводнів у товщі ґрунту. Забруднення призводить до швидкої трансформації гранулометричного складу, що впливає на родючість та агрономічні характеристики ґрунту. Нафтова плівка покриває частинки ґрунту, спричиняючи їх агрегацію, тоді як поровий простір заповнюється нафтопродуктами, порушуючи аерацію та створюючи анаеробні умови. Це може призвести до гнильцю та поверхневого заболочування ґрунту. Зростання вмісту органічної речовини, зумовлене надходженням компонентів нафти в ґрунт, також впливає на формування відновних умов.

Гранулометричний склад визначає всі фізичні характеристики ґрунту, такі як порозність (пористість), вологомісткість, водопроникність, аерація, теплоаккумуляція і теплопровідність. Під впливом нафти та агрегації ґрунтових частинок, які заповнюються великими порожнинами, ці властивості погіршуються. Забруднення нафтою та нафтопродуктами призводить до змін у вмісті органічного вуглецю, групового та фракційного складу гумусу, а також кількості та співвідношення макро- і мікроелементів. Це порушує співвідношення C : N в сторону вуглецю, що впливає на азотний режим ґрунтів, необхідний для нормального розвитку мікроорганізмів і рослин. Зазначено, що такі зміни можуть вплинути на функціонування екосистем та екологічні процеси в ґрунті [1, 2].

Зазначені трансформації у ґрунтово-покровному комплексі (ГПК) викликають дисбаланс у рівнянні кислотності та лужності, що може привести до алкалізації раніше кислих та слабокислих ґрунтів або кислотизації нейтральних. Ймовірно, це пояснюється зростанням концентрації

низькомолекулярних органічних кислот, які активно утворюються грибковою мікрофлорою, стимульованою нафтозабрудненням ґрунтів [17, 24]. Паралельно з нафтою в ґрунт потрапляють різноманітні важкі метали та металоорганічні комплекси, включаючи уран. Присутність урану в нафтовому розчині може призвести до підвищення радіоактивного фону на забруднених територіях та завдати значний збиток навколишньому природному середовищу, залежно від місця забруднення та напрямку поширення вітру [1, 2]. Такі процеси можуть викликати серйозні наслідки для екосистем та здоров'я людей, що зазнають впливу цих забруднень.

Вплив нафтозабруднення на ґрунтове середовище представляє собою складний процес. Здоров'я біорізноманіття ґрунту залежить від умов, у яких функціонують різні співтовариства мікроорганізмів, таких як бактерії, мікроскопічні гриби, водорості та безхребетні тварини. Забруднення ґрунтів нафтопродуктами викликає різноманітні реакції у цих групах живої природи. Важливою є роль мікроорганізмів у ґрунтових екосистемах, і їхня активність значно впливає на процеси самоочищення нафтозабруднених ґрунтів. Взаємодія нафти з мікроорганізмами ґрунту є протиріччям, оскільки вона може одночасно стимулювати розвиток певних видів та пригнічувати інші. Нафтові вуглеводні можуть спричиняти токсичний ефект, особливо на ароматичні мікроорганізми, або впливати опосередковано, змінюючи фізико-хімічні властивості ґрунту.

Проникнення нафти в ґрунти призводить до змін у чисельності, структурі та різноманітті мікробної спільноти. Впливи залежать від виду, концентрації та тривалості впливу нафти, а також типу ґрунту та його мікробіоценозів [1, 2].

Навіть невеликі кількості нафтового забруднення можуть призвести до зменшення чисельності деяких мікроорганізмів, одночасно стимулюючи розвиток інших. Наукові дослідження свідчать, що грибні спільноти мають більшу стійкість до нафтового забруднення порівняно з бактеріями, але також

піддаються процесам елімінації чутливих видів та домінуванню груп, які використовують вуглеводні.

Ефект впливу нафтового забруднення також виявляється у мікроводоростей, які реагують на зміну структури їхніх комплексів під впливом нафти. Деякі види ціанобактерій та зелених водоростей проявляють вищу стійкість до забруднення, в той час як інші можуть зникати при низькому рівні забруднення.

Узагальнено, наявність різноманітних мікроорганізмів у ґрунтах, забруднених нафтою, може служити індикатором відновлення ґрунту, проте цей процес є складним і залежить від численних факторів. Безхребетні, такі як найпростіші, черви, молюски та комахи, реагують на вплив нафти різноманітними змінами, включаючи трансформацію видового складу, чисельності, зміни в статеві-віковій структурі та розмірі особин [1, 2].

Легкі та летючі фракції нафти особливо токсичні для педобіонтів. Інфузорії виявляють високу чутливість, навіть до малих концентрацій нафти, що робить їх ефективними біоіндикаторами для визначення ступеня забруднення. Під впливом токсичної дії нафти спостерігаються коливання чисельності видів та розшарування структури спільнот, залежно від стійкості та концентрації забруднювача.

Концентрації нафти мають вплив на чисельність, різноманітність та щільність популяцій безхребетних. При хронічному забрудненні відбуваються етапи змін у спільнотах амебових раковин, включаючи резистентність, коливальне зменшення чисельності, депресивну стадію і відновлення. Дощові черв'яки виявляють адаптивні реакції на хронічне нафтозабруднення, такі як загибель, міграція та поступове заселення ділянок. Під впливом нафти спостерігається зменшення кількості амебоцитів, а також відзначаються зміни у фізіології та поведінці безхребетних.

Обробка інфузорій, дафній, молюсків та личинок комара нафтою викликає післядії та віддалені ефекти, а також компенсаторні реакції, що

свідчать про генетичну небезпеку для живих організмів. Нафтове забруднення призводить до зниження життєздатності та рухової активності у дафній [1-4].

Дослідження підтверджують складний характер цього впливу, який залежить від різних факторів, таких як тип та концентрація забруднювачів, тривалість впливу, вид рослин, ґрунтово-кліматичні умови і агрохімічний фон. Низькі концентрації нафти можуть сприяти росту рослин, збільшуючи їх схожість, довжину, біомасу та інші характеристики. Однак високий вміст забруднювача може призвести до зниження проростання, кількості насіння та гальмування зростання рослин.

Вплив нафти може виявитися корисним, що можна пояснити наявністю стимулюючих факторів для росту рослин та поліпшення їх харчування через розкладання органічних компонентів. З іншого боку, пряма токсична вплив нафти може спричиняти швидке руйнування тканин рослин. Нафта також відзначається впливом на навколишнє середовище, де ростуть рослини, погіршуючи обмін повітря, гідрофобізуючи частинки ґрунту та змінюючи функціонування ґрунтового біоценозу. Дослідження також вказують на негативний вплив нафтового забруднення на морфо-фізіологічну та генетичну стабільність рослин, виявляючись у компенсаторних реакціях та порушеннях умов хронічного забруднення.

Відновлення забруднених ґрунтів, спричинених впливом нафти та нафтопродуктів, є актуальним завданням у сучасному світі через множину негативних екологічних наслідків. Ці наслідки включають альтерації морфології, фізико-хімічних та хімічних характеристик ґрунту, погіршення дренажу, зменшення біологічної активності та втрату здатності до самоочищення. Крім того, відзначається порушенням екологічної рівноваги в ґрунтовому біоценозі та деградацією рослинного покриву [1-4].

З урахуванням тривалого природного процесу самоочищення ґрунту від антропогенного забруднення, особливо в регіонах із помірним і холодним кліматом, використовується рекультивація для ліквідації наслідків нафтового

забруднення. Це включає заходи, спрямовані на запобігання деградації ґрунтів та відновлення їхньої родючості, такі як усунення забруднення, відновлення родючого шару та створення захисних лісових насаджень.

Види робіт з рекультивації можна розділити на "ex situ" та "in situ". Перші включають в себе видалення забрудненого ґрунту для його подальшої обробки та зберігання на спеціальних майданчиках, що дозволяє використовувати швидші методи очищення. Однак на великих територіях або в умовах обмеженого доступу це може бути економічно неефективним. Також важливо враховувати, що цей підхід може викликати спотворення морфології території та порушення водних систем.

Технологія "in situ" застосовується безпосередньо на місці забруднення, що дозволяє зекономити кошти та зменшити ризик впливу поллютантів на навколишнє середовище. Однак цей метод ускладнений гетерогенною природою ґрунту, як з геологічної, так і з точки зору поширення забруднення. Рекомендується проводити рекультивацію та біологічний контроль за очищенням територій, порушених нафтовим забрудненням, послідовно на два етапи: технічний та біологічний [1-4].



Рис. 1.1 - Обвалування місця розливу нафтопродуктів [35]

На етапі технічної очистки та відновлення ґрунтів, порушених внаслідок розливу нафтопродуктів, здійснюється комплекс заходів для обмеження поширення забруднення та відновлення рельєфу та ландшафту ураженої території, включаючи рубку рослинності. Це сприяє ефективній та оперативній локалізації та ліквідації аварійної ситуації та відновленню зон, постраждалих від наслідків розливу нафтопродуктів.

Обмеження поширення нафти досягається за допомогою технологічних заходів, таких як [1-4]:

- обвалування;
- встановлення бар'єрів, дамб, гідрозатворів для утворення перешкод у каналах, особливо на болотистих територіях та землях із великою кількістю водойм;

- збір нафти із поверхні ґрунту за допомогою спеціальних засобів, машин і механізмів, що часто входять до складу механічних систем очищення нафтозабруднених ґрунтів.

Для локалізації аварійних розливів нафтопродуктів використовуються хімічні препарати:

- емульгатори застосовуються для створення емульсій з метою диспергування нафти та прискорення її розкладання;

- отверди використовуються для надання нафті густої консистенції та подальшого механічного видалення;

- миючі засоби використовуються для змивання нафтових плівок і плям з забруднених ділянок.

Використання хімічних речовин під час аварійної очистки призводить до значного зменшення площі розливу через утворення більш щільної плівки, застигання нафти (утворення гелю) та її перетворення в гумоподібну масу, яку можна легко видалити механічними засобами. Цей процес, відомий як "загущення продуктів переробки", ефективно обмежує розлив нафтопродуктів на обмеженій території [1-4].

Після впровадження обмежувальних заходів іноді здійснюється механічний збір забрудненого ґрунту та його вивезення на сміттєзвалище, яке конструктивно та терміново не пристосоване для сучасних об'ємів шкідливих речовин. Після цього проводять переорювання або розпушування цієї суміші шкідливих речовин.

У цьому випадку процес "очищення" нафти відбувається шляхом її введення та утримання в нижніх шарах ґрунту, де умови для протікання процесів розкладання вуглеводнів та природного самоочищення ґрунтового середовища менш сприятливі. Це може призвести до утворення підземних потоків нафти та забруднення ґрунтових вод (рис. 1.2).

Обидва ці методи сприяють виникненню місць вторинного забруднення навколишнього середовища.

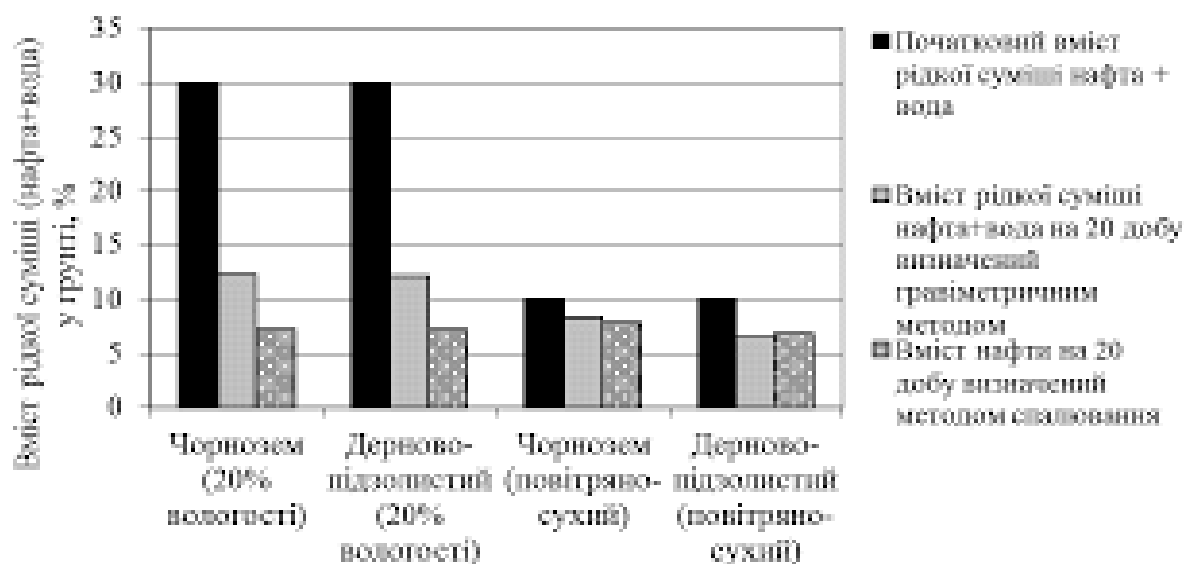


Рис. 1.2 - Вміст рідкої суміші (нафта + вода) у ґрунті (20 діб) [4]

У даному варіанті, процес "очищення" нафти відбувається шляхом введення та утримання її в нижніх шарах ґрунту, де умови для протікання процесів розкладання вуглеводнів та природного самоочищення ґрунтового середовища менш сприятливі. Цей підхід може призвести до утворення підземних потоків нафти та забруднення ґрунтових вод (рис. 1.2). Обидва зазначені методи сприяють формуванню місць вторинного забруднення навколишнього середовища.

З метою подальшого розгляду цього питання, слід також зазначити, що обидва ці підходи можуть викликати несприятливі наслідки для екосистем, зокрема, збуджуючи підземні потоки нафти та загрозово впливаючи на якість ґрунтових вод [1-4].

2 ВПЛИВ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ НА ВОДНЕ СЕРЕДОВИЩЕ

2.1 Особливості нафтового забруднення водою

Дослідження характеристик забруднення водних об'єктів нафтою вважається важливою проблемою, що визначає вплив людської діяльності на водні екосистеми. Кожного року у моря та океани потрапляє понад 3 мільйони тонн нафти та нафтопродуктів. При потраплянні нафти у морську воду виникає поверхнева плівка різної товщини, і колір цієї плівки може служити показником її товщини. Використання різниці в оптичних характеристиках між нафтовим шаром та морською водою дозволяє виявляти та оцінювати забруднення нафтою на поверхні морів та океанів в ультрафіолетовому, видимому та інфрачервоному спектрах. Безпека та здоров'я водних екосистем є критичними аспектами у вирішенні цієї проблеми [5-7].

Для виявлення плагіату використовуються різні методи, включаючи пасивні, які базуються на природньому випромінюванні, та активні, що використовують штучне випромінювання. Пасивні методи використовують випромінювання, що відбивається або випромінюється системою нафта-вода, тоді як активні методи використовують штучні джерела випромінювання. Зазначена припустима концентрація нафти та нафтопродуктів у воді, відома як гранично допустима концентрація (ГДК), становить 50 мікрограм на літр.

Для усунення нафтових плівок застосовують різні методи, такі як механічні, адгезивні, хімічні, біологічні та інші, включаючи використання спеціальних засобів та матеріалів, таких як збирачі нафти, сорбенти, диспергенти та інші засоби. Це важливий аспект управління та збереження водних ресурсів, а також забезпечення екологічної стійкості водних екосистем.

Наприклад, особливо важливим джерелом забруднення світових океанів не є аварійні розливи, пов'язані з видобутком та транспортуванням нафти, як це часто вважається. Такі події становлять менше 10% від загального

обсягу викидів вуглеводнів в морському середовищі. Навпаки, природні витоки нафти, що виникають внаслідок виходу з тріщин та розломів морського дна, складають приблизно половину (50%) загального потоку нафти [5, 6].

Судноплавство також вносить свій внесок, але лише на рівні приблизно 30%, включаючи як заплановані операції, так і аварійні ситуації та нелегальні скиди нафтових відходів.

У прісноводних водоймах ситуація трошки відрізняється, і основними джерелами збільшення вмісту вуглеводнів є аварії на об'єктах видобутку та транспортування нафти. Також стічні води, які містять різні вуглеводні, і витік нафтових компонентів під час звичайної експлуатації нафтопромислових об'єктів грають значущу роль у забрудненні водних об'єктів. Щодо забруднення, не пов'язаного з видобутком нафти, водний транспорт, комунальна діяльність та інші людські впливи на прибережну зону також вносять свій внесок.

Приплив нафти до водних об'єктів швидко розподіляється на фракції, формуючи плівку на поверхні води. Ця плівка впливає на процеси обміну газів, енергії, тепла та води між атмосферою та водною територією, що призводить до негативних змін у фізичних, хімічних та біологічних параметрах водного середовища та його екосистеми [5, 6].

Природні механізми, такі як самоочищення поверхневих вод від нафтового забруднення, визначаються різноманітністю властивостей нафти, особливостями водного середовища та впливом біологічних організмів, зокрема мікроорганізмів, здатних до окислення нафти.

2.2 Забруднення гідросфери нафтою та нафтопродуктами

Спостереження за негативним впливом нафти на водні організми включають [5-7]:

- фізичні впливи при прямому контакті організмів з нафтою стають особливо помітними у взаємодії птахів та ссавців з нафтовою плівкою, а також при тривалому забрудненні донних відкладень;

- швидка інтоксикація спостерігається при інтенсивному забрудненні нафтою, що є характерним для легких нафтових видів із високим вмістом розчинних низькомолекулярних аренов;

- стресові порушення фізіолого-біохімічних, поведінкових та інших життєважливих процесів також є однією з наслідків взаємодії з нафтою.

Накопичення вуглеводнів у промислових організмах може спричинити появу специфічного смаку та запаху нафти в м'ясі риби, особливо при вмісті нафтопродуктів у воді більше 0,1 мг/л. Це може впливати на якість та безпеку продуктів харчування, а також викликати занепокоєння серед споживачів.

Важливо відзначити, що негативний вплив нафти на водні організми може виникати не лише через токсичні речовини, але також через безпосередню фізичну взаємодію з живими організмами на поверхні води та на берегах. Крім того, нафтове забруднення може призводити до руйнування природного середовища організмів після його потрапляння у водний об'єкт. Це підкреслює комплексний характер впливу нафтового забруднення на водні екосистеми, що включає не лише хімічні аспекти, а й фізичні та екологічні [7, 8].

Орнітофауна. Найбільш серйозним екологічним фактором, який спричинює поширення нафти, є формування плівки на воді. Уразливими в цьому випадку є водні птахи, які є невід'ємною частиною екосистеми.

Взаємодія із нафтою призводить до порушень терморегуляції, втрати плавучості, обмеженої здатності літати та полювати у цих птахів, що часто має фатальні наслідки. Спроби птахів очищати дзьобами можуть викликати

серйозні ускладнення, такі як застій в легенях, кровотечі, пневмонія та порушення функцій печінки та нирок. Передача нафти пташенят або яйцям під час їх повернення в гніздо може призводити до пошкоджень шкарлупи, негативно впливати на ріст пташенят або порушувати їхній розвиток. Ці аспекти ілюструють серйозні наслідки взаємодії нафтового забруднення з водними птахами та їхнім природним середовищем [7, 8].

Нафтові розливи мають різний вплив на популяції птахів, і цей вплив залежить від місцезнаходження забруднення, особливо в областях, де спостерігається масова концентрація птахів під час сезонів розмноження або міграції. Умови навколишнього середовища, такі як низькі температури води та повітря, сприяють підвищенню ризику смерті птахів. Водні ссавці можуть втрачати життя внаслідок втрати теплоізоляційних властивостей хутра під час контакту з нафтою. Деякі глибоководні риби можуть уникати зон забруднення. У прибережних мілководдях та областях слабкої циркуляції води, придонні види риб та молодь стають особливо вразливими під час нафтових розливів. Вплив стає більш виразним, якщо розлив співпадає з періодами масового нересту риб. Поміж токсичним впливом, зменшенням чисельності іхтіофауни може бути пов'язане знищенням кормової бази. Ці фактори підкреслюють різноманітні аспекти впливу нафтових розливів на різні види водних організмів та їхні екосистеми.

Планктон, який є базою харчових ланцюгів у морських екосистемах, може піддаватися впливу нафтових розливів, особливо у прибережних водах. Однак варто відзначити, що він володіє високою здатністю до відновлення після зменшення концентрації нафти в воді.

Бентос, який включає найстійкіші до розкладання нафтові вуглеводні, може бути підданий впливу при великих концентраціях нафти в донних відкладеннях. Тим не менш, він проявляє певну стійкість і може відновлюватися після зменшення концентрації нафти в навколишньому середовищі [7, 8].

Належить зауважити, що деяка інформація підтверджує можливість нафти та нафтопродуктів викликати порушення газових і фільтраційних процесів у безхребетних, які мешкають у бентосі. Крім того, ці речовини впливають на дихальний і серцевий ритми, а також на поведінкові реакції цих організмів. Внутрішні органи молюсків роду "Unio" можуть зазнавати змін внаслідок впливу нафти, що виявляється у порушеннях структури епітеліальної тканини зябер, кишківника та ниркового мішка. Серед усіх груп морського зообентосу, деякі види поліхет, нематод та двостулкові молюски (мідії) проявляють найвищу стійкість до впливу нафти, в той час як ракоподібні (особливо амфіподи), голкошкірі, черевоногі молюски і вусоногі раки швидше виводяться при сильному нафтовому забрудненні. Ці аспекти підкреслюють різноманіття впливу нафтових розливів на різні види водних організмів та їхні екосистеми [9].

Макрофіти, зокрема бурі водорості та ламінарії, виявляють високу стійкість до впливу нафти. Це може бути пояснено наявністю захисної функції слизового покриву на їхній поверхні та можливістю прямого розмноження за допомогою плаваючих у воді спор. Довготривале існування бурої водорості "Fucus" vesiculosus в умовах нафтового забруднення може бути забезпечене включенням вуглеводнів у метаболізм рослинних клітин та наявністю на їхніх таломках для утворення органічних матеріалів.

Збільшення концентрації нафтових вуглеводнів в донних ґрунтах призводить до змін в структурі бентосеносу та зменшення видового різноманіття в річках. Схожі наслідки спостерігаються для морських бентосних спільнот, але, в більшості випадків, вони характеризуються достатньо швидким відновленням. Негативний вплив нафти на бентос проявляється як внаслідок фізичного контакту з вуглеводнями в донних відкладах, так і через токсичні властивості розчинених у морській воді або накопичених в донних осадах забруднювачів. Ці процеси ілюструють різноманітні адаптації та впливи на різні компоненти водних екосистем під впливом нафтових розливів [9, 10].

Бентосні безхребетні, відзначаючись менш розвинутими ферментними та метаболічними системами порівняно з рибами, та виявляючи високу фільтраційну активність та приземлене проживання, часто проявляють підвищену здатність до накопичення нафтових з'єднань. Зокрема, двостулкові молюски відзначаються особливою здатністю акумулювати поліароматичні вуглеводні, не виявляючи помітного метаболічного розкладання цих сполук в їхніх тканинах.

Отже, наслідки забруднення води нафтою охоплюють зміни у видовій та трофічній структурі водних екосистем, що порушують їх функціонування та призводять до зменшення різноманіття життя. Основні впливи включають утворення нафтової плівки на поверхні води, яка обмежує газообмін та фотосинтез у верхніх шарах води, осідання важких компонентів на дно, а також негативний вплив на прибережні та узбережжя. Важливо враховувати, що ранні стадії розвитку багатьох представників фауни особливо чутливі до нафтового забруднення. Такі аспекти вказують на важливість прийняття ефективних заходів для збереження водних екосистем та їхньої біорізноманітності в умовах нафтового забруднення [9, 10].

2.3 Методи очищення водойм від розливів нафти

Очищення водойм від нафтових розливів є завданням, що вимагає великих зусиль, особливо у зв'язку із складністю водного середовища та процесів трансформації вуглеводнів. Організації, які беруть на себе відповідальність за управління наслідками нафтових розливів, використовують різноманітні методи, поділені на чотири основні групи: механічні, термічні, фізико-хімічні та біологічні [11-12].

На етапі початкової ліквідації аварій на воді активно застосовують механічний збір нафти, який проявляє максимальну ефективність у перші години після розливу, коли розмір нафтового шару ще значно великий. Проте з

часом під впливом вітру та течії нафта розтікається та дрейфує, що викликає збільшення площі та зменшення товщини плями, ускладнюючи процес відділення нафти від води.

Механічні методи мають свої обмеження, основним з яких є неповна ефективність, оскільки більше 30% нафти залишається на поверхні після збору. Усмоктування, як інший метод, також має свої недоліки, оскільки воно поглинає значну кількість води, включаючи нафтопродукти у різних станах, що потребує додаткового очищення та збільшує вартість процесу. Незважаючи на це, механічні методи володіють перевагами, такими як максимальна утилізація зібраної нафти та мінімізація збитків для екосистеми водойм [11-12].



Рис. 2.1 - Локалізація розливу за допомогою бонових загород [35]

Для знезараження води застосовують механічні методи, включаючи використання стаціонарних систем для збору нафти за допомогою бомб та нафтозбирачів, що дозволяє локалізувати та видаляти нафтові плями (Рис. 2.1). Крім того, використовують портативні "скімери" – спеціальні пристрої, які

відводять та збирають забруднення з поверхні, а після цього, за допомогою насоса, перекачують його у резервуар для подальшого зберігання. Представлені методи сприяють усуненню забруднень та забезпечують збереження зібраної нафти для подальшого використання чи утилізації.



Рис. 2.2 - Збір нафтошляму у тимчасові ємності [13]

Термічний метод, який передбачає випалювання нафти, вважається потенційно небезпечним для навколишнього середовища. Цей підхід передбачає, що товщина шару забруднення повинна бути не менше 3 мм, оскільки в іншому випадку нафта може не спалахувати через охолоджуючий ефект води. Використання цього методу рекомендується безпосередньо після виникнення забруднення, до утворення емульсії з водою.

Фізико-хімічні методи боротьби з нафтовими розливами базуються на використанні диспергентів і сорбентів. Диспергенти руйнують нафтову плівку, сприяючи швидкому розподілу нафти у воді та відновленню обміну речовинами з атмосферою, що в свою чергу активізує процес біодеградації [12-13].

Використання таких засобів сприяє ефективному зменшенню збитків від забруднення для поверхневих птахів та рослинності на узбережжі. Проте важливо відзначити, що багато реагентів не здатні ефективно диспергувати дуже в'язкі нафтопродукти та стійкі емульсії. Крім того, у більшості

диспергентів містяться різні поліароматичні вуглеводні, які є високотоксичними речовинами, і їх негативний вплив на морські організми іноді перевищує вплив самої нафти. Перспективним напрямком для розвитку цього методу є використання біосурфактантів, які виробляються мікроорганізмами.

Метод сорбції для видалення нафти включає нанесення та подальший збір сорбенту. Ефективність цього підходу досягає свого піку, коли товщина нафтових плівок менше 1 мм. Однак цей метод обмежений певними факторами, такими як обмежений радіус дії, поступова зміна сорбційних властивостей матеріалів, громіздкість сорбентів під час зберігання та транспортування, а також необхідність збору та утилізації значної кількості нафтенасиченого сорбенту [13].

Для успішного використання сорбентів важливо, щоб вони відповідали певним характеристикам, таким як:

- гідрофобність;
- висока нафтомісткість;
- плавучість;
- здатність утримувати нафту під час видалення сорбенту з водного середовища;
- легкість утилізації або біорозкладання;
- стійкість до руйнування у воді;
- можливість багаторазової регенерації;
- простота експлуатації;
- ефективність при різних температурах;
- нетоксичність;
- оптимальна вартість.

Сорбенти, виготовлені з природних матеріалів, є екологічно чистими та доступними з економічної точки зору, оскільки часто це є відходи виробництва або легкодоступні матеріали (наприклад, лузга соняшнику, шкарлупа кедрового

горіха, деревна тирса, відходи ватного виробництва, кокосове та пальмове волокно, рисове лушпиння та інші дрібнодисперсні відходи). Однак у них є певні недоліки, такі як тонення разом із сорбованою нафтою, що може призвести до вторинного забруднення, низька сорбційна місткість (менше 10 г нафти на г сорбенту), утримання легких фракцій нафти (бензин, дизельне паливо) та схильність до мікробіологічного розкладання при зберіганні. Для подолання цих недоліків їх модифікують за допомогою різних методів, зазвичай, надаючи їм гідрофобні властивості [13-15].

Синтетичні сорбенти, такі як поліпропілен, поліуретан, пінополістирол, гумова крихта та інші, володіють високою поглинальною здатністю, але їх використання обтяжено великою вартістю та проблемами утилізації через токсичність продуктів згорання.

Більшість технологій механічної та фізико-хімічної очистки води від нафти та нафтопродуктів, які практично застосовуються, мають складну структуру, вимагають великих ресурсів і не завжди гарантують повне видалення забруднювачів з поверхні, особливо враховуючи вуглеводні, які можуть перебувати у воді у розчиненому або емульгованому стані.

На сьогодні велика увага приділяється використанню біологічних методів для очищення водних об'єктів від нафти та нафтопродуктів, оскільки вони відзначаються високою ефективністю, економічністю, екологічною безпекою та відсутністю вторинних забруднень. Для досягнення цих цілей використовують водних організмів-фільтраторів, таких як малощетинкові черви та мідії, а також водні рослини, включаючи ейхорнію, водний мох, елодею та кушир, а також мікроорганізми, що окислюють вуглеводороди. Ці організми відіграють ключову роль у процесі очищення води, розкладаючи нафту та її похідні на безпечні кінцеві продукти, такі як вуглекислий газ та вода [13-15].

2.4 Очищення водних об'єктів від нафти та нафтопродуктів за допомогою мікроорганізмів

Застосування мікроорганізмів для видалення вуглеводнів з водних екосистем, забруднених нафтою та нафтопродуктами, сприяє ефективному очищенню цих об'єктів. Вуглеводні, що потрапляють до водних екосистем, служать джерелами вуглецю та енергії для утилізуючих організмів, сприяючи їхньому зростанню та розвитку за наявності сприятливих умов. Зокрема, мікроорганізми, використовувані для боротьби з наслідками нафтових розливів у воді, стають джерелом їжі для планктону та інших організмів, що утримують певні трофічні зв'язки. Такий процес сприяє відновленню балансу та забезпечує здоровий екосистемний стан водних об'єктів.

Серед УОМ, що мешкають в морському середовищі, виявлені представники бактерій: *Corynebacterium*; *Nocardia*; *Rhodococcus*; *Achromobacter*; *Acinetobacter*; *Alcaligenes*; *Archrobacter*; *Bacillus*; *Flavobacterium*; *Coryneforms*; *Microbacterium*; *Micrococcus*; *Pseudomonas*; *Frankia*; *Nocardiopsis*; *Brevibacterium*; *Actinomadura*; *Mycobacterium*; *Alteromonas*; *Oceanospirillales*; *Colwellia*; *Cycloclasticus*; ціанобактерій; грибів та водоростей [14-17].

Наукові дослідження підтверджують ключову роль бактерій *Alcanivorax* у процесі деградації лінійних вуглеводнів у водних середовищах, що забруднені сирою нафтою. Інші наукові вивчення продемонстрували, що, окрім бактерій *Oleispira antarctica*, основні мікроорганізми, відповідальні за розкладання n-алканів у морській воді, є *Alcanivorax borkumensis* та *Alcanivorax dieselolei*.

Процес біодеградації вуглеводнів у морській воді був досліджений при температурі 5 °C у наявності дрібних крапель нафти (9–11 мкм). Представники родів *Colwellia*, *Oleispira* та сімейства *Oceanospirillaceae* трансформували n-алкани (від C₅ до C₃₆) більш ніж на 95% протягом 31 дня. Бактерії родів

Cycloclasticus, *Marinobacter* та сімейств *Alteromonadaceae* та *Flavobacteriaceae* зазнали деструкції ароматичних вуглеводнів (включаючи ПАУ) більш ніж на 95% протягом 64 днів. Деградація ПАУ в морському середовищі відбувається за допомогою *Cycloclasticus pugetii* та *Marinobacter hydrocarbonoclasticus*, яка також проводить окислення лінійних алканів.

Мікроорганізми *Oceanisphaera litoralis*, *Pseudoalteromonas citrea*, *P. elyakovii*, виявлені в морській воді, проявили здатність до розкладання бензинових фракцій, нафти та моторної оливи [14, 16].

Штам *P. Citrea* виявив найбільшу активність у розкладанні важких масляних фракцій.

Вивчено, що бактеріоценоз у фукусових водоростей та епіфітних углеводородокисляючих бактерій, таких як *P. fluorescens*, *P. guinea*, *Ochrobactrum anthropi*, *R. fascians*, здатний до утилізації нафтових вуглеводнів, успішно переносить їх великі концентрації у водному середовищі та може значно сприяти процесам деструкції нафтових забруднень в прибережних морських акваторіях полярних та помірних широт [13-16].

Обіцяючим напрямком для очищення водних поверхонь та промислових стічних вод від нафти та нафтопродуктів є використання біосорбентів, зокрема, носіїв із іммобілізованими мікроорганізмами на їх поверхні. Цей метод передбачає, що носій фізично захищає клітини від прямого впливу токсичних речовин та негативних зовнішніх умов, таких як температура, кислотність та концентрація електролітів. Такий підхід дозволяє іммобілізованим мікроорганізмам утримувати свою життєздатність та метаболічну активність протягом тривалого періоду.

Крім того, завдяки іммобілізації, значна кількість біомаси збирається, уникаючи винесення її при великих об'ємах води в очисні споруди. Важливим є розвиток біосорбентів, які ефективні при високій концентрації розчинених та емульгованих вуглеводнів у твердій фазі. Подальша деструкція локалізованих

забруднювачів за допомогою нафтоокислюючої мікробіоти, що іммобілізована на носії, забезпечує ефект саморегенерації сорбенту.

Результати багатьох досліджень та отримані патенти свідчать, що іммобілізація мікроорганізмів підвищує ефективність процесів деструкції нафти та нафтопродуктів при очищенні забруднених акваторій та нафтоутримуючих стічних вод [16, 17].

На сьогоднішній день існує значна кількість біопрепаратів для очищення водних поверхонь від нафти та нафтопродуктів, які ґрунтуються як на монокультурах, так і на асоціаціях мікроорганізмів. Багато з них також застосовуються для видалення нафтозабруднень з ґрунту.

Проте серед недоліків використання біопрепаратів слід відзначити їх обмежену ефективність при ліквідації великих розливів нафти та нафтопродуктів, коли товщина плівки на водній поверхні перевищує 1 мм, а також потребу в значній кількості поживних речовин для стимулювання активності мікроорганізмів при очищенні великих обсягів нафтозабруднених територій та акваторій.

Кожен з розглянутих методів очищення водного середовища від нафтових вуглеводнів має свої переваги та недоліки. Вибір конкретного способу залежить від типу забруднення, його розмірів та характеристик, а також від екологічної та економічної доцільності. Однак, оскільки жоден з них не може гарантувати повне видалення забруднювача, найбільш перспективним є комплексне використання декількох методів, що дозволить максимально знизити збитки від негативного впливу розливів та аварій з нафтою та нафтопродуктами [16-17].

Використання рослин і водоростей для очищення забруднених вод і ґрунтів здійснюється за допомогою гідроботанічних майданчиків. Методи, що базуються на природних процесах самоочищення водойм, реалізуються через інженерні споруди, такі як різні типи біологічних ставків-відстійників і

гідроботанічні майданчики (ГБМ). Продуктивність очисних споруд може варіювати від декількох десятків до декількох сотень літрів на секунду.

На відміну від локальних очисних споруд, гідроботанічні майданчики створюють умови для природних біохімічних процесів, пов'язаних з функціонуванням вищих водних рослин (ВВР). До таких рослин відносять ряску, водяний шпинат, рогіз, очерет, многокоренник, ейхорнії, які володіють здібностями переробляти забруднюючі речовини. Ці рослини можуть переживати значні коливання рівня води і беруть участь у процесах біологічного очищення [17].

Особливо ефективним виявляється тип рослин, який не закорінюється, має здатність плавати на поверхні води і швидко нарощувати кореневу і вегетативну масу. Стічна вода, що пройшла очищення в гідроботанічних ставках, вивільняється від значної кількості забруднюючих речовин, таких як суспензії, нафтопродукти, важкі метали. Показники вмісту шкідливих речовин можуть досягати наступних значень [17]:

- завислі речовини - до 10-20 мг/л;
- нафтопродукти - до 0,3 - 0,5 мг/л;
- БПК до 5-6 мг/л.

Час очищення стічної води в гідроботанічних майданчиках перевищує час очистки на локальних очисних спорудах не менше, ніж у 6 разів. Збільшення тривалості очищення в природних умовах сприяє більш глибокому очищенню. Гідроботанічні майданчики, як відкриті водойми, піддаються впливу природних і кліматичних факторів, таких як сонячне освітлення, аерація, температура і активна дія бактерій-редуцентів. Ці фактори підсилюють фізичні і хімічні реакції розкладання нафтопродуктів.

Гідроботанічні майданчики як метод біологічного очищення стічних вод широко використовуються у всьому світі. У нашій країні також існує практика використання подібних споруд. Однак недолік методу полягає в недостатній обробці розрахунків ГБМ для очищення поверхневих стоків [16-17].

Переваги використання методу очищення в гідроботанічних ставках включають:

- можливість використання невеликих природних водойм для обробки стічних вод;
- покращення ефективності очищення за допомогою фільтруючих блоків;
- здатність утримувати нафтопродукти при аварійних розливах;
- менша кількість необхідних споруд, без вимог до спеціальних приміщень або техніки;
- зниження вартості гідроботанічних ставків у порівнянні з аналогічними локальними очисними спорудами в 5-6 разів;
- рідкісність потреби в очищенні від мулових відкладень - один раз за 10 років, що порівняно з локальними очисними спорудами в 20-30 разів рідше;
- відсутність споживання електроенергії та необхідність постійного обслуговуючого персоналу [18].

Порівняльний аналіз відношення середніх капіталовитрат до об'єму оброблених стічних вод підтверджує, що гідроботанічні ставки проявляють високу питому економічну ефективність, перевищуючи ЛОС в 4 рази. Процес очищення включає відстійник, коалесціюючі поверхні (рослини), шунгітовий фільтр і бон з матеріалом, який абсорбує нафту. Шунгітовий матеріал відрізняється високою міцністю та властивостями сорбції, а також виявляє бактерицидні та каталітичні властивості. Нафтовловлювачі для плівкової нафти розташовані між ставками і можуть включати нафтовловлюючі криниці, фільтруючі касети або сорбційні фільтри з фіброілом. Рослини також відіграють ключову роль у задержанні та розкладанні нафтопродуктів, особливо в умовах зростання водойм.

Спеціальні дослідження підтверджують зниження концентрації нафтопродуктів під час дощу на вході в гідроботанічні ставки. Води з укосів та

інших територій сприяють розведенню концентрованих стічних вод, сприяючи при цьому зменшенню вмісту забруднюючих речовин.

Умови для роботи гідроботанічних майданчиків [18]:

Для забезпечення ефективної функціональності гідроботанічних майданчиків важливо дотримуватися таких умов:

- температура води повинна залишатися на рівні не менше 22 °С для ефективного протікання біохімічних процесів. Допускається утримання температури не нижче 19 °С, але не рекомендується короткострокове зниження до 16 °С. Температура повітря не повинна опускатися нижче 18 °С, оскільки це може спричинити сповільнення життєдіяльності мікроорганізмів.

Оптимальний діапазон температур повітря визначається від 22 до 27 °С, а температура понад 40 °С є верхньою межею для запобігання незворотних реакцій білків.

Параметри, такі як БПК і ХПК, повинні мати оптимальні значення, а також забезпечувати достатню кількість поживних речовин для рослин і субстрату мікроорганізмів.

Забезпечення оптимальної природної освітленості, а при нестачі можливе використання штучного освітлення.

Глибина гідроботанічних майданчиків не повинна перевищувати 0,75 метра.

Встановлені обмеження на вміст забруднюючих речовин, зокрема:

- амонійний азот - не більше 120 мг/л;
- фосфати - не більше 50 мг/л;
- залізо - не більше 25 мг/л;
- ПАР (розчинений органічний вуглець) - не більше 15 мг/л;
- сульфати - не більше 160 мг/л;
- нафтопродукти - не більше 60 мг/л;
- феноли - не більше 350 мг/л;
- БПК (біохімічна потреба у кисні) - не більше 1000 мг O₂/л [17-18].

З ВІДХОДИ НАФТОВИДОБУВНОЇ ТА НАФТОПЕРЕРОБНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ. МЕТОДИ ЗНИЖЕННЯ ЇХ НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА НАВКОЛИШНЄ СЕРЕДОВИЩЕ

3.1 Види нафтових відходів

На сьогодні не існує стандартизованої класифікації для усіх типів нафтогазопромислових відходів. Замість цього запропоновано класифікувати відходи в залежності від їх агрегатного стану:

- рідкі (пластові води, бурові стічні води, вуглеводородні некондиції);
- тверді (донні опади резервуарів, бурові шлами та бурові розчини, нафтошлам від розливів, нафтошлам при переробці нафти, нафтошлам трубопровідний);
- газоподібні (попутний газ, сірководень, вуглекислий газ);
- вуглеводні (внаслідок випаровування нафти або витоків газу);
- оксиди сірки (як продукти відпрацьованих газів) [19-21].

Термін "нафтошлам" часто використовується для опису твердих або пастоподібних нафтових відходів. Це включає складні гетерофазні системи з органічною, водною та мінеральною частинами у вигляді піску, пилу, мулу, сполук металів тощо, із змінним співвідношенням цих компонентів. Склад нафтошламу значно різниться в залежності від методів видобутку сировини, складу компонентів, фізико-хімічних властивостей нафт, технологічних схем, температур та інших факторів.

Середній склад нафтошламу включає (в масових відсотках): 10–56% нафтопродуктів, 30–85% води, 1,3–46% твердих домішок.

Залежно від утворення виділяють:

- придонні (формуються при осіданні нафти та нафтопродуктів на дні водойм);

- резервуарні (виникають при перевезенні та зберіганні нафтопродуктів в різних місткостях в результаті їх взаємодії з водою, киснем, механічними домішками та матеріалом стінок резервуара);

- ґрунтові.

Великі обсяги нафтозабруднених ґрунтів формуються при витіканні нафтопродуктів на поверхню землі під час виробничих операцій або аварійних ситуацій, очищення технологічного обладнання, демонтажу резервуарів, транспортування та інших випадках [20].

Усереднений склад замазаного ґрунту виглядає так:

- нафтопродукти (10,1–14,2%);
- нерозчинні компоненти (71,8–78,2%);
- механічні домішки (10,1–13,2%);
- вода (9,7–14,7%);
- солі металів.

Ґрунти, які містять забруднення нафтою, розглядаються як відходи, які виникають після зберігання у спеціальних шламонакопичувачах. Ці відходи віднесені до четвертого класу небезпеки через невелику кількість нафтопродуктів та металів у їхньому складі.

Нафтошлами, які формуються під час видобутку та оброблення вуглеводневої сировини, є найбільшими промисловими відходами і займають великі території. Їх збирають та зберігають у відкритих земляних резервуарах, відомих як нефтешламові камери, без сортування та класифікації. На таких місцях відбуваються природні процеси, такі як накопичення опадів, розвиток мікроорганізмів, окислювальні реакції, які сприяють самовідновленню. Однак через високий вміст солей та нафтопродуктів, а також обмежену кількість кисню, цей процес триває десятиліттями.

Склад нафтошламу, який зберігається в накопичувачах тривалий період, відрізняється від складу свіжого. Часом призводить до його старіння, що призводить до зміцнення та ущільнення. Легкі фракції випаровуються, нафта та

нафтопродукти піддаються окисленню, структура смол змінюється. Крім того, утворюються тверді механічні домішки. В результаті утворюються стійкі багатокомпонентні дисперсні системи, утилізація яких ускладнюється [20-21].

Крім забруднених ґрунтів, значний обсяг нафтових відходів представляє забруднена вуглеводнями відбілююча глина, використовувана в нафтопереробній промисловості. Проте багато таких шламонакопичувачів, побудованих ще з 50-х років, перетворилися на джерела екологічної небезпеки через тривалий термін зберігання та невідповідність сучасним екологічним стандартам.

Тривале зберігання нафтошламів у застарілих резервуарах викликає не лише витрату значних земельних ресурсів, але також [22]:

- виділення забруднюючих речовин в атмосферу через випаровування легких компонентів;
- фільтрацію забруднень в глибокі водоносні шари через стінки та дно сховищ;
- порушення структури зберігальних об'єктів та виливання нафтових відходів на місцевий ландшафт.

Продукти часткового розпаду, присутні в цих накопичувачах, є значно токсичнішими та канцерогеннішими, ніж сама нафта. Тому важливо розробити ефективні та екологічно безпечні технології утилізації нафтошламів та ліквідації застарілих резервуарів для них.

3.2 Методи переробки нафтошламів

Наразі не існує універсального, екологічно безпечного, економічно обґрунтованого і ресурсозберігаючого методу обробки нафтових відходів.

Вибір конкретного методу залежить від складу джерела забруднення, тривалості зберігання, наявності механічних домішок та інших факторів.

Існують деякі методи обробки нафтових відходів, серед яких [22]:

- термічні методи, такі як спалювання у різних печах, включаючи піроліз. Проте ці методи мають недоліки, такі як висока вартість, забруднення повітря токсичними продуктами горіння та утворення шлаків, які також потрібно утилізувати;

- хімічні методи, такі як осадження, капсулювання, використання сорбентів та магнітних збирачів, використовують додавання реагентів до забрудненого матеріалу;

- фізичні методи, такі як відстоювання, пресування, центрифугування, фільтрування та екстракція, використовуються, переважно, для очищення рідких відходів, хоча їх ефективність не завжди висока;

- фізико-хімічні методи, такі як коагуляція, флокуляція, екстракція та інші, дозволяють поділити нафтові відходи на окремі фази за допомогою спеціально підібраних реагентів.

Однак усі названі методи відзначаються обмеженою технологічністю, потенційними екологічними ризиками, високим споживанням енергії і необхідністю великих капіталовкладень. Використання їх часто породжує побічні продукти, які, в свою чергу, потребують подальшої утилізації.

Біологічні методи, що базуються на здатності мікроорганізмів розкладати вуглеводні та інші компоненти нафти за допомогою біохімічних реакцій, дозволяють уникнути багатьох цих недоліків. Це досягається введенням нафтових відходів у плідородний шар ґрунту або застосування спеціальних штамів бактерій та добавок. Цей метод характеризується низькими матеріальними витратами і екологічною чистотою [23].

Однак його обмежують діапазон активності біопрепаратів, температура, кислотність, концентрація забруднення та аеробні умови.

Ґрунт є важливою та унікальною складовою природного середовища, і після біологічної обробки нафтових забруднень відбувається відновлення великої кількості ґрунту. Ідеально, цей ґрунт має високий вміст гумусу та низький вміст нафтопродуктів. Таким чином, незважаючи на обмеження деяких

біологічних методів, їх застосування виправдовується можливістю відновлення родючості ґрунту та повернення його в аграрний оборот.

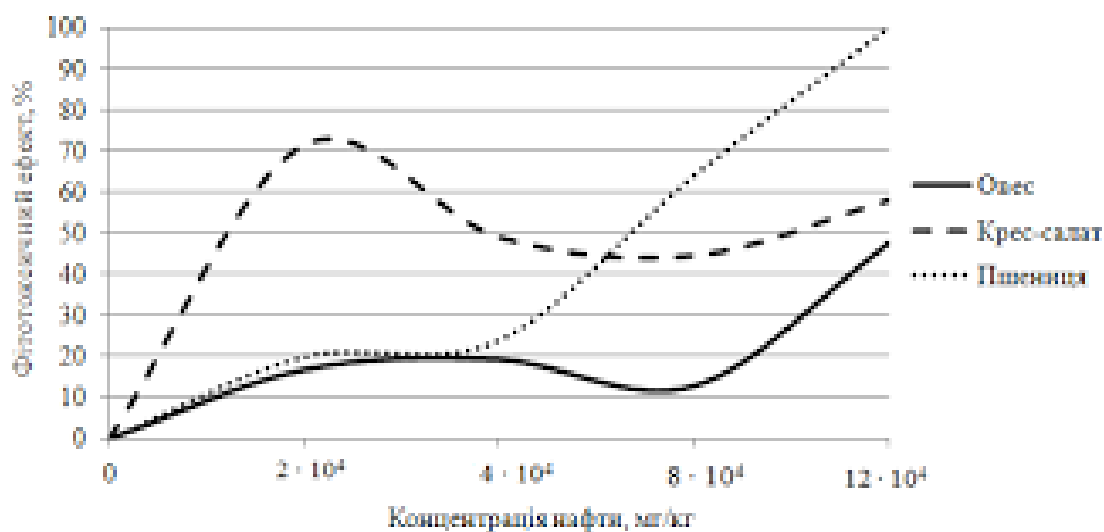


Рис. 3.1 - Фітотоксичний ефект нафтошляму на рослини-індикатори [23].

У випробуваннях, проведених на полігоні-накопичувачі, були використані цианобактеріальні асоціації на основі *Phormidium* sp. К-1 та углеводородоокисляючі бактерії для обробки нафтошляму. Після 6 місяців концентрація вуглеводнів значно зменшилася, а деякі з них повністю зникли, свідчаючи про ефективність цього методу.

Також було виявлено значне зниження токсичності рекультивованих ґрунтів за допомогою тест-організмів. Мікроорганізми, які можуть ефективно фіксувати азот та розкласти вуглеводні, були виділені та вивчені в нафтошлямах. На основі отриманих результатів була розроблена біотехнологія обробки та переробки промислових нафтових відходів за допомогою активації азотфіксуючих мікроорганізмів, які в них містяться.

Пропонується використовувати штам бактерій *P. Stutzeri* ВКПМ В-11230, який є деструктором аліфатичних та ароматичних вуглеводнів. Цей штам стимулює ріст рослин і може бути застосований для очищення та фіторе mediaції нафтозабруднених ґрунтів та нафтохімічних шламів, навіть при високому забрудненні та у присутності важких металів [23].

Проблема низької водорозчинності нафтового шламу та інших вуглеводневих сполук є серйозною при їхній біоремедіації. Штам CN3, виділений із ґрунту, хронічно забрудненого креозотом та іншими вуглеводнями в Південній Африці, ідентифікований як *Ochrobactrum intermedium*, може руйнувати нафтовий шлам, а його синтезований біосурфактант позитивно впливає на цей процес.

Узагальнюючи, можна сказати, що в сучасних умовах існують посилені вимогами природоохоронного законодавства та правил ліцензування, і завдання ефективного знешкодження нафтовідходів залишається актуальним.

Підприємства нафтовидобувної та нафтопереробної промисловості повинні сприяти мінімізації фізичної кількості нафтових залишків та відходів, розробляти технології для їх раціональної утилізації та знешкодження, а також застосовувати методи електрохімічної очистки ґрунтів від забруднюючих речовин.

У зв'язку з цим, найбільш перспективним способом переробки нафтовмісних відходів є використання комплексу заходів, з обов'язковим включенням етапу біологічного (біотехнологічного) знешкодження [23].

3.3 Біологічні методи обробки нафтових відходів

Технології знешкодження нафтових відходів, які накопичуються на звалищах і полігонах, базуються на активації місцевої мікрофлори за допомогою механічної обробки (такої як розпушування, оранка, дискування) та додавання біогенних добавок. Також використовується введення в ґрунт спеціально вибраних культур мікроорганізмів. На даний момент розроблено багато біопрепаратів на основі нефтедеструкторів, які включають різноманітні поживні речовини та носії. "Путидойл", "Деворойл", "Röder", "Rodotrin" - приклади таких біопрепаратів.

Нові дослідження вказують на можливість використання бактерій, ідентифікованих як *Rhodococcus*, як ефективних агентів для утилізації нафтового шламу. Модельні випробування показали, що біопрепарат, що містить бактерії *Paenibacillus ehimensis* IB-739 та консорціум углеводородокисляючих мікроорганізмів, може прискорити процес біодеградації нафтового шламу [24].

Поступова схема знешкодження нафтошляму включає такі етапи, як диспергування його в полісахаридних колоїдних розчинах або за допомогою біоПАВ, додавання біогенних елементів для розвитку УОМ-асоціацій, біодеструкція в аеробних та мікроаерофільних умовах, і введення біотехнологічно модифікованого нафтошляму в ґрунт та його засів рослинами-фітомеліорантами.

Великі випробування технології електрохімічної очистки ґрунтів під назвою *Lasagna* були проведені компаніями «Montana», «Dupon», «General Electric». У ґрунті одночасно з процесом очищення були встановлені ряди електродів.

Також було розроблено технологію електроочищення ґрунту на ліквідованих хімічних підприємствах, що дозволяє досягати високого рівня видалення органічних речовин, а також кадмію, свинцю, ртуті, хрому і ціанідів [24-27].

Широке використання електрохімічної очистки ґрунтів на промислових масштабах відбувається в Нідерландах, де компанії TNOEnvironment, Geokinetics, Nak Milieutechik, Holand Milieutechik та інші реалізують десятки проєктів у різних державах. Зазвичай вони використовують два основні варіанти технології.

Перший варіант - це електрокінетична очистка ґрунту, з витяганням забруднювачів у сепаратор і відкачуванням фільтрату. Залежно від характеристик ґрунту, цей процес може включати подачу рідини в анодні свердловини для витравлювання.

Другий варіант - електробіоочищення ґрунтів, коли комбінуються електрокінетичні явища, електронагрів та активізація аборигенної бактеріальної фауни [25]. Важливо зауважити, що в Нідерландах розміщення електродів не обмежується лише великими промисловими територіями (до 1 га), але може проводитися точково, навіть в умовах щільної міської забудови. Система може бути з'єднана гнучкими кабелями та трубопроводами, а джерело живлення та інше обладнання тимчасово поміщається в пересувний контейнер. Цей метод може бути ефективним при екологічній очистці територій, які стали жертвою розливу нафтопродуктів, за допомогою модуля екологічної безпеки [26].

3.4 Електрохімічний метод ліквідації наслідків нафтового забруднення ґрунтів

Один із перспективних напрямків відновлення ґрунтів, забруднених нафтопродуктами у всьому світі, полягає у розробці комплексних методів, що включають електрохімічну обробку в поєднанні з іншими технологіями. З аналізу досліджень провідних екологічних вчених в цій області випливає, що електрохімічна обробка ґрунту, забрудненого нафтопродуктами, представляє собою актуальний напрямок у цьому контексті.

Цей метод ефективно використовується для очищення різних типів ґрунтів, води та стічних вод. Розробка поєднаних підходів, що об'єднують електрохімічну обробку ґрунту з іншими методами відновлення природних ресурсів, є ключовим напрямком наукових досліджень у цьому сегменті. У ході даного дослідження був проведений аналіз низки експериментів, які досліджували особливості електрохімічної очистки ґрунту. Ці експерименти включали передачу електричного струму через забруднений ґрунт і дозволили розробити метод ліквідації наслідків нафтового забруднення, що поєднує електрохімічну обробку і фіторемедіацію.

Для початкових експериментів використано ґрунт, забруднений нафтовим розливом, створено модельне середовище із аналогічною кількістю нафти та пластових вод, але на основі різних видів ґрунту, таких як глина, суглинок та пісок.

Лабораторна установка включає кювету та два електрода, які підключені до аналогового джерела живлення АТН47-1031 з цифровою індикацією. Це джерело забезпечує стабільну напругу та струм, які можна плавно налаштовувати. Для експериментів використовувалися нерозчинні графітові електроди, щоб уникнути забруднення ґрунту металевими іонами. Об'ємний скляний циліндр слугує контейнером для ґрунту об'ємом 150 см³, в який вводиться 115 г нефтезабрудненого ґрунту для подальшого очищення.

Електроди мають циліндричну форму з діаметром 1,5 см і довжиною 10 см, з відстанню 1,5 см між ними.

У роботі проводиться серія електрохімічних впливів на ґрунт із силами струму 0,1, 0,2, 0,3, 0,4, 0,5 та 1 А. Електричний струм проходить протягом 30, 60 та 90 хвилин. Одночасно, кожні 15 хв, вимірюється напруга на електродах при різних значеннях сили струму. Після обробки проби визначається залишковий вміст нафтопродуктів у ґрунті.

Для аналізу використовується ґрунт різних типів (чорнозем, глина, суглинок, пісок) із вмістом нафти та пластових вод, відповідного родовища розливу. Дані про залежність вмісту нафтопродуктів від сили струму (1200 В+) представлені у таблиці 3.1, разом із значеннями розрахованої ефективності очищення ґрунту [26].

Таблиця 3.1 – Залежність вмісту нафтопродуктів в ґрунті від сили струму [26]

Сила струму, А	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	1
Концентрація нафтопродуктів, мг/кг	761,8	682	773	389,9	575,8	399,2
Ефективність очищення, %	45,4	53,8	58,6	67,3	46,6	54,8

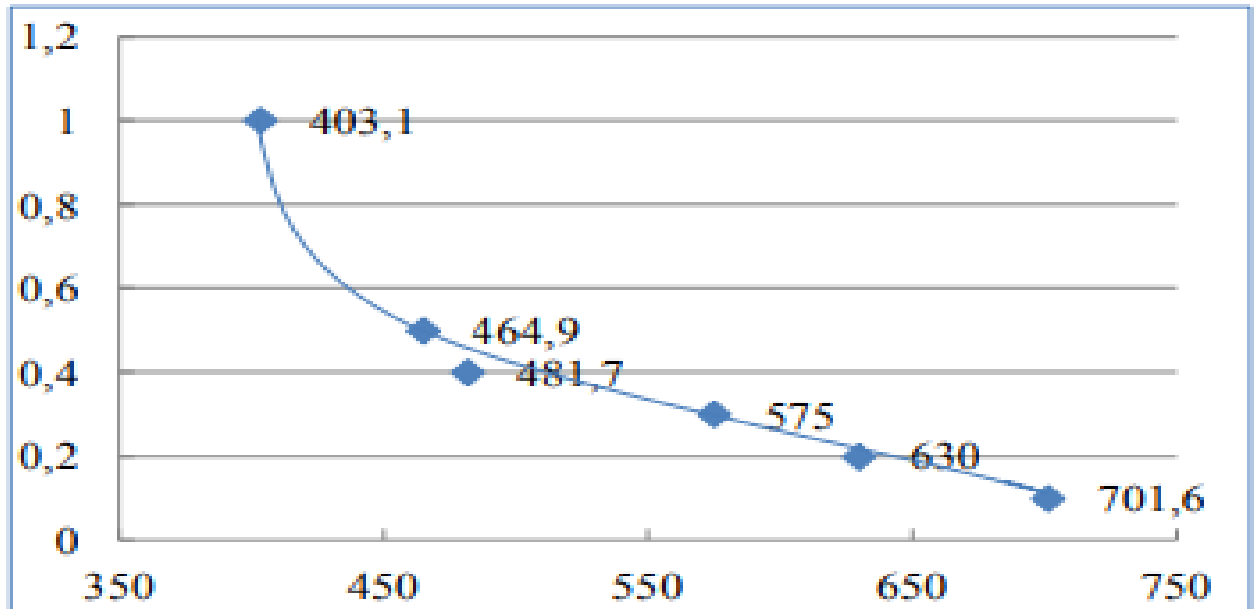


Рис. 3.1 - Зміни вмісту нафтопродуктів у ґрунті під дією струму [26]

Як видно з графіка (рис. 3.1), при збільшенні сили струму спостерігається помітне зниження вмісту нафтопродуктів. Такий зв'язок між концентрацією нафтопродуктів у ґрунті пояснюється тим, що існує критичне значення питомого заряду електрообробки, яке становить 0,98 Кл/кг нафтопродуктів, починаючи з якого залишкова концентрація залишається незмінною.

Питомий заряд розраховувався за формулою [26]:

$$q_{\text{пит}} = q_{\text{ел}} / m_{\text{пит}} \quad (3.1)$$

де $q_{\text{ел}}$ - величина заряду, що пропускається через ґрунт, при досягненні якого концентрація нафтопродуктів практично не змінюється, Кл;

$m_{\text{пит}}$ - маса нафтопродуктів, які видалили з ґрунту.

Підставляючи значення в формулу, отримаємо:

$$q_{\text{пит}} = \frac{1073}{148,71 \cdot 72 \cdot 10^{-6}} = 0,98 \cdot 10^7 \text{ Кл/кг.}$$

Можно визначити питомі енерговитрати на обробку забрудненої ґрунту [39]:

$$W_{\text{пит}} = \int_0^T * UI(t) = Uq_{\text{пит}} \quad (3.2)$$

де U - середня напруга, В.

Тоді отримаємо:

$$W_{\text{пит}} = 4,9 * 0,98 * 10^7 = 47,94 \text{ МДж/кг.}$$

4 ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ РОБОТ З ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ВИКОРИСТАННІ МОДУЛЬНОГО СКЛАДУ СПЕЦІАЛЬНОЇ ТЕХНИКИ НА ЗАЛІЗНИЧНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ

Акціонерне товариство "Українська залізниця" (далі - Товариство) є юридичною особою, створеною відповідно до законодавства України, зокрема, на підставі Закону "Про особливості утворення акціонерного товариства залізничного транспорту загального користування". Утворення Товариства здійснене рішенням Кабінету Міністрів України від 25 червня 2014 року № 200, опублікованим в Офіційному віснику України, 2014 р., № 53, ст. 1402.

Товариство, як акціонерне підприємство, володіє 100% акцій, які є власністю держави та призначені для Укрзалізниці та інших підприємств, установ та організацій залізничного транспорту загального користування. Ці акції передані шляхом реорганізації та злиття, згідно з додатком 1 до зазначеної постанови Кабінету Міністрів України.

Засновником Товариства є держава, представлена Кабінетом Міністрів України. Товариство має власний баланс, печатку з унікальною назвою, ідентифікаційним кодом і візерунком малого Державного Герба України.

Основна мета функціонування Товариства - задоволення потреб держави, юридичних та фізичних осіб у наданні безпечних та якісних послуг залізничних перевезень на внутрішньому та міжнародному рівнях, а також розвиток залізничного транспорту та підвищення конкурентоспроможності транспортної галузі.

Наразі Товариство виконує понад 80% вантажних та майже 50% пасажирських перевезень в усіх видах транспорту, займаючи четверте місце за обсягами вантажних перевезень на Євразійському континенті. Зокрема, Товариство має мережу залізничних шляхів об'ємом експлуатаційною довжиною понад 19 тис. кілометрів та структуру, що налічує 39 підрозділів.

Органи управління Товариства включають загальні збори, наглядову раду, правління та ревізійну комісію. Загальні збори діють під керівництвом Кабінету Міністрів України, наглядова рада захищає права акціонерів та контролює діяльність правління, тоді як ревізійна комісія перевіряє фінансово-господарську діяльність Товариства [29].

4.1 Класифікація залізничних транспортних подій за критерієм економічних збитків

Згідно з ДСТУ 4933:2008, аварія на залізничному транспорті визначається як подія, що призводить до загибелі людей, тілесних ушкоджень, пошкодження транспортних засобів, шляхів, споруд, вантажів та іншого, а також завдає шкоди природному середовищу. Термін "транспортна аварія" визначається окремо і застосовується до нещасних випадків, що стосуються транспортних засобів на дорогах, мостах, у тунелях, на залізничних переїздах і т.д., які призводять до серйозних наслідків.

Відповідно до ДСТУ 4933:2008, термін "катастрофа" описується як широкомасштабна аварія чи подія, що має серйозні та трагічні наслідки. Зазначені визначення також включені до Кодексу цивільного захисту населення.

У класифікації надзвичайних ситуацій враховуються обсяги завданих наслідків, наявні технічні та матеріальні ресурси для ліквідації, а також рівні управління на різних рівнях - державному, регіональному, місцевому та об'єктовому. Ця класифікація існує та активно використовується в практиці.

Надзвичайна ситуація на державному рівні визнається у тих випадках, коли вона поширюється на територію інших сусідніх держав, охоплює два чи більше регіонів України або вимагає використання ресурсів, які перевищують можливості цих регіонів. При цьому враховуються різні критерії, такі як кількість загиблих чи постраждалих осіб, порушення умов життєдіяльності, завдані збитки та інші, що визначені законодавчими актами [29-31].

На локальному рівні надзвичайна ситуація визнається в таких випадках: Виходження за межі території потенційно небезпечного об'єкта, що створює загрозу для оточуючого середовища, сусідніх населених пунктів та інженерних споруд, і для ліквідації необхідні ресурси, перевищують власні можливості потенційно небезпечного об'єкта.

Призводить до загибелі 1-2 осіб або постраждало від 20 до 50 осіб, або порушено нормальні умови життєдіяльності для від 100 до 1000 осіб тривалий час (більше 3 діб), і завдані збитки перевищують 0,5 тис. мінімальних розмірів заробітної плати.

Збитки від якої перевищили 2 тис. мінімальних розмірів заробітної плати. Враховуються також інші параметри, які визначені відповідними нормативно-правовими актами.

На рівні об'єктів визнається надзвичайна ситуація, яка не відповідає визначеним вище критеріям. Кожен вид надзвичайних ситуацій характеризується своїми класифікаційними ознаками, розробленими міністерствами та іншими центральними органами виконавчої влади. Щодо аварій та катастроф на залізничному транспорті, як окремого випадку надзвичайної ситуації, їх визначення регулюється наказом.

Міністерство інфраструктури України вирішило це питання згідно зі своїм наказом №12 від 12.01.2012 року та визначило класифікацію транспортних подій на залізницях України у затвердженому цим наказом "Положенні про класифікацію транспортних подій".

Термін "інцидент на залізничному транспорті" визначає подію, яка трапилася під час руху рухомого складу залізничного транспорту, але не призвела до серйозних наслідків. Додаткові уточнення щодо транспортних подій, які можуть бути класифіковані як катастрофи, аварії, серйозні інциденти та інциденти, залежно від їх наслідків, наведено в розділі II положення [29].

Катастрофа на залізничному транспорті визначається як транспортна подія, що призводить до тяжких наслідків, таких як зіткнення пасажирських або

вантажних поїздів з іншими поїздами або рухомим складом залізничного транспорту, або сходження рухомого складу в пасажирських або вантажних поїздах на перегонах і станціях. Така катастрофа може призвести до загибелі однієї чи більше осіб, травмування шести чи більше осіб, а також пошкодження рухомого складу до ступеня виключення його з інвентарного парку в обсязі від трьох одиниць.

Аварія на залізничному транспорті означає транспортну подію, що призвела до стикання пасажирських або вантажних поїздів з іншими поїздами або рухомим складом залізничного транспорту, а також сходження рухомого складу в поїздах на перегонах і станціях. Внаслідок такої аварії може виникнути травмування від однієї до п'яти осіб і (або) пошкодження рухомого складу до ступеня, що вимагає його виключення з інвентарного парку.

Серйозний інцидент на залізничному транспорті визначається як транспортна подія, що виникла під час руху рухомого складу залізничного транспорту, і яка могла призвести до аварії та (або) пошкодження рухомого складу до ступеня, що потребує капітального ремонту. У таких випадках враховуються можливі наслідки для безпеки пасажирів та стану рухомого складу, що вимагає невідкладних заходів та комплексної реставрації [29, 31].

Термін "інцидент на залізничному транспорті" визначає транспортну подію, яка трапилася під час руху рухомого складу залізничного транспорту, проте не призвела до серйозних наслідків. Проведений аналіз формування критеріїв категорійно-понятійного апарату, пов'язаного з порушенням безпеки руху на залізничному транспорті, включає порівняння з вітчизняними та закордонними нормативно-правовими актами. У європейському залізничному законодавстві терміни "Accident" (аварія/подія) та "Serious Accident" (серйозна аварія/подія) визначені в Директиві 2004/49/ЄС Європейського Парламенту і Ради від 29 квітня 2004 року в Статті 3 пунктах (к) та (l). Згідно з цим документом "Аварія/подія" - це небажана або ненавмисно здійснена раптова подія або ланцюг подій, які мають шкідливі наслідки. Аварії класифікуються як

зіткнення, сходження з рейок, нещасні випадки на перетині доріг із залізничними коліями на одному рівні та інші події, що призводять до постраждань.

Термін "серйозна аварія/подія" визначає будь-яке зіткнення поїзда або сходження з рейок поїздів, що призвело до загибелі, принаймні, однієї людини, або серйозних травм п'яťох чи більше осіб. Також вважається серйозною аварія або подія, яка спричинила значні пошкодження рухомому складу, інфраструктурі чи навколишньому середовищу, і пов'язана з очевидними загрозами для безпеки.

У США залізничне законодавство визначається Федеральною адміністрацією залізничного транспорту (Federal Railroad Administration). Відповідно до параграфу 225 (визначення) глави 49, частини 225 Кодексу федеральних правил, термін "accident/incident" застосовується до залізничних подій, включаючи будь-яку подію на перехресті доріг і залізничних колій на одному рівні, з участю користувачів доріг, таких як автомобілі, автобуси, вантажівки, мотоцикли, велосипеди, сільськогосподарські машини та пішоходи [29, 31].

1. Будь-яке зіткнення, сходження з рейок, пожежа, вибух, стихійне лихо або інша подія з участю залізничного складу (який рухався або стояв), що призвела до збитків, вартість яких перевищує поточний поріг звітності втрати залізничного обладнання, сигнальної системи, рухомого складу, дорожнього полотна. Поріг звітності, починаючи з 2008 року, становить 8,5 тис. доларів США;
2. Кожна смерть, травма або професійне захворювання, яке є новим випадком і відповідає загальним критеріям звітності;
3. Професійне захворювання.

Отже, у США термін "аварія/подія/інцидент" служить загальним поняттям, яке охоплює різноманітні події на залізниці, включаючи медичні випадки. Це визначення включає в себе зіткнення, катастрофи та інші ситуації,

які можуть призвести до смерті або травмування будь-якої особи, або спричиняти професійні захворювання серед працівників залізниці [31].

Визначення параметрів зони забруднення верхньої будови залізничної колії при аварійному розливі нафтопродуктів.

Таблиця 4.1 - Пожежні та екологічні ризики підприємств залізничного транспорту [31]

Ризики пожеж та розливів за місцем виникнення	Ризики пожеж та розливів за причинами їх виникнення	Ризики пожеж за механізмом поширення	Ризики наслідків пожежі
1. В рухомому складі 2. У стаціонарних об'єктах 3. На ділянці обслуговування 4. На території прилеглої до «лінії відводу».	1. Технічна несправність рухомого складу/колії/обладнання 2. Діверсія 3. Коротке замик. 4. Підпал 5. Необережне поводження з вогнем 6. Порушення вимог правил ТБ. 7. Помилка Служби руху 8. Самозаймання 9. Розряд (блиск.)	1. Неспрацювання пожежної сигналізації 2. Неспрацювання пожежної автоматики (системи пожежогасіння) 3. Неспрацювання первинних засобів гасіння 4. Пізнє прибуття пожежних підрозділів 5. Брак сил і засобів 6. Брак засобів гасіння (піни, води тощо) тощо	1. Втрата або пошкодження рухомого складу 2. Втрата або пошкодження будівлі (стац. об'єкту) 3. Забруднення навколишнього середовища 4. Перерва в русі поїздів 5. Загибель або травмування людини 6. Втрата вантажу

Усі процеси локалізації та управління розливами легкозаймистих речовин можна розглядати як тривалий процес, що включає три ключові етапи: виявлення розливу, його ефективна ліквідація та прийняття заходів для подолання негативних наслідків впливу розливу на природне середовище. У

випадках аварійних ситуацій на залізниці, пов'язаних із розливом небезпечних речовин, часто використовуються методи обвалування та герметизації резервуара аварійної цистерни для ефективної локалізації. Під час етапу ліквідації розливу головною метою є уникнення подальшого проникнення небезпечних речовин у природне середовище, для чого використовуються різноманітні технології, такі як фізичний збір, хімічна нейтралізація та іммобілізація (сорбція).

Розгляд аварійних ситуацій на залізничному транспорті з перевезенням небезпечних вантажів третього класу підтверджує значну різноманітність рівнів забруднення природного середовища в часі і просторі. Ці аварії можуть варіюватися від обмежених витоків до розгортання масштабних розливів. Збитки від впливу розливу небезпечних речовин на природне середовище залежать від ефективності та оперативності локалізації та ліквідації аварійного розливу. Задля обґрунтованого прийняття рішень щодо локалізації та ліквідації аварійних ситуацій на залізничних коліях, ключовим виявляється проблема моделювання зон забруднення верхньої будови колії при розливанні нафтопродуктів із залізничних цистерн [29, 31].

Це надзвичайно важливо для визначення оптимальних термінів проведення заходів з локалізації та ліквідації аварійних ситуацій. Також слід враховувати можливість потрапляння частини нафтопродукту в баласт під верхньою будовою залізничної колії.

Аналіз аварійних ситуацій на залізничному транспорті вказує, що такі події виникають досить часто і можуть бути класифіковані як сходження рухомого складу з рейок із можливим розливом нафти та нафтопродуктів, аварії та зіткнення рухомого складу, нещасні випадки на переїздах, розливи, вибухи та загоряння, а також зсуви, повені, розмиви та обвали. Ці випадки різноманітні за характером та можуть мати серйозні наслідки для природного середовища.

Розміри зон розливу небезпечних речовин (ЗВГ) та горючих рідин (ГР) на залізничних станціях залежать від місця аварії та кількості уражених цистерн.

У найкритичніших сценаріях розміри розливів можуть досягати наступних значень:

- для станцій, де проводиться зберігання та перевезення рідин, площа розливу може досягати 3000 м².

- для інших станцій ця площа обмежується 1500 м².

Просторове поширення токсичних речовин від хмари з уражаючими концентраціями на відкритому повітрі залежить від маси розливу рідини, швидкості вітру та атмосферних умов і може включати кілька кілометрів.

Під час аварій із пожежею (вибухом) формуються такі небезпечні зони:

- зона дії повітряної ударної хвилі при вибуху хмари паливно-повітряної суміші;

- зона прямої дії полум'я;

- зона впливу теплового випромінювання ЗВГ, ЛЗР, ГР та вогняних куль.

Зона впливу обломків пошкоджених цистерн. Найбільш поширеною аварійною ситуацією на залізниці є руйнування однієї цистерни. Безпечні відстані в таких випадках розраховані на рівні 80 м для людей та понад 40 м для техніки. Уламки та осколки при вибуху цистерни можуть розлітатися на відстань від 150 м до 450 м. Розміри розливів та зон вибухонебезпечних зон при витоках ЗВГ та ЛЗР визначаються розмірами можливої пожежі після загоряння або вибуху хмари повітряно-паливної суміші. При розливах ЗВГ з залізничних цистерн під час аварій, зіткнень чи катастроф можливе забруднення площі до 10000 м².

Особливістю таких аварій із пожежею є швидке збільшення площі пожежі від 330 до 1000 м²/хв. Руйнування залізничних цистерн із ЗВГ та ЛЗР та ГР може призвести до надзвичайних ситуацій природного або техногенного характеру, що класифікуються як категорії А, Б або В [29].

Аварія рівня «А» характеризується тим, що подія відбувається всередині одного приміщення (цеху, відділення, робочої дільниці), що є частиною

корпусу підприємства. Аварія рівня «Б» відзначається виходом за межі структурного підрозділу та подальшим розвитком всередині підприємства.

Аварія рівня «В» включає в себе розвиток та поширення пожежі за межі підприємства, можливість впливу насильничих факторів аварії на населення в сусідніх житлових районах та інших підприємствах, а також негативний вплив на природно-ресурсний комплекс.

Під час проведення ліквідації наслідків аварій з небезпечними речовинами необхідно враховувати такі особливості:

- при плюсовій температурі навколишнього середовища вміст цистерн, як правило, представляє собою двофазне середовище (рідина – пар) під підвищеним тиском, іноді перевищуючи атмосферний тиск в 7-8 разів;

- розгерметизація цистерни в будь-якому місці призводить до витоку рідкого або пароподібного середовища, що створює вибухонебезпечну пароповітряну хмару в навколишньому середовищі.

Під час витоку рідкої фази частина її миттєво випаровується (до 40%), а інша стає джерелом інтенсивного випаровування шкідливих речовин та забруднення навколишнього середовища.

Транспортовані продукти є легкозаймистими речовинами, тому ймовірним наслідком розгерметизації цистерни є загоряння речовини, яка витікає з цистерни, через певний час.

Горіння вибухонебезпечних пароповітряних хмар може призводити до утворення ударних хвиль і, в подальшому, до руйнування навколишніх об'єктів [29, 31].

При підвищенні температури в цистернах з небезпечними речовинами в осередку пожежі відбувається нагрівання рідини, що призводить до збільшення тиску парів всередині ємності та підвищення температури стінок цистерни. Запобіжні клапани не завжди встигають виводити газ, і через 15-20 хвилин цистерна може руйнуватися з вибухом, що відзначається викидом полум'я на

висоту до 150 метрів та утворенням нових осередків горіння на відстані 100-300 метрів.

Важливо підкреслити, що вплив отруйних речовин на живі організми, атмосферу, ґрунт та воду має серйозні наслідки, включаючи руйнування життя, тварин, рослин, а також шкідливий вплив на здоров'я та працездатність людей та майбутні покоління.

Отруйні речовини є токсичними хімічними сполуками, які спричиняють шкоду всім живим організмам, зокрема людям та тваринам, а також викликають забруднення довкілля. Вплив отруйних речовин залежить від їх токсичності, селективного впливу, тривалості воздії, а також фізико-хімічних властивостей.

Аналіз аварійних ситуацій з небезпечними вантажами третього класу на підприємствах залізничного транспорту свідчить про значну різноманітність можливих забруднень природного середовища - від невеличкого витoku до масштабних аварійних розливів [29, 31]. Для ефективної локалізації зони розливу та оперативної ліквідації наслідків розливу, важливою стає задача моделювання зони забруднення верхньої будови залізничної колії при аварійному розливі нафтопродуктів із залізничних цистерн, залежно від часу проведення заходів з локалізації та ліквідації.

Максимально ефективним рішенням цієї проблеми може бути використання пожежних поїздів із модулем екологічної безпеки та наявністю штатного еколога.

4.2 Особливості використання модульного складу спеціальної техніки для ліквідації розливу нафтопродуктів

З'ясовано, що збитки від впливу розливу небезпечної речовини на природне середовище залежать від часу локалізації та ліквідації аварійного розливу.

Пожежні поїзди, спеціально призначені для оперативного реагування на аварії та техногенні ситуації на об'єктах критичної інфраструктури, в даний час підлягають регулюванню численними інструкціями та наказами, що ускладнює їх ефективне використання. Внесення змін до регуляторної політики та впровадження мінімальних технічних покращень можуть надати пожежно-відновлювальним поїздам здатність виконувати повний цикл робіт з ліквідації наслідків розливів нафти та нафтопродуктів за технологією "in situ" на територіях, які знаходяться в межах їх обслуговування.

Відповідно до Положення про пожежні поїзди залізниць України, пожежний поїзд повинен вирушати із станції дислокації не пізніше, ніж за 20 хвилин після отримання наказу черговим на станції. Однак на практиці виїзд пожежного поїзда за визначений час не завжди гарантує припинення пожежі, а лише дозволяє ліквідувати її наслідки. Це пов'язано з відсутністю самохідності цього спеціального утворення [29, 31].

Пожежний поїзд на залізницях України включає комплект, що складається з декількох цистерн-водосховищ, вагона-гаражу та насосної станції, але він не оснащений локомотивом. Ємність цистерн становить 70-180 м³, а об'єм піноутворювача досягає 5 тонн. Насосна станція обладнана на базі пасажирського вагону з відділенням для особового складу та машинним відділенням. Також там встановлюються пожежні насоси з двигунами внутрішнього згорання або причіпні пожежні мотопомпи, а також розміщується пожежне та додаткове обладнання. У вагоні-гаражі встановлюється пожежна автоцистерна.

Залежно від об'єктів залізничної інфраструктури, комплект може доповнюватись додатковими модулями екологічної безпеки, розширюючи спектр заходів, критично важливих для оперативного виконання (таблиця 4.2).

Таблиця 4.2 - Кошторис утримання одного пожежного поїзда [29]

№	Перелік витрат	Вартість витрат тис.грн/рік	% від загальних витрат на рік
1.	Ремонтні роботи	50,00	2,40
2.	Придбання (оновлення) пожежно-технічного інвентарю	7,00	0,34
3.	Експлуатаційні витрати (паливно-мастильні матеріали, ремонт і утримання індивідуальних засобів захисту, електроенергія, амотризація основних засобів)	114,00	5,47
4.	Незнижувальний запас ТМЦ	69,00	3,31
5.	Заробітня плата та нарахування	1729,00	82,97
6.	Інші витрати (опалення, зв'язок, страхування тощо)	115,00	5,52
7.	Всього	2084,00	100%

Призначення локомотива для пожежного поїзда здійснюється тільки за наявності наказу на його відправлення. Час, необхідний для включення локомотива до складу з метою ліквідації пожежі, є непередбачуваною величиною. Часто виникають ситуації, коли маневрові поїзди розташовані за межами станції, що викликає затримки у виїзді пожежного поїзда. Один з варіантів розв'язання - відчеплення локомотива від поїзда на станції. Проте час відчеплення суттєво залежить від конфігурації станції та ситуації на колії.

Крім того, відправлення електровозом на електрифікованих дільницях небажане, оскільки це може збільшити час, оскільки електровоз повинен бути замінений на тепловоз перед прибуттям на місце події.

Створення універсальних модульних поїздів для гасіння пожеж та видалення наслідків розливу нафтопродуктів дозволяє надзвичайно швидко (не

більше, ніж за 20 хвилин) втрутитися та припинити пожежу, а також ефективно розпочати процес локалізації та ліквідації наслідків розливу.

В модульних пожежних поїздах кожен вагон має унікальні конструкції, відповідні їхньому призначенню, розташовані на рамі. Кожен автономний вагон може функціонувати як самостійна одиниця, що дозволяє гнучко змінювати склад пожежного поїзда. Вагон для гасіння пожеж (The Fire Extinction Car) оснащений водяною помпою на даху, якою можна управляти з кабіни водія. У моторному відсіку з дизельним двигуном розташовано привід для активації водяного насоса, який знаходиться на іншому кінці транспортного засобу, а також цистерну об'ємом 50 м³ для води.

До комплектації поїзда може входити пересувна лабораторія для оцінки наслідків аварійної ситуації та проведення оперативних робіт з їх виправлення, модуль з допоміжним технічним обладнанням, а також рятувальний контейнер (вагон - the Rescue Container). Останній призначений для евакуації потерпілих та інших пасажирів з місця аварії і може перевозити дев'ять осіб на носилках або 70 осіб стоячи. Він обладнаний системами постачання повітря, що забезпечують можливість утримання поїзда в зоні задимлення принаймні 4,5 годин.

Слід відзначити, що такий вагон надзвичайно корисний під час пожеж у тунелях. У цьому випадку пожежний вагон продовжує гасити вогонь, в той час як модуль екологічної безпеки відділяється на безпечній відстані. Його екіпаж проводить розвідку зони забруднення та виконує підготовчі роботи для подальшої ліквідації наслідків розливу. Рятувальний вагон відчеплюється та вивозить постраждалих осіб [29, 31].

Аналогічний за конструкцією вагон розроблено для обладнання (The Equipment Car), в якому, окрім різного технічного обладнання, розташовані компресор та генератор електроенергії.

За своєю суттю, всі технології локалізації та збору розливів легкозаймистих речовин розділяються на три основні етапи: локалізацію

розливу, його ліквідацію та різноманітні заходи щодо видалення наслідків розливу на НПС.

На етапі локалізації аварійної ситуації з розливом небезпечної речовини на залізниці часто використовується метод "дзеркало розливу". Основне завдання етапу ліквідації розливу - запобігання подальшого проникнення небезпечної речовини в природне середовище. Для досягнення цієї мети застосовуються різні технології, обумовлені фізико-хімічними властивостями небезпечного вантажу та впливом навколишнього середовища, серед яких найбільше поширені методи механічного збору, хімічної нейтралізації та іммобілізації (сорбції).

Модуль (склад) для локалізації розливу та проведення земляних робіт включає в себе:

- залізничну транспортувальну платформу;
- технічні засоби для проведення земляних робіт (а, б), змінну конфігурацію приладів (рис.4.1;4.2);
- підйомні мостки.



Рис. 4.1 - Механічні прилади з ручним керуванням [29]



Рис. 4.2 - Механічні прилади з дистанційним керуванням [29]

Використання "м'яких танків" модуля дозволяє почати збір нафтопродуктів чи інших небезпечних речовин у рідкій фазі навіть до отримання спеціалізованих контейнерів для їх зберігання та транспортування. Очищення та подальше використання залишків небезпечних вантажів здійснюються на місці розливу.

"Гнучкі резервуари" є інноваційним продуктом для зберігання і транспортування рідин, таких як добрива, вода, паливо, мастила, а також промислові та сільськогосподарські стоки. Ці резервуари виготовляються з міцної поліефірної тканини щільністю 1250 г/м^2 , яка має високу стійкість до впливу зовнішнього середовища та агресивних рідин завдяки захисному покриттю (рис. 4.3).

Склад модуля включає в себе:

- мотопомпу МП-1600;
- три "м'яких танки" об'ємом 50 м^3 кожен;
- транспортний контейнер для "м'якого танка".



Рис. 4.3 - М'який резервуар для збереження нафтопродуктів [29]

Після виконання початкових заходів щодо обмеження розповсюдження розливу та видалення залишків нафтопродуктів з використанням пересувної лабораторії, ми проводимо оцінку та вибір оптимального методу біоремедіації для відновлення пошкоджених територій. Залежно від умов, в яких сталася аварія та наявних ресурсів для ліквідації надзвичайних ситуацій, застосовуються різні методи ремедіації. Біологічні підходи виявляються найбільш ефективними в цьому контексті, оскільки механічні та фізико-хімічні методи можуть призвести до вторинного забруднення навколишнього середовища та пошкодження ґрунтово-рослинного покриву. Біоремедіація ґрунту базується на використанні мікроорганізмів, які ефективно розкладають нафту та нафтопродукти, забезпечуючи при цьому безпечний та екологічно чистий процес відновлення довкілля.

УЗАГАЛЬНЕНА СТРУКТУРА РОЗПОДІЛЕНОЇ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ІВС З ЕЛЕМЕНТАМИ КОСМІЧНОГО БАЗУВАННЯ

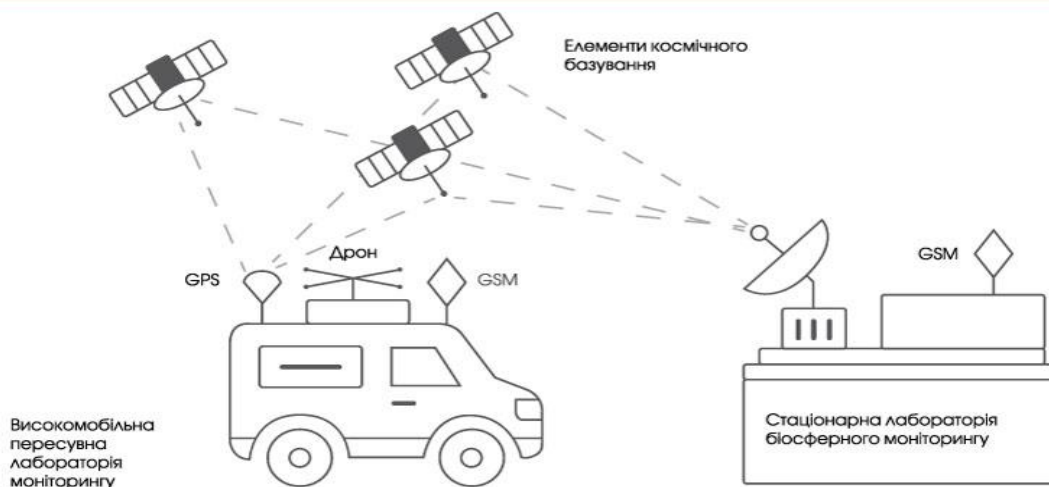


Рис. 4.4 - Схема обміну даними ІВС [29]

Система збору інформації та вимірювань включає різноманітні компоненти для всебічного екологічного моніторингу:

- мобільна лабораторія екологічного моніторингу, що володіє високою мобільністю (рис. 4.4), дозволяє проводити ефективний моніторинг в різних точках;
 - елементи космічного базування, такі як супутники "Січ-2", Landsat-3, 5, 7, забезпечують можливість отримання даних на великій площі та дозволяють здійснювати дистанційний моніторинг з високою роздільною здатністю;
 - нерухома лабораторія біосферного моніторингу зосереджується на постійному контролі навколишнього середовища в певній локації.
- Бази даних слугують основою для зберігання та обробки отриманих вимірювань інформації.

Обладнання включає в себе:

- інформаційно-вимірювальну систему для експрес-вимірювання основних параметрів стану навколишнього середовища та моніторингу їхніх змін у часі;

- набір приладів для точного вимірювання конкретних параметрів довкілля, таких як концентрація ртуті в повітрі чи рівень радіоактивного забруднення;
- дрон, обладнаний вимірювальним обладнанням та системою для відбору проб, для здійснення вимірювань в важкодоступних або великих територіях;
- система позиціонування GPS для точного визначення місцезнаходження об'єктів моніторингу.

4.3 Переваги використання модульного складу спеціальної техніки для ліквідації розливів нафтопродуктів

Впровадження модульних систем екологічної безпеки на підприємствах АТ "Укрзалізниця" сприятиме швидкому та інформативному аналізу завданих збитків аваріями, а також дозволить ефективно та професійно проводити невідкладні роботи при аваріях і передбачати можливі наслідки розливів нафтопродуктів. Систематична робота з використанням повної інформації про конкретну аварію сприяє розробці поетапного плану виправлення наслідків аварії та плануванню його виконання.

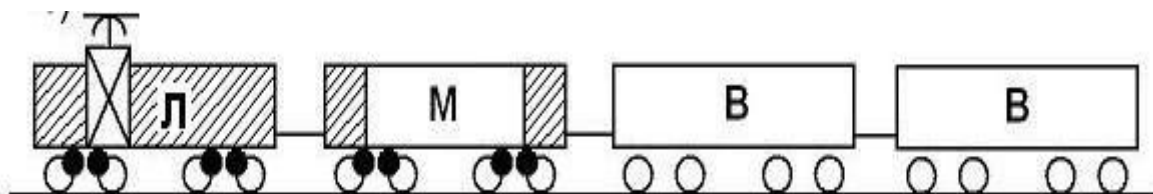
Очищення забруднених ґрунтів від нафтових вуглеводнів вимагає прийняття негайних рішень для оптимальної реалізації процесів рекультивації природних об'єктів без втрат їх якостей. Зменшення або повне усунення інтенсивності випаровування можна досягти, покривши поверхню забруднювача шаром піни з поверхнево-активних речовин за допомогою спеціальних піноутворювачів.

Збір рідкого нафтопродукту з поверхні ґрунту механічним методом, зазвичай, проводять за допомогою спеціальних насосів – мулозбірників. Технології "in situ" мають перевагу завдяки їхньому застосуванню безпосередньо на місці забруднення. Вибір і застосування технологій "in situ"

можливий лише на підставі отриманих даних щодо якості забрудненого поверхні ґрунту. Крім того, необхідно виконати спеціалізоване очищення забрудненої зони. У невизначених умовах можуть виникнути проблеми з труднозмивними забруднюючими речовинами.

Екологічна лабораторія та використання модуля екологічної безпеки, які входять до складу пожежного поїзда (див. рис. 4.5), надають ефективні рішення для зазначених питань. Прямий токсичний вплив нафти проявляється у швидкому руйнуванні тканин рослин і залежить від фракційного складу, зокрема від вмісту ароматичних вуглеводнів.

Використання підприємствами АТ "Укрзалізниця" модульного складу пожежно-рятувальних поїздів призведе до прискорення швидкості прибуття на місце аварії принаймні на 20 хвилин, а їх функціональні можливості дозволяють оперативно використовувати необхідні у цьому випадку технології "in situ".



Л - локомотив, пункт керування

М – модуль екологічної безпеки, додаткове обладнання

В – запас води

Рис. 4.5 - Схема модульного пожежного поїзда

Екологічна лабораторія та використання модуля екологічної безпеки, які входять до складу пожежного поїзда (рис. 4.5), надають ефективні рішення для зазначених питань. Прямий токсичний вплив нафти проявляється у швидкому руйнуванні тканин рослин і залежить від фракційного складу, зокрема від вмісту ароматичних вуглеводнів.

Таблиця 4.3 - Інформаційно облікова таблиця аварії

Час, дата та місце (№ пікета) виникнення (виявлення) аварії	Рід вантажу	Об'єм розливу, деталі аварії (витік, вибух, пожежа, інше)	Екологічні, метеорологічні показники (планові заміри)*

Таблиця 4.4 - Інформаційно облікова таблиця аварії

% (об'єм) зібраних продуктів розливу	Заплановані роботи з ґрунтом (план-графік виконання)	Заплановані роботи по біоремедитації ґрунта (план-графік виконання)	Екологічні, метеорологічні показники (планові заміри)*

Відсутність аварійних ситуацій на об'єктах залізничного транспорту свідчить про високий рівень виконання пожежно-профілактичних заходів, реалізованих бойовою обслугою пожежного поїзда. У таких випадках економічна ефективність визначається сумою запобіженого збитку від можливих негативних наслідків пожежі чи інших надзвичайних ситуацій, які вдалося уникнути завдяки системі пожежно-профілактичних заходів.

Вартість врятованого майна (Вм) та вартість відверненого збитку, пов'язаного з використанням пожежного поїзда для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій (Ве), виступає ключовими економічними показниками ефективності роботи аварійно-рятувальних служб.

Вартість відверненого екологічного збитку (Ве) оцінюється у грошовому виразі та представляє собою економічну оцінку потенційних негативних наслідків, таких як забруднення атмосфери, води та пошкодження ґрунтового покриву, які вдалося уникнути завдяки ліквідації наслідків пожеж чи інших надзвичайних ситуацій протягом розглянутого періоду часу.

При вивченні гіпотетичної надзвичайної ситуації на об'єкті залізничного транспорту, що викликала пожежу, аварію та екологічні наслідки, економічна доцільність застосування пожежного поїзда з модулем екологічної

безпеки для ліквідації наслідків такої аварії (ЄЄ) буде обчислюватися за допомогою рівняння (4.1) [30]

$$ЄЄ = \frac{\sum_{j=1}^k Bmj + Vej}{\sum_{j=1}^k (3ej + Пзj + Нзj + Bvj)}; \quad (4.1)$$

де k – кількість пожеж за визначений період часу;

j – кількість пожежних поїздів.

Вартість врятованого майна (Bm) та вартість відверненого збитку для екології (Ve), що виникає в результаті використання пожежного поїзда для подолання та ліквідації наслідків надзвичайної ситуації, є ключовими економічними показниками результативності роботи аварійно-рятувальних служб. Вартість відверненого екологічного збитку (Ve) оцінюється в грошовому виразі та включає економічну оцінку потенційних негативних наслідків, таких як забруднення атмосфери, води, погіршення та руйнування ґрунтового покриву, які вдалося уникнути завдяки ліквідації наслідків пожеж та надзвичайних ситуацій протягом розглянутого періоду часу.

Прямі збитки ($Пз$) від надзвичайної ситуації визначаються вартістю втрачених матеріальних цінностей та розраховуються відповідно до їхньої вартості. Непрямі збитки ($Нз$) на залізничному транспорті включають втрати від зміни графіку руху пасажирських, приміських та вантажних поїздів через простій та зупинку.

Витрати, пов'язані з виїздом пожежного поїзда для ліквідації наслідків надзвичайної ситуації (Bv), включають витрати на доставку пожежного поїзда на місце події, вартість роботи локомотиву та локомотивної бригади, а також вартість розхідних матеріалів, таких як вода, піноутворювач, паливо-мастильні матеріали, та засоби медичного та немедичного призначення.

Ці витрати обчислюються окремо для кожної надзвичайної ситуації [30]. Ефективність використання пожежного поїзда зростає, коли вартість відверненого збитку для екології та майна підприємства в грошовому еквіваленті є великою.

ВИСНОВКИ

Головним критерієм для класифікації транспортних подій на залізницях у більшості країн СНД, включаючи Україну та інші, є оцінка ступеня тяжкості наслідків, що виникли в результаті цих подій. При аналізі нормативно-правової бази видно, що класифікація всіх можливих випадків відбувається відповідно до ступеня тяжкості наслідків, вираженого у натуральних показниках втрат, таких як кількість загиблих, включаючи списані одиниці рухомого складу, і обсяги ремонту. У Європейському союзі події класифікуються за типом пригод (зсув з рейок, зіткнення, подія на залізничному переїзді тощо) і за матеріальним збитком. У США можливі випадки класифікуються за ступенем наслідків, виражених в грошовому еквіваленті, використовуючи терміни "incident" та "accident".

Під час вивчення літературних джерел виявлено, що нафтове забруднення негативно впливає на фітоценози, проявляючись у зменшенні загального проективного покриття, різноманітності видів і генетичному різноманітті, а також впливає на продуктивність та запаси фітомаси. Високий вміст поллю-танта викликає спад проростання та кількості насіння, гальмує зростання і порушує фази розвитку рослин. Забруднення впливає на мікроорганізми різних фізіологічних груп, пригнічуючи біологічну активність ґрунту та призводячи до деградації біоценозів. Це спричиняє небажані природні процеси, такі як ерозія, деградація та криогенез, що може вести до втрати родючості ґрунту.

Наслідки потрапляння нафтопродуктів у водойму проявляються в їх швидкому переході в агрегатні фракції, включаючи утворення плівки на поверхні води. Ця плівка локалізується на поверхні та порушує газо-, енерго-, тепло- та вологообмін між атмосферою і гідросферою. Такий вплив негативно впливає на фізичні, хімічні і гідробіологічні умови водного середовища та

впливає на життєдіяльність його мешканців, а також може суттєво впливати на клімат і кисневий баланс.

Після аналізу сучасних методів обробки ґрунту після нафтового забруднення прийшли до висновку, що в умовах АТ "Укрзалізниця" оптимальним є використання електрохімічного методу очищення.

Використання цього методу з інструментарієм модуля екологічної безпеки (електрогенератор) значно розширює робочу зону планового виконання робіт з очищення ґрунтів за допомогою електрохімічного методу, що дозволяє досягати високого рівня видалення органічних речовин, а також кадмію, свинцю, ртуті, хрому і ціанідів. Ефективність електрохімічного очищення становить від 28% до 77% при силі струму 1 А.

Після аналізу сучасних методів обробки ґрунту після нафтового забруднення прийшли до висновку, що оптимальним рішенням для АТ "Укрзалізниця" є інтеграція модуля екологічної безпеки у склад пожежних поїздів. Цей модуль, розташований в спеціальному вагоні, обладнаний засобами для очищення ґрунтів, включаючи компресор, водометну помпу та цистерну з активними речовинами для нейтралізації нафтового забруднення.

Використання модуля екологічної безпеки дозволяє проводити практично весь спектр необхідних заходів "in situ" та має перевагу в часі початку виконання робіт з очищення територій, що призводить до зменшення розміру забрудненої плями та випаровування.

Рекомендується розробити програми уніфікації та вдосконалення існуючих протоколів роботи пожежних поїздів з розширенням їх тактичних можливостей для подолання наслідків витоків та розливів небезпечних речовин, зокрема шляхом ліквідації наслідків нафтового забруднення. Це може включати в себе електрохімічну обробку і фіторе mediaцію ґрунтів під час проведення аварійно-рятувальних робіт.

Фінансові витрати, пов'язані із ліквідацією наслідків порушення руху залізничного транспорту, представляють собою кінцевий результат. Для об'єктивності класифікації надзвичайної ситуації та її віднесення до певної категорії рекомендується враховувати показники економічних збитків. Цей підхід не лише є більш об'єктивним та універсальним, але й дозволяє оцінити загальний рівень безпеки руху на ділянках залізничних шляхів. Таким чином, градація за розміром економічних збитків є перспективним методом класифікації транспортних подій на залізницях.

З метою підвищення ефективності реагування на надзвичайні ситуації рекомендується включити у фінансові плани регіональних філій закупівлю екологічних модулів для їх використання у складі пожежних поїздів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Зеркалов Д. В. Довідник споживача нафтопродуктів // К.: Наук.світ, 2000. 38–42 с.
2. Дригулич П. Г. Дослідження методів дезактивації насосно-компресорних труб, забруднених природними радіонуклідами // Нафтогазова галузь України. 2014. № 2. 39–42 с.
3. Бабаджанова О. Ф., Гринчишин Н. М., Сукач Ю. Г. Міграція нафти і нафтопродуктів у поверхневі шари ґрунту при аварійних розливах // Безпека життя і діяльності людини – освіта, наука, практика: зб. 129 наук. праць X міжнар. наук.-метод. конф. – К.: Національний авіаційний університет, 2011. – С. 22-26.
4. Величко О. І. Вміст нітратного азоту в ґрунті та органах рослин сої за умов забруднення ґрунту нафтою // Науковий вісник НЛТУ України: збірник науково-технічних праць. Львів: РВВ НЛТУ України. 2011. Вип. 21.16. С. 351-354.
5. Андреюк К. І., Іутинська Г. О., Антипчук А. Ф., Валагурова О. В., Козирицька В. Є. Функціонування мікробних ценозів ґрунту в умовах антропогенного навантаження. К.: Обереги, 2001. 239 с.
6. Карпин О., Джура Н., Цвілинюк О. Вплив нафтового забруднення ґрунту на ростові показники, вміст пероксиду водню і активність пероксидази рослин бобу // Вісник Львів. у-ту. 2008, 160–165 с.
7. Качала Т. Б. Удосконалення систем екологічного моніторингу ґрунтового покриву виснажених нафтогазових родовищ прикарпаття (на прикладі Битків - Бабченського нафтогазоконденсатного родовища): дис. канд. техн. наук: 21.06.01 / Качала Тарас Богданович Івано-Франківськ, 2018. 47 с.
8. Кляченко О. Л., Мельничук М. Д., Іванова Т. В. Екологічні біотехнології: теорія і практика // Навчальний посібник. Вінниця, ТОВ «Нілан-ЛТД», 2015. 130-135 с.

9. Гринчишин Н. М., Прищепя Х. М. Фітотестування нафтозабруднених ґрунтів // Матеріали II Міжнародної науковопрактичної конференції “Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства. Європейський досвід і перспективи”. Львів, 2015. С. 58-59.

10. Кулагін, О. О. Еколого-гігієнічна оцінка та регламентація вмісту нафтопродуктів у чорноземному ґрунті і шляхи його біологічної ремедіації: дис. канд. мед. наук: 03.00.16 / Кулагін О.О. Дніпро, 2017. – 14 с.

11. Гринчишин Н., Бабаджанова О., Лагуш Н. Вертикальна міграція дизельного палива в ґрунтах різного типу // Вісник Львівського національного аграрного університету. Серія: Агронімія. 2014. т.18. С. 35-40.

12. ГСТУ 41-00032626-00-023-2000. “Охорона довкілля. Рекультивация земель під час спорудження нафтових і газових свердловин”, Київ, Міністерство екології та природних ресурсів України, 2000. 69с.

13. Джура Н. М. Перспективи фіторемердіації нафтозабруднених ґрунтів рослинами *Faba bona Medic. (Vicia faba L.)* // Вісник Львівського університету. Сер. біол. 2011. Вип. 57. С.117-124.

14. Крайнюков О. М. Оцінка екологічної небезпеки нафтохімічного забруднення підземних вод // Вісн. Харків. нац. ун-ту ім. В.Н. Каразіна. Сер. Екологія, 2008. т. 801. С. 52-57.

15. Шестопапов О. В. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посібник. Харків: НТУ "ХП", 2015. 116 с.

16. Панасенко Є. В. Вплив агромерліоративних заходів на відновлення властивостей та родючості нафтозабрудненого чорнозему: автореф. дис... канд. с.-г. наук: 06.01.03 / Панасенко Євгеній Володимирович; Національний науковий центр "Інститут ґрунтознавства та агрохімії ім. О.Н.Соколовського". Х., 2007. 24 с.

17. Подан І. І., Джура Н. М. Вплив нафтового забруднення і гуматів на ріст рослин міскантусу // Екологічні науки: науково-практичний журнал: К.2019. ДЕА, (2). 25–29 с.
18. Панасенко Є. В. Вплив вуглеводнів нафти на зміну деяких водних показників чорноземного ґрунту // Вісник ХНАУ. Ґрунтознавство. 2008. – т. 2. С. 132–135.
19. Процько Я. І. Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. №2, 189 с.
20. Джура Н. М., Терек О. І., Цвілинюк О. М. Патент 16345 Україна, МПК (2006) А01В 79/00 А01В 79/02 (2006.01) А01С 21/00. Спосіб очищення ґрунтів, забруднених нафтою – т. U200511816; заявл. 12.12.05; опубл. 15.08.06, Бюл. т. 8. 7с.
21. Романюк О. І., Шевчик Л. З., Жак Т. В. Патент 103601 Україна, МПК G01N 33/24 200A01H 5/00 А01С 1/00 Спосіб біотестування та біоіндикації забруднення ґрунтів нафтою – $\text{ru}201505597$; заявл. 28.06.2015, опубл. 25.12.2015; Бюл. F 24. – 6 с
22. Процько Я. І. Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив // Вісник Полтавської державної аграрної академії. 2010. т. 2. С. 189–191.
23. Романюк О. І. Екологічна оцінка та фітореMediaція нафтозабруднених ґрунтів: дис. канд. хім. наук: 03.00.16 еколог. Львів, 2017. 166 с.
24. Романюк О. І., Шевчик Л. З., Вільданова Р. І., Щеглова Н. С., Шульга О. М., Карпенко О. В., Пристай М. В. Дослідження динаміки самоочищення нафтозабруднених ґрунтів // Стан і біорізноманіття екосистем Шацького національного природного парку: Матер. наук. конф., (11-14 вересня 2014 р., смт. Шацьк). Львів: СПОЛОМ, 2014. С.72–73.
25. Романюк О. І., Шевчик Л. З., Ощатовський І. В., Жак Т. В. Методика екологічного оцінювання нафтозабруднених ґрунтів // Вісник Дніпропетровського університету. Біологія, екологія. 2016. 24(2). С. 264–269.

26. Горбунков П.В. Технологія захисту ґрунтів від забруднення нафтопродуктами: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня бакалавра: спец. 183 - технології захисту навколишнього середовища / наук. кер. О. А. Бурла. Суми: Сумський державний університет, 2021. 60 с.

27. Куліш Ю.О. Організація аварійно-рятувальних робіт при надзвичайних ситуаціях на залізничному транспорті: практичний посібник. Харків, 2008. 66 с.

28. Романюк О. Розробка методу оцінки токсичності нафтозабруднених ґрунтів // Вісник Львівського університету. Серія біологічна. 2016. 72. С. 93-100.

29. Лапін, П.В. Забезпечення економічної безпеки підприємств залізничного транспорту: дис. ... канд. екон. наук: 08.00.04.: захищена 2019 / Ейтутіс Георгій Дмитрович – К., 2019, 208с.

30. Методика визначення збитку, обумовленого забрудненням і засміченням земельних ресурсів в результаті порушення природоохоронного законодавства / Міністерство охорони навколишнього природного середовища і ядерної безпеки, Київ. 1998.

31. Аблєєва І. Ю., Пляцук Л. Д. Системний підхід до підвищення екологічної безпеки нафтовидобувних територій: монографія – Суми: Сумський державний університет, 2021. 275 с

ДОДАТКИ

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗА ТЕМОЮ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ

1) Вовкодав Г.М., Титик О.В. Переваги використання модульного складу спеціальної техніки для ліквідації розливів нафтопродуктів на прикладі рятувального поїзду НОР-1 / Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції студентів, аспірантів та молодих вчених «Екологічно сталий розвиток урбосистем: виклики та рішення в контексті євроінтеграції України», 2-3 листопада 2023 року, – Х.: ХНУМГ, 2023. – В друку

2) Вовкодав Г.М., Титик О.В. Підвищення ефективності робіт з ліквідації розливів нафтопродуктів при використанні модульного складу спеціальної техніки на залізничних підприємствах / Матеріали VI-й Міжнародній науково-практичній конференції “Екологічний стан навколишнього середовища та раціональне природокористування в контексті сталого розвитку, 26-27 жовтня 2023 року, – Х.: ХДАЕУ, 2023. – В друку

3) Вовкодав Г.М., Титик О.В. Переваги використання модульного складу спеціальної техніки для ліквідації розливів нафтопродуктів / Матеріали П'ятої Всеукраїнської науково-практичної конференції «Євроінтеграція екологічної політики України», 25-26 жовтня 2023 року, – Одеса: ОДЕКУ, 2023. – В друку