Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна

На правах рукопису

ЗЕЛЕНЬКО ЮЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

УДК 502.36:656.2

РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

05.22.20 – Експлуатація та ремонт засобів транспорту

ДИСЕРТАЦІЯ
на здобуття наукового ступеню доктора технічних наук

Науковий консультант:
Мямлін Сергій Віталійович,
доктор технічних наук, професор

Дніпропетровськ - 2015

ЗМІСТ

ВСТУП …….. 6
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ ТА АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ ……..... 17
1.1. Вплив транспортної системи на навколишнє середовище та екологічні проблеми залізничного транспорту…….. 19
1.1.1. Джерела, причини та форми емісій нафтопродуктів у навколишньому середовищі на підроиємствах залізничного транспорту …… 22
1.1.2. Порушення безпеки руху на залізницях і фактори техногенного ризику під час виконання технологічних операцій з нафтопродуктами ……..… 27
1.1.3. Класифікація факторів негативного впливу нафтообігу на залізничному транспорті ……. 30
1.2. Екологічний моніторинг, контроль і оцінка техногенного ризику на залізничному транспорті …… 33
1.3. Сучасні екозахисні технології …….. 40
1.3.1. Технологічні основи запобігання і ліквідації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів ……... 41
1.3.2. Принципи поводження з нафтовміщуючими відходам .. 54
1.4. Висновки по розділу 1 ……... 66
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНГО ТРАНСПОРТУ …….. 68
2.1.Системний підхід до реалізації природоохоронної діяльності .. 68
2.2.Аналіз нормативно-правової та технологічної забезпеченності залізничної інфраструктури щодо запобігання, локалізації та ліквідації негативного впливу нафтопродуктів ……. 77
2.3.Аналітичні методи дослідження взаємодії об’єктів та систем ... 87

2.4.Оцінка ризику виникнення аварійних ситуацій під час перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом …….. 97
2.5.Визначення екологічних збитків зумовлених порушенням природоохоронного законодавства з урахуванням специфіки залізничного транспорту …….. 101
2.6.Висновки по розділу 2 …… 103
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЕЛЕМЕНТИ ТА ОБ'ЄКТИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ …… 104
3.1.Визначення взаємодії нафтопродуктів з різними компонентами екосфери ……... 104
3.2.Встановлення закономірностей процесів нафтозабруднення та відновлення ґрунтів на об'єктах залізничного транспорту …….. 108
3.3.Теоретичні та експериментальні дослідження нафтозабруднення гідросфери ……. 130
3.4.Процеси випаровування нафтопродуктів з поверхні зони емісії 142
3.5.Оцінка негативного впливу нафтопродуктів на конструкції колііі та рухомого складу залізниць …… 147
3.6.Висновки по розділу 3 …… 153
РОЗДІЛ 4. МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ ТА ФОРМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТА ТРАНСПОРТУВАННІ НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ ……. 155
4.1. Методологія природоохоронної діяльності на залізничному транспорті …….. 155

4.2.Концептуальні засади підвищення рівня екологічної безпеки на залізничному транспорті ……. 161
4.3.Моделі управління екоінформаційними системами ……... 177
4.3.1. Геоінформаційні системи, їх структура та функціонування …… 178
4.3.2. Моделі репрезентації даних і знань в екоінформаційних системах ……... 188
4.3.3. Бази даних і бази знань. Електронні карти оцінки «екологічного статусу» зон емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті …….. 196
4.4. Обґрунтування заходів для поліпшення екологічної обстановки. Заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля ….. 207
4.5.Висновки по розділу 4 …… 210
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗАПОБІГАННЯМ І ЛІКВІДАЦІЄЮ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ 212
5.1. Рекомендації щодо поліпшення екологічної обстановки в технологічних процесах використання і перевезення нафтопродуктів ……. 213
5.1.1. Створення бази даних заходів та матеріалів з ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами …… 214
5.1.2. Функціональна модель ліквідації екологічних наслідків техногенних процесів або аварій з нафтопродуктами …… 219

5.2.Сучасні інноваційні технології, що забезпечують ефективне відновлення екосфери та втрачених нафтопродуктів ……... 224
5.2.1. Розробка раціональних сорбційних методів …… 225
5.2.2. Розробка фізичних екозахисних технологій …… 240
5.2.3. Створення технологій комплексної біоремедіації .. 249
5.2.4. Методи стабілізації та відновлення ґрунтів ……. 265
5.3. Екологічно безпечні технологічні процеси та обладнання утилізації нафтовміщуючих відходів для забезпечення раціонального використання природних ресурсів …… 298
5.3.1. Регенерація відпрацьованих олив ……. 299
5.3.2. Утилізація нафтошламів …….……... 317
5.3.3. Утилізація нафтовміщуючих відходів …….. 320
5.4. Висновки по розділу 5 ……... 324
РОЗДІЛ 6. ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ У СФЕРІ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ …… 326
6.1. Визначення екологічної ефективності розроблених природоохоронних заходів …….. 329
6.2. Визначення економічної ефективності розроблених природоохоронних заходів …….. 333
6.3. Висновки по розділу 6 ……... 341
ВИСНОВКИ…….. 343
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ…… 348
ДОДАТКИ…….. 392

ВСТУП

Актуальність теми. Розвиток залізничної галузі України потребує удосконалення та розробки нових підходів, побудованих на принципах збереження природних ресурсів і поліпшення умов експлуатації рухомого складу з використанням сучасних засобів стратегічного управління екологічною безпекою.

У Національній доповіді про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2013р. наголошується, що основною метою розвитку транспортного сектору на період до 2020р. визначено модернізацію транспортної інфраструктури та рухомого складу для забезпечення екологічності та енергоефективності транспортних процесів та безпеки перевезень на фоні конкурентоспроможності.

Експлуатаційні процеси на залізничному транспорті безпосередньо пов'язані з транспортуванням, зберіганням та використанням нафтопродуктів. Обсяги перевезень нафтових вантажів залізницями демонструють стійке зростання. За останні 10 років вони зросли майже вдвічі і сягають 30 млн. тон на рік. Крім того, прогнозування темпу приросту нафтопродуктів на наступне десятиріччя складає близько 1 млн. тон на рік.

Нафтопродукти на залізничному транспорті є не тільки об'єктом транспортування, але й найбільш важливим компонентом забезпечення технології експлуатації та ремонту. Враховуючи цикли транспортування, зберігання і використання – нафтообіг на залізничному транспорті дуже значний – підприємства залізничного транспорту є активними споживачами дизельного палива, олив, мастил та інших видів нафтопродуктів. При цьому найважливішими показниками ефективної експлуатації рухомого складу стають екологічні, економічні та експлуатаційні властивості нафтопродуктів, що використовуються залізницями. А також об’єктивна оцінка і мінімізація негативного впливу нафтопродуктів на всіх етапах життєвого циклу як рухомого складу, так і об’єктів інфраструктури залізниць.

Із збільшенням обсягів транспортування і використання зростають масштаби втрат нафтопродуктів і їх негативного впливу на об’єкти інфраструктури та навколишнє середовище. Офіційно допустимі норми втрат нафтопродуктів при залізничних перевезеннях складають 0,042%, але вказані норми значно перевищуються. Ймовірність, частота виникнення, масштаб, інтенсивність і екологічні наслідки аварійних розливів розрізняються залежно від широкого спектру природних і техногенних чинників.

У зв’язку з підвищенням вимог безпеки до об'єктів потенційного ризику згідно Директиви 2004/49/ЄС та системи управління безпекою руху у Державній адміністрації залізничного транспорту України стає необхідним визначити залежність прийняття рішень від багатьох природних та техногенних чинників, виявити найбільш оптимальні технології мінімізації негативного впливу і ліквідації екологічних наслідків. Існуючі технології зменшення шкідливих наслідків не забезпечують в повній мірі необхідних обсягів, темпів і ступеню відновлення об'єктів, виявляються малоефективними або високовитратними, не задовольняють сучасним вимогам і не враховують специфіку діяльності залізничної інфраструктури.

Найбільш негативними наслідками нафтообігу є: втрати нафтопродуктів; наявність значної кількості нафтовміщуючих відходів, що утворюються, як при експлуатації рухомого складу та об’єктів інфраструктури залізниць, в штатному режимі, так і в процесі проведення ліквідаційних заходів; вплив якісних параметрів нафтопродуктів на вузли рухомого складу та нафтозабруднених ґрунтів на стан колії. Наведені фактори значно впливають не тільки на екологічні показники, але й взагалі на безпеку експлуатації засобів залізничного транспорту. Тому зменшення негативного впливу нафтопродуктів на об'єкти залізничного транспорту та навколишнє середовища являють собою важливу актуальну науково-прикладну проблему для залізничного транспорту України.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Дисертаційну роботу виконано відповідно до "Основних напрямків державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки", визначених Постановою Верховної Ради України, галузевої Програми підвищення безпеки руху на залізницях України, затвердженої наказом Укрзалізниці №547-ц від 15.10.2001р. та відповідає основним планам наукових досліджень Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, а також робіт комісії з транспортної політики, екології та комбінованих перевезень Організації співдружності залізниць, а саме: «Розробка технології та апаратури для ліквідації наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами (№ держреєстрації 0106U005701); «Разработка технических решений по очистке отработанных вод от нефтепродуктов с использованием современных реагентов» (№ держреєстрації 0104U003335); «Створення технології демінералізації води для локомотивного господарства в умовах антропогенного забруднення джерел водопостачання» (№ держреєстрації 0103U003335); НДР «Організаційно-методичні принципи раціонального використання моторних палив під час експлуатації авіаційної та наземної техніки» (№ держреєстрації 0110U000223) та Міжнародного Проекту STCU № 3322 «Розробка технології для ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій, військових конфліктів та терористичних актів», у яких автор є виконавцем та автором звітів.

Мета і завдання дослідження. Метою досліджень є підвищення рівня екологічної безпеки експлуатації рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту шляхом розробки методологічних основ ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій**.**

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

– проаналізувати статистичні дані про емісії нафтопродуктів під час транспортування та в процесі нафтообігу на залізницях;

– дослідити технологічний та екологічний стан систем, прилеглих до потенційно небезпечних зон та встановити закономірності впливу емісій нафтопродуктів на об’єкти залізничного транспорту та навколишнє середовище;

– визначити основні концепції і методи управління екологічними ризиками та розробити екоінформаційну систему залізничного транспорту з метою накопичення, обробки та візуалізації даних моніторингу для прийняття оптимальних управлінських рішень щодо мінімізації негативних наслідків;

– розробити методи оцінки ризиків виникнення аварійних ситуацій з нафтопродуктами та еколого-економічних збитків від них для залізничного транспорту;

– розробити теоретичні положення щодо створення ефективних екологічно чистих та захисних технологій для зниження негативного впливу емісій нафтопродуктів на різних стадіях технологічного циклу при експлуатації та ремонті засобів залізничного транспорту;

– розробити комплекс організаційно-технічних і технологічних заходів ліквідації екологічних наслідків аварій на залізницях під час перевезення нафтопродуктів на базі принципів ресурсо- та енергозбереження;

– розробити технологію утилізації нафтовмісних відходів залізничної інфраструктури на основі розроблених технологічних та екологічних новацій;

– виконати техніко-економічне обґрунтування запропонованих технічних рішень та технологічних заходів із зменшення негативного впливу нафтопродуктів при забезпеченні діяльності залізничного транспорту.

Об’єкт дослідження – процес впливу нафтопродуктів на навколишнє середовище при експлуатації та ремонті рухомого складу залізниць.

Предмет дослідження – комплексна безпека експлуатації засобів залізничного транспорту з урахуванням сучасних екологічних вимог.

Методи дослідження: постановка задач дослідження, вибір методів їх вирішення та аналіз результатів здійснено з використанням методів системного аналізу. Теоретичні методи досліджень ґрунтувалися на системному підході до

аналізу екологічного та технологічного стану об’єктів і територій під час емісій нафтопродуктів, який передбачає вибір і врахування впливу домінуючих факторів на досліджені процеси.

Відповідно до специфіки досліджень у роботі використовували наступні методи: вивчення кількісних та якісних характеристик об’єктів та матеріалів дослідження виконувалось за допомогою аналітичних та фізико-хімічних методів; для організації системи моніторингу, морфологічної ідентифікації та ранжирування територій застосовано геоінформаційні технології; у теоретичних дослідженнях і чисельних експериментах використані методи статистичного аналізу, теорії ймовірності, математичної статистики, методи експертних оцінок, математичного аналізу, математичного моделювання, оптимізації та теорії прийняття рішень.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці теоретичних положень, технічних рішень та комплексному вирішенні взаємопов’язаної науково-прикладної проблеми з підвищення безпеки та захисту навколишнього середовища в умовах експлуатації залізничного транспорту на основі системного підходу для чого в дисертаційній роботі:

– Вперше на основі результатів експериментальних досліджень характеру розповсюдження нафтопродуктів під час аварійних емісій визначено якісно-структурні залежності розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем, що дозволяє формалізувати і науково обґрунтовувати вибір інноваційних технологій екологічного захисту об’єктів залізничного транспорту та відновлення нафтозабруднених ділянок залізниць.

– Вперше встановлено кількісні залежності швидкості процесів корозії металевих конструкцій рухомого складу залізниць від фракційного складу нафтопродуктів, що дозволяють аналізувати та попереджувати корозійні руйнування конструкцій та розробити спеціальний комплекс рекомендацій, щодо підвищення рівня техногенної безпеки об’єктів залізничного транспорту.

– Вперше розроблено метод направленої термоконвекції з подальшою біоактивацією для очищення ґрунтів від легких нафтових фракцій, що на

відміну від існуючих методів дозволяє мінімізувати втрати нафтопродуктів при ремонтних і технологічних операціях та експлуатації рухомого складу залізниць, скоротити термін відновлення пропускної спроможності забруднених ділянок колії та підвищити ефективність очищення.

– Вперше на базі геоінформаційних технологій і сучасних принципів системного аналізу розроблено методологію морфологічної ідентифікації та ранжирування об’єктів за ступенем ризику аварійних та технологічних втрат нафтопродуктів, що дозволяє суттєво підвищити рівень екологічної безпеки при експлуатації та ремонті рухомого складу та об’єктів залізничного транспорту.

– Вперше отримано системні залежності ступеню очищення та регенерації моторних олив, що використовуються на підприємствах залізничного транспорту, від концентрації окиснювальних та поверхнево-активних речовин, що дозволяє розробити та оптимізувати високоефективну та екологічно чисту технологію регенерації відпрацьованих олив.

– Вперше отримано системні залежності ефективності очистки ґрунтів розробленими сорбційними матеріалами від основних чинників процесу, а саме: фракційного складу нафтопродукту, температури, структури і вологості ґрунту, що забезпечує можливість прогнозування та інтенсифікації процесу очищення.

– Удосконалено методологію покращення якісних властивостей для комплексу спеціальних композиційних сорбентів та біополімерних композитів, що дозволяє забезпечити високі показниками ступеню очищення та еколого-економічної ефективності їх застосування для захисту об’єктів залізничного транспорту.

– Удосконалено математичну модель динаміки концентрацій нафтопродуктів в процесі розповсюдження та їх нейтралізації, що відрізняється від існуючих урахуванням просторової неоднорідності розподілу органічної та біологічної складової і фракційного складу нафтопродукту та дозволяє отримувати детальні прогнози ступеню негативного впливу та стану забруднених об’єктів залізничного транспорту.

– Удосконалено технологію утилізації нафтовмісних відходів, що утворюються при експлуатації та ремонті рухомого складу залізниць з використанням технологічно та екологічно безпечних речовин, що забезпечують більш високі показники ефективності, ресурсозбереження та економічності у порівнянні з існуючими методами.

– Удосконалено метод кількісної оцінки еколого-економічних збитків від аварій з нафтопродуктами на об'єктах залізничного транспорту в частині урахування повних фінансових втрат інфраструктури, що дозволяє отримувати детальні показники можливих економічних збитків та підвищує мотивацію до впровадження запобіжних екологічних заходів.

Практичне значення одержаних результатів. На підставі результатів досліджень запропоновано нові ефективні напрями вирішення актуальних проблем зменшення негативних наслідків емісій нафтопродуктів на об’єктах експлуатації залізничного транспорту.

Найбільш вагомі результати, що характеризують практичну цінність дисертаційної роботи, наступні:

1. Розроблено програмно-аналітичну систему «SAER» для оцінки екологічних ризиків та автоматизованого вибору оптимальних технологій і сценаріїв ліквідації надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті, що дозволяє оперативно отримувати дані моніторингу, прогноз розвитку аварійних ситуацій, оцінювати потенційні екологічні ризики та вдосконалити порядок прийняття управлінських рішень щодо мінімізації екологічних наслідків (свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 42639, див. Додаток А).

2. Розроблено серію електронних карт рецептивного статусу (екологічної чутливості), що призначені для оцінки потенційних екологічних ризиків та прийняття управлінських рішень з відновлення об’єктів залізничного транспорту. (Придніпровська залізниця, акт впровадження від 30.09.2010р. та свідоцтво про державну реєстрацію авторських прав на твір № 42639).

3. Розроблено сучасну технологію відновлення моторних олив та утилізації нафтошламів. Запропонована технологія, у порівнянні з існуючими, має високі показники виходу відновленої оливи – 94,1 % та ефект очищення, що складає 96,5 %. (Придніпровська залізниця, локомотивне депо ст. Дніпропетровськ, акт впровадження від 17.05.2011р.)

4. Розроблено схему комплексної утилізаційної станції, що включає технологічні лінії регенерації відпрацьованих олив, переробки нафтошламів і утилізації нафтовмісних відходів з використанням сучасних принципів ресурсозбереження. Комплексний показник ефективності станції складає – 91,6 %. (Придніпровська залізниця, локомотивне депо ст. Нижньодніпровськ-Вузол, акт впровадження від 14.04.2010р.)

5. Розроблено комплекс технологічних схем очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів, що відрізняються від існуючих високою ефективністю – до 97,8 %, економічністю та ґрунтується на сучасних принципах ресурсозбереження з врахуванням особливостей експлуатації залізничного транспорту. (Придніпровська залізниця, локомотивне депо ст. Нижньодніпровськ-Вузол, акт впровадження від 5.10.2011р.)

6. Розроблено рекомендації щодо використання нових методів, комплектності спеціальної техніки і устаткування, сорбентів і композиційних матеріалів для локалізації, збору, відкачування і відновлення ґрунтів і вилучених нафтопродуктів, що внесені в технологічні карти-матриці відбудовних поїздів та ліквідаційних підрозділів.

7. Розроблено рекомендації щодо проведення біоремедіації та фіторемедіації для доочищення та відновлення ґрунтів з урахуванням особливостей експлуатації залізничного транспорту. (Придніпровська залізниця, локомотивне депо ст. Нижньодніпровськ-Вузол, акт впровадження від 5.10.2011р. та від 30.09.2010р.)

Практична цінність і новизна отриманих результатів підтверджується 11 патентами та 8 актами впровадження, сумарна економічна ефективність від упровадження запропонованих технологій утилізації нафтовмісних відходів та

санації нафтозабруднених ґрунтів на Придніпровській залізниці становить 870,82 тис. грн/рік.

Матеріали дисертаційного дослідження широко використовуються в навчальному процесі: автором розроблено та впроваджено курс спеціального навчання з правил перевезення небезпечних вантажів на залізничному транспорті та курси професійно-орієнтованих дисциплін «Правила безпеки та порядок ліквідації аварійних ситуацій на залізничному транспорті», «Екологічна безпека», «Хіммотологія», «Біоіндикація та біометрія», «Екологічний менеджмент і аудит», «Економіка природокористування», «Раціональне природокористування» - в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (акти впровадження від 20.03.2011р. та від 16.01.2012р.) та «Авіаційні паливно-мастильні матеріали» і «Ресурсозберігаючі технології в ПЗК» - в Національному авіаційному університеті, що підтверджується актами впровадження (акт впровадження від 30.11.2012р.).

Відповідні акти впровадження результатів дослідження наведені у Додатку Б до дисертації.

Особистий внесок здобувача. Наукові, методичні та практичні результати та положення, винесенні на захист, розроблені автором особисто. Експериментальні та прикладні дослідження та їх впровадження проводилися безпосередньо за участю автора.

Наукові публікації [315, 316, 318, 328, 332-335, 368] надруковано без співавторів. У наукових публікаціях, надрукованих у співавторстві, автору належать: у працях [326, 341, 343, 345, 349, 350, 352, 353] – опис результатів власних експериментальних досліджень, формулювання висновків та гіпотез; [346, 348, 355] – аналіз здобутих результатів, формулювання висновків та гіпотез; [347, 348, 326, 342, 356, 357, 359, 361-364] – узагальнення, систематизація даних щодо процесів регенерації та відновлення олив; [358, 360] – обґрунтування та розробка методології досліджень, концепцій та стратегій вирішення раціональної утилізації нафтовмісних відходів; [327, 339, 340, 344] –

постановка завдань, аналіз та інтерпретація результатів досліджень; [365] – обґрунтування основних положень; [367, 369 - 371, 374] – постановка завдань, аналіз отриманих даних, розроблення допоміжних пунктів формули і опису патенту; [331, 356, 373] – розроблення основних пунктів формули і описання патенту; [321, 326, 336] – розв'язання теоретичних питань, пов'язаних із математичним моделюванням процесів геологічної нафтодеструкції; [319, 320, 322] – формування баз даних, розробка системи оцінки екологічних ризиків; [326, 338] – формулювання та обґрунтування наукових завдань управління екологічними ризиками та поводження з відходами; [351] - систематизовані закономірності, розроблені технологія і конструкція; [323, 324, 325, 326, 334, 340] – формулювання та обґрунтування наукових завдань управління екологічною безпекою та екологічним ризиком, розроблено методику оцінки еколого-економічних збитків від аварії з нафтопродуктами; [326, 329, 330, 365, 366] - розробка нової технології та схем комплексної станції утилізації нафтовмісних відходів.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційної роботи доповідались та обговорювались на: Fourth international conference, «Waste management and the environment», Wessexs Institute of Technology, UK, – 2008; II International Scientific Conference «Transport Problems», Silesian University of Technology, Katowice – 2011; II международной научно-практической конференции "Техника и технологии ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов", Москва, 2007р.; II и III международной научно-практической конференции «Чистый город» Санкт-Петербург, Россия, 2009, 2010р.; II Міжнародній конференції з питань поводження з відходами виробництва та споживання, - Київ, 2007 р.; XIV Міжнародній науково-практичній конференції «Екологія. Людина. Суспільство», НТУ «КПІ», - Київ, 2007, 2011 р.; 67 - 73 Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми та перспективи розвитку залізничного транспорту», ДНУЗТ, - Дніпропетровськ, 2007р.-2014р.; I та II Міжнародній науково-практичній конференції, - Одеса, ОДЕУ, 2008 - 2009 р.; Міжнародній науково-практичній

конференції «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів», - Дніпропетровськ, НГУ, 2008 р.; I - V Міжнародних науково-практичних конференціях «Проблеми хіммотології», - Київ, НАУ, 2007р., 2008 р., 2010р., 2012р., 2014р.; Всеукраїнській науковій конференції «Екологічна безпека держави», - Київ, НАУ, 2009 р.; I міжнародному конгресі «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування», - Львів, НУ «Львівська політехніка», 2009р.; Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформації та інноваційні технології на транспорті», - Херсон, 2010 р., VII та VIII Міжнародних науково-технічних конференції «Проблеми екології та енергозбереження в суднобудуванні», Миколаїв, 2012р., 2013р.

В повному обсязі результати дисертаційної роботи доповідались на міжкафедральних семінарах в Національному авіаційному університеті (15.05.2013р.), Одеському державному екологічному університеті (18.04.2014р.) та Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (20.05.2014р.).

Публікації. Основні положення дисертаційної роботи і результати досліджень опубліковані в 87 наукових працях, в тому числі у 4-х монографіях, з яких дві одноосібні, 35 статтях в наукових журналах і збірниках наукових праць, із них – 24 в фахових виданнях та 5 у закордонних виданнях та у виданнях, що входять до науково-метричних баз даних, 11 патентах, 57 тезах доповідей на наукових конференціях. Одноосібно опубліковано 11 наукових праць.

Структура і об'єм роботи. Дисертація складається з вступу, шести розділів, висновків, списку літератури з 398 найменувань, 6 додатків і містить 65 таблиць, з яких 18 на окремих сторінках, та 123 рисунки, з яких 60 на окремих сторінках. Основний текст викладено на 278 сторінках.

РОЗДІЛ 1
СТАН ПРОБЛЕМИ ТА АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД ЕКОЛОГІЧНОЇ ОБСТАНОВКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ПІД ЧАС ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ

У зв'язку з скороченням сировинної бази, що простежується з середини 90-х років XX століття, пошук додаткових альтернативних нафтових ресурсів є важливим стратегічним завданням. До таких завдань відноситься як зменшення втрат нафти на усіх стадіях її виробництва, так і повернення в оборот нафтопродуктів, втрачених під час технологічних та аварійних емісій. Рішення цього завдання одночасно забезпечить як економічний, так і екологічний ефекти.

З метою удосконалення систем природокористування при організації експлуатації залізничного транспорту в умовах сталого розвитку, вивчення сучасного досвіду щодо раціонального використання нафтопродуктів та принципів забезпечення екологічної безпеки процесів транспортування, зберігання та використання нафтопродуктів стає необхідним і вельми актуальним. Тому одним з основних завдань дисертаційної роботи є - вдосконалення наукових основ і методів управління екологічною безпекою на залізничному транспорті при перевезенні і поводженні з нафтопродуктами. При цьому, основними об’єктами досліджень є процеси негативного впливу нафтопродуктів на навколишнє середовище при експлуатації та ремонті рухомого складу залізниць, що суттєво впливають на екологічну ситуацію на залізничному транспорті.

Аналіз широкого спектру літературних джерел підтверджує, що значний внесок щодо вирішення проблем підвищення ефективності експлуатації рухомого складу, екологізації та оцінки взаємодії залізничної інфраструктури з навколишнім середовищем зробили такі вітчизняні відомі вченні, як: Е.Д. Тартаковський, А.П. Фалендиш, А.Е. Сімсон, Б.Є. Боднарь, Т.Ф. Кузнєцов, Г.Б.

Розенбліт, О.А. Ярхо, С.А. Єрощенков, Бабанін О.Б., Д.В. Зеркалов, С.Г. Жалкін, А.О. Каграманян та багото інших вчених.

Вагомий внесок у формування понятійного апарату і розробку основ методології оцінки ризиків в цілому і від виникнення небезпечних ситуацій при залізничних перевезеннях, зокрема, внесли вчені: А.Б. Качинський, Я.И. Бедрий, Т.В. Гардащук, А.О. Горелов, М.М. Киселев, Д.Ж. Маркович, М.М. Назарук, Є.М. Грінченко, А.Г. Базазьян, Р.Ю. Андрушків, А.Л. Кармолин, О.М. Гуда, І.В. Мартинюк, А.В. Костров, В.А Котляревский, В.Г. Иноземцев, В.М. Лисенков, В.И. Медведев, Б.Л. Недорчук, А.М. Островский, В.М. Рудановский, И.С. Шейнкман, A.E. Green, A.J. Bourne, R.E Barlow, H. Kumamoto, F.N. Proschan, E.J. Henly та інші вчені.

Становлення і сучасний розвиток методологічного напрямку з дослідження проблем екологічної безпеки та підвищення рівня екологічної безпеки зроблено багатьма відомими вітчизняними науковцями: К.Ф. Фроловим, В.О. Боковим, Б.М. Данілішиним, О.М. Трофімчуком, А.Г. Шапарем, Т.А. Сафрановим, М.Д. Гомелею, М.С. Мальованим, І.А. Шеренковим, І.П. Крайновим, Білявським, В.Ю. Некосом, О.М. Адаменком, А.В. Лущиком, Г.І. Рудьком, В.М. Шмондієм, В.М. Гольдбергом, І.С. Пашковським, В.М. Шестаковим, Н.С. Касимовим, Д.В. Конновим та багатьма іншими видатними вченними [1-31].

Більшість існуючих концепцій і підходів до підвищення екологічної безпеки процесів транспортування та зберігання нафтопродуктів необхідно вдосконалити та адаптувати з урахуванням особливостей залізниці. Тобто, специфіка експлуатації залізничного транспорту вимагає розробки та реалізації спеціальної ефективної комплексної системи управління якістю навколишнього середовища та забезпечення екологічної безпеки.

Основні шляхи, обрані для забезпечення екологічної безпеки операцій транспортування і поводження з нафтопродуктами на залізничному транспорті показано на рис. 1.1.

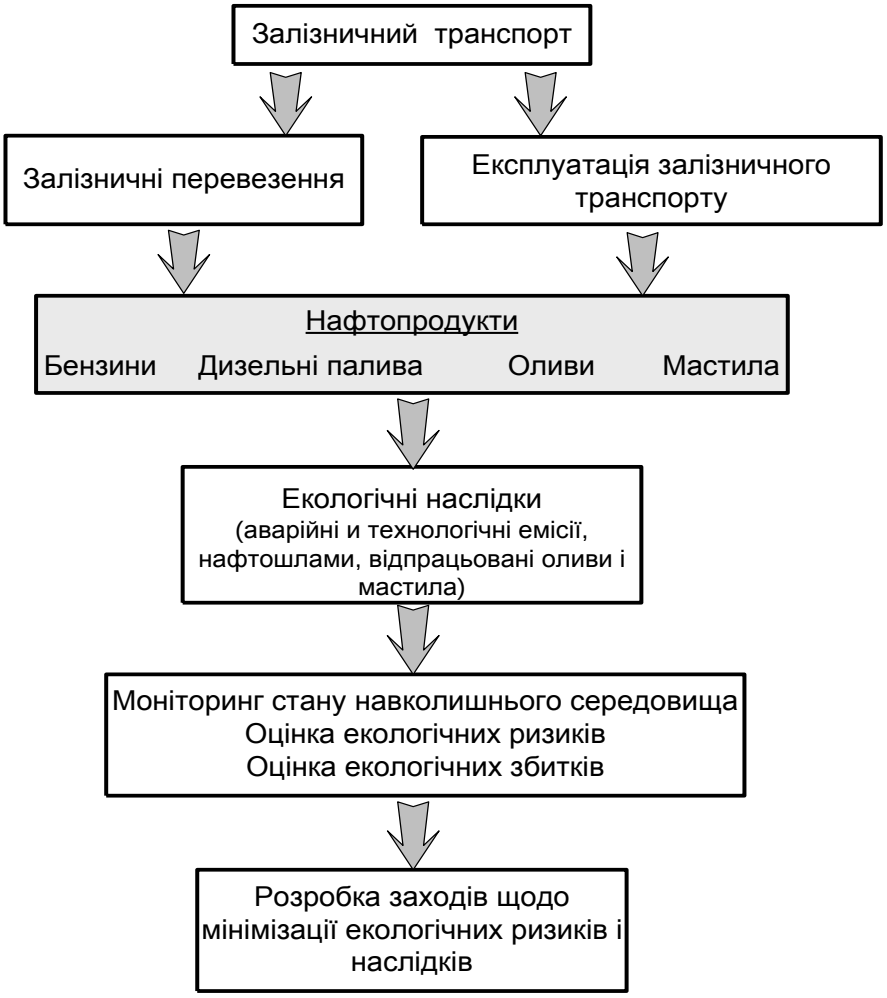


Рис.1.1. Основні шляхи забезпечення екологічної безпеки поводження з нафтопродуктами на залізниці.

Отже, для досягнення поставленої мети першочерговим завданням є аналіз сучасного стану екологічної безпеки, аварійної статистики, існуючих технологій ліквідації аварій з нафтопродуктами та схем поводження з нафтовміщуючими відходами.

1.1. Вплив транспортної системи на навколишнє середовище та екологічні проблеми залізничного транспорту

Залізничний транспорт України – технічно складний транспортний комплекс, розосереджений практично по всій території країни.

Експлуатаційна довжина залізничних мереж складає 22301,9 км.

Для забезпечення перевізного процесу на мережі 6 залізниць розміщено 1684 станції, 68 основних і 34 оборотних локомотивних депо, 51 вантажне

вагонне депо, 16 пасажирських вагонних депо, 110 дистанцій шляху, 23 механізованих дистанції навантажувально-розвантажувальних робіт, 38 колійних машинних станцій, 37 дистанцій цивільних споруд, 69 дистанцій сигналізації і зв'язку, 43 дистанції електропостачання і інші підприємства. Кожна з перелічених дільниць мають свої особливості впливу на навколишнє середовище.

Особливістю роботи залізничного транспорту є цілодобова, безперервна робота з перевезення пасажирів і вантажів, а також наявність в процесі перевезення великої кількості небезпечних вантажів.

За даними статистики в країнах ЄС небезпечні вантажі складають 25-30% всіх вантажів, що перевозяться по залізницях. Сюди відносяться вибухонебезпечні вантажі, гази, вогненебезпечні рідини, вогненебезпечні тверді матеріали, що окисляють речовини, отруйні речовини, радіоактивні матеріали, корозійні і інші матеріали. Розливи або втрати небезпечних вантажів при аварійних ситуаціях складають головну екологічну небезпеку експлуатації як залізниці, так і всієї транспортної системи в цілому.

Задля забезпечення зменшення негативного впливу залізничного транспорту в процесі штатної експлуатації на всі ланки біосфери ступінь його впливу потребує постійного моніторингу і регулювання. Аналіз щорічної діяльності підприємств залізниці свідчить: більше 40% води, що споживається скидається в поверхневі водоймища у вигляді стоків, забруднених нафтопродуктами, солями важких металів, синтетичними поверхнево-активними речовинами і інш.; у атмосферне повітря із стаціонарних джерел викидається більше 50 тис. тонн шкідливих речовин, з яких уловлюється і знешкоджується тільки близько 30%; в результаті виробничої діяльності утворюється більше 65 тис. тонн відходів різних класів небезпеки.

Значна частина викидів (близько 85%) утворюється за рахунок спалювання палива при експлуатації дизельного магістрального і маневрового рухомого складу, рефрижераторних поїздів.

Якість стічних вод залізничних підприємств змінюється в широких

межах. Забруднення водоймищ промисловими стічними водами створює потенційну небезпеку для здоров'я населення, обмежує використання водоймищ для господарсько-питних і культурно-побутових цілей, завдає великої шкоди рибному і сільському господарству.

Джерелами утворення відходів на залізничному транспорті є всі його структурні підрозділи. Крупні транспортні підприємства, до яких можна віднести, зокрема, локомотивні, вагонні депо, залізничні станції, заводи з ремонту залізничної техніки і бази, що забезпечують їх, як правило, створюють і акумулюють промислові відходи серед яких найбільш розповсюдженими – є нафтовміщуючі (таблиця 1.1).

Таблиця 1.1

Відходи виробництв залізничних підприємств

Найменування відходу	Технологічний процес, в якому утворюються відходи	Об'єми утворення за рік
Нафтошлами	Очищення стічних вод підприємств	до 200 тис. т
Шлами з мийних машин	Обмивання підшипників, букс, візків і кузовів рухомого складу, різних деталей перед ремонтними роботами	до 2000 $м^3$
Гальваношлами	Очищення промивних вод гальванічних ділянок	до 20 т
Осідання з машин хімчистки	Чищення робочого одягу	500—1600 $м^3$
Відпрацьовані оливи	Очищення букс перед ремонтом, заміна відпрацьованих мастил	5—7 тис. т
Відпрацьовані дизельні оливи	Заміна відпрацьованих дизельних олив при техогляді рухомого складу і ремонтних роботах	Більше 1 тис. т
Забруднений грунт	Очищення проммайданчиків ППС, ШПЗ, прирейкових територій депо, заводів і тому подібне	до 1 млн. т
Шпали	Заміна старогідних шпал при ремонтних роботах	1—1,2 млн. штук
Лампи люмінесцентні	Заміна несправних ламп в адміністративних і робочих приміщеннях підприємств	до 40—50 тис. штук
Гумо-технічні відходи	Заміна гальмівних колодок при ремонтних роботах, акумуляторних банок і інших гумових деталей	500—700 т

Причиною забрудненості територій залізничних колій і підприємств є витоки нафтопродуктів на колії і міжколійний простір з цистерн під час перевезень, унаслідок несправності котлів і зливних приладів цистерн і

нещільності люків, попадання олив при екіпіровці локомотивів, розливу нафтопродуктів на територіях складів паливно-мастильних матеріалів.

Кількість використаних відходів всіх класів незначна, що обумовлене загальною економічною тенденцією зменшення обсягів виробництва, що у свою чергу є умовою зменшення об'ємів фінансування природоохоронних заходів, направлених на збільшення рівня використання відходів не тільки на залізничному транспорті, але і у всіх галузях промисловості України.

Умови зберігання і видалення відходів на залізничному транспорті, як і в інших галузях промисловості, часто не відповідає санітарно-гігієнічним вимогам, що приводить до забруднення підземних вод, ґрунтів, атмосфери.

1.1.1. Джерела, причини та форми емісій нафтопродуктів у навколишньому середовищі на підприємствах залізничного транспорту

Нафтопродукти є одним з найважливіших компонентів життєзабезпечення залізничного транспорту (рис. 1.2), кількість вуглеводневих речовин, що приймають участь у процесах транспортування, екіпіровки рухомого складу, експлуатації, зберігання та забезпечення триботехнічних потреб – вельми значний [32-36].

Тобто, паливно-мастильні матеріали (ПММ) є невід'ємним елементом техносфери, що негативно впливає на навколишнє середовище. Ступінь негативного впливу ПММ на технобіосферу залежить від технічних та екологічних показників та властивостей. При цьому, зазначені властивості в більшості випадків є антагоністичними по відношенню один до одного (рис. 1.3).

Наприклад, ПММ до яких додають присадки для підвищення стабільності значно знижують утилізаційні властивості відпрацьованих ПММ та набувають мутогенні та біоакумулятивні властивості. Крім цього головними небезпечними властивостями відпрацьованих ПММ є: токсичність, канцерогенність, мутагенність, здатність до біоаккумулювання та низька біорозкладність.

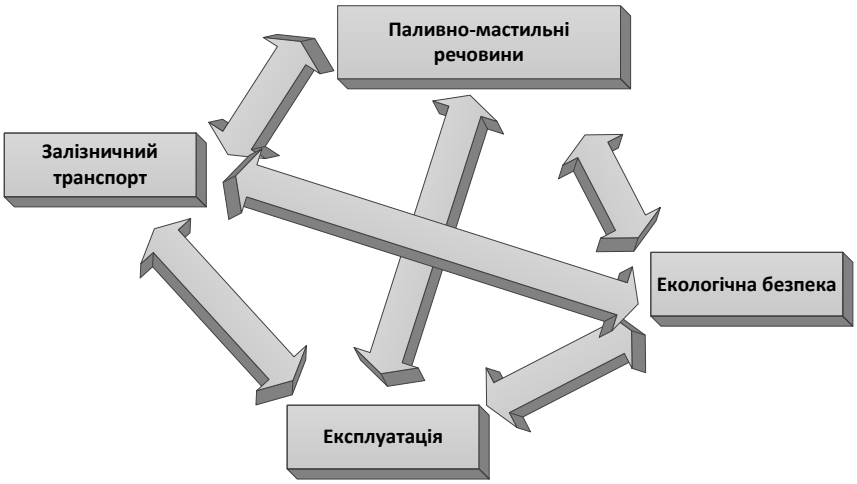


Рис. 1.2. Хіммотологічна система на залізничному



Рис. 1.3. Взаємозв'язок технічних та екологічних аспектів паливно-мастильних матеріалів на залізничному транспорті

Підприємства залізничного транспорту займають території в середньому від 2 до 50 га, ці території відрізняються не тільки розмірами, але і ступенем забрудненості. Характер технологічних процесів, що здійснюються підприємством, визначає вигляд і площа забруднення. Найбільш поширеними забруднювачами територій підприємств залізничної галузі є нафта і нафтопродукти, мазут, дизельне паливо, оливи і мастильні матеріали, антисептики, феноли, а також залишки вантажів, що перевозяться, і відходи виробництва. Площа забруднених ділянок коливається від 8 до 35% загальної території підприємства. Співвідношення між чистою і забрудненою територіями основних видів залізничних підприємств наведено в табл. 1.2.

Таблиця 1.2

Площі забруднених територій залізничних підприємств

Найменування підприємства	Середня площа підприємства, га		Площа забрудненої території %
	загальна	забруднена	
Депо: локомотивні вагонні рефрижераторні	 5 4,5 3	 1 0,9 0,3	 20 20 10
Промивально-пропарювальні станції	12	3	25
Шпалопросочувальні заводи	10	2,4	24
Станції і пункти обслуговування вагонів	50	5	10
Пункти підготовки вагонів: пасажирських вантажних	 2 2	 0,06 0,15	 3 5
Дистанції колії (колії та міжколійний простір)	-	-	28

Причиною забруднення залізничних колій нафтопродуктами є виток їх з цистерн, несправних ємкостей і зливних приладів під час перевезення. Змащувальні оливи потрапляють на колії під час сезонних і епізодичних заправок букс, з колісних пар, а також безпосередньо з нещільно закритих букс під час руху складу.

Локомотивні і вагонні депо займають території, площа яких коливається в середньому в межах 4–5 га. Близько 20% цієї площі забруднюється

нафтопродуктами в процесі здійснення виробничої діяльності: дизельним паливом і дизельними оливами, що проливаються під час заправок локомотивів, мастилами – при заправці букс, мазутом – при використанні його в котельних депо. Концентрації забруднень коливається в межах 5–50 г/кг ґрунту.

Залізничні станції, пункти технічного обслуговування вагонів та дистанції колії займають площі від декількох до сотень гектарів. З них 10–28% складають забруднені території. При маневрах рухомого складу і руху вантажних поїздів шляхи станції забруднюються нафтопродуктами та сипкими вантажами.

Таким чином добігаємо висновку, що загальна площа нафтозабруднення залізниць з урахуванням підрозділів та магістралей сягає більш ніж 20% від її загальної площі.

Забруднені території негативно позначаються на стані навколишнього природного середовища. На деяких підприємствах і залізничних коліях ґрунти просочені нафтопродуктами на значну глибину, що створює загрозу, як поверхневим водоймищам, так і підземним водам. Під час сніготанення і випадання дощів утворюються поверхневі стічні води, що, змивають пил, нафтопродукти і інші забруднення, скидають їх в найближче водоймище.

На сьогоднішній день об’єктивне вирішення глобальних проблем, до яких безперечно відносяться і екологічні виконується на рівні міжнародної Організацію Співдружності залізниць (ОСЗ), в її склад входять найбільші залізничні держави. Сьогодні активно діє Комісія з транспортної політики, екології і комбінованих перевезень. Природоохоронна діяльність Комісії ОСЗ знайшла своє віддзеркалення в проведенні цілого ряду важливих розробок, виробленні нормативно-технічних документів і рекомендацій. Але в умовах постійного підвищення вимог до якості навколишнього середовища стає необхідним пошук найоптимальніших, як екологічно-технологічних, так економічних рішень щодо управління екологічними ризиками та їх мінімізації. Їх реалізація дозволить не тільки значно поліпшити екологічну ситуацію на залізницях, але і матиме важливе значення для всіх держав світу [37-45].

Однією з умов розробки ефективної природоохоронної політики є визначення стандартів якості навколишнього середовища, що враховують одночасно екологічні пріоритети і наявні ресурси[46-52]. Норми охорони навколишнього середовища призначені для запобігання негативним антропогенним наслідкам та повинні визначати якість навколишнього середовища через встановлення допустимих рівнів забруднюючих речовин та прийнятних рівнів ризиків.

Витрати на природоохоронну діяльність не повинні бути нижче 2,5–3% ВНП і частка державної підтримки природоохоронних заходів може доходити до 70% (США-55%, Австрія > 70%) [32, 33, 37].

Однак, мінімальні витрати на природоохоронну діяльність в Україні (1,3-2%) і недостатня державна підтримка на фоні складної економічної ситуації призводять не тільки до неможливості управління екологічними ризиками в транспортному комплексі, але й до низького рівня забезпечення для вчасного та ефективного реагування на небезпечну екологічну ситуацію, що сталася. Все зазначене потребує формулювання нових принципів організації екологічної безпеки та розробки раціональних підходів для мінімізації і управління екологічними ризиками на таких стратегічно важливих об’єктах, як залізниця.

Сучасні системи управління екологічною безпекою на залізницях з ціллю вдосконалення оперативного контролю повинні містити базу засобів для виявлення і знешкодження компонентів екологічно небезпечних вантажів у разі початку деструктивних процесів в цистернах, засобів передачі інформації від датчиків, що знаходяться на рухомому складі машиністові локомотива і далі, – на диспетчерський пункт, а також створення системи оперативних організаційно-технічних заходів, направлених на аналіз інформації, що поступила, і ухвалення рішень. Для об’єктивного підходу «Рекомендації» повинні періодично переглядатися з урахуванням технічних досягнень виробництва, економічних можливостей, зміни світових стандартів.

Таким чином, одним із головних предметів дослідження стає система технічного та науково-методологічного забезпечення екологічної безпеки

процесів транспортування, зберігання та використання нафтопродуктів. Задля забезпечення об’єктивності досліджень необхідно застосовувати наступні методи: методи системного аналізу, системології, формалізації, гіпотетичні та абстрактно-логічні; аналітичні та стандартні фізико-хімічні методи; методи математичного аналізу і моделювання, оптимізації і теорії ухвалення рішень. Їх застосування забезпечить системний підхід до аналізу екологічного стану в місцях масштабних транспортних аварій з нафтопродуктами, що передбачає вибір і врахування впливу домінуючих чинників на досліджені процеси.

1.1.2. Порушення безпеки руху на залізницях і фактори техногенного ризику під час виконання технологічних операцій з нафтопродуктами

Статистика свідчить, що за останніх 30 років в світових масштабах значно зросла кількість надзвичайних ситуацій. Так, згідно даним ООН, загальна кількість природних катастроф зросла з 73 в 1975 р. до 440 в 2008 р.. У той же час кількість аварій техногенного характеру збільшилася майже втричі, з 1280 в період з 1978 по 1988 р. до 3435 в період з 1999 по 2009 р..

За статистикою останніх років у 2012р. трапилось 59, а за 2013р. – 28 аварійних ситуацій за участю небезпечних вантажів, що супроводжувались значними еколого-економічними збитками.

У зв’язку з цим, за останнє десятиліття пріоритет міжнародної діяльності в області протидії катастрофам техногенного і природного характеру істотно змістився від реагування на надзвичайні ситуації у бік реалізації всеосяжних підходів, направлених на зниження ризиків їх виникнення.

На початку 70-х років розливи при транспортуванні і вивантаженні складали менше 35% від загальних розмірів емісій нафти у навколишнє середовище. Дані початку 90-х показують, що ця цифра зросла до 45% тільки в морських акваторіях. Отже, на сьогоднішній день більшість розливів нафти та продуктів її переробки відбуваються саме при транспортуванні. До 2010р., коли трапилась аварія на нафтовидобувній вишці у Мексиканському заливі розподіл

аварійних емісій нафтопродуктів складав: 66% – емісії при транспортуванні, 18% – при зберіганні, 16% – при видобуванні та 8% – при використанні.

Щорічно, через витоки з суден, аварій і винесення річками в Світовий океан потрапляє 12–15 млн. т. нафти, що приводить до сумарного забруднення площі в 150 млн. км^2 із загальної – 361 млн. км^2 [37]. Не припустимо зменшувати серйозність подібних аварій: вони відбуваються на одних і тих же територіях зберігання та лініях і маршрутах транспортування нафтопродуктів, уражуючи рекреаційні і заповідні зони [54]. Це веде до загибелі флори і фауни та робить екотуризм мало привабливим [32, 37, 55].

Очікується, що аварійні розливи відбуватимуться ще частіше по двох причинах: по-перше, із-за зношеності технологічного і транспортного устаткування [32, 33, 54], а друга причина проявляється при аналізі міжнародного законодавчого права на прикладі аварії танкера «Prestige» у північно-західного узбережжя Іспанії в 2002р. Тоді з танкера вилилося 25 тис. тонн нафти і іспанський уряд витратив близько 1 млрд. євро на ліквідацію наслідків цієї екологічної катастрофи. Фахівці World Wide Fund For Nature (WWF) вважають, що цій катастрофі можна було б запобігти, якби всі судна мали подвійний корпус, як це передбачено міжнародними угодами. Але застосування цих угод на практиці відкладене до 2015 року [37].

Також тяжкі екологічні і економічні наслідки походять від аварій на бурових платформах, які неминучі при експлуатації родовищ (ліквідація аварії мексиканської плавучої бурової установки «Істок-1» обійшлася в 131,6 млн. доларів, емісія склала 535 тис. т. нафти [37). Навіть при звичайному режимі роботи за період експлуатації однієї свердловини в море потрапляє 30-120 т. нафти; до 1000 т. бурових вироблень; 150-400 т. бурових розчинів і шламу [51, 55].

Збиток від великомасштабних розливів нафти визначити досить складно. Він залежить від багатьох чинників, таких, як тип розлитих нафтопродуктів, стан постраждалої екосистеми, метеоумови, пора року, стан території і ін.

.

Отже, для покращення стану екологічної безпеки при транспортуванні нафтопродуктів необхідно передбачати конкретні кроки. Наприклад, подібні кроки були зроблені деякими країнами Європи після аварії танкера Prestige[37]. В результаті, Франція і Іспанія заборонили входити в свої води танкерам, що не оснащеним подвійним корпусом. Очікується, що подібна заборона може бути введена всіма державами Європейського Союзу.

Нафтопродукти є одним з найбільш поширених вантажів, що транспортуються по залізницях (рис. 1.4). Як показує статистика [56, 57], транспортні аварії, що супроводжуються значними розливами нафтопродуктів, зустрічаються достатньо часто.

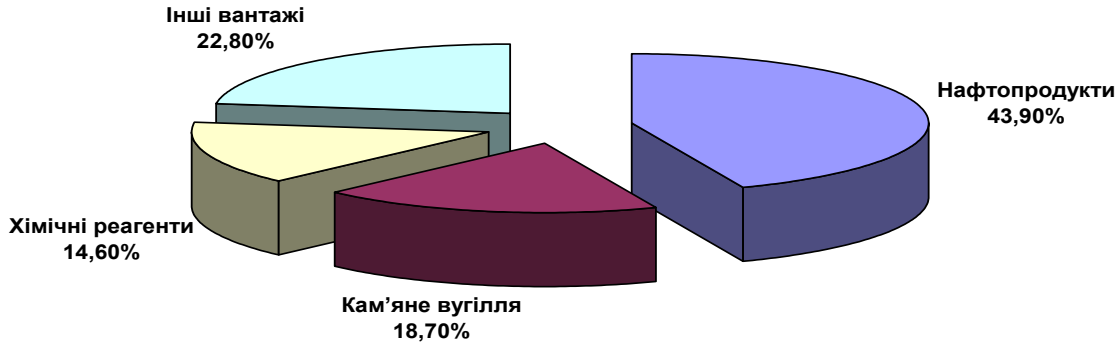


Рис.1.4. Об'єми перевезень вантажів залізничним транспортом

У таблиці 1.3. представлені емісії нафтопродуктів, що потрапляють в навколишнє середовище під час транспортних аварій, а також частки їх різних типів в загальній емісії цього виду вантажу в країнах–членах ОСЗ за 2 роки[56].

Таблиця 1.3.

Статистика по емісіях нафтопродуктів за відомостями країн-членів ОСЗ

№	Склад вантажу	К-ть аварій	Сумарна емісія, тонн	Частка емісії %	Клас небезпеки
1	Важкі нафтопродукти (мазут, ДТ, нігрол і 30н..)	34	5290	60,7	4
	- мазут топковий	16	2896	-	4
	- дизельне паливо	18	2394	-	4
2	Легкі нафтопродукти і сира нафта	33	3000	34,4	4
	Гас, моторні палива, газойль	27	2862	-	4
	Бензин	6	138	-	1
3	Нафта сира	4	424	4,9	4

Значна кількість вантажів, що перевозяться залізничним транспортом, висока вантажонапруженість окремих ділянок, розширення асортименту вантажів, що транспортуються по залізницях, викликане поглибленням спеціалізації виробництв, природна тенденція до збільшення швидкостей руху, недолік засобів для придбання і своєчасного якісного ремонту рухомого складу в країнах з перехідною економікою і низка інших причин обумовлюють неможливість повного виключення транспортних аварій з екологічно небезпечними вантажами. До цього слід додати труднощі надійного прогнозування стихійних лих і катастроф (землетрусів, ураганів, повеней і інш.), що зберігаються у всіх країнах світу, а також ризик виникнення аварій під час локальних військових або терористичних дій.

1.1.3 Класифікація факторів негативного впливу нафтообігу на залізничному транспорті

У зв’язку з підвищенням вимог безпеки до об'єктів потенційного ризику стає необхідним визначення залежності прийняття рішень від багатьох природних та техногенних чинників, виявлення найбільш оптимальних технологій мінімізації негативної дії і ліквідації екологічних наслідків.

Метою дисертаційної роботи є розроблення комплексу методологічних і технологічних основ екологізації експлуатації рухомого складу та об’єктів залізничного транспорту. При цьому серед основних завдань роботи є: розроблення методики оцінки ризиків виникнення небезпечних ситуацій, розроблення комплексу організаційно-технічних і технологічних заходів ліквідації екологічних наслідків аварій на залізниці під час перевезення нафтопродуктів та розроблення теоретичних основ створення ефективних екозахисних технологій, призначених для зниження негативного впливу емісій нафтопродуктів на різних етапах експлуатації залізничного транспорту. Всі сформульовані завдання спрямовані на покращення екологічної ситуації та забезпечення екологічної безпеки експлуатації рухомого складу та об’єктів залізничного транспорту. Широкий аналіз статистичних даних та вивчення

екологічної ситуації на залізничному транспорті підтвердили, що найбільш небезпечними за масштабами та ступенем негативного впливу є саме процеси нафтообігу на залізницях, що включають такі етапи, як: транспортування, зберігання, перевантаження та використання нафтопродуктів.

Отже, першим завданням для реалізації поставленої мети є ідентифікація і класифікація об’єктів та процесів негативного впливу кожного з етапів нафтообігу на навколишнє середовище за характерними ознаками та критеріями (рис. 1.5).

Процеси експлуатації залізниці пов’язані з постійним використанням нафтопродуктів на всіх етапах життєвого циклу. Вони використовуються для екіпіровки, обслуговування та ремонту рухомого складу залізниць тобто є одним з основних продуктів системи життєзабезпечення.

До основних об’єктів постійного використання відносяться: локомотиви, дизель-поїзда, залізничні крани, колійні машини, рефрижераторні вагони і контейнери. З метою безперебійного постачання нафтопродуктів для забезпечення експлуатаційних вимог на залізницях функціонують паливно-наливні станції, де здійснюється навантаження на наливних естакадах, перекачка паливними насосними станціями та зберігання в нафтосховищах.

Транспортування нафтопродуктів також пов’язано з процесами навантаження, перевезення та вивантаження нафтопродуктів, при цьому, як вже відмічалось, нафтопродукти за сумарним вантажообігом займають перше місце серед інших небезпечних вантажів.

Детальний аналіз факторів вказує на однаковий перелік негативних екологічних наслідків, як при експлуатації, так і при транспортуванні нафтопродуктів.

Отже спостерігається широкий спектр негативного впливу всіх етапів нафтообігу на об’єкти навколишнього середовище з формуванням несприятливих умов для безпечного гармонійного розвитку залізничної інфраструктури.

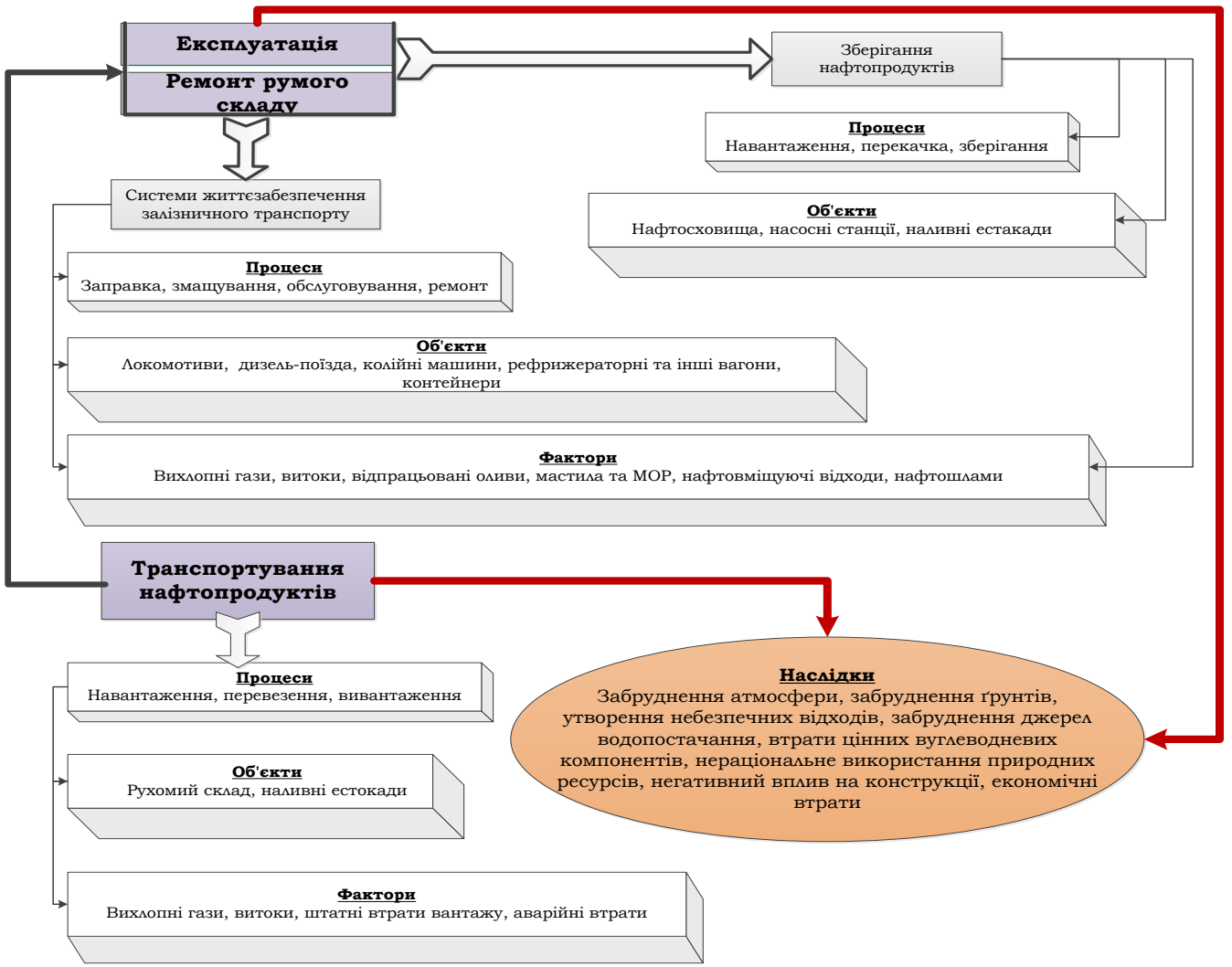


Рис. 1.5. Класифікація факторів та об’єктів негативного впливу нафтообігу за характерними критеріями та ознаками

1.2. Екологічний моніторинг, контроль і оцінка техногенного ризику на залізничному транспорті

Найефективнішим підходом до мінімізації негативного впливу на довкілля є розробка екозахисних технологій на базі даних моніторингу, що дозволяє враховувати особливості об'єктів [32, 58-62]. Аналіз даних діючої системи інформаційного супроводу природоохоронної діяльності на залізничному транспорті «Екотранс», призначеної для аналізу і контролю інформації про показники якості навколишнього середовища та раціонального використання природних ресурсів призводить до висновку, що найбільш еконебезпечними процесами технологічних операцій залізниць є аварійні та технологічні емісії нафтопродуктів та утворення нафтовмісних відходів.

На підприємствах залізничного транспорту нафто- та оливовміщуючі відходи складають значну частину серед загального об'єму всіх відходів. Це витікає, наприклад, з аналізу динаміки утворення різних типів відходів, які утворювались на підприємствах різних служб залізниці.

Зокрема найбільшими вкладниками в процес утворення цих відходів є підприємства локомотивної служби, тому на рис. 1.6 наведені дані щодо утворення всіх типів відходів підприємств цієї служби Придніпровської залізниці у 2009 році.

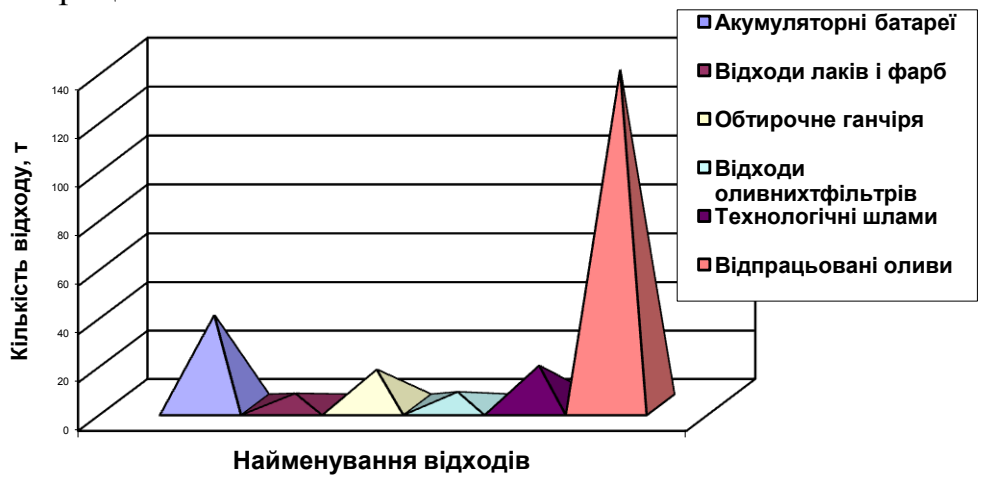


Рис. 1.6. Утворення відходів на підприємствах локомотивної служби Придніпровської залізниці у 2009 р., т/рік

З рис. 1.6 чітко видно, що в цілому для підприємств локомотивної служби залізниці саме відпрацьовані оливи складають основну групу відходів; технологічні шлами знаходяться на третьому місці після акумуляторних батарей.

При заміні оливи з одного тепловозу зливають близько 550 кг відпрацьованої моторної оливи (для тепловозів типу ЧМЭ3). У залежності від кількості одиниць рухомого складу, що обслуговуються в локомотивному депо, та об'ємів виробництва залізничного підприємства за рік в депо може утворюватися до 100 т відпрацьованої оливи. Наприклад, у 2010 р. в ТЧ-8 - локомотивному депо Придніпровської залізниці - було здійснено 23 заміни моторної оливи, при цьому злито з картера 23,65 т відпрацьованої оливи.

Хіміко-технічні лабораторії кожного депо проводять дослідження на придатність олив для подальшого використання, звіряючи отримані результати аналізів з бракувальними показниками.

Після заміни відпрацьовану моторну оливу зберігають на підприємстві з дотриманням вимог ГОСТ 1510-84 у спеціальних резервуарах. Нафто- та оливовміщуючі відходи також характерні для структурних підрозділів пасажирських і вагонних служб залізниць України[32].

За оцінками експертів світові об'єми виробництва змащувальних олив різних марок на сьогодні складає близько 38,5 млн. т на рік. Незначна їх частина (10-20%) безповоротно втрачається у процесі використання на випаровування, розливи, угар, витік. Основна ж їх маса (80-90%) поступово забруднюється різноманітними металевими, мінеральними та органічними домішками, зазнає термічного розкладення через взаємодію з нагрітими частинами обладнання, окиснення під дією кисню повітря, на них діють такі фактори навколишнього середовища, як тиск, електричне поле та природне освітлення[34]. Як результат, відпрацьована олива повністю змінює свої характеристики і стає дуже густою мулоподібною речовиною чорного або темно-коричневого кольору, густою сумішшю різного роду рідин з добавками твердих речовин - оксидів металів, продуктів зносу.

Свої особливості має робота та поступове забруднення моторних олив, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту. Мастильні матеріали, що використовуються у вузлах тертя локомотивів, знижують втрати потужності на тертя, відводять тепло і захищають вузли тертя від корозії та у багатьох випадках є ущільнюючим середовищем. Двигуни внутрішнього згоряння, що встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчастого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах.

Особливо негативним явищем є потрапляння до оливи палива або води. При потраплянні дизельного палива в оливу в першу чергу знижується її в'язкість, адгезія і температура спалаху. Неповне згоряння палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення. При потраплянні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчастого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, які засмічують оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей [32, 35-36]. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію.

Такі відпрацьовані оливи по закінченні строку роботи видаляють із системи змащування та замінюють свіжими. Їх кількість дорівнює приблизно 31 млн. т на рік. Через вищезазначені зверх нормативні втрати, розливи, витоки реальна кількість зібраних відпрацьованих олив у світі складає 19 млн. т на рік, тобто половину від прогнозованої цифри.

Відповідно до державної політики управління у сфері поводження з відходами всі промислові відходи, для яких розроблені методи вторинної переробки і раціонального використання в народному господарстві, підлягають використанню як вторинна сировина і не повинні вивозиться на полігони.

З аналізу динаміки утворення (табл. 1.4) нафтовмісних відходів Придніпровської залізниці видно що на підприємствах різних служб щорічно утворюється в межах 6-9 тонн технологічних шламів. Якщо дивитись за

процентним співвідношенням, то можна побачити, що вагому частину (майже 40 %) вони займають серед загального об’єму відходів пасажирської служби.

Нафтошлами лінійних підрозділів залізниць накопичуються у стічних водах підприємств після обмивки вагонів, тепловозів та їх деталей, тому найбільша їх кількість утворюється у вагонних і пасажирських депо залізниць, т. я. саме тут проводять обмивку рухомого складу при проведенні ремонтних робіт.

Таблиця 1.4

Аналіз утворення нафтовмісних відходів на Придніпровській залізниці, т/рік

№ з/п	Найменування відходів	Найменування служби чи підрозділу								
		локомотивна	вагона	цивільних споруд	колії	електрифікації	водопостачання	вантажна (комерційна)	пасажирська	Всього
1	Відпрацьовані. масляні фільтри	68,55	0,08	-	5,16	0,19	-	0,08	-	73,64
2	Відпрацьовані. моторні оливи	223,46	7,60	-	35,38	3,01	1,99	0,90	56,92	329,26
3	Нафтошлами	76,63	-	-	-	-	-	-	-	76,63
4	Дрантя промаслене	25,45	13,04	-	2,23	1,51	-	2,05	0,11	44,40
5	Нафтові осади стічних вод	191,61	-	-	-	-	-	-	-	191,61
6	Замазучений грунт	1,30	-	-	5786,5					5787,8

Разом 6503,351

Наприклад, шлами утворюються при проведенні періодичного ремонту рухомого складу ПР-2, який виконується в спеціальних цехах ремонтно-експлуатаційних депо.

При цьому виді ремонту виконується піднімання кузова, викочування візка, розбирання окремих вузлів, знімання кожухів і кришок, фарбування тепловозів, фарбування кузовів електровозів, а також промивка деталей. Також утворення нафтошламів спостерігається і при ремонті ПР-3. У цьому випадку виконується зняття тягових двигунів, викочування колісних пар, демонтаж і розбирання вузлів для надійної перевірки й ремонту, фарбування внутрішньої й

зовнішньої поверхні з попереднім обов’язковим ретельним промиванням [35, 36].

Наприклад, утворенням шламів супроводжується робота візкової, колісної, редукторної дільниць депо, де здійснюється миття машин, букс, колісних пар, редукторів.

На залізницях нафтошлами накопичуються та зберігаються у спеціальних бетоних шламонакопичувачах та нафтоуловлювачах, рис. 1.7. Найчастіше технологічні шлами відносяться до третього класу небезпечності і являються помірно небезпечними.

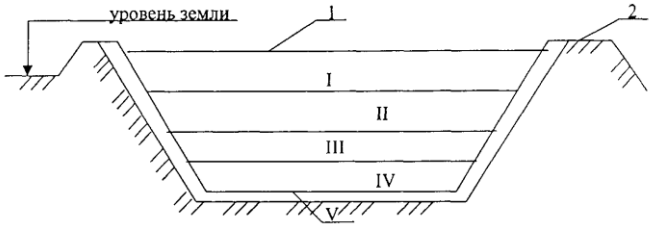


Рис. 1.7. Типовий нафтошламонакопичувач [63]:

1 - рівень нафтопродукту; 2 - обвалування; I - шар нафтопродукту, що прогрівається у літній період; II - шар застиглого нафтопродукту; III - шар води; IV - осад ;V- основа нафтошламонакопичувача.

Враховуючи значні показники нафтозабруднення територій можна зробити висновок, що найбільш об’ємним нафтовміщуючим відходом, що утворюється на підприємствах транспортної інфраструктури є ґрунти, що потребують очищення, утилізації та відновлення. Однак, результати аналітичного контролю відходів замазученного ґрунту локомотивного депо (табл. 1.5) показали, що окрім нафтопродуктів вони містять також важкі метали, що значно ускладнює регенерацію цих ґрунтів та потребує додаткових заходів.

Паралельно з цим відбувається посилення екологічних вимог до всіх видів виробничої діяльності, спостерігається зростаюче розуміння важливості і пріоритетності екологічних проблем для людства, посилюється вплив державних і суспільних організацій, політичних рухів і партій, екологічних питань, що займаються рішенням.

Таблиця 1.5

Результати аналітичного контролю відходів замазученного ґрунту локомотивного депо

Форма присутності	Вміст металу, мг/кг, клас небезпеки									Нафто-продукти
	Pb (I)	Zn (I)	Ni (II)	Cu (II)	Cr (II)	Co(II)	Mn (III)	Cd (I)	Fe (III)	
Валова	80	175,64	25,38	51,6	37,5	0	393,7	5,73	44606,1	3603,3
Рухома	36	38	5,07	7	3,75	0	21,9	0,82	25,45	
Водорозчинні	0	0	0	0	1,25	0	0,68	0,18	0	
Розчинність, г/100	-	-	-	-	7,5	-	63	1	-	
Вміст у відходах, т/т	$0,08\times10^{-3}$	$0,175\times10^{-3}$	$0,025\times10^{-3}$	$0,052\times10^{-3}$	$0,038\times10^{-3}$		$0,393\times10^{-3}$	$0,005\times10^{-3}$	$44,6\times10^{-3}$	$3,603\times10^{-3}$
ГДК ґрунтів										
Валова	32	23					1500			
Рухома			4	3	5	6		0,5		
ЛД 50									5000	5000
$К_{і\ ГДК}$		-	-	-	66,7			50		
$К_{і\ ЛД50}$									83,79	1049,4

При роботі в безаварійному режимі залізничний транспорт здійснює найменший вплив на навколишнє середовище, проте, у разі виникнення аварійних ситуацій, масштаби залпових емісій токсичних речовин в навколишнє середовище дуже значні.

Безпека перевезення небезпечних вантажів, до яких відносяться і нафтопродукти, є найважливішим завданням транспортної екології. Досвід роботи з ліквідації наслідків аварій з екологічно потенційно небезпечним вантажами вказує, що ефективність організаційних заходів в значній мірі залежить від здатності їх сприйняття виробничо-управлінськими структурами, що склалися. Оскільки останні мають свою специфіку в різних країнах, розроблені рекомендації можуть у певній мірі трансформуватися в процесі їх використання у виробничій діяльності всіх країн-членів ОСЗ. Ця обставина висуває поставлене завдання в розряд одних з найактуальніших, оскільки входить в коло інтересів багатьох країн – членів ОСЗ при цьому особливою вимогою є урахування інтеграції.

Таким чином, головним науково-прикладним завданням дисертаційної роботи стає комплексний підхід до забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні і поводженні з нафтопродуктами на залізничному транспорті, який полягає у детальному вивчені потенційних екологічних ризиків, розробці технологій і засобів щодо їх мінімізації та формулюванні ефективних принципів управління екологічною безпекою.

Задля успішного вирішення поставленої мети необхідно на кожному етапі проводити аналіз інформації про сучасні розробки в питаннях управління екологічними ризиками і мінімізації екологічних наслідків, напрям їх подальшого розвитку і наявності аналогічних розробок в країнах світової спільноти. При цьому основними етапами є:

- збір об'єктивної і повної інформації про основні маршрути руху нафтових вантажів, стан рухомого складу і шляхів, а також інформацію про аварійні ситуацій з цими вантажами за останні роки ;

- аналіз отриманої інформації і визначення пріоритетів в створенні технологічних процесів і зразків техніки для ліквідації наслідків аварій;

- створення засобів сучасного моніторингу для визначення динаміки міграції забруднювачів в навколишньому середовищі і визначення їх дії на біосферу;

- розробка методів оцінки екологічного ризику і збитку від аварій з метою вироблення єдиної системи вимог і міри відповідальності за заподіяний збиток;

- розробка організаційних заходів щодо ліквідації наслідків, підготовка і видання відповідної регламентуючої і довідкової документації і т. п.

Аналіз інформації [56, 57], зі статистичного звіту країн-членів ОСЗ, демонструє наявність спеціальної нормативно-технічної документації щодо поводження з небезпечними вантажами (у тому числі нафтопродуктами), проте статистичним даним екологічного характеру в цьому документі приділено недостатньо уваги, що не дає можливості оперативного користування і посилання на конкретні заходи і рекомендації. В даний час проект такої документації створюється на Україні, з такої позиції представляється важливим проведення аналізу статистичної звітності та створення необхідної бази даних щодо ризиків виникнення екологічно небезпечних ситуацій, а також їх наслідків для навколишнього середовища.

Особливість експлуатації залізниці, необхідність найшвидшого відновлення пропускної спроможності та інші вимоги, обумовлюють необхідність створення відповідних технологічних процесів і зразків техніки для ліквідації наслідків аварійних та експлуатаційних емісій нафтопродуктів.

1.3. Сучасні екозахисні технології

Найважливішим аспектом підвищення рівня екологічної безпеки залізниць є розробка та впровадження сучасних технологій, що базуються на принципах екоефективності і ресурсозбереження [64-79]. Аналіз численних літературних джерел [80-116] свідчить про те, що сьогодні існує велика кількість методів і

технологій відновлення і захисту навколишнього середовища від негативного впливу нафтопродуктів.

1.3.1. Технологічні основи запобігання і ліквідації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів

Аналіз літературних даних [117-136] підтверджує значний досвід з розробки ліквідаційних заходів та широкий спектр засобів та матеріалів для ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами (рис. 1.8).

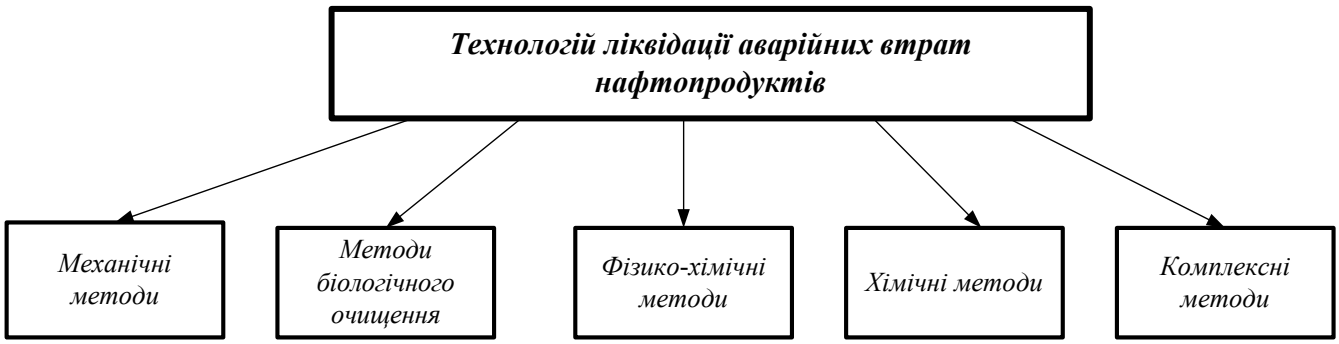


Рис. 1.8. Основні методи ліквідації аварійних та технологічних втрат нафтопродуктів.

Автори [80,82] вважають, що концепція відновлення забруднених екосистем повинна спиратися на наступний принцип: не завдати екосистемі більшої шкоди, ніж той, який вже нанесений при забрудненні.

Отже, також найважливішими показниками щодо вибору технології санації є її ефективність, технологічність та економічність. Аналіз існуючих, найбільш розповсюджених технологій (табл. 1.6) свідчить про те, що кожний з методів має як переваги, так і недоліки, які повинні враховуватись при виборі технології за конкретним сценарієм.

Концепція відновлення забруднених земель виходить з положення, що в різних ґрунтово-кліматичних і ландшафтно-геохімічних умовах процеси трансформації забруднювачів аналогічного типу в одних і тих же дозах відбуваються з різною швидкістю і зупиняються на різних стадіях.

Таблиця 1.6.

Загальні переваги та недоліки застосування різних методів очищення ґрунтів від нафтопродуктів

Найменування методу	Переваги	Недоліки
Фізико-механічні методи	Обґрунтовані, як методи доочищення, ефективні при забрудненні ґрунтів легкими (леткими) фракціями нафтопродуктів	При термічних методах в результаті випаровування, яке відбувається при температурах вище 300°С вся ґрунтова органіка осмолюється, ґрунт стає стерильним, не придатним для життя рослин і організмів
Фізико-хімічні	Висока ефективність процесу очищення сорбентами фабричного виробництва, низька собівартість сорбентів із відходів виробництва	Конкретизація умов зберігання сорбентів, важкодоступність, значна вартість фабричних спеціальних сорбентів, низька ефективність нефабричних сорбентів
Реагентні (хімічні)	Достатньо висока ефективність та низька собівартість	Небезпека вторинного забруднення реагентами, метод є обґрунтованим при забрудненні поверхневого шару ґрунту, обробка реагентами приводить до часткового або повного знищення в ґрунті мікроорганізмів, що приводить до збіднення ґрунту і знищення його родючих властивостей
Біологічні	Найбільш екологічний метод, має високі показники очищення, максимально зберігає ґрунтові біоценози	Обмежені умови застосування, ефективність процесу забезпечується при температурах 1-40°С, довготривалість строку методу
Комплексні	Поєднання декількох методів дозволяє мінімізувати недоліки за кожним з них і підвищити ефективність очищення	У відповідності із вибором поєднання конкретних методів

Розрізняються і результати дії різних доз забруднювачів на екосистеми. Самоочищення і самовідновлення екосистем - стадійний біохімічний процес трансформації забруднюючих речовин, зв'язаний із стадійним відновленням біоценозу. Відповідно до етапів біодеградації відбувається регенерація біоценозів. Процеси йдуть різними темпами на різних ярусах екосистем. Значно повільніше, ніж мікрофлора і рослинний покрив, формується сапрофітний комплекс тварин. Повної оборотності процесу, як правило, не спостерігається.

Найбільш сильний спалах мікробіологічної активності доводиться на другий етап біодеградації нафти. При подальшому зниженні чисельності всіх груп мікроорганізмів до контрольних значень, чисельність вуглеводеньдеструктуючих організмів на багато років залишається аномально високою в порівнянні з контрольними пробами.

Дослідники [124] неодноразово підкреслюють, що механічні і фізичні методи рекультивації не можуть забезпечити повне видалення нафти і нафтопродуктів з ґрунту. Розкладання нафти в ґрунті в природних умовах - процес біогеохімічний, в якому головне і вирішальне значення має функціональна активність комплексу ґрунтових мікроорганізмів, що забезпечують повну мінералізацію нафти і нафтопродуктів до вуглекислого газу і води. Прискорити очищення ґрунтів за допомогою мікроорганізмів можна в основному двома способами: активізацією метаболічної активності мікрофлори ґрунтів шляхом зміни фізико-хімічних умов середовища (агротехнічні прийоми) або внесенням спеціально підібраних активних нафтоокислюючих мікроорганізмів в забруднений ґрунт.

Аналіз робіт по рекультивації нафтозабруднених ґрунтів [99-104, 120-123] дає суперечливі результати - одні і ті ж заходи в різних умовах приводять до неоднакових наслідків. Вищезазначені автори намічають найбільш загальні принципи інтенсифікації здатності самоочищення ґрунтів. На першому етапі, коли геохімічна обстановка найбільш токсична, доцільно проводити підготовчі заходи: аерацію, зволоження, локалізацію забруднення. На другому етапі можливий пробний посів культур з метою оцінки залишкової фітотоксичності ґрунтів, регулювати водний режим і кислотні умови, у разі потреби - розсолювання. На третьому етапі відновлюються природні рослинні біоценози, створюються культурні фітоценози, практикується посів багаторічних рослин [137,138].

Тривалість процесу рекультивації залежить від ґрунтово-кліматичних умов і характеру забрудненості.

В даний час всі існуючі способи рекультивації ґрунтів не є достатньо прийнятними.

Технології із застосуванням зрізання забрудненого ґрунту приводить, перш за все, до утворення нових ділянок забруднення. В результаті зрізання з'являються місця з ґрунтовим голодуванням, що особливо актуально в місцях найбільш частих розливів нафти. При виконанні цих робіт витрачається великий об'єм засобів, оскільки необхідно евакуювати велику кількість зараженого ґрунту, що приводить до зайнятості великої кількості персоналу і техніки.

Найбільш перспективним методом санації ґрунтів є примусове окиснення нафтопродуктів за допомогою ґрунтових мікроорганізмів [78, 101, 104, 123, 126, 128]. Практика внесення до ґрунту бактерійних штамів зараз поки що не дуже поширена. Цьому є багато причин, однією з яких є несумісність умов нормальної життєдіяльності бактерій з умовами даного регіону.

Тому необхідно проводити дослідження для виявлення стійких та ефективних бактерійних штамів.

Існуючі методи очищення геологічного середовища від забруднення нафтопродуктами (фізичні, фізико-хімічні, хімічні, біологічні) формують два принципово різних технологічних підходу. Перший – власне очищення, – передбачає безпосереднє видалення забруднюючих речовин з геологічного середовища. Другий підхід заснований на пригніченні активності контамінанта - детоксикації, наприклад через його нейтралізацію, розкладання (деструкцію), скріплення, локалізацію тощо.

В даний час розвиток технологій дотримується мети підвищення ефективності і зменшення собівартості. Таким чином, сформулюємо основні вимоги до сучасних методів очищення: можливість застосування методу in-situ, зокрема на значній глибині; селективність методу по відношенню до певних екотоксикантів; екологічну чистоту технологій і відсутність побічних негативних явищ в екосистемах; відносно високий ефект санації.

Фізико-механічні методи. [32, 64]

Методи засновані на електрохімічних методах використовуються для знешкодження хлорованих вуглеводнів, фенолів і нафтопродуктів і знезараження ґрунту. При пропусканні електричного струму через ґрунти одночасно протікають електроліз води у поровому просторі, електрофлотація електрокоагуляція і електрохімічне окиснення. Ефективність окислення фенолу - 70-92%. Проте, при цьому утворюється до 40% менш токсичних продуктів неповного окислення фенолу. Ефективність знезараження - 85-99%.

Технології електрокінетичної обробки застосовуються для очищення глинистих і суглинних ґрунтів при повній або неповній водонасиченості. В перенесенні забруднень в ґрунтах під дією постійного електричного поля основну роль грають процеси електроосмосу і електрофорезу Перевагою електрокінетичної технології є високий ступінь контролю і управління процесом очищення завдяки тому, що забруднення переміщаються уздовж силових ліній електричного поля, розподіл яких визначається розташуванням електродів з швидкістю, залежною від напруженості поля. Початкові концентрації екотоксикантів можуть бути знижені з 10-50 міліграм/кг до 1-10 міліграма/кг.

Параметри електрокінетичного процесу: напруга на електродах 4-200 В, напруженість поля 20-200 В/м, щільність струму 0,5-5,0 А/м-, відстань між електродами 2-10 м, глибина їх розміщення - 2-50 м. Добитися високого очищення без застосування хімреагентів або розчинів ПАВ неможливо. Вартість очищення ґрунтів складає від 120 до 170 дол. США за 1 $м^2$.

Для очищення ґрунтів від хлорорганіки розроблений метод надвисокочастотного нагріву. СВЧ-обладнання дозволяє швидко розігрівати ґрунт, і при цьому відбувається швидке окислення органічних молекул до оплавлення порід.

Імпульсне ультрафіолетове очищення ефективне для очищення ґрунтів, забруднених трихлоретиленом, тетрахлоридом, хлороформом і іншими низькомолекулярними хлорованими вуглеводнями. При обробці забрудненого ґрунту неоновими лампами відбувається фотоокислення хлорорганіки до HCl, CO_2, H_2O, і при цьому можливе утворення формілхлориду HCOCl. Тому ефективність методу обґрунтована для невисокого вмісту хлорованих вуглеводнів в ґрунті.

Енергія лазерів використовується для розплавлення ґрунту, що містить екотоксиканти, з ціллю капсулювання зони контамінації.

Вищеперелічені технології використовуються рідко, з їх допомогою знешкоджують невеликі кількості забрудненого ґрунту, і реалізація електромагнітних методів вкрай дорога.

Багатообіцяючий *метод надкритичної екстракції* вуглекислим газом дозволяє витягувати з ґрунту будь-які органічні сполуки. Процес екстракції проводять при тиску 350-400 кг/см і температурі 35,5°С. Ефективність витягання методу може досягати 100% при ретельному перемішуванні забрудненого ґрунту в реакторі. Надкритична екстракція - це універсальний, екологічно безпечний процес знешкодження екотоксикантів з тих, що сьогодні існують. Проте технологія очищення на основі надкритичної екстракції має низьку продуктивність (не більше 100-200 кг/год) і високі капітальні витрати (500-700 дол. США на 1 кг відходів в годину).

В даний час поширено просте механічне видалення забруднених ґрунтів за допомогою різних машин і вивіз їх для поховання або знешкодження. Механічне перемішування з вібросепарацією використовується в путніх машинних станціях Російських залізниць для очищення щебеневого баласту - верхньої частини залізничної колії від дрібної фракції і пилу, що містить солі важких металів. Щебінь при грохоченні не очищається від плівкових нафтопродуктів. Ступінь очищення баласту від дрібної фракції і пилу не перевищує 50%.

Відкачування порового повітря. Дана методика є видаленням летючих органічних речовин з ґрунту за допомогою відкачування порового повітря з сконструйованих певним чином екстракційних свердловин. Повітря, що вилучено, подається в технологічну установку, в якій відбувається захоплення і (або) деструкція летючих речовин, що містяться.

Відкачування нафтопродуктів. Найбільш відомим методом видалення нафтового забруднення з поверхні ґрунтових вод є відкачування. Найбільш ефективний метод сумісного відкачування, при якому свердловина обладналася двома насосами. Нижній насос відкачує воду, створюючи депресивну воронку, а верхній відкачує нафтопродукти. Даний метод ефективний при великих об'ємах забруднення, більше 100 тис. $м^3$.

Перевагою технології є можливість подальшого використання нафтопродуктів, що вилучають.

До недоліків технології відноситься сильне порушення обводненого масиву, що змінює гідродинамічний режим території і може вплинути на властивості гірських порід, що складають масив [77]

Вітчизняний ринок пропонує широкий діапазон засобів і технологій для знезараження і утилізації нафтовідходів і очищення ґрунтів від нафтопродуктів. Але фізико-хімічні характеристики ґрунтів і кліматичні умови вельми різноманітні і, відповідно, вимагають диференційованого підходу до вибору оптимальних варіантів. Так, широко рекламована біоремедиація (застосування нафторозкладаючих бактерій — біодеструкцій) дозволяє знижувати нафтові забруднення лише в поверхневому шарі ґрунту (а не на всю глибину проникнення). До того ж процес цей займає 2–3 сезони і має для нашої країни істотне обмеження — температура ґрунту повинна бути вище +15°С. Фітомеліорація (усунення залишків нафти шляхом посіву нафтостійких рослин, активізуючих ґрунтову мікрофлору, — (конюшина повзуча, щавель, осока і ін.) теж може бути застосована тільки в літній час, а також можливе вторинне забруднення вже оброблених таким способом територій — при підйомі

ґрунтових вод. Безумовно, біотехнологія має певні переваги, але, як правило, на остаточній стадії рекультивації забруднених ґрунтів. А на перших етапах все ж таки головна роль відводиться механічним (видалення шляхом розшарування) і фізико-хімічним (спалювання, промивка ґрунту, екстракція розчинниками, сорбція) методам очищення. І аналіз цих методів показує, що якісне видалення забруднень ґрунту, як правило, не обходиться без застосування різних сорбентів, що привертають швидкістю вбирання рідких забруднювачів і технологічною простотою. Разом з сорбентами необхідно проводити і відповідні технічні засоби, якісь мобільні виробничі екологічні пункти. Утилізація проходить в три етапи: прийом і розміщення відходів і компонентів препарату в приймальній ємкості, їх подача на устаткування змішувача і вивантаження порошку «ПУН». У основі цієї технології лежить вироблення спеціального сорбенту «Еконафт».

Методи біологічного очищення.

Біологічне очищення є внесенням до ґрунту бактерій, здатних розкладати нафтопродукт, і створення умов, що найбільш сприяють біорозкладанню. Деякі види бактерій, окрім розкладання нафтопродукту, також виробляють речовини, сприяючі швидкому вимиванню нафтопродуктів з ґрунту (БіоПАР). Біоочищення — процес тривалий і дорогий, ефективність якого залежить від ряду контрольованих і неконтрольованих чинників. Перша промислова система біологічного очищення була створена в 1972 р. для ліквідації наслідків прориву нафтопроводу в м. Амблер, Пенсільванія, США [37]. З тих пір цей метод успішно застосовується при очищенні ґрунтів від бензину, дизельного палива і інших нафтопродуктів [121-124, 128]. Окрім очищення від нафтопродукт, біоочищення використовується для ліквідації таких забруднюючих речовин, як хлоровміщуючі розчинники, пестициди і поліхлоровані біфеніли.

Принцип організації системи біологічного очищення ґрунту «in situ» полягає в наступному: у забруднений ґрунт через систему перфорованих труб

періодично подається розчин біопрепарату, в ґрунті відбувається розкладання нафтопродуктів бактеріями і його вимивання у вигляді емульсії. Емульгований нафтопродукт разом з водою відбирається свердловинами, що відкачують. Далі проводиться відділення нафтопродуктів від води, вода проходить додаткове очищення (сепарацію, пропускання через фільтри з адсорбентом) і в суміші з біопрепаратом застосовується для промивки ґрунту.

В даний час в процесі біоочищення використовуються переважно аеробні бактерії. Дослідженнями доведена їх здатність активно розкладати нафтопродукти, визначені вимоги до умов, що найбільш сприяють із зростанню. Їх метаболізм детально вивчений і показано, що продукти переробки безпечні для навколишнього середовища [128, 137].

Одним з методів, що забезпечують диспергування нафтових забруднень і поліпшуючих контакт з мікроорганізмами, є внесення ПАР. Миючі речовини вимивають з ґрунтів нафтопродукти разом з водою. Поєднання застосування ПАР з внесенням мінеральних добрив прискорює біодеструкцію. Внесення культур мікроорганізмів використовується тільки при аварійних забрудненнях або за відсутності розвиненого природного біоценозу. Зазвичай для очищення використовують співтовариства бактерії Bakterium, Actinomyces, Artrobactes, Thiobacterium, desullfotomasilium Pseudomons, Hydiomonas, Bacillus та інші, а також нижчі форми грибів.

Різні види дріжджів Candida розкладають ароматичні з'єднання з концентрацією до 1% в ґрунтах за 120-200 діб, Candida sp. поглинає гас, Candida liprolytica - сиру нафту. Нафту на поверхні ґрунту знищують Actmomycor elegans і Geotrichum marium [99, 104, 123, 137].

Використання Actmebacter sp. дає 80%-ний ефект очищення від ароматичних з'єднань після закінчення п'яти тижнів. Деградацію ароматичних вуглеводнів здійснюють Tycobactenum і Pseudomonus alcahgenes, які розкладають також галогеновуглеводні. Для біоочищення ґрунтів від хлорфенолів використовують штами Rhodococcus erutropolis, s. Rochei.

Феноли в ґрунті розкладаються Pseudotnonas auieofacms, P. Fluorescens, Pseudomonas sp. при ефективності близько 70%, а також різними штамами Bacillus, Flavobactenum, Artiobactenum. Оптимальна температура 30-40°С. Для розкладання в ґрунті мазуту, дизельного палива, гасу, бензину, фенолів і формальдегідів широко використовують препарати " Naggies" " Hydrobac", що знижують концентрацію екотоксиканту на 60% за п'ять днів Біопіни фірми "Biodetox" дозволяють очистити шар ґрунту на 30-40 см у глибину, розкладаючи нафтопродукти, готові біогени дуже довго зберігаються.

Методи біопоглинання використовують здатності бобів і трав поглинати і сприяти біодеградації нафти. З цією метою вирощують сорго, кормовий горох, люцерну, буркун, ячмінь і овес. Показана достовірність зниження забруднення ґрунту, завдяки життєдіяльності дощових черв'яків. Біотехнологія має ряд недоліків. Біодеструкція - достатньо повільний процес, крім того, при гнитті біомаси виникає вторинне забруднення навколишнього середовища із-за виділення аміаку, сірководню, виділяється значна кількість вуглекислого газу, що викликає парниковий ефект, безповоротно розсівається теплова енергія.

Фіторемедіация. Іншим відносно «молодим» напрямом, що вже показав свою перспективність і що має дуже великий потенціал для розвитку, є очищення вуглеводневого забруднення за допомогою рослин. До недоліків цього методу відносяться: залежність від кліматичних умов, тривалий час санації; ризик міграції забруднення.

Реагентні методи.

Методи обробки забруднених ґрунтів реагентами (вапно, сульфат натрію, оксиди заліза, органічний вуглець).

Загальний недолік реагентних методів - це залежність ступеню знешкодження від ефективності перемішування і чистоти реагенту. Порошок, що утворюється, не володіє абсолютними гідрофобними властивостями, і при попаданні в поровий простір води аборигенна мікрофлора поступово розкладає

органічні речовини, що входять до складу порошку, що приводить до вторинного забруднення навколишнього природного середовища.

У методах хімічного окислення екотоксикантів у ґрунті використовуються наступні окислювачі: кисень, повітря, озон, перекис водню і перманганат калію. Ця технологія найчастіше застосовується для очищення ґрунтів від хлорованих вуглеводнів (трихлоретилен, трихлорамін, поліхлоретилен) в діапазоні концентрацій від 0,2 мкг/кг до 12 г/кг. Ефективність очищення ґрунту з початковим змістом трихлоретилену 250 мг/кг досягає 74-79% при обробці 3,6 і 7,3%-ними розчинами перекису водню і вище 98% - при застосуванні 1,5, 3,0 і 6,0%-них розчинів перманганату калію.

Вищеописані методи хімічної іммобілізації (скріплення) використовують, крім того, для скріплення важких металів, поліциклічних і ароматичних вуглеводнів, хлорорганіки. Недоліком методу є нестійкість композитів, що утворюються, до ґрунтової і атмосферної води. При іммобілізації відбувається втрата нафтопродуктів як джерела енергії.

Хімічне оксидування. Принцип методу полягає в хімічному перетворенні токсичних забруднюючих речовин, що містяться в ґрунті, в нетоксичних за допомогою взаємодії з окислюючим реагентом. Як окислюючий реагент використовуються: озон, перекис водню, хлорне вапно і тому подібне.

До недоліків технології відносяться: збільшення вартості за рахунок зростання споживання окислювального реагенту у разі високого вмісту органічних речовин (наприклад, гумусових) в забрудненому ґрунті; використання хімічних речовин і необхідність застосування додаткових заходів безпеки.[50, 80, 82]

Методи стабілізації. Головною метою методу стабілізації (затвердіння) є стійке зниження мобільності токсичних речовин, що містяться у відходах, що переробляються (ґрунтах). Даний метод заснований на зміні фізичних або хімічних властивостей відходів при взаємодії із стабілізуючими присадками, в

які, як правило, входять гідравлічні терпкі речовини на базі цементу, вапна, золи і бентоніту [139].

Одним з основних переваг цього методу є можливість обробки ґрунтів безпосередньо на місці аварії, що виключає транспортні витрати.

Недоліком даної методики є неможливість усунути забруднення, яке тільки переводиться в іншу матрицю (стабільнішу з погляду екстрагування).

Фізико-хімічні методи. Фізико-хімічні методи утворюють найбільш представницьку групу методів очищення і знешкодження ґрунтів, забруднених нафтопродуктами і важкими металами. При створенні фізичних полів в пористих середовищах починають протікати одночасно безліч фізико-хімічних процесів. Використання широкого спектру сорбентів для збору нафтопродуктів з поверхні аварійної емісії має велику кількість переваг перед іншими методами до яких відносяться висока ступінь очищення та універсальність умов використання. Але найбільш перспективним є сьогодні використання комплексних методів очищення.

Низькотемпературна термічна десорбція. Теплова десорбція є перевіреною технологією, що використовується для обробки матеріалів, значно забруднених нафтопродуктами. У даній технології забруднені ґрунти або нафтошлами спеціальним модулем (при необхідності через центрифугу) прямують до спеціальної печі для ізотермічної десорбції нафтопродуктів. У печі є дві зони: зона нагріву і випаровування, де відбувається нагрів сировини і води, що подається, випаровування води і більшої частини нафтопродуктів, і зона десорбції, в якій при заданій температурі 400–500°С (залежно від типу сировини) відбувається повне видалення нафтопродуктів. Нагрівання печі здійснюється топковими газами (температурою 700–800°С), що подаються в сорочку печі.

Технології, що використовують сорбційні методи. Групою вчених з Росії [117] був виконаний цикл детальних досліджень процесу збору нафти деякими сорбентами, виготовленими на основі соломи очерету і тирси, а також сорбент

"Піт Сорб" (Німеччина), який являє собою подрібнений торф, що пройшов спеціальну обробку.

Автор [118] розробили сорбент, який володіє нафтоємністю 3-4 кг нафти на 1 кг власної маси. Як сировина для сорбенту використовуються відходи виробництва і споживання гумотехнічних виробів.

Сорбент нафтопродуктів "Уремикс-913" [140] можна використовувати багато разів: завдяки напівеластичній структурі його сорбційна здатність відновлюється після віджимання поглиненого нафтопродукту на простому пристосуванні типу вальців або ручного преса.

Маркарова М.Ю. і Арчегова І.Б. [141] розробили спосіб, який полягає в тому, що як сорбент використовується перероблений в нейтральну суміш при компостуванні з пташиним послідом гідролізний лігнін, збагачений мікроорганізмами-нафтодеструкторами.

Відомий спосіб, який полягає в нанесенні сорбенту - лушпиння зерен гречки в два прийоми з подальшою і утилізацією продукту, що утворюється [142].

Слід зазначити, що використання лушпиння зерен гречки як поглинач на наш погляд досить цікаво, проте вивчено тільки на прикладі нафти (дані по витраті цього поглинача на прикладі інших нафтопродуктів відсутні). До недоліків цього методу слід віднести те, що цей поглинач має дуже маленьку масу, що ускладнює його розповсюдження в зоні розливу, особливо при несприятливих метеоумовах.

Автор [143] пропонує спосіб, що включає виготовлення сорбуючого матеріалу, з природного графіту, обробленого хромовою кислотою.

Відомий сорбент [144], як який використовують сапропель органічного або органоминерального типу, порошкоподібного, висушеного до показника консистенції не більше нуля.

Відоме застосування сорбенту у вигляді гранул з гідрофобізованого спученого перліту - гідрофобізація перліту проводиться розчинами

етилсиліконату і метилсиліконату натрію з водною емульсією поліетилгідросилоксану [145].

Досить часто в технологіях виробництва сорбентів застосовуються природні матеріали, наприклад: крем'яниста порода змішаного мінерального складу (кристобаліт, цеоліт, монтмориллонит, гідрослюда, кальцій і уламковий - піщано-алевритовий матеріал) [146].

Дослідники [147] розробили спосіб, що включає нанесення відходів металургійного виробництва певного складу, що містить не менше 38,7% SiO_2; 9,4% Al_2O_3; 1,4% TiO_2; 38,2% CaO; 12,1% MgO; 0,2% MnO_2, з фракційним розміром до 0,3 мм, складовими не менше 45%, а розміром до 0,14 мм - не менше 20%.

До основних недоліків приведеного вище методу можна віднести досить низькі показники поглинання нафти, обмеження по хімічному і гранулометричному складу.

Запропонований сорбент [148], що містить карбонізовану льняну кострицю при наступному співвідношенні компонентів, вага.%: сапропель 50-80, карбонізована льняна костриця - 20-50. При його виготовленні утилізувалися відходи льоновиробництва і природний сапропель, що отримується при очищенні водоймищ.

Розроблений спосіб, що полягає в нанесенні порошкоподібного органічного або органомінерального сорбенту - відходів не паливної переробки бурого вугілля, дисперсністю 0-20 мкм і відходів ГРЕС – алюмосилікатних мікросфер [149].

1.3.2. Принципи поводження з нафтовміщуючими відходами

Використання такої вторинної сировини як відпрацьовані оливи і технологічні шлами, що включає їх збирання, зберігання, очищення, регенерацію та повернення у технологічний процес, зумовлені рядом екологічних та економічних потреб.

Взагалі, методи регеенрації розподіляють на: фізічні, хімічні, фізико-хімічні, біологічні та комплексні. Наведемо принципову схему порівняльного аналізу технологій утилізації відпрацьованих олив (рис. 1.9) [150].

До *фізичних* відносять такі методи, при використанні яких видаляють лише механічні домішки, тобто пил, пісок, частинки металу, воду, смолянисті, асфальтоподібні, і вуглисті речовини, а також пальне, не зачіпаючи при цьому хімічної основи олив, що очищуються. До них належать відстоювання, фільтрація, сепарація, промивка водою; також при необхідності проводиться відгін легких фракцій.

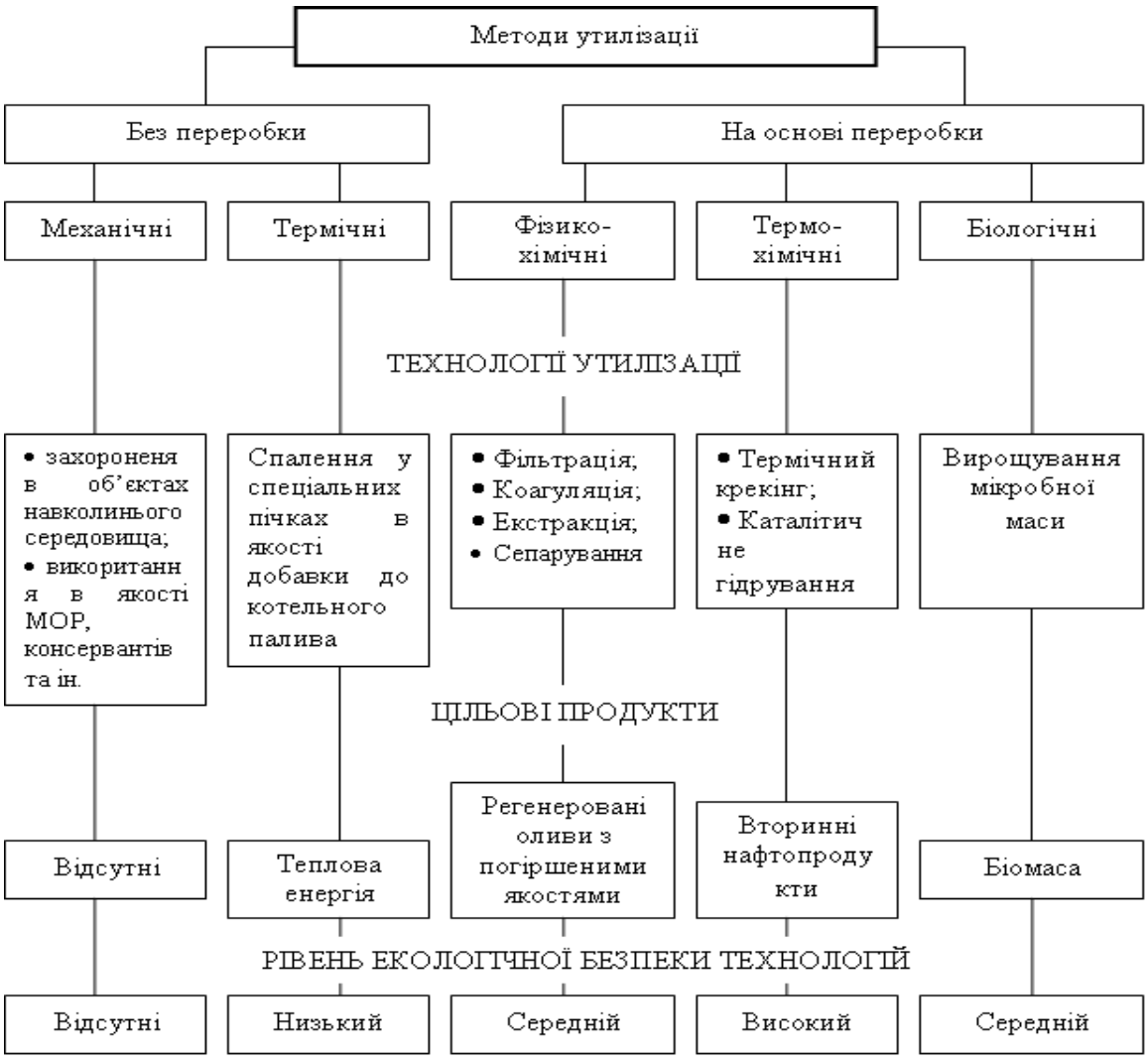


Рис. 1.9. Схема методів утилізації відпрацьованих олив [150].

Відстоювання - перша і обов'язкова операція процесу регенерації. Механічні домішки і вода, що знаходяться в оливі в зваженому стані, осідають при спокійному стоянні оливи протягом 2−18 годин у залежності від температури нагріву та висоти стовпа рідини. Відстій заснований на принципі осадження частинок під дією їх сили тяжіння. Швидкість осадження (з рівняння Стокса) частинок тим більше, чим більше їх розмір і питома вага і менше в'язкість рідини. [151, 152].

Сепарація дозволяє більш глибоко провести очищення відпрацьованої оливи. Це процес центрифугування, коли під впливом відцентрових сил продукти розділяються у відповідності до густини: найбільш важкі забруднюючі домішки відтісняються до стінок ємкості, утворюючи кільцевий шар відкладень; наступний шар складається з води, що виділяється, а третій кільцевий шар, розташований біля осі обертання, є очищеною оливою.

Фільтрація − процес розділення неоднорідних систем за допомогою пористих перегородок, які затримують одні фази цих систем і пропускають інші. До таких процесів відноситься розділення суспензій на чисту рідину і вологий осад, наприклад, відділення від оливи механічних домішок або вибілюючої глини. Метод фільтрації відносять до найбільш раціональних методів регенерації, бо його можливо використовувати безпосередньо в процесі експлуатації, коли у оливні системи двигунів та приладів включені фільтри спеціальних конструкцій.

Недолік цього способу - низька ефективність очищення у зв’язку з тим, що мікрочастинки забруднень розміром до 1 мкм проходять через пори фільтрів. Крім того, фільтрація лише усуває механічні домішки і ніяк не впливає на ті процеси, що призводять до змін фізико-хімічних властивостей оливи, а тому необхідна подальша обробка хімічними реагентами [151, 152].

Окрім вище зазначених методів, які відносять до переліку фізичних, слід також відзначити термічні методи, що дозволяють отримати теплову енергію, але утворюють додаткові проблеми через встановлення високовартісного

обладнання та додаткового устаткування для очищення продуктів згорання[150].

До *фізико-хімічних методів* відносять коагуляцію[151] та адсорбцію[152]. Під час коагуляції злипаються та збільшуються часточки колоїдної системи з утворенням дірчастих агрегатів, тим самим пришвидшується процес осадження забруднюючих речовин. Адсорбенти поглинають та утримують на своїй поверхні значну кількість асфальто-смолистих речовин, кислотних сполук, ефірів та інших продуктів старіння.

Для регенерації олив, що не фільтруються, як коагулянти використовують різні синтетичні миючі засоби, поверхнево-активні речовини [151].

Недоліками методу є складнощі з підбором коагулянтів та умов, за яких процес коагуляції пройде успішно (температури, необхідності та інтенсивності перемішування).

Важлива умова адсорбційного очищення - інтенсивність та час контакту оливи з адсорбентом, що зазвичай досягається двома методами. При першому адсорбент засипають в оливу при інтенсивному перемішуванні 1000…1400 об/хв., яке іде протягом не менше ніж півгодини; далі використаний поглинач відділяють відстоюванням. Другий метод − це фільтрація через шар крупнозернистого адсорбенту.

Загальним недоліком адсорбційного методу є необхідність видалення відпрацьованих адсорбентів та шламів, які в подальшому не підлягають утилізації, а просто викидаються, що веде до забруднення навколишнього середовища. Крім того, деякі адсорбенти через недостатньо високі механічні властивості (міцність, опір до стирання) погіршують роботу фільтрів, що в цілому ускладнює процес очищення.

Досить часто використовуються *хімічні методи* регенерації найчастійше використовують – сірчану кислоту[151, 152], розчини лужного рідкого скла[153], але більш ефективним методом хімічного очищення вважається використання різних селективних розчинників та їх сумішей (фенолу, пропану,

суміші фенолу з пропаном), що використовують для очищення залишкових олив, які відносились до незворотньо втрачених [151, 152].

Недоліком використання сірчаної кислоти є присутність в очищеній оливі залишків кислоти та сульфосполук, які негативно впливають на фізико-хімічні характеристики оливи та збільшують його корозійну активність. Крім того утворюється кислий гудрон, що важко утилізується. Видалення кислих сполук потребує значної витрати часу та коштів, а також супроводжується втратою до 50 % оливи. Також для отримання нейтральної реакції до оливи необхідно додавати лужні реагенти [151, 152].

Недостатня ступінь очищення відпрацьованих олив при лужному методі обробки пов'язана з присутністю у багатьох оливах різних типів присадок, які суттєво послаблюють коагуляційну та флокуляційну дію лужних реагентів. Тож для кожного типу оливи необхідно підбирати окремі умови для успішної регенерації.

Для отримання позитивного результату від регенерації, тобто отримання високоякісного продукту, необхідно чітко дотримуватись вимог до проведення попередніх заходів.

Зокрема при зберіганні відпрацьованих олив і інших нафтопродуктів підприємства мають дотримуватись вимог ГОСТ 1510-84.

Технології утилізації нафтовмісних відходів

У світовій практиці для утилізації нафтовмісних відходів і важких металів використовують термічні, хімічні, біологічні і фізико-хімічні методи.

До *термічних методів* знешкодження відходів відносяться спалювання, газифікація і піроліз.

Окрему групу складають *електромагнітні методи,* засновані на термічному ефекті при взаємодії електромагнітного випромінювання з речовиною.

Для утилізації технологічних шламів, що утворюються на підприємствах залізничного транспорту найчастіше користуються фізико-механічними та

термічними методами, що пояснюється специфічним складом таких нафтошламів; також відомими є різноманітні біо- та хіміотехнології.

Фізико-механічні методи. Найпростішими методами є захоронення нафтовмісних відходів на спеціалізованих полігонах. Але такі методи не вирішують основних проблем, а лише можуть використовуватись у якості допоміжних попередніх заходів.

Поміж інших фізико-механічних методів найбільш простим, технологічним та економічним методом утилізації технологічного шламу з максимальною вологістю до 80 % є спосіб кубової відгонки по фракціях, що являє собою поступове випаровування, при якому пара, що утворюється, відводиться постійно по мірі виділення; у системі залишається тільки рідка фаза, яка знаходиться в рівновазі з парою.

Відомі дослідження та розробки устаткування для утилізації нафтошламів під впливом високочастотного електромагнітного поля (ВЧ ЕМ); зокрема у роботі [154] показано, що при впливі ВЧ ЕМ руйнування та нагрів нафтошламів та нафтозабруднених ґрунтів є достатньо швидким, енергетично та економічно виправданим, розроблена конструкція ВЧ ЕМ чвертьхвильового резонатора для утилізації нафтових шламів у промислових масштабах.

Термічні методи. З термічних методів найбільш універсальним, надійним та ефективним є вогняний метод. Стічна або шламовміщуюча вода у розпиленому стані вводиться у високотемпературні (більше 1000°С) продукти згоряння органічного палива. При цьому краплі води повністю випаровуються, а органічні домішки розкладаються та окислюються за рахунок кисню пічної атмосфери, утворюючи продукти повного згоряння. Мінеральні домішки утворюють тверді або розплавлені часточки, що вловлюються в робочій камері та виводяться у вигляді розплаву або уносяться з димовими газами [155].

Негативним моментом при використанні термічного методу є виникнення димових газів, які треба згодом очищувати для попередження забруднення атмосферного повітря. Також необхідно зауважити, що спалювання

нафтошламів, не дивлячись на його значну популярність і розповсюдженість серед інших методів утилізації, має велику вартість, крім того цінна вуглеводнева складова при спалюванні може бути повністю втраченою.

Для підвищення ефективності спалювання та зменшення викидів канцерогенних речовин застосовуються нові високотемпературні технології (наприклад, вищеописаний вогняний метод) [156]. Але такі технології потребують значних додаткових фінансових витрат. Крім того, треба витримати певні умови, у тому числі фізико-хімічні властивості самих нафтошламів; наприклад, підвищити їх вологість до 20 % (за умови, що молекула води буде знаходитись всередині паливної оболонки) для гарного спалахування та високої щільності спалення.

Недоліком всіх термічних методів є значні фінансові витрати, що необхідні для встановлення таких приладів; крім того, незворотньо втрачається цінна вуглецева фракція, проблемними є викиди газоподібних продуктів, для знешкодження яких необхідно пропонувати додаткові очисні споруди.

Біологічні методи знешкодження промислових відходів знаходять все більш широке застосування, особливо за кордоном. Біологічні методи засновані на наукових розробках в галузі прискорення природних процесів самовідновлення та самоочищення ґрунтів та водоймищ, тобто ці методи пристосовані для використання на природних об’єктах: земляних шламосховищах, при розливах нафтопродуктів на ґрунт та водні системи.

За останні роки були випробувані різноманітні біопрепарати на основі мікроорганізмів, для яких нафтопродукти є поживним середовищем, наприклад, «Путідойл», «Деваройл», «Руден», «Формазан» та інші; наприклад, розроблений науково-дослідним інститутом ГосНДИсинтезбелок (Росія) нафтоокислюючий біопрепарат «ОЛЕОВОРИН», що складається із висушених нафтоокислюючих мікроорганізмів [157]. Застосування таких препаратів гарантує 100-% очищення біологічних об’єктів.

Біоремедіаційні технології, що реалізують можливості мікроорганізмів для розкладання вуглеводнів та дозволяють проводити підконтрольне людині біокомпостування нафтовмісних відходів, набувають все більшого поширення поміж інших методів знешкодження нафтошламів.

Окрім знешкодження технологічних шламів такі методи дозволяють відновлювати і ґрунти земляних шламосховищ. Зокрема дослідження у цьому напрямі проводились Самарським ДТУ і ТОВ «НПП Мелиорация» (Росія) [154]. Також дослідження по залишковому вмісту нафти і нафтопродуктів у ґрунтах та нафтошламах після проведення біоремедіаційних заходів, а саме застосування комплексної технології з використанням промивки їх ПАР, обробки нафтоокислюючими препаратами та додавання біопрепаратів («Біотріну») викладені у статі Ягафарова І.Р. [7].

НДЦ «Промавтоматика» (м. Київ) пропонує застосовувати технологію біологічної обробки нафтошламів, яка включає цілорічний комплекс робіт при температурі від -12°С до +40°С, ідентифікацію вихідного структурно-групового та гомологічного складу, лабораторно-пілотні та промислові роботи, рекультивацію ґрунту (території) до стандартних екологічних і агробіохімічних характеристик.

Застосування біологічних методів для знешкодження технологічних шламів залізничних підприємств є неприйнятним; тобто капіталовкладення по організації такого типу знешкодження нафтошламів на лінійних підрозділах залізниць значно перевищуватимуть отримані прибутки.

Хімічні методи засновані на використанні реагентів, що викликають окиснювальний розпад нафтових вуглеводнів. Хімічні речовини і продукти розкладання (канцерогенні і мутагенні речовини - бенз(α)пірени, феноли, поліциклічні вуглеводні та інші небезпечні сполуки), що утворюються, як правило, представляють навіть більшу небезпеку, ніж первинне нафтове забруднення. Тим не менш, вони знайшли своє застосування.

Одним із перспективних хімічних методів є спосіб знешкодження, що полягає в обробці нафтооливовідходів негашеним вапном з додаванням модифікатора шляхом перемішування з використанням обладнання «ИНСТЭБ» [158-160]. При цьому оксид лужноземельного металу утворює з водою гідроксид, у результаті чого нафтопродукти рівномірно ним адсорбуються з отриманням сухої, стійкої при зберіганні порошкоподібної речовини, яка по хімічному складу являє собою дрібні частинки нафтооливовідходів, що вміщуються у вапняні гранули-капсул. Суміш вапна та модифікатора являє собою препарат «Еконафт»; отриманий мінеральний порошок «ПУН» рекомендований виробником у якості добавки до асфальтобетонних сумішей, теплоізоляційних шарів автодоріг та ін.. Пплан розміщення устаткування наведений на рис. 1.10.

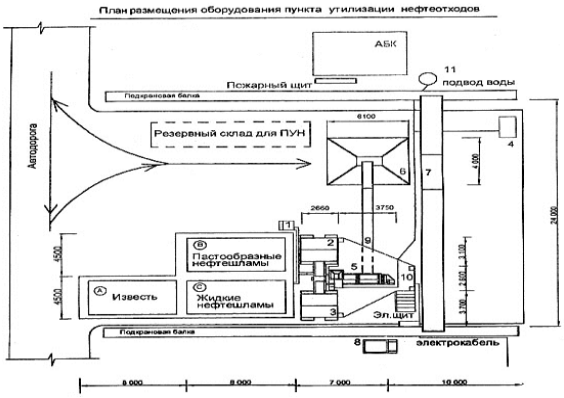


Рис. 1.10. План розміщення устаткування пункту утилізації нафто відходів:

1 - насос рідких нафтошламів НМШ2- 40; 2 - бункер-дозатор рідких нафтошламів; 3 - бункер-дозатор вапна; 4 - відстійник для дощових вод; 5 - змішувач; 6 - бункер-накопичувач порошку "ПУН" V= 45 м^3; 7 - кран-балка; 8 - вентприлад з фільтром; 9 - транспортер стрічковий

Недоліком хімічної іммобілізації та комплексоутворення є нестійкість терпких речовин до атмосферної і ґрунтової вологи, швидких змін температури, що приводить в результаті до руйнування композиційного матеріалу. Об'єм відходів після комплексоутворення зменшується тільки в 2 рази.

Физико-хімічні методи мають принципові вимоги для забезпечення ефективного протікання процесу. При створенні фізичних полів в пористих середовищах починають протікати одночасно безліч фізико-хімічних процесів,

які іноді стають неконтрольованими.

Комбіновані методи. Наведемо деякі технології утилізації нафтошламів, що використовуються або пропонуються для використання деяким підприємствам-утворювачам таких відходів.

Широке застосування знаходять різноманітні технології використання нафтошламів у будівництві. Наприклад, як спучуючої добавки при виробництві керамзиту [161]; для приготування асфальтобетонних сумішей шляхом додаванням спіненого при температурі 80-95°С нафтошламу у кількості 18…20 % від маси бітуму до мінерального компонента (нагрітого до 150-160°С) та бітуму (нагрітого до 140-150°С) [162].

Однією з новітніх розробок є плазменна конверсія, основу якої складає термохімічна конверсія органічних компонентів відходів в синтез-газ, що ефективно очищується та вміщує в якості корисних компонентів CO і H_2, які можна використовувати у якості чистого енергетичного пального або як сировину для технології органічного синтезу. Висока температура в конвертері (1300-1500°С) забезпечує повну руйнацію діоксинів, фуранів та інших небезпечних речовин. Важкі метали із відходів зв'язуються рідким шлаком і не вимиваються ґрунтовими водами. На основі цієї технології запропоновані технологічна схема та приблизний варіант компонування устаткування заводу (рис. 1.11) [163].

Останніми роками інтерес серед дослідників викликає можливість очищення стічних вод за допомогою магнітних рідин (МР), які є трьохкомпонентною системою, що складається з дисперсійного середовища, магнітної фази і стабілізатора. У основі процесу лежить принцип омагнічення нафтопродуктів шляхом додавання МР у стічні води і подальшого відділення омагнічених нафтопродуктів з використанням спеціальних магнітних систем.

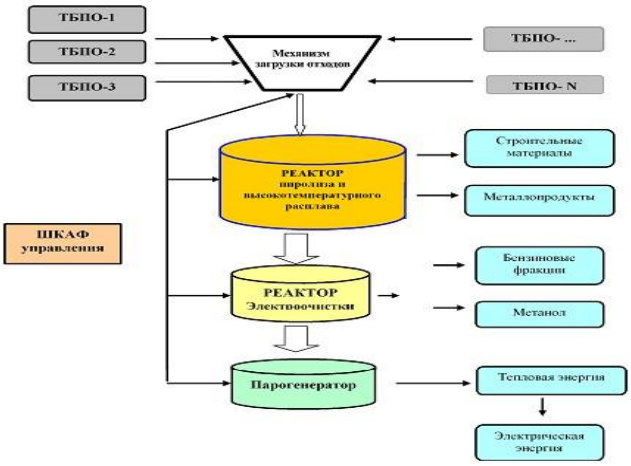


Рис. 1.11. Принципова схема комплексної переробки (ТБПО) [163].

У Кубанському державному технологічному університеті (м. Краснодар) була розроблена нова технологія отримання МР: змішування солей двовалентного заліза і міді з подальшим осадженням магнетиту аміаком; введення ПАР (олеїнова кислота); додавання рідини-носія (гасу) і розділення фаз; випаровування води. Аналіз наведених даних свідчить, що вилучення нафтопродуктів за пропонованою технологією проходить достатньо ефективно [164].

Автором [165] В.Д. Дудишевим запропоновано технологію у основі якої лежить каталітична дія електричного поля на процес горіння будь-яких речовин і газів: воно на атомарно-молекулярному рівні взаємодіє з радикалами будь-яких вуглеводневих речовин і одночасно впливає на будь-які вуглеводневі ланцюжки, зокрема на бенз(α)пірен, таким чином, що вони розщеплюються на водень, що згорає в полум'ї, і вуглець, який швидко доокислюється в електричному полі до нешкідливого вуглекислого газу.

Протягом останніх років було розроблено значну кількість мобільних приладів, які підприємства можуть купувати для своїх потреб та використовувати без залучення додаткового спеціально навченого персоналу [166]. До таких розробок можна віднести мобільну установку розділення нафтошламів ТЕРРА-21 компанії Huning, яку пропонує ЗАТ «Таурус Груп», на основі трифазового декантера-центрифуги ZA 21-4, яка призначена для виділення із забруднених нафт і нафтошламів вуглеводневої фази з відділенням

води та механічних домішок. Процес проходить за рахунок розділення суміші на три фази на основі розбіжностей у їх щільностях із застосуванням різних діапазонів високих швидкостей та моментів, що обертаються.

Комплексні технології утилізації нафтошламів були розроблені у дисертаційних роботах деяких авторів. Зокрема Фердманом В.М. [167] запропонований метод утилізації нафтошламів під впливом ультразвуку з отриманням товарної нафти (рис. 1.12) та біологічної деструкції залишкових нафтопродуктів із застосуванням комбінації препаратів Деворойл, Бациспецин, Біотрин у співвідношенні 2:1:1.

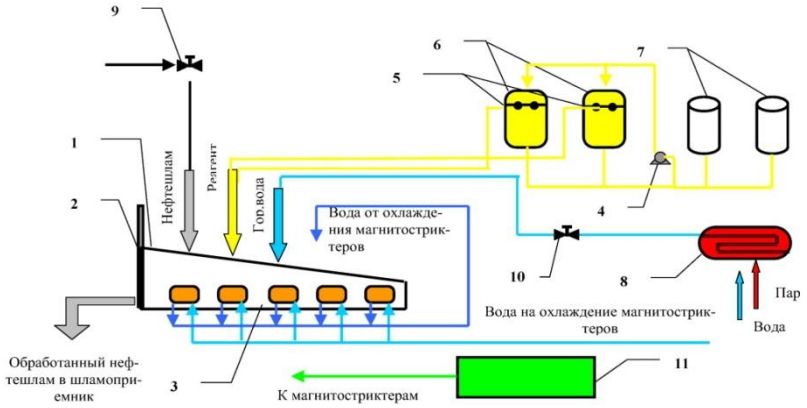


Рис. 1.12. Технологічна схема приладу утилізації нафтошламу методом ультразвукової обробки [167]:

1 - ультразвукова ванна; 2 - шиберна засувка; 3 - магнітострикційні випромінювачі; 4 - насос; 5 - прилад дозування реагентів; 6 - витратні ємкості для реагентів; 7 - ємкості реагентів; 8 - теплообмінники; 9, 10 - регулювальні засувки; 11 - блок ультразвукових генераторів

Розглянуті вище методи є базою для вже створених або що розробляються в даний час технологій утилізації та знешкодження нафтовмісних відходів . Кожен метод знешкодження відходів і технологія на його основі мають певну нішу, тобто сукупність фізико-хімічних параметрів екотоксиканту і можливостей методу, оптимальне поєднання яких дозволяє досягти найбільшого прибутку або мінімальних витрат на знешкодження певного виду забруднень.

Для успішного вирішення проблеми утилізації відходів вибрана технологія повинна відповідати наступним вимогам:

- екологічна безпека вживаної технології і відсутність побічних,

негативних екологічних явищ;

- ступінь очищення відходів від екотоксикантів повинен відповідати законодавчим вимогам, тобто залишкове власниці шкідливих речовин не повинно перевищувати гранично допустиму концентрацію (ГДК);
- економічна ефективність технології (прибутковість, низькі витрати на капітальне будівництво і експлуатацію);
- мінімізація транспортних витрат (знешкодження відходів повинне здійснюватися поблизу місць їх утворення);
- мала площа, потрібна для розміщення установки (із-за насиченості технологічним устаткуванням територій станцій і депо);
- універсальність технології (можливість переробки пастоподібних і твердих відходів).

Таким чином, аналіз існуючих технологій вказує на те, що більшість з них на фоні високих показників ефективності мають ряд недоліків серед яких є необґрунтованість застосування для залізничних підрозділів, що потребує детального вивчення існуючих і розробки нових раціональних, екологічно і економічно обґрунтованих технологій.

1.4. Висновки по розділу 1

Шляхом критичного аналізу та порівняння відомих у світовій практиці шляхів вирішення поставленої у дисертаційні роботі мети сформульовано наступні висновки:

1. Конкретні, спеціально розроблені плани ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на підприємствах транспортної інфраструктури фактично відсутні. Ті, що існують володіють рядом суттєвих недоліків, серед яких:

- відсутність прогнозування масштабів розливу нафти і динаміки його розвитку;
- недостатнє опрацьовування методик і тактики використання технічних засобів для ліквідації, відсутність обґрунтування їх ефективності;

- невідповідність термінів реагування (часу доставки, локалізації і ліквідації), нормованому часу;

- відсутність спеціального розділу, присвяченого контролю залишкового забруднення природного середовища після завершення ліквідаційних операцій.

2. Діюча система відшкодування екологічного збитку недосконала і дозволяє занижувати або взагалі уникати виплат на компенсації і проведення повного комплексу відновних робіт.

3. У світовій практиці вибір методів і пристосувань для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів достатньо широкий, проте не існує універсальних технологій, що враховують специфіку і ресурсно-економічну ситуацію на залізничному транспорті.

4. Недостатньо розвинуто раціональні підходи щодо утилізації відпрацьованих олив та нафтовмісних відходів, що утворюються при експлуатації залізниць і ліквідації аварійних та технологічних емісій.

Результати проведеного аналізу підтверджують актуальність теми дисертаційної роботи та надають можливості сформулювати основні задачі, напрямки та ціль досліджень: оцінка екологічної ситуації, що формується в процесі емісії нафтопродуктів; розробка методів постійного моніторингу та оцінки екологічних ризиків з метою визначення потенційно небезпечних ділянок щодо емісії нафтопродуктів; розробка ефективних технологій ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами, адаптованих для залізниці; розробка сучасних технологічних станцій утилізації нафтовмісних відходів заснованих на принципах енерго- та ресурсосбереження.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИ ОЦІНКИ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ЕКОЛОГІЧНИХ НАСЛІДКІВ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНГО ТРАНСПОРТУ

Одним з головних завдань дисертаційної роботи є розробка і обґрунтування заходів щодо мінімізації екологічних наслідків і ризиків аварійних і експлуатаційних емісій нафтопродуктів у навколишнє середовище, і таким чином, підвищення екологічної безпеки при операціях перевезення, зберігання і використання нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Для цього необхідно провести моніторинг показників потенційного забруднення територій залізниці та вивести закономірності і особливості взаємодії нафтопродуктів з ґрунтами та іншими елементами біосфери та інфраструктури. З цією метою найбільш об'єктивним підходом є зіставлення практичних і теоретичних результатів. Саме на детальній достовірній інформації щодо якісних і кількісних параметрів взаємодії вказаних систем базуються принципи вибору заходів мінімізації негативних наслідків емісій нафтопродуктів. При цьому в теоретичних дослідженнях і чисельних експериментах використовувались методи статистичного аналізу, теорії вірогідності, математичної статистики, методи експертних оцінок, математичного моделювання, оптимізації і теорії ухвалення рішень. При експериментальних дослідженнях обґрунтованим є застосування стандартних методів аналітичного та фізико-хімічного аналізу систем [168-174].

2.1. Системний підхід до реалізації природоохоронної діяльності

Формування методології системного підходу базується на використанні знань про системи: їх класифікації, загальних системних властивостей природи і видів поводження.

Нафтове забруднення неминуче пов'язане з будь-якими операціями щодо видобутку, транспортування і використання нафти і нафтопродуктів, його

масштаби можуть бути різні, як незначними і такими, що легко усуваються, так і катастрофічними. Екологічні наслідки розливів нафти обговорюються вченими і дослідниками всього світу[1-48].

Залежність світової економіки від нафти, і, відповідно, необхідність її транспортування від виробника до споживача примушує шукати ефективні шляхи забезпечення екологічної безпеки перевезень нафти. Сьогодні значно покращені технічні характеристики рухомого складу та трубопроводів, створені міжнародні і регіональні центри моніторингу і реагування на нафторозливи. Але, не дивлячись на всі заходи, проблема забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами як і раніше залишається актуальною.

В даний час є безліч способів боротьби з нафтовими забрудненнями, аналіз яких наведено у розділі 1. Найбільшого поширення набули механічні і біодеструкційні методи. Отже більшість розглянутих способів і технологій мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів пов’язані саме із санацією ґрунтів.

При цьому ключовим моментом є вибір і аналіз об’єкта, предмета і визначення генеральної мети дослідження, що полягає в розробці теоретико-методологічних основ формування ефективно діючої системи ефективного екологічного управління на базі впровадження більш ефективних еколого-економічних інструментів.

Таким чином для вибору об’єктів вивчення було проаналізовано моделі систем, у яких планується розгляд взаємодії нафтопродуктів з природним середовищем. При цьому, було виділено наступні елементи систем, дослідження властивостей яких є необхідним, оскільки має безпосередній вплив на стан досліджуваної моделі: нафтопродукти, що транспортуються і використовуються на залізничному транспорті; типи ґрунтів, найпоширеніших на території України; геологічні, гідрологічні та кліматичні особливості територій, прилеглих до залізничних магістралей.

Характеристика нафтопродуктів, що приймають участь у процесах нафтообігу на підприємствах залізничного транспорту

Транспортний комплекс відіграє важливу роль в соціальному і господарському житті країни. Згідно інформації Держкомстату України, об'єм вантажоперевезень підприємствами транспортного сектора України за 2008р. склав 783 млн.т. (+11% в порівнянні з 2002 роком) при цьому, вантажообіг складає 411,1 млрд. т/км (+12,1%). Розподіл об'ємів залізничного, водного, автомобільного, трубопровідного транспортування вантажів склав - 51,7%, 2,2%, 20,6%, 25,3% сумарних об'ємів відповідно[33].

У перспективі основний об'єм споживання нафтопродуктів залишатиметься домінуючим в транспортному секторі (60%). Тоді як на індустріальний сектор, включаючи енергетику, нафтохімію і інші галузі буде доводитися близько 40% всіх споживаних нафтопродуктів. У загальному балансі споживання нафтопродуктів відсоток залізничного транспорту складає – 41,4%[32, 34, 36, 175].

Вдале геополітичне положення України, що має розвинену транспортну систему, розташованої на перехресті торговельних шляхів між Європою і Азією, сприяє розвитку України як транзитної держави. Україна має найвищий в Європі показник транзитності - 3,11. Транзитний рейтинг території країни враховує розвиненість розміщених у ній транспортних систем і мереж, а також рівень і стан їх використання.

Експорт транспортних послуг України значною мірою реалізується за рахунок транспортування російської і казахстанської нафти та нафтопродуктів, і має стабільну тенденцію до росту (табл. 2.1-2.2). Тільки у 2008 р. нафто-транспортні підприємства України транспортували 63,6 млн. т нафти, у тому числі транзитом - 48,6 млн. т.

Вплив транспортного комплексу на навколишнє середовище характеризується нерівномірним розподілом техногенного навантаження на різні компоненти природних екосистем. Основна маса забруднювачів акумулюється ґрунтами, викликаючи локальне забруднення території. При

цьому концентрації забруднень можуть перевищувати фонові рівні в десятки тисяч разів [1-5, 32, 48, 50]. Подібна ситуація складається із забрудненням об'єктів біосфери за рахунок емісій нафтопродуктів. Таким чином, нафта та нафтопродукти - найпоширеніші забруднювачі навколишнього середовища, які використовуються майже у всіх ланках народного господарства.

Таблиця 2.1

Обсяг транзитних перевезень через територію України (тис. т)

Види транспорту	2000	2005	2012
Залізничний	30704	39810	46792
Автомобільний	3294	1722	2100
Морський	23529	36545	43623
Річковий	109,9	68	90,1
Трубопровідний	168900	158465	127470
у т. ч. нафтопровідний	53500	56341	27400
газопровідний	111600	98815	97120
Усього	202898	176672	199687

Таблиця 2.2

Транзит нафти та газу через територію України трубопроводами

Показник	1998	2002	2005	2012
Транзит нафти, усього, млн. т	53,54	56,46	48,63	27,4
ДПМН «Дружба»	17,95	17,5	16,63	16,3
ДП «Придніпровські магістральні нафтопроводи»	35,59	38,96	31,99	10,9
Транзит природного газу, усього, млрд. $м^3$	141,1	121	124,4	121,4
до країн Європи	114,9	112,3	105,3	106,1
до країн СНД	26,2	11,3	19,1	15,3

Спектр нафтопродуктів, що використовується та транспортується залізничним транспортом достатньо широкий – сира нафта, дизельне паливо, бензини, моторні оливи та мастильні матеріали (рис. 2.1).

Вивчення і аналіз складу найбільш поширених на залізниці нафтопродуктів надасть можливості об’єктивної оцінки впливу нафтопродуктів на навколишнє середовище пов'язаного, в першу чергу, з токсичністю вуглеводнів і домішок, як у рідкому, так і в газоподібному стані.



Рис. 2.1. Спектр нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Сира нафта, яка транспортується залізничними магістралями має досить широку географію походження. Хімічний склад сирої нафти напряму залежить від місця її видобування. Наведемо узагальнений склад нафти за віком походження (табл. 2.3).

Таблиця 2.3.

Хімічний склад нафти у масових частках.

Нафта (геологічний вік)	Компоненти						
	Нормальні парафіни	Ізопарафіни	Циклопарафіни	Ароматичні	Нафтено-ароматичні	Сірчисті сполуки	Смоли, асфальтени
Легка (ордовікська)	23,2	12,80	41,10	6,40	8,10	-	8,40
Важка (палеогенова)	0,95	3,20	19,20	9,15	27,90	23,10	16,50

Сира нафта переважно використовується як сировина, тому на залізничному транспорті, в технологічних процесах не використовується, але нафта у достатньо значних об’ємах транспортується по залізницях.

У якості палив на залізницях використовуються бензини, для автотранспорту та дизельні палива для рухомого складу – тепловозів.

Серед палив найбільші об’єми використання на залізниці демонструють дизельне паливо марки Л та бензин А-95. Раніше, було вивчено міграційні процеси дизельного палива марки Л (як палива, що найбільш використовується на залізничному транспорті). Тому в даній роботі найбільшої уваги було

приділено вивченню міграційних процесів бензину А-95, оливи М-14$В_2$ та мазуту М-40.

Технічні вимоги, яким повинні відповідати автомобільні бензини наведено у Держстандартах, технічних умовах та довідниках [176-182].

Окрім бензинів та дизельних палив досить широко на залізничному транспорті використовуються оливи.

На підприємствах залізничного транспорту в двигунах тягового рухомого складу найчастіше застосовують дизельні оливи груп $В_2$ та $Г_2$, а для деяких типів рухомого складу – групи $Б_2$. У таблиці 2.4 наведені марки олив, що допускаються до застосування в двигунах тепловозів і дизель-поїздів; застосування олив інших марок та змішування олив різних марок дозволяється лише у виняткових випадках із дозволу Укрзалізниці [183].

Таблиця 2.4

Моторні оливи для двигунів тягового рухомого складу

Марка оливи	Державний стандарт	Серії тепловозів та дизель-поїздів
М-14$В_2$	ГОСТ 12337-84	Типу ТЕ10, ТЕП60, М62, 2М62, Д1, ДР-1, ТГМ4, ТГМ4А, ТГМ6А, ЧМЕ-3, ТЕМ-7, ТЕМ2, ТЕМ2У
М-14$Г_2$ЦС	ГОСТ 12337-84	2ТЕ116, ТЕП70, ТЕМ7, ТГМ6А
М-14Б	ГОСТ 12337-84	ТЕМ2, ТЕМ2У, ЧМЕ-3

Оливи групи $В_2$ вміщують такі композиції присадок, які забезпечують надійне змащення автотракторних дизелів, а також судових, тепловозних, стаціонарних і транспортних дизелів середнього рівня форсування при роботі на дистилятних дизельних паливах із невеликим вмістом сірки (масова частка до 0,5%). Всі оливи групи $Г_2$ вміщують значно більшу кількість ефективніших присадок, ніж моторні оливи групи $В_2$.

Оливу М-14$В_2$ [179-180] отримують із сірчистої нафти змішуванням дистилятного та залишкового компонентів з композицією присадок та використовують для двох- та чотирьохтактних тепловозних дизелів тронкового типу при їх експлуатації на паливі із вмістом сірки до 0,5%. Олива М-14$Г_2$ЦС [182] складається із суміші дистилятного і залишкового компонентів, що виробляються із сірчистої нафти та композиції присадок, їй властиві висока

вологостійкість та мала імовірність утворення емульсій з водою. Її використовують в тепловозних дизелях типу ЧН26/26, стаціонарних дизель-генераторах з двигунами типу ЧН40/48, дизель-редукторних агрегатах з двигунами типу ЧН40/46 [36, 181, 182]. Оливу М-14Б [179-180] отримують з сірчистої нафти компаундуванням дистилятного та залишкового компонентів з додаванням присадок. Застосовують на двох- та чотирьохтактних тепловозних двигунах типів 2Д-100, Д-50 та подібних ним по рівню форсування двигунах маневрових і промислових тепловозів [36, 181, 182].

У Додатку В.1 наведені показники за технічними умовами для бензинів і олив типів М-14$В_2$ та М-14$Г_2$ЦС[181, 182], що найчастіше використовуються на залізничних підприємствах у двигунах тягового рухомого складу.

Фізико-хімічні властивості ґрунтів

Для вирішення питань ефективної мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів необхідно, у першу чергу, оцінити масштаби забруднень і виконати прогнозування його розповсюдження. Моніторинг залізничних аварійних інцидентів, вказує що найбільш розповсюдженою і переважаючою є взаємодія системи «нафтопродукт - ґрунт». При цьому, для більш детального вивчення характеру цієї системи необхідно дослідити властивості і особливості ґрунтових комплексів.

Більшу частину загальної площі України займають чорноземні ґрунти різних підтипів. Проте, виходячи з того, що ґрунт - це поверхневий горизонт земної кори, який створює шар малої потужності і враховуючи те, що чорноземи сформовані на лісостепових суглинках під різними рослинними асоціаціями, ми обмежилися вибором найпоширеніших ґрунтових шарів [46, 52, 64, 82]. Таким чином, нами обрані для досліджень наступні типи ґрунтів, що найбільш часто зустрічаються в зонах транспортування нафтопродуктів по Українських залізницях: червоно-бурий і льосовидний суглинки, супісок, пісок і черепашник.

При вивченні процесів міграції токсикантів крізь ґрунти значну роль відіграють гранулометричний склад, під яким розуміється ваговий вміст в

ґрунтах різних за розміром частинок, вологість ґрунтів та катіонообмінна здатність ґрунтів, яка, насамперед, обумовлює напрям ґрунтових процесів

При виборі сорбційних методів очищення ґрунтів необхідно враховувати поглинаючі здатності ґрунтових компонентів. Здатність поглинання ґрунтами різних катіонів зростає із збільшенням їх валентності і атомної ваги $Na_{23}<(NH_4)_{18}<K_{39}<Mg_{24}<Ca_{40}<Al_{27}<Fe_{56}$. Особливе положення в цьому ряду займає іон гідрогену, який поглинається ґрунтом сильніше за інші одновалентні і двовалентні іони.

Вивчення типів ґрунтів, їх фізико-хімічних властивостей а також токсикологічного профілю взаємодіючої системи «ґрунт - нафтопродукт» є необхідною ланкою для пояснень процесів, що трапляються при взаємодії структурних одиниць ґрунтового масиву з нафтопродуктом. У Додатку Ж.2 наведено методику визначення залишкової токсичності ґрунту для використання біоремедіації.

Знання питомої поверхні зв'язних (глинистих) ґрунтів має істотне значення для оцінки їх деформаційних, фільтраційних, гідрофільних, адсорбційних і інших властивостей. Однак надійні методи визначення абсолютної величини питомої поверхні глинистих ґрунтів відсутні, тому використовуються непрямі методи (табл. 2.5).

Таблиця 2.5.

Залежність питомої поверхні від ступеня дисперсності часток

Ступінь дисперсності часток	*Довжина ребра куба*		Число кубів в 1 $см^3$	Сумарна поверхня часток 1 $см^3/м^2$
	мм	мк		
Грубодисперсні	10,0	10 000	1	$6 \cdot 10^{-4}$
	1,0	1 000	10^3	$6 \cdot 10^{-3}$
	0,1	100	10^6	$6 \cdot 10^{-2}$
	0,01	10	10^9	$6 \cdot 10^{-1}$
Тонкодисперсні	0,001	1	10^{12}	6
	0,0001	0,1	10^{15}	60
Колоїдні	0,00001	0,01	10^{18}	600
	0,000001	0,0001	10^{21}	6000

Треба відзначити, що найбільш важливими властивостями ґрунтів, що таким чи іншим чином будуть впливати як на процеси міграції нафтопродуктів, так і процеси санації є: розчинність порід і ґрунтів; дифузійна розчинність;

адсорбційні властивості порід ґрунтів; механічна та фізична поглинальні здатності; фізико-хімічна обмінна здатність; хімічна поглинальна здатність; біологічна поглинальна здатність; електрокінетичні та осмотичні властивості; корозійні властивості та агресивність ґрунтів [48, 52, 55, 59, 66, 105, 184-189].

Процес розчинення має досить значний вплив на характер процесу протікання взаємодії ґрунтових елементів з нафтопродуктами, при цьому деякі гумусові структури ґрунту розчинюються у легких фракціях нафтопродуктів. Саме частка розчинності ґрунтів у воді і нафтопродуктах впливає на показник незворотної деградації ґрунтів і ускладнює процеси їх санації.

Природа формування адсорбційної (поглинальної) здатності дисперсних порід і ґрунтів залежить від цілого ряду фізико-хімічних показників. Тут можна зауважити, що у відповідності до механізму поглинальної здібності, К.К. Гедройц[190] запропонував виділяти п'ять видів: механічну, фізичну, фізико-хімічну, хімічну і біологічну.

Електрокінетичні та осмотичні властивості ґрунтів найбільш контрастно проявляються в високодисперсних ґрунтах (глинистих, лесових, торф'яних). Рух води в порах таких ґрунтів є можливим не тільки під впливом механічних сил, заданих градієнтом гідростатичного тиску, але й під впливом інших фізичних та фізико-хімічних сил. Він відбувається за наявності: 1) градієнту поля постійного струму (електроосмос); 2) градієнту концентрації розчинених електролітів (капілярний осмос); 3) температурного градієнту (термоосмос). Механізм переміщення речовини (нафтопродукту) при електроосмосі, осмосі та термоосмосі однаковий - переміщення речовини по поверхні частинок (на відміну від фільтрації, коли відбувається рух вільного нафтопродукту по шару зв'язаної води). Цей рух зобов'язаний наявності поверхневих сил: чим більше поверхневі сили, тим більш значна роль цих явищ.

Фізико-хімічні характеристики ґрунтів і кліматичні умови вельми різноманітні і, відповідно, вимагають диференційованого підходу до вибору оптимальних варіантів очищення і регенерації ґрунтів. Так, широко рекламована біоремедіація (застосування нафторозкладаючих бактерій — біодеструкція) дозволяє знижувати нафтові забруднення лише в поверхневому шарі ґрунту (а не на всю глибину проникнення). До того ж процес цей займає

2–3 сезони і має для обох країн істотне обмеження — температура ґрунту повинна бути вище +15°С, а вологість постійною і не нижче 17%. Безумовно, біотехнологія перспективна, але, як правило, на остаточній стадії регенерації або рекультивації забруднених ґрунтів. А на перших етапах пріоритетна роль відводиться механічним (видалення шляхом розшарування ґрунтів) і фізико-хімічним (спалювання, промивка ґрунту, екстракція розчинниками, сорбція) методам очищення.

З метою подальшого обґрунтування для вибору тієї або іншої методики очищення і регенерації ґрунтів нами були проведені дослідження якісних характеристик ґрунтових моделей найбільш поширених на Україні.

2.2. Аналіз нормативно-правової та технологічної забезпеченності залізничної інфраструктури щодо запобігання, локалізації та ліквідації негативного впливу нафтопродуктів

Директива 2004/49/ЄС Європейського парламенту та Ради, що стосується безпеки залізниць у Співтоваристві та про сертифікації безпеки наголошує про необхідність створення загальної нормативної бази щодо безпеки на залізницях. Сьогодні розроблені державами-членами правила та стандарти в галузі безпеки на залізницях, головним чином на національному рівні, що базуються на внутрішніх технічних та операційних концепціях. Одночасно розбіжності у принципах, підходах та культурі спричиняють труднощі при подоланні технічних бар’єрів та здійсненні міжнародних перевезень.

Перевезення небезпечних вантажів в міжнародному сполученні регулюються міжнародними угодами і виданими на їх основі нормативними документами, що розробляються під егідою відповідних міжнародних організацій.

Залізничний транспорт в Європі знаходиться в сферах дії двох різних систем залізничного транспортного права.

Прикладом співдружньої діяльності великої кількості держав (в тому числі держав-членів ООН) є робота Комітету експертів з міжнародного перевезення небезпечних вантажів.

Інший приклад активізації міжнародної діяльності у рамках підвищення безпеки при перевезенні небезпечних вантажів є Директива SEVEZO II, що має найширше охоплення і всеосяжний характер та спрямована на запобігання аваріям, допомагає створити основу для більш ефективного регулювання ситуацій, пов'язаних з ризиком.

Згідно з діючою системою управління безпекою руху у Державній адміністрації залізничного транспорту України [191-193], ухвалення управлінських рішень при підготовці і виконанні перевезень небезпечних вантажів, а також при виникненні аварійних ситуацій безпосередньо залежить від уміння і можливостей ідентифікації небезпечних речовин, їх властивостей і способів захисту при виникненні небезпек в ході перевізних процесів. Така ідентифікація повинна проводитися на підставі відомостей, що містяться в нормативних документах — правилах перевезень небезпечних вантажів, правилах безпеки і аварійних картках, в стандартах і технічних умовах, а також в перевізних документах, натурних листах поїздів, при маркіруванні вантажних місць, вагонів і контейнерів, в базах даних автоматизованих систем управління рухом поїздів і маневровою роботою[32, 35, 36, 175, 191].

За попередження надзвичайних ситуацій приймається комплекс заходів, що проводяться завчасно і направлених на максимально можливе зменшення ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, саме їм сьогодні необхідно приділяти достатньо уваги – створювати електронні бази даних та програмне забезпечення для оцінки і моделювання потенційних ризиків.

Як правило, ліквідація надзвичайних ситуацій повинна здійснюватись силами і засобами: організацій, органів місцевого самоврядування, державних регіональних органів виконавчої влади, на території яких склалася надзвичайна ситуація.

Згідно діючих документів і стандартів залізничним підрозділам заборонено проводити відбудовні роботи в зоні аварії з небезпечними вантажами до прибуття відповідних аварійних державних служб.

На залізничному транспорті функції аварійно-рятівних служб виконують спеціальні формування, зокрема відновні поїзди для ліквідації наслідків сходу з рейок і зіткнень рухомого складу і надання допомоги при стихійних лихах, пожежні поїзди для гасіння пожеж на об'єктах і рухомому складі і надання допомоги в надзвичайних ситуаціях, формування сил і засобів підприємств залізничного транспорту для надання допомоги відновним поїздам, а також нештатні медичні бригади. Всього в Укрзалізниці налічується 86 спеціальних служб та підрозділів. З них: на Придніпровській залізниці – 25, на Південній - 17, на Львівській – 12, на Донецькій -11, на Одеській – 9 та Південно-Західній – 9 спеціальних підрозділів.

При сповіщенні при аваріях з небезпечними вантажами органи управління Мінінфраструктури додатково до загальних відомостей про надзвичайну ситуацію в обов'язковому порядку повідомляють у відповідні органи МНС України про рід вантажів, що перевозяться, про вантажовідправників і вантажоодержувачів і їх підлеглість, номери аварійних карток. При ліквідації надзвичайних ситуацій з небезпечними вантажами Мінінфраструктури Укрзалізниці своїми силами і засобами здійснює доставку сил і засобів МНС України в зону надзвичайної ситуації, відновлює рух поїздів, надає пересувний склад для перевантаження (перекачування) вантажів, вантажовідправника (вантажоодержувача), що перевозиться у вагонах, і проводить очищення зони емісії від несправного і пошкодженого рухомого складу.

Управління залізниць заздалегідь узгоджують з регіональними органами МНС України перелік підприємств, які мають аварійні служби та фахівців, а також номенклатуру небезпечних вантажів, у ліквідації наслідків аварійних ситуацій з якими ці підприємства можуть взяти участь. Перелік таких підприємств затверджується місцевими органами виконавчої влади за поданням управлінь залізниць.

Діюча схема оповіщення [194] причетних працівників під час виникнення аварійних ситуацій показано на рис. 2.2.

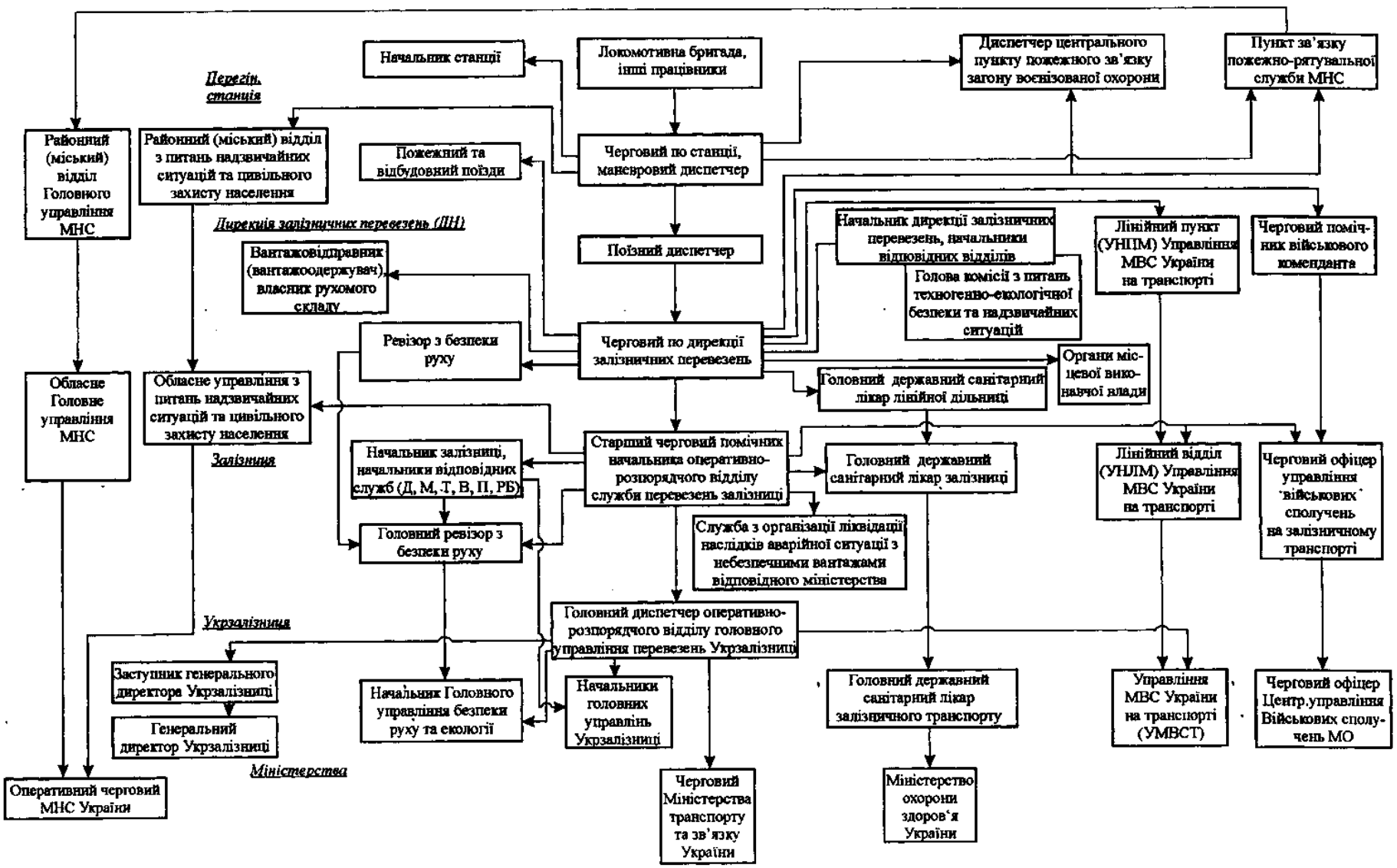


Рис. 2.2. Схема оповіщення про аварійну ситуації на залізничному транспорті. [194]

Такі заходи, як відновлення наскрізного руху, розчищення завалів, підіймання рухомого складу, розбирання вагонів здійснює залізниця. Гасіння пожеж здійснюють підрозділи Державної пожежної охорони.

Після передачі повідомлення про аварійну ситуацію локомотивна бригада вживає заходів згідно з аварійною карткою на даний небезпечний вантаж. Начальник ДЦУ, ЦДП Дирекції залізничних перевезень у разі виникнення аварійної ситуації, спільно із фахівцями причетних служб повинні оперативно розробити та ввести в дію план реагування на аварійну ситуацію.

Оскільки ліквідацію аварійних ситуацій на залізничному транспорті виконують спеціальні підрозділи [195-204] - відновні поїзди, було необхідним проаналізувати їх оснащення, та забезпеченість технологічними картами. Інформація про оснащення відновних поїздів наведено у таблиці 2.6., з якої бачимо, що забезпеченість нейтралізантами та сорбентами в більшості країн не передбачена, що значно підвищує ризик збільшення екологічних та економічних збитків.

Таблиця 2.6

Інформація про оснащення відновних поїздів**[]**

№ з/п	Показник	Од. вимір.	Україна	Росія	Молдова	Польща	Латвія	Литва	Естонія
1	Склад працівників (на один потяг)	чол.	23	32	-	29	36	25	23
2	Час підготовки і прибуття	година	≈6	6	1 - 4	1,45	3	1,50	1,50
3	Оснащення: кран 120 т	наявність	+	+	+	+	+	+	+
4	Тягачі	"-"	+	+	+	+	+	+	+
5	Ізолюючі протигази	"-"	+	+	+	+	+	+	+
6	Засоби зв'язку	"-"	+	+	+	+	+	+	+
7	Спеціальне устаткування для нейтралізації	"-"	-	-	-	-	-	-	+

В цілому аналіз даних таблиці 2.6 показує, що відновні поїзди країн, що привели відомості, приблизно рівні по складу працівників, оснащенню

устаткуванням, засобами захисту і зв'язку. Розкид часу доставки до місця аварії викликаний із-за різної схеми дислокації відновних поїздів і зони його обслуговування.

Спеціального технічного устаткування для ліквідації емісій нафтопродукти немає, але є аварійні картки-інструкції щодо поведінки працівників при аварійних інцидентах, а спеціалізовані роботи по нейтралізації емісій небезпечних токсикантів проводять державні спеціалізовані підрозділи спільно з аварійними бригадами вантажовідправників (вантажоодержувачів).

Також аналіз оснащеності та забезпеченості ліквідаційних поїздів вказує на те, що спеціальних методів і технологій, що зважають на специфіку залізничного транспорту в даний час, практично відсутні, отже є розробки в країнах Балтії.

Як технічні засоби для ізоляції місця розливу можна використовувати техніку, що вживається у комунальному господарстві, наприклад, устаткування для розкидування шлаку та піску, розбризкування води.

Для локалізації і ізоляції нафторозливу на термін 3—5 годин застосовується водоповітряні піни (піноутворююча рецептура на основі біорозкладених алкілсульфатів або піноутворювача ПО-А), стійкістю не менше 6 годин.

Як миюче-нейтралізуючі речовини використовують воду, речовини і їх суміші, що володіють нейтралізуючою дією, лужними і кислотними властивостями, а також піни. Для збільшення ступеня вилучення нафтопродуктів із забруднених ґрунтів рекомендується у воду вводити поверхнево-активні речовини (синтетичні миючі засоби) в концентраціях 0,15—0,30% [175]. Але іноді це викликає вторинне забруднення і потребує додаткових досліджень і розробки певних рекомендацій .

Аналізуючи базу розробок Російської Федерації та країн Балтії добігаємо висновку, що прийняття рішень щодо ліквідаційних заходів повинно відбуватись з використанням всіх існуючих доступних та підручних засобів при відсутності специфічних.

З ціллю об’єктивного підходу до розробки ліквідаційних заходів є необхідним створення сценаріїв за певними аварійними ситуаціями. Для цього в першу чергу є необхідною систематизація заходів та засобів за умовами застосування – тобто, за типом емісії.

Найбільш ефективним методом мінімізації емісії в повітря пари нафтопродуктів є покриття поверхонь паро- та газоутворення екрануючою речовиною. До таких речовин відносяться піни, що використовують для пожежогасіння або нейтралізації продуктів, пластикові ковдри, покриття розчинниками і так далі. З підручних засобів можна використовувати пісок і інші неорганічні матеріали, а також різні адсорбенти (активоване вугілля, силікагель, алюмосилікагель).

Для оцінки небезпеки забруднення емісією «рідина-земля» необхідно враховувати глибину розливу, наявність продовження витоку, наявність обмежуючих перешкод, а також поруватість поверхні, по якій розливається речовина.

До заходів щодо ліквідації розливів рідких хімічних речовин відносяться: облаштування бар'єрів, що перешкоджають розповсюдженню (розливу) речовини (обвалування); використання різних бар'єрів для напряму рідині, що розливається, у відносно небезпечне місце (відведення); збір рідини, що витікає в баки, переносні надувні басейни, ями-шахти і тому подібне (контейнеризація); поглинання рідини пористими матеріалами; хімічна нейтралізація; конгломерація, желатинування (перетворення рідини в гель).

При вивчені процесів відновлення нафтозабруднених ґрунтових екосистем, багато дослідників [1-6, 48, 51, 64-68, 72, 175] звертають увагу на те, що звичайні рекультиваційні заходи мають ряд недоліків - не завжди сприяють відновленню ґрунтів і рослинності, і часто самі завдають довготривалої шкоди природі. Землювання уповільнює процеси розкладання нафти. Вивіз забрудненого шару створює нові зони вторинного забруднення. Дослідження показують, що при спалюванні нафти терміни природного відновлення нафтозабруднених ґрунтів значно збільшуються, відбувається утворення

поліциклічних ароматичних вуглеводнів, що володіють канцерогенними властивостями, отже збільшується токсичність ґрунтів, загальмовується відновлення всіх блоків екосистеми.

Для попередження забруднення навколишнього середовища та для безпеки людини встановлені єдині гранично припустимі концентрації (ГДК) шкідливих речовин. У таблиці 2.7 наведені припустимі та небезпечні концентрації деяких нафтопродуктів та їх компонентів в атмосфері [205].

Таблиця 2.7

Нормування концентрацій вуглеводневих речовин у повітрі

Продукт, речовина	ГДК в повітрі населених місць, мг/м^3		ГДК у повітрі виробничих приміщень, мг/м^3	Концентрації для короткочасного перебування		Концентрації небезпечні для життя	
	max, разова	сер. добова		С, мг/м^3	Експоз., хв	С, мг/м^3	Експоз., хв
Палива нафтові з перевагою алканів і цикланів	5,0	1,5	300	1000-2000	40	35000-40000	10
Теж саме з перевагою алкенів і аренів або з підвищеним вмістом сірки	-	-	100	500-1000	40	20000-30000	10
Бензол	1,5	0,8	20	500	30	4000	10
Толуол	0,6	0,6	50	1000	30	10000	10
Метанол	1,0	0,5	50	1000	40	6000	15
Етанол	5,0	5,0	1000	5000	60	20000	20
Ксилол	0,2	0,2	50				
Фенол	0,01	0,003					

Безпосереднього шкідливого впливу летких фракцій нафтопродуктів, що містяться в повітрі, на здоров'я людини не виявлено. Тому, для нафтопродуктів не встановлені максимально-разові і середньодобові гранично допустимі концентрації. Леткі фракції нафтопродуктів, що містяться в атмосфері, небезпечні, насамперед, як проміжні продукти процесів утворення окисників. Забруднення, що потрапляють в атмосферу проходять ряд хімічних перетворень, що приводить до утворення продуктів, які викликають фотохімічний смог.

Нафтопродукти, які потрапляють у воду, утворюють спочатку шар на поверхні, при цьому легкі вуглеводні починають випаровуватися. У водний розчин переходять жирні, карбонові та нафтові кислоти, а також феноли і крезоли. Через декілька діб після надходження, в результаті хімічного та

біохімічного розкладання, утворюються інші розчинні сполуки - окислені вуглеводні, токсичність яких значно вище. Донними відкладеннями сорбується частина нафтопродуктів, які потрапили у воду, причому найбільшою сорбційною здатністю володіють глинисті мули.

Нафтопродукти можуть знаходитись у воді в емульсованому стані. Стійкість цих емульсій залежить від зниження нормальних значень поверхневого натягнення на границях розділу фаз «нафтопродукт - повітря» та «нафтопродукт - вода».

Гранично допустима концентрація мазуту в природній воді по БПК – 0,33 мг/л, по ХПК – 3,66, відношення БПК/ХПК > 9%. Максимальна концентрація, яка при постійному впливі протягом як завгодно довгого часу не викликає порушення біохімічних процесів у водоймі $МК_б$=6мг/л. ГДК нафтопродуктів і вуглеводнів бензольної групи у водоймах наведені в таблиці 2.8 [206-207].

Таблиця 2.8

ГДК вуглеводневих речовин у водоймах

Найменування інгредієнту	Для водойм госп-питного й культурно-побутового водокористування	Для водойм рибгосп призначення
Бензол	0,5	0,5
Толуол	0,5	0,5
Фенол	0,001	0,001
Нафтопродукти	0,05	відсутність

Забруднення ґрунту органічними речовинами, зокрема нафтопродуктами, оцінюють за показником «санітарне число» [208-209], що являє собою співвідношення кількостей ґрунтового білкового та органічного азоту (табл. 2.9).

Таблиця 2.9

Визначення забруднення ґрунту нафтопродуктами

Ступінь забруднення ґрунту	Санітарне число
Чистий	0,98 – 1,0
Слабко забруднений	0,85 – 0,98
Забруднений	0,70 – 0,85
Сильно забруднений	< 0,70

Поява в харчових ланцюгах канцерогенних поліароматичних сполук, які містяться в нафтопродуктах, приводить до їх акумуляції і виникненню різних фізіологічних і генетичних відхилень у тварин і людини.

У районах аварійного розливу нафтопродуктів у результаті акумуляції токсичних речовин спостерігається геохімічна перебудова ґрунтів, що приводить до загибелі тварин, рослинного покриву, мікробіоценозів.

Для оцінки і контролю забруднення навколишнього середовища виділяють групи нафтопродуктів, які відрізняються за: 1) ступенем токсичності у відношенні до біоценозів, швидкості розкладу у навколишньому середовищі; 2) характером змін, що відбуваються під їх впливом, в атмосфері, ґрунтах, воді і біоценозах. Віднесення нафтопродуктів до тієї або іншої групи здійснюється, виходячи з вмісту бензинових і лігроїнових фракцій, важкого залишку, що не розчиняється в гексані, ароматичних вуглеводнів (зокрема поліциклічних), твердих парафінів і сірки. За їх вмістом автор пропонує розділяти нафтопродукти на групи, що приведені в табл. 2.10.

Таблиця 2.10

Класифікація нафтопродуктів за вмістом важкого залишку і легких фракцій за геологічними горизонтами

Вміст важкого залишку, вага. %	Вміст легких фракцій, ваг. %		
	0	0-30	>30
0	-	A_1	A_2
0-15	B_1	B_2	B_3
> 15	C_1	C_2	C_3

Також в літературі [1] наведено класифікацію розподілу нафтопродуктів за вмістом сірки та парафіну, які зафіксовані у ґрунтових горизонтах (табл. 2.11).

Найбільш токсичні для живих організмів нафтопродукти знаходяться в групах A_2 і С. В групі A_2 токсичний ефект наступає швидко, але діє він впродовж короткого терміну тому, що ця група нафтопродуктів в ґрунтах найменш стійка: частина вуглеводнів випаровується, частина розкладається мікроорганізмами. У групі C_1 токсичний ефект реалізується поступово, організми гинуть унаслідок зміни водно-фізичних властивостей ґрунтів. Нафтопродукти цієї групи в ґрунтах достатньо стійкі. Вони розкладаються впродовж багатьох років і перешкоджають оновленню біоценозу. Токсична дія нафтопродуктів зростає також із збільшенням вмісту в них ароматичних вуглеводнів.

Таблиця 2.11

Класифікація нафтопродуктів за вмістом сірки і твердого парафіну

Вміст сірки, вага. %	Вміст важкого парафіну, вага. %	
	до 0,5	>0,5
До 0,5	D_1	E_1
>0,5	D_2	E_2

Взагалі, забезпечення екологічної безпеки є і державним, і галузевим завданням, цей вид діяльності сьогодні регулюється Конституцією України, понад 70 спеціальними законами України, 350 постановами Кабінету Міністрів України та чисельними загальнодержавними наказами, нормами та стандартами. Та, отже, аналіз нормативно-правової та технологічної забезпеченності залізничної інфраструктури підтверджує, що, в даний час науково обґрунтовані методи ліквідації наслідків забруднення відсутні. Для максимального зменшення несприятливої дії необхідне знання закономірностей трансформації нафтозабруднених систем і самих нафтопродуктів, прогноз їх зміни в часі.

2.3. Аналітичні методи дослідження взаємодії об’єктів та систем

З метою обєктивного аналізу стану обєктів та взаємодіючих систем та отримання закономірностей їх трансформації в роботі використовувались сучасні аналітичні методи , що забезпечують високоточні результати.

Загалом, для вивчення властивостей взаємодіючих компонентів (нафтопродукти, ґрунти, сорбційні матеріали і т.д.) застосовувались наступні наукові методи: фізико-хімічні, аналітичні та комбіновані [210-251] (табл. 2.12).

Дослідження проникної здатності нафтопродуктів у лабораторних умовах проводилися на зразках ґрунтів порушеної структури при їх різних вологості і температурах. Для всієї серії дослідів були відібрані зразки з однієї партії нафтопродуктів. З визначення швидкості (коефіцієнтів) проникнення рідин через ґрунти витікає, що він дорівнює швидкості фільтрації при градієнті натиску рідини, рівному одиниці і змінюється за лінійним законом фільтрації [238, 239, 252]. Дослідження щодо вивчення проникаючої здатності

нафтопродуктів через ґрунти виконувалися, як в лабораторних умовах, так і в польових.

Таблиця 2.12

Методи, використані для автоматизації аналізу

Методи	Вимірювані показники
Електрохімічні методи	
Потенціометрія (іонометрія)	pH, Cl^-, Na^+, NO^{3-}, S^2 і ін.
Кондуктометрія (кондуктометричне титрування)	Питома електропровідність ґрунтової води; загальна мінералізація, окремі іони ($S0_4^{2-}$) Pb, Cu, і ін;
Полярографія (хронопотенциометрія)	O_2 (розчинений кисень, БПК); органіка
Спектрометрія	
Фотоколориметрія	Головні іони (Ca^{2+}, Mg^{2+}, Cl^-, $S0_4^{2-}$): біогенні речовини (NH_4^-, NO^{2-}, NO^{3-}, PO_4^{3-}, Si) важкі метали (Cu^{2+}, Cr^{6+}, Fe^{3+}, Zn^{2+}), ХПК
ІЧ-СПЕКТРОФОТОМЕТРІЯ	Органічні речовини (нафтопродукти, ПАР)
Люмінесценція (флюоресценція)	Органічні речовини (гумусові речовини, нафтопродукти)
Атомна абсорбція	Важкі метали (Ni, Co, Cd)
Хроматографія	
Газоридинна хроматографія	Органічні речовини (нафтопродукти та органічні кислоти)
Комбіновані	
Хроматомасс-спектрометрия	Біогенні та синтетичні ПАР
Газова (колоночная тонкошарова) хроматографія + УФ- (ГИК, люмінесцентна) спектрометрія	Нафтопродукти
Фотохімічне (хімічне) спалювання + ІК-СПЕКТРОМЕТРІЯ (кулонометрія)	Загальний органічний вуглець
Фотохімічне (хімічне) спалювання + фотоколориметрія	Загальний органічний фосфор; загальний органічний азот

Лабораторні дослідженння виконували з використанням приладу для лабораторного визначення коефіцієнта фільтрації води в ґрунтах за ГОСТ 25584–90, адаптований для нафтопродуктів. Температуру фіксували електронним та ртутним термометрами з точністю до 0,5°С.

Гігроскопічну вологість ґрунтів визначали гравіметричним методом - проби різних типів ґрунтів відбиралися на різній глибині з попередньою зачисткою поверхні, після чого поміщалися в герметичні бюкси для транспортування, а потім висушувалася при температурі 105–110°С до постійної маси, яка встановлюється періодичним зважуванням проби через кожних 2 години. З метою збереження природної вологості зразків для

лабораторного визначення швидкості проникнення – зразки (куби ґрунту розмірами 200 х 200 х 200мм) консервувалися шляхом парафінізації відповідно до ГОСТ 12071-84. Ступінь ущільнення ґрунтів визначали за ГОСТ 5180-84.

Швидкість міграції, приведену до умов фільтрації за температури 10±°С обчислювали за формулою, в м/доб:

$$Vs = \left[\varphi\left(\frac{S}{H_0} \right) \frac{1}{t} \right] \times \frac{A_n}{A_k} \times \frac{h}{T} \times 864 \qquad (2.1)$$

де S – спостережуване падіння рівня рідини в п'єзометрі, відлічене від первинного рівня, см; H_0 – початковий натиск, см; $\varphi\left(\frac{S}{H_0} \right)$ - безрозмірний коефіцієнт, визначуваний за додатками ГОСТ; t – час падіння рівня рідини, с; An – площа перетину п'єзометра, см^2; A_k – площа кільця, см^2; T=(0,7+0,03$Tф$) – поправка для приведення значення проникності при температурі 10±°С, де $Tф$ – фактична температура рідини при ±°С; 864 – перевідний коефіцієнт (із см/с в м/добу).

Результати розрахунків, отримані методом квартування підсумовувалися і обчислювалося середнє значення проникаючої здатності.

Польові випробування дослідження нами проводилися на відкритому ґрунті з непорушеною структурою при природній вологості.

Рівень рідкої фази підтримувався на одній і тій же висоті, таким чином, забезпечувався постійний тиск рідини на поверхню ґрунту. Практично ми прагнули до постійності розмірів і форми «дзеркала» нафтопродуктів на поверхні ґрунту. Через різні проміжки часу проводили зрізання ґрунту і визначали глибину проникнення (міграції) використовуваного нафтопродукту. Дослідження проникності піщаних ґрунтів виконували відповідно до ГОСТ 23278-78. Тривалість дослідів ми обмежували часом 10-12 годин виходячи з того, що відповідно до статистики аварій, цього часу зазвичай буває достатньо для прибуття аварійних бригад і проведення процедури відкачування розлитих нафтопродуктів.

Нафтопродукти для вивчення: бензин А-95, дизельне паливо марки Л, олива М-14В$_2$.

Визначення поглинальної здатності досліджуваних зразків відносно нафтопродуктів було виконано відповідно до ГОСТ 24816-81.

Висушування сорбентів виконувалось при 108°С до постійної маси проб сорбенту відповідно до ГОСТ 28268-89. Контрольний проміжок часу насичення обраний виходячи з умов раціональності та склав 24 години (1440 хвилин).

Загальну похибку вимірів ми оцінюємо у межах 3%. Поглинальну здатність матеріалів розраховували за формулою:

$$W = 100\frac{m_2 - m_1}{m_1},\% \qquad (2.2)$$

де m_1 - вихідне вага абсолютно сухого зразка сорбенту (г);

m_2 - загальна вага сорбенту й нафтопродукту після закінчення контрольного проміжну часу поглинання (г).

Методи визначення концентрацій нафтопродуктів у компонентах біосфери

З метою забезпечення об'єктивності отриманих результатів проводились паралельні дослідження за різних методик, що широко використовуються сьогодні в аналітичній хімії. Аналіз проводили паралельно за стандартними методиками МВВ 081/12-0724-10, МВВ 081/12-57-00 за допомогою оптичного екстракційного приладу «Мікран» та методикою МВВ 081/12-0721-10 та інш.

Аналізатор «Мікран». Принцип дії приладу - інфрачервона спектрометрія. Як розчинник для екстракції нафтопродуктів використовується чотирьох-хлористий вуглець та гексан.

При автоматичному визначенні концентрацій нафтопродуктів на аналізаторі виконувались наступні операції: дозування гексану, вилучення проби з колби, екстракція, розділення суміші, хроматографічне відділення неполярних і амфіфільних компонент екстракту (поверхнево-активних речовин, жирів, білків і ін.), вимірювання екстинкції екстракту, розрахунок концентрації нафтопродуктів і індикація результату вимірювання проводилися із застосуванням ЕОМ.

Необхідна точність вимірювання забезпечувалася:

— систематичною перевіркою і калібруванням приладу за допомогою контрольного фільтру, тобто без стандартного розчину;

— встановленням перед кожним вимірюванням початкового рівня, відповідного даним про вміст нафтопродуктів в початковому реагенті.

Пробовідбір, пробопідготовку фонової води і екстракту нафтопродуктів з ґрунту виконували відповідно із ГОСТом 17.1.4.01-80, ГОСТом 17.1.5.05-85, ГОСТом 2761-84, ГОСТом 18963-73, ГОСТом 24481-80, КНД 211.1.0.009-94, ISO 5667-2: 1983. Об'єм проби не менше 0,5 дм^3, умови транспортування і зберігання виконувались відповідно до вказаних нормативних документів.

Визначали індикацію на нафтопродукти (*Хв*):

$$Хв = (xB1 + xB2 + \ldots + xBi) / i, \quad (2.3)$$

Проводили 4-х кратне вимірювання на приладі. Визначали індикацію нафтопродукту в пробі:

За рівнянням регресії (*2.5*) розраховували вміст нафтопродукту в пробі *Сп*, міліграм/кг. — *Y*.

У випадках пресування ґрунту (у випадках перезволоження) загальний вміст нафтопродукту знаходили:

$$Со = Сп + \frac{Рн}{Роб} + \frac{Рв}{Роб} \cdot Св, \quad (2.4)$$

де: *Рн* - вага віджатого нафтопродукту, міліграм; *Роб* - вага зразка, кг; *Рв* - вага віджатої води, міліграм; *Св* - концентрація нафтопродукту у віджатій воді, мг/дм^3; *Сп* - концентрація нафтопродукту в пробі, міліграмі/дм.

Для з'ясування впливу вологості ґрунту на погрішності вимірювань змісту нафтопродуктів, проведені експерименти без висушування зразків ґрунту з вологістю 10, 15, 20 % при змісті нафтопродуктів (гасу) від 50 до 5000 міліграма/кг.

По всіх вимірах проведена статистична обробка і розрахована лінійна регресія, що виражається рівнянням:

$$Y = 4130{,}17 – X - 224{,}91, \quad (2.5)$$

Коефіцієнт кореляції складає 0,91, що говорить про високу коррельованість вимірів. Дане рівняння використане при проведенні тестових аналізів.

Відібрано 3 проби зразка піску і 2 проби зразка суглинку з фіксованим вмістом гасу. Кожне вимірювання проведене на приладі «Мікран» 4 рази. Значення похибок вимірювань знаходяться в межах 6,18-14,5 %, при максимально допустимому не більше 20 %, за ГОСТ 17.1.4.01-80 «Охорона природи. Гідросфера. Загальні вимоги до методів визначення нафтопродуктів в природних і стічних водах.

Гравіметричний метод. В літературі відсутні достатньо прості методики визначення нафтопродуктів в ґрунті. Тому, для постійного моніторингу і санітарно-гігієнічних досліджень була розроблена і перевірена в практичних умовах методика визначення нафтопродуктів в ґрунті. Вона полягає у наступному.

Для екстракції був використаний хлороформ. Застосування його пояснюється тим, що в нім розчинні і інші речовини (смоли, асфальтени), які, адсорбуючись на поверхні частинок ґрунту, заважають витяганню нафтопродуктів. В той же час при аналізі ґрунту основна доля нафтопродуктів - це неполярні і малополярні сполуки, що добре розчиняються в гексані. Вони є основною власною складовою частиною нафти. Екстрагуючи нафтопродукти з отриманого хлороформного екстракту гексаном, збільшується ступінь витягання їх з ґрунту.

Зважене навішування поміщали в колбу на 250 мл, змочували хлороформом до вологого стану, після чого екстрагували кілька разів по 10-15 мл хлороформу до отримання в останній порції безбарвного екстракту. Потім отриманий екстракт випаровували.

Для очищення екстракту використовували колонку, заповнену активованим окислом алюмінію. Осад, що залишився після відгону хлороформу, обробляли 5-10 мл чистого гексану, отриманий розчин невеликими порціями переносили в колонку. Потім 3-4 рази обмивали невеликими (1-2 мл) порціями гексану. Промивали колонку 2-3 порціями (по 2-3 мл) чистого гексану. Під колонку з окислом алюмінію ставили зважений на 50 мл. Отримавши гексановий розчин нафтопродуктів, звільнений від полярних з'єднань, випаровували гексан в потоці повітря при кімнатній температурі.

Після повного видалення гексану стаканчик зважували, потім випаровували залишки гексану в межі 30 хвилин і знову зважували до збігу ваги. Вміст нафтопродуктів (мг/кг) обчислювали за формулою:

$$X = \left(\frac{a}{Д} \right) \times 10^3, \qquad (2.6)$$

де *а* – кількість нафтопродуктів (мг.); *Д* – вага проби ґрунту.

Методи мікробіотехнологій

Мікроорганізми вирощували на живильному агарі, рідкому мінеральному середовищі наступного складу (г/л): KNO_3 — 4; $Na_2HPO_4*12H_2O$ — 1.4; KH_2PO_4 — 0.6; $MgSO_4*7H_20$ — 0.8. У експериментах по оптимізації вмісту живильного середовища варіювали співвідношення елементів початкового варіанту. Як єдине джерело вуглецю і енергії в рідкому мінеральному середовищі використовували: гексан (ЧДА), бензин А-95, мазут М-40, оливу М-$14В_2$, ВМ-6, дизельне паливо Л. Культивірування здійснювали при кімнатній температурі. Для виявлення мікроорганізмів-інтродуцентів використовували комплекс культурально-морфологічних ознак.

Експерименти ставили по схемі повного факторного експерименту (ПФЕ) з дворівневим варіюванням чинників, з подальшою серією експериментів по методиці крутого сходження на основі отриманих в ПФЕ коефіцієнтів регресії.

Адгезивну активність визначали з різниці концентрації клітинної біомаси до і після інкубації з носієм. Показник адгезії (%) визначали як відсоток спаду біомаси кліток з суспензії після інкубації і приросту маси на носієві з урахуванням контролю. Концентрацію біомаси вимірювали гравіметрично. Середовище іммобілізації — фосфатний буфер.

У скляні стакани поміщали навішування відмитого ґрунту, висушені до абсолютно сухої ваги. У стакани внесли аліквоти нафтопродуктів. При інокуляції вільні і іммобілізовані на сорбенті клітини мікроорганізмів вносили до досягнення засівної концентрації 10^6 КОО/г. У ґрунт вносили розчини біогенних элементо і ферментів. Інкубували при 30°С в термостаті. Вологість

ґрунту підтримували на рівні 60% від граничної вологоємкості дистильованою водою. Культивування вели від 60 до 180 діб.

При польових експериментах як об'єкт очищення *in situ* використовували гумусові чорноземні, дерново-підзелисті ґрунти, забруднені нафтопродуктами, а також піщаний ґрунт (вміст піску більше 90%*)* забруднений нафтопродуктами. Інокулювали вільними, а також іммобілізованими біологічними асоціатами до досягнення титру 10^6 КОО/г. Регулярно проводили спушування і зволоження (дренаж) об'єму ґрунту. Концентрації біогенних елементів підтримували на постійному рівні. Тривалість експерименту складала 4 місяці.

Математичну обробку результатів здійснювали з використанням пакетів StatSoft Statistica 5.5.6.0 і Microsoft Office Excel 2003. При визначенні достовірності, приймали рівень допустимої похибки - до 5%.

Методи математичного моделювання поведінки нафтопродуктів

Вибір моделі для опису поведінки нафтопродуктів у ґрунтах залежить від умов їх находження, дії різних факторів, а також від поставленої мети. Найбільш важливими завданнями стає моделювання процесу міграції (розповсюдження) нафтопродукту у ґрунті та модель санації ґрунту. Для удосконалення опису процесів необхідно провести аналіз існуючих математичних рівнянь [253- 286].

Просочуючись через шар нафтопродуктів, вода що інфільтрується розчиняє їх, і далі в розчиненому виді нафтопродукти мігрують з підземними водами. Прогноз цієї міграції також можна виконати методом моделювання.

Для вирішення завдання міграції може бути використана програмна система MODTECH, розроблена в ЗАТ «Геолінк Консалтинг». У основу рішення покладено рівняння конвективного перенесення [5, 65, 266], :

$$n_o \frac{\partial C}{\partial t} = u_x \left(\frac{\partial C}{\partial x} + u_y \left(\frac{\partial C}{\partial y} + u_z \left(\frac{C}{m} + \frac{WC_w}{m} - \lambda \cdot C \right), \right. \right. \qquad (2.7)$$

де С — концентрація нафтопродуктів у водоносному горизонті; $u_x(t)$, $u_y(t)$ і $u_z(t)$ — компоненти швидкості фільтрації відповідно по осях *x, y* і *z* (в даному

випадку $u_z(t)$ відповідає перетіканню у водоносний горизонт, що пролягає нижче); W — інтенсивність інфільтраційного водного живлення; C_w — концентрація нафтопродуктів інфільтраті; n_o — ефективна пористість; m — потужність водоносного горизонту. Коефіцієнт розпаду X приймається в даному випадку для анаеробних умов і, як правило, на порядок менше цієї ж величини для зони аерації.

Сорбція нафтопродуктів враховується коефіцієнтом ефективної пористості, для якого можна записати наступне співвідношення:

У деяких роботах [128, 243, 266], що розглядають в основному процес міграції забруднюючої речовини в розчиненому вигляді, при розрахунку біорозкладання використовується рівняння швидкості розкладання першого порядку і зміна концентрації забруднюючої речовини (C) виражається у вигляді:

$$\frac{\partial C}{\partial t} = -K_c \cdot C, \tag{2.8}$$

Ця формула являє собою варіант спрощеної моделі.

При моделюванні процесів зменшення концентрацій нафтопродуктів в ґрунті спосіб розрахунку за рівнянням (2.14) не може бути використаний, оскільки в цьому випадку не враховуються мікробіологічні процеси (зростання і відмирання клітин). Проте його застосовують при моделюванні міграції розчинених нафтопродуктів з потоком підземних вод, оскільки із-за обмеженого надходження кисню концентрація бактерій тут може бути постійною.

Для моделювання процесів мікробіологічного окиснення нафтопродуктів для опису динаміки бактеріологічної популяції та зменшення концентрації нафтопродукту використовують залежність, на базі рівняння Моно, з врахуванням відмирання бактерій [128, 243]:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \frac{\mu \cdot G}{K_s + G} M - \lambda \cdot M, \tag{2.9}$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = -\frac{1}{q} \cdot \frac{\mu \cdot G}{K_s + G} M, \tag{2.10}$$

Використання зазначених рівнянь є доцільним для моделювання процесу біологічної деструкції нафтозабруднених ґрунтів шляхом обробки зони емісії бактеріологічним розчином при досить значних витратних показниках.

Методи системного аналізу

Цінність застосування системного підходу полягає в тому, що розгляд категорій створює основу для логічного і послідовного підходу до проблеми прийняття рішень. Ефективність вирішення проблем за допомогою системного аналізу визначається структурою розв'язуваних проблем [287-293].

Системний підхід застосовувався з використанням наступних методик:

- процедур теорії дослідження операцій, яка дає змогу дати кількісну оцінку об'єктам дослідження;
- аналізу систем дослідження об'єктів в умовах невизначеності;
- системотехніки, яка включає проектування і синтез складних систем у процесі дослідження їх функціонування (проектування і оцінка економічної ефективності запропонованих технологій).

Основні принципи системного підходу, що застосовані в дисертаційній роботі:

– Цілісність, яка дозволяє розглядати систему одночасно і як єдине ціле, і як підсистему вищенаведених рівнів.

– Ієрархічність побудови, тобто наявність множини (принаймні двох) елементів, які розташовані на основі підпорядкування елементів нижчого рівня елементам вищого рівня. Реалізація цього принципу добре видна на прикладі будь-якої конкретної організації, яка являє собою взаємодію двох підсистем: керуючої і керованої.

– Структуризація, яка дозволяє аналізувати елементи системи і їх взаємозв'язки в рамках конкретної організаційної структури. Як правило, процес функціонування системи обумовлений не стільки властивостями її окремих елементів, скільки властивостями самої структури.

– Множинність, яка дозволяє використовувати множину кібернетичних, економічних і математичних моделей для опису окремих елементів і системи в цілому.

– Системність — властивість об'єкта володіти всіма ознаками системи.

Відповідно до класифікації, всі проблеми підрозділяли на:

1. кількісно сформульовані проблеми, в яких істотні залежності з'ясовані дуже добре;
2. якісно виражені проблеми, що містять лише опис найважливіших ресурсів, ознак і характеристик, кількісні залежності між якими абсолютно невідомі;
3. змішані проблеми, які містять як якісні елементи, так і маловідомі, невизначені сторони, які мають тенденцію домінувати.

Для вирішення добре структурованих кількісно сформульованих проблем використовували методологію дослідження операцій, яка полягає в побудові адекватної математичної моделі та застосуванні методів для відшукання оптимальної стратегії управління цілеспрямованими діями.

Для вирішення слабо структурованих якісно виражених проблем використовувалась методологія системного аналізу, системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Процедура прийняття рішень згідно з [287, 293] включала такі основні етапи: формулювання проблемної ситуації; визначення цілей; Визначення критеріїв досягнення цілей; побудова моделей для обгрунтування рішень; пошук оптимального (допустимого) варіанту рішення; узгодження рішення; підготовка рішення до реалізації; затвердження рішення; керування ходом реалізації рішення; Перевірка ефективності рішення.

2.4. Оцінка ризиків виникнення аварійних ситуацій під час перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом

Створення системи екобезпеки разом з удосконаленням її соціально-економічної системи є сучасним елементом національної безпеки. Підґрунтям

цієї системи має стати адекватний організаційно-правовий, соціально-політичний, господарський механізм управління природокористуванням, що базується на кількісних даних, результатах математичного моделювання та прогнозування, сучасних інформаційних технологіях, можливості протидії антропогенній і природній деструкції біосфери.

Узагальнюючим показником екологічної безпеки є екологічний ризик [294-300]. Нині існує певна невизначеність щодо терміну "ризик". Існує безліч визначень цього поняття.

Переважна більшість фахівців з природних і техногенних небезпек визначають термін «ризик» за У. Роуї [62], який трактує його, як ймовірність втрат, що можуть бути встановлені перемноженням імовірності (частоти) негативної події на величину можливого збитку від неї.

Таким чином, будемо приймати екологічний ризик – за імовірність негативних змін під впливом сукупності шкідливих впливів на навколишнє середовище, що призводять до необоротної деградації екосистеми.

Аналіз ризику в екології включає наступні етапи:

- вивчення ефектів впливу різних факторів на навколишнє середовище. Він полягає в аналізі реакцій організмів, популяцій, екологічних систем на численні взаємодії в різних середовищах і наслідків від цієї взаємодії (хвороби, смерть окремих організмів, популяцій, екосистем);
- кількісна оцінка ризику (етап математичного моделювання), яка є ймовірною характеристикою тієї загрози, що виникає для навколишнього середовища при можливих антропогенних забрудненнях. Математичне моделювання екологічних процесів і систем з метою аналізу ризику - це насамперед виявлення потоків сполук - біогеохімічних циклів. Один із класів математичних моделей, що найчастіше використовуються тут - лінійні стаціонарні балансові моделі;
- управління ризиком. На цьому етапі визначаються еколого-економічні позиції допустимих навантажень на територію з урахуванням економічних аспектів, у тому числі співвідношення "витрати-вигода".

Особливість цього етапу - його велика різноманітність. Він має важливе значення для управління природним середовищем, регулювання його якості.

Оцінка ризику, тобто прогнозування технологічних та екологічних катастроф у регіонах, - ключова ланка визначення рівня екологічної безпеки. Інженерний напрям має ряд переваг порівняно з іншими методами оцінки безпеки. По-перше, цілком реально отримати кількісну оцінку очікуваного збитку; по-друге, є можливість порівняти та врахувати ризик від усіх можливих факторів, а також дати комплексну оцінку ризику.

Метою управління безпекою навколишнього середовища - є мінімізація ризику, тобто реалізація першої та другої стратегій [294, 295, 299]. Однак на практиці це не завжди можливо. Найбільш імовірним є поєднання всіх трьох видів стратегій.

Ризик є комплексною характеристикою і припускає оцінку можливих негативних наслідків - результатів (NN) для об’єкта управління і варіативну імовірність їхнього настання (P)

$$R = NN \times P, \qquad (2.11)$$

Усі складові, які впливають на зростання ступеню ризику, розділяються на 2 групи: об’єктивні і суб’єктивні.

В роботі застосовані кількісні і якісні аналізи ризику.

Кількісний аналіз чисельно визначає розмір окремих ризиків і ризику всього проекту в цілому за допомогою теорії ймовірності і математичної статистики.

Для кількісного визначення ризик, необхідно визначити всі імовірні наслідки будь-якої негативної дії і її можливі наслідки.

Відповідно до цього ризик оцінюють за такими критеріями: очікуване значення результату і розкид результатів.

Очікуване значення результату розраховується як середньозважене всіх можливих результатів. При цьому імовірність використовується як частота чи вага відповідного значення:

$$R = \sum_{i=1}^{n} P_i \times X_i, \qquad (2.12)$$

де P_i – можливість і-го результату; X_i – значення і-го результату; n – кількість можливих результатів.

Ступінь екологічної небезпеки виробництва визначається за формулою:

$$Y_t = f(U_t \times V_t), \tag{2.13}$$

де Y_t – функція екологічного стану; U_t – обсяг випуску продукції; V_t – витрати на екологічні заходи.

Крім того, екологічна безпека об'єкта складається не тільки з імовірності аварій, значимості факторів впливу, але й залежить від того, які реципієнти потрапляють в зону впливу аварії.

Цей фактор визначається місцем розташування об'єкта, кліматичними умовами, доаварійним станом навколишнього середовища.

У цьому випадку екологічну небезпеку аварійної ситуації варто визначити як функцію:

$$En = f(P, P_t), \tag{2.14}$$

де En – екологічна небезпека виникнення аварії на підприємствах регіону; P – імовірність виникнення аварії на виробничих об'єктах регіону; P_t – фактор ваги наслідків аварії.

Імовірність виникнення аварії на об'єкти визначається залежністю:

$$I = 1 - \sum[1 - P_i(U_i V_i)], \tag{2.15}$$

де P_i – імовірність виникнення аварії на i-тому об'єкті; V_i, U_i– відповідно обсяг випуску продукції і витрат на екологічні заходи; i – 1, 2, 3…i; n – обсяг екобезпеки в регіоні.

Фактор вагомості наслідків аварії є функцією декількох перемінних:

$$R_t = f(b, y, C, B), \tag{2.16}$$

де b - середньозважене значення показника, що характеризує реципієнтний склад об'єктів у зоні забруднення; y - комплексний показник кліматичних умов; C - показник, що характеризує доаварійний стан якості навколишнього середовища; B - сукупні наведені витрати на екологічну діяльність у регіоні.

Для розрахунків ризику антропогенного забруднення використовують різні індекси і коефіцієнти. Так, коефіцієнт екологічної небезпеки розраховують за

коефіцієнтами забруднення на основі порівняння змісту хімічної речовини з установленим нормативом (ГДК) і обліком небезпеки речовини для даної екосистеми [299].

Механізми управління ризиком в Україні ще достатньо не розроблені. Сьогодні ставиться завдання визначити залежність "витрати-ризик", що характеризує зниження рівня ризику за умови використання різних технічно можливих способів задоволення вимог, і вибрати з цих способів той, який забезпечує при заданому рівні ризику найменші сукупні витрати.

При обмежених фінансових і матеріально-технічних ресурсах, реалізація робіт з оцінки та управління ризиками стає можливою тільки у випадку виділення їх, як пріоритетних цілей за умов конкретизації засобів їх досягнення.

За допомогою розглянутих економічних категорій і понять, пов'язаних із забрудненням навколишнього середовища та його охороною, можна теоретично обґрунтувати співвідношення між цими величинами та прийнятним ризиком.

2.5. Визначення екологічних збитків зумовлених порушенням природоохоронного законодавства

Ступінь негативного впливу техногенних процесів на елементи навколишнього середовища оцінюють за допомогою величини спричинених еколого-економічних збитків [302-307]. Термін «екологічні збитки» трактується як – необоротне руйнування екосистем, зникнення різноманітних видів, генетичні зміни в біосфері.

За еколого-економічні збитки приймається поєднання економічних та екологічних збитків, коли є можливість конкретно підрахувати екологічні втрати у грошовому виразі, дати їм економічну оцінку.

Абсолютна еколого-економічна ефективність природоохоронного заходу:

$$E_{\text{абс}} = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{m} \left(\frac{P_{ij} - C_i}{K_i \cdot \varepsilon} \right), \qquad (2.17)$$

де P_{ij} - щорічний результат (ефект) i-го виду природоохоронної діяльності щодо запобігання втрат (зменшення негативних зовнішніх ефектів) j-го виду;

C_i - річні експлуатаційні витрати (собівартість) на здійснення *i*-го виду природоохоронної діяльності; K_i - обсяги фінансування (капітальні витрати) на здійснення *i* -го виду природоохоронної діяльності; ε - норма дисконту.

Абсолютна ефективність використовували з метою оцінки у скільки разів результат перевищує витрати на проведення природоохоронної діяльності.

З метою зіставлення варіантів окремих природоохоронних рішень автором використовувався показник порівняльної економічної ефективності

$$E = P - З, \tag{2.18}$$

де *P* - еколого-економічний результат; *З* - затрати на проведення конкретного заходу.

Для кількісної оцінки екологічного збитку застосовувався емпіричний метод, який поєднує принципи аналітичного та прямого розрахунку.

При розрахунку економічного збитку методом прямого розрахунку використовували суму локальних збитків

$$З = З_{зд} + З_{жк} + З_{л} + З_{сг} + З_{р} + З_{пр}\ , \tag{2.19}$$

де $З_{зд}$ — збиток від погіршення здоров'я населення; $З_{жк}$ — збиток у житлово-комунальному господарстві; $З_{л}$ — збиток у лісовому господарстві; $З_{сг}$ — збиток у сільському господарстві; $З_{р}$ — збиток у рибному господарстві; $З_{пр}$ — збиток у промисловості.

Діючу методику оцінки збитків від наслідків надзвичайних ситуацій техногенного і природного характеру розроблено з метою визначення розмірів збитків завданих здоров'ю людей та об'єктам національної економіки. Загальний обсяг збитків від наслідків НС розраховується як сума основних локальних збитків, де кожний з доданків визначає ступінь впливу на об’єкт.

Для кожного типу НС згідно з класифікатором встановлюється перелік основних характерних збитків щодо кожного рівня НС залежно від масштабів шкідливого впливу. Також, для кожного типу та виду НС залежно від їх рівня визначаються основні види збитків, які за типами та масштабами НС наведені у діючій методиці [306].

Збитки від забруднення земель нафтопродуктами розраховуються на базі питомого показника збитків у частках НМД з урахуванням відносної екологічної небезпечності забруднюючої речовини та природної захищеності:

$$Зф = Yn \times n \times M \times L, \quad (2.20)$$

де *Зф* - обсяг збитків від забруднення поверхні землі та ґрунтів, гривень; *Yn* - питома величина збитків, завданих навколишньому природному середовищу, в НМД; *n* - розмір НМД, грн.; *M* - маса нафтопродукту; *L* - коефіцієнт, який враховує природну захищеність підземних вод.

Аналізуючи діючий методичний апарат обчислення еколого-економічних збитків від виникнення аварійної ситуації, наприклад з нафтопродуктами на транспорті, добігаємо висновку, що є доля неврахованих чинників, що значно впливають на загальний результат розрахунків і вказують на його недостатню об'єктивність, отже потребує детального аналізу та перегляду методики обчислення.

2.6. Висновки по розділу 2

1. Отримання характерних властивостей, якісних параметрів і закономірностей взаємодії нафтопродуктів з елементами навколишнього середовища дозволяє сформулювати принципи вибору заходів мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів.
2. Аналіз діючої законодавчої бази, інформаційних технології та матеріального забезпечення екологічної безпеки при перевезенні нафтових вантажів на залізничному транспорті свідчить про відсутність конкретно розроблених технологій та чіткої актуалізованої моделі комплексного підходу до організації ліквідаційних заходів.
3. Існуючі методи визначення екологічних ризиків та збитків, зумовлених порушенням природоохоронного законодавства при емісіях нафтопродуктів на залізницях потребують удосконалення з урахуванням специфіки експлуатації транспортного комплексу.

РОЗДІЛ 3
ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЕЛЕМЕНТИ ТА ОБ'ЄКТИ В ПРОЦЕСІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Випадки локальних екологічних катастроф, що виникають внаслідок аварійних емісій нафтопродуктів спостерігаються все частіше. Отже проблему забруднення довкілля нафтопродуктами спричиняють не тільки локальні аварійні ситуації але й експлуатаційні емісії, тобто втрати нафтопродуктів при штатних ситуаціях (витоки при заправках рухомого складу, витоки із редукторів ТЕД і інших деталей тертя та витоки через нещільність запірної арматури цистерн і т.і.). Всі перелічені ситуації спричиняють не тільки забруднення ґрунтів та інших поверхонь але й негативно впливають на атмосферне повітря (випаровування), поверхневі та підземні водні об'єкти (інфільтрація та поверхневий сток) та біологічні ресурси (акумулятивні процеси та патологічне втручання у трофічні ланцюги). Тому необхідним стає постійний моніторинг стану ґрунтів, повітря та водних об'єктів в межах дії залізничних магістралей і підприємств, а також вивчення закономірностей взаємодії та впливу нафтопродуктів на об'єкти з метою попередження еколого-економічних збитків.

Таким чином, першочерговим завданням дисертаційної роботи, яке забезпечує об'єктивність подальших розробок з аналізу і мінімізації негативних наслідків нафтообороту є вивчення основних закономірностей і динаміки нафтового забруднення обєктів.

3.1. Вивчення взаємодії нафтопродуктів з різними компонентами екосфери

У навколишньому середовищі нафтопродукти здатні мігрувати і розповсюджуватись у вигляді рідин, що не змішуються з іншими середовищами, формують на поверхні гідросфери найтоншу повітронепроникну плівку, а в геологічному середовищі лінзи в товщі ґрунтового профілю і на поверхні підземних ґрунтових вод, у вигляді розчину

або емульсії у воді, газоподібному стані, а так само сорбуватися на скелеті ґрунту, що відзначалось у 2 розділі. Така різноманітність форм, знаходження і міграції нафтопродуктів в навколишньому середовищі пояснюється фізико-хімічними властивостями нафтопродуктів, а також природними і техногенними умовами, що значно ускладнює завдання дослідження об'єктів забруднення.

У роботі [307] пропонується розрізняти факти забруднення залежно від можливості їх прогнозування. Там, де виконується видобуток, транспортування, використання та зберігання нафти і продуктів її переробки можна вважати ризик забруднення практично неминучим; отже, створення тут системи спеціального моніторингу є обов'язковою умовою.

Нафта і нафтопродукти транспортують на великі відстані за допомогою магістральних трубопроводів, залізничного, автомобільного і водного транспорту. Окрім транспортних аварій причиною забруднення можуть бути витоки при переповнюванні резервуарів і втрати на ділянках зливу, промивка цистерн і скидання промислових вод. У свою чергу річкові води, що містять розчинені нафтопродукти, за певних гідрогеологічних умов є джерелом забруднення підземних вод.

Сучасне широке споживання продуктів нафтопереробки зумовлює розвиток густої мережі складів паливо-мастильних матеріалів і заправних станцій, на яких відбуваються технологічні маніпулювання нафтопродуктами.

Характерною особливістю забруднення геологічного середовища об'єктами нафтопродуктозабезпечення є його нерівномірність, пов'язана з виникненням і розповсюдженням різних (за об'ємом, інтенсивності, часу виникнення і дії) штатних технологічних і аварійних емісій нафтопродуктів. Якщо фільтрація із земляних накопичувачів нафти або стічних вод, як правило, рівномірна і постійна за всією їх площею, то фільтраційні втрати у межах об'єктів нафтотранспорту відбуваються в окремих місцях або на локальних ділянках, тобто забруднення геологічного середовища не суцільне, а складається з окремих ділянок чи взагалі може бути лінійним – вздовж транспортної системи. Виявлення диференційованої картини забруднення території унаслідок функціонування об'єкту має важливе практичне значення як

для вибору обєктів і методів очищення, так і для мінімізації витрат на його проведення.

Достатньо великі за площею забруднення (переважно зміна фонових значень) відбуваються через атмосферу, де частина вуглеводнів захоплюється парами атмосфери і поступає з ними на поверхню ґрунтів. У атмосферу потрапляють так звані леткі вуглеводневі фракції нафтопродуктів з низькою температурою кипіння (окремі алкани і ароматичні вуглеводні). Забруднення повітряного середовища вуглеводнями відбувається при їх випаровуванні під час розливу нафтопродуктів з поверхні землі, з резервуарів зберігання, випаровування в градирнях (до 2500 т/рік), дегазації стічних вод у відкритій каналізації, в накопичувачах і очисних спорудах. За даними роботи [308], у відкритій каналізації з 1 $м^3$ стічних вод виділяється 6—25 л газу, а з відкритих очисних споруд — 6—10 $л/м^3$.

Таким чином, нафтопродукти можуть потрапляти у навколишнє середовище у вигляді рідини, газу, в розчиненому і емульгованому вигляді.

Як вже відмічалось, на залізницях значні емісії нафтопродуктів в навколишнє середовище відбуваються не тільки при аваріях, але і при штатній експлуатації. Переважна частина нафтопродуктів відноситься до наливних вантажів, основною проблемою транспортування яких є витоки в процесах наливання і зливу, а також унаслідок негерметичності запірних пристроїв.

Втрати в пунктах навантаження-розвантаження пов'язані з недосконалістю наливних пристроїв і технології наливання.

Аналіз статистики підтверджує, що втрати нафтопродуктів в процесі транспортування відбуваються переважно за рахунок випаровування, виплескування і течі через нещільність прилягання кришки ковпака цистерни.

Головними причинами аварійних ситуацій є незадовільний стан основних виробничих фондів, постійні порушення встановлених вимог щодо безпечного ведення робіт, низька виробнича, технологічна і трудова дисципліна на підприємствах нафтогазового та транспортного комплексів.

Забруднення нафтопродуктами створює специфічну екологічну обстановку, що приводить до глибокої зміни всіх ланок природних біоценозів або їх повної трансформації. Загальна особливість всіх нафтозабруднених ґрунтів - зміна чисельності і обмеження видової різноманітності педобіонтів (ґрунтової мезо- і мікрофауни і мікрофлори). Типи відповідних реакцій різних груп педобіонтів на забруднення неоднозначні: відбувається масова загибель ґрунтової мезофауни: через три дні після аварії більшість видів ґрунтових організмів повністю зникають або складають не більше 1% контролю. Найбільш токсичними виявляються легкі фракції нафти [309-310].

Комплекс ґрунтових мікроорганізмів після короткочасного інгібірування відповідає на нафтозабруднення підвищенням валової чисельності і посиленням активності. Перш за все це відноситься до вуглеводеньокислюючих бактерій, кількість яких різко зростає. Розвиваються “специфічні“ групи, що беруть участь на різних етапах утилізації вуглеводнів.

Чисельність мікроорганізмів відповідає горизонтам ферментації і знижується в них за профілем ґрунтів зі зменшенням концентрацій вуглеводнів. Основний «вибух» мікробіологічної активності припадає на другий етап природної деградації нафти, що підтверджено натурними дослідженнями.

В процесі розкладання нафтопродуктів в ґрунтах загальна кількість мікроорганізмів наближається до фонових значень, але чисельність нафтоокислюючих бактерій ще довгий час переважає (до 10 - 20 років).

Зміна екологічної обстановки приводить до пригнічення фотосинтезуючої активності рослинних організмів. Перш за все, це позначається на розвитку ґрунтових водоростей: від їх часткового пригнічення і заміни одних груп іншими до випадання окремих груп або повної загибелі всієї альгофлори. Особливо значно інгібірує розвиток водоростей сира нафта і мінеральні води.

Нафтопродукти змінюють фотосинтезуючі функції вищих рослин.

Дослідження загальних біохімічних показників, проведені автором підтвердили, що в забруднених ґрунтах знижується активність більшості найважливіших ґрунтових ферментів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1

Показники зміни біохімічної активності ґрунтових ферментів

Інгібірування (пригнічення) активності	Підвищення активності
Гідролази –на 43%	Уреазної- на 16%
Протеази – на 12%	
Нитратредуктази – на 25%	Каталазної – на 27%
Дегідрогеназа – на 57%	

Результати визначення ферментативної активності грунтів свідчать про зміну стабільного складу та глибокі пертворення на біохімічному рівні.

Дихання ґрунтів також реагує на забруднення нафтопродуктами. У перший період, коли мікрофлора пригнічена великою кількістю вуглеводнів, інтенсивність дихання знижується, із збільшенням чисельності мікроорганізмів інтенсивність дихання зростає.

Таким чином, процеси природної регенерації біогеоценозів на забруднених територіях йдуть повільно, причому темпи становлення різних ярусів екосистем різні. Первинними біоценозами на порушених ґрунтах є водорості. Основні проблеми, що виникають при очищенні за технологією застосування мікроорганізмів, є необхідність врахування клімату, сезонних змін температури, наявності достатньої кількості поживних речовин і т.д.

Враховуючи усі перелічені особливості поведінки нафтопродуктів у навколишньому середовищі дослідження, що пов’язані із виявленням і оцінкою джерел емісії нафтопродуктів, прогнозуванням розвитку розповсюдження ареалів та обґрунтуванням вибору заходів щодо ліквідації екологічних наслідків нафтозабруднення мають дуже важливе наукове та практичне значення.

3.2. Встановлення закономірностей процесів нафтозабруднення та відновлення ґрунтів

Оскільки нафтопродукти представлені широким спектром сирих та товарних продуктів, які значно відрізняються за фізико-хімічними властивостями, характери та швидкості їх міграції у ґрунтових масивах також мають значні відмінності, навіть не враховуючі зовнішні фактори. З моменту емісії нафтопродуктів на поверхню ґрунту, вони залучаються у фізико-хімічні

процеси: просочування у ґрунтовий профіль, сорбція, адгезія на поверхні ґрунтових часток, емульгування у воді, випаровування, вимивання їх компонентів і т.і. Інтенсивність перебігу зазначених процесів залежить від ґрунтово-кліматичних умов, а також від складу нафтопродуктів, механічного складу та властивостей ґрунту, водно-термічного режиму ґрунтового профілю.

З огляду на різноманіття перерахованих факторів впливу, без постановки експериментів не може бути прогнозована інтенсивність процесів, що відбуваються, при потраплянні нафтопродуктів на поверхню ґрунту. Прогнозування та вивчення таких процесів, як швидкість і глибина проникнення нафтозабруднювача в ґрунтовий профіль - є важливими для вибору технологій подальшої санації нафтозабруднених ґрунтів. Так, досліджуючи параметри процесу просочування визначають концентрації забруднювача та об'єми нафтозабруднених ґрунтів, що підлягають очищенню і тим самим продуктивність установки, визначають оптимальний, раціональний напрямок санації порушеного ґрунту.

Основний механізм поширення нафти та нафтопродуктів, які потрапили на поверхню ґрунту внаслідок аварії - це поверхневий стік, проникнення вглиб ґрунту, з забрудненими водами. Ареал поширення нафтової емісії залежить від рельєфу місцевості, ґрунтових і гідрогеологічних умов і її масштабу.

З метою вивчення закономірностей фільтрації нафтопродуктів крізь ґрунтовий профіль та визначення обсягів нафтозабрудненого ґрунту проводили лабораторні та натурні дослідження, які обмежувались двома рівнями:

- при максимальній відкритості ґрунтових пор поверхневого шару (сухий ґрунт) на момент нафтозабруднення - процес фільтрації;
- при максимальній закритості пор поверхневого шару ґрунту (перезволожений ґрунт) на момент нафтозабруднення - процес капілярного просочення.

Перезволожені ґрунти мають широкий діапазон вологості, консистенцію від тугопластичної до текучої, різної в'язкості. За виключенням водної суспензії перезволожені ґрунти являють собою трифазну систему, властивості якої визначаються головним чином менісковими силами, обумовленими ступенем

заповнення великих пор водою.

Вибір ґрунту для натурних досліджень був обмежений середніми суглинками (вміст часток < 10 мкм у кількості 20 - 30 %), легкою глиною (вміст часток < 10 мкм у кількості 50 - 65 %), супіщаними ґрунтами, піском та дресвяними грунтами (ракушняк).

Для постановки натурних досліджень на територіях прилеглих до залізничних магістралей з різних районів та різних ділянок (обрані полігони – у Дніпропетровській, Одеській та Кіровоградській обл. та в Криму) були відібрані зразки ґрунтів та визначені їх фізико-хімічні властивості - механічний склад, природна вологість, питома вага, щільність, пористість, та інші, які наведено у таблицях 3.2-3.9.

У якості вуглеводних сумішей для натурних випробувань були використані олива М-14-$В_2$ і бензин марки А-95.

Аналіз літературних даних, а також наші попередні оцінки і спостереження дозволяють зробити висновок, що домінуючими є наступні чинники, що впливають на швидкість проникнення (міграцію) нафтопродуктів через ґрунти при масштабних емісіях: тип ґрунту; ступінь ущільнення ґрунту; фізико-хімічні властивості нафтопродукту (зокрема в'язкість); температура процесу; вологість ґрунту.

Слід зазначити, що в реальній практиці можливі самі різні варіанти поєднання цих чинників[311-314]. Крім того, по ходу руху нафтопродукту на різній глибині окремі чинники можуть виявитися непостійними. Це вимагало виконання систематичних досліджень впливу перерахованих чинників з метою встановлення ряду закономірностей поведінки системи «ґрунт – нафтопродукт». На першому етапі нами були досліджені швидкості проникнення бензину А-95 через найбільш поширені ґрунти України на лабораторній установці за різних умов. Перш за все було з'ясовано вплив типу ґрунту і ступеня його ущільнення. У експериментах було охоплено 5 типів ґрунтів: червоно-бурий і льосовидний суглинки, супісок, пісок і дресвяний, при цьому, вологість ґрунтів були близькими до природних.

Насамперед нами були проаналізовані основні фізико-хімічні властивості дослідних зразків ґрунтів, відібраних на місцях обраних полігонів, на яких надалі проводилися і польові випробування. При цьому враховувалися: глибина відбору проби, см; фракційний склад %; питома вага, г/см$^{3;}$ об'ємна вага, г/см^3; кількість карбонатів % $CaCO_3$; пористість %; гігроскопічна вологість %. Отримані результати приведений в звідній таблиці 3.2.

Найбільш складною системою для вивчення є органічна складова поверхневого шару ґрунту – зона A_1 і A_2. Характер якої на 70% територій відповідає ознакам сіро-бурого ґрунту та чорнозему вивчення фізико-хімічних властивостей якого надано в таблицях 3.2-3.9.

Проведення польових випробувань є обґрунтованим не тільки з позиції практичного аналізу і підтвердження закономірностей виведених в лабораторії, але і з позиції об'єктивнішого підходу до вивчення процесів проникнення нафтопродуктів в товщу ґрунтової маси.

Враховуючи, що швидкість (коефіцієнт) проникнення рідини крізь ґрунти дорівнює швидкості фільтрації при градієнті напору рідини, рівному одиниці і змінюється за лінійним законом фільтрації [231, 232, 238, 239] використовувалась модельна лабораторна установка для визначення коефіцієнту фільтрації нафтопродуктів.

За всіма відібраними пробами для екперименту проведено аналіз гранулометричного складу та визначення вихідних концентрацій нафтопродуктів з метою об’єктивності кінцевих результатів. Всі аналізи проводились методом квартування.

Дослідження проникності ґрунтів в лабораторних умовах відноситься до модельних випробувань, при яких на аналізовану систему «ґрунт – нафтопродукт» впливають тільки деякі власні фізичні характеристики системи і стабільні метеорологічні фактори. Разом з тим, недоліком лабораторних дослідів є те, що у випробуваннях використовують ущільнені ґрунти або, іншими словами, ґрунти з порушеною структурою. Хоча такі ґрунти можуть зустрічатися в зонах залізниць, представляється цікавим дослідження поведінки ґрунтів з непорушеною структурою, тобто постановка дослідів по міграції нафтопродуктів в польових умовах.

Таблиця 3.2.

Фізико-механічні властивості ґрунтів, що досліджувались.

№ проби	Місце відбору проби	Назва ґрунту	Глибина відбору проби, см	Склад за фракціями, %			Питома вага, $г/см^3$	Об'ємна вага, $г/см^3$	Гігроскопічна вологість, %	Природна вологість, %	Кількість карбонатів, $\%CaCO_3$	Порувatість, %
				1. Глинисті ґрунти, мм								
				1 – 0,25	0,25 – 0,05	≤ 0,05						
1.	м.Дніпропетровськ „Тунельна" балка	Суглинок легкий, пилуватий	0-10	23,4	17,7	57,4	2,64	1,10	1,71	3,1	12,354	51,3
2.		Суглинок легкий	10-15	53,3	19,5	27,2	2,69	1,58	2,23	4,5	14,002	40,9
3.		Суглинок важкий	50	51,9	28,4	19,7	2,73	1,66	3,34	6,0	13,637	34,0
4.	м.Кривий Ріг	Суглинок червоно-бурий	10-20	48,6	22,9	28,5	2,74	1,55	4,02	6,3	13,703	43,2
5.	пос.Добропілля, „Мокра Сура"	Суглинок важкий, пилуватий	30-40	19,1	27,2	53,7	2,72	1,62	3,6	5,2	14,368	39,7
6.		Супісок легкий	0-10	73,0	4,9	22,1	2,68	0,97	2,23	4,1	8,222	54,1
7.	пос.Миколаївка, „Суха Сура"	Супісок важкий	50	78,1	18,4	3,5	2,71	1,75	2,38	4,6	3,344	37,9
8.	пос.Добропілля, „Мокра Сура"	Супісок пилуватий	0-10	5,4	10,1	84,5	2,7	0,91	2,03	3,9	4,027	50,2
9.		Глина жирна	40-50	8,9	69,7	21,4	2,76	1,55	3,66	6,1	19,065	39,4
10.	пос.Миколаївка, „Суха Сура"	Глина піщана	10-20	40,3	37,4	22,3	2,71	1,45	4,02	5,4	13,210	42,9
11.		Глина пилувата	0-10	23,7	36,7	39,6	2,70	0,92	2,39	4,7	17,031	47,5
				2.Піщані та гравійні ґрунти, мм								
				> 10	0,1 – 10	≤ 0,1						
12.	пос.Шевченко, залив р.Самари	Пісок крупний	15-30	-	68,2	31,8	2,64	1,49	1,53	2,2	-	64,3
13.		Пісок мілкий	0-15	-	12,6	87,4	2,66	1,21	1,51	4,2	-	58,9
14.	м.Дніпропетровськ „Аптекарська" балка	Пісок пилуватий	0-10	-	32,7	67,3	2,63	1,26	1,38	4,6	0,361	49,2
15.	пос.Шевченко, залив р.Самари	Галечниковий	0-20	59,0	35,8	5,2	2,41	1,32	1,24	1,6	-	-
16.	буд.майданчик на ж/м Перемога	Гравійний	0-25	20,8	67,3	11,9	2,49	1,26	3,16	3,2	-	-
17.	м.Євпаторія, „Майнаки"	Дресвяний білий	10-20	57,3	21,0	21,7	2,62	1,52	3,56	6,0	23,211	68,4
18.	м.Саки, Сакські озера	Дресвяний сірий	15-30	31,9	50,4	17,7	2,62	1,72	3,94	6,2	18,621	70,5

Таблиця 3.3.

Хімічний аналіз сіро-бурого ґрунту (полігон с.Миколаївка)

Генетичні горизонти, см	*Вміст % на безкарбонатну прожарену масу*							
	SiO_2	*$A1_2Oз$*	*Fe_2O_3*	*CaO*	*MgO*	*Na_2O*	*K_2O*	*Частка < 0,001 мм*
Корка 3	72,11	12,48	4,30	2,38	2,68	1,23	1,59	8,0
Щільнний горизонт 7-21	70,33	15,23	5,04	2,47	3,68	0,97	1,84	22,0
Менш щільний горизонт 21—35	68,90	14,99	6,12	2,44	3,58	1,01	1,84	27,0
Рихлий супіщаний гіпсовий горизонт 52—70	70,38	12,73	4,88	3,24	3,08	1,33	1,81	15,0
Лесовидні відкладення 100 і нижче	73,63	12,51	4,35	2,52	2,79	1,23	1,46	Немає даних

Таблиця 3.4.

Мінеральний склад сіро-бурого ґрунту (полігон с.Миколаївка)

Генетичний горизонт, см	*Вміст тонкодисперсних мінералів %*	*Вміст у фракції 0,1—0,15 мм, %*		
		кварцу	*уламкових силікатів*	*важких мінералів*
Порувата кірка 0—2	7,0	35,5	62,1	2,4
Гумусовий перехідний горизонт 2—10	11,0	31,6	65,9	2,9
Ущільнений горизонт (верхня частина 10—15)	11,0	26,9	70,9	3,1

Таблиця 3.5.

Розподіл гумусу, карбонатів, гіпсу і легко розчинних солей в профілі сіро-бурих ґрунтів (полігон с.Миколаївка)

Генетичний горизонт, см	*Вміст %*			
	гумусу	*CO_2*	*SO_4*	*легкорозчинних солей*
Поверхнева кірка 0—5	0,72	7,20	-	0,14
Ущільнений горизонт (верхня частина 15—20)	0,53	7,88	-	0,44
Ущільнений горизонт (нижня частина 25—30)	-	5,94	-	0,87
Лесовидний суглинок 45—50	-	4,18	3,39	1,06

Таблиця 3.6.

Зміна pH і зміст поглиненого кальцію в профілі типового чорнозему (полігон с.Парне 242 км.)

Генетичний горизонт, см	Вміст гумусу %	Вміст поглиненого кальцію мг-екв/100 г грунту	pH водної витяжки	Вміст CO_2 карбонатів %
А 1—5	10,2	50[1]	6,8	-
А 20—25	9,8	50	6,9	0,07
А 40—45	7,4	48	7,0	0,08
В 60—65	6,8	42	7,6	0,09
В 80—85	6,0	38	8,0	0,18
В 100—105	3,8	30	8,2	4,68

Таблиця 3.7.

Розподіл гумусу за профілем чорноземів, % (полігон с.Парне 242 км.)

Грунт і генетичний Горизонт, см	Вміст гумусу, %	Грунт і генетичний Горизонт, см	Вміст гумусу, %
Чорнозем типовий (Дніпропетровська область)		Чорнозем південний (Запорізька область)	
А 1—5	9,82	А 0—30	4,5
А 40—45	7,35	В 35—45	3,1
В 80—85	5,85	В 60—70	2,3
В 100—105	3,35	В 85-95	1,1
С 120—125	1,72	С 125—135	0,4

Таблиця 3.8.

Хімічний склад генетичних горизонтів, % (полігон с.Парне 242 км.)

Генетичний горизонт, см	SiO_2	$A1_2O_3$	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O	CO_2	Гумус
А 1—5	61,70	12,89	5,50	2,50	1,68	2,21	1,33	0,00	9,82
А 40—50	62,74	14,73	5,49	2,30	1,87	2,08	1,02	0,06	7,35
В 80—85	62,66	14,42	5,54	3,34	1,85	1,69	0,79	0,09	5,85
В 100—105	58,89	12,91	5,27	7,32	2,01	2,32	1,08	4,50	3,35
С 120—125	58,06	12,95	4,95	9,10	2,24	2,45	1,12	6,05	1,72

Таблиця 3.9.

Хімічний склад генетичних горизонтів типового чорнозему % від прожареної безгумусної і безкарбонатної мас (полігон с.Парне 242 км.)

Генетичний горизонт, см	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O	Na_2O
А 1—5	73,72	15,42	6,57	2,99	2,01	2,63	1,61
А 40—45	74,22	17,03	6,39	2,67	2,12	2,42	1,18
В 80—85	72,14	16,58	6,25	2,80	2,12	1,93	0,90
В 100—105	73,80	16,08	6,60	2,03	2,66	2,99	1,35
С 120—125	73,02	16,07	6,22	1,77	2,82	3,10	1,53

Таблиця 3.10.

Зміна вмісту гумусу, pH і кількості поглиненого кальцію за профілем сірих лісових ґрунтів (полігон с.Парне 242 км.)

Генетичний горизонт, см	Вміст гумусу, %	pH водної витяжки	Поглинений кальцій. мг-экв/100 г	Ступінь насиченості гідроксидами %
A_1 0—8	5,2	6,7	11,0	98,7
A_2 12—22	0,9	5,7	3,1	77
B_1 40—50	0,5	5,4	10,7	84
B_2 90—100	0,4	5,6	11,2	88
C 140—150	-	5,8	Не визначалося	Не визначалося

Крім того, як вже відмічалось у методичному розділі при визначення вмісту нафтопродуктів у ґрунтових масивах є певні складності – втрати при екстрагіруванні нафтопродукту з ґрунтової матриці, що негативно впливає на результати визначення і надає необ'єктивності отриманим даним. Для цього було проведено попередню оцінку можливої похибки експерименту та отримані калібрувальні графіки. Результати визначення похибки наведено у табл. 3.11.

В результаті проведених досліджень по вимірюванню масової концентрації нафтопродуктів в ґрунті (табл. 3.11) з використанням приладу «Мікран» і математичній обробці отриманих даних отримано:

- середнє значення відносної погрішності складає ±10,34 %.
- максимальне значення відносної погрішності складає ± 18,5%
- допустиме значення відносної погрішності не перевищує ±20%.

Усі визначення проводилися методом квартування.

Більшістю аналізованих нефтесодержащих зразків є суміші.

Таблиця 3.11

Результати тестових вимірюваньз визначення похибок експерименту

Зразок ґрунту	Концентрація бензину міліграм/кг	Результати вимірювань				Середня похибка %	Макси-мальна похибка %
		1	2	3	середнє значення		
Пісок	266,9 2464,0 4427,0	300,6 2165,24 5025,15	300,1 2253,48 5181,59	316,19 2165,23 5025,15	305,67 2194,6 5077,3	14.5 10,9 14,7	18,5 12,1 17,0
Суглинок	299,0 3760,86	320,83 3320,14	320,83 3368,58	310,81 3320,49	317,49 3336,49	6,8 11,3	7,3 11,7

Вивчення характеру нафтового забруднення ділянок колії [315-317] з частими технологічними емісіями – територій ПТОТ (місця заправки тепловозів) вказує на особливість формування нафтових лінз у місцях перерозподілу механічного навантаження в нижній будові залізничної колії на рівні водотривкого горизонту суглинку (рис. 3.1).

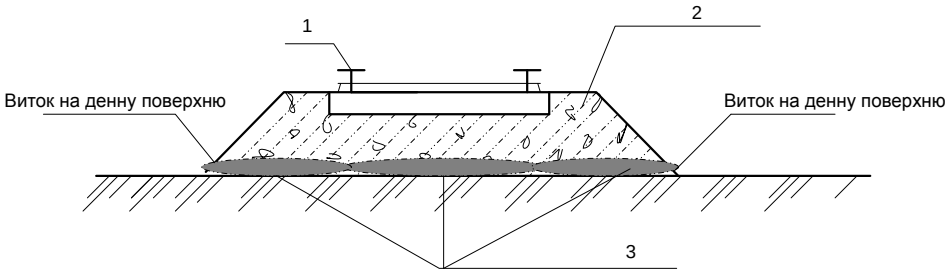


Рис.3.1. Характер нафтового забруднення територій пунктів заправки локомотивів
1 – рейки; 2 - верхня будова колії; 3 - формування лінз нафтопродуктів на водотривкому горизонті із суглинку.

Аналіз отриманих даних з моніторингу ступеню забруднення ґрунтів нафтопродуктами на залізничних магістралях та підприємствах підтверджує специфіку діяльності конкретного підрозділу і дозволяє сформулювати наступні висновки:

- найбільш забрудненими зонами (до 36% території) з найбільшими концентраціями (до 43% по масі) є території промивочно-пропарювальних станцій;
- зони територій локомотивних депо та маневрової роботи локомотивів мають також високу ступінь забрудненості нафтовими витоками;
- вздовж залізничних магістралей найбільш забрудненими є ділянки інтенсивних маршрутів транспортування нафтопродуктів;
- характер забруднень залізничних магістралей ускладнений вмістом високих концентрацій важких металів (Cd, Cr, Ni)

Наведемо приклади вивчення впливу фізичних факторів на процеси міграції нафтопродуктів у ґрунтах в лабораторних умовах - Рис. 3.2-3.5.

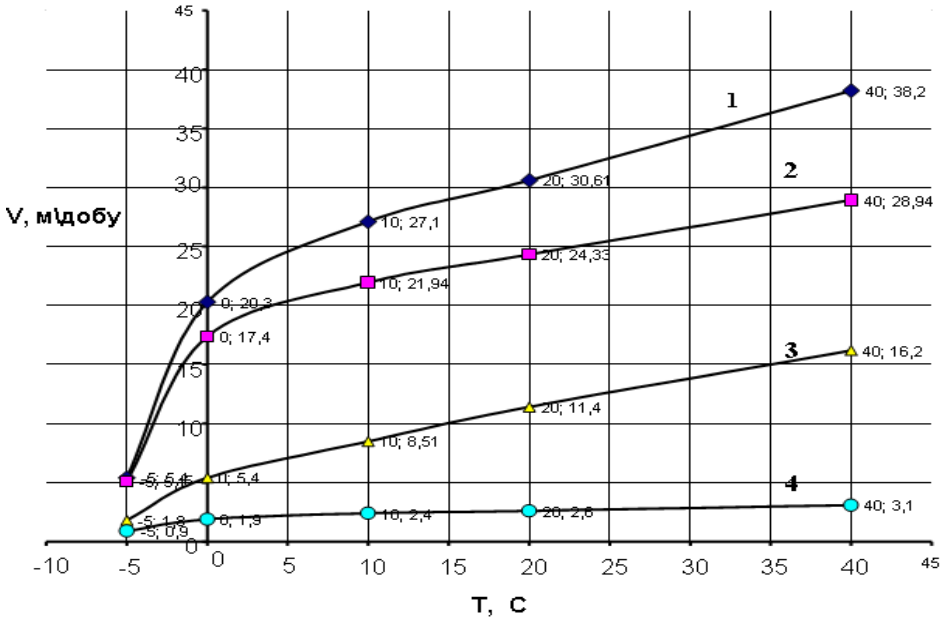


Рис. 3.2. Вплив температури на проникаючу здатність бензину А-95 в різних ґрунтах України при природній вологості.

1 – дресва; 2 – пісок; 3 – супісок; 4 – льосовидний суглинок.

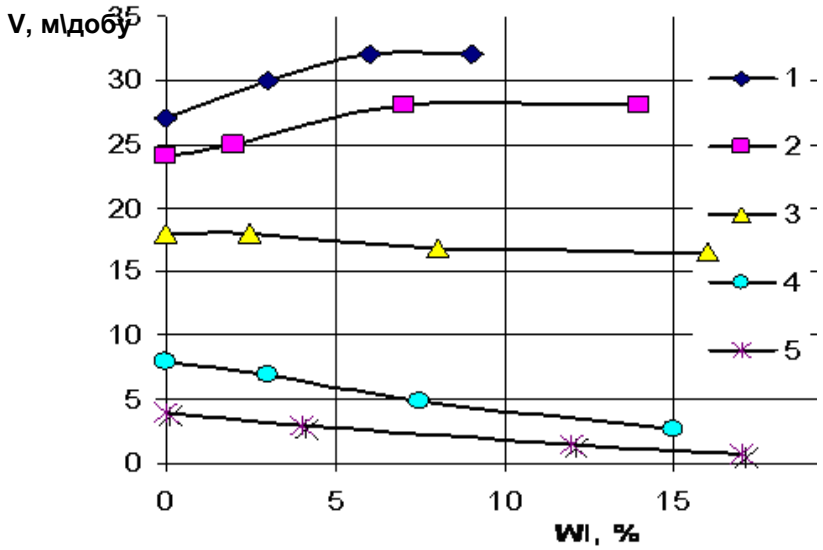


Рис. 3.3. Вплив вологості на проникаючу здатність бензину А-95 в лабораторних умовах:

1 – дресва; 2 – пісок; 3 – супісок; 4 – льосовидний суглинок; 5 – червоно-бурий суглинок.

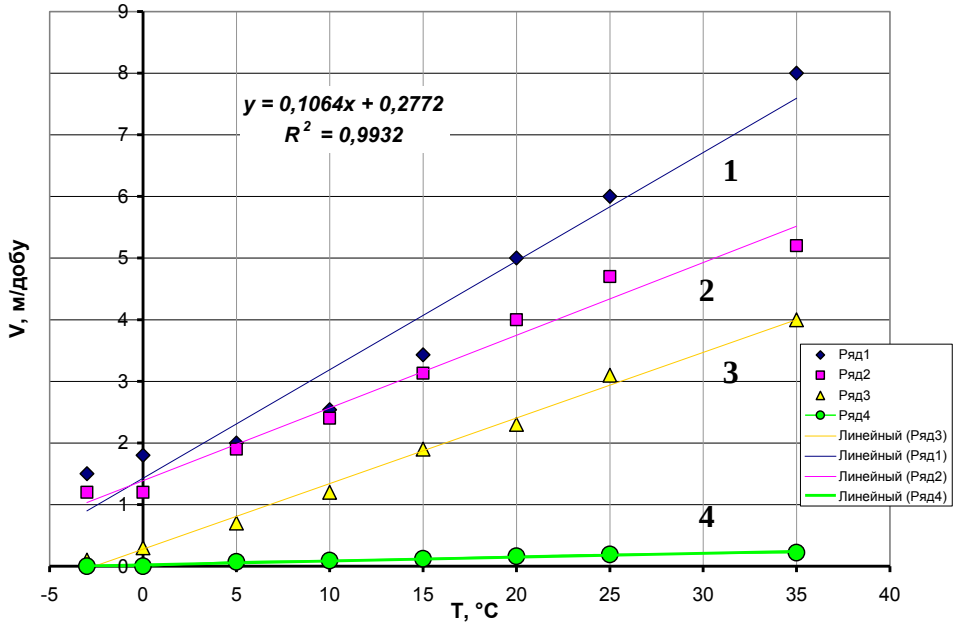


Рис. 3.4. Вплив температури на проникаючу здатність оливи М-14В$_2$ в різних ґрунтах України при природній вологості.

1 – дресва; 2 – пісок; 3 – супісок; 4 – льосовидний суглинок.

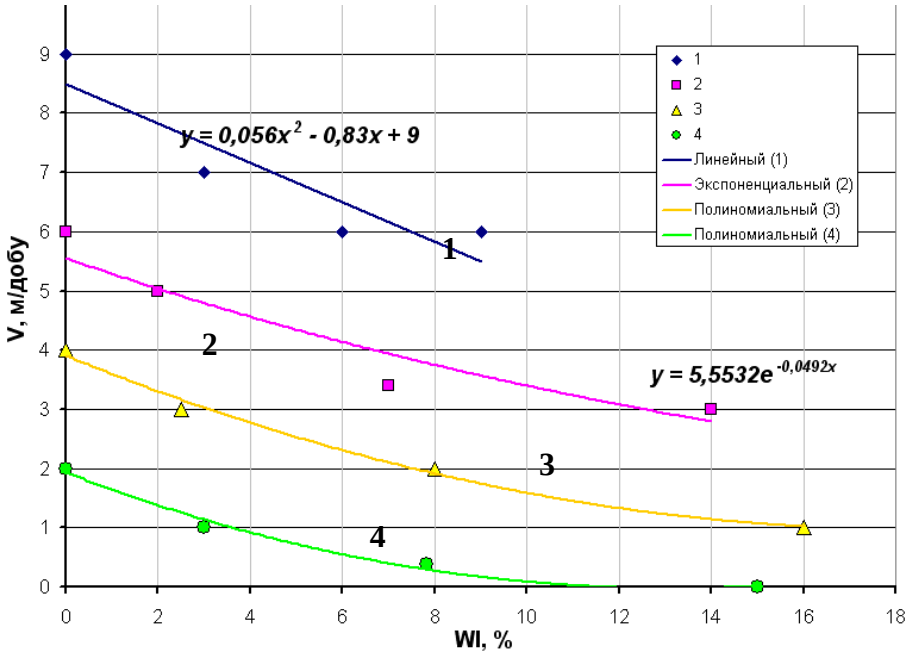


Рис. 3.5. Вплив вологості на проникаючу здатність оливи М-14В$_2$ в різних ґрунтах України при природній вологості.

1 – дресва; 2 – пісок; 3 – супісок; 4 – льосовидний суглинок.

Легкі нафтопродукти є складеними рідинами, які розрізняються за хімічними і фізичними властивостями. Проте вони мають загальні властивості (щільність менше 1 г/см^3, не змішуються з водою і слабо в ній розчиняються), що дозволяє розглядати їх як окрему групу рідин. Рух складових групи в геологічному середовищі підкоряється загальним законам і описується витікаючими з цих законів рівняннями, які відрізняються кількісними значеннями параметрів процесу.

Треба відзначити, що одним із найважчих моментів досліджень - є чітка диференціація та ідентифікація процесу, що протікає у даний час в даній системі. Це пов’язано, як із складністю та багатофакторністю самої системи «ґрунт – вода - нафтопродукт - повітря», так і з складністю самих процесів: адсорбція, абсорбція, капілярна та порова фільтрація, випаровування, конденсація, гравітаційна міграція і т.д.

До загальних недоліків лабораторних досліджень відносяться: порушення структури досліджуваного ґрунту; неможливість надати конкретну характеристику процесу геофільтрації (капілярна чи порова); можливість вивчати виключно процес гравітаційної фільтрації; наявність значної похибки експерименту за рахунок гравітаційного стікання нафтопродукту по стінках пристрою за рахунок різниці в щільності ґрунту порушеної структури.

Нафтопродукти поступають на поверхню землі, під дією гравітаційних сил і переміщаючись крізь ненасичену ґрунтову зону, взаємодіють з нею і випробовують вплив фізико-хімічних процесів (розчинення, випаровування, сорбції і біодеградації), які залежать від фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів і ґрунтів в зоні аерації.

Утримання нафтопродуктів в ґрунті залежить від його щільності, дисперсності і вологості, а також від типу самого нафтопродукту.

У ході проведення натурних досліджень у кожному експерименті відслідковували такі показники процесу, як максимальна глибина фіксації забруднення, час геофільтрації, об'єм вуглеводневої рідини, що просочилася в ґрунтовий профіль і кількість вилученого нафтозабруднення із ґрунту.

За величиною об'єму вуглеводної рідини, що просочилася в ґрунт через її

поверхню в 0,25 $м^2$ і тривалості натурного дослідження (до повної стабілізації процесу) розраховували об'ємну швидкість її просочування. Глибину проникнення нафти та нафтопродуктів у ґрунтовий профіль визначали наприкінці експерименту методом зачищення і виїмки забрудненого ґрунту.

Дослідження були проведені в кліматичних умовах 4 сезонів. Основні труднощі при виконанні експерименту були пов'язані із плануванням показника вологості поверхні ґрунту.

Як видно з результатів натурних досліджень кількість вуглеводневої рідини, що просочилася та вилученого забрудненого ґрунту, швидкість просочування наітопродуктів і глибина їх проникнення в ґрунтовий профіль змінюються в залежності від фізико-хімічних властивостей вуглеводних рідин та наступних характеристик ґрунту: механічний склад та вологість ґрунту.

Проведене узагальнення результатів натурних досліджень та їх аналіз дозволили встановити найбільший вплив ступеню насиченості поверхневого шару ґрунту водою на показники процесу фільтрації (капілярного просочення) вуглеводневих рідин у ґрунтовий профіль.

Результати зіставлення показників процесу просочування для різних ґрунтових профілів вуглеводневих рідин в умовах змінної вологості поверхневого шару ґрунту надали нам можливості більш детального вивчення процесів і варіативного підходу до пояснень результатів.

Вплив вологості поверхневого шару ґрунту на показники процесу просочування вуглеводневих рідин у ґрунтовий профіль найбільше виділяється в експериментах із моторною оливою М-14$В_2$ і мазуту у середньосуглинистий і легкоглинистий ґрунт. Встановлено, що кількість оливи М-14$В_2$, що просочилась за 30 днів в сухий середньосуглинистий ґрунт із природною вологістю W=2,7 % в 17,2 рази більше ніж той самий показник для перезволоженого ґрунту, W=27,1 %. Показники процесу просочування цієї ж оливи в ґрунтовий профіль зі середньосуглинистим ґрунтом при тій же вологості: кількість витягнутого забрудненого оливою ґрунту в 18,8 рази більше, а швидкість просочування в ґрунт через його поверхню в 0,25 $м^2$ в 17,8 разів більше.

Для легкоглинистих ґрунтів відмічаються такі ж самі тенденції.

Визначено, що незалежно від типу ґрунту швидкість просочування найбільша для бензину А-95; при чому при зменшенні вологості ґрунту відмічається зменшення швидкості гравітаційної міграції при збільшенні капілярної міграції – тобто спостерігається збільшення горизонтальної площі нафтозабруднення. При такій самій збільшеній вологості ґрунту спостерігається підвищення швидкості просочування для олив. Динаміка та особливість протікання цього процесу, було відмічено при попередніх дослідах, коли порівнювалась геофільтрація з дизельним паливом марки -Л і бензином А-76. Коли було отримано результати, що не підлягали поясненню з боку загальних фізичних законів було залучено інструменти координаційної хімії, які допомогли дати наукове пояснення неочікуваному процесу.

Проведені експерименти щодо насичення бензином суглинних монолітів з вологістю від 0,93 % до 45,5 % при фіксованій поруватості рівної 0,55, з подальшим його дренуванням при гравітаційному стіканні показали, що максимальне утримання бензину при насиченні (до початку фільтрації) і після дренування (коли припинялося вільне витікання бензину з моноліту) збільшувалося із зменшенням вологості. Максимальне утримання бензину при насиченні було в середньому на 2,3% більше, ніж при дренуванні, унаслідок впливу затисненого повітря.

Гравітаційна міграція нафтопродуктів відбувається, якщо гравітаційні сили перевищують капілярні. Міграція нафтопродуктів припиняється, коли весь флюїд захоплюється капілярними силами у вигляді переривистих включень. Вони створюють залишкову насиченість, яка утворює над лінзою нафтопродуктів, згідно робот [285, 252, 266], плівково-краплинну шапку з нафтопродуктів.

На рис. 3.6. показаний приклад проведення польових випробувань на одному з вибраних полігонів з вираженими супіщаними ґрунтами при активному протіканні схилових процесів.

При цьому спостерігалося закінчення витоку бензину на денну поверхню на відмітці 5,800 м по схилу через 77 годин. При цьому проводилося шурфування по схилу з метою визначення напряму внутрішньоґрунтового

переміщення бензину, глибини забруднення ґрунтових горизонтів і характеру будови ґрунтового профілю на схилі.

За результатами шурфування і аналізу проб вилученого ґрунту ми приходимо до наступного висновку. По ходу переміщення нафтопродукту він, проходячи через лінзи ґрунтових вод скупчувався в цих лінзах утворюючи складні системи «нафтопродукт — повітря — вода» і у міру насичення лінзи продовжував мігрувати у напрямі слона, де спостерігалося підвищення пористості ґрунтових горизонтів гумусово-акумулятивного і елювіального (A_1, A_2). Елювіально-іллювіальний горизонт фактично не піддавався забрудненню.

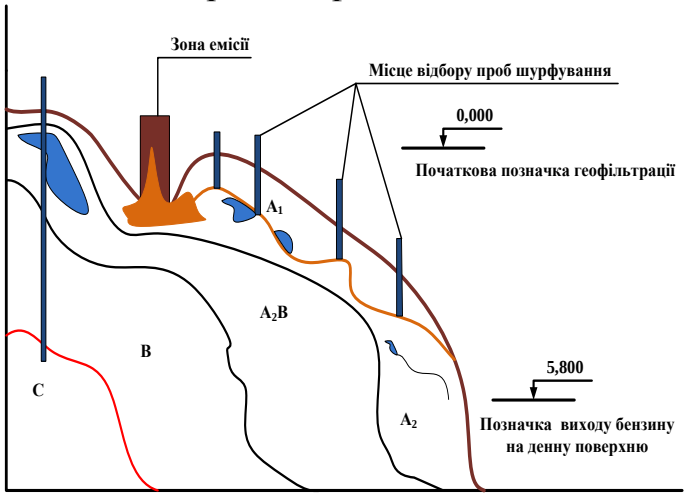


Рис. 3.6. Натурні дослідження. Характер міграції бензину А-95 в супіску при активних процесах схилів.

Приведені результати свідчать на користь значного впливу внутрішньоґрунтових процесів, гідрологічних умов і геологічних особливостей місцевості, на якій відбувся розлив нафтопродукту.

Як показали польові випробування (табл. 3.12), кінетика міграції бензину така: спочатку, практично на всіх типах ґрунтів переважає процес розповсюдження по поверхні, проте з часом починає домінувати процес проникнення в глибину. Виключенням є червоно-бурий суглинок, через який міграція бензину на всіх напрямках незначна.

На розподіл нафти та води в поруватому середовищі ґрунту впливають процеси взаємного капілярного витиснення рідин у зоні контакту системи «нафтопродукт-вода», поверхневі властивості мінералів, що складають

ґрунтовий профіль, поверхневі властивості нафти та води. При цьому під дією сил гравітації, капілярних і сорбційних, за участю флуктуацій рівня води, нафта проникає у вільний об'єм пор, обволікає мікроагрегати, агрегати, проникаючи усередину останніх. У ході фільтрації нафти по ґрунтовому профілю відбувається дифузія її компонентів до зовнішньої й внутрішньої поверхні агрегатів ґрунту, конкурентна адсорбція її активних компонентів частками ґрунту, заповнення простору між агрегатами ґрунту нафтою, збідненої адсорбованими сполуками та просочування її в глиб ґрунтового профілю.

Таблиця 3.12.

Результати визначення часу міграції вільного бензину А-95 через зону аерації (шурфування на полігонах)

Тип ґрунту	Гранична глибина вбирання, м	Результати шурфування			
		Міграція до граничної глибини, діб	Час міграції до заданої глибини з урахуванням вбирання, діб		
			1 м	2 м	3 м
Пісок	2,0 – 4,0	2,7 – 1,0	0,02 – 0,04	0,2 – 1,0	1,0 – 6,3
Супісок	1,5– 2,5	9,0 – 2,3	0,23 – 0,3	16,3 – 9,8	-
Суглинок лесовидний	1,1 – 2,0	20,8 – 1,4	0,9 – 0,6	20,8 – 30	-
Суглинок бурий	0,8 – 1,25	0,8 – 0,03	0,2 – 0,4	-	-

При наявності на поверхні мінеральних часток ґрунту гідрофільно-гідрофобної мозаїчності активні сполуки нафти (смоли, асфальтени, вуглеводні) сорбуються гідрофобними групами на гідрофобних ділянках поверхні, а полярні речовини (вода) сорбуються на гідрофільних ділянках. При віддаленні від поверхні вглиб ґрунтового профілю, у рідкій фазі збільшується кількість аліфатичних вуглеводнів і зменшується кількість адсорбованих речовин, відповідно до їх адсорбційної здатності, таких як смоли та асфальтени, які концентруються в гумусовому шарі поверхні ґрунту При цьому здійснюється процес фізико-хімічного розподілу складних сумішей, при якому компоненти розподіляються між двома фазами – рідкою (рухомою - нафта) і твердою (нерухомою - ґрунт) з утворенням зон адсорбції по глибині ґрунтового профілю.

Таким чином, при переміщенні нафтопродуктів під дією сил гравітації вглиб ґрунтового профілю відбувається їх природний розподіл на складові: асфальтеносмолисту частину та вуглеводні різного фракційного типу, при особистій участі часток мінералів, наділених адсорбційною здатністю. При цьому асфальтеносмолисті компоненти затримуються верхніми шарами ґрунтового профілю. У нижніх шарах ґрунтового профілю зосереджують вуглеводні нафти. Фільтрація нафти крізь порувате середовище шару землі уповільнюються у зв'язку зі зменшенням перетину наскрізних порових каналів з утворенням на їхніх стінках адсорбційних коллоідизованих шарів з поверхнево-активних смолистих речовин нафти, які створюють додатковий опір сталій течії, що призводить до зменшення діаметра капілярів поруватих просторів [235-238, 266].

На рисунку 3.7. наведено приклад проведення польових випробувань з вивчення процесу міграції оливи на одному з вибраних полігонів в умовах, подібних до тих у яких проводились польові випробування з бензинами.

Треба відзначити, що процес міграції оливи в 2,6 разів довший, ніж з бензином, але в цьому випадку раніше спостерігається виток оливи на денну поверхню ґрунтового схилу. Але при цьому, виток оливи на денну поверхню було зафіксовано на позначці 1,23м у порівнянні із позначкою 5,80м, що було зафіксовано для бензину.

На рис. 3.8 наведено схему розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем. Такий характер розподілу нафтових фракцій діє як для кожного типу нафтопродуктів окремо, так і у випадках так званого нафтокомплексного впливу (потрапляння в ґрунт декількох типів нафтопродуктів), що також має місце у практиці. Це пов’язано як з характером молекулярного складу токсиканту, так і з характером складу ґрунтового профілю.

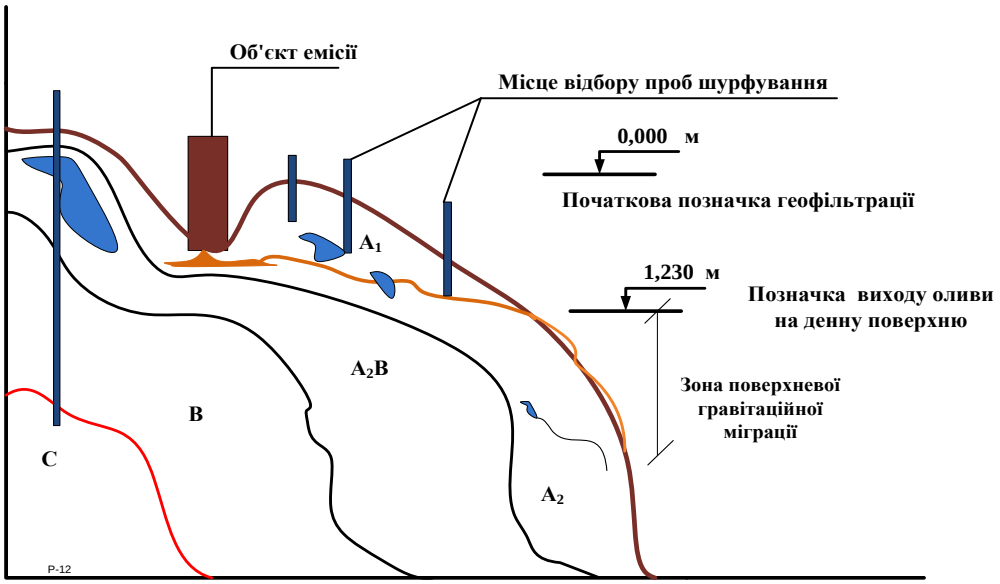


Рис. 3.7. Натурні дослідження. Спостереження за міграцією оливи в супіску при активних процесах схилів.

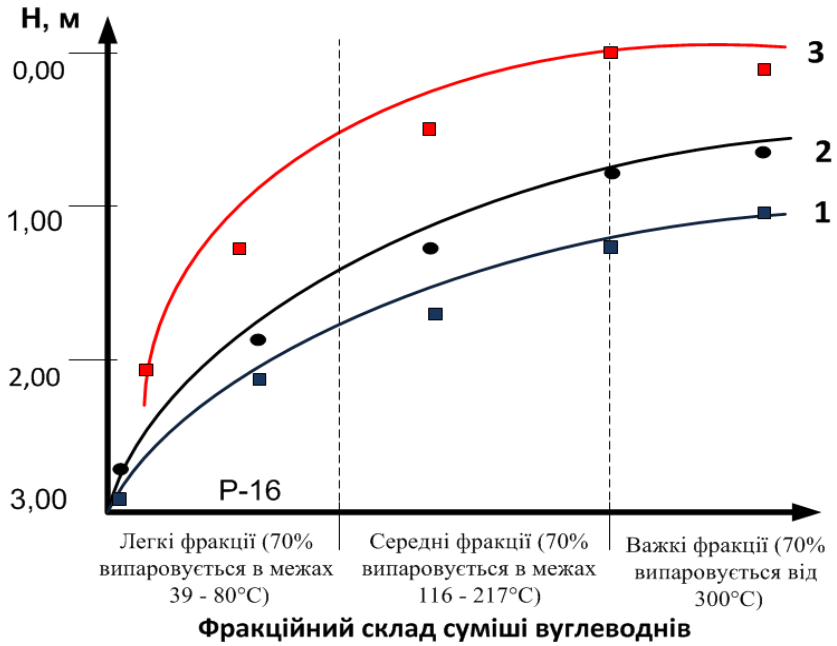


Рис. 3.8. Схематичний розподіл фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем

1 – дресвяний ґрунт; 2 – супісок; 3 – суглинок.

Властивості нафти, такі як її хімічний склад, в'язкість, а також наявність супутніх ґрунтових вод, визначають характер її фракціонування в ґрунтовому профілі. Так, при поверхневому, аварійному розливі нафти на ґрунт вертикальне переміщення її вниз за ґрунтовим профілем створює так званий хроматографічний ефект, що приводить до диференціації нафтових фракцій. У верхньому гумусовому горизонті сорбуються високомолекулярні компоненти нафти, що містять багато смолисто-асфальтенових речовин, а в нижні горизонти проникають в основному низькомолекулярні сполуки, що мають високу розчинність у воді.

Інша диференціація нафтових компонентів в ґрунтовому профілі спостерігається при розливі і розповсюдженні нафтопродуктів в результаті прориву нафтопроводу, що проходить на певній глибині або розгерметизації заглибленого сховища нафтопродуктів. В цьому випадку в нафтозабруднених алювіальних дернових ґрунтах вся високомолекулярна фракція нафти як правило зосереджена на глибині 40-80 см, а низькомолекулярні вуглеводні виявлені тільки у верхньому горизонті ґрунтового профілю.

Такі внутрігрунтові розливи вважаються найбільш небезпечними, оскільки вони не можуть бути виявлені при моніторингу ґрунтів візуально, а тільки при застосуванні спеціальної техніки, наприклад георадарів. Приховане нафтове забруднення можна виявити по непрямих ознаках, наприклад, по зміні рослинного покриву: пожовтінню трави або засиханню дерев і чагарників, що є проявом токсичної дії нафтових вуглеводнів.

В деяких випадках забруднення ґрунтів нафтою і нафтопродуктами може відбуватися як з поверхні, так і в нижніх горизонтах ґрунтового профілю за рахунок підйому в період повені ґрунтових вод, забруднених підземними стоками.

Таким чином, характер накопичення нафтових компонентів і механізми їх міграції в профілі ґрунтів визначаються різними ґрунтовими властивостями, такими як вологість, щільність, пористість, наявність ґрунтово-геохімічних сорбційних бар'єрів, їх потужність і гранулометричний склад, а також

глибиною залягання ґрунтових вод. Рівні нафтового забруднення ґрунтів також залежать від характеру його надходження в ґрунтовий профіль (тривалий час, одноразово або епізодично), інтенсивності і часу його знаходження в ґрунтах.

Протікання процесів внутріґрунтової деградації нафти має деякі загальні закономірності, хоча і розрізняється в різних ґрунтово-кліматичних умовах.

В таблиці 3.13 наведено результати аналізу фракційного складу нафтопродуктів, що вилучені з різних глибин ґрунтового профілю: проба №1 - відібрано на глибині 0,10м.; проба №2 - відібрано на глибині 3,80м.; проба №3 - відібрано на глибині 6,00м.

Таблиця 3.13

Результати аналізу фракційного складу нафтопродуктів, що вилучені з різних глибин ґрунтового профілю.

Найменування показників	Результати аналізу		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3
1. Густина за температури 20°С, кг/м^3	956	785	682
2. Фракційний склад, °С			
П.к.	95	62	39
10%	112	72	46
20%	165	83	50
30%	190	95	54
40%	217	108	59
50%	258	123	64
60%	295	135	71
70%	322	148	81
80%	339	167	95
90%	360	178	116
К.к.	386	198	144
Остаток + втрати, мл	3,0	3,5	4,0
Остаток, мл	9,4	1,1	0,6

При цьому кількість вилученого забрудненого ґрунту у тих же самих умовах зростає у напрямку: бензин → дизельне паливо → олива.

Зіставлення кінетичних кривих міграції бензину через ґрунти непорушеної структури надає нам наступних висновків, що на відміну від інших нафтопродуктів швидкості проникнення яких для льосовидного суглинку,

супіску і піску істотно відрізняються, бензин проникає через ці ґрунти з практично однаковою швидкістю. Можливо, це пов'язано з тим, що розміри міжчасткових пор і каналів в ґрунтах з непорушеною структурою зближуються і визначальним чинником стає в'язкість рідкої фази системи.

В цілому швидкість міграції незалежно від типу ґрунту збільшується в ряду: червоно-бурий суглинок → лесовидний суглинок → супісок → пісок → дресва.

Порівняння результатів лабораторних і польових випробувань дозволило сформулювати наступні висновки:

1. На ґрунтах непорушеної структури процеси геофільтрації протікають значно швидше, ніж при лабораторних експериментах, що поза сумнівом пов'язане з порушенням структури ґрунтів при дослідженнях на лабораторному устаткуванні;
2. Нафтопродукти утримуються в ненасичених ґрунтових монолітах за допомогою капілярно-плівкових сил;
3. На сухих ґрунтах, в значній мірі, спостерігаються процеси вбирання і сорбції нафтопродуктів, особливо на гумусово-акумулятивних і елювіальних горизонтах, що вимагає додаткових циклів біохімічних досліджень;
4. Гравітаційна міграція нафтопродуктів спостерігається, коли гравітаційні сили перевищують капілярні, що фіксувалося нами на всіх типах досліджених ґрунтів на іллювіальних горизонтах і материнських породах;
5. Після припинення міграції нафтопродуктів, коли весь флюїд захоплений капілярними силами утворюються запечатані лінзи нафтопродукту, створюючи залишкову насиченість;
6. Завдяки проведеним дослідженням можемо сформулювати критерії оцінки забруднення нафтопродуктами поверхневої органічної складової ґрунту: умовно чисті – до 300 мг/кг; незначне – 300 – 6000 мг/кг; середнє – 6000 – 12000 мг/кг; значне – 12000 – 25000 мг/кг; дуже значне - більше 25000 мг/кг;

Отже, для чорноземних ґрунтів концентрація 3000 мг/кг може бути прийнятою за допустимий рівень, при цьому, за літературними даними ґрунти з

концентрацією менше 10000 не потребують санації, що безперечно потребує перегляду.

7. На базі аналізу отриманих результатів, а також опублікованих закордонних та вітчизняних даних робимо висновок, що потенційна спроможність нафтозабрудненної поверхневої органічної складової ґрунту до самовідновлення в різних природних зонах неоднакова: чим менша ступінь деградації ґрунту, тим вище його спроможність до самовідновлення. Сформулюємо критерії оцінки ступеню потенційної спроможності до самовідновлення (швидкості самовідновлення) для чорноземів, забруднених дизельним паливом марки Л з концентрацією 8000 мг/кг: висока – до 3 років; середня – до 10 років; низька – більше 10 років.

Однією з основних причин неповного вилучення нафтопродуктів є дія капілярних сил на контакті «нафтопродукт - витіснююча рідина». У гідрофобній породі капілярні сили перешкоджають просуванню меніска, тому контакт «нафтопродукт - вода» більш рухливий в порах великого діаметру, при цьому нафтопродукти затискаються в порах малого діаметру. У гідрофільній породі спостерігається зворотне явище: за рахунок капілярних сил контакт «нафтопродукт - вода» з більшою швидкістю переміщується в порах малого діаметру, а нафтопродукти затискаються в крупних порах.

Взагалі, накопичення рідких вуглеводнів може спостерігатися як у верхній, органогенній частині ґрунтового профілю, так і в середній або навіть в нижній його частині, що відбувається із-за зміни властивостей підстилаючих субстратів. Наприклад, вторинний (відбувається через деякий час в профілі грунту) перерозподіл нафтових компонентів спостерігається над щільнішими шарами торфів, над шаром водотривкого горизонту, над мінеральними горизонтами важкого гранулометричного складу, особливо глеєвими. Вільному проникненню рідких нафтових вуглеводнів в глиб ґрунтового профілю перешкоджають ґрунтові бар'єри-екрани (субстрати важкого гранулометричного складу, глеєві обводнені шари, а також шар ґрунтової води). Вони переводять потік контамінату у латеральний стік відповідно до ухилу поверхні, тим самим, сприяючи значному розширенню первинної площі

забруднення. Тривалі або великі за об'ємом скидання нафтовміщуючих стічних вод на ґрунтовий покрив можуть призвести до поступового збільшення вмісту нафтових компонентів в ґрунтовому профілі і проникнення їх по каналах міграції (тріщини, прошарки піщаних субстратів) і під дією капілярно-сорбційних сил в горизонти, що пролягають нижче.

Отримані результати нададуть можливості оцінки процесів, що відбуваються при розповсюджені нафтопродуктів в ґрунтах і обгрунтування підходу до вибору технологій очищення різних профілів забруднених ґрунтів нафтопродуктами.

3.3. Теоретичні та експериментальні дослідження нафтозабруднення гідросфери

Поведінка нафтопродуктів у водному середовищі у нашому випадку також безперечно повинна бути оціненою, оскільки під час масштабних аварійних емісій можуть бути задіяні підземні водовмісні шари ґрунтового профілю, міграція по яких призведе до забруднення всього водовмісного горизонту. Крім цього, аналіз маршрутів транспортування нафтопродуктів свідчить про те, що кількість водних об’єктів, які перетинаються залізничними шляхами досить значна, а деякі маршрути розташовані вздовж Каховського водосховища, а також Чорного та Азовського морів. Таким чином виникнення аварійної емісії може призвести до катастрофічних екологічних наслідків для водних об’єктів і значних економічних збитків для залізниці.

В сучасних літературних джерелах є багато інформації про дослідження забруднення нафтопродуктами поверхневих та підземних водних об’єктів [266, 270, 274-278]. Аналізуючи велику кількість дослідницьких та статистичних даних добігаємо висновку, що залізничний транспорт відноситься до незначних забруднювачів вод нафтопродуктами. Автором було проведено спектр досліджень, які в більшості підтверджували статистичні дані про стан водних джерел, але в процесі досліджень було виявлено деякі складності в отриманні об’єктивних результатів за причини втрат нафтопродуктів в процесі їх

виділення з проб. Аналіз проводили паралельно за стандартною методикою та за допомогою оптичного-екстракційного приладу «Мікран».

Таким чином, наведемо результати, отримані при лабораторних дослідженнях (табл. 3.14).

Таблиця 3.14.

Результати втрат нафтопродуктів в процесі виділення з водних проб

Нафтопродукт	Концентрація нафтопродукту, мг/л		Втрати, %	Ступінь вилучення, %	Допустиме відхилення за стандартом
	введено	визначено			
Олива М-14$В_2$	1	0,91	9,4	90,6	0,022
	10	9,62	3,8	96,2	0,010
	50	48,75	2,5	97,5	0,010
Дизельне паливо Л	1	0,51	49,2	50,8	0,059
	10	5,07	49,3	50,7	0,079
	50	27,50	44,7	55,3	0,090
Бензин А-95	1	0,10	89,7	10,3	0,195
	10	2,19	78,1	21,9	0,091
	50	16,00	68,0	32,0	0,063

Аналізуючи отримані дані спостерігаємо закономірність: чим важче фракції нафтопродукту та його концентрація, тим менші втрати – тим вище об’єктивність аналізу.

У випадку виникнення аварійної ситуації з забрудненням гідросфери результати аналізу проб води порівнюють із фоновими концентраціями. Чим менш продуктивні заходи з запобігання та очищення, тим більшими будуть показники еколого-економічних збитків для залізниці.

З ціллю об’єктивної оцінки впливу аварійної емісії нафтопродуктів на водний об’єкт необхідно визначити сучасні фонові концентрації нафтопродуктів, для цього проаналізовано проби водних об’єктів Придніпровського регіону.

Для встановлення рівня забруднення нафтопродуктами основної водної артерії Степового Придніпров'я – р. Дніпро в межах Запорізького водосховища було проаналізовано проби води і донних відкладень в районах типових біотопів на верхній, середній та нижній ділянках водосховища, умовно чистих від забруднення ділянках та окремо, в місцях, що підпадають під вплив

забруднених нафтопродуктами стічних вод. (Контрольні створи наведено у Додатку Д, рис. Д.1).

Всі вуглеводні характеризуються малою розчинністю у воді – від 0,01 мг/л для сполук з C_{12} до 1,0-10,0 для сполук з C_8 та C_6. З підвищенням температури води розчинність вуглеводів зростає, з пониженням – зменшується. Тобто концентрація, розподіл та розповсюдження нафтопродуктів у водному середовищі при постійному обсязі їх надходження до водного об'єкту має певні закономірності варіацій за сезонами року. В зимовий період 40-50% розчинних форм вуглеводнів може переходити до льоду [222].

Результати аналізу проб з районів скиду стічних вод складають від 0,2 до 1,37 мг/л; з районів розташованих на значній відстані від місць випуску стічних вод – 0,05-0,24 мг/л. Результати натурних досліджень вмісту нафтопродуктів у воді та донних відкладенях Дніпродзержинського та Запорізького водосховищ за сезонами наведені у Додатку Д.

Аналіз отриманих даних свідчить, що вміст нафтопродуктів у воді тих чи інших ділянок водосховища залежить в першу чергу від розташування на них джерел забруднень, скидів неочищених промислових стічних вод та недостатньо очищених побутових. Максимальні концентрації – до 1,2 мг/л нафтопродуктів зареєстровано на верхній та середній ділянках водосховища в районах скиду промислових стічних вод м. Дніпродзержинська (р. Коноплянка): н.п. Таромське – 1,1 мг/л; м. Дніпропетровськ – скид заводу ім. Петровського – 1,2 мг/л; гирло р. Мокра Сура – 0,6 мг/л. Таким чином, обсяг надходження нафтопродуктів з цих джерел складає приблизно 300 т на рік. Поряд з надходженням нафтопродуктів з промисловими стічними водами значний внесок забруднення надає відлиговий та зливовий стік з урбанізованих територій. Концентрації нафтопродуктів під час надходження відлигових та дощових стічних вод у води водосховища в межах міста коливаються від 0,37 до 1,27 мг/л.

Таким чином, з точки зору надходження нафтопродуктів до водної екосистеми Запорізького водосховища під найбільше забруднення підпадають її

верхня і частково середня ділянки. Середньорічні коливання вмісту нафтопродуктів у воді цих ділянок складають 0,22-0,39 мг/л – для верхньої, та 0,12-0,27 мг/л для середньої.

Концентрації нафтопродуктів у воді нижньої ділянки водосховища, де практично відсутні скиди нафтопродуктів коливались в межах 0,08-0,22 мг/л. В цілому, для обстежених районів на ділянках водосховища характерне послідовне зниження концентрації вуглеводнів нафти у воді по мірі наближення до греблі Запорізького ГЕС, що вказує на протікання процесів самоочищення. Забруднення водних мас водосховища вуглеводнями нафти на досліджених ділянках має свої особливості. Концентрації нафтопродуктів у воді по правому берегу в більшості випадків перевищують концентрації, що реєструються по лівому берегу. Різниця складає понад 10-50%. Тобто, в межах одного створу можуть знаходитись як забруднені, так і відносно мало забруднені нафтопродуктами біотопи (табл. Д.1 -4, Додаток Д).

Неоднорідність забруднення особливо проявляється на період весняної повені. Так, якщо в умовах верхньої ділянки середня концентрація вуглеводнів нафти для правого берегу складала 0,42 мг/л, то для лівого – 0,25 мг/л; співвідносно середньої правого берегу – 0,34 мг/л, лівого – 0,2 мг/л; нижньої ділянки правого берегу – 0,15 мг/л, лівого – 0,12 мг/л. Влітку різниця в розподілі нафтопродуктів в межах акваторії створу не перебільшує 10-20%. В сезонному аспекті для всіх ділянок водосховища характерним є збільшення концентрації вуглеводнів нафти на період літньої межені. Для верхньої ділянки рівень коливань концентрацій нафтопродуктів у воді складав – 0,32-0,53 мг/л; середньої – 0,24-0,32 мг/л; нижньої – 0,18-0,24 мг/л. Літнє підвищення концентрацій нафтопродуктів може бути обґрунтовано зменшенням обсягу надходження води до водосховища при постійному обсязі забруднених скидів стічних вод. Питання про біогенну складову, що безсумнівно дає свій внесок в загальну картину забруднення, поки ще залишається відкритим.

Поряд з встановленням концентрації вуглеводнів у воді досліджено їх вміст у донних відкладах, які представлені на верхній ділянці чистими та мало

замуленими пісками; середній ділянці водосховища – пісками різного ступеню замуленості; нижній ділянці – чорними мулами. Аналіз вмісту нафтопродуктів у донних ґрунтах та донних відкладах Запорізького водосховища дозволив виявити деякі закономірності. Максимальні концентрації вуглеводнів нафти спостерігаються у донних відкладинах відносно локалізованих зон надходження забруднених нафтопродуктами стічних вод: р. Коноплянка – 324мг/100г, скиди заводу ім. Петровського – 270мг/100г, р. Мокра Сура – 128-280мг/100г мулу (Додаток Д).

Вміст нафтопродуктів у донних відкладах підвищується з ростом ступеню їх замуленості. У чорних мулах, що знаходяться в зонах акумуляції вміст нафтопродуктів складав до 90мг/100г. В загальному випадку по водосховищу простежується монотонне зростання концентрацій нафтопродуктів у донних мулах від верхньої ділянки до нижньої.

На верхній ділянці, де донні ґрунти складають чисті незамулені піски, концентрація в них вуглеводнів не перевищувала 5мг/100г і дорівнювала в районі нижнього б'єфу Дніпродзержинської ГЕС 1,5-4,8мг/100г вище м. Дніпропетровська – 4,5 – 5,0мг/100 г.

На середній ділянці водосховища в чистих пісках концентрація нафто-продуктів дорівнювала 5,0 – 6,8мг/100г: мало замулених – 10-15мг/100г. У чорних мулах нижньої ділянки водосховища вміст вуглеводнів нафти коливався в межах 40-50мг/100г мулу, рівномірно підвищуючись по мірі наближення до греблі Запорізької ГЕС. Значних змін в концентраціях нафтопродуктів в донних відкладах водосховища по сезонах року не простежується. Це вказує на стійкий рівень та характер забруднення, відсутність умов, що сприяють деструкції нафтопродуктів у донних відкладах, дію факторів, що тим чи іншим чином гальмують біохімічні процеси самоочищення донних ґрунтів від вуглеводнів нафти.

Дослідження рівнів забруднення придаткових систем (малих річок) р. Дніпро в межах Дніпропетровської області показали, що вміст нафтопродуктів у воді малих річок в більшості випадків перевищує природні фонові

концентрації. Завищені концентрації вуглеводнів нафти 0,3 - 2,7 мг/л постійно реєструвались в основному притоці – р. Самарі.

Стійке забруднення нафтопродуктами простежується в нижній частині р. Вовча – приток р. Самари. Аналогічні рівні забруднення зареєстровано у річці Мокра Сура – 0,8 - 1,5мг/л. Менш забруднені нафтопродуктами малі річки: р. Оріль, р. Інгулець, р. Саксагань, р. Жовта, що визначається відсутністю техногенного впливу.

Так, у воді р. Оріль в межах с. Царичанка концентрація вуглеводнів нафти не перевищувала 0,05 мг/л.

В загальному випадку слід враховувати, що малі річки Степового Придніпров'я характеризуються незначною здатністю до самоочищення від нафтопродуктів і надходження їх до водних екосистем, що приводить до стійкого забруднення в просторі і часі, негативним чином впливає на всі угрупування гідробіонтів малих річок на всіх трофічних рівнях.

Нафтопродукти належать до комплексу факторів хімічного забруднення водних екосистем Придніпровського регіону речовинами токсичної дії [49].

Клас токсичності – другий, показник відносної екологічної небезпеки дорівнює -20,0 [206-207].

Нафтопродукти, тим чи іншим чином, впливають практично на всі угрупування гідробіонтів. В основі універсального механізму токсичної дії вуглеводів нафти лежить їх спроможність до розчинення ліпідних та ліпопротеїдних ділянок клітин організмів, порушення котрих веде до значних відхилень біохімічних та фізіологічних процесів, загибелі організмів [1, 104].

Аналіз літератури з приводу питань забруднення різних водних об'єктів та потенційного впливу нафтопродуктів на водні екосистеми дозволяє зробити деякі узагальнені висновки. У цілому, рівень забруднення водойм до водотоків залежить від обсягу скидів та водного об'єкту нафтовміщуючих стічних вод, напруженості процесів самоочищення, що в свою чергу, формуються в співвідношенні з гідрологічними, гідроморфометричними, гідробіологічними (трофічними) особливостями водного об'єкту та його окремих ділянок - біотопів. Найбільш небезпечними з екологічної точки зору являються

поверхневі стічні води , що надходять до водного об’єкту з урбанізованих територій в районах промислових агломерацій. Концентрація нафтопродуктів у відлигових та зливових стічних водах сягає понад 25 мг/л, а їх надходження має залповий, потужний характер.

Біодеструкційні методи очистки гідросфери, пов'язані із застосуванням нафтоокислюючих мікроорганізмів, в даний час набули широкого поширення, оскільки вони призначені для руйнування саме тонкої нафтової плівки, економічно ефективніші, за останні десять років тільки в країнах СНД розроблено більше двох десятків біопрепаратів[1-4, 64, 175].

Завдяки дії нафтоокиснюючих мікроорганізмів нафтопродукти трансформуються до простих сполук і подальше включення її в круговорот вуглецю у водоймищах. Одним з рішень важливої і актуальної екологічної задачі є встановлення основних закономірностей динаміки нафтового забруднення у водних об'єктах з урахуванням конвективного перенесення, дифузії і біологічної деструкції з використанням математичного моделювання цих процесів.

Моделювання процесів забруднення нафтопродуктами та біоочистки поверхневих водних об’єктів.

Сьогодні об’єктивне управління екологічними ризиками потребує наявності математичного апарату для моделювання можливих масштабів емісії і швидкості процесів нафтодеструкції у кожному конкретному випадку.

В даний час є велика кількість математичних моделей динаміки нафтового забруднення водних об’єктів. Проте, моделі динаміки нафтового забруднення у водоймі з одночасним обліком конвективного перенесення, дифузії і біологічної деструкції відсутні, крім того, більшість існуючих моделей невраховують деякі важливі фактори, так, наприклад, в наявних моделях не враховується фракційність складу нафти, різні види бактерійного населення та час початку обробки.

Таким чином, необхідним було завдання розробки і адаптації математичних моделей динаміки нафтового забруднення у водоймі з

одночасним обліком конвективного перенесення, дифузії і біологічної деструкції, фракційності складу нафти, при цьому, для спрощення користування моделями було необхідним вивчити всі фактори, що впливають на процес з метою вилучення факторів з незначною дією.

В літературі[] запропоновано дворівнева ієрархічна система математичних моделей біологічної деструкції нафтового забруднення у вигляді краєвих завдань для систем квазілінійних рівнянь параболічного типу.

При цьому використання базової моделі можливе лише для грубої оцінки процесу біологічної деструкції нафтового забруднення;

Узагальнення базової математичної моделі за рахунок обліку просторової неоднорідності розвитку популяцій, так звана «базова математична модель з урахуванням таксису», вона може бути застосованою в тих випадках, коли враховують характер деструкції і те, що поверхня нафтового забруднення не може бути оброблена рівномірно біопрепаратом, наприклад із-за свого розміру. Математична модель з урахуванням таксису дозволяє досліджувати просторову неоднорідність розвитку популяції нафтоокислюючих мікроорганізмів і оцінити її вплив на біологічну деструкцію нафтового забруднення, проте це завдання ставитися насамперед перед підрозділами, що займаються ліквідаційними заходами (підрозділи МНС). У нашому випадку ставиться завдання оцінки можливих екологічних наслідків аварійної емісії та оцінки можливих економічних збитків для залізниці з метою їх мінімізації.

З проведеного аналізу виходить, що наявність системи ієрархічних моделей дозволяє з'ясувати роль різних чинників в процесі біологічної деструкції нафтового забрудненні і задовольнити деякі наукові завдання, проте, її дослідження є достатньо складним, а застосування на практиці проблематичним. Таким чином, найбільш доцільною стає математична модель, яка здатна описати всі три сценарії протікання процесу міграції нафтопродукту у водному середовищі: 1) конвективне перенесення; 2) дифузія; 3) біологічна деструкція. Зазвичай, в практиці, при вивченні процесів розповсюдження нафти у водних об'єктах не враховують її фракційну складову - розглядають тільки

нафту, згідно статистики вона є найбільш масштабним забруднювачем водних об'єктів. Проте, в нашому випадку ми не можемо нехтувати цим чинником, оскільки статистика вантажоперевезень підтверджує широту спектру нафтопродуктів, що транспортуються, залізничними магістралями.

Опишемо загальну математичну модель динаміки нафтового забруднення у водному об'єкті з урахуванням конвективного перенесення, дифузії, біологічної деструкції, фракційного складу нафтопродукту і бактерійного населення, і промоделюємо декілька сценаріїв тих, що дають трансформацію запропонованої моделі.

Система рівнянь, що описує загальну модель, має вигляд:

$$\frac{\partial C_i}{\partial t}+u\frac{\partial C_i}{\partial x}+v\frac{\partial C_i}{\partial y}-K_{ix}\frac{\partial^2 C_i}{\partial x^2}-K_{iy}\frac{\partial^2 C_i}{\partial y^2}+\sum_{j=1}^{Q} l_{ij}\frac{\lambda_{ij}(T(t))C_i}{C_i+K_{js}(T(t))}M_j=0,\to i=1,...,Q \qquad (3.1)$$

$$\frac{\partial M_j}{\partial t}+u\frac{\partial M_j}{\partial x}+v\frac{\partial M_j}{\partial y}-\tilde{K}_{jx}\frac{\partial^2 M_j}{\partial x^2}-\tilde{K}_{jy}\frac{\partial^2 M_j}{\partial y^2}-\left(\sum_{i=1}^{N}\delta_{1i}\frac{\partial C_i}{\partial x}\right)\frac{\partial M_j}{\partial x}-\left(\sum_{i=1}^{N}\delta_{2i}\frac{\partial C_j}{\partial y}\right)\frac{\partial M_j}{\partial y}-$$
$$-\sum_{i=1}^{N}\frac{\lambda_{ij}(T(t))C_i}{C_i+K_{js}(T(t))}M_j+\omega_j(T(t))M_j=0,\quad j=1,...,N \qquad (3.2)$$

де Q – кількість фракцій нафти, N – кількість видів нафтоокислюючих мікроорганізмів, C_i - концентрація i-ої фракції нафти, M_j - концентрація j-того виду нафтоокислюючих мікроорганізмів, $\omega_j(T)$ - швидкості природного відмирання j-того виду нафтоокислюючих мікроорганізмів; $\lambda_{ij}(T)(t)$ - максимальна швидкість росту j-того виду нафтоокислюючих мікроорганізмів при деструкції i-тої фракції; $K_{js}(T(t))$ - коефіцієнт насичення j-того виду мікроорганізмів, що мають ту ж розмірність, що і субстрат.

У рівнянні (3.8) u, v - компоненти вектора швидкості течії, що задовольняють рівнянню нерозривності; $K_{ix}, K_{iy}\ K_{jx}, K_{jy}$.

Роль доданків $-\delta_{i1}\frac{\partial C_i}{\partial x}\frac{\partial M_j}{\partial x}-\delta_{i2}\frac{\partial C_i}{\partial y}\frac{\partial M_j}{\partial y}$ що моделюють просторову неоднорідність розвитку популяцій j-ой популяції нефтеокиснюючих мікроорганізмів із-за просторової неоднорідності розподілу їжі i -го вигляду, можна пояснити таким чином, - у відсутності інших механізмів зміни, кількість

мікроорганізмів збільшується максимально при русі у напрямі збільшення їжі, тобто уздовж градієнта C_i і при цьому швидкість їх збільшення пропорційно їх кількості, отже, кількість мікроорганізмів збільшується максимально і при русі у напрямі градієнта M_j таким чином: $\frac{\partial M_j}{\partial t} \sim \left(grad\, C_i,\, grad\, M_j\right)$.

Доданки $-\sum_{i=1}^{N} \frac{\lambda_{ij}(T(t))C_i + \lambda_{ij+1}(T(t))C_{i+1}}{C_i + C_{i+1} + K_{js}(T(t))} M_j + \omega_j(T(t))M_j$ і $+\sum_{j=1}^{Q} l_{ij} \frac{\lambda_{ij}(T(t))C_i + \lambda_{ij+1}(T(t))C_{i+1}}{C_i + C_{i+1} + K_{js}(T(t))} M_j$

описують біологічну деструкцію нафти і зміну бактерійного населення на основі принципу Лібіха і формули Моно.

Розглянемо початкові і граничні умови для системи рівнянь (3.1) і (3.2).

Залежно від способів використання методів біологічної деструкції, граничні умови можуть ставитися по-різному. Розглянемо деякі з цих випадків.

а). Відбувся витік нафтопродукту з цистерни, розташованої на мосту через річку. Пляма знаходиться достатньо далеко від берега, так що впливом берега можна нехтувати, наприклад, використовуючи біологічні препарати, вдасться ліквідовувати нафтове забруднення до того, як воно наблизиться до берега. В цьому випадку для рівнянь (3.1) –(3.2) ставляться тільки початкові умови:

$$U \subset E^2,\, D \subset U, \quad C_i\big|_{t=0} = \begin{cases} C_{i0}(x,y), (x,y) \in D \\ 0, (x,y) \in U \setminus D \end{cases}$$
$$M_i\big|_{t=0} = \begin{cases} M_{i0}(x,y), (x,y) \in D \\ 0, (x,y) \in U \setminus D \end{cases} \qquad (3.3)$$

і ми отримуємо завдання Коші для рівнянь (3.1) –(3.2).

В умові (3.3) передбачається, що $U \subset E^2$ - деяка задана прямокутна область D - область нафтової плями, змінна з часом (межа області визначається умовою $\sum_{i=1}^{N} C_i\big|_{(x,y)\in U} = C_{ПДК}, t \geq 0$). Вважатимемо, що в початковий момент часу $t = 0$ розподіл концентрації нафтового забруднення і нафтоокиснюючих мікроорганізмів в області плями відомі і задаються функціями $C_{i0}(x,y)$ *и* $M_{i0}(x,y)$.

б). Якщо пляма утримується боновими загородами, причому витоками нафти за межами бонових загород можна нехтувати, то додатково до початкових умов додаються наступні граничні умови:

$$C_i\Big|_{(x,y)\in\partial U}=0,\ \ M_i\Big|_{(x,y)\in\partial U}=0, \tag{3.4}$$

де ∂U – зовнішня межа бонових загорож.

в). Якщо відбулася емісія у береговій зоні і нафтопродукт поступив у водний об’єкт поверхневим стоком або пляма розташована достатньо близько до берега і можливий викид на берег, то постановка граничних умов пов'язаних з берегом залежить від фізико-хімічних властивостей нафти і морфологічної структури побережжя в цьому випадку відбувається часткове або повне прилипання нафти і відповідні граничні умови можна задати, наприклад, таким чином:

$$\frac{\partial C_i}{\partial \overline{n}} = pC_i\,, \tag{3.5}$$

Функції $C_{i0}(x,y)\ и\ M_{i0}(x,y)$ дозволяють врахувати різні способи внесення біопрепаратів.

Виведення спрощених моделей із загальної моделі.

Базова модель (спрощена) формально виходить із загальної моделі при виконанні умов:

$$n=m=1, \tag{3.6}$$

$$\delta_{i1}=\delta_{i2}=0\,, \tag{3.7}$$

Задля оцінки спроможності запропонованої математичної моделі до опису різних умов протікання процесу проведено її чисельний аналіз, за яким було розглянуто декілька приватних випадків: рівномірне та нерівномірне внесення бакпрепарату; різний характер розповсюдження нафтової плями; місце розташування плями (вплив зони узбережжя).

Надалі було проведено цикл лабораторних експериментів з дослідження поведінки обраних нафтопродуктів у воді.

При цьому виконувалась оцінка адекватності запропонованих математичних моделей шляхом порівняння із лабораторними дослідженнями (рис. 3.9). На графіку показано порівняння кінетики зміни концентрації

нафтопродукту в центрі нафтової плями, отримані на основі моделювання процесу міграції та натурних досліджень.

З рис. 3.9. витікає, що концентрація нафти монотонно зменшується, в той час, як згідно літературних даних [121, 122] концентрація нафтоокислюючих мікроорганізмів спочатку зростає приблизно по лінійному закону, потім по експоненціальному законам, досягає максимуму, потім зменшується. Така зміна концентрації нафтоокислюючих мікроорганізмів, очевидно пояснюється тим, що спочатку для нафтофільної мікрофлори є надмірна кількість їжі (нафтопродукту), яка потім убуває, так що вони відчувають нестачу їжі і починають вимирати. У разі обліку фракції нафтопродукту процес біологічної деструкції відбувається швидше за останніх рівних умов, а саме концентрація нафтопродукту швидше убуває, а концентрація нафтоокислюючих мікроорганізмів швидше зростає, що описано моделлю.

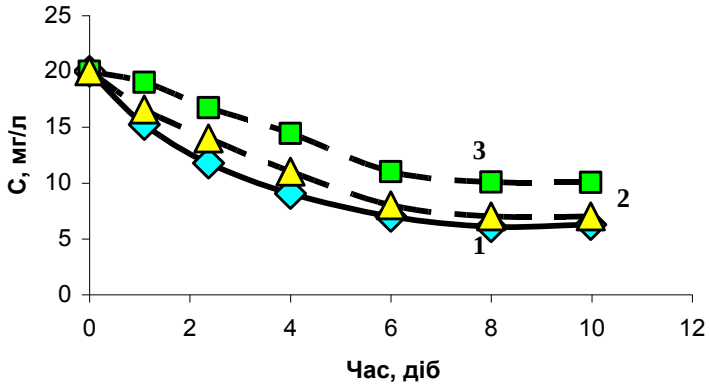


Рис. 3.9. Оцінка адекватності рівнянь. Порівняння кінетики зміни концентрації нафтопродукту в центрі нафтової плями:

1 – графік зміни концентрації нафти в області плями, отриманий на основі запропонованих моделей з урахуванням фракції нафтопродуктів; 2 – результати лабораторних визначень зміни концентрації нафтопродукту; 3 - графік з використанням моделей без урахування фракції нафтопродукту

Таким чином, на підставі отриманих результатів, можна зробити висновок, що проведена верифікація математичних моделей (за допомогою якісного порівняння з результатами інших авторів і експериментальними даними) і чисельних розрахунків (за допомогою методу дроблення кроку) свідчить на користь запропонованої моделі.

При якісному порівнянні з експериментальними даними можна зробити висновок, що отримані результати вірно описують процес біологічної деструкції, а розроблені моделі є адекватними реальним фізичним процесам.

3.4. Процеси випаровування нафтопродуктів з поверхні зони емісії

При аварійному розливі бензину відбувається процес його моментального розповсюдження по поверхні ґрунту з паралельним процесом дифузії в атмосферу. При цьому важливо визначити швидкість випаровування бензину як з поверхні, так і із змоченої бензином товщі ґрунтової маси. Перенесення пари бензину в атмосфері відбувається в турбулентному потоці, (рис. 3.10.) при цьому необхідно мати уяву про характер дифузії летких фракцій нафтопродуктів у атмосфері.

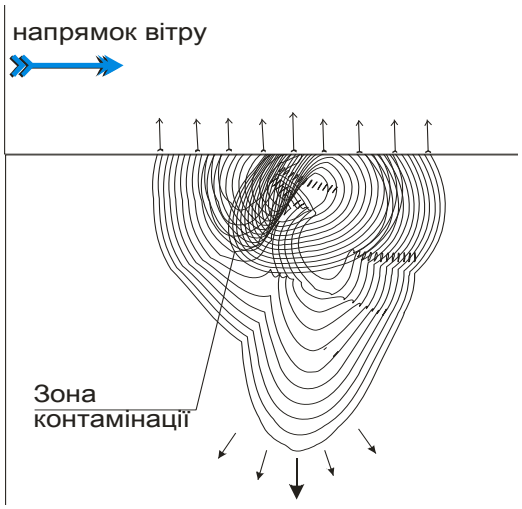


Рис. 3.10. Польові випробування. Спостереження за швидкістю випаровування і міграцією бензину А-95 в суглинку.

Рішення цієї задачі дозволить не тільки отримати науково обґрунтовану інформацію про динаміку забруднення атмосфери з метою визначення прогнозування величини екологічного збитку, але і служити чинником, що коректує, при виборі ефективних організаційно-захисних заходів і технологій очищення забруднених ґрунтів.

При випаровуванні нафти і нафтопродуктів із відкритих посудин при температурі 15-16°С їх випаровуваність за 2 місяці складає 8-15% при товщині шару розливу 100 мм. Зменшення товщини шару до 10 мм, суттєво прискорює

процес випаровування і двомісячний поріг випаровування на рівні 14-15% для нафтових розливів великої товщини, досягається для тонких шарів за три доби, при цьому стабілізація витрат у тонкому шарі нафти спостерігається тільки після 20 діб випаровування.

Дизельне паливо у товстому шарі випаровується значно повільніше, ніж у тонкому: двомісячний поріг випаровування приблизно 8% досягається у тонкому шарі вже після двох діб випаровування.

Випаровування нафти і нафтопродуктів при обдуванні їх поверхні повітрям при швидкості 5 м/с і температурі 20-22°С суттєво інтенсифікує процес випаровування: випаровування за 1 годину при середній швидкості вітру 5 м/с еквівалентно добовому випаровуванню при безвітряних умовах.

При наявності легкого вітру від вихідної маси розлитих нафтопродуктів випаровується за добу до стабілізації системи: нафти до 20-22%, дизельного палива – більше 35%, розлитий бензин випаровується майже повністю (на 98,8%) за 3 години.

Як свідчать результати досліджень, (табл. 3.15 – 3.16) випаровування нафти і нафтопродуктів найбільш інтенсивно відбувається протягом перших 10 годин, при цьому бензин випаровується майже повністю. Такі дані дозволяють визначити необхідність засобів для збору нафти і нафтопродуктів при ліквідації аварійного розливу з урахуванням випаровуваності продуктів за час доставки засобів збору до місця розливу і оцінити забруднення повітряного середовища.

Результати випаровування бензину зі змоченої бензином товщі ґрунтової суглинистої, супіщаної (на графіку 3.11-3.12) і піщаної маси (табл. 3.17), вказують відповідно на характер і закономірності динаміки і кінетики процесу.

Таблиця 3.15.

Диференційна кількість нафтопродуктів, що випаровуються з дзеркала розливу, %

Нафтопродукт	Швидкість вітру, м\с	1-ша година	5-та година	15-та година	24-та година
Карпатська нафта	0	3,90	0,40	0,60	-
	0,4	4,50	0,90	0,20	0,20
	2	4,80	0,90	0,20	0,20
	5	6,33	0,66	0,43	0,43
Бензин	0	31,20	5,50	0,30	-
	0,4	51,40	3,60	-	-
	2	70,30	0,30	-	-
	5	91,21	-	-	-
Дизельне паливо	0	-	0,50	0,90	0,20
	0,4	0,60	0,50	0,50	0,20
	2	1,60	0,70	0,40	0,70
	5	2,71	1,35	-	0,67

Таблиця 3.16.

Інтегральна кількість нафтопродуктів, що випаровуються з дзеркала розливу, %

Нафтопродукт	Швидкість вітру, м\с	1-ша година	5-та година	10-та година	24-та година
Карпатська нафта	0	3,90	6,69	9,94	-
	0,4	4,50	8,80	11,06	-
	2	4,80	9,38	11,79	-
	5	6,33	10,26	17,68	22,50
Бензин	0	31,20	81,21	92,42	-
	0,4	51,40	95,47	98,38	-
	2	70,30	98,23	98,23	-
	5	91,21	98,79	98,79	-
Дизельне паливо	0	-	2,04	8,37	-
	0,4	0,60	3,18	5,92	-
	2	1,60	6,25	9,59	-
	5	2,71	12,22	17,19	19,00

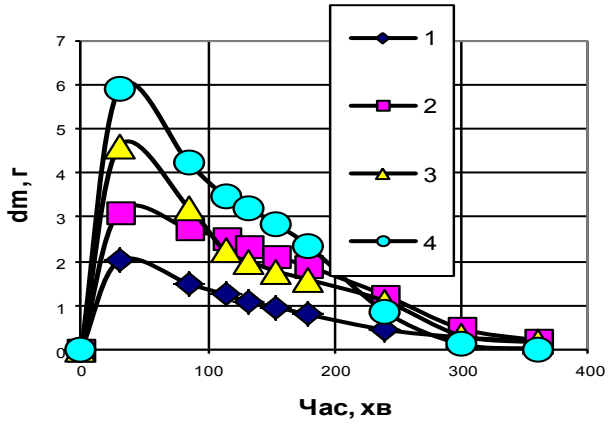


Рис. 3.11. Польові випробування. Швидкість випаровуваності бензинових фракцій з товщі суглинного ґрунту.

1 – лабораторні умови, 20°С; 2 – польові випробування, швидкість вітру 0,15 м/с, t=22°С; 3 – польові випробування, швидкість вітру 1,8 м/с, t=21°С; 4 – польові випробування, швидкість вітру 1,8 м/с, t=42°С.

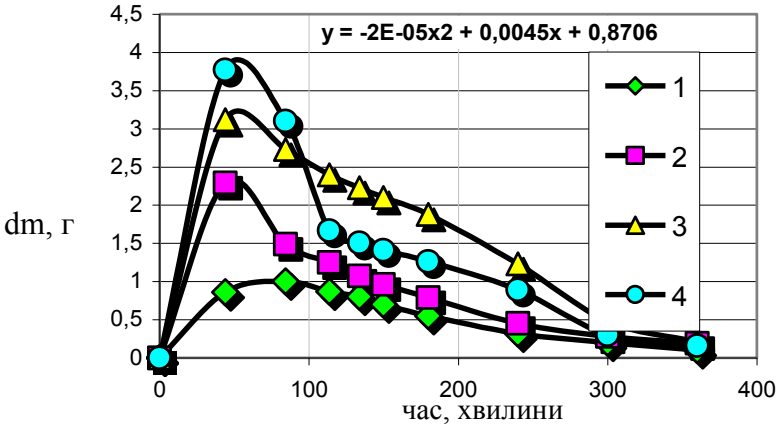


Рис. 3.12. Польові випробування. Швидкість випаровуваності бензинових фракцій з товщі суспіщаного ґрунту.

1 – лабораторні умови, 20°С; 2 – польові випробування, швидкість вітру 0,15 м/с, t=22°С; 3 – польові випробування, швидкість вітру 1,8 м/с, t=21°С; 4 – польові випробування, швидкість вітру 1,8 м/с, t=42°С.

Таблиця 3.17.

Результати випаровування бензину із змоченої бензином товщі піщаної маси.

Умови навколишнього середовища	Кінетика випаровуваності бензину А-95, г				
	Час зняття показників, хв				
	60	120	180	240	360
Швидкість вітру 0,15 м/с, t=22°С	0,45	0,28	0,19	0,08	0,02
Швидкість вітру 1,8 м/с, t=21°С	1,10	0,32	0,16	0,09	0,01
Швидкість вітру 1,8 м/с, t=42°С	2,34	1,25	0,79	0,59	0,13

Слід відзначити, що вплив вищезазначених факторів може бути як взаємопосилюючим, так і протилежним. Тому вимір швидкості випаровування речовини в природних умовах є складною проблемою як відносно техніки експерименту, так і інтерпретації результатів.

Взагалі, добігаємо висновку, що послідовність факторів, які впливають на активність процесу дифузії нафтопродуктів у атмосферу: фракційний склад нафтопродуктів (% летких фракцій); температура навколишнього середовища; швидкість переміщення повітряних мас (вітру); тип ґрунту; ступінь вологості ґрунту.

Задля об'єктивної оцінки швидкості протікання процесу дифузії в атмосфері необхідно мати достовірні данні за всіма вказаними факторами. Отже у разі виникнення аварійної ситуації не завжди є така інформація у повному обсязі.

У зв'язку з цим, останнім часом все ширше розповсюджується практика математичного опису процесів випаровування розливів розчинів різних токсичних речовин та газоподібних речовин та прогнозування забруднення атмосфери внаслідок цих процесів (рис. 3.13).

Оскільки оцінка дифузії летких фракцій нафтопродуктів не є першочерговим завданням при виборі технології ліквідації наслідків аварії буде достатньою приблизна оцінка, яка може бути отриманою за рівнянням:

$$V = -2{,}3897\, Ln(t) + 8{,}6893\,, \qquad (3.8)$$

де: V – об'єм фракції, що випаровується; t – час, який пройшов з моменту емісії.

Взагалі, при аваріях з нафтопродуктами на промислових об'єктах та транспорті аварійні емісії протікають наступним чином: нафтопродукт витікає на поверхню ґрунту, де починають протікати одразу декілька процесів – випаровування із дзеркала та з товщі ґрунту, фільтрація у ґрунт і сорбція у ґрунті, конвективний та дифузний переноси із забрудненням поверхневих та підземних водних джерел.

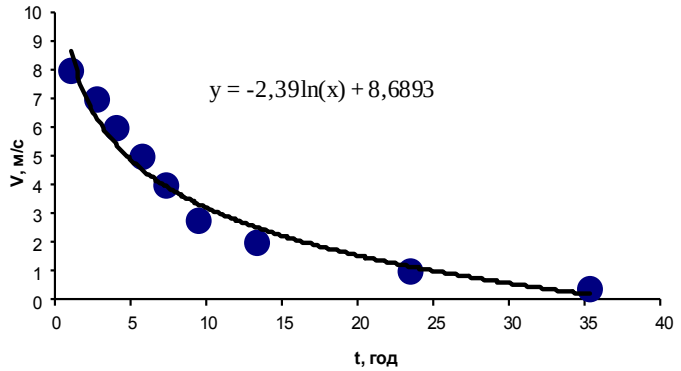


Рис. 3.13. Вплив швидкості вітру (V) на тривалість (t) повного випаровування розлитого бензину з поверхні суглинистого ґрунту.

Актуальним завданням стає прогнозування інтенсивності забруднення та шляхів розповсюдження нафтопродуктів в екосфері.

Вирішення даного завдання допоможе отримати науково обґрунтовану інформацію про динаміку забруднення з ціллю прогнозування величини екологічних ризиків і екологічних збитків, а також може служити базовою інформацією для ефективної організації ліквідаційних заходів та передбачати заходи із попередження виникнення екологічних ризиків.

3.5. Оцінка негативного впливу нафтопродуктів на конструкції колії та рухомого складу залізниць

Для повної та об'єктивної оцінки негативного впливу нафтопродуктів в процесі експлуатації залізничного транспорту необхідно було проаналізувати взаємодію в системі «нафтопродукти - металеві конструкції», оскільки ряд літературних джерел свідчить про непряму роль нафтопродуктів в процесах корозії.

Для визначення ступеня можливих корозійних змін при взаємодії нафтопродуктів з різними металевими конструкціями об'єктів було проведено ряд експериментів з вивчення корозійної агресивності, як самих нафтопродуктів, так і їх розчинів різного фракційного складу.

Аналіз експертних даних показав, що найбільш важливим з позиції забезпечення безпеки експлуатаційного процесу є такі об'єкти, як тяговий рухомий склад і залізничні колії. Ці об'єкти, в тій чи іншій мірі, взаємодіють з

нафтопродуктами і їх розчинами на різних етапах експлуатації. Так, при експлуатації тепловозного парку в системах охолодження використовуються значні кількості води, при цьому вода з підвищеною мінералізацією і додатковими домішками, часто є причиною позапланового ремонту тепловозів з причини пошкоджень, що викликані піттінговою корозією металу. Саме нафтопродукти, найчастіше виступають в якості органічних домішок, оскільки, стабільно входять до складу вод, як поверхневих, так і підземних водотривких горизонтів, що пов'язано із зростаючим техногенним впливом.

З цією метою було вивчено вплив різних показників мінералізації і концентрації нафтопродуктів на швидкість корозії металів, що найчастіше використовуються в конструкціях систем охолодження дизелів та інших об'єктів транспорту.

В якості електродів застосовували циліндричні зразки, виконані зі сталі марок Ст.20, Ст.3, Ст.5, 09Г2Д, М74Т, а також сірого чавуну СЧ 21-40.

У дослідах був використаний індикатор поляризаційних опорів Р-5126, потенціостат П-5827.

В якості електродів застосовували циліндричні зразки висотою 20 мм із зовнішнім ∅6мм. Перед роботою зразки піддавалися ретельному поверхневому шліфуванню, знежирення спиртом і зважувалися на аналітичних вагах. Електроди приєднувалися до двоелектродної електрохімічного перетворювача з використанням гумової прокладки, що запобігає потраплянню середовища на датчики приладу. Поляризаційне опір R_p і швидкість корозії I_p вимірювали при температурах 20, 50, 70 і 90°С. Окремими дослідами було показано, що відмінності значень I_p, отриманих використовуваним методом і по ГОСТ 9.912-89, відрізнялися не більше, ніж на 5-7%, що знаходиться в межах точності визначень.

Нас рис. 3.14-3.23 представлені результати вивчення процесів протікання корозії та вплив основних показників, а саме: мінералізації та концентрації нафтопродуктів на процеси корозійного руйнування металів. В табл. 3.18 наведено приклад визначення кінетики корозійних процесів.

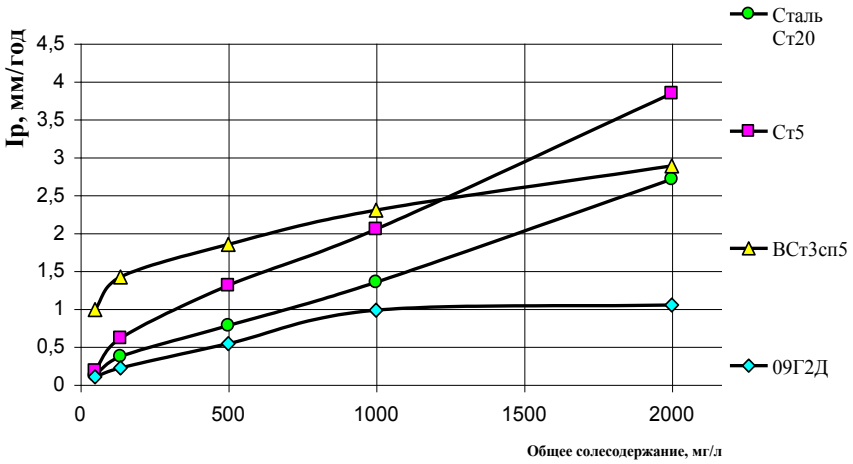


Рис. 3.14. Швидкість корозії при концентрації бензину А-95= 1 мг/л.

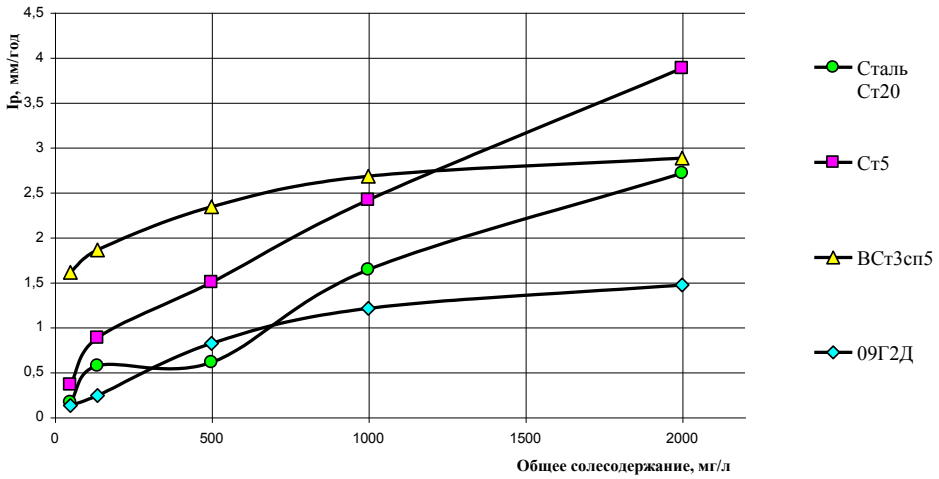


Рис. 3.15. Швидкість корозії при концентрації бензину А-95=10 мг/л.

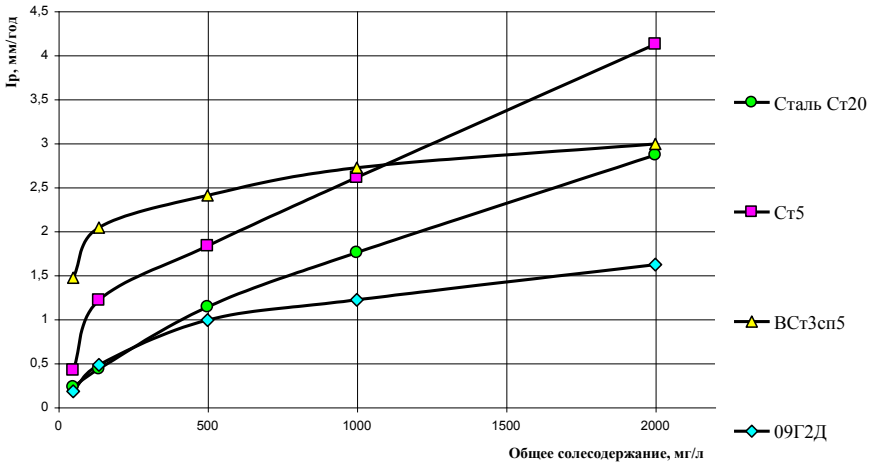


Рис. 3.16. Швидкість корозії при концентрації бензину А-95=20 мг/л.

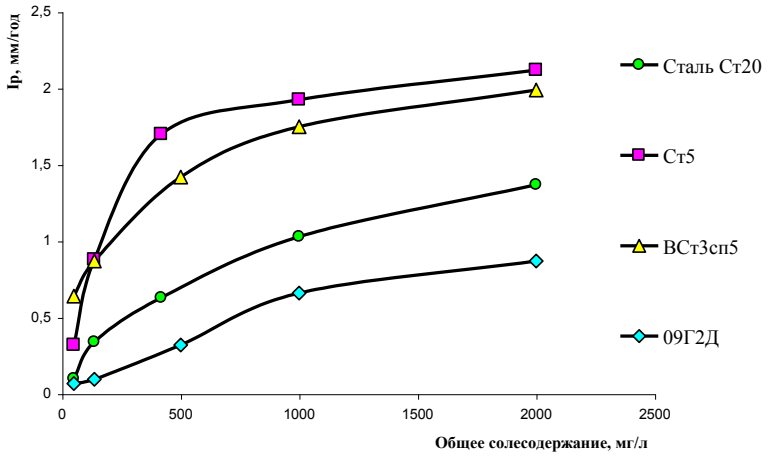


Рис. 3.17. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації дизельного палива марки Л = 1 мг/л.

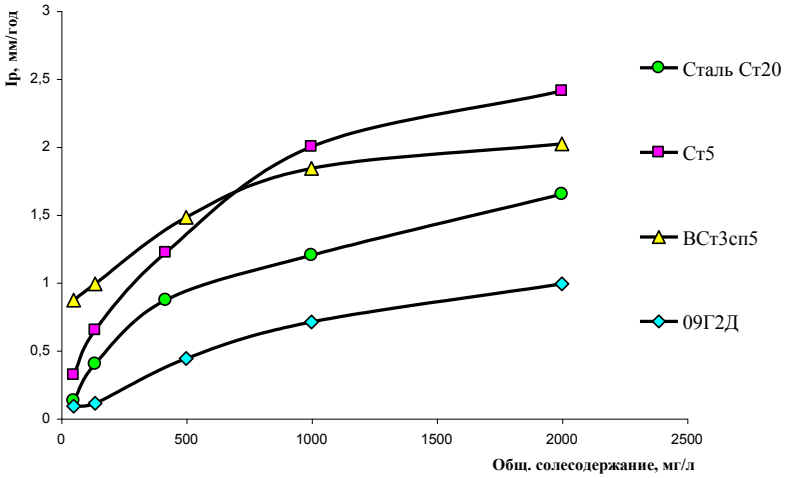


Рис. 3.18. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації дизельного палива марки Л = 10 мг/л.

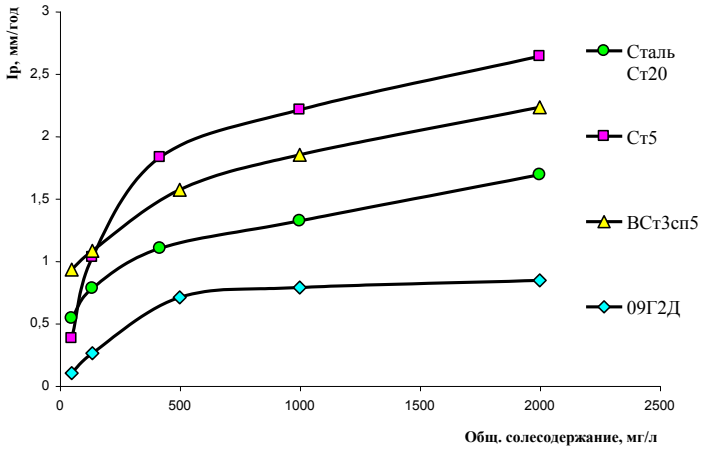


Рис. 3.19. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації дизельного палива марки Л = 20 мг/л.

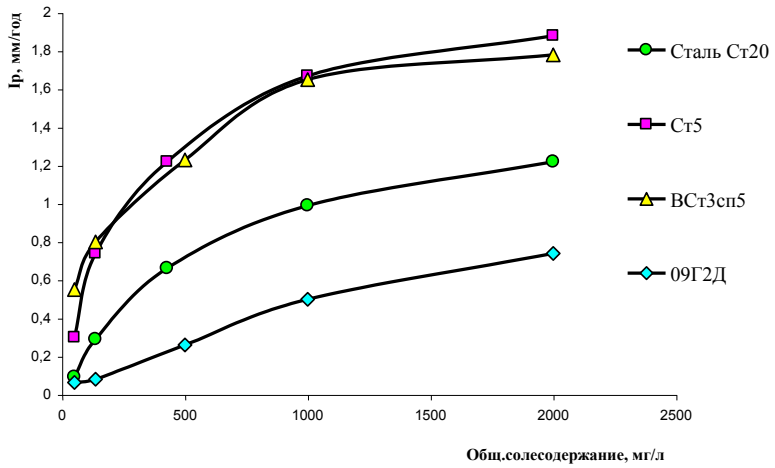


Рис. 3.20. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації вакуумної оливи Вм-6 = 1 мг/л.

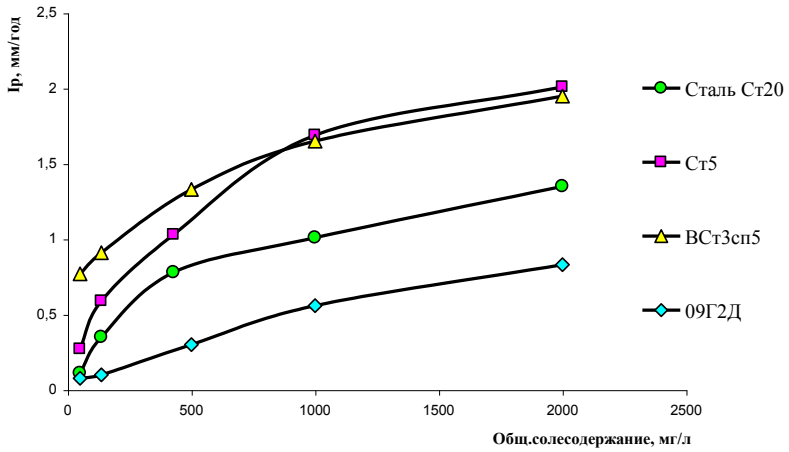


Рис. 3.21. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації вакуумної оливи Вм-6 = 10 мг/л.

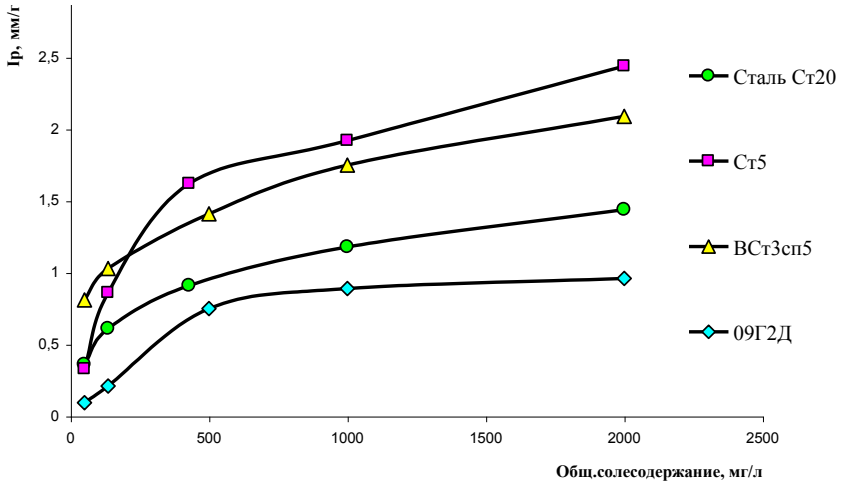


Рис. 3.22. Вплив мінералізації на швидкість корозії при концентрації вакуумної оливи Вм-6 = 20 мг/л.

Таблиця 3.18

Кинетика процесу корозії сталей в розчині, що містить оливу ВМ-6 (1 мг/л)

№ з/п	t, год	Тип сталі				
		Ст5	ВСт3сп5	Ст20	09Г2Д	
1	0	2,44	2,1	1,42	0,96	Ip, мм/год
2	25	2,32	2,08	1,42	0,95	
3	48	2,35	2,06	1,42	0,92	
4	95	2,4	2,04	1,46	0,96	
5	120	2,41	2,04	1,46	0,97	
6	190	2,44	2,06	1,5	0,97	
7	238	2,44	2,06	1,5	0,97	

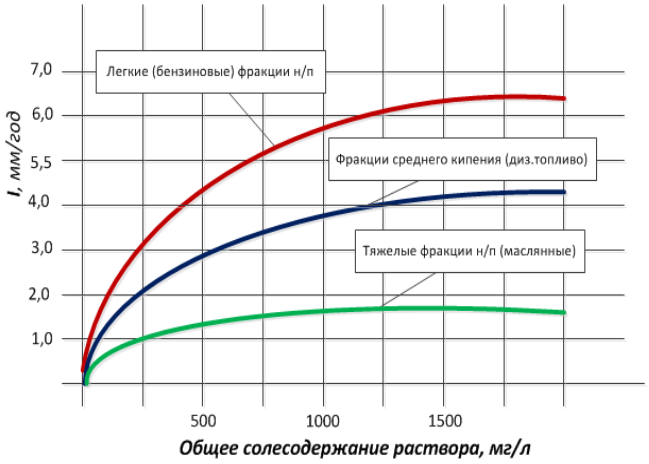


Рис. 3.23. Залежність швидкості процесів корозії металевих конструкцій рухомого складу залізниць від фракційного складу нафтопродуктів

За своєю природою безводні нафтопродукти неелектропроводних, тому електрохімічна корозія в них не відбувається. При наявності в нафтопродуктах сірчистих сполук (меркаптани, сульфіди, полісульфіди, тіофен) починає протікати хімічна корозія. Однак при використанні водних розчинів, що містять нафтопродукти (у нашому випадку використовувався бензин автомобільний марки А-95, дизельне паливо марки Л, вакуумна олива $ВМ_6$) швидкість корозії маловуглецевих сталей значно зростає.

У випадках використання важких фракцій нафтопродуктів (вакуумна олива ВМ-6) корозійна агресивність водних розчинів, що містять різні концентрації цього нафтопродукту, зростає досить помірно (рис 3.20 – 3.22).

Характерно, що при використанні водних розчинів, що містять нафтопродукти (особливо у випадку дизельного палива і олив рис. 3.17 - 3.22)

швидкість корозії спочатку стабільна, і тільки потім, з часом зростає (приблизно на 8-12 добу). Це, ймовірно, може пояснюватися процесом протікання, так званої підплівкової корозії. Що не спостерігається в разі наявності у складі робочого розчину легких бензинових фракцій.

Цікаво, що для води з високою мінералізацією і вмістом нафтопродуктів понад 10 мг/л, особливо сильне підвищення швидкості корозії чавуну спостерігається в інтервалі 50-70°С, що може бути пов'язано з руйнуванням феритної складової на кордоні зерен.

Отримані результати доводять залежність швидкості корозії від температури, мінерального складу води, наявності в ній домішок нафтопродуктів та їх концентрації.

Таким чином, встановлено кількісні залежності (рис. 3.23) швидкості процесів корозії металевих конструкцій рухомого складу залізниць від фракційного складу нафтопродуктів, що дозволяють аналізувати та попереджувати корозійні руйнування конструкцій та розробити спеціальний комплекс рекомендацій, щодо підвищення рівня техногенної безпеки об’єктів залізничного транспорту.

1.6. Висновки по розділу 3

1.Проаналізовано та вивчено джерела, шляхи та форми надходження та розповсюдження нафтопродуктів під час емісій нафтопродуктів, що дозволяє оцінювати і моделювати поведінку токсиканту у об’єктах екосфери з метою вибору алгоритму прийняття рішень щодо ліквідації емісії.

2.Визначено, що процеси внутріґрунтової деградації нафтопродуктів мають загальні закономірності, але залежать від гідрологічних та ґрунтово-кліматичних умов, що доведено лабораторними і польовими випробуваннями.

3.Показано, що гравітаційна міграція нафтопродуктів спостерігається, у разі перевищення гравітаційних сил над капілярними, що було зафіксовано на ґрунтах ілювіального горизонту.

4.Проведено визначення концентрацій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем, отримані результати надають можливості формулювання

закономірностей та візуалізації схематичного розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем.

5.Виявлені основні закономірності динаміки нафтового забруднення у водному середовищі. Отримана інформація дає можливість оцінки сучасного стану водних об’єктів прилеглих до залізничних ділянок, що служить обґрунтуванням для впровадження заходів з постійного моніторингу та мінімізації екологічних ризиків.

6.Отримані основні закономірності процесу біологічної деструкції нафтопродуктів у разі обліку просторової неоднорідності розвитку популяцій мікроорганізмів, зокрема: закономірності зміни концентрації нафтоокислюючих мікроорганізмів і зменшення концентрації нафти залежно від способу внесення біопрепарату.

7.Показано, що визначення швидкості випаровування при емісії бензинових фракцій мають досить суттєве значення, при цьому слід враховувати випаровування бензину як з товщі ґрунту, так і з його поверхні.

8.Експериментально доведено, що швидкість випаровуваності бензинових фракцій з поверхні зони емісії залежить від: температур - поверхні, рідини і навколишнього середовища; вологості ґрунтового шару; швидкості і інтенсивності переміщення повітряних мас, а також від інтенсивності сонячного випромінювання.

9.Вивчено характер та особливості протікання корозійних процесів та встановлено кількісні залежності швидкості процесів корозії металевих конструкцій рухомого складу залізниць від фракційного складу нафтопродуктів, що дозволяють аналізувати та попереджувати корозійні руйнування конструкцій та розробити спеціальний комплекс рекомендацій, щодо підвищення рівня техногенної безпеки об’єктів залізничного транспорту.

Отримані результати становлять базові параметри для розробки методів ліквідації та мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів у навколишнє середовище.

РОЗДІЛ 4
МЕТОДОЛОГІЯ ОЦІНКИ ТЕХНОГЕННОГО РИЗИКУ ТА ФОРМ УПРАВЛІННЯ ЕКОЛОГІЧНОЮ БЕЗПЕКОЮ ПІД ЧАС ВИКОРИСТАННЯ І ПЕРЕВЕЗЕННЯ НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

Сучасне суспільство в своїй діяльності часто входить в зону ризиків і нестабільних станів, які пов'язані з виникненням надзвичайних ситуацій різного масштабу. Відповідно до цього виникає потреба у виявленні і прогнозуванні потенційно небезпечних умов і розробці адекватних методів управління ними.

Одним із важливіших напрямків дисертаційної роботи є – розробка стратегій щодо управління екологічними ризиками, що виникають при транспортуванні і поводженні з нафтопродуктами на залізничному транспорті з ціллю їх мінімізації, що є сьогодні одним із пріоритетних напрямків екологічної безпеки на залізниці.

Забезпечення екологічної безпеки, а відповідно мінімізація екологічних ризиків ґрунтується не тільки на наявності певних інструментів і навиків, але і умінні моделювати ситуацію, прогнозувати її розвиток і ухвалювати рішення, адекватні ситуації, що склалася.

Серед завдань, які ставилися в дисертаційній роботі одним з важливіших з позиції забезпечення позитивних екологічних показників експлуатації залізничного транспорту є: оптимізація моніторингу стану екологічної безпеки і організація управління еколого-економічними ризиками [315-325], що реалізується в даному розділі.

4.1. Методологія природоохоронної діяльності на залізничному транспорті

Розвиток відносин суспільства і природи вимагає використання нових засобів обробки інформації, що лежить в основі системи ухвалення рішень в управлінні якістю навколишнього середовища. В цьому випадку інформаційні технології розглядаються як найбільш оптимальний інструмент. В даному випадку під інформаційними технологіями ми розуміємо сукупність методів,

виробничих і програмно-технологічних засобів, об'єднаних в технологічний ланцюг, що забезпечує збір, зберігання, обробку, висновок і розповсюдження інформації. При цьому екологічно обґрунтовані рішення залежать не тільки від якості і кількості інформації, але і своєчасного її надходження.

В даний час в науковій методології спостерігається широке розповсюдження системного підходу.

Системний підхід поєднує багато досліджень, у тому числі і з забезпечення екологічної безпеки природокористування. Транспортування і використання нафти і нафтопродуктів не є виключенням. При дослідженні систем вирішується ряд завдань: опис поведінки системи, пояснення поведінки, управління поведінкою і, нарешті, створення систем із заданою поведінкою.

Близько 80% всієї інформації містить геоінформацію, тобто різнорідні відомості про розподілені в просторі об'єкти, явища і процеси. Володіння координатно прив'язаною інформацією і можливість її швидкого аналізу грає важливу роль в управлінні транспортної інфраструктури. Працювати з такими даними допомагають технології географічних інформаційних систем (ГІС).

Розробка і впровадження адекватних результатів на різних етапах природокористування неможливі без аналізу інформації, що приходить з безлічі джерел, часто безпосередньо не зв'язаних між собою. Це визначає необхідність використання геоінформаційних систем. Таким чином, ГІС можуть виступати як інтегруюча складова природокористування.

Управління інформаційними ресурсами в області природокористування дозволяє скоординувати діяльність різних структур, які діють на одній території, що є необхідним при формуванні єдиного інформаційного простору. У свою чергу цілісне інформаційне поле дозволяє усунути дублювання інформації, упорядкувати процедури збору, зберігання і надання інформації, а також запобігати негативним наслідкам.

У структурі системи управління екологічним станом навколишнього середовища основною складової є база даних, що забезпечує систему

інформацією і що визначає її структуру, функції і здібності вирішення управлінських завдань, заснованих на моделюванні ситуації.

При аналізі нормативної бази щодо безпеки процесів на залізничному транспорті було виявлено, що існуюча директивна і витратна система практично вичерпала свої можливості на подальшу перспективу.

В процесі розробки наукових основ було виконано аналіз трьох основних концептуальних підходів до визначення безпеки. Показано, що останніми роками, завдяки інтенсивному розвитку фундаментальних наук (математики, теорії вірогідності, статистики і ін.), виникли об'єктивні передумови для створення методів вимірювання небезпеки на основі введення відповідної міри.

Повноцінне вирішення завдань управління екологічним станом навколишнього середовища, зокрема, в районах транспортування нафти, залежить від систематичного аналізу великої кількості різнорідних даних, а так само вирішення безлічі географічних, технологічних і виробничих завдань (рис. 4.1). Достовірність і своєчасність отримання необхідної інформації часто грає вирішальну роль в питаннях оптимізації природокористування, що стає вельми важливим в умовах інтенсифікації розвитку транспортного комплексу.

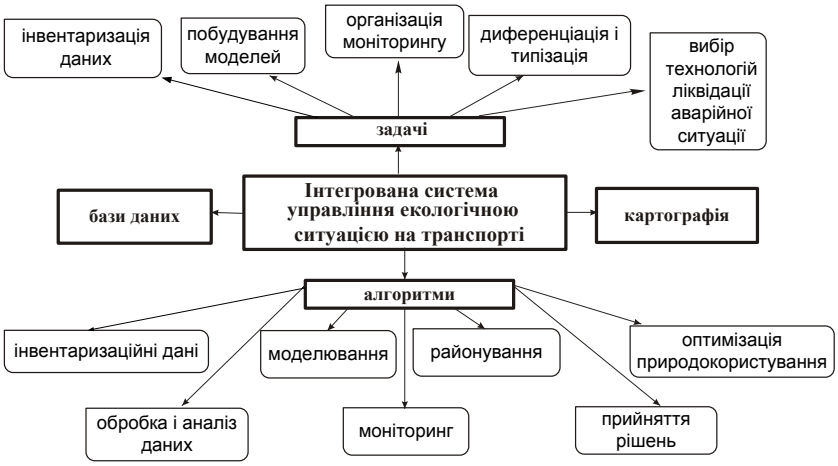


Рис. 4.1. Принципова схема інтегрованої системи управління екологічною ситуацією на транспорті

Розвиток систем управління навколишнім середовищем при організації природокористування на основі сучасних інформаційних технологій дозволить не тільки скоротити частоту виникнення ситуацій, пов'язаних із забрудненням елементів середовища, але і оптимізувати організацію природокористування,

оскільки висока концентрація ресурсів може призвести до появи в суміжних районах взаємовиключних видів антропогенної діяльності. В цьому випадку система управління екологічним станом навколишнього середовища покликана визначити якнайкращі варіанти розвитку природокористування з урахуванням екологічних і економічних чинників.

З метою мінімізації економічних і екологічних збитків, які виникають при транспортних інцидентах під час перевезення нафтопродуктів особливу увагу необхідно приділяти превентивним заходам, до яких відноситься і моделювання систем з попередження аварійних ситуацій. Процес моделювання системи попередження аварійних розливів і забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні включає етап побудови моделі місцевості, що містить різні шари цифрової картографічної інформації, включаючи карти рецептивності, а також модель поведінки нафти.

Крім того, аналіз наявного понятійного апарату та існуючої нормативної бази підтверджує необхідність гармонізації галузевої термінології в градації транспортних подій різного ступеню тяжкості і загальнодержавної системи понять. Пошук обґрунтованого компромісу в позиціях є необхідністю з погляду адекватної оцінки показників ризиків як виникнення надзвичайної ситуації, так і очікуваного збитку від них. Так, було виявлено суперечності і невідповідності у формулюваннях понятійного апарату у сфері аналізу ризиків на залізничному транспорті.

Таким чином, виділені основні етапи дослідження аварійності та оцінки ризиків виникнення надзвичайних ситуацій, що включають:

- виявлення чинників ризиків виникнення надзвичайних ситуацій;
- оцінку обставин і частоти їх виникнення;
- вивчення характеру і наслідків аварій і надзвичайних ситуацій.

Системний підхід до даної проблеми оцінки і управління ризиком виникнення транспортних подій, зокрема, під час реалізації технологічного процесу перевезення нафтопродуктів по мережі залізниць припускає рішення двоетапної задачі стохастичного програмування:

- розробку методів кількісної оцінки рівня ризиків виникнення порушень безпеки руху на залізничному транспорті;

- розробку математичних моделей наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті і вибір раціональних заходів щодо зниження ризиків їх виникнення і розмірів збитку від надзвичайних ситуацій, що вже склалась.

При цьому одним із першочергових завдань стає визначення ступеню небезпеки об’єктів та операцій, що здійснюються при експлуатації залізниць.

Ступінь небезпеки залежить від вірогідності небезпеки і її інтенсивності, що визначається ступенем уразливості території.

Ступінь уразливості — це ступінь можливих ушкоджень об'єкту. При цьому ризик визначається як імовірнісна міра небезпеки, встановлена для певного об'єкту у вигляді можливих втрат за певний час:

$$R = P(H) \cdot P(\frac{F}{H}), \quad (4.1)$$

де $P(H)$ — вірогідність небезпеки (вважаємо, що небезпека характеризується завжди однією інтенсивністю); $P(\frac{F}{H})$ — вірогідність пошкодження об'єкту (уразливість) при реалізації небезпеки (умовна ймовірність).

Оскільки небезпечний процес навіть при однаковій вірогідності його настання може характеризуватися різною інтенсивністю залежно від специфіки місцевості, то збиток ($З$), що завдається, розраховується по формулі:

$$З_i(H) = P(H) \cdot V_m(H) \cdot V_i(H) \cdot D_i, \quad (4.2)$$

або

$$З_i(H) = R_i D_i, \quad (4.3)$$

де: $V_m(H)$ — інтенсивність небезпеки для даної місцевості; $V_i(H)$ — ступінь уразливості i-го об'єкту; D_i — балансова вартість i-го об'єкту.

Рецептивний статус об’єкту (уразливість) характеризується величиною втрат, викликаних протягом фіксованого часу дією небезпечного процесу певної інтенсивності на територію або об'єкт. Уразливість є найбільш істотною компонентой ризику, такою, що робить вплив на його зниження, оскільки управління, в основному, обмежується в даний час інженерним захистом

об'єктів і не розповсюджується на управління самими небезпечними процесами. Таким чином, проблеми управління ризиком зводяться до управління уразливістю територій (об'єктів) при дії небезпечних процесів.

Оцінка уразливості реципієнтів витікає з припущення про можливість часткового їх пошкодження в результаті небезпечного процесу. Для сільськогосподарських угідь це означає не повне їх вибуття з використання, а зниження продуктивності, для будівельних об'єктів — не повне руйнування, а руйнування з можливістю відновлення, і так далі.

Рецептивний статус територій повиннен оцінюватися як в цілому по території, так і в розрізі окремих її районів. У існуючих методиках питання віддзеркалення специфіки територій, взагалі залишається без уваги.

Уразливість реципієнтів (об'єктів) може оцінюватися по типах реципієнтів, що робить методику універсальною і зручною у використанні. Для цього, перш за все, необхідно виявити повний перелік реципієнтів в найбільш дробовій їх класифікації на кожній ділянці що піддаються дії площ. Основними реципієнтами зазвичай є: сільське господарство, лісове господарство, комунально-побутове господарство. Загальна схема аналізу, оцінки і управління екологічним ризиком наступна:

1. виявлення і прогноз небезпечних процесів, їх інтенсивності, повторюваності, площі дії;
2. районування території;
3. оцінка рецептивного статусу об'єктів;
4. прогноз розвитку вторинних сінергетичних небезпек;
5. картографування ризиків;
6. встановлення допустимих рівнів ризиків і ухвалення рішень з управління.

Оцінка ступеня небезпеки процесів і уразливості територій і об'єктів здійснюється на основі експериментальних і теоретичних досліджень і з урахуванням бази даних з рецептивного статусу територій і об'єктів під час подій.

Таким чином, рецептивний статус об’єкту (RSt) дорівнює ступеню можливої уразливості об’єкту при наявній на ньому техногенній складовій.

Ризик як вірогідність появи небезпечної події можна класифікувати за різними ознаками: за джерелами виникнення ризиків і за характером викликаних ризиком наслідків. Джерелами ризиків можуть бути геологічні процеси, сейсмічні явища, людський фактор, фінансова нестабільність, технічні нововведення і навіть, політичні події. Відповідно до цих джерел ризик називають геологічним, сейсмічним, фінансовим, інноваційним, політичним.

Правильним трактуванням позиції допустимих рівнів природних ризиків є те, що допустимі ризики слід встановлювати законодавчими і нормативними актами на державному і регіональному рівнях для соціальної, економічної і екологічної сфер фіксації можливого збитку, диференціюючи їх по територіях і об'єктах господарської діяльності з урахуванням рецептивності і ступеня небезпеки цих об'єктів для населення і навколишнього середовища, а також економічних можливостей держави і його суб'єктів.

Таким чином, критерієм безпеки і є допустимий рівень ризиків.

4.2. Концептуальні засади забезпечення екологічної безпеки

Екологічна безпека при організації перевезення нафти, як залізничним транспортом, так і трубопровідним залежить від надійності інженерних рішень, дотримання встановлених режимів експлуатації, надійності функціонування технологічних систем, організації і дотримання встановленої послідовності виконання робіт і операцій. Враховуючи виконання всіх робіт при безпосередній участі фахівців різних рівнів, безпека ухвалених рішень більшою мірою залежить від кваліфікації і старанності персоналу.

Взагалі, функціональна стратегія забезпечення надійності перевізного процесу повинна стати пріоритетним напрямом діяльності усіх апаратів і підрозділів транспортної інфраструктури.

Для формування нової функціональної стратегії підвищення безпеки перевізного процесу необхідні:

1. аналіз виявлення слабких сторін існуючої функціональної стратегії;
2. гарантія достовірності інформації;
3. адаптація і переробка нормативно-правової бази;

4. підвищення кваліфікації органів оперативного управління і контролю;
5. постійний контроль за дотриманням нормативно-правових вимог.

Завдання функціональної безпеки пов'язані з усіма стратегіями (рис. 4.2) і визначають обмеження, що можуть призвести до порушення безпеки руху.

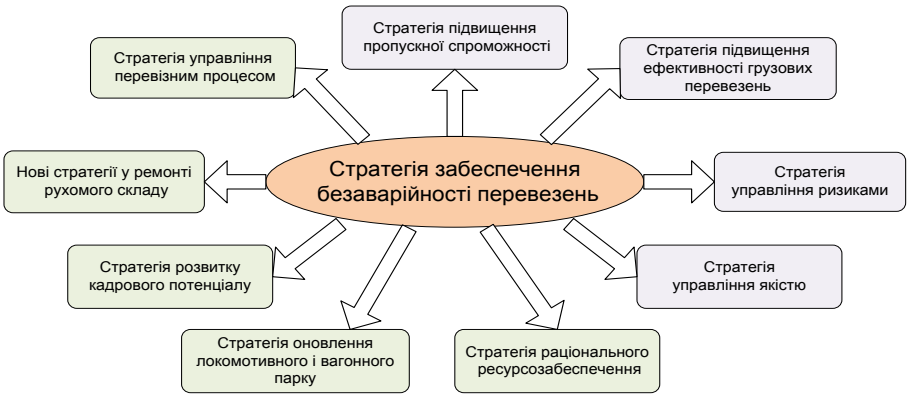


Рис. 4.2. Взаємозв’язок функціональної стратегії забезпечення безаварійності перевізного процесу з іншими стратегіями.

Основним показником високого рівня забезпечення безпеки руху на залізницях є мінімізація аварійних ситуацій з підвищенням пропускної спроможності і вантажообігу. Більшість транспортних інцидентів відбуваються внаслідок браків (як шляху, так і рухомого складу), а також людського чинника. Для мінімізації і виключення вище перелічених чинників необхідний аналіз цільових показників безпеки руху, пов'язаних із стратегією управління якістю і підвищенням кадрового потенціалу.

Методи управління безпекою, що діють сьогодні, направлені на усунення вже наявних дефектів, тобто реалізуються за реактивним принципом. Для того, щоб змінити ситуацію, що склалася, необхідне створення принципово нової функціональної стратегії забезпечення безпеки процесів перевезення.

Запропонована нова функціональна стратегія передбачає наявність комплексного аналізу поточного стану технічних засобів, підготовки оперативного персоналу і стану технічної документації. Результатом такого аналізу повинне стати підсумкове значення ризиків для кожної конкретної ділянки залізниці, що об'єднає дану стратегію із стратегією управління ризиками (рис. 4.3). Набуті значення рівня ризиків в перевізному процесі за

нормальних умов експлуатації не повинні перевищувати нормативних значень, це дозволить виділити об'єкти що вимагають підвищеної уваги і розробки додаткових заходів з позиції забезпечення безпеки процесу перевезення.

Сформулюємо основні завдання стратегії:

1. виявлення потенційних областей ризиків і оцінка можливості запобігання або мінімізації їх виникнення;

2. моделювання виникнення на основі їх систематичного прогнозування і оцінки;

3. визначення необхідних ресурсів для досягнення поставлених цілей і їх оптимальний мотивований розподіл.



Рис. 4.3. Взаємозв'язок функціональної стратегії підвищення безпеки перевізного процесу із стратегією управління ризиками

До основних завдань для створення нової функціональної стратегії підвищення екобезпеки відносяться: обґрунтування допустимих рівнів ризиків і

показників безпеки на основі аналізу стану і перспективи розвитку всієї галузі; обґрунтування норм безпеки при формуванні нормативно-правової бази з урахуванням їх адаптивності до міжнародних вимог; формування системи управління персоналом для його відповідності вимогам стандартів в області перевезень небезпечних вантажів; розробка і здійснення контролю над реалізацією програм підвищення безпеки; забезпечення ситуаційного контролю за оперативною роботою і координація роботи у випадках порушення безпеки руху.

Реалізація стратегії, що розробляється, повинна здійснюватися з допомогою АСУ на базі наявних центрів з умовою постійного оновлення створюваної інформаційно-моніторингової бази стану технічних засобів з експертно-аналітичною системою за оцінкою ризиків.

Актуальність розробки і впровадження методів підвищення безпеки залізничних перевезень небезпечних вантажів, до яких безсумнівно відносяться нафтопродукти, і заходів, направлених на зниження різних типів збитків від транспортних подій, обумовлена значним зносом основних виробничих фондів, інтенсифікацією перевізного процесу, прогресуючим ускладненням середовища руху з погляду потенційної небезпеки. Приріст вантажообігу в 2012 році склав 4,3%, а приріст об'єму перевезень небезпечних вантажів за цей же рік зріс більш ніж на 6%.

На сьогодні можна відзначити, що у вітчизняній і зарубіжній практиці не існує наукових основ забезпечення безпеки транспортних систем і навколишнього середовища за критеріями ризиків. Разом з тим практикою ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій в Україні і в інших країнах достовірно підтверджено, що витрати на ліквідацію наслідків аварій в багато разів перевищують витрати на їх попередження.

Під час аналізу нормативної бази безпеки процесів на залізничному транспорті виявлено, що забезпечення досягнутого до теперішнього часу рівня безпеки здійснюється певною мірою за рахунок інтенсифікації експлуатації ремонтної бази, зростання числа непланових ремонтів рухомого складу, збільшення штату дефектоскопістів. Збереження стабільного положення і

перехід до забезпечення гарантованого рівня безпеки руху повинні базуватися на концепції «прийнятних» ризиків.

Класифікація показників небезпеки на залізничному транспорті повинна включати дві взаємозв'язані групи показників небезпеки, що характеризують наслідки аварій (матеріальний і соціальний збиток) і імовірнісні показники (вірогідність аварії унаслідок дії деякого чинника ризиків.

Встановлено, що за наявною статистичною інформацією про катастрофи і аварії поїздів реально можливо оцінити тільки відповідність показників стану безпеки руху поїздів експоненціальному закону розподілу з постійною і змінною інтенсивністю подій. А під час підготовки дорожніх і магістральних планів формування вантажних поїздів, що регламентують маршрути проходження складів, зокрема, під час перевезення нафтопродуктів, не береться до уваги обґрунтування значень показників безпеки руху з використанням методології аналізу природно-техногенних ризиків. Таким чином, на сьогодні відсутні умови для обґрунтованого порівняльного вибору прийнятних за показниками ризиків маршрутів, що часто пролягають по густонаселених територіях.

Отже, автором поставлені і реалізовані завдання щодо спрощення і удосконалення методології оціни ризиків виникнення транспортних подій та економічних збитків від них для магістралей залізниці, окремих територій і конкретних маршрутів перевезення нафтопродуктів з урахуванням наявних небезпечних перетинів з трубопровідним і автомобільним транспортом, наявністю суміжної виробничої і міської забудови (зокрема, в зоні станцій масової перевалки нафтоналивних вантажів), а також різних чинників природної небезпеки.

З позиції природної складової ризиків повинні враховуватися дії наступних чинників небезпеки навколишнього середовища: сейсмогеологічні; зливи, паводки, підтоплення, шторми (для прибережних районів); урагани, смерчі.

Необхідність обліку саме цих видів природних небезпек пов'язана із специфікою роботи залізничного транспорту, при якій пошкодження

інфраструктури повинно своєчасно ідентифікуватися і рух на небезпечних ділянках перекривається. Вказані недостатньо прогнозовані швидкоплинні процеси несуть основну небезпеку.

З позиції техногенної складової ризиків для побудови карт повинні використовуватися галузеві дані про аварійність. Техногенні ризики включають:

- ризики аварій за причини ненормативного стану елементів інфраструктури;
- ризики від наявності взаємодії при перетинах з комунікаційними мережами;
- ризики від взаємодії при перетинах з автомагістралями на переїздах.

Відсутність єдиної методики оцінки збитку, що завдається аварійними розливами нафти компонентам навколишнього середовища, і методичних підходів до оцінки екологічного ризику функціонування залізничних магістралей ускладнюють розробку екологічно ефективних рішень по мінімізації наслідків аварійних ситуацій для навколишнього середовища.

До основних видів дії аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів відносяться забруднення земель і утворення нафтовміщуючих відходів на етапі ліквідації наслідків розливів.

Стратегія мінімізації дії на навколишнє середовище повинна здійснюватися як на етапі запобігання аварійним ситуаціям (профілактика, своєчасна діагностика, заміна), так і на етапах локалізації і ліквідації наслідків аварійних розливів нафти і нафтопродуктів. В цьому випадку особлива увага повинна приділятися методам відновлення нафтозабруднених територій і знешкодження нафтовміщуючих відходів і ґрунтів.

У зв'язку з цим виникає необхідність підвищення екологічної безпеки етапу ліквідації аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів, шляхом рішення оптимізаційної задачі визначення оптимальної кількості, місцерозташування і потужностей комплексів, технологічне забезпечення яких дозволяє переробляти весь об'єм нафтовміщуючих відходів, що утворюються в результаті технологічних процесів і аварійних ситуацій.

Враховуючи всі вище зазначені аспекти запропоновано методику оцінки екологічного ризику аварій на залізничному транспорті при транспортуванні нафтопродуктів за маршрутом високої інтенсивності. Знання вірогідності

виникнення аварійних ситуацій і величин збитків, які вони заподіють навколишньому середовищу, дозволяє прогнозувати площі нафтозабруднених територій і кількості нафтовміщуючих відходів, що утворюються на етапі ліквідації наслідків аварійних розливів нафти і нафтопродуктів.

Одним з пріоритетних напрямів існуючих та тих, що створюються, теорій ризиків є розробка принципів управління ним. За управління ризиком приймаємо ідентифікацію, розробку і реалізація заходів щодо зниження рівню ризиків.

Схема алгоритму управління ризиком описує процедуру пошуку прийнятного рівня ризиків, пов'язаних з небезпечними природно-техногенними процесами, представлена на рис. 4.4. У цій схемі оцінка допустимих ризиків передбачається в блоці прийняття рішень.

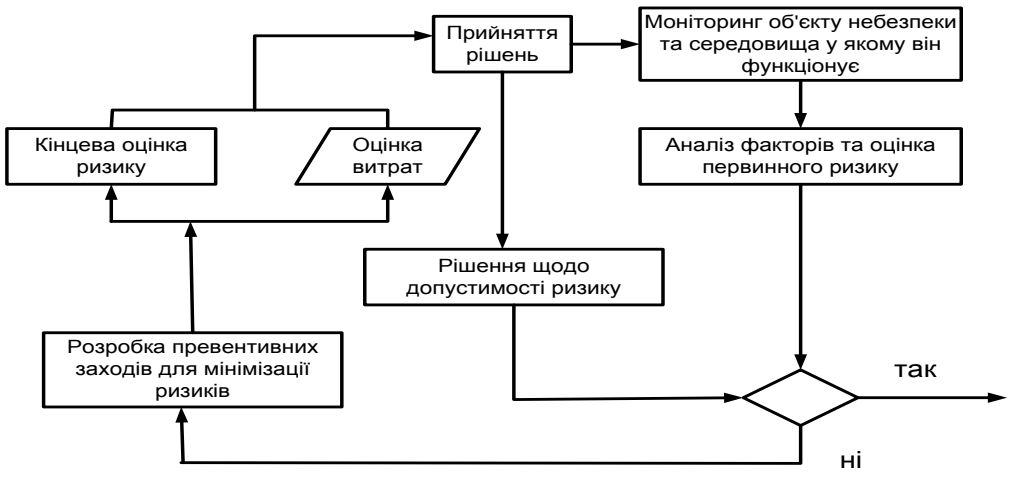


Рис. 4.4. Блок-схема принципу управління ризиками

Для первинного рівня ризиків розробляється система заходів, спрямованих на його зниження. Інформація про залишковий ризик і про необхідні витрати на його забезпечення обробляється по формалізованих або неформалізованих критеріях. В результаті особою, що ухвалює рішення в блоці прийняття рішень, дається відповідь — чи є кінцевий ризик, допустимим.

Наукова база визначення основних кількісних показників ризиків будується на основі статистичної моделі безпеки перевезень залізничним транспортом і статистичного обґрунтування типу потоку випадкових подій. Це дозволяє вибрати конкретну модель, що описує стан безпеки руху за допомогою отримання кількісних оцінок показників ризиків.

У першу чергу, необхідно сформулювати та визначити всі типи ризиків, які властиві підприємствам та підрозділам залізниці, яка функціонує у стабільному штатному режимі.

Для залізниці ризик експлуатації R_z у найпершому наближенні може бути кількісно оцінений математичним очікуванням збитку $З_{оч}$ при функціонуванні залізниці:

$$R_z = M[З_{оч}] \tag{4.4}$$

Визначимо і позначимо також наступні події, вірогідні при транспортуванні, зберіганні та використанні нафтопродуктів на залізничному транспорті: Подія *A* – аварія на залізниці з раптовою емісією нафтопродуктів; Подія G_i – реалізація аварії за *i-м* сценарієм; Подія F_i – причиненя збитку $З_i$ залізниці і/або стороннім об'єктам.

Таким чином, формулу (4.4) можна представити наступним чином:

$$R_z = M[З_{оч}] = \sum_{i=1}^{n} P(F_i) \cdot З_i, \tag{4.5}$$

де: $P(F_i)$ – ймовірність спричинення збитку $З_i$ при експлуатації залізниці.

Для більш детального аналізу чинників, що впливають на ризики розділимо формулу (4.5) на два доданки – ризик виникнення аварії R_{zA} і експлуатаційні втрати R_{zE} при штатному поводженні з нафтопродуктами:

$$R_Z = R_{zA} + R_{zE}, \tag{4.6}$$

Враховуючи вірогідності спричинення збитків при аварійній ситуації за *i*-м сценарієм та вірогідності збитків при штатному поводженні з нафтопродуктами тобто $n=n_a+n_e$ – загальна кількість сценаріїв в процесі експлуатації залізниць отримаємо наступну формулу:

$$R_Z = R_{zA} + R_{zE} = \sum_{i=1}^{na} P(G_i) \cdot З_{i\,A} + [P(G_{ne})] \cdot З_{со}, \tag{4.7}$$

де $З_{со}$ - розмір середніх збитків, заподіяних самому та стороннім об'єктам при штатному транспортуванні, зберіганні та використанні нафтопродуктів на залізниці.

Треба відзначити, що до експлуатаційних екологічних збитків відносяться збитки від господарської діяльності $З_{гд}$ і плати за забруднення навколишнього природного середовища $П_з=П_{за}+П_{звс}+П_{рв}$, тобто $З_{со} = З_{гд} + П_{за} + П_{звс} + П_{рв}$.

Оскільки залізниця являє собою складну багатофакторну систему, яка містить, як лінійні об’єкти значної протяжності (маршрути, за якими транспортуються нафтопродукти) так і локальні об’єкти, що містять значний потенційний ризик (нафтосховища, нафтотермінали, паливо-наливні розподільчо-заправні підрозділи), необхідно проаналізувати особливості застосування критеріїв порівняння ризиків при різних варіантах дій із зменшення ризику виникнення самої аварійної події при поводженні з нафтопродуктами і очікуваного збитку соціальної складової і інфраструктурі.

У загальному випадку для аналізу і кількісної оцінки ризиків існують різні методи, серед яких найбільшого поширення набули [61, 62, 296, 297, 300]: - статистичний метод - метод Монте-Карло; - аналітичний метод; - метод використання дерева рішень і імовірнісного підходу; - метод експертних оцінок; - нормативний метод; - метод аналізу чутливості або метод критичних значень; - метод використання аналогів.

Кожен з названих методів має свої переваги і недоліки і використовується в повністю конкретних ситуаціях; універсального методу, прийнятного для всіх випадків, не існує.

Нижче приведені результати порівняльного аналізу відмічених методів кількісного аналізу ризиків (табл. 4.1).

Оскільки кожен з методів не позбавлений недоліків, то в практичній діяльності доцільно використовувати декілька різних методів. Автором було застосовано статистичний метод (аналіз аварійної статистки) та метод аналізу чутливості (аналіз рецептивного статусу об’єктів). Отримані різними методами результати відрізняються, але дослідження розбіжностей між ними дозволить виявити чинники, які містяться в одних методах і відсутні в інших, що впливає на точність оцінки і достовірність отриманих результатів.

На підставі існуючих статистичних даних про функціонування мережі магістралей Укрзалізниці, власних досліджень і експертних оцінок були ідентифіковані причини відмов (простої, аварійні ситуації та технологічні втрати) і визначена ймовірність виникнення відмов за різних сценаріїв (табл. 4.2 та рис. 4.5) [315, 326].

Таблиця 4.1

Порівняльна характеристика методів кількісної оцінки ризиків

Характеристика	Методи кількісного аналізу ризиків						
	Статистичний	Аналітичний	Дерева рішень	**Експертних оцінок**	Нормативний	**Аналізу чутливості**	Аналогій
Умови застосування	Відомі дані минулих періодів ведення господарської діяльності	Наявність детальних відомостей про проект чи види діяльності	Відомі фактори ризику та наслідки їх впливу	Дефіцит інформації	Відомі основні фінансові показники діяльності	Наявність детальних відомостей про проект чи види діяльності	Наявність аналогів та незмінність умов ведення господарської діяльності
Оцінка	абсолютна	відносна	абсолютна	відносна	відносна	відносна	абсолютна
Точність оцінки	невисока	середня	висока	невисока	невисока	середня	невисока
Витрати	середні	незначні	значні	значні	незначні	незначні	середні
Облік впливу кожного з факторів ризику	незначні	не можливо визначити	найвищій	практично не можливо визначити	не можливо визначити	практично не можливо визначити	незначні

Таблиця 4.2.

Ризики виникнення емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті за різних сценаріїв

№ з/п	Сценарій (причина емісії)	Ймовірність емісії, в долях	Ймовірність, в % від загал
1.	Порушення правил експлуатації	0,4701	47,01
2.	Зношування	0,3213	32,13
3.	Брак будівельно-монтажних робіт	0,1724	17,24
4.	Природні фактори	0,0305	3,05
5.	Корозія, Зовнішні втручання	0,0095	0,95

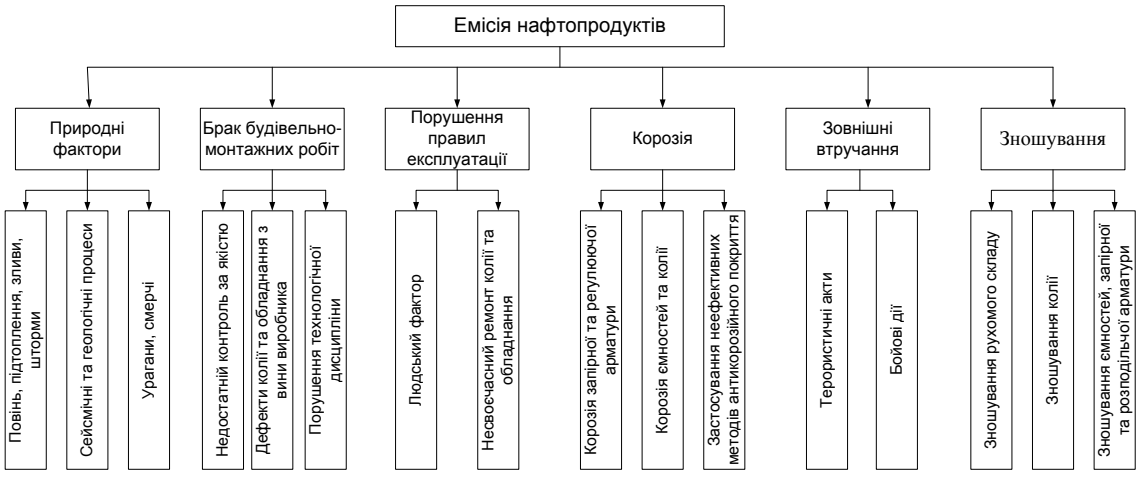


Рис. 4.5. Аналіз причин виникнення аварійних та технологічних емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті.

У розділі 5, де автором запропоновано комплексні технології відновлення екосфери та втрачених нафтопродуктів в результаті транспортних аварій, велику увагу було приділено технологіям очистки гідросфери. Взагалі, сценарій емісії нафтопродуктів, за яким нафтопродукти потрапляють у водні об'єкти призводять не тільки до значного розповсюдження нафтової плями – тобто зони ураження об'єкту, але й до значного збільшення еколого-економічних збитків. З ціллю зменшення екологічних ризиків виникнення вказаних емісій необхідно детально вивчити інформацію про наявність і стан водних джерел в межах об'єкту, що вивчається та розробити критерії оцінки рецептивного статусу за даним фактором.

Інформація щодо стану та статусу водних ресурсів області наведено у додатку.

Аналізуючи результати визначення ймовірностей протікання емісії за зазначеними сценаріями бачимо, що найбільша небезпека виникнення аварій та технологічних втрат нафтопродуктів спостерігається при порушенні правил експлуатації на залізниці (табл. 4.2). Зменшення ризиків – ймовірностей виникнення зазначених емісій повинно базуватися на підвищенні контролю за своєчасним проведенням ремонтних робіт, зношуванням рухомого складу, колії та обладнання, а також підвищенні якості навчання та перевірки знань персоналу. До факторів ризику як лінійних, так і локальних об'єктів автором запропоновано відносити рецептивний статус та комплексний природно-техногенний статус територіальної зони об'єкту [315, 326].

Для формування бази даних для електронних карт рецептивного статусу і комплексних природно-техногенних ризиків уздовж основних маршрутів руху потягів з нафтопродуктами по мережі залізниць запропонована методологія перерахунку інтенсивностей чинників природних небезпек в оцінки ризиків аварій при залізничних перевезеннях. При аналізі природних і техногенних ризиків враховувався ступінь завантаженості залізничних ліній (вантажонапруженість).

Оцінка ймовірності виникнення аварійних ситуацій на залізничних магістралях, а також величин збитків, що завдаються компонентам навколишнього середовища, дозволили розрахувати екологічний ризик аварій.

Оскільки показники ризиків неоднакові для різних ділянок магістралей, то сумарний ризик на даний момент часу може бути представлений у вигляді суми ризиків для ділянок залізниці з однаковою ймовірністю аварійної ситуації і величини збитку. Величину екологічного ризику ділянки залізничної магістралі можна визначити, використовуючи формулу:

$$Rz_l = P_{авар} \cdot \frac{(\sum_{i=1}^{n} З_{зем_i} l_{зем_i} + \sum_{j=1}^{k} З_{вод_j} l_{вод_j})}{l_{маг}}, \quad (4.8)$$

де: $P_{авар}$ – вірогідність виникнення аварії на ділянці магістралі; l – довжина ділянки; $З_{зем_i}$ – екологічний збиток при забрудненні нафтою (нафтопродуктами) земель *і-тої* екологічної уразливості; $l_{зем_i}$ – протяжність ділянки магістралі, що проходить по території земель *і-того* рецептивного статусу (екологічної уразливості); $З_{вод_j}$ – екологічний збиток при забрудненні (нафтопродуктами) *j-того* водного басейну; $l_{вод_j}$ – протяжність ділянки магістралі, що перетинає або проходить вздовж *j-того* водного басейну.

Оцінка ризиків перевезення нафтопродуктів по заданих маршрутах високої інтенсивності:

$$R_{зм} = R_т + R_{пр}, \quad (4.9)$$

де: $R_т$ - техногенні ризики; $R_{пр}$ - ризики природного характеру.

При цьому, техногенні ризики визначаємо за формулою:

$$R_т = R_{нс} + R_{км} + R_{ам}, \quad (4.10)$$

де: $R_{нс}$ – ризик збитку від аварій за причиною ненормативного стану елементів інфраструктури; $R_{км}$ – ризик збитку, пов'язаний із збоями в роботі комунікаційних мереж і продуктопроводів з можливим утворенням чинників вражаючої дії; $R_{ам}$ – ризик збитку, пов'язаний з наявністю перетинів з автомагістралями з можливим порушенням правил дорожнього руху.

Ризик збитку, пов'язаний зі збоями в роботі комунікаційних мереж і продуктопроводів з можливим утворенням чинників вражаючої дії:

$$R_{км} = \sum_j r_{км} \cdot p_N \cdot \Omega_{зк}(к), \quad (4.11)$$

де: $r_{км}$ – ризик аварії на комунікаційних мережах і продуктопроводах; p_N - вірогідність руху потягу з нафтопродуктами в зоні детонації або спалаху продуктів, що витекли з продуктопроводу; $\Omega_{зк}(к)$ – функція розподілу збитку, пов'язана із аваріями на комунікаціях і продуктопроводах в точках перетину із залізничним полотном, що визначається об'ємом нафтопродукту, що витік і/або зайнявся, в зоні аварії.

Ризик збитку, пов'язаний з проходженням перетинів з автомагістралями:

$$R_{ам} = \sum_j p_{ам} \cdot \Omega_{зп}(n), \quad (4.12)$$

де: $p_{ам}$ – вірогідність аварії на переїзді за участю потягу з нафтопродуктами; $\Omega_{зм}(n)$ – функція розподілу збитку при ДТП на переїзді.

Враховуючи відносно невеликий час для вибору раціонального рішення і великий об'єм супутньої інформації (місцеположення джерела спалаху на станції, пересувний склад на сусідніх шляхах, прилеглі виробничі об'єкти і житлова забудова, їх населеність і пожежні характеристики, тактико-технічні дані пожежних поїздів, шляхи евакуації і так далі) доцільно автоматизувати процес її збору і обробки. При обробці інформації безперечний інтерес представлятиме і прогноз динаміки розвитку аварійної ситуації, наприклад, наслідків пожежі розливу нафтопродуктів з відображенням геометрії і розмірів плями пожежі розливу і перерахованої вище супутньої інформації засобами технологій геоінформаційних систем на карті з нанесеними об'єктами станційної інфраструктури і прилеглої території міської забудови. Дані такого прогнозу дозволять зменшити негативну дію на навколишнє середовище (забруднення повітря і ґрунту) залізничної станції за рахунок більш оперативного реагування на розвиток аварійної ситуації.

За результатами аналізу ризиків за обраними маршрутами Придніпровської залізниці, можна зробити висновки, що значну частку ризиків при перевезенні нафтопродуктів за основними напрямами привносить рух транзитних поїздів через крупні залізничні вузли: НД-Вузол, Синельникове, Ігрень, П’ятихатки, Джанкой [315, 326].

Головною складовою ризиків в межах крупних залізничних станцій (Дніпропетровськ, Запоріжжя, Дніпродзержинськ, Кривий Ріг, Мелітополь, Сімферополь) є ризик соціального збитку (до 80 %).

Зіставлення внеску цих населених пунктів із загальним рівнем ризиків дозволяє зробити висновок, що за наявності обходів навколо названих міст, їх використання понизить загальний рівень ризиків при перевезенні нафтопродуктів на 40-60 %.

Порівняння значень розрахунків за наведеними формулами показує, що природні ризики, привнесені в перевізний процес чинниками небезпечної взаємодії з навколишнім середовищем, переважають над техногенними на окремих ділянках головних ходів Львівської залізниці та дільниці кримського відділення Придніпровської дороги. Для решти доріг і ділянок є значне перевищення (на один-три порядку) техногенних ризиків над природними, що узгоджується з очікуваними параметрами.

Аналіз отриманих даних свідчить,що:

1) техногенні ризики більш менш рівномірно розподіляються по головних напрямах мережі доріг і відрізняються для різних доріг не більше ніж на порядок. Одночасно з цим рівень природних ризиків для різних регіонів відрізняється на величину до трьох порядків (у 1000 разів).

2) при цьому величина техногенної складової ризиків перевищує на один-три порядку (від 10 до 1000 разів) природні ризики приблизно на 95 % протяжності головних напрямів.

3) отже залишилися 5 % - це ділянки, де природний ризик перевищує техногенний, до них відносяться: - передгірні і гірські ділянки Львівської та Придніпровської дороги; - окремі ділянки Придніпровської залізниці, що лежать вздовж узбережжя Чорного та Азовського морів;

Таким чином, задля постійного моніторингу і взагалі, з ціллю можливого управління ризиками на залізниці автором запропоновано методологію ідентифікації та оцінки ризиків, що виникають при транспортуванні, зберіганні і використанні нафтопродуктів на залізниці.

За пропонованою методикою оцінка ризиків проводиться по трьох показниках – частота або вірогідність (ймовірність) ризику; значущість і розмір ризику. Для забезпечення їх зіставності між собою і полегшення якісної оцінки вводиться бальна шкала (табл. 4.3; 4.4) [315, 326].

Карта-матриця ризиків (рис. 4.6) дозволяє оцінити відносну значущість (вагомість, серйозність) кожного ризику (в порівнянні з іншими ризиками), а також виділити об'єкти впливу ризику, які є критичними і вимагають розробки заходів щодо їх управління. Побудова карти ризиків дозволяє:

1) визначити потенціал утримання ризиків в рамках, які можуть бути застосовані до всіх операцій залізниці;

2) розробити перелік критичних ризиків для залізниці і забезпечити наявність відповідних процесів по управлінню ними;

3) визначити пріоритетність ризиків і розробити розподіл фінансових ресурсів.

Таблиця 4.3

Частота або ймовірність аварійної емісії нафтопродуктів

Бал	Значення	Частота або ймовірність
1	Дуже рідко	Раз в 7 і більше років (вірогідність до 5%)
2	Рідко	Раз в 5 років (або вірогідність настання 25%)
3	Час від часу	Раз на 3 роки (або вірогідність настання 40%)
4	Часто	Раз на рік (або вірогідність настання 80%)
5	Дуже часто	Раз на півроку і частіше (вірогідність понад 95%)

Таблиця 4.4

Показники ступеню впливу ризику виникнення аварійної емісії нафтопродуктів

Бал	Ступінь впливу	Рецептивний статус об'єкту $\sum_{i=1}^{n} RSt_i$, бал	Потенційний збиток від настання ризику
1	Незначна	<8	Відсутність яких-небудь наслідків у разі реалізації ризику
2	Низька	9-16	Наслідки від реалізації ризику не значні
3	Середня	17-24	Наслідки від реалізації ризику значні, але можуть бути повністю виправлені
4	Суттєва	25-32	Наслідки від реалізації ризику дуже значні, але можуть бути виправлені до певного ступеня
5	Катастрофічна	>33	У разі реалізації ризику, залізниця практично не зможе відновитися від наслідків

Карта ризиків розбита на декілька областей, виділених різним кольором.

1) Зелена зона – ризики, які мають низьку вірогідність настання і (або) не надають значного впливу на біосферу (зона безпечного функціонування).

2) Блакитна зона - ризики, які мають середню вірогідність настання або середній потенційний вплив (зона відносної толерантності).

3) Фіолетова зона – ризики, які мають досить високу вірогідність настання або середній потенційний вплив (зона екологічної настороженості).

4) Червона зона – ризики, які є критичними для об’єкту залізниці або у зв'язку з високою вірогідністю настання, або у зв'язку з серйозним потенціалом збитку який може вплинути на фінансову життєздатність залізниці (зона критичного ризику).

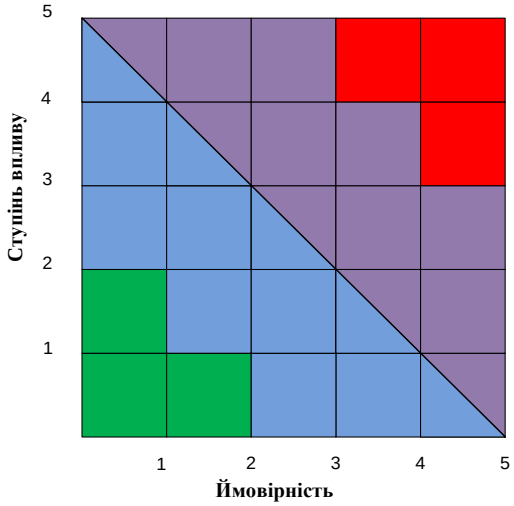


Рис. 4.6. Карта-матриця визначення вагомості (значущості) ризиків.

На карту наносяться ідентифікаційні номери ризиків (відповідно до реєстру) відповідно до показників частоти (ймовірність) настання і ступеню (впливу) ризиків.

Карта ризиків є графічним зображенням схильності об’єкту до критичних ризиків і повинна бути обов'язковим додатком до звіту.

Відносна вагомість (значущість) ризику визначається за картою-матрицею.

Пріоритетність ризиків встановлюється відповідно до позиції кожного з ризиків на карті ризиків (рис. 4.6):

1 група – катастрофічні ризики – червона область карти ризиків – ризики, що мають найбільш високий пріоритет;

2 група – середні ризики – фіолетова область карти ризиків – другі по пріоритетності ризики;

3 група – низькі ризики – зелена область карти ризиків – ризики в межах утримуючій здатності компанії – моніторинг і контроль.

Усередині кожної з груп пріоритетність ризиків встановлюється на основі балу значущості ризиків.

Кожна з ризиків, що увійшли в 1 і 2 групу пріоритетності, оцінюється на основі наступних чинників:

1) аналіз причин настання ризиків (сценарії збитків);

2) аналіз потенційного впливу ризиків на фінансові показники Суспільства – властиві ризики (без урахування методів управління ризиками) і залишкові ризики (залишковий ризик після застосування методів управління ризиками);

3) аналіз кореляції ризиків з іншими ризиками (погашення негативного ефекту від настання ризику в одному підрозділі позитивним в іншому підрозділі – принцип компенсації, або посилення негативного ефекту у зв'язку з настанням інших ризиків – принцип доміно).

Таким чином, розроблена методика являє собою простий, ефективний та доступний приклад ідентифікації, оцінки і можливості подальшого управління ризиками на залізниці [315, 326]. При цьому стає необхідним остаточне формулювання допустимого ризику.

4.3. Моделі управління екоінформаційними системами

Для залізниць, які у більшості виконують процеси транспортування нафтопродуктів та використовують нафтопродукти для особистих потреб властиві наступні чинники, що впливають на організацію процесу транспортування – експлуотаційно-технологічні, антропогенні та природні.

Для ефективного управління процесом транспортування необхідні не тільки достовірні дані і їх своєчасне надходження, але і можливість їх оперативної інтерпретації, що зумовило використання геоінформаційного підходу. Він об'єднує засоби графічної візуалізації з інструментами просторового аналізу і обміну даними, які сприяють ефективній організації і управлінню даними.

4.3.1. Геоінформаційні системи, їх структура та функціонування

Геоінформаційний підхід і ГІС-картографування дозволили виробити уявлення про систему регулювання інформаційних потоків, починаючи від картографічного забезпечення і закінчуючи системою ухвалення рішень, обумовлюючи ефективну участь в механізмах регулювання діяльністю. Як базова основа системи екологічної безпеки використані топографічні карти і плани, які були спеціально оцифровані. Відмінність картографічних проекцій ставить завдання узгодження базової основи для адекватного сприйняття інформації. Геоінформаційний підхід надає можливість оптимізувати програму екологічного моніторингу в зоні транспортування, зберігання і використання нафтопродуктів, підтримуючи різні аналітичні операції, забезпечуючи управління просторовими даними і сервіс передачі інформації, а також їх картографічне уявлення на етапі ухвалення рішень.

Інтеграція баз даних різних структур дозволяє використовувати систему для вирішення різних прикладних завдань. Функціональна схема інтегрованої системи управління навколишнім середовищем та екологічною безпекою на залізному транспорті представлена на рисунку 4.7. Дана система є відкритою, отже, залежно від виникаючих завдань можлива побудова нових модулів, їх алгоритмічне і програмне забезпечення, а таким чином, і їх візуалізація.

Для проведення систематизованого аналізу, а також оцінки та ранжирування об’єктів залізничного транспорту за їх потенційним впливом на навколишнє середовище автором розроблено і рекомендовано використання карт рецептивного статусу об’єктів – чутливості об’єктів навколишнього середовища до антропогенного навантаження .

Карти рецептивного статусу є частиною науково-методичного забезпечення системи екологічної безпеки, що дозволяють виробити стратегію реагування при ліквідації аварій. Це один з основних ресурсів, на які повинні спиратися керівні і виконуючі органи при ухваленні рішень, оцінюванні наслідків розливів, а також розрахунках необхідних засобів реагування і місць їх дислокації, виходячи з типових для даного району умов (рис. 4.8).



Рис. 4.7. Функціональна схема інтегрованої системи управління екологічною безпекою на залізничному транспорті.

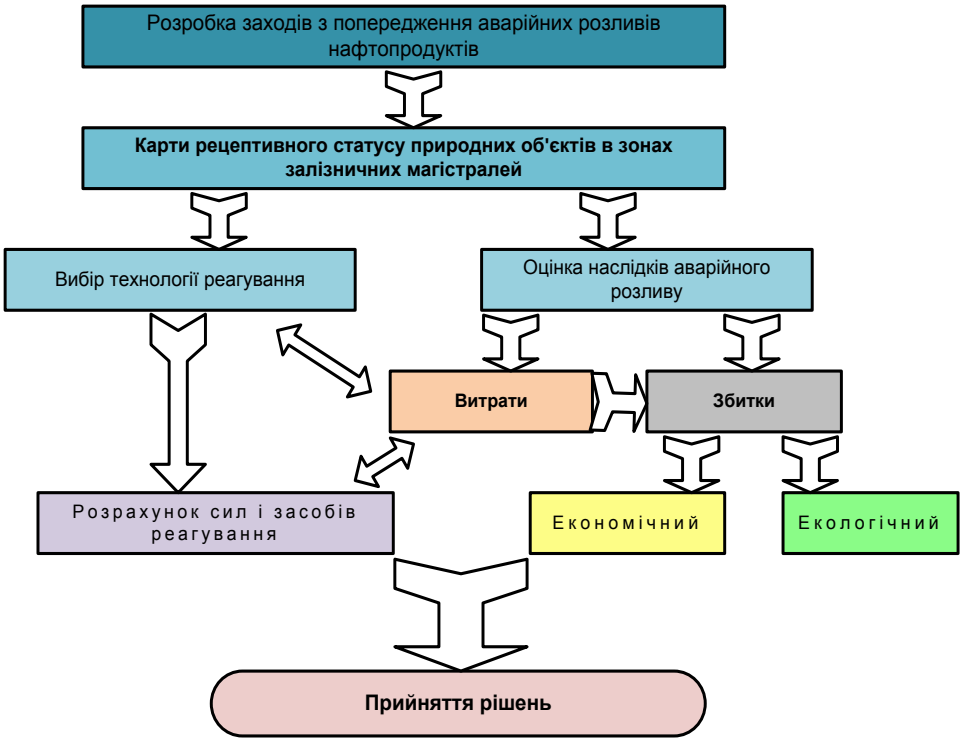


Рис. 4.8. Місце карт рецептивного статусу в системі забезпечення екологічної безпеки при транспортуванні нафтопродуктів.

Картами рецептивного статусу є генералізоване зображення земної поверхні, що показує розподіл об'єктів живої природи і господарської діяльності, які можуть піддаватися нафтовому забрудненню. Вони містять не тільки інформацію з моніторингу про стан навколишнього середовища району потенційного розливу але й дозволяють оцінити ступінь уразливості того або іншого об'єкту по відношенню до нафтопродуктів (наприклад, уразливість територій, що відносяться до заповідного фонду або екологічних мереж, що знаходить віддзеркалення на карті).

Окрім цього карти чутливості дають можливість оперативно визначати пріоритетні зони при ліквідації розливів, моделювати і прогнозувати процес, пов'язаний з розливами нафти, а також оцінювати збиток, нанесений в результаті викиду нафтопродукту.

Таким чином, розроблені карти та в цілому геоінформаційна система надають можливості:

- отримання характеристик про ступінь чутливості ресурсів до нафтового забруднення залежно від метеорологічних параметрів та пори року, виражених в індексах;
- оцінки і прогнозу надзвичайних ситуацій, викликаних нафтовими розливами, а також вибір пріоритетів при проведенні операцій по ліквідації забруднення;
- оцінка збитків, нанесених навколишньому середовищу і зон ризиків виникнення надзвичайних ситуацій.

Однією з основних причин створення карт рецептивного статусу природних об'єктів в зонах залізничних магістралей є складність адекватного планування заходів щодо ліквідації на початкових стадіях розливу.

Карти дозволяють представити вірогідність попадання нафти на певні ділянки територій різного природного статусу, і також оцінити порівняльний збиток і витрати на ліквідацію наслідків аварії.

Таким чином, карти чутливості природних об’єктів до нафтового забруднення повинні стати одними з основних складових плану, що також являє собою обґрунтування складу та послідовності ліквідаційних заходів.

Тобто карти чутливості відображають обстановку, що існує в певний момент, в районі потенційного розливу, фіксуючи її на рівні юридичного документа.

Карти рецептивного статусу є не просто сукупністю електронних карт з можливістю моделювання різних картографічних конфігурацій, але і надають доступ до бази даних про об'єкти, позначені на цій карті. Наявність атрибутивної інформації картографічних об'єктів і зв'язок з базами даних надає якісно нові можливості для аналізу наявної інформації. Так, наприклад, позначивши ареал зони потенційного забруднення і виявивши ресурси, що мають в даний момент найбільшу чи найменшу чутливість до нафтового забруднення, ми можемо визначити контури областей, що мають безумовний пріоритет для захисту.

Так, при аварійному розливі нафти в зоні проходження залізничної магістралі вздовж берегової лінії Чорного моря (р-н м. Євпаторія, Придніпровська залізниця) велика вірогідність забруднення місць традиційного відпочинку. Це визначає необхідність оперативної локалізації розливу на поверхні ґрунту і в зоні витоку з ціллю відхилення переміщення нафтового току від пляжної зони.

Наочна область реалізації запропонованої системи є аварійна ситуація. Геоінформаційний підхід дозволяє інтегрувати базу даних і моделі механізмів взаємодії суб'єктів і об'єктів для опису просторово-часової мінливості явищ. Він є процесом зіставлення потенціалу суб'єкта з характеристиками зовнішнього середовища, в якому цей суб'єкт функціонує. Ситуаційний аспект в даному випадку є одним з варіантів територіального підходу, в основі якого лежить концепція управління екологічною безпекою. Це означає, що забезпечення екологічної безпеки включає підбір чинників організації, відповідних ситуацій в навколишньому середовищі. При цьому розглядаються всі можливі варіанти розвитку ситуації, для кожного з яких визначається відповідна стратегія реагування.

Для адекватного відтворення територіальної ситуації важливим аспектом є облік різноманітних чинників, включаючи погодні умови на момент розливу, час реагування, забезпеченість засобами ліквідації аварії. Використовуючи

геоінформаційний підхід, створюється розшарування реальності, тобто представлення всієї різноманітності завдань з використанням принципу, «що буде, якщо...». Інформаційний зміст даного аспекту вельми важливий при ухваленні рішень. Робота системи забезпечення екологічної безпеки включає елементи моделювання, де представляється аналіз ситуації і прогноз її зміни. Моделювання реалізується по принципах системного аналізу, коли сформований геоінформаційний образ об'єкту, і реалізуються стадії аналізу – постановка проблеми, вибір критерію безпеки, створення моделі, аналіз стратегій. Таким чином, створюється багатоваріантна модель, заснована на ряді обставин. Просторовий аналіз показує, що вирішення проблем лежить в площині створення ефективних механізмів регулювання ситуації, коли досліджуються взаємодія груп інтересів з різними характеристиками і показниками відхилення їх стану від рівноважного. Критеріями оптимальності рішень можуть бути швидкодія, мінімум відхилення стану різних груп від рівноважного, досягнення до певного моменту часу декларованих в концепції показників діяльності і стану навколишнього середовища.

Значний об'єм даних, що містяться в картах рецептивного статусу, можливість оптимальної організації, обробки і оперування ними, визначили необхідність створення інформаційної системи, що дозволяє здійснювати оперативний доступ даним, необхідним для ухвалення рішення при загрозі забруднення природних екосистем. Принципова схема управління екологічною безпекою на залізниці та складання карт рецептивного статусу представлена на рисунку 4.9 [315, 326].

Для створення карт використовуються дані власних досліджень, аерокосмічних знімків, результатів аналізу даних моніторингу, отриманих з відкритих і відомчих звітів і спостережень, що проводяться в зоні потенційного розливу. Отримані дані були систематизовані, відцифровані і представлені у вигляді бази даних.

На даному етапі проводиться експертна робота і інтерактивний аналіз, внаслідок чого створюється серія тематичних карт, зв'язаних з дистанційними

даними. Інформація про наявність і характеристики існуючих сил і засобів реагування враховується і наноситься на карти, що складаються.

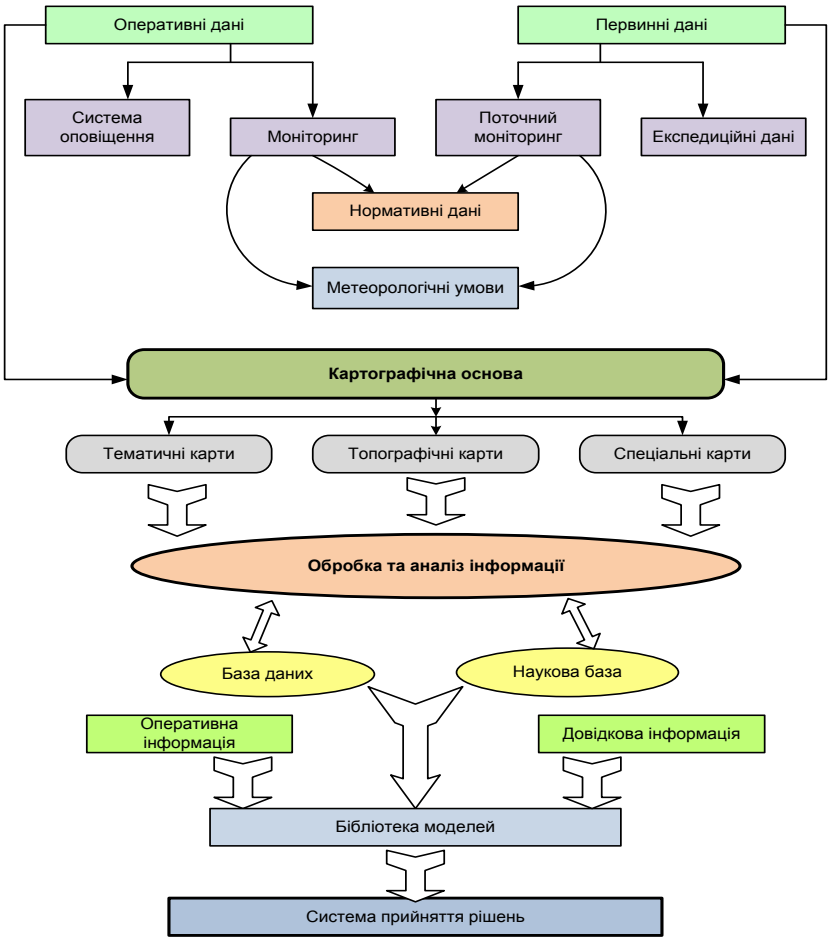


Рис. 4.9. Концептуальна схема управління екологічною безпекою на залізниці.

На поведінку нафтопродукту в процесі емісії суттєво впливають динамічні природні чинники: погодні умови, гідродинаміка і т.інш. Інформація, необхідна для створення даного блоку бази даних, отримується від гідрометеослужби, лоцій, звітів, статистичних джерел. Загальні характеристики території Придніпровської залізниці, як об’єкту наведені у Додатку Е.1.

Як базова карта використовується топографічна основа району потенційного розливу з прилеглими ділянками території і акваторії певного масштабу, що забезпечує необхідне деталювання (магістралі із смугою відведення і зонами відчуження, підприємства і підрозділи залізничного господарства, прилеглі території, водні об'єкти, абриси берегової межі і ізобати,

населені пункти і комунікації). У інформаційній системі базові карти представляються двома типами: векторними і ситуаційними.

Найбільш точна і достовірна інформація про найбільш уразливі об'єкти отримана шляхом проведення польових досліджень в районах взаємодії інфраструктури залізничного транспорту з екологічно значущими об'єктами.

Об'єкти природокористування є елементами карт рецептивного статусу і визначаються як просторово обмежені комплекси (територіальні поєднання) конкретних підприємств і інших господарських утворень, що використовують розташовані в їх межах природні ресурси, в рамках наявних або запланованих технологій, технічних ресурсів, матеріальних і трудових ресурсів. До них відносяться: орні землі, території, що мають високе сільськогосподарське значення, водоймища, що є джерелами питного водопостачання, рибопромислові ділянки і підприємства, рекреаційні об'єкти, родовища мінеральних ресурсів, природні території, що особливо охороняються. Забруднення цих об'єктів призводить до значних збитків. Карти чутливості показують розподіл даних об'єктів, їх склад і особливості спеціалізації. Крім того, інформація про їх економічну складову дозволяє визначити не тільки ступінь уразливості і її сезонні особливості, але і оцінити збитки у разі нафтового забруднення.

Повнота наданої інформації по об'єктах природокористування і живої природи визначає величину збитку у разі аварійного розливу нафтопродуктів, а також вартість реабілітації забрудненої ділянки.

В основі індексації лежить виявлення зв'язку між будовою і структурою об'єкту і фізичними процесами, що відбуваються при попаданні нафтопродуктів на нього. Індекс дозволяє визначити найбільш уразливі чи стійкі до забруднення райони і згодом полегшити процес вибору пріоритетних ділянок при ліквідації забруднення.

На сьогоднішній день існує багато принципів оцінки стану навколишнього середовища за різних компонент. Наприклад, імовірнісна оцінка антропоекологічного ризику призначається за критеріями Ешбі (від $1 \cdot 10^{-5}$- допустимий рівень ризику; до $2{,}5 \cdot 10^{-1}$ - високий рівень ризику). У

інших випадках використовують інтегральні показники техногенного навантаження ((-0,40) - низький рівень та (+2,11) - дуже високий рівень). Використання існуючих критеріїв не є доцільним при поставлених завданнях для залізниці, оскільки вказані критерії враховують не актуальні для транспортної системи компоненти – соціально-економічна освоєнність територій, ступінь урбанізованості територій, антропо-екологічний потенціал.

Таким чином, для більш раціонального підходу до розробки програмного комплексу в межах залізниці, було необхідно адаптувати критерійний апарат, який буде враховувати найбільш важливі компоненти та фактори взаємодії транспортної інфраструктури з природним середовищем у процесі нафтообороту.

В дисертаційній роботі за статистичним методом визначено найбільш об’єктивні й вагомі фактори ризику виникнення аварійної ситуації залізниці. До них віднесено: характеристика метеоумов об’єкту; характеристика ґрунтової матриці об’єкту; характеристика ґрунтових ресурсів об’єкту; характеристика наявних у зоні дослідження водних об’єктів за господарським статусом; наявність об’єктів лісового фонду; ступінь деградації ґрунтів територіальних об’єктів; характеристика територій за курортологічним статусом та статус об’єктів за техногенною складовою.

У вказаній групі виділені параметри – індекс рецептивності (за бальною оцінкою) за спеціально розробленими критеріями. Для вказаних параметрів встановлено пріоритетність у формуванні сумарного ризику (від 1 до 5 балів).

Внаслідок цього при визначенні рецептивного статусу територій прилеглих до зон функціонування підрозділів залізниці і розробці заходів, пов'язаних з ліквідацією наслідків розливів, необхідне використання комплексного підходу і розгляд об'єктів не тільки як самостійних одиниць, але і як комплексних геосистем, як складових. В даний час це питання знаходиться у стадії вивчення. Проте вже зараз можна говорити про різний ступінь рецептивності багатьох цінних об'єктів живої природи.

Результати аналізу карт рецептивного статусу, використовуються не тільки при реагуванні на нештатні ситуації, пов'язані з аварійними розливами

нафтопродуктів, але і повинно бути основою моніторингу і екологічної експертизи практичної діяльності залізничного транспорту, оскільки містять комплексні відомості про стан навколишнього природного середовища в зонах функціонування залізниці.

У дисертаційній роботі виконана комплексна оцінка рецептивного статусу зон функціонування Придніпровської залізниці в межах Дніпропетровської області, яка показала, що найбільш чутливими до нафтового забруднення є території високого природоохоронного значення – природні та штучні лісові масиви, особливо хвойних порід; території магістралей, розташованих уздовж Каховського і Дніпродзержинського водосховищ, а також місця перетину річок – Дніпро, Самара, Оріль, Мокра Сура, Саксагань, Вовча; земельні угіддя – рілля, сіножаті, пасовища, багаторічні сільськогосподарські насадження; місця концентрації біологічних ресурсів; території, що отримали статус національних і регіональних екологічних ядер і мереж. Це забезпечує інформаційну основу для розробки і створення Планів ліквідації аварійних розливів нафти і карт рецептивного статусу для всіх діючих об'єктів, які відносяться до інфраструктури залізниць.

Для оптимізації вибору технології очищення територій від нафтового забруднення автором складений алгоритм, що є частиною інформаційно-аналітичної системи забезпечення екологічної безпеки, дозволяє з урахуванням наявних сил і засобів досягти найбільш ефективного результату.

Карти рецептивного статусу можуть бути представлені як основа інформаційно-аналітичного ресурсу (рис. 4.10), на який спираються керівні і виконавчі органи при ухваленні рішень, оцінюванні наслідків розливу, а також визначенні необхідного устаткування і місць дислокації ліквідаційних і пожежних поїздів, виходячи з типових для даного району умов.

Інформаційно-аналітичний блок системи підтримки ухвалення рішень забезпечує:

- накопичення і надання інформації, необхідної для ухвалення рішень в надзвичайних ситуаціях;

- виявлення ризиків забруднення екологічно цінних територій і вибір оптимальних методів ліквідації забруднення;
- визначення екологічно уразливих до нафтового забруднення об'єктів навколишнього середовища;
- розрахунок збитку, нанесеного емісією;
- уявлення про найбільш цінні об'єкти, розташовані в зонах функціонування магістралей;
- можливість інтеграції інформації для виконання просторових операцій.

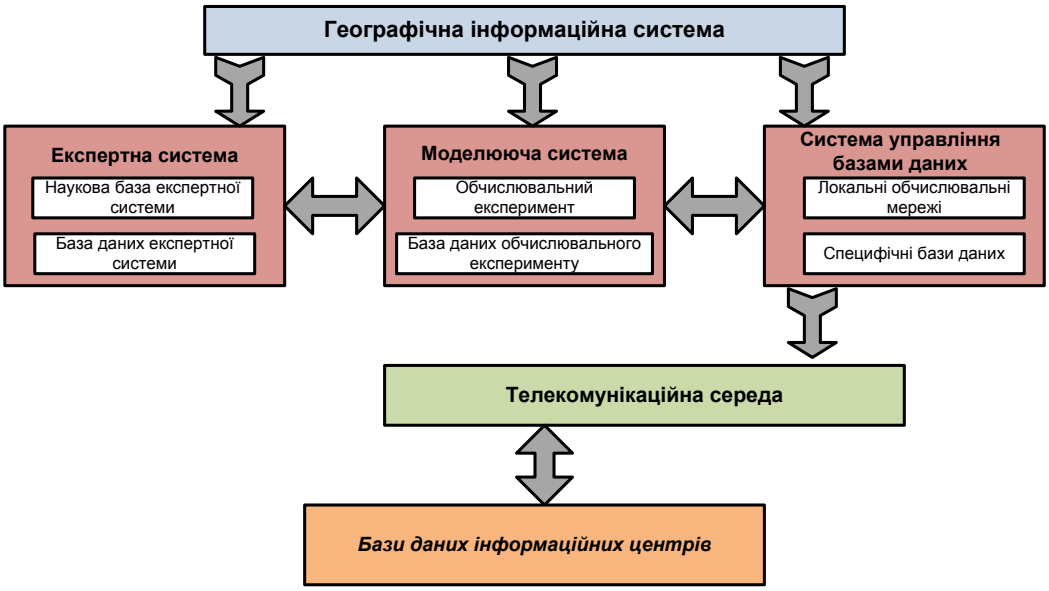


Рис. 4.10. Структура інформаційно-аналітичного комплексу.

Виходячи з вимог екологічної політики, за допомогою інформаційно-аналітичної системи автором розроблено рекомендації для вирішення проблем екологічної безпеки. Так, аналіз природно-кліматичних умов району ризиків дає підстави для визначення складу необхідної і достатньої кількості засобів реагування. Моделюючи поведінку нафтопродукту в зоні емісії, і виявивши територіальні об'єкти, що вимагають пріоритетного захисту, визначається рекомендоване місце дислокації команди реагування ліквідаційного поїзда, формуються обґрунтовані бази екологічного моніторингу. Залежно від завдань її використання відбувається вибір параметрів і залежностей, на основі яких з'являється можливість побудови моделей.

Ефективність діяльності різних блоків інформаційно-аналітичної системи підвищується за рахунок використання розподілених баз даних і створенні комплексних моделей. Вона включає п'ять ключових складових: апаратні засоби, програмне забезпечення, дані, методи і виконавці.

Таким чином, розроблений картографічний банк даних, що з’єднується з будь-якими просторово розподіленими даними зони функціонування залізничних магістралей і підрозділів став основою всієї системи [315, 326].

4.3.2. Моделі репрезентації даних і знань в екоінформаційних системах

З метою впровадження ефективної системи екологічного менеджменту на залізничному транспорті розроблено спеціальну екоінформаційну систему, яка містить чотири функціональні блоки: інформаційний; аналітичний; оперативний та технологічний.

В процесі розробки інформаційної системи та карт рецептивного статусу об’єктів попередньо було проведено аналіз специфіки та характеру впливу операцій нафтообігу на залізничному транспорті.

Об'єкти нафтообігу на залізничному транспорті за характером дії на територіальні системи і своїм інженерно-функціональним особливостям можуть бути розділені на дві групи. До I групи відносяться лінійні об'єкти - залізничні магістралі, пов'язані з транспортуванням нафти і продуктів її переробки. Особливістю цих об'єктів є те, що забруднювач найінтенсивніше поступає уздовж лінії транспортування, а в поперечному напрямі відбувається його розповсюдження. Лінійні об'єкти перетинають зони з різними фізико-географічними, структурно-геологічними і неотектонічними умовами, а також райони, які є важливими в природоохоронному і водогосподарському відношенні. Комплексну дію цих чинників ускладнює контроль за ними і підвищує эколого-геологический ризик їх експлуатації.

До II групи відносяться локальні - точкові об'єкти - паливно-наливні станції, склади ПММ, промивально-пропарювальні станції, вагонні і локомотивні депо, станції техобслуговування рухомого складу. Для них характерне зосереджене нафтохімічне навантаження.

За типом нафтопродукти можна систематизувати на: легкі (низькокиплячі фракції) і важкі (висококиплячі).

За місцем розташування джерела забруднення об'єкти можуть бути: заглиблені чи поверхневі.

За характером просторового розповсюдження: міграція з поверхневим стоком; міграція з потоком підземних вод; інфільтрація через зону аерації.

За характером тимчасового впливу на геологічну систему об'єкти на яких трапляються емісії нафтопродуктів розподіляються на: систематичні; періодичні; аварійні; епізодичні втрати.

За характером прояву забруднюючого ефекту: виявлені та приховані.

В цілому планується створення повномасштабної системи з інформаційно-довідковими і аналітичними функціями на основі технології систем управління базами даних (СУБД) і географічних інформаційних систем, призначеною насамперед для використання в процесі екологічного менеджменту, здійснюваного спеціально уповноваженим органом в сфері єкологічної безпеки на залізничному транспорті.

Слід зазначити той факт, що в Україні, в транспортній інфраструктурі на сьогоднішній день відсутні інформаційно-аналітичні системи даного профілю. Отримання комплексних аналітичних екологічних, еколого-економічних і еколого-соціальних оцінок є вельми складним питанням, що вимагає перш за все належного теоретичного опрацьовування. Наявні в доступній науковій і методичній літературі напрацювання по побудові таких комплексних оцінок вельми розрізнені і небезперечні.

Система будується за нарощуваним модульним принципом. Такий підхід викликаний цілим рядом чинників. Основні функції запропонованої системи можна розділити на наступні групи:

- базові функції, що дозволяють вести бази даних і підтримувати їх в актуальному стані;
- комунікаційні функції, що дозволяють здійснювати інформаційний обмін з існуючими інформаційними системами типу ІАС і організовувати санкціонований доступ до наявної інформації;

- довідкові функції, що дозволяють шляхом запитів отримувати інформацію щодо стану об’єктів і територій привернутих до нафтообігу, дозвільній діяльності, нормуванні і регулюванні, екологічній дії нафтопродуктів і нафтовміщуючих відходів;
- прогнозні функції - оцінка дії нафтопродуктів на довкілля;
- «ресурсні функції», що дозволяють враховувати нафтовідходи як вторинні ресурси і організовувати їх використання на регіональному рівні;
- аналітичні функції для отримання комплексних оцінок і обґрунтування схвалюваних управлінських рішень.

Систематизація об'єктів транспортування і нафтокористування необхідна для створення відповідного банку даних і проведення на його основі аналізу впливу лінійних і точкових об'єктів на територіальні комплекси.

Основні функції програми наведено на схемі рис. 4.11.

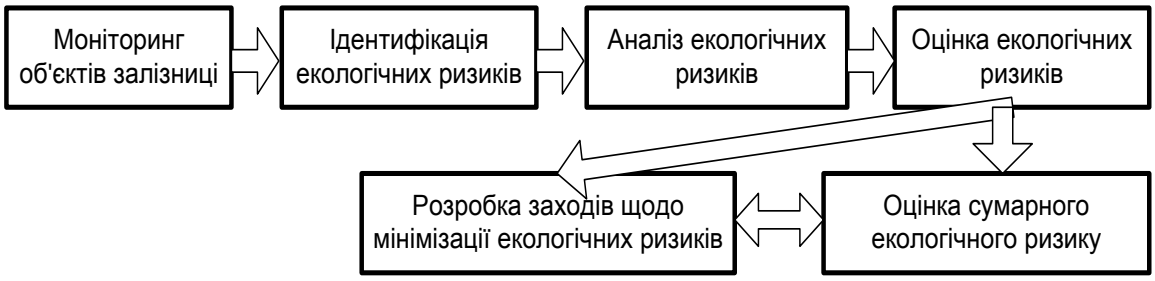


Рис. 4.11. Модель управління екологічними ризиками на залізниці.

Основні функції програми.

Методико-аналітичний блок запропонованого програмно-аналітичного ресурсу наведено у Додатку Е.2.

Рецептивний статус екологічного об'єкту являє собою ступінь впливу нафтообігу залізниці на об’єкти навколишнього середовища і тим самим - ступінь уразливості цих об’єктів навколишнього середовища по відношенню до процесів транспортування чи використання нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Головне меню та операційні вікна програмного комплексу показано на рис. 4.12-4.13.

Інтерфейс програмного комплексу [315, 321, 326]

При розробці програмного забезпечення використовувалися: Мова C++ для створення інтерфейсу додатку і зв'язку його з базами даних, мова SQL для побудови баз даних.

Систему створено на базі повнофункціональної ГІС Maplnfo v. 5.0, програмні модулі написані на мові MapBasic. Система працює в операційному середовищі Windows 95/98/NT 4.0.

Для користування програмним комплексом передбачається три рівні доступу до інформаційної бази даних з ціллю можливості виконання наступних функцій: контроль екологічної безпеки на департаментському рівні; здійснення управління екологічною безпекою при здійсненні нафтообігу на рівні управлінь залізницями; здійснення оперування і використання інформаційним комплексом на рівні підприємств і підрозділів залізниць.

У цілому планується створення повномасштабної системи з інформаційно-довідковими і аналітичними функціями на основі технології систем управління базами даних (СУБД) і географічних інформаційних систем, призначеною насамперед для використання в процесі екологічного менеджменту, здійснюваного спеціально уповноваженим органом у сфері експлуатації залізничного транспорту.

Допоміжне вікно бальної оцінки індексів рецептивності відносно метеорологічних умов. Візуалізація інформації з визначення бальної оцінки рецептивного статусу даного підприємства (ст. Пятихатки)

У завдання складання карт контролю за виконанням раніше намічених заходів щодо охорони навколишнього середовища входить визначення ступеня виконання рекомендованих заходів. У зв'язку з цим може виникнути питання про повторення неякісний виконаних робіт.

Функціонування програмного комплексу виконується за допомогою управління базами даних, які містять спеціальні блоки та електроні таблиці. Для цього розроблено базу даних (БД) інформаційного центру для підтримки даного програмного продукту «SAER» (САЕР).

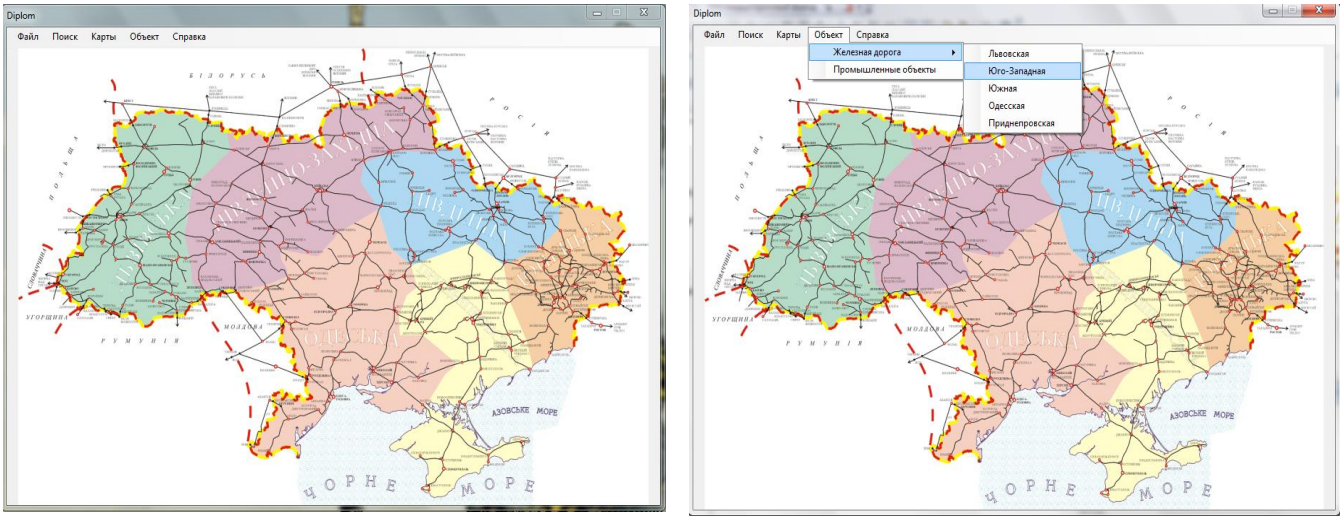


Рис. 4.12. Головне меню програмного комплексу.

Выбор Объект→Железная дорога→Юго-западная:

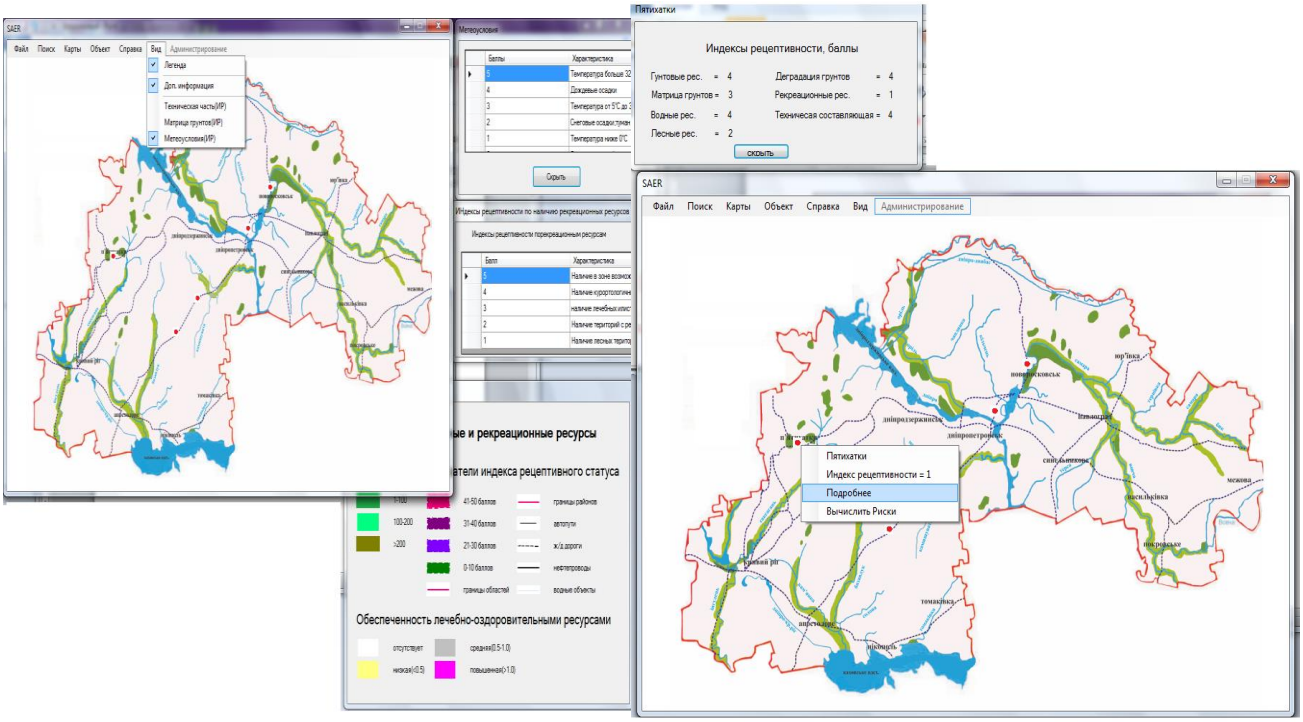


Рис. 4.13. Операційні вікна програмного комплексу.

Розроблена БД підтримується Microsoft SQL Server 2012. На схемі показані основні зв'язки між таблицями БД (рис. 4.14), які реалізовані у самій системі управління БД. Подальші відносини реалізовані за допомогою частини користувача програмного продукту «SAER».

Карти моніторингу екоситуацій, що входять в контрольний блок, мають найбільшу оперативність. Тому отримані дані поступають в комп'ютерну систему, яка дозволяє швидко інформувати всі компетентні організації Департаменту залізниць про фактичний стан навколишнього середовища в районах екологічної настороженості і аварійних емісій нафтопродуктів. В цьому відношенні екологічне картографування має велике значення.

Рецептивний статус *i*-го екологічного об'єкту обчислюється за формулою:

$$RSt = \frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n} St_i \,, \tag{4.13}$$

де: St_i - значення екологічних та техногенних факторів, що впливають на об'єкт; n – кількість екологічних та техногенних факторів (обрано 10 факторів за якими проводиться оцінка індексу рецептивності).

В свою чергу, кожний фактор, що впливає на об'єкт оцінюється за допомогою значень індексів з бальною оцінкою за запропонованими даними:

$$RSt_j = \frac{1}{\ell}\sum_{j=1}^{\ell} Ir_j \,, \tag{4.14}$$

де: Ir_j - індекс рецептивності об'єкту за кожним конкретним фактором, ℓ - кількість індексів рецептивності

Індекс рецептивності об'єкту (Ir) залежить від ступеню впливу конкретного техногенного чи природного фактору на об'єкт, наприклад:

Ir_1 - індекс рецептивності об'єкту за аналізом маршрутів транспортування нафтопродуктів; Ir_2 - індекс за аналізом щодо присутності в зоні дії залізниці об'єктів нафтообігу - ПНС (паливно-наливних станцій), нафтового терміналу, нафтозаправок, нафтосховищ; Ir_3 - індекс за аналізом розташування природоохоронних об'єктів в зоні дії залізниці; Ir_4 - індекс, який залежить від метеоумов та кліматичних характеристик властивих даному об'єкту; Ir_5 - індекс, який залежить від типу ґрунтів в зоні дії залізниці та ступеню їх проникності по відношенню до нафтопродуктів;

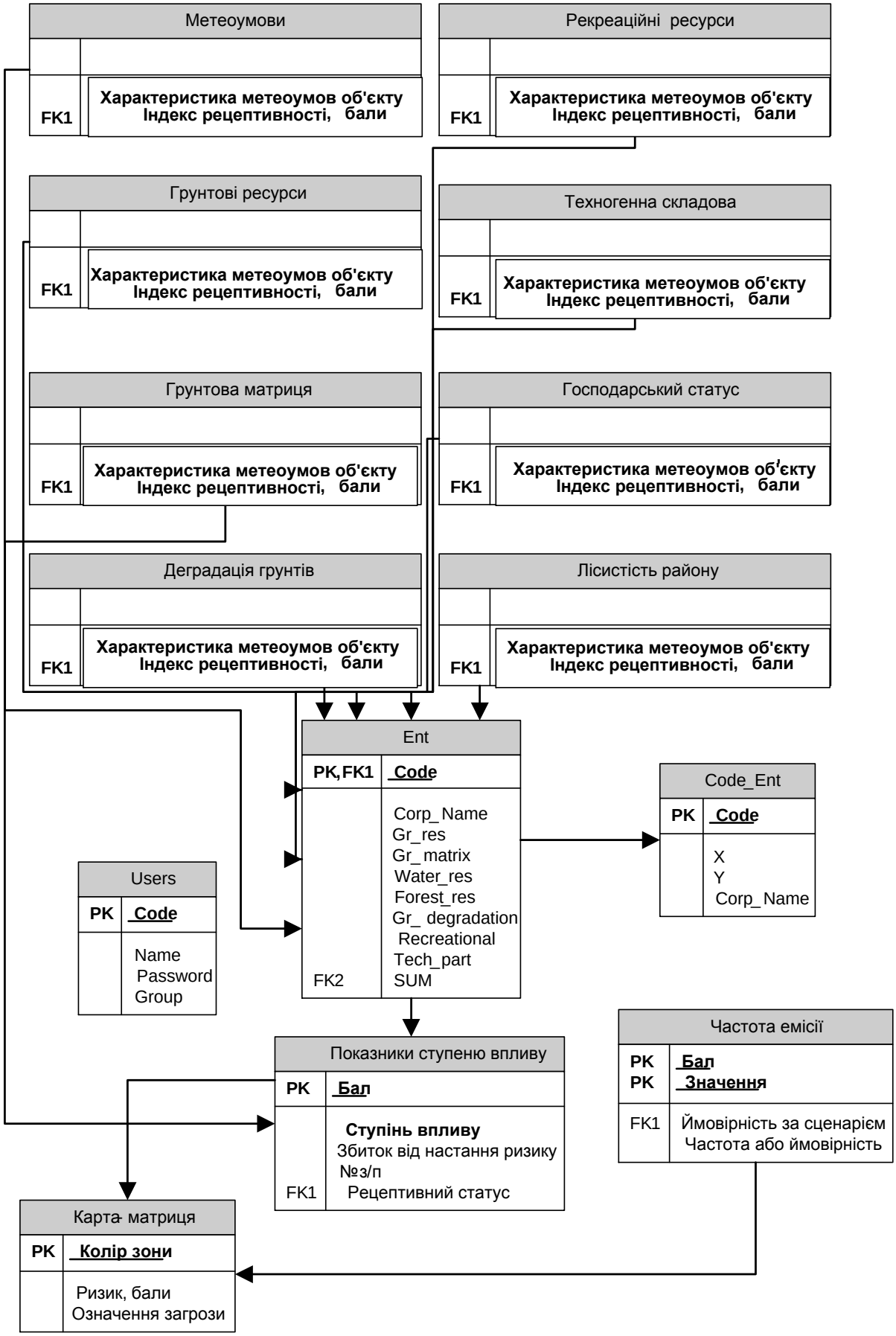


Рис.4.14. Функціональна схема середовища «SAER».

Ir_6 - індекс за аналізом розташування об'єкту, що оцінюється до об'єктів соціального значення (населенні пункти, зони рекреації та відпочинку); Ir_7 - індекс, який залежить від типу нафтопродукту та його фізико-хімічних властивостей; Ir_8 - індекс, який залежить від ступеню потенційної небезпеки виникнення надзвичайної ситуації техногенного характеру (наявність в зоні дії чи на прилеглих територіях залізниці потенційно небезпечних техногенних об'єктів); Ir_9 - індекс за аналізом розташування водних об'єктів в зоні дії залізниці; Ir_{10} - індекс, який залежить від ступеню деградації ґрунтів та фонових показників забруднення нафтопродуктами, до яких не причетна залізниця.

Рецептивний статус підрозділу залізниці, який складається із декількох об'єктів, наприклад Придніпровської дороги буде оцінюватись за формулою:

$$RSt_{\text{Pr}} = \frac{1}{m}\sum_{i=1}^{m} RSt_i, , \tag{4.15}$$

де: m – кількість об'єктів та підрозділів на Придніпровській залізниці

Таким чином, рецептивний статус всієї Укрзалізниці становитиме:

$$RSt_{UZ} = \sum_{i=1}^{n} RSt_i = \frac{RSt_{Pz} + RSt_{Pd} + RSt_{\text{Pr}} + RSt_{Dn} + RSt_{Od} + RSt_{Lv}}{n}, \tag{4.16}$$

де: RSt_{UZ} - сумарний рецептивний статус всієї Укрзалізниці; n – кількість залізниць, що входять до Укрзалізниці; RSt_{Pz} - сумарний рецептивний статус Південно-західної залізниці; RSt_{Pd} - сумарний рецептивний статус Південної залізниці; RSt_{Pr} - сумарний рецептивний статус Придніпровської залізниці; RSt_{Dn} - сумарний рецептивний статус Донецької залізниці; RSt_{Od} - сумарний рецептивний статус Одеської залізниці; RSt_{Lv} - сумарний рецептивний статус Львівської залізниці.

Визначення рецептивного статусу всієї Укрзалізниці досить трудомісткий процес, який потребує значних затрат часу персоналу та машиногодин, отже створення цієї інформаційної системи є важливою і необхідною ланкою у ланцюзі стратегічних завдань для переходу до системи сталого розвитку, що має безсумнівно принципове значення для інтеграції до Європейського союзу.

4.3.3. Бази даних і бази знань. Електронні карти оцінки «екологічного статусу» зон емісій нафтопродуктів на залізничному транспорту

Створення загальної системи починається зі створення підсистем – у нашому випадку - із формування бази даних для створення карт рецептивного статусу одного чи декількох об’єктів в межах однієї залізниці.

Придніпровська залізниця достатньо складний об’єкт, до якого входять декілька областей та республіка Крим. Отже, обмежимось Дніпропетровською областю на Придніпровській залізниці.

Аналізуючи кліматичні характеристики району дослідження приймаємо наступні показники індексів рецептивного статусу, що можуть вплинути на характер процесу емісії та порядок проведення ліквідаційних заходів (табл. 4.5).

Таблиця 4.5.

Індекси рецептивності об’єкту за метеоумовами

№ з/п	Характеристика метеоумов об’єкту	Індекс рецептивності, бали
1	Температура навколишнього середовища вище за 32°С	4
2	Дощові опади	3
3	Температура навколишнього середовища у межах від 5°С до 32°С	2
4	Снігові опади; Туман; Температура навколишнього середовища від 0 до 5°С.	1
5	Температура навколишнього середовища нижче 0°С	0
6	Доданки: Швидкість вітру вище за 7 м/с ▪ емісія важких нафтопродуктів ▪ емісія легких нафтопродуктів	 1 3

Забруднення і порушення ґрунтових структур, особливо в районах з сільськогосподарською спрямованістю, може привести до значних еколого-економічних збитків, тому аналіз рецептивного статусу таких об'єктів, розміщених в зонах функціонування залізниць і їх підрозділів вимагає детального вивчення. На рис. 4.15 наведено карту ґрунтових ресурсів Дніпропетровської області з мережею залізничних магістралей.

Більше 80% загальної площі Дніпропетровської області займають чорноземні ґрунти різних підтипів.Чорноземні ґрунти володіють високою

родючістю, тому вони максимально розорані і широко використовуються в сільському господарстві.

Оскільки залізничні магістралі в тій чи іншій мірі проходять крізь території з різними агрономічними показниками, ми повинні розглянути більшість цих об'єктів та визначити для них критерії оцінки.

Аналізуючи дані формуємо критерії для індексації територій при оцінці їх рецептивного статусу за станом ґрунтових ресурсів (таблиці 4.6 – 4.7).

В цілому, земельний фонд Дніпропетровської області складає 3192,3 тис. га. Орних земель припадає на частку 79,1% при 57% по Україні в середньому. За площею порушених (33,6 тис. га) земель область займає перше місце в Україні.

Таблиця 4.6.

Індекси рецептивності територіальних об'єктів за ґрунтовими ресурсами, що мають сільськогосподарське значення

№ з/п	Характеристика ґрунтових ресурсів об'єкту	Індекс рецептивності, бали
1	Чорноземи гумусові потужні, на лесових породах; Чорноземи південні малогумусові та слабогумусові, на лесових породах	5
2	Чорноземи звичайні малогумусові та малопотужні, на лесових породах	4
3	Чорноземи та лучно-чорноземні ґрунти на високопроникних матрицях; Лучно-чорноземні, глибокосолонцюваті ґрунти в комплексі з солонцями	3
4	Алювіально-лучні ґрунти на алювіальних відкладах та лучні солонцюваті ґрунти на делювіальних та алювіальних відкладах	2
5	Глейові ґрунти подів і солоді, а також дернові борові та глейові ґрунти на алювіальних відкладах	1

Отже, показники еколого-економічних збитків від забруднення земель можуть збільшуватись не тільки у випадках високої цінності території з позиції її сільско-господарського статусу, але в інших випадках, коли на фактор розповсюдження емісії за ґрунтовим профілем, а таким чином і на параметри зони ураження ґрунту нафтопродуктами впливає саме тип ґрунтової матриці.

Наведемо критерії індексації територій за типом ґрунтової матриці. За термін «ґрунтова матриця» приймаємо ґрунтові породи, з яких складено

ґрунтовий профіль під шаром гумусового покриву, та в місцях будови земляного полотна залізниць.

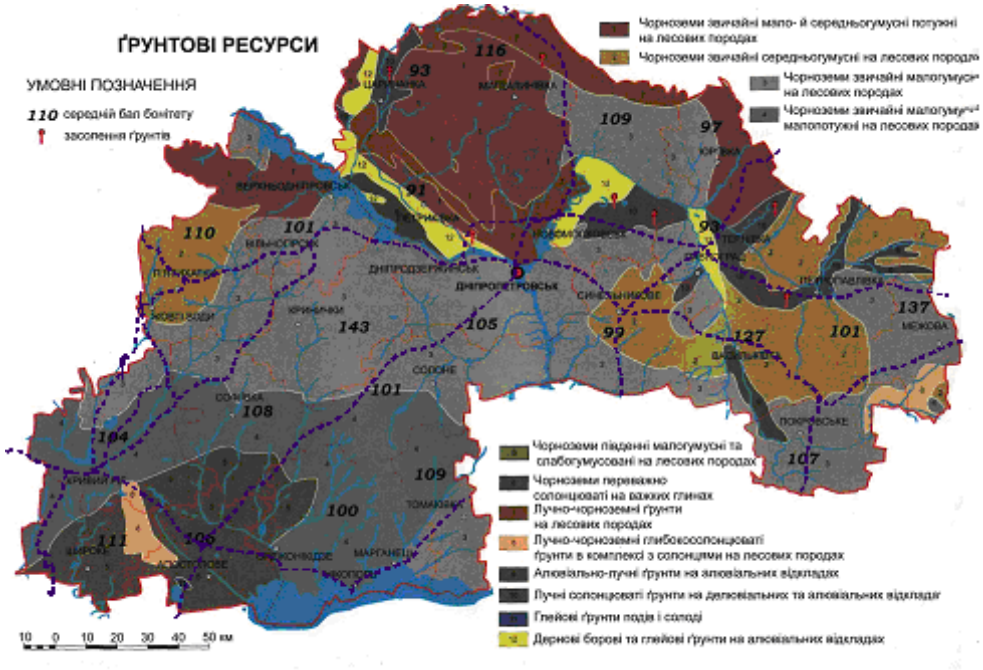


Рис. 4.15. Карта оцінки рецептивного статусу за ґрунтовими ресурсами.

Таблиця 4.7.

Індекси рецептивності територіальних об’єктів за ґрунтовою матрицею

№ з/п	Характеристика ґрунтової матриці об’єкту	Індекс рецептивності, бали
1	Черепашник	5
2	Пісок	4
3	Супіски	3
4	Суглинок лесовидний	1
5	Суглинок червоно-бурий, глини	0

На рівень рецептивного статусу об’єкту безперечно впливають і деякі природні процеси, що можуть призвести до виникнення аварійної емісії нафтопродуктів, тому є необхідним досконале вивчення і оцінка територій за ризиком їх виникнення.

Активні сучасні геологічні процеси в області, що зумовлені діяльністю гравітаційних сил, підземних та поверхневих вод, значно зменшують сейсмічну стійкість об’єктів і негативно впливають на інженерно-сейсмологічні умови промислово-міських агломерацій та важливих стратегічних об’єктів, до яких відноситься і залізниця, тому постійний моніторинг та оцінка статусу за цими показниками стає важливим аспектом безпечної екологічно діяльності.

Виходячи із загально прийнятих уявлень, зонам перетинання розломів відповідають більш «роздроблені» ділянки земної поверхні, на яких спостерігаються більш інтенсивні і небезпечні природно-техногенні (екзогенні геологічні) процеси, які несуть потенційний ризик виникнення надзвичайних ситуацій.

У розділі 5, де запропоновано комплексні технології відновлення екосфери та втрачених нафтопродуктів в результаті транспортних аварій, велику увагу було приділено технологіям очистки гідросфери. Взагалі, сценарій емісії нафтопродуктів, за яким нафтопродукти потрапляють у водні об’єкти призводять не тільки до значного розповсюдження нафтової плями – тобто зони ураження об’єкту, але й до значного збільшення еколого-економічних збитків. З ціллю зменшення екологічних ризиків виникнення вказаних емісій необхідно детально вивчити інформацію про наявність і стан водних джерел в межах об’єкту, що вивчається та розробити критерії оцінки рецептивного статусу за даним фактором (рис. 4.16).

Інформація щодо стану та статусу водних ресурсів області наведено у додатку.

Показники індексів рецептивності за господарським статусом водних об’єктів представлені в табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Індекси рецептивності водних об’єктів за господарським статусом

№ з/п	Характеристика наявних у зоні дослідження водних об’єктів за господарським статусом	Індекс рецептивності, бали
1	Водні об’єкти, що мають рибогосподарське призначення	5
2	Малі водні об’єкти	4
3	Водні об’єкти, що мають господарсько-питне призначення	3
4	Водні об’єкти, що мають рекреаційне призначення	2
5	Інші водні об’єкти	1

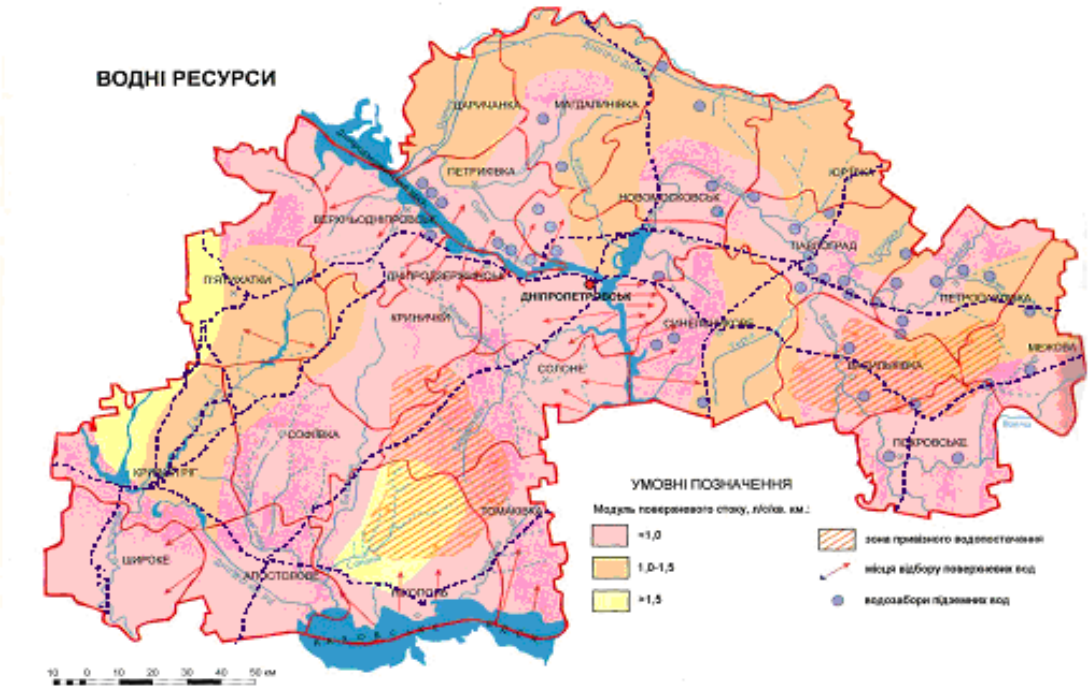


Рис. 4.16. Карта оцінки рецептивного статусу за водними ресурсами області.



Рис. 4.17. Карта оцінки рецептивного статусу за лісовими ресурсами області.

Найбільша проблема малих річок та озер є низький рівень здатності до самоочищення та ступінь розбавлення, оскільки всі вони маловодні, тому аварійні емісії забруднюючих речовин можуть призвести до значних порушень рівноваги гідроекосистем.Найбільш яскравим прикладом аналізу і оцінки рецептивного статусу високо значущого екологічного об'єкту є запропонована комплексна характеристика структури узбережжя Чорного моря і гідродинамічних особливостей в районах залізничних магістралей і станцій м. Севастополь, м. Саки, м. Євпаторії та м. Феодосії Придніпровської залізниці, які знаходять свій вираз в індексації узбережжя за десятибальною шкалою, де кожній ділянці берегової зони привласнюється власний індекс рецептивності, які наведені у таблиці 4.9.

Іншим прикладом оцінки статусу цінних природних об’єктів – є вибір критеріїв оцінки рецептивності об’єктів лісового фонду (рис. 4.17).

Загальна площа лісового фонду за станом на 01.01.1998 р. складала 152,4 тис. га., площа Державного лісового фонду - 89,8 тис. га. Лісистість області - 3,4%. Площа мисливських угідь - 2547,2 тис. га. Природні ландшафти збереглися всього лише на 0,5% територій області.

Природні і штучні лісові масиви на території області розташовані уздовж річок, на схилах річкових долин, балок, ярів, утворюючи ліси двох типів, заплавні, які приурочені до заплав річок Дніпра, Самари, Вовчої і ліси байрачного типу, що займають балки і яри. Саме у степовій зоні лісові втрати відчутні найбільшою мірою.

Забруднення лісистих територій, що знаходяться в зоні дії об’єкту залізниці може призвести до значних еколого-економічних збитків, оскільки екологічне значення таких територій набуває сьогодні високих показників.

Критерії оцінки рецептивного статусу території, прилеглої до об’єкту, що вивчається, показані в таблиці 4.10.

В залежності від частки площ розповсюдження деградованих ґрунтів та ступеню їх деградації також може збільшуватись чи зменшуватись показник еколого-економічного збитку.

Таблиця 4.9.

Індексація узбережжя за ступенем рецептивності до забруднення нафтопродуктами

Індекс	Тип берега	Характеристика
1	Відкриті виходи непроникних корінних порід	Грунт непроникний і нафта залишається на поверхні, де природні процеси сприяють її швидкому видаленню. Прибирання нафти не потрібне і не рекомендується.
2	Розвали скельних глиб	Нафта видаляється з узбережжя природним чином. У прибиранні немає необхідності, за винятком забруднених уламків і нафтової смуги на рівні високої води.
3	Дрібнопіщані території	Ступінь проникнення нафти не високий, оскільки побережжя складене напівпроникними осіданнями, однорідними і ущільненими. Прибирання спрощене наявністю щільного ґрунту.
4	Крупнопіщані території	Прибирання утруднене у зв'язку з великою рухливістю осаду, механізми в'язнуть в сипкому піску. Високий ступінь проникнення і поховання нафти.
5	Піщано-гравійні території	Висока проникність ґрунту дозволяє нафти проникати глибоко в пісок, що приводить до руйнування поверхневого шару під час прибирання. Береги піддаються природному перемішуванню осаду.
6	Гравійні і щебенисті території	Породи дозволяють нафті просочуватися досить глибоко, а низький рівень природної ротації уповільнює природні процеси видалення нафти.
7	Мілина, що висихає	Осади насичені водою, що призводить до низького ступеню проникнення нафти углиб. Якщо узбережжя сухе, то ступінь проникнення нафти високий. Приливна течія може змити нафту і перенести уздовж берега. Прибирання нафти ускладнене із-за можливості змішування нафти з піском.
8	Закриті піщані, галечні території, скельні розвали і антропогенні споруди	Розлита нафта покриває поверхні гірської породи в захищених місцях і може зберігатися на них довгий час. Прибирання цих берегових ліній завжди трудомістке і може надати негативну дію на біоценози.
9	Захищене узбережжя, що висихає	Відкладення насичені водою, що не дозволяє глибоко проникати нафті. Звичайні чагарники морських трав. Висока концентрація. Ступінь природного очищення низький. Будь-які спроби прибирання нафти призводять до перемішування нафти з мулом і ще більшим її поглибленням.
10	Заболочені землі, що заростають	Прибирання нафти у таких місцях ускладнене не тільки із-за складнопрохідності, але і внаслідок високого ступеню проникнення нафти углиб ґрунту.

Рекреаційні та курортологічні ресурси Дніпропетровської області – частина природних та культурних ресурсів, що забезпечують відпочинок як

засіб підтримки і відновлення працездатності та здоров'я населення, тобто мають велике соціальне значення. Порушення цих ресурсів в процесі діяльності інфраструктури залізниць може призвести до значних еколого-економічних збитків і, таким чином, несе конкретну одиницю екологічного ризику для підприємства, що необхідно враховувати.

Таблиця 4.10.

Індекси рецептивності територіальних об'єктів за ступенем лісистості району.

№ з/п	Ступінь лісистості територіальних об'єктів, в % від загальної площі	Індекс рецептивності, бали
1	>20	5
2	15,1 – 20,0	4
3	10,1 – 15,0	3
4	5,1 – 10,0	2
5	< 5,0	1

Наведемо критерії оцінки рецептивності територій (табл. 4.11), виконані на базі аналізу карти деградації ґрунтів (рис. 4.18)

Таблиця 4.11.

Індекси рецептивності територіальних об'єктів за ступенем деградації ґрунтів.

№ з/п	Ступінь деградації ґрунтів територіальних об'єктів, в %	Індекс рецептивності, бали
1	0 – 10	5
2	10 – 20	4
3	20 – 30	3
4	30 – 40	2
5	>40	1

Проаналізуємо карту рецептивного статусу об'єкту за наявністю курортологічних та рекреаційних ресурсів (рис. 4.19).

В області сприятливі природно-кліматичні умови для коротко- та довгострокового відпочинку населення, необхідність якого обумовлена високо інтенсивним промисловим виробництвом. При цьому місця відпочинку тяжіють переважно до лісових масивів, узбереж річок, водосховищ. Сприяє проведенню лікувально-оздоровчої рекреаційної діяльності наявність джерел мінеральних вод та лікувальних мулових грязей. Серед них родовища радонових вод Південного гірничо-збагачувального комбінату, мінеральних: Криворізьке, Царичанське, Солонолиманське – без специфічних компонентів та йодо-бромних - Новомосковське.

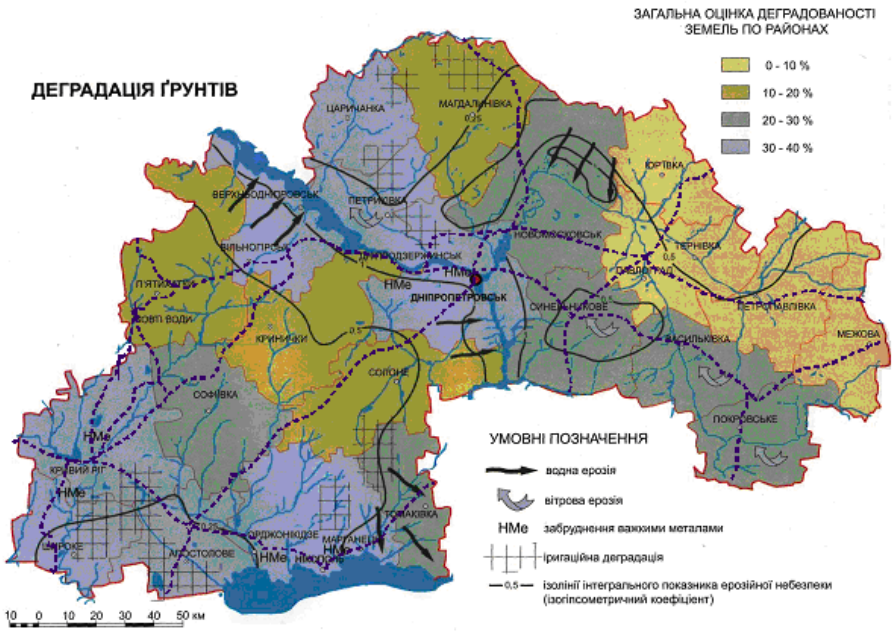


Рис. 4.18. Карта оцінки рецептивного статусу території за ступенем деградації ґрунтів.

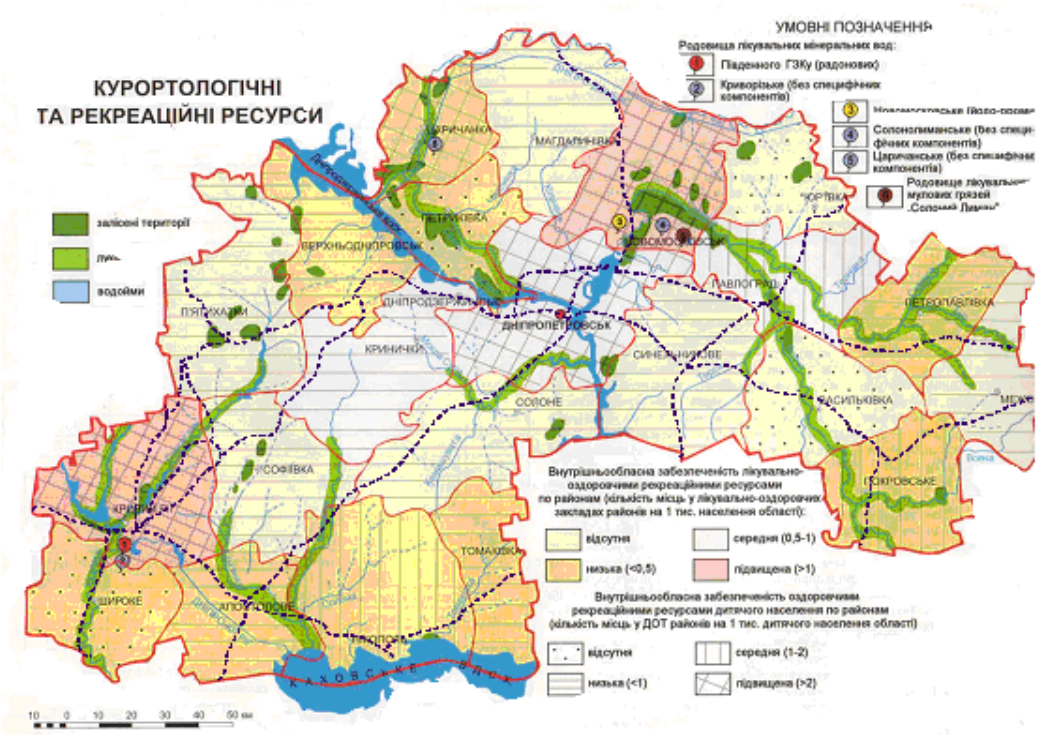


Рис. 4.19. Карта оцінки рецептивного статусу території за наявністю курортологічних та рекреаційних ресурсів.

Наведемо критерії оцінки рецептивності територій (табл. 4.12), виконані на базі аналізу карти рецептивного статусу об’єкту за наявністю курортологічних та рекреаційних ресурсів області.

Таблиця 4.12.

Індекси рецептивності територіальних об’єктів за наявністю курортологічних та рекреаційних ресурсів.

№ з/п	Характеристика територій за курортологічним статусом	Індекс рецептивності, бали
1	Наявність в зоні можливої дії емісії родовищ мінеральних лікувальних вод	5
2	Наявність курортологічних об’єктів	4
3	Наявність лікувальних мулових грязей	3
4	Наявність територій з рекреаційним статусом	2
5	Наявність залісених територій та лук	1

За техногенну складову території приймається співвідношення сумарної рецептивної стійкості природних об’єктів, наявних у досліджуваній територіальній одиниці до техногенних складових, що складають ризик виникнення емісії нафтопродуктів.

До зазначених техногенних складових відносяться: постійно діючі маршрути транспортування нафтопродуктів; наявність нафтосховищ та нафто терміналів залізниці; наявність об’єктів, що здійснюють операції поводження (зберігання, переробка, використання) з нафтопродуктами.

До об’єктів, що здійснюють операції поводження з нафтопродуктами відносяться: локомотивні та вагоні депо, промивочно-пропарочні станції, колійне господарство та регенераційні станції.

В результаті формування та аналізу електронних карт запропоновано наступні принципи ранжирування територій за техногенною складовою, наведені в таблиці 4.13.

За комплексом наведених параметрів було виконано оцінку сумарного рецептивного статусу заданого об’єкту Придніпровської залізниці (рис. 4.20).

Враховуючи всі вище наведені складові (Ir_i), за яких формується рецептивний статус (St) об’єктів залізниці та прилеглих територій необхідно розрахувати та сформулювати сумарні показники індексів за формулами (4.4) і

(4.5) для конкретних залізниць RSt_{Lv}. Після цього за формулою (4.21) розраховується сумарний статус Укрзалізниці $\sum RSt_{UZ}$.

Таблиця 4.13.

Індекси рецептивності територіальних об’єктів за техногенною складовою.

№ з/п	Характеристика об’єкту за техногенною складовою	Індекс рецептивності об’єкту, бали
1	Наявність маршрутів транспортування нафтопродуктів високої інтенсивності; Наявність нафтосховищ та нафто терміналів,	5
2	Наявність маршрутів транспортування нафтопродуктів середньої інтенсивності; Наявність пунктів технічного обслуговування рухомого складу, промивочно-пропарювальні станції	4
3	Наявність об’єктів, що здійснюють операції поводження з нафтопродуктами	3
4	Наявність маршрутів транспортування нафтопродуктів низької інтенсивності, маневрові цикли	2
5	Наявність об’єктів, що здійснюють транспортування чи використання нафтопродуктів епізодично	1



Рис. 4.20. Сумарний рецептивний статус територій Придніпровської залізниці.

4.4. Обґрунтування заходів для поліпшення екологічної обстановки. Заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля.

Основним завданням визначення допустимих ризиків є ефективне використання еколого-економічних ресурсів.

Статистикою доведено, що витрати на попередження небезпек (попередження ризиків) менше, ніж витрати на ліквідацію їх наслідків, тобто менше збитку (ризиків). При цьому величезні кошти на ліквідацію наслідків виділяються в терміновому порядку. Очевидно, що встановлення жорсткого стандарту допустимих ризиків служитиме стимулом до мінімізації витрат, пов'язаних з ризиком небезпечних процесів: виділення необхідних засобів на досягнення допустимого рівня ризиків мінімізує значні витрати на ліквідацію наслідків у разі допущення вищих рівнів ризиків.

Заздалегідь передбачити точне місце, час і масштаби розливів нафтопродуктів неможливо. Проте, в цілях забезпечення ефективності заходів щодо попередження і ліквідації існує комплекс нормативних документів, що регламентують діяльність підприємств, що здійснюють видобуток, транспортування, переробку і реалізацію нафти і нафтопродуктів.

Таким чином, для апріорної оцінки економічного збитку від випадкових процесів при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом слід оцінити дві імовірнісні характеристики: ступінь небезпеки (інтенсивності) і рецептивний статус (уразливість) об'єкту небезпеки. Послідовна оцінка небезпеки, залежна від природних і техногенних умов, і уразливості об'єкту небезпеки дає можливість оцінити ризик від негативних процесів і далі використовувати вже розроблений і апарат управління ризиковими ситуаціями, який використовується в багатьох сферах економіки з метою зниження економічного збитку від екологічних порушень.

Адекватна оцінка реальних величин еколого-економічних збитків необхідна не тільки для забезпечення оптимального функціонування транспорту, але і у всіх сферах економіки: для оцінки загальної економічної ефективності регіональної економіки, для відбору інвестиційних проектів всіх

видів, зокрема проектів природоохоронного призначення, для реалізації принципів екологічного страхування і так далі.

Специфіка оцінки еколого-економічної ефективності природозахисних заходів визначається особливим характером результату їх проведення і функціонування. Вони призначені для запобігання або зменшення збитку, що викликається небезпечними процесами. У зв'язку з цим стає необхідним доповнення їх рекомендаціями щодо обліку і оцінки попередженого збитку. Збиток, що наноситься окремим реципієнтам (розділ 5), підсумовується по всіх реципієнтах негативної дії, що враховуються в даному регіоні, що вимагає особливої уваги для чіткої об'єктивної оцінки.

При апостеріорній оцінці економічного збитку від екологічних порушень, що вже відбулися, головне завдання полягає в обліку всіх складових збитку і в точній оцінці як повної вартості об'єкту, що піддався негативній дії, так і його частки, що склала втрати.

Із значними труднощами пов'язано завдання апріорної оцінки економічного збитку. У цих випадках необхідні різні методи оцінки збитків від перманентних екологічних порушень (наприклад, забруднення середовища джерелами забруднення, що постійно діють) і від випадкових небезпечних процесів природного або техногенного характеру (повені, аварійні викиди шкідливих речовин та інш.). У останньому випадку екологічне порушення розглядається як імовірнісний процес.

Також складним завданням є чітка диференціація кількісних і якісних негативних змін навколишнього середовища привнесених даним об'єктом від так званих фонових якісних показників, характерних для даної ситуаційної складової.

Під економічним збитком від небезпечних природних і техногенних і природних процесів розуміється грошова оцінка наслідків їх негативних дій на реципієнтів (рис. 4.21) [315, 318, 325-326]. У зв'язку з недостатнім вивченням цих дій і неможливістю грошової оцінки деяких соціальних наслідків використання показників економічного збитку повинне супроводжуватися неформальним аналізом як ступеню не вивченості процесів, так і конкретних

соціальних наслідків. В той же час багато соціальних наслідків носять соціально-економічний характер і мають грошову оцінку.

Негативна дія з боку господарської діяльності або природних катаклізмів, насамперед, змінює її параметри. На ці зміни реагують реципієнти. Такі реакції реципієнтів формують нові параметри їх стану.

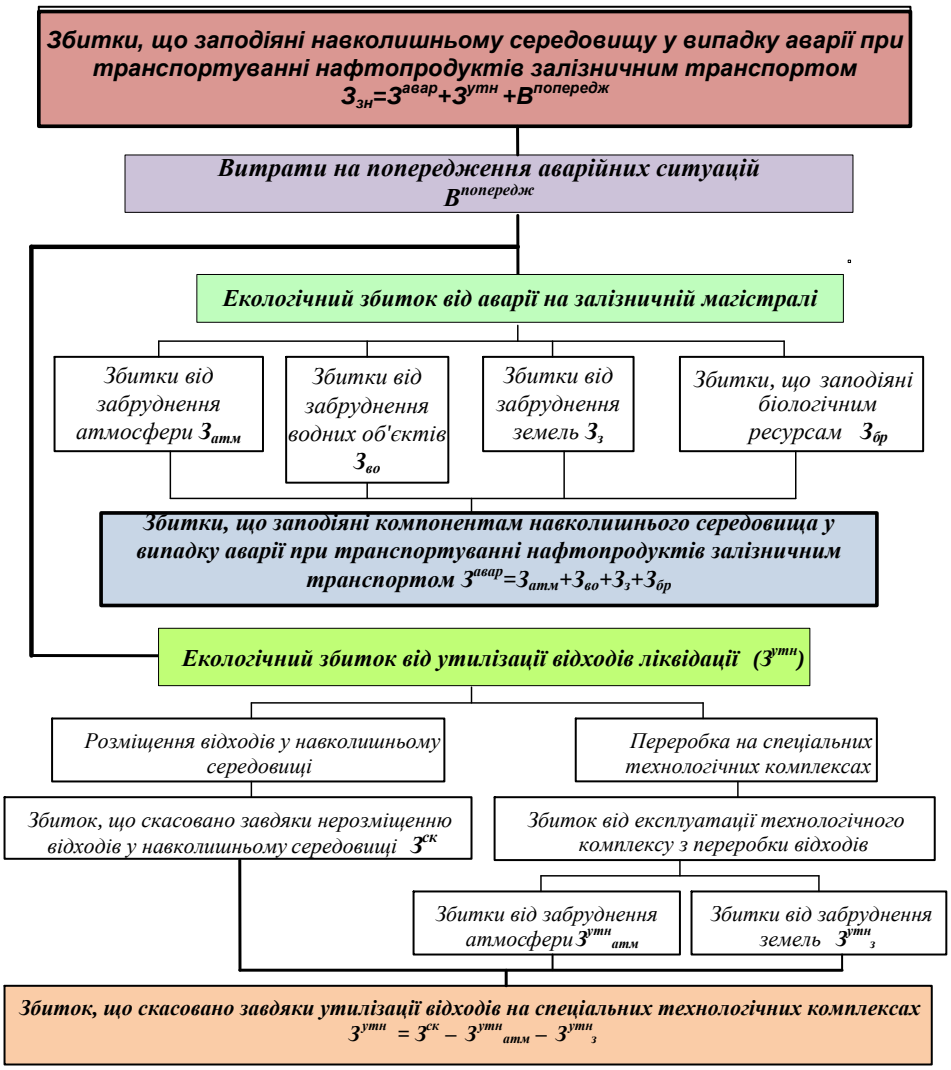


Рис. 4.21. Алгоритм розрахунку екологічних збитків при аваріях з нафтопродуктами на залізничних магістралях.

Щоб процедура оцінки збитку відображала всю представлену послідовність причинно-наслідкових зв'язків, першою ланкою якого є екологічне порушення, а останнім — економічний збиток, пропонується розглядати збиток як функцію від наступних величин: від ступеня небезпеки

(інтенсивності) процесу і від ступеня уразливості території або об'єкту, на яких впливає процес, тобто від реакції території (об'єкту) на небезпечну дію.

Такий підхід відповідає визначенню ризиків, що використовується при оцінюванні збитку від небезпечних техногенних та природних процесів.

Враховуючи, що збитки компонентам навколишнього середовища завдаються як при безпосередньому розливі нафтопродуктів і забрудненні земель або водного об'єкту, так і при ліквідації наслідків розливів і знешкодженні нафтовміщуючих відходів і ґрунтів, розроблений метод оцінки комплексного збитку, що наноситься навколишньому середовищу в результаті розливів нафти і нафтопродуктів і подальшої переробки нафтозабруднених ґрунтів, що утворюються при експлуатації залізниць (рис. 4.21).

Таким чином, збиток ($З_{зн}$), що заподіюється компонентам навколишнього середовища при аваріях на залізницях з урахуванням проведення робіт по переробці нафтозабруднених ґрунтів, має визначатися як сума прямого збитку від емісії нафтопродуктів, збитку, що заподіюється навколишньому середовищу технологічним комплексом по переробці відходів ліквідації і витрат на попередження аварійних інцидентів у майбутньому.

4.5. Висновки по розділу 4

Результати розвитку наукових основ управління еколого-економічними ризиками при транспортуванні нафтопродуктів на залізниці, що реалізовані в даному розділі дисертаційної роботи наступні:

1. Запропоновано принципову схему системи управління екологічною ситуацією на транспорті, яка дозволяє виконувати систематичний аналіз різнорідних даних – моніторингу та географічних, технологічних і виробничих завдань, що надає можливості повноцінно, достовірного і своєчасного прийняття управлінських рішень щодо оптимізації природокористування на транспорті.

2. На підставі аналізу статистичних даних про аварійні ситуації при перевезенні нафтопродуктів, розроблено ієрархічну структуру відмов соціо-технічної системи залізничного транспорту.

3. Розроблено методику еколого-економічної оцінки аварійного ризику при перевезенні, зберіганні та використанні нафтопродуктів на залізничному транспорті.

4. З використанням основних методів управління аварійним ризиком при перевезеннях нафтопродуктів по залізницях запропонований комплекс заходів, направлених на оптимізацію процесу оцінки ситуації і ухвалення адекватних рішень по зменшення величини збитку навколишньому середовищу.

5. Розроблено спеціальний програмно-аналітичний ресурс на базі повнофункціональної ГІС Maplnfo v. 5.0, що забезпечує ситуаційне позиціонування об'єкту і аналіз ситуації, достовірний і оперативний прогноз розвитку аварійної ситуації, забезпечення ефективної підтримки ухвалення рішень, швидке реагуванні на надзвичайну ситуацію, зниження негативних наслідків, контроль за ходом ремонтних і відновних робіт.

6. Запропоновано понятійний апарат для ідентифікації та визначення екологічних ризиків.

7. Розроблено і впроваджено в програмно-аналітичний комплекс ситуаційні електронні карти рецептивного статусу об’єктів Придніпровської залізниці.

8. Запропоновано новий алгоритм обчислення еколого-економічних збитків при аваріях з нафтопродуктами.

9. Визначено ймовірність виникнення основних сценаріїв розвитку аварійних подій при перевезенні нафтопродуктів по залізницях.

Запропонований науково-методичний апарат надає можливості оперативного управління еколого-економічними ризиками на залізниці, зокрема при поводженні з нафтопродуктами, шляхом постійного моніторингу, за допомогою ГІС-технологій, та системного аналізу на базі спеціального програмного комплексу.

РОЗДІЛ 5
ТЕХНОЛОГІЧНІ ЗАСАДИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ ЗАПОБІГАННЯМ І ЛІКВІДАЦІЄЮ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ

Аналіз звітних та статистичних даних підтверджує, що основними складовими, що викликають досить значні еклого-економічні збитки на залізниці є екологічні наслідки та ризики.

Одним із факторів потенційних ризиків на залізничному транспорті є аварійні ситуації та експлуатаційні емісії, які трапляються при перевезенні, зберіганні і використанні нафтопродуктів, а також нераціональне поводження з нафтовміщуючими відходами, що утворюються, як в процесі експлуатації залізниці, так і в процесі ліквідації емісій нафтопродуктів.

Таким чином, створення технологій, що підвищують екологічність процесів транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті стає сьогодні одним з пріоритетних напрямків транспортної екології.

Комплексний підхід до підвищення екологічної безпеки операцій транспортування і поводження з нафтопродуктами на залізничному транспорті також реалізується в даному розділі дисертаційної роботи. Основним завданням, що вирішується розділом - є розробка технологічних та теоретичних основ мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів, з урахуванням закономірностей поведінки нафтопродуктів у навколишньому середовищі [327-374]. Запрпонована методика оцінки потенційних екологічних ризиків та збитків, дозволяє визначити найбільш уразливі об’єкти, що потребують розробки спеціальних методів та технологій – це території з високою ймовірністю виникнення аварійної емісії нафтопродуктів.

Детальний аналіз розвитку аварійних ситуацій підтверджує, що під час транспортування нафтопродуктів, важливим моментом є швидке, ефективне та обґрунтоване прийняття рішень щодо заходів із зниження ризику і вірогідності

аварійних ситуацій та мінімізації їх екологічних наслідків. Задля розвитку теоретичних та практичних аспектів створення ефективних рішень і технологій необхідно модернізувати існуючу на залізниці систему за допомогою впровадження елементів управління базами даних, що було реалізовано у 4 розділі за допомогою програмно-аналітичного комплексу. Наступним етапом стає розробка практичних методів і технологій щодо мінімізації еколого-економічних ризиків і збитків та впровадження принципів раціонального природокористування.

5.1. Рекомендації щодо поліпшення екологічної обстановки в технологічних процесах використання і перевезення нафтопродуктів.

В цілях забезпечення ефективності заходів щодо попередження і ліквідації розливів на залізничному транспорті необхідно розробити чіткі рекомендації і порядок організації ліквідаційних заходів. Об'єкти залізниці, залежно від типу обслуговування перевізного процесу мають різний ступінь технічного оснащення, що безумовно повинно враховуватись при розробці плану ведення ліквідаційних робіт для конкретного підрозділу. Проте керуючись загальними принципами і потенційними можливостями об'єктів існує можливість сформулювати загальні вимоги.

Планування дій з ліквідації розливів нафтопродуктів і відновлення екосфери, здійснюється на основі результатів прогнозування наслідків максимально можливого розливу нафти і нафтопродуктів, даних про склад сил, що є на об'єкті, і спеціальних технічних засобів, а також дані про професійні аварійно-рятівні формування, що залучаються до ліквідації аварійних наслідків. Для залізничного транспорту професійними формуваннями, на які повинні бути покладені основні операції щодо організації і проведення ліквідаційних заходів є ліквідаційні поїзди, які після сповіщення про аварійний інцидент повинні максимально швидко прибути на місце аварійної емісії в повному відповідному оснащенні.

5.1.1. Створення бази даних заходів та матеріалів з ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами

Створення бази даних з ліквідації екологічних наслідків є необхідним для раціонального використання запропонованих методів, а також для вирішення і реалізації конкретних практичних завдань, що ставилися в дисертаційній роботі. А саме: розробка способів ліквідації екологічних наслідків аварій на рухомому складі залізниць з використанням принципів ресурсо- та енергозбереження і забезпечити, таким чином, екологічну безпеку процесу перевезення.

Оскільки залізничні магістралі розташовані по всій території України необхідна адаптація запропонованих ліквідаційних заходів для всіх регіонів з урахуванням їх виробничих, технологічних та економічних потенційних спроможностей.

Метою планування дій з ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів є визначення необхідного складу сил і спеціальних технічних засобів для локалізації розливів в максимально короткий терміни, а також для організації подальших робіт по їх ліквідації.

При отриманні повідомлення про розлив нафти і нафтопродуктів час локалізації розливу не повинен перевищувати 4 годин - при розливі в акваторії, 6 годин - при розливі на ґрунті з моменту виявлення розливу нафти і нафтопродуктів.

На теперішній час остаточно зостається не формалізованим етап, на якому ліквідаційні заходи можна вважати закінченими. Отже, заходи можна вважати завершеними після обов'язкового виконання наступних етапів:

- повного припинення емісії нафтопродуктів;
- збору розлитих нафтопродуктів до максимально досяжного рівня;
- розміщення зібраних нафтопродуктів для подальшої їх утилізації

(це виключає вторинне забруднення виробничих об'єктів і об'єктів навколишнього природного середовища).

Подальші роботи з ліквідації наслідків розливів нафти і нафтопродуктів, реабілітації забруднених територій і водних об'єктів повинні здійснюватись

відповідно до спеціальних програм. Витрати на здійснення перелічених заходів повинні враховуватись у загальну суму збитків від емісії нафтопродуктів, що більш детально обговорювалось у 4 розділі.

Вказані роботи можуть вважатися завершеними при досягненні допустимого рівня залишкового вмісту нафти і нафтопродуктів (або продуктів їх трансформації) в ґрунтах, донних відкладеннях водних об'єктів. Для забезпечення цих вимог сформулюємо основні ознаки:

- забезпечується неможливість надходження нафтопродуктів (або продуктів їх трансформації) в суміжні середовища і на суміжні території;
- допускається використання земельних ділянок за їх основним цільовим призначенням (з можливими обмеженнями) або вводиться режим консервації, що забезпечує досягнення санітарно-гігієнічних нормативів вмісту в ґрунті нафти і нафтопродуктів (або продуктів їх трансформації) або інших встановлених відповідно до законодавства України нормативів в процесі самовідновлення ґрунту (без проведення додаткових спеціальних ресурсозатратних заходів);
- забезпечується можливість цільового використання водних об'єктів без введення обмежень.

Підрозділи, на території яких знаходяться джерела такого забруднення, повинні організувати контроль і спостереження за забрудненим об'єктом навколишнього природного середовища і його можливим впливом на об'єкти життєзабезпечення населення, а також здійснити необхідні заходи. Для зниження можливих ризиків і відповідних екологічних збитків, і таким чином, забезпечення екологічної безпеки процесів транспортування, зберігання і використання нафтопродуктів автором пропонується впровадження інноваційних ліквідаційних технологій та формування реєстру потенційно небезпечних об'єктів на рівні управлінь залізницями з розробкою планів їх санації.

Для мінімізації екологічного збитку запропоновано нові матеріали, устаткування і технології ліквідації і рекультивації з урахуванням специфіки

досліджуваного регіону. Вибір рекомендованих технологій і устаткування при ліквідації нафторозливів направлений на забезпечення охорони особливо значущих територій і водоймищ, локалізацію в найкоротші терміни і максимальне видалення нафти з поверхні води і ґрунту, і залежить, перш за все, від пори року, місцезнаходження і доступності забрудненого об'єкту.

Одним із принципів раціонального ресурсоощадного підходу до розробки ліквідаційних технологій є використання у якості поглинаючих матеріалів відходів виробництв різних галузей, що надає, як екологічного, так і економічного ефекту (табл.5.1.). Таким чином, аналізуючи інформаційну базу про діючі виробництва та екологічні особливості регіонів, закріплених за залізницями розроблено матрицю з рекомендацій заходів щодо ліквідації нафтових емісій за регіонами (табл.5.1.) та загальну матрицю з вибору технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів.

Розроблену загальну матрицю щодо вибору технологій ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів в залежності від пори року наведено у таблиці 5.2.

Ґрунтуючись на аналізі проведення ліквідаційних робіт, автором було розроблено вимоги до природоохоронного устаткування: адаптованість до природних умов (можливість роботи на перезволожених ділянках ґрунту (болотах), водоймищах в складних кліматичних умовах); маневреність, можливість оперативної доставки до місця аварії; компактність, комплектність і автономність; універсальність, тобто можливість використання не тільки для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів, але і для інших завдань, наприклад, для зачистки ємкісного устаткування; сумісність, що дозволяє застосовувати устаткування в різній комплектації; багатофункціональність, використання взаємозамінних насадок для різних цілей.

Випробувані прийоми рекультивації, що враховують значущість земель, їх місцезнаходження, вік розливу, зводяться до виконання операцій, сформульованих автором в таблиці 5.3.

Таблиця 5.1.

Матриця запропонованих заходів щодо ліквідації нафтових емісій за регіонами

Адміністративні центри	% від загальної площі	Методи ліквідації нафтового забруднення				
		Механічний	Хімічний	Термічний	Сорбційний	Біологічний
АРК	4,5	++	—	++	+++	+++
Вінницький	4,4	+++	+	++	+++	+
Волинський	3,3	+++	++	+	++	+
Дніпропетровський	5,3	+++	+	+	+++	++
Донецький	4,4	+++	+++	+	++	+
Житомирський	4,9	++	++	++	++	+
Закарпатський	2,1	++	+	+	+++	+
Запорізький	4,5	++	+	++	++	+++
Івано-Франківський	2,3	+++	+	+	+	+
Київський	4,8	++	++	++	+++	+
Кіровоградський	4,1	+++	+++	+	+	+
Луганський	4,4	+++	+++	+	++	+
Львівський	3,6	+++	+	+	++	+
Миколаївський	4,1	++	+	+	+++	++
Одеський	5,5	++	+	+	+++	++
Полтавський	4,8	++	++	++	+++	+
Рівненський	3,3	+++	+	+	+	+
Сумський	3,9	+++	+++	+	+	+
Тернопільський	2,3	+++	++	+	++	+
Харківський	5,2	+++	++	++	++	+
Херсонський	4,7	++	+	—	+++	+++
Хмельницький	3,4	+++	+	+	++	+
Черкаський	3,5	++	++	+	+++	+
Черновецький	1,3	+++	+	+	++	+
Чернігівський	5,3	+++	++	+	+	+

Таблиця 5.2.

Матриця щодо вибору технологій ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів

Технології ліквідації розливу нафти	Тип нафтозабрудненої ділянки					
	Перезволожена поверхня ґрунту		Суха поверхня ґрунту		Водні поверхні	
	Зима	Літо	Зима	Літо	Зима	Літо
Механізоване видалення	+++	++	+++	+++	+++	+++
Видалення забруднення у ручну	—	—	++	++	+	+
Промивка водою під тиском	—	+++	—	+	—	+
Контрольоване випалювання	+++	++	+	—	—	+
Видалення забрудненого ґрунту чи води	—	—	+++	+++	—	++
Застосування сорбентів	+++	+	++	+++	+	+
Застосування біопрепаратів	—	++	—	+++	—	+

+++ - обов’язковий; ++ - можливий; + - можливий з обмеженнями; — - не рекомендований

Таблиця 5.3.

Технологічні схеми рекультивації нафтозабруднених земель

Категорія земель	Місце знаходження ділянок	Характеристика нафтозабрудненної ділянки		
		Нафтозабруднення минулих років	Нафтозабруднення поточного періоду (після закінчення ліквідаційних заходів)	
			Є ризик попадання нафти у водоток	Замкнуті безстічні улоговини
1. Землі полоси відводу залізниці	Прилеглі землі до залізничних магістралей і підприємств	Зрізання поверхневого шару з великими концентраціями нафтового забруднення. Внесення добрива та вапна. Обробка біопрепаратом.	Спушування. Внесення мінеральних добрив і вапна. Висів трав.	Спушування. При необхідності нанесення торфу.
2.Особливо важливі території.	Приміські зелені зони. Водозахисні зони.	Спушування для поліпшення аерації. Внесення мінеральних добрив і вапна (pH <5,0). Обробка біопрепаратом. Посів багаторічних трав при вмісті нафти нижче 10%. Орієнтовні норми висіву 20-25 кг/га.	Внесення мінеральних добрив, вапна і торфу (якщо досягається 10% зміст нафти), фрезерування. Обробка біопрепаратом. Посів трав, посадка рослин	Спушування. Внесення мінеральних добрив. Обробка біопрепаратом. Посів трав, посадка рослин
3. Землі державногосподарського призначення	Оранка. Землі високої екологічної цінності: заповідники, екомережі	Повторне очищення ґрунту до досягнення концентрацій нафтопродукту нижче 5%. Спушування для поліпшення аерації. Внесення мінеральних добрив і вапна (pH<5,0). Обробка біопрепаратом. Посів багаторічних трав. Орієнтовні норми висіву 30-35 кг/га. Моніторинг.	Спушування. Внесення мінеральних добрив. Обробка біопрепаратом. Посів трав, посадка рослин. Моніторинг ділянки.	Обробка біопрепаратом. Посів трав, посадка рослин. Моніторинг ділянки.
4. Землі лісового фонду.	Лісові і болотяні ділянки, що не потрапляють у категорію 3.	Спушування. Обробка біопрепаратом. Посів трав адаптованих до надмірного зволоження (до10% від норми висіву по досягненню рівня забруднення, що забезпечує появу сходів)	Обробка біопрепаратом; Внесення мінеральних добрив і вапна	Спушення. Внесення мінеральних добрив і вапна. Висів трав. Залишення під самозарощування
	Ділянки після випалювання нафти	Спушування	Спушування. При необхідності нанесення торфу	Спушують і (або) залишають під самозарощування

Нафтозабруднені землі після завершення ліквідаційних робіт підлягають рекультивації, основними напрямами якої є санітарно-гігієнічні і природоохоронні заходи, що передбачають здійснення операцій по відновленню природної рослинності.

5.1.2. Функціональна модель ліквідації екологічних наслідків техногенних процесів або аварій з нафтопродуктами

Створення централізованої служби оснащення підприємств залізничного транспорту, а у першу чергу ліквідаційних поїздів превентивно-захисними засобами, а також технічними засобами для утилізації і регенерації, дозволить значно зменшити вартість екологічних послуг і зробити їх доступними і економічно доцільними навіть для невеликих підрозділів, обслуговуючих перевізний процес.

Задля проведення кваліфікованих ліквідаційних заходів потрібно розробити і впровадити інформаційно-технологічні карти проведення первинних ліквідаційних заходів та відновних робіт. Крім цього, планування дій в зоні аварії повинно узгоджуватись між усіма підрозділами, що приймають участь у ліквідаційних заходах.

Проведений аналіз роботи відомчих ліквідаційних структур Укрзалізниці підтверджує, що для забезпечення ефективності проведення ліквідаційних робіт необхідні наступні заходи:

1. Розробка нових і переробка існуючих нормативних документів (в т.ч. по правових аспектах) відомчих і державних структур щодо ліквідації аварій, їх взаємодії між собою

2. Постійний моніторинг якісних показників усунення наслідків аварій.

3. Вдосконалення системи оперативного контролю стану небезпечних вантажів, включаючи розробку ефективних датчиків стану вантажу і рухомого складу, систем обробки інформації і її передачі.

4. Організація структури з розробки і ухвалення рішень щодо ліквідації наслідків аварій.

5. Розробка ефективних технологій з нейтралізації небезпечних речовин і ліквідації їх дії на навколишнє середовище.

З ціллю оптимізації вибору схеми заходів та обґрунтування прийняття керівних рішень автором розроблено спеціалізовану функціональну модель ліквідації наслідків аварійних ситуацій на залізничному транспорті при перевезені нафтопродуктів, яку представлено на рис. 5.1 [315, 316, 326].

За даною схемою передумови створення конкретної ситуації залежить від швидкості і компетентності прийняття рішень на перших етапах розвитку подій: оцінка і прогнозування характеру протікання аварійної ситуації та сповіщення про стан аварійної ситуації за встановленою схемою. Другим етапом, що впливає на подальший розвиток подій є швидкість прибуття ліквідаційного підрозділу. Дії ліквідаційного підрозділу залежать від даних експрес-оцінки та прогнозування розвитку аварійної ситуації і загалом поділяються на два загальних варіанти реагування, що залежить від типу нафтопродуктів.

Ліквідація наслідків аварій і відновлення руху на залізницях виконують відновні і пожежні бригади [375-382]. Маючи в своєму розпорядженні штат рятувальних команд, засоби захисту і зв'язку, вони, проте, в переважній більшості випадків, не мають в своєму розпорядженні устаткування, реагентів і техніки для знешкодження і нейтралізації токсикантів. Та обставина, що згідно інструкціям, у разі потреби повинні бути викликані спеціальні підрозділи МНС, не знімає гостроти проблеми, оскільки у багатьох випадках реальний час прибуття ліквідаційних підрозділів МНС складає порядку 8 годин, такий термін може сприяти негативному розвитку подій і призвести до катастрофічних екологічних наслідків. Крім того, дії цих підрозділів більшою мірою орієнтовані на вживання термінових заходів по порятунку людей і не націлені на усунення віддалених екологічних наслідків для навколишнього природного середовища.

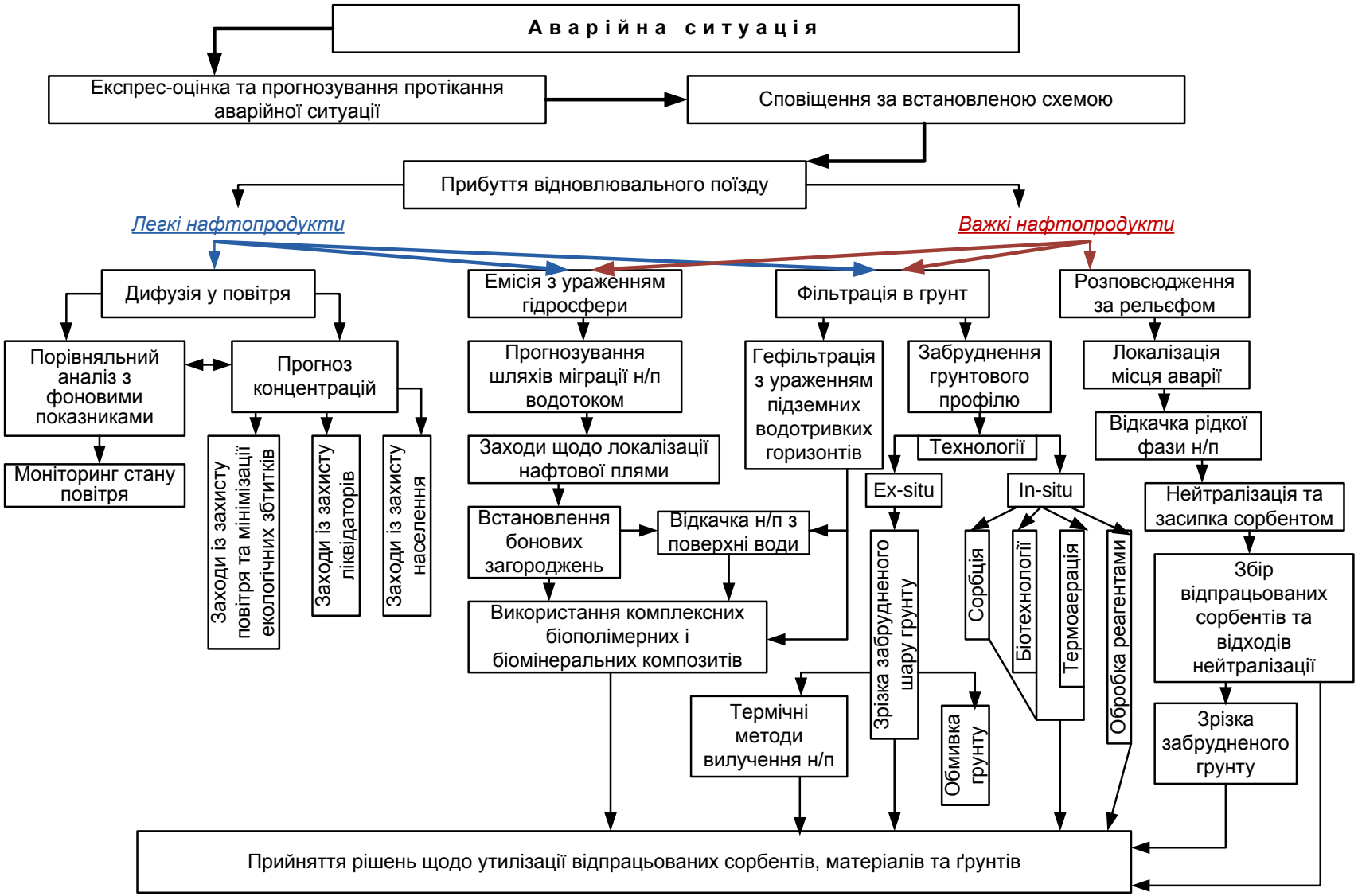


Рис. 5.1. Функціональна схема ліквідації аварійної ситуації на залізничному транспорті при перевезені нафтопродуктів.

У тих випадках, коли аварія відбулася недалеко від місця розташування вантажовідправника або вантажоодержувача, найбільш раціональним рішенням є залучення спеціальних аварійних бригад, наявних в їх розпорядженні. Проте, досить часто аварії відбуваються на значних відстанях від дислокації таких бригад (сотні або навіть тисячі кілометрів). У разі міжнародних перевезень вони взагалі можуть знаходитися в різних державах.

Прибуття такої бригади на місце аварії може виявитися невчасним і в деяких випадках – даремним. Достатньо згадати безпрецедентний випадок з емісією фосфору на Львівській залізниці і те, до яких екологічних наслідків призвела ця аварія, враховуючи що цей регіон України відноситься до екологічно благополучних.

Загострення конкурентних відносин і зростання спеціалізації виробництв сприяє збільшенню вірогідності виникнення вищезгаданих ситуацій. З цієї причини, – хоча заходи щодо ліквідації аварій повинні обов'язково проходити у взаємодії з відповідними регіональними органами, з підприємствами вантажовідправника або вантажоодержувача, але в більшості випадків залізниці повинні бути готовими до реалізації таких заходів власними силами.

Чітке дотримання до запропонованого алгоритму проведення ліквідаційних заходів гарантує ефективність прийнятих рішень, надає позитивних прогнозів екологічного стану в зоні емісії і забезпечить максимальну екологічну безпеку.

Ґрунтуючись на проведених дослідженнях, системному аналізі, методах техніко-економічної оцінки та застосовуючи розроблену функціональну модель створено інтегровану ієрархічну систему управління базами даних з аналізу розвитку, моніторингу та ліквідації аварії з нафтопродуктами на залізничному транспорті (рис. 5.2).

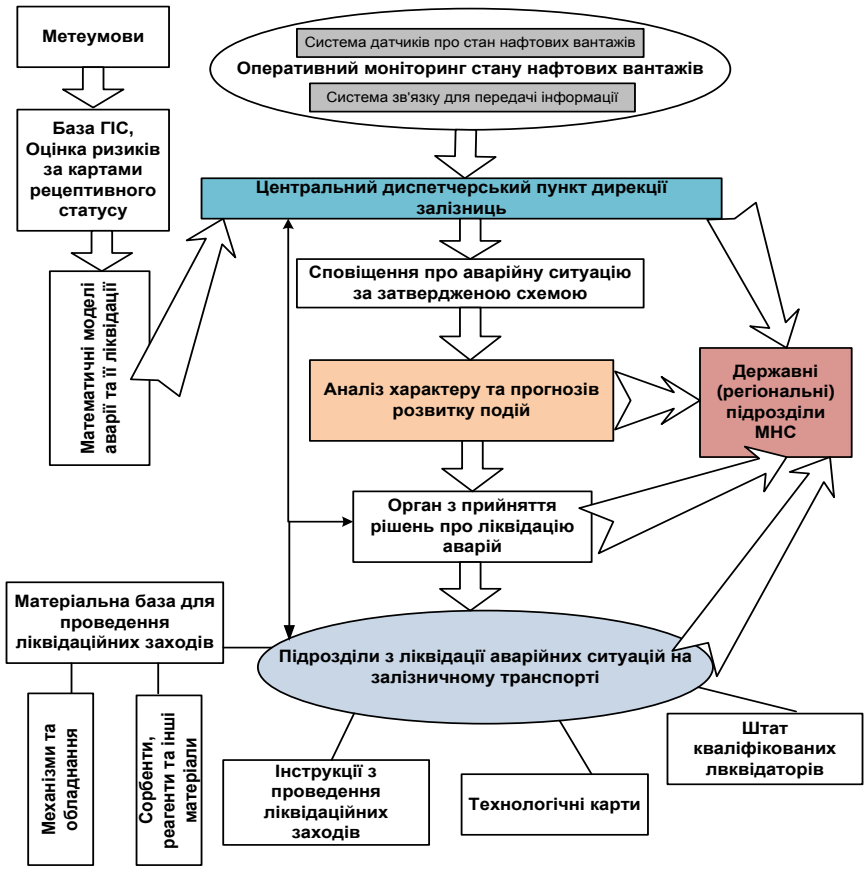


Рис. 5.2. Система управління базами даних з аналізу розвитку, моніторингу та ліквідації аварії з нафтопродуктами на залізничному транспорті.

Виходячи з цього, можна сформулювати загальні принципи мінімізації екологічних ризиків та екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами на залізничному транспорті:

1. Розробка технологічних процесів, що забезпечують локалізацію та знешкодження токсиканту.

2. Розробка устаткування і апаратури для приготування, зберігання, перекачування нейтралізуючих розчинів і інших технічних процедур з ліквідації аварій.

3. Комплектація відновних поїздів матеріалами, устаткуванням і механізмами, призначеними для ліквідації аварій з нафтопродуктами, а також приладами для контролю змісту токсичних речовин в повітрі, воді і ґрунтах.

4. Забезпечення відновних поїздів кваліфікованим персоналом фахівців, що володіють ліквідаційними технологіями і технікою.

5. Виконання аналізу вантажопотоків і розрахунок на цій основі раціональної дислокації відновних поїздів, оснащених різними типами устаткуванням і реагентами. Розробка систем взаємодії залізниць прикордонних держав з ліквідації екологічних наслідків аварій.

6. Підвищення мобільності відновних поїздів.

7. Розробка і удосконалення нормативно-технічної документації щодо перевезення небезпечних вантажів, включаючи порядок дії персоналу при виникненні аварійних ситуацій, відповідної маркування цистерн, вимог до формування поїздів з урахуванням можливості утворення небезпечних, токсичних і вибухових сумішей, обов'язкове екологічне страхування небезпечних вантажів.

8. Вдосконалення методів виявлення екологічно небезпечних речовин в навколишньому середовищі в місцях їх транспортування і засобів оперативної передачі інформації про виникнення аварійної ситуації.

Високих перспектив і показників в організації і проведенні ліквідаційних заходів надасть розробка інноваційних комплексних технологій ліквідації аварій з нафтопродуктами. Пріоритетність технологій у міжнародному сполученні вирішується за рекомендаціями Нарад експертів з екології Комісії Комітету Організації Співдружності Залізниць.

5.2. Сучасні інноваційні технології, що забезпечують ефективне відновлення екосфери та втрачених нафтопродуктів

Аналіз літературних джерел з даної проблеми вказує на відсутність чітко розроблених технологій і рекомендацій для проведення ліквідаційних заходів. Існуючі ж методи ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами в одних випадках - дуже недосконалі і практично не приводять до мінімізації впливу аварій на навколишнє середовище, а в інших випадках потребують значних капіталовкладень. Крім того, більшість з цих методів не враховують особливостей ведення відновлювальних робіт на залізничному транспорті.

В даний час поширено просте механічне видалення забруднених ґрунтів за допомогою різних машин і вивіз їх для демпфірування або спалювання, що

приводить до значних екологічних і економічних збитків. Механічне перемішування з вібросепарацією використовується в колійних машинних станціях залізниць для очищення щебеневого баласту - верхньої частини залізничної колії від дрібної фракції і пилу, яка у свою чергу містить солі важких металів. Щебінь при грохоченні не очищається від плівкових нафтопродуктів, а ступінь очищення баласту від дрібної фракції і пилу не перевищує 50%.

У разі використання варіантів спалювання нафтозабруднених ґрунтів також виникають серйозні екологічні проблеми. У газових викидах цих об'єктів спостерігаються значні концентрації оксидів азоту, сірки і вуглецю, а також діоксину і бензапірену. Шкідливі викиди з'являються, в основному, при завантаженні нової порції відходів і різкому зниженні концентрації кисню в реакторі або із-за поганого перемішування горючої маси і, як наслідок, низької теплопередачі.

Крім того, ґрунти відправлені на спалювання, виявляються вилученими із загальногосподарського обороту, що у свою чергу приводить до значних екологічних (порушення педосфери) і економічних втрат.

Тому перед автором стояло завдання розробки ощадних технологій очищення ґрунтів при аварійних розливах нафтопродуктів з мінімізацією екологічних втрат.

5.2.1. Розробка раціональних сорбційних методів

Аналіз наукової інформації свідчить про високу ефективність застосування сорбційних методів очистки навколишнього середовища від нафтопродуктів. При цьому вибір того або іншого сорбенту залежить від сценарію і умов протікання аварійної емісії. Наприклад, вимоги до сорбентів, які плануються до використання на суші відрізняються від вимог, що пред'являються до сорбентів для збору нафтопродуктів з поверхні води.

Оскільки, як наголошувалося раніше, значна кількість маршрутів проходження рухомих складів з нафтоналивними вантажами перетинають або

проходять уздовж водотоків, необхідно розробити план первинних заходів щодо локалізації і ліквідації нафтових розливів на поверхні водних об'єктів.

Існуючі методи і засоби не завжди виявляються здатними досягти головну мету ліквідації розливу нафтопродукту – швидко і ефективно вилучати його з поверхні води. Тому, зберігається необхідність дослідження, розробки і створення нових ефективних методів.

Автором було проведено порівняльний аналіз великої групи сорбційних матеріалів із відходів виробництв щодо олеофільності, гідрофобності і можливості регенерації. Отримані результати показали, що найбільш перспективними з позиції можливості щодо рекомендації для універсального використання є сорбенти волокнистої структури**:** сінтепон і сінтапекс.

Безліч сорбентів, пропонованих світовим ринком, таких як: Ресорб-З (-4), Sorboil, NURBO-GET, Peat-sorb, Униполимер-м, КПФ-сорбенти, пламилон і ін. мають високу нафтоємність, але не задовольняють всім вимогам, що пред'являються до сорбентів, – олеофільність, гідрофобність, можливість легкої, багатократної регенерації, технологічність застосування, відсутність негативних екологічних ефектів, легкість утилізації і низька собівартість.

Таким чином, є необхідність розробки, дослідження і створення надійних методів первинних заходів збору нафтопродуктів з поверхні води.

На балансі ліквідаційних підрозділів залізничного транспорту такі сорбенти і механізми збору відсутні. Тому, основне завдання, яке ставилося в процесі досліджень, – це підбір матеріалів, здатних виступати в ролі гідрофобних поглиначів нафтопродуктів з поверхні води, які можливо використовувати для первинних локалізаційно-ліквідаційних заходів. Таким чином, було проаналізовано спектр матеріалів із відходів виробництв, які мають сорбційні властивості (табл. 5.4).

Всі сорбенти, приведені в таблиці підлягають регенерації та циклічному використанню, що збільшує економічний ефект від використання перерахованих відходів.

Таблиця 5.4.

Показники очищення поверхні води від мазуту матеріалами із відходів

Сорбент	Продук-топогли-нання, г/г	Водопог-линання г/г	Ступінь очищення %	Ступінь віджимання сорбату %
Очеретяна січка	7,36	4,71	22,1	19,22
Лушпиння гречки	3,35	2,21	24,5	60,56
Сінтапекс	24,4	0,27	100	82,65
Тирса деревна (акація)	1,72	4,31	4,31	34,73
Сінтепон	46,31	49,32	89,7	95,66
Поролон	34,20	27,08	85,4	89,23
Гумова крихта	2,58	6,23	36,6	75,38
Пінопласт полістирольний	16,26	4,45	72,0	90,90

З розглянутих сорбентів рослинного походження якнайкращими характеристиками відрізняється сінтапекс (відходи виробництва), отримані показники задовольняють вимогам, що пред'являються до сорбентів нафтопродуктів, а їх сорбційні ємкості по нафтопродуктах значно вищі за більшості виробничих сорбентів (табл. 5.5). З сорбентів синтетичного походження найбільшим нафтопоглинанням володіє сінтепон і поролон, проте, для них характерна відсутність селективності, тому їх застосування рекомендується в оболонці з гідрофобного матеріалу.

Таблиця 5.5.

Порівняльна оцінка поглинання дизельного палива різними сорбентами

Сорбент	Продуктопоглинання, (дизельне паливо) г/г
Сінтапекс	24,4
Торф-сирець	17,71
Ресорб	10,17
«Лессорб»	9,10
Sorboil	5,82
Перліт	4,97
Peat-sorb	4,00
NURBO-GET	3,59
Тирса деревна (акація)	1,72

Аналіз літературних джерел і результатів власних досліджень дозволив зробити наступні виводи:

1. Під час потрапляння до водного об'єкту відбувається перерозподіл основних форм міграції нафтопродуктів, які можуть знаходитися в плівковому,

краплинному, колоїдному, емульгованому і розчиненому станах.

2. З міграційних форм нафтопродуктів найбільшу токсикологічну небезпеку для водних екосистем представляє водорозчинна фракція, що є у 90% ароматичних вуглеводнів. Залежно від складу нафти і нафтопродуктів і часу контакту з водою їх водорозчинна фракція (розчинена і емульгована) у воді визначається в концентраціях 0,5–40 мг/дм^3.

3. Навіть за умови застосування ефективних методів збору нафтопродуктів з поверхні і обліку ефекту самоочищення, що відбуваються у водоймищі, концентрація нафтопродуктів у водних об'єктах, в порівнянні з граничнодопустимою, залишається високою. Це вказує на необхідність застосування технологій, що забезпечують реабілітацію водних об'єктів, забруднених розчиненими нафтопродуктами.

Одним із принципів раціонального вирішення комплексного питання очистки водного середовища від нафтопродуктів - є використання сорбційних матеріалів у якості матриці для нанесення нафтофільної мікрофлори та активуючих біогенних комплексів .

Було проведено дослідження щодо вибору сорбенту - носія нафтоокислюючої мікрофлори.

Концепція реабілітації водних об'єктів, забруднених нафтопродуктами, передбачає технологію, що здійснюється в три етапи.

Перший етап – видалення з поверхні води плаваючих нафтопродуктів, затриманих бонами.

Другий – доочистка водної маси від нафтопродуктів, що знаходяться в розчиненому або колоїдному станах, за допомогою природних мінеральних сорбентів з питомою вагою більше 1000 кг/м^3 і гідравлічною швидкістю в межах 0,15 - 0,6 –мм/с.

Третій – деструкція нафтопродуктів пристроєм з іммобілізованою на сорбенті нафтодеструктивною біомасою. Це запобігає вторинному забрудненню водного об'єкту нафтопродуктами, що осіли разом з сорбентом на дно водоймища, а також дозволяє виключити технологічний процес вилучення сорбенту з водного об'єкту після його використання. Враховуючи поетапність

процесу очищення води від розчинених нафтопродуктів, яка полягає в розділенні функції сорбенту і біомаси, нами було вивчено спочатку функції сорбенту, як поглинача з поверхні, а потім як біоматриці. Це дозволило диференціювати сорбенти за найбільш позитивними показниками і рекомендувати використання конкретних сорбентів.

Оцінюючи фізико-хімічні властивості сорбційних матеріалів ми дістались висновку, що найбільш перспективними для очищення поверхні води від нафтопродуктів є відходи, що містять сінтепон, поролон і сінтапекс, які також можуть служити матрицею для нанесення нафтофільної мікрофлори.

Пошук сорбентів та поглинаючих матеріалів для збору нафтопродуктів з поверхні ґрунту має більш широку перспективу, оскільки при таких умовах гідрофобність сорбенту не має значення і найважливішим показником стає ступінь нафтопоглинання.

Раніше було досліджено широкий спектр відходів виробництва, деякі з них були рекомендовані до використання для поглинання нафтопродуктів з поверхні ґрунту під час аварійних емісій, отже без попередньої підготовки вони мали відносно низьку ефективність. Досить високі сорбційні показники продемонстрували відходи деревини та каолініти. Отримані дані вимагали продовження досліджень з оптимізації використання відходів і пошуку нових комплексних сорбентів з цілю підвищення еколого-економічних показників.

Аналіз науково-технічної і патентної інформації доводить перспективність використання вуглецевих сорбентів на основі рослинної сировини. До їх переваг належать: екологічність, ефективність, доступність, економічність. Сировиною для одержання таких сорбентів можуть бути відходи сільськогосподарської діяльності, деревообробної промисловості та комунального господарства, які мають досить значні об’єми утворення.

Таким чином, в процесі виконання досліджень найбільш перспективними для досягнення поставленої мети виявилось виготовлення композиційних сорбентів за участю наступних відходів: тирси (акації, тополі і сосни), опалого листя зелених зон міста (каштан, тополя, акація) та відходів целюлозно-паперового виробництва (скоп).

Основна характеристика, що цікавить нас з позиції пошуку матеріалів, які можуть застосовуватися як сорбенти при очищенні поверхонь від розливів нафтопродуктів, є - поглинальна здатність. Ця характеристика залежить від багатьох факторів: як від властивостей самих взаємодіючих компонентів, так і від зовнішніх умов сформованих при протіканні процесу поглинання [31, 118]. Досить важливими в ході розробки технології ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами є показники:

1. поглинальна здатність сорбенту за контрольний період;
2. вплив гранулометрії сорбенту на його поглинальну здатність;
3. вплив вологості сорбенту на його поглинальну здатність;
4. кінетика поглинального процесу.

Кожний з представлених вище показників є необхідним для вибору оптимальних умов виробництва та використання сорбенту для ліквідації розливів нафтопродуктів.

Поглинальна здатність розглянутих зразків за модельними нафтопродуктами представлена в таблиці 5.6.

Як видно з результатів таблиці 5.6 сорбент з відходів паперового виробництва має більшу за брикети поглинальну здатність по відношенню до нафтопродуктів. Це пояснюється більшою щільністю та меншою питомою поверхнею останніх. Зниження питомої поверхні змочування, сильно впливає на процес поглинання нафтопродуктів [118], а зниження пористості матеріалу в результаті брикетування зменшує кількість і доступність мікропор і каналів для заповнення.

Таблиця 5.6.

Поглинальна здатність зразків сорбенту на основі відходу паперового виробництва

Сорбент сорбенту на основі відходу паперового виробництва	Поглинальна здатність, % ваги нафтопродукту від ваги сухого сорбенту		
	Бензин марки А-95	Дизельне пальне марки Л	Олива М-14$В_2$
Фракція 5-10 мм	130	155	250
Фракція 15-20 мм	120	135	200
Брикети 30 мм	110	120	160

Збільшення поглинальної здатності в ряду «бензин - дизельне паливо - олива» викликане збільшенням щільності та в'язкості нафтопродуктів у даному ряді.

У таблиці 5.7 представлено результати визначення поглинальної здатності при 24-годинному насиченні таких компонентів як: тирса деревини, стружка деревини, брикети з тирси.

З даних таблиць 5.6 і 5.7 можна зробити наступні висновки: відходи деревообробної промисловості мають більш високу поглинальну здатність за відходи паперового виробництва стосовно бензину, але помітно уступають в показниках насичення дизельним пальним і оливою.

Таблиця 5.7.

Поглинальна здатність зразків відходів деревообробної промисловості.

Відходи деревообробної промисловості	Поглинальна здатність, % ваги нафтопродукту від ваги сухого сорбенту		
	Бензин А-95	ДП-Л	М14-$В_2$
Тирса деревини (не хвойних) порід	250	75	96
Тирса деревини хвойних порід	200	73	70
Стружка деревини хвойних порід	139	58	88
Брикети з деревини	87	92	130

Варто відзначити, що у відходах деревообробної промисловості спостерігається протилежна картина збільшення поглинальної здатності в ряду «бензин - дизельне паливо – олива». На нашу думку це викликано специфікою стану целюлози у відходах паперового виробництва та наявністю в значній кількості компонентів неорганічної природи (карбонати, сульфати й хлориди кальцію, магнію, натрію).

Вивчення гранулометричного складу отриманого сорбенту виконувалося відповідно до ситового фракціонування за методикою ГОСТ 6613-86 і СНиП II-15-74. Результати визначення залежності поглинальної здатності проб сорбенту від його фракційної складу представлена на рисунку 5.3.

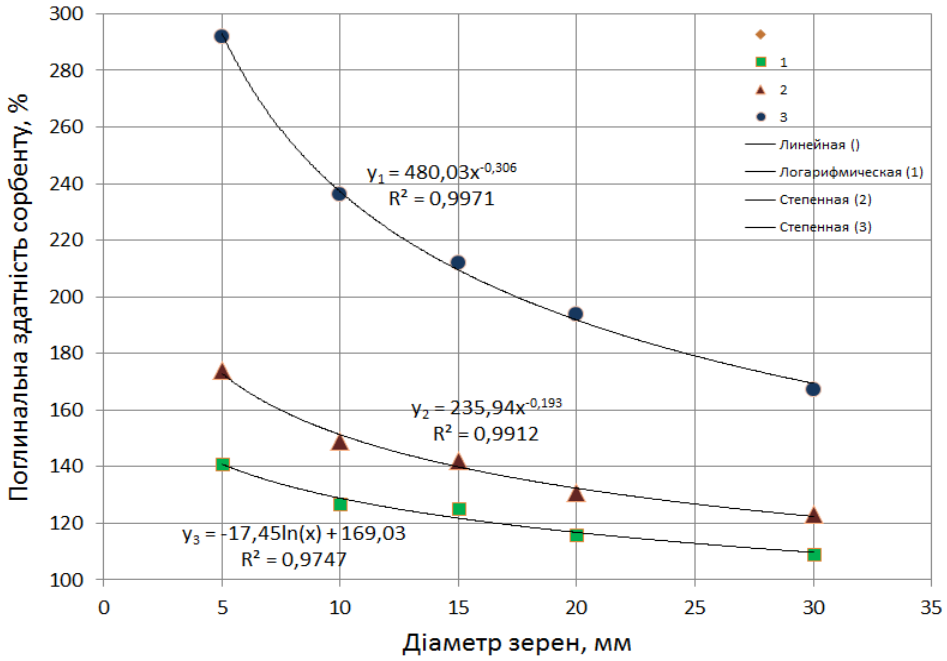


Рис. 5.3. Вплив гранулометричного складу сорбенту на його поглинальну здатність по відношенню до нафтопродуктів.

1 – бензин марки А-95, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – Олива М-14В$_2$

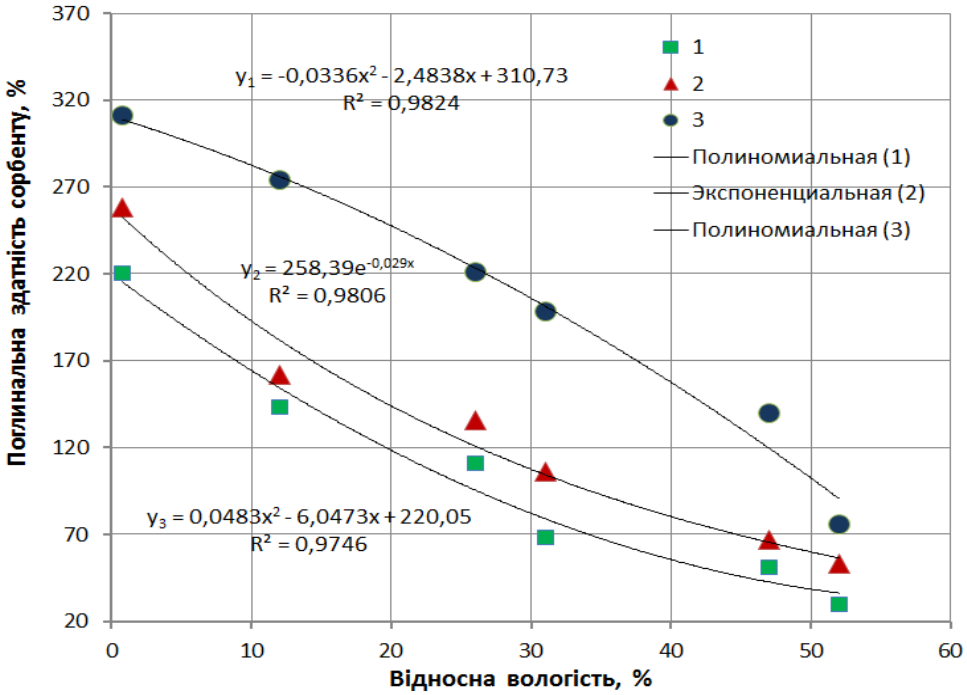


Рис. 5.4. Вплив відносної вологості проб сорбенту на його поглинальну здатність по відношенню до нафтопродуктів.

1 – бензин марки А-95, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – Олива М-14В$_2$

Як видно з рисунку 5.3, поглинальна здатність досліджуваних зразків сорбентів відносно нафтопродуктів залежить від фракційного складу сорбенту в широких межах. Особливо це помітно на прикладі поглинання моторної оливи (більше 100%). Різко виражене зниження поглинальної здатності сорбенту, на нашу думку, свідчить про домінуючий вплив поверхневого поглинання (поглинання поверхнею) над об'ємним. Це побічно свідчить про повільну фільтрацію компонентів оливи в тіло сорбенту в процесі поглинання. Дана гіпотеза знайшла підтвердження у вивченні кінетики процесу поглинання.

Залежність поглинальної здатності зразків відходів від фракційного складу для бензину та дизельного палива незначне. У цьому випадку поглинання поверхнею та об'ємом знівельовано, величина поверхні поділу фаз «сорбент – нафтопродукт» не демонструє значного впливу.

У процесі вивчення впливу вологості на поглинальну здатність сорбентів необхідний облік зміни їхньої маси при підвищенні вологості. Для цього нами проведені дослідження поглинальної здатності сорбентів у різних станах (абсолютно сухому, у стані природної вологості й вологості на вході в сушильну камеру останнього технологічного процесу).

Для створення абсолютно сухих зразків використовували термічне зневоднення до постійної маси проб сорбенту у сушильній камері при температурі 108°С. Насичення зразків до значень максимальної гігроскопічної вологості виконували за допомогою атмосфери ексикатора, заповненого 10% сірчаною кислотою. Контроль вологості зразків сорбенту проводили відповідно до ГОСТ 28268-89.

Результати дослідження впливу зволоження проб сорбенту фракцією 5-10 мм на його поглинальну здатність представлені на рисунку 5.4. Дослідження виконувались при температурі повітря 20°С і нормальному атмосферному тиску.

Зниження поглинальної здатності проб сорбенту більш ніж в 4 рази пов'язане з більшою гідрофільністю мінеральної складової відходу (карбонати, сульфати кальцію) і розподілом більшої частини води в капілярах і мікропорах сорбенту. Так само імовірний вплив розчинів електролітів (до складу відходів

входять хлориди натрію, кальцію, карбонати кальцію) на взаємодію молекул нафтопродукту й волокон целюлози.

Загальною є тенденція зниження поглинальної здатності для всієї групи нафтопродуктів. При цьому для оливи дане зниження більш плавне (лінійна закономірність) ніж для бензину й дизельного палива (логарифмічна закономірність), основне падіння поглинальної здатності спостерігається вже при 10% відносної вологості проб сорбенту. Це можна пояснити різною в'язкістю нафтопродуктів і високою щільністю оливи в порівнянні з бензином. Так само ми припустили можливість взаємодії гідратних комплексів органічних і мінеральних складових відходів з важкими фракціями нафти.

Із практичної точки зору та для ефективності використання природних ресурсів найбільший інтерес представляють кінетичні характеристики процесу насичення сорбенту нафтопродуктами. Ця характеристика залежить від багатьох факторів: від властивостей самих взаємодіючих компонентів та зовнішніх умов сформованих при протіканні процесу насичення. Досить важливим є оцінка швидкості процесів поглинання, тому що цей показник варто враховувати при розробці технології ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами.

Кінетику процесу поглинання вивчали шляхом насичення сорбентів нафтопродуктом відповідно до ГОСТ 24816-81, відповідно до методики, при температурі повітря 20°С і нормальному атмосферному тиску. Кінетика протікання досліджуваних процесів показана на рисунку 5.5.

Дана характеристика може показати час максимального насичення, час раціонального використання сорбенту, коефіцієнт перерахунку завантаження сорбенту за нафтопродуктами, динаміку процесів внутрішньокапілярного проникнення нафтопродуктів у тіло сорбенту та інше.

Звертає на себе увагу факт більшої швидкості насичення вивченими сорбентами бензину марки А-95 і дизельного палива в порівнянні з моторною оливою. Це, безсумнівно, пов'язано зі значно більшою в'язкістю останнього, що особливо проявляється у випадку заповнення закритих пор по тріщинах і каналах невеликого розміру. Представлена закономірність зменшення

швидкості поглинання в ряду «бензин - дизельне паливо» не підтвердилася для даного сорбенту. Це можна пояснити модифікованим станом целюлози [139] і наявністю мінеральних компонентів (в'яжучих) у відході паперового виробництва. Швидкості насичення сорбенту бензином і дизельним паливом практично однакові.

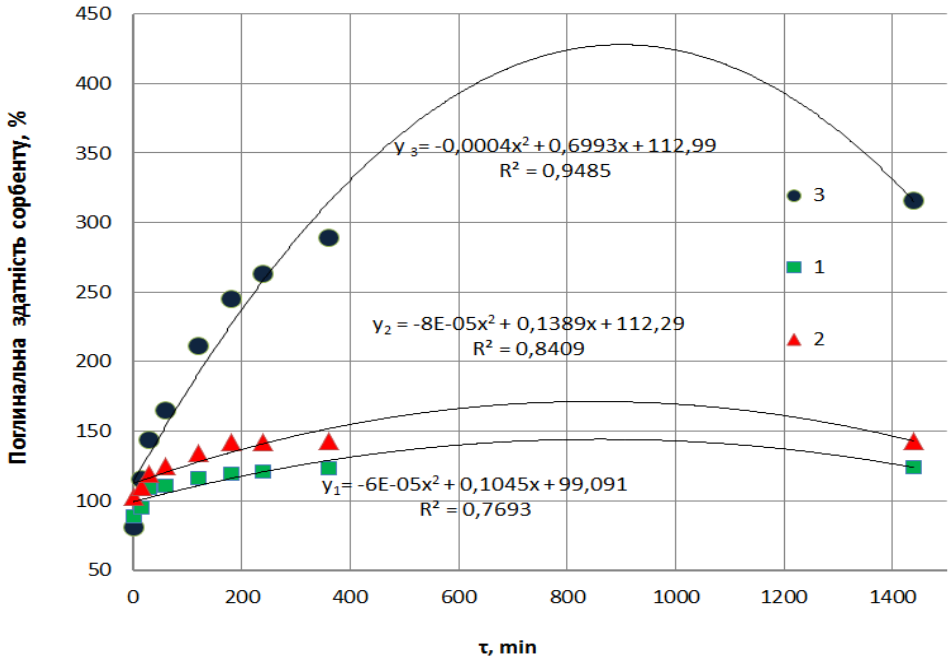


Рис. 5.5. Порівняння кінетики насичення проб сорбенту для різних нафтопродуктів.

1 – бензин марки А-95, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – Олива М-14В$_2$

Для бензину та дизельного палива процес насичення сорбенту умовно можна вважати закінченим після 250 хвилин насичення. У процесах поглинання олви спостерігається інша картина - показник насичення не досягає 70 % за 800 хвилин насичення. Це пояснюється високою в'язкістю олив в порівнянні з іншими нафтопродуктами, які розглядаються.

Оптимізація використання запропонованих сорбентів

Для оптимізації використання і виробництва сорбенту нафтопродуктів було обрано наступні компоненти: вуглецеву частку з відходів деревообробної промисловості, сільського господарства та житлово-комунального господарства (опале листя насаджень зелених зон міста), а у якості в’яжучого - відходи місцевої промисловості м. Дніпропетровська: скоб Дніпропетровської паперової фабрики.

Даний вибір базується на таких факторах:

- екологічному: відвали відходу паперової фабрики несуть потенційну загрозу стану ґрунтових вод лівобережного району м. Дніпропетровська;
- економічному: відходи паперової фабрики не утилізують, дебіт утворення (до 3000 тон/рік) дозволяє використовувати їх як сировину в промислових цілях;
- технологічному: сировина для виробництва сорбенту розміщена на території Дніпропетровської області, вміст целюлози у зневодненій масі відходу сягає 30%.

Відходи паперової фабрики відібрано у шламонакопичувачі Дніпропетровської паперової фабрики. Вони являють собою пастоподібну водонасичену суміш (75..85 ваг. % H_2O) зі змінним кількісним складом. Валовий кількісний склад відходу за зневодненим залишком: целюлозне волокно (20..30 ваг. %), каолін (до 25%), карбонат кальцію (до 50 ваг. %), крохмаль катіонний, клеї, стабілізатори та інше (до 5 ваг. %).

В якості домішки при створенні сорбенту використовувались відходи житлово-комунального господарства – опале листя насаджень зелених зон, очеретяну січку, тирсу сосни, акації та тополі у різних співвідношеннях.

Сезонні опади зелених насаджень селітебних зон (опале листя) є невід’ємною частиною функціонування житлово-комунального господарства України. За різними даними щорічно в межах одного міста Дніпропетровська утворюється понад 300 тис. т відходів даного типу. Утилізація цих відходів відбувається переважно їх захороненням на сміттєзвалищах чи компостуванням. Відповідно до чинного законодавства опале листя заборонено утилізувати термічними методами, але частіше за все опале листя спалюють, тим самим завдаючи великої шкоди навколишньому середовищу.

У світовій практиці поводження з опалим листям можна виділити декілька напрямів утилізації: захоронення; компостування; брикетування з подальшим використанням в якості пального; біологічні методи з отриманням біогазу.

Опале листя селітебних зон на сьогодні не сприймається в якості промислової сировини, тому ніша його утилізації залишається вільною. Наш вибір використання даного відходу в якості сировини для виготовлення сорбентів нафтопродуктів базується на факторах:

- економічному: даний тип відходів не утилізують, низька собівартість даного відходу, дебіт утворення дозволяє використовувати його як сировину в промислових цілях;
- технологічному: опале листя - сировина з високим вмістом целюлози розміщена по всій території України, має самостійні високі показники поглинальної здатності по відношенню до нафтопродуктів.

Даний тип відходів представляє собою висушені опалі листові пластинки *Castanea sativa* (Каштан кінський), тополі срібнолистої, акації, розмелені до фракції 1..3 мм.

У ході роботи з відходом були вивчені основні технологічні показники: температура й час сушіння, фіксації, активації, інтенсивність віджиму та перемішування. Отримані оптимальні показники технологічного процесу. Треба відзначити, що для деяких композитів сорбентів (очеретяна січка, тирса акації, листя каштану), з ціллю оптимізації їх робочих параметрів, обрано одностадійну низькотемпературну карбонізацію.

В процесі досліджень було доведено, що структурно-сорбційні характеристики матеріалів, що використовуються у композиційних сорбентах значною мірою залежать від природи вихідної сировини (таблиця 5.8) та методів і параметрів їх активації.

Таблиця 5.8.

Структурно-сорбційні характеристики сировинних матеріалів

Найменування сировини та перелік методів первинної обробки	Площа питомої поверхні, $м^2/г$	СОЄ, мг-екв/г	Нафто-ємність, г/г	Ступінь водо-поглинання, $см^3/г$
Тирса тополі (підсушена)	5,7	1,6	1,4	0,03
Тирса акації (підсушена)	6,1	1,8	1,8	0,05
Тирса сосни (підсушена)	7,2	2,4	2,3	0,1
Очеретяна січка (подрібнена, підсушена)	7,0	0,2	1,3	0,04
Листова січка (підсушена, подрібнена)	6,7	0,3	1,3	0,03
Трав’яна січка (подрібнена, підсушена)	6,2	0,2	1,1	0,04

З ціллю оптимізації якісних параметрів сорбентів було проведено вибір методів його активації. В результаті тестування отриманих зразків автором запропоновано використання з ціллю активації – процес одностатдійної карбонізації при рекомендованих умовах (табл. 5.9).

Результатом проведених досліджень стають висновки про можливість раціонально-економічного підходу до отримання новітніх композиційних сорбентів, які відрізняються універсальністю застосування і мають досить високі екологічні показники. Запропоновано наступні композиційні сорбенти, які містять у різних співвідношеннях: активовану вуглецеву частку (продукт карбонізації тирси акації, тополі та очеретяної січки), підготовлений напівзневоднений скоп та підготовлена листова січка (висушена і подрібнена) - відходи листя селітебних зон (каштан, тополя, акація).

Результати композиційних та сорбційних характеристики запропонованих сорбентів показано в таблиці 5.10.

Таблиця 5.9.

Умови процесу карбонізації зразків

№ з/п	№ стадії карбонізації	Тип матеріалу	Температурний режим карбонізації, °С	Оптимальна тривалість процесу карбонізації, хв..
1	1	Тирса тополі	500	3
	2		400	3
	3		300	3
	4		250	10
2	1	Тирса акації	400	3
	2		300	4
	3		250	4
	4		200	5
3	1	Очеретяна січка	350	4
	2		300	4
	3		250	3
	4		200	5
	5		100	8
4	1	Тирса сосни	400	5
	2		350	8
	3		300	8
	4		250	10

Отже, запропоновано технологічну схему виробництва сорбенту, яка представлена на рисунку 5.6.

Таблиця 5.10.

Композиційні та сорбційні характеристики запропонованих сорбентів

№ варіанту композиції площа питомої поверхні, $м^2/г$	Співвідношення, композиту в сорбенті			СОЄ, мг-екв/г	Нафто-ємність, г/г	Ступінь водопогли-нання, $см^3/г$
	Вуглецева частка	Листо-ва січка	Скоп, W=52 %			
Композиція 1 (5,4 $м^2/г$)	1	1	1	0,7	4,1	0,09
Композиція 2 (6,7 $м^2/г$)	1	2	2	2,2	3,3	0,12
Композиція 3 (10,4 $м^2/г$)	2	1	1	2,4	8,7	0,04
Композиція 4 (9,2 $м^2/г$)	1	1	2	0,3	2,1	0,07
Композиція 5 (13,0 $м^2/г$)	1	2	1	3,5	9,4	0,04

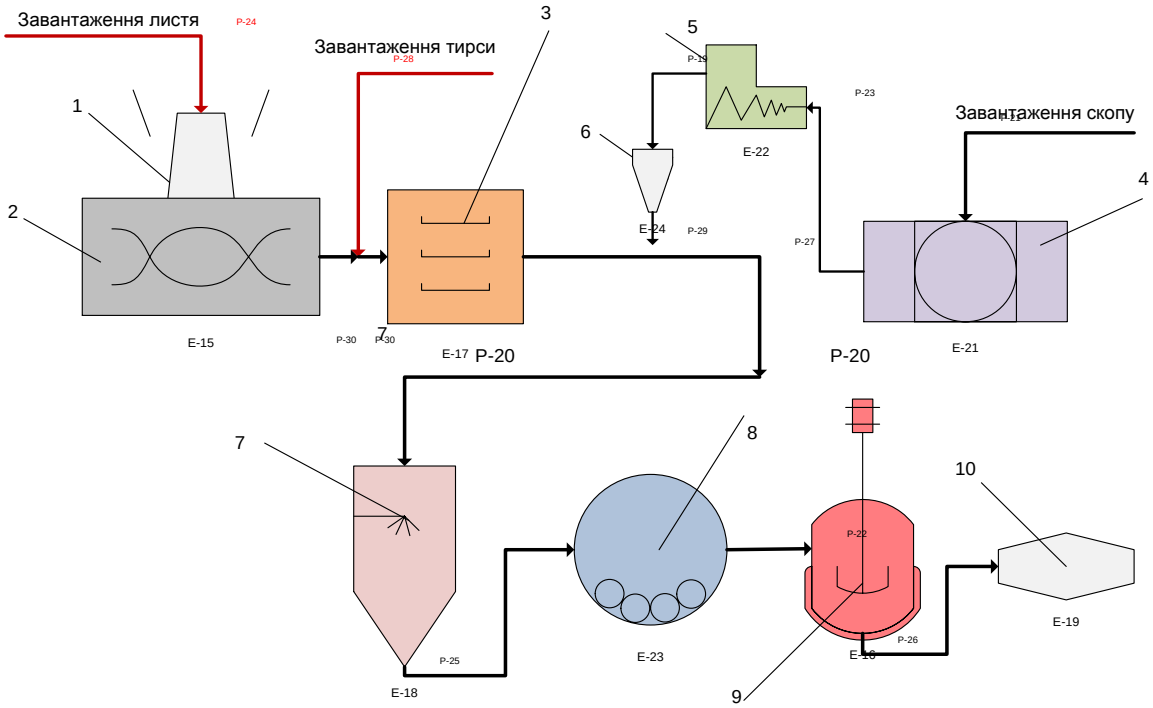


Рис. 5.6. Технологічна схема виробництва композиційного сорбенту:

1 – змішувач бункеру завантаження; 2 - дробарка; 3 – теплообмінник; 4 – стрічковий тонкошаровий осушувач; 5 – дозатор-змішувач; 6 – фільтрпрес; 7 – гранулятор; 8 – перемішував; 9 – термофіксація і активація гранул; 10 – камера охолодження та упакування.

В основі технології виробництва сорбенту лежить: 1) механічне та термічне зневоднення скопу паперового виробництва; 2) процес одностадійної низькотемпературної карбонізації; 3) змішування; 4) грануляція; 5) термічна активація сухим жаром.

Для визначення оптимальних технологічних показників виробництва сорбенту була виконана серія експериментів, які включають виробництво лабораторного зразка сорбенту при різних показниках температури обробки та активації, відносної вологості проб сорбенту в пікових зонах технологічного процесу.

Відповідно до результатів досліджень оптимальні показники початку термічного зневоднення сорбенту – відносна вологість проб 20 – 28 %, температура обробки 108 – 120°С; карбонізації вуглецевої частки - відносна вологість 14 - 18%, температура карбонізації 100 – 400°С (в залежності від типу сировини); початку активації готового сорбенту - відносна вологість проб 8 – 10 %, температура обробки 130 – 150°С.

Інша картина спостерігається з легких фракцій нафтопродуктів (бензин), тому що вони мають більш низьку кінематичну в'язкість, що призводить до збільшення швидкості їхньої міграції в товщу ґрунту [4], а висока пружність пару приводить до сильного забруднення атмосферного повітря.

Отже мінімізація часу на всіх етапах ліквідаційних заходів здобуває найбільше значення. Сорбент у цьому випадку повинен почати роботу якомога раніше з більшим ступенем ефективності іммобілізації нафтопродуктів.

5.2.2. Розробка фізичних екозахисних технологій

При розробці ліквідаційних заходів ми прагнули не обмежуватися конкретними варіантами проведення ліквідації аварійної ситуації, а розглядати всі доступні варіанти рішення цього питання.

До загальних етапів технології очищення ґрунтів від легких фракцій нафтопродуктів відносять: 1) зрізання забрудненого ґрунту; 2) доставка забрудненого ґрунту до місця розміщення термореактора; 3) вивантаження забрудненого ґрунту в приймальний бункер; 4) дозована подача ґрунту в

культиватор; 5) подрібнення ґрунту культиватором; 6) сепарація крупних частинок; 8) подача подрібненого ґрунту в термореактор; 9) процес термоекстракції нафтопродуктів; 10) переміщення ґрунту в камеру біореактору; 11) зрошування ґрунту в розчином добрив і мікрофлори у воді; 12) періодичне перемішування ґрунту в реакторі; 13) проведення аналізів проб ґрунту на зміст нафтопродуктів; 14) завантаження вагону чи кузова автомобіля очищеним ґрунтом за допомогою транспортера (об'єм очищеного ґрунту, який вивантажується не повинен перевищувати 75 % об'єму ґрунту, що знаходиться в біореакторі).

Одними з перших запропонованих нами методів очищення є методи засновані на фізичних (термічних) процесах, застосування яких є можлиим за умови переробки зрізаного шару забруднених ґрунтів і доставки їх до місця розташування дослідних установок. Одним з таких методів є термічний відгін нафтопродуктів - легких фракцій (бензину). Модельне устаткування представлено на рис. 5.7.

Суть методу полягає в наступному: ємність (реактор) із забрудненим ґрунтом 2 поміщають в ємність з водою 3, яка нагрівається за допомогою тэну 5; камера реактора 2 оснащена магнітними мішалками для інтенсифікації процесу відгону; під дією високих температур бензин випаровується; пари бензину по відвідному трубопроводу поступають в хімічний холодильник 1, де охолоджуються і поступають в ємність для збору конденсату.

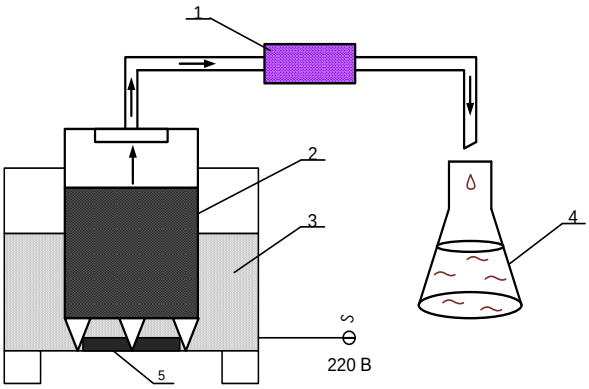


Рис. 5.7. Схема реактора для термічного вилучення бензину з ґрунту:
1 - холодильник, 2 - ємкість з ґрунтом, 3 - ємкість з водою, 4 - збір конденсату, 5 – ТЕН.

Дослідження проводилися при різних температурах, що показано на графіках. На графіках 5.8 – 5.10. представлені результати відгону бензину А-95 з досліджуваних ґрунтів при різних температурах. Аналізуючи отримані результати, можна зробити висновок, що немає необхідності нагрівати ґрунт до 100°С, оскільки і при 60°С і 80°С легкі фракції нафтопродуктів піддаються випаровуванню. Крім того, за температурою 100°С починає випаровуватись ґрунтова волога, яка ускладнює процес і погіршує якість вилучених бензинових фракцій. Тобто, найбільш оптимальною температурою, вибраною за критеріями швидкості і якості процесу, є температура 85°С.

На рисунках 5.11 - 5.13 представлені поліноміальні графіки і відповідні ним рівняння, які описують закономірність процесу випаровуваності бензину з кожного з досліджуваних ґрунтів при обраній оптимальній температурі.

Аналізуючи дані отримані в процесі виконання випробувань ми робимо висновок, що у всіх випадках, згідно очікуваних результатів швидкість вилучення бензину збільшується в ряду «льосовидний суглинок > супісок > пісок», при цьому ефект очищення відповідно складає 83,1%, 92,4% і 96,3%.

Цей метод дає високі показники вилучення бензину практично зі всіх типів ґрунтів, проте у разі суглинку вимагає оснащення модельної установки потужнішими мішалками. При цьому ступінь вилучення при тій же температурі збільшується з 54,4% до 83,1%.

Наступним методом, запропонованим нами для позаситуаційного очищення ґрунтів від легких нафтопродуктів є аерація методом висхідного потоку. Цей цикл лабораторних випробувань проводився з ґрунтами, вилученими із зони забруднення бензином А-95. Експериментальна установка виконана за розробками автора і адаптована під стандартний вузол контролю параметрів.

Реактор для проведення очищення методом висхідного потоку представлений на рисунку 5.14.

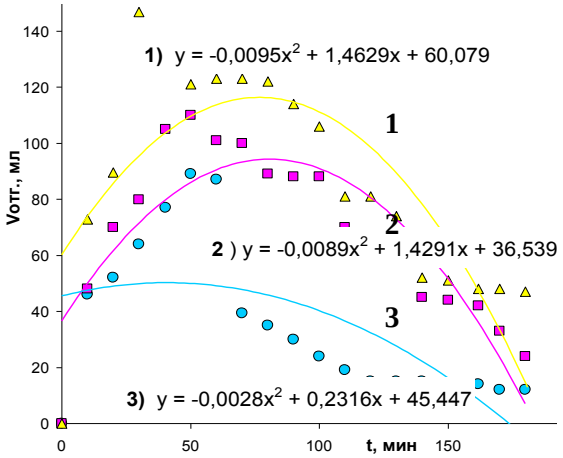


Рис. 5.8. Кінетика процесу термічного вилучення бензину А-95 з піску при різних температурних режимах:

1 -100°С, 2 -80°С, 3 - 60°С.

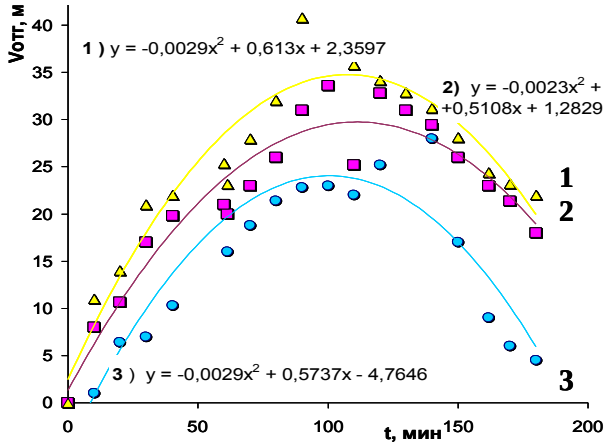


Рис. 5.9. Кінетика процесу термічного вилучення бензину А-95 із супіску при різних температурних режимах:

1 -100°С, 2 -80°С, 3 - 60°С.

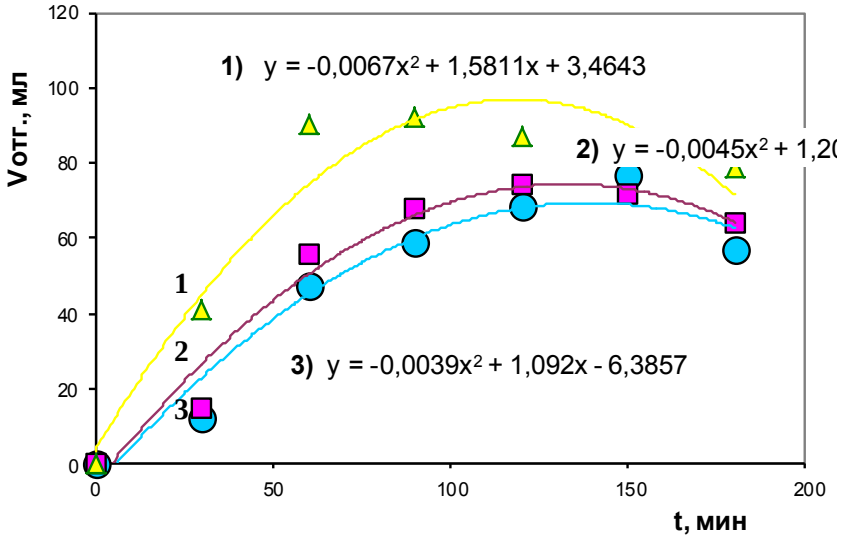


Рис. 5.10. Кінетика процесу термічного вилучення бензину А-95 з суглинку при різних температурних режимах:

1 -100°С, 2 -80°С, 3 - 60°С

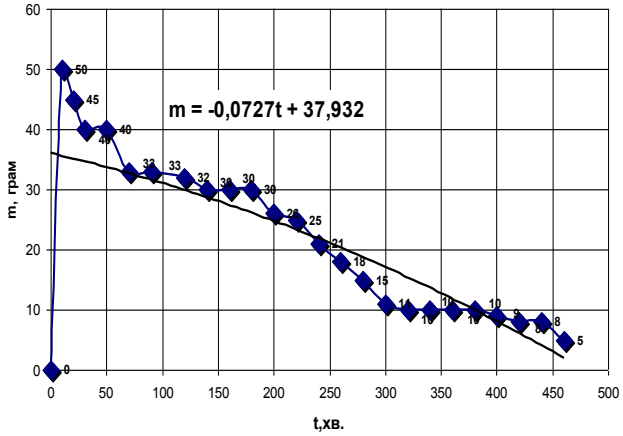


Рис. 5.11. Поліноміальний графік швидкості термічного вилучення бензину при температурі 85ºС з суглинку.

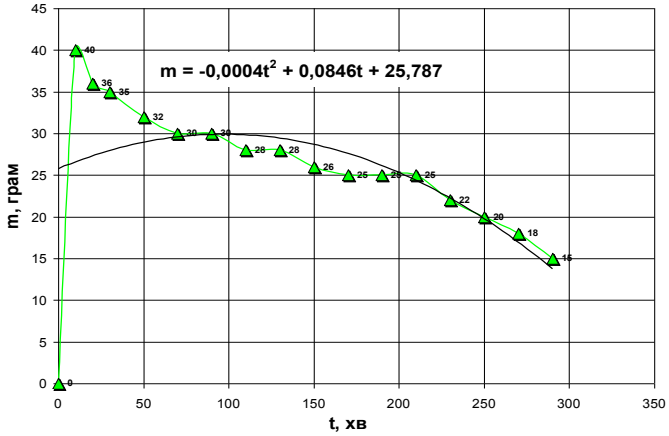


Рис. 5.12. Поліноміальний графік швидкості термічного вилучення бензину при температурі 85ºС з супіску

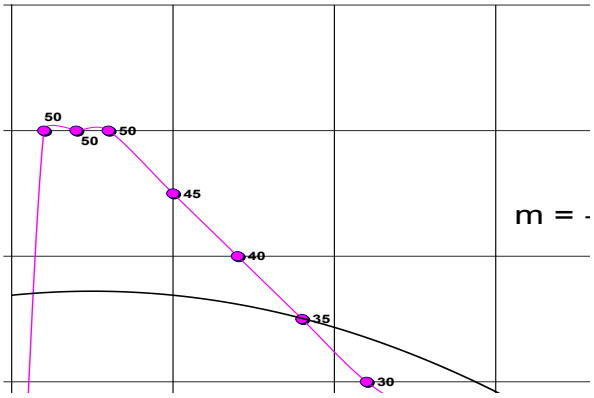


Рис. 5.13. Поліноміальний графік швидкості термічного вилучення бензину з піску при температурі 85ºС.

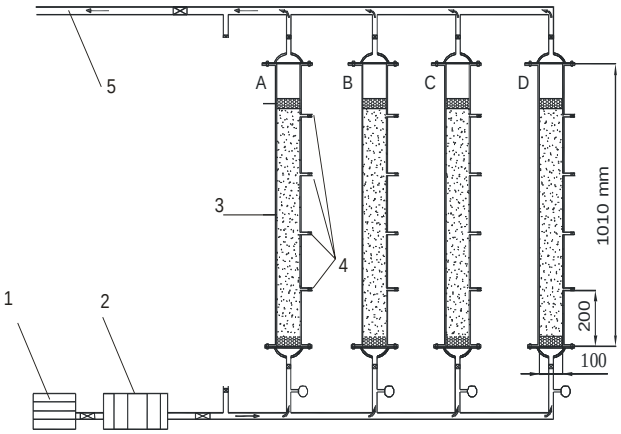


Рис. 5.14. Реактор для проведення очищення за допомогою аерації методом висхідного потоку:

1 – компресор; 2 – пристрій з термоелементами; 3 – камера для завантаження грунту; 4 – люфти-пробовідбірники; 5 – відвідний патрубок.

Суть запропонованого методу полягає (рис. 5.14) в завантаженні забрудненого легкими нафтопродуктами ґрунту в спеціальну камеру 3 із спеціальними люфтами 4 для визначення якісних параметрів процесу, що проходить, по напряму висхідного потоку. Компресором 1 повітря подається на термоелементи 2, де він розігрівається до фіксованої температури. Розігріте повітря під фіксованим тиском подається в камери заповнені ґрунтом, що очищається, по мірі проходження висхідного потоку випаровує низькокиплячі фракції нафтопродукту. Пари бензину відводяться разом з повітрям трубопроводами 5, а ґрунт, що знаходиться в камерах очищується. На базі вказаних вузлів було зібрано комплексну модульну установку.

Одним з найбільш важливих моментів запропонованого методу є чіткий підбір параметрів, що діють, з урахуванням ефекту очищення і енергоємності процесу.

Оптимізація даного процесу проводилася для двох типів ґрунтів (суглинку і супіску) при різних початкових концентраціях нафтопродукту, різних: тиску, температурах і швидкостях сходження потоку повітря. Результати якості очищення фіксувалися за допомогою хроматографа оброблялися на ПК. Загальний вигляд обладнання наведено у Додатку Ж.1.

Аналіз отриманих даних дозволив оптимізувати параметри проведення очищення ґрунту представленим методом. В цілому, отримані оптимальні параметри істотно відрізняються для аналізованих типів ґрунтів. Зокрема, у разі очищення суглинку по даній методиці тиск і температура перевищують отримані параметри для супіску, при рівному часі очищення. При цьому ефект очищення суглинку склав всього 48%, в той час, як для супіску він досяг 63%.

Для збільшення швидкості і ефекту очищення для всіх типів ґрунтів необхідно збільшувати тиск і температуру потоку повітря, але в свою чергу, це призводить до зниження якості кінцевого продукту і збільшення енерговитрат. Таким чином, застосування даного методу має раціональне обґрунтування для грубозернистих неглинистих ґрунтів (супісок, пісок, гравілисті, дресвяні).

Оскільки метод термічної аерації дав досить позитивні результати очищення ґрунтів від легких нафтопродуктів ми вирішили зробити спробу

адаптації цього методу для більш широкого застосування. Зокрема, однією з найцікавіших можливостей використання методу термоаерації є можливість застосування його безпосередньо на місці аварії. З цією метою нами запропонована дослідна установка для проведення лабораторних досліджень метод направленої (свердловинної) аерації.

Принцип пристрою запропонованої установки наведено на рисунку 5.15.

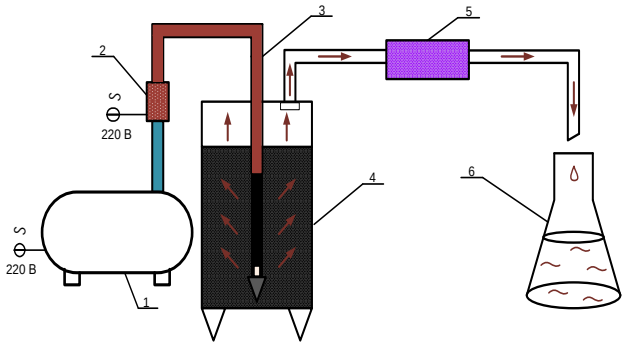


Рис. 5.15. Схема проведення очищення ґрунту за допомогою направленої свердловинної аерації:

1 – компресор; 2 – пристрій з термоелементами; 3 – трубка з ріжучою напрямляючою; 4 – камера для завантаження ґрунту; 5 – холодильник.

Суть принципу роботи реактору полягає в наступному: за допомогою компресора 1 повітря з фіксованим тиском подається на нагріваючий елемент 2, звідки розігрітий до оптимальної температури він через вхідний патрубок поступає в трубку 3 з загостреною кінцівкою, забитим в ґрунт в центрі зони забруднення, при цьому заглиблена ділянка трубки має перфоровану поверхню, через яку розігріте повітря під тиском поступає углиб зони забруднення, прогріваючи повітря міжчасткового простору і сам ґрунт; бензин під дією температури і тиску випаровується; пари бензину відводяться на хімічний холодильник, де він конденсується.

Устаткування зважувалося на технічних вагах до завантаження ґрунту і бензину. В процесі проведення випробувань також фіксувалася зміна сумарної маси реактора.

На графіках 5.16 – 5.18 представлено кінетику термоконвекції бензину А-95 із супіску, суглинку і піску при температурах 70, 80 и 100ºС.

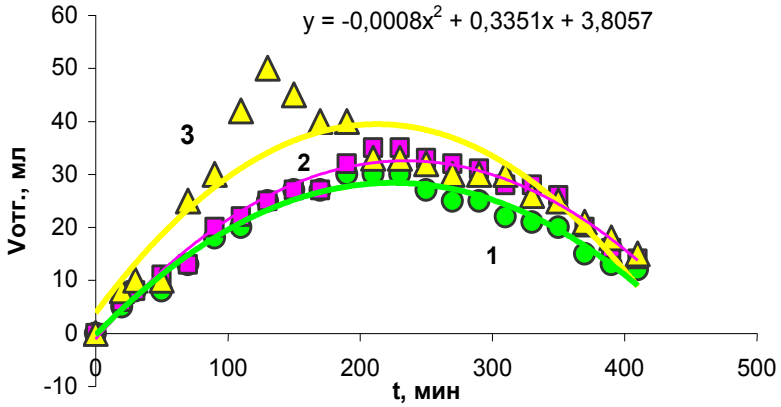


Рис. 5.16. Кінетика термоконвекції бензину А-95 з супіску при різних температурах:

1 - 70ºС; 2 - 80ºС; 3 - 100ºС.

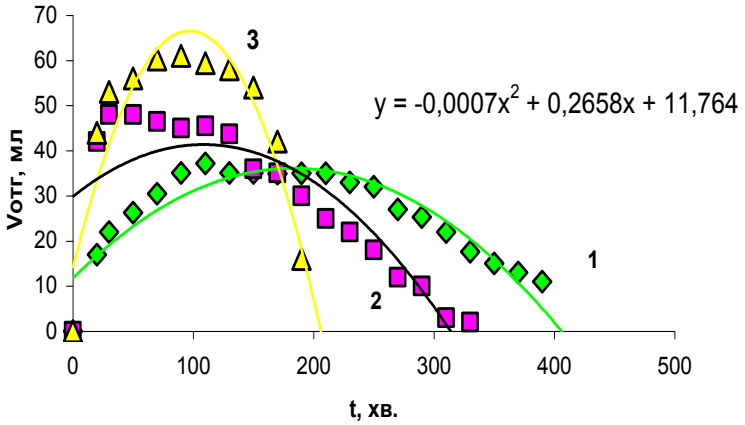


Рис. 5.17. Кінетика термоконвекції бензину А-95 із піщаного ґрунту при різних температурах

1 - 70ºС; 2 - 80ºС; 3 - 100ºС.

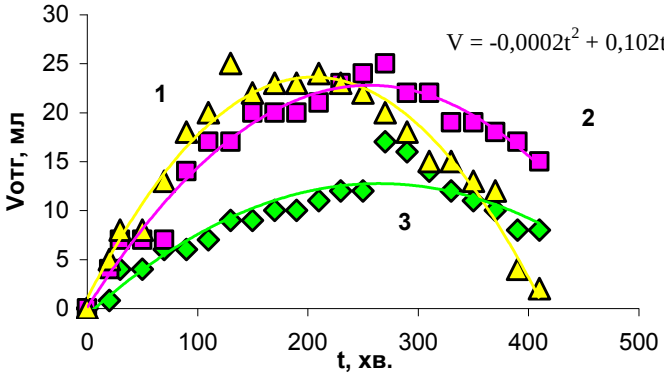


Рис. 5.18. Кінетика термоконвекції бензину А-95 із суглинку при різних температурах:

1 - 70ºС; 2 - 80ºС; 3 - 100ºС.

На рис. 5.19 наведено результати підбору тиску (100-800 кПа) для забезпечення ефективності процесу термоаерації. За отриманими результатами найбільшої ефективності при найменших енергозатратах досягається термоаерацією при тиску 600 кПа.

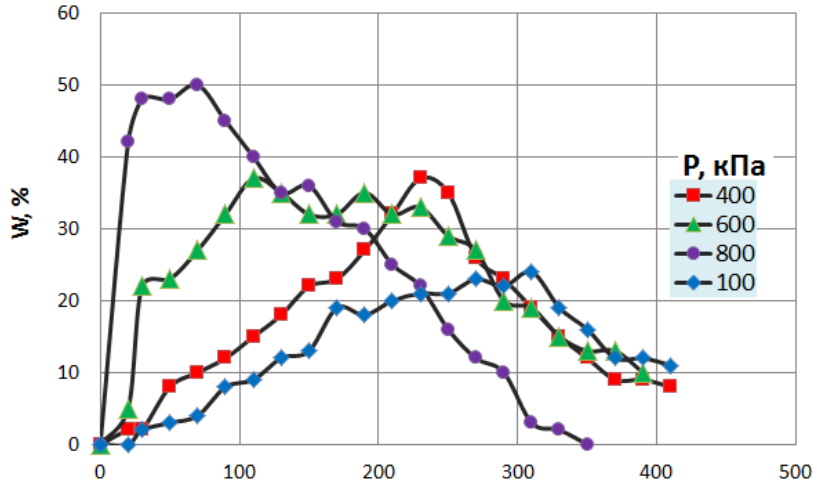


Рис. 5.19. Кінетика процесу термоаерації за різних показників тиску при температурі 80ºС.

Аналіз отриманих даних приводить до наступних висновків:

- у піщаних ґрунтах процес термоконвекції протікає значно активніше і з меншими затратами енергії і часу, чим в решті ґрунтів;
- у суглинках термоконвекція протікає важко за причиною суфозії ґрунту, що вимагає додаткових досліджень і передбачення спеціальних засобів перемішування ґрунту;
- очищення суглинків цим методом недоцільне із-за низьких ефектів очищення при значних енергозатратах;
- порівняно з іншими представленими методами очищення ґрунтів в лабораторних умовах на дослідних установках, цей метод має саму низьку ефективність процесу очищення: на суглинках 31,4%, на супіску 45,3%, на пісках 57,6%.

За допомогою запропонованої установки отримано підтверджуючу інформацію про можливість використання цього методу, як в лабораторних умовах для очищення зрізаного ґрунту, так і при використанні даного принципу очищення безпосередньо на місці розливу бензину.

5.2.3. Створення технологій комплексної біоремедіації

Наступним етапом комплексного підходу до отриманих результатів досліджень стала розробка технологій очищення водних об'єктів та ґрунтів, відновлення ґрунтів та можливості відновлення втрачених легких нафтопродуктів в результаті транспортних аварій з використанням запропонованих методів.

Розробка біополімерного комплексу для ліквідації нафтових емісій.

Для створення асортименту превентивних заходів розроблено технологію використання нетканих матеріалів на базі полімерної матриці з комплексом спеціальних властивостей, схема якої представлено на рисунку 5.19.

У якості матриці використовується кремнійорганічний медичний чи харчовий полімер, який має порувату мембраноподібну структуру. Але найбільш перспективним є використання біодеградуючих композиційних матеріалів, таких як полілактидні плівки.

Полілактиди (ПЛК) отримують полімеризацією молочної та гліколевої кислот. Молочну кислоту для синтезу полілактиду отримують, використовуючи відходи переробки природної сировини - молочну сироватку, патоку. Полілактиди за 3-6 місяців повністю розщеплюються на вихідні кислоти, CO_2, H_2O.

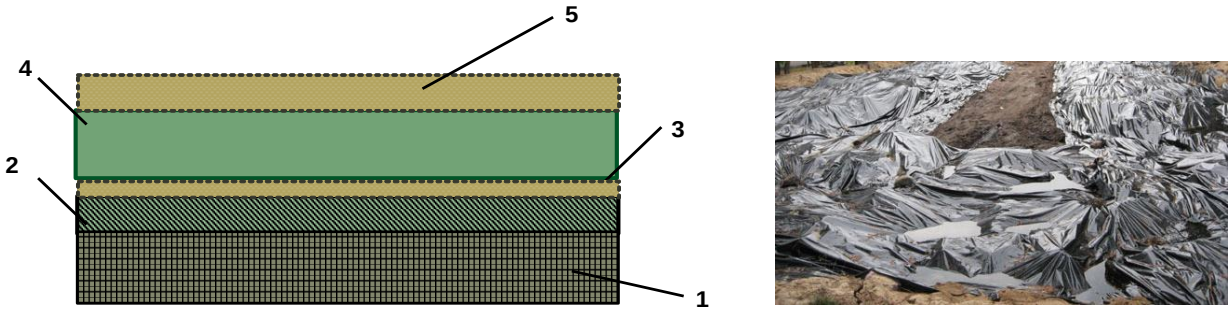


Рис. 5.19. Схема запропонованого біополімерного комплексу:

1 – базова полімерна матриця на основі ПЕНТ, що біорозкладається; 2 - шар ферменту; 3, 5 - шар поверхнево-активної речовини; 4- шар неактивного ліафілізованого бактеріального препарату.

Біодеградуючі композиційні матеріали, такі як ПЛК, з покращеною здатністю до переробки в розплаві отримуються з конвертованого крохмалю. Конвертований крохмаль отримують з рисового, кукурудзяного, картопляного крохмалю кислотним гідролізом при температурі, нижчій за температуру желатинізації крохмалю.

Плівки з ПЛК мають міцність у 4 рази вищу за міцність поліетилену.

За фізико-механічними властивостями полілактиди близькі до полістиролу, полівінілхлориду: густина – 1260 кг/м^3; ударна в'язкість за Ізодом - 18 Дж/м; теплостійкість за Віка -51°С; межа міцності при розтягуванні - 60 МПа; модуль пружності при згинанні - 3470 МПа; міцність при згинанні - 102 МПа; температура склування - 55°С.

Ефективний пластифікатор ПЛК - мономер -молочна кислота, а також її олігомери.

Полілактиди легко суміщаються з аліфатичними поліестерами - полікапролактоном, полігліколідом, модифікованими крохмалями, ізоціанатами.

Технологія отримання біополімерного комплексу наступна: на полімерну матрицю наноситься шар ферменту, який висушують при температурному режимі в межах 35 - 45°С з постадійним підвищенням, після цього наносять шар неактивного живого ліафілізованого бактеріального препарату з аборигенної мікрофлори, який витримують в чітких температурних режимах 28 - 32°С до повного висихання. Кінцевим етапом виготовлення є нанесення тонкого шару поверхнево-активної речовини – синтанолу, який забезпечує експозицію речовин на полімері.

Активація комплексу проводитися зрошуванням поверхні біополімеру теплою водою.

На базі запропонованої технології можливе створення асортименту превентивних засобів і універсальних наборів сорбційно-захисних виробів, таких як: сорбційні мати, серветки, сорбційно-загороджувальні блоки, сорбційно-загороджувальні бони для застосування їх при різних сценаріях аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів. З метою вивчення дії

комплексу, що містить умовно небезпечні ПАР на нафтозабруднену водну поверхню було проведено серію експериментів наведених у Додатку Б.

Розроблена технологія призначена, в основному для доочищення територій і акваторій після збору основної маси нафтопродуктів механічними засобами. Перевагою даної технології є її мобільність, універсальність і економічність (циклічне використання). Комплектація виробами, що сорбують і технологічні стадії процесу очищення обираються залежно від природних умов території, що реабілітується, і виду забруднення.

Таким чином, технічні і експлуатаційні характеристики превентивних засобів на основі розроблених нетканих сорбентів дозволили запропонувати для реалізації на ринку екологічних послуг мобільну замкнуту систему екологічного захисту навколишнього середовища від технологічних і аварійних емісій нафтопродуктів без утворення вторинних забруднювачів як нових джерел забруднення.

Особливості використання комплексних методів санації нафтоуражених об'єктів навколишнього середовища із використанням біокомпозитів.

Попередньо було зроблено висновок про необхідність застосування при ліквідації аварій з нафтою матеріалів, які б забезпечили ефективність, доступність, швидкість та дешевизну ліквідаційного процесу.

У попередніх підпунктах було досліджено можливість використання деяких відходів виробництв у якості сорбентів для збору нафтопродуктів з поверхні ґрунту. Розвиваючи це направлення, на основі проведення додаткових досліджень автором запропоновано використання досліджених відходів для збору нафтопродуктів з поверхні води та активації їх біологічного розкладання.

Прагнення до універсальності використання сорбентів, що розроблюються вимагає більш детального їх вивчення. Враховуючи поетапність процесу очищення води від розчинених нафтопродуктів, яка полягає в розділенні функції сорбенту і біомаси, автором було вивчено функції сорбенту, як поглинача з поверхні, а потім як біоматриці. Це дозволило диференціювати сорбенти за найбільш позитивними показниками і рекомендувати використання конкретних сорбентів.

В результаті проведених досліджень запропоновано принцип створення сорбуючих біомінеральних композитів, тобто нанесення і консервація на матриці нафтоокислюючої біомаси; досліджено зміна сорбційної здатності матриць після іммобілізації на них активної біомаси. Проведені дослідження характеру і швидкості протікання процесу деструкції адсорбованих нафтопродуктів, а також визначені чинники водного середовища, що найістотніше впливають на цей процес.

У дослідженнях використаний керамзитовий гравій з розмірами фракцій 5-10 мм, отриманий на базі надрудних вскришних глин Грушевського, Басанського і Шевченківського кар'єрів (Нікопольський басейн). Висока поруватість структури керамзитового гравію надає йому властивості утримуватись на поверхні води, що надає можливості використовувати його у якості матриці і сорбенту для збору нафтопродуктів з поверхні води.

Також у попередньому підрозділі досліджувалась можливість використання синтепону і паралону, а також полікапроамідне волокно для сорбції нафтопродуктів з різних поверхонь.

Всі досліджувані мінеральні матриці мають розвинену поверхню (від 54 $м^2/г$) і питому вагу, контакт з сорбатом , що забезпечує достатню ступінь ефективності повинен тривати не менше 15 хв.

Результати випробування зразків показали, що вони задовольняють вимогам, що пред'являються до сорбентів за механічною міцністю і хімічною стійкістю, мають достатньо високу пористість 22 - 29 % – і щільність в межах $1,65г/см^3$.

Отже, автором запропоновано використання вище означених відходів та сорбентів на їх основі у якості матриці для нанесення шару неактивного живого ліафілізованого бактеріального препарату з аборигенної мікрофлори, який витримують в чітких температурних режимах 28 - 32°С до повного висихання на поверхні матриці. В результаті отримуємо готовий біологічно-мінеральний композит.

В процесі роботи був проаналізований літературний матеріал [121-132], що містить інформацію про біоселективні властивості вуглеводеньокислюючих

мікроорганізмів і їх толерантності до чинників навколишнього середовища і швидкості біотрансформації окремих сполук і фракцій нафти, особливо таких, що важко метаболюються - ароматичні вуглеводні і важкі нафтопродукти (оливи, мазут).

Розробка методів комплексної біоремедіації.

З метою підбору ефективної технології біоремедіації розглянуті сучасні уявлення про роль екологічної і біохімічної різноманітності форм життя в екосистемах і їх сукцесії, в процесах круговороту біогенних елементів, процесах самоочищення, що забезпечують безперервність, і стабільність існуючих екосистем. Особливу увагу звернено на принципи формування природних біоценозів, що включають організми різних таксономічних і фізіологічних груп, зокрема мікроорганізми гетеротрофи і автотрофи, аероби і анаероби, оліготрофи і копіотрофи, хемосинтетики і фотосинтетики, причому організми різних класів – бактерії, дріжджі, мікроміцети, мікроводорості, прості, безхребетні, а також вищі рослини. Ці принципи є моделлю для створення штучних ремедіаційних ценозів, основою для яких може бути біохімічна різноманітність, як гарантія повноти перетворень токсиканта, симбіоз як форма співіснування різноманітних мікроорганізмів-деструкторів і адгезія як форма їх адаптації і стійкості.

У літературі [104, 121-132, 157, 225, 383, 384] приводиться широкий спектр бактерійних препаратів, використовуваних для очищення води і ремедіації ґрунтів, проте досвід їх застосування в широкій практиці (зокрема на залізничному транспорті України і Росії) показує, що високі показники нафтодеструкції демонструються тільки в перші 10-15 днів застосування препарату, потім якість очищення падає. Це пов'язано з активізацією діяльності аборигенної мікрофлори, пригнічуючої внесені нафтофільні бактеріологічні асоціати. Таким чином, для досягнення найбільш високої ефективності застосування біоремедіації в практиці необхідна інтенсивна активація діяльності аборигенної мікрофлори, що вимагає додаткового вивчення її складу в різних районах країни.

Автором було проведено бактеріологічний аналіз проб води (Чорне море – ст. Прибережна, р. Дніпро, Самара, Вовча, Інгул) і ґрунтів в смузі відведення залізничних магістралей з метою визначення загального усередненого складу біомаси. В результаті досліджень були виділені основні види резистентних і активних по відношенню до забруднювача бактерійних, дріжджових і водоростевих культур, такі як: *Acinetobacter species 72S, Bacillus polymyxa*, *Candida tropicalis 637* і *Candida parapsilosis 907.*

Бактерійно-дріжджові асоціації (біокомпозити) виявилися продуктивнішими, ніж асоціації без бактерій.

Асоціація 1 - *C.tropicalis 637, C.parapsilosis 907*;

Асоціація 2 - *C.tropicalis 637, C.parapsilosis 907, Acinetobacter sp.72S;*

Асоціація 3 - *C.tropicalis 637, C.parapsilosis 907, B. polymyxa 165*;

Найбільш високим рівнем деструкції володіли бактерійно-дріжджові асоціації:

Біокомпозит 1 – *Candida tropicalis 637, Candida parapsilosis 907, Acinetobacter species 72S* (1:1:1);

Біокомпозит 2 - *C.tropicalis 637, C.parapsilosis 907, Bacillus polymyxa 165* (1:1:1).

Показники біодеструкції дизельного палива за загальних вуглеводнями, продемонстрована ними складала 89% і 84%, відповідно.

Важливим, як з наукової, так і з практичної точки зору став той факт, що біодеструкція ароматичних вуглеводнів імобілизованими алканотрофами в динамічних умовах відбувалася інтенсивніше чим в статичних, при цьому оптимум досягався вже на 5 добі.

Найбільшу проблему викликає складність процесу біодеградації важких мазутових фракцій нафтопродуктів. Оскільки мазути являються майже не найбільш розповсюдженим забруднювачем колій на залізницях, були вивчені оптимальні склад та співвідношення біологічних композитів для окиснення мазутоподібних фракцій нафтопродуктів. В результаті лабораторних дослідів було визначено, що найбільшу ступінь деструкції мазутових фракцій дає біологічна композиція, що містить *Водоростеву асоціацію,* дріжджові культури

Candida та бактерійні культури *Acinetobacter species,* результати досліджень представлені в таблиці 5.11.

На рис. 5.20 (а) наведено результати вивчення динаміки очищення суглинистих ґрунтів забруднених оливою М14-$В_2$ на глибині 0,4 м, які свідчать про обґрунтованість та ефективність використання запропонованих біокомпозитів та біополімерів. Дослідження проводилися на дистанції маневрових колій локомотивного депо Нижньодніпровськ-Вузол, де фоновий показник нафтозабрудненості ґрунтів складав $С_ф$=7 мг/кг.

Таблиця 5.11.

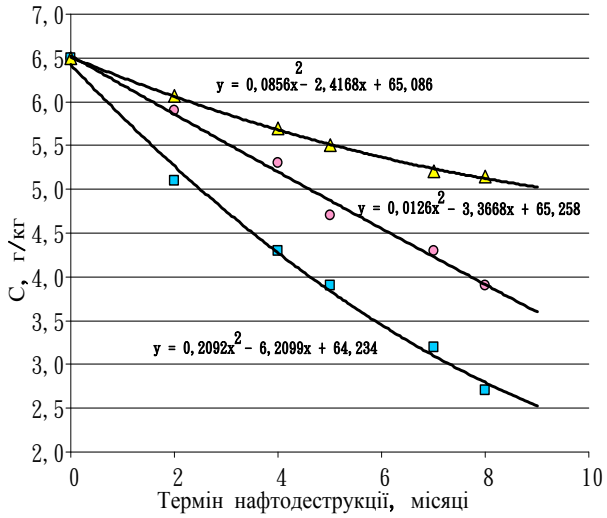
Порівняння ступеню руйнування мазуту М-40 альго-бактеріальними ценозами.

Варіант	Ступінь руйнування %
Контрольна проба № 1 (без мікроорганізмів)	0
Контрольна проба № 2 (*Rhodococcus erythropolis. 7HX*)	32,3
Rhodococcus erythropoli + Candida parapsilosis 907	41,1
Водоростева асоціація *AS-45 + Біокомпозіт 2*	57,2
Водоростева асоціація *AS-47 + Біокомпозіт 1*	66,9

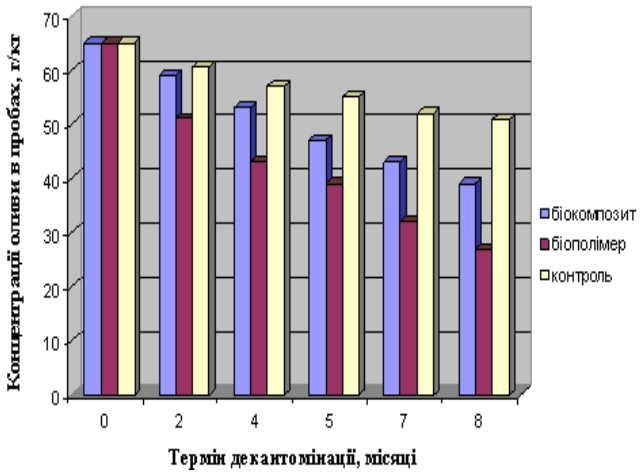
На рис. 5.20 (б) показано графік декантамінації мазутозабрудненого супіщаного ґрунту із застосуванням біокомпозиту.

На рис.5.21 показано порівняння кінетики насичення проб сорбенту (композиція 1) для різних нафтопродуктів, з чого слідує, що процеси поглинання оливи протікають повільніше, але більш ефективно.

Далі були вивчені закономірності розповсюдження в природі процесів колонізації твердих поверхонь мікроорганізмами різних таксономічних груп, пов'язані з формуванням ценозів біоплівок; при цьому особливу увагу було приділено адгезійним методам іммобілізації бактерій, дріжджів, а також мікроводоростей на твердій поверхні різних носіїв.



а



б

Рис. 5.20. Динаміка декантамінації з використанням біокомпозит:

а - суглинистого ґрунту забрудненого оливою М14-$В_2$ на глибині 0,4 м;

б - супіщаного ґрунту забрудненого оливою на глибині 0-0,1 м.

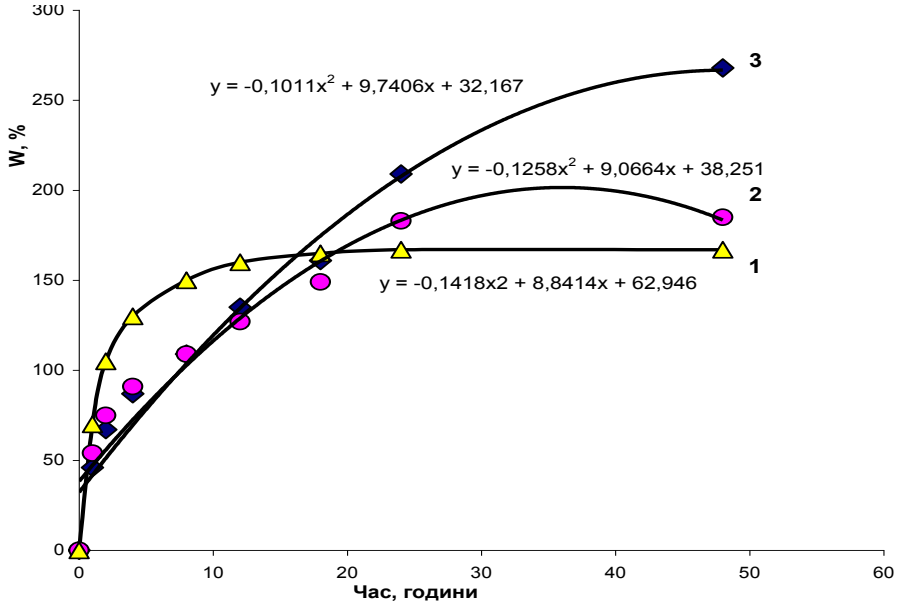


Рис. 5.21. Порівняння кінетики насичення проб сорбенту (композиція 1) для різних нафтопродуктів:

1 – бензин марки А-95, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – Олива М-14$В_2$

Порівнюючи результати доходимо висновку, що на поверхні ґрунту нафтодеструкція відбувається повільніше, чим на глибині.

Таблиця 5.12

Адсорбція біомаси різними матрицями

Культура	Тип матриці-носія			
	Сінтапекс	Сінтепон	Керамзит	Полікапроамідне волокно
	Концентрація клітин, мг/м^2			
C.tropicalis 637	63,33	79,23	94,33	86,47
C.parapsilosis 907	84,33	81,91	103,47	90,31
Біокомпозит 1	114,62	107,84	134,64	95,32
Біокомпозит 2	102,43	99,56	125,61	101,14

Отримані результати свідчить про те, що кількість десорбованих клітин залежить від хімічної структури поверхні носія і попередня модифікація дозволяє утримувати більшу кількість біомаси у порівнянні з необробленим носієм.

Одним з найбільш важливих показників для оцінки якісних властивостей взаємодії системи «біокомпозит - матриця» є кінетика іммобілізації біокомпозиту на матриці-носії (рис. 5.22).

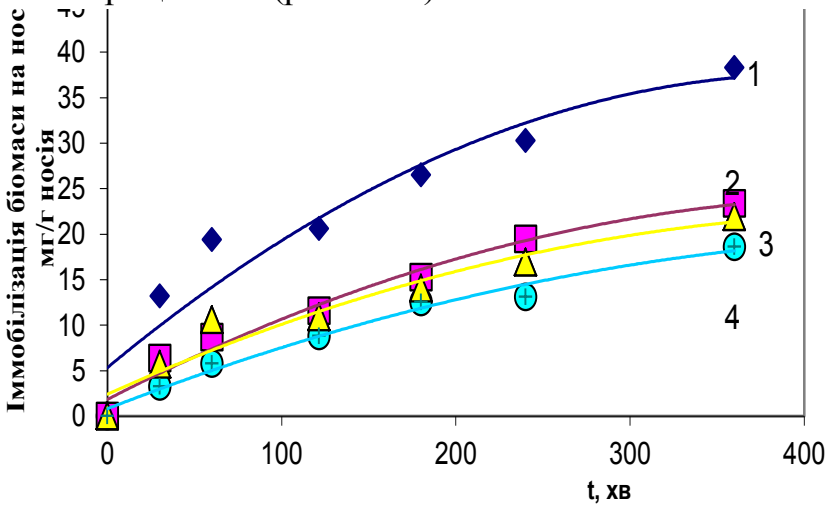


Рис. 5.22. Кінетика процесу іммобілізації *біокомпозиту 1* на різних матрицях-носіях.

1 – керамзит; 2 – сінтапекс; 3 – сінтепон; 4 - полікапроамідне волокно.

Оскільки два носії (синтепон і полікапроамідне волокно) володіють приблизно однаковими величинами питомої поверхні, ймовірно, в даному випадку гідратація поверхонь носія і клітин грає велику роль, ніж

електростатичні взаємодії між ними. Це узгоджується з теорією, що загальна кількість іммобілізованих клітин залежить тільки від величини питомої поверхні носія і гідратації взаємодіючих поверхонь.

На підставі результатів літературного пошуку і даних, отриманих в процесі лабораторних і польових випробувань приходимо до наступних висновків:

– з метою підвищення адаптації і ефективності процесу біодеструкції необхідне формування іммобілізованих ценозів різних рівнів складності у вигляді біопрепаратів: окремих алканотрофних мікроорганізмів; консорціумів мікроорганізмів - представників аборигенної мікрофлори, що володіють селективною відносно забруднювача активністю; альгобактеріальних ценозів;

– для інтенсифікації процесу біостимуляції і біорозкладання найбільш ефективним є формування структурованих біоценозів, що включають організми різних таксономічних груп, у тому числі і вищі рослини, тобто що містять організми з різними біохімічними функціями і можливостями, що дозволяє не тільки моделювати природні процеси самоочищення, але і інтенсифікувати їх в умовах антропогенного навантаження.

Таким чином, запропоновані нами бактерійні асоціати, що використовуються для очищення води і ремедіації ґрунтів досить різні за складом.

При очищенні водних поверхонь нафтодеструкційна бактерійна мікрофлора з метою іммобілізації на матриці окрім запропонованих аборигенних біокомпозититів може бути виділеною з аеротенків, що працюють на госппобутових стічних водах, які містять розчинені нафтопродукти в концентраціях 25–30 мг/дм^3. Склад аеротенкової біомаси: бактерії роду Pseudomonas (74,5%), Mycobacterium (7,2%), Bacillis (5,7%), Sarcina (2,4%), Actinomyces (6%), Flavobacterium (4,3%). Показником активності нафтодеструкційної біомаси є зниження концентрації нафтопродуктів у воді аеротенка на 60–75% за добу, в лабораторних умовах.

В результаті лабораторного експерименту встановлено, що сорбційна ємкість керамзиту після закріплення на його поверхні біомаси перевищує

ємкість сорбенту без такої і складає в статичних умовах – більш 20,5мг/г, в динамічних – 127 мг/г. Це вказує на можливість підвищення ефективності використання керамзиту для доочистки водного середовища з низькою концентрацією розчинених нафтопродуктів за рахунок іммобілізації на його поверхні нафтоокислюючої мікрофлори. Крім того використання сорбуючого біомінерального комплексу на базі керамзиту при ремедіації педосфери також демонструє високі технологічні та екологічні показники за рахунок додаткової аерації ґрунтової маси.

Забруднення нафтопродуктами створює складну екологічну обстановку, що приводить до глибокої зміни всіх ланок природних біоценозів або їх повній трансформації. Загальна особливість всіх нафтозабруднених ґрунтів - зміна чисельності і обмеження видової різноманітності педобіонтів (ґрунтовою мезо- і мікрофауни і мікрофлори). Типи у відповідь реакцій різних груп педобіонтів на забруднення неоднозначні: Відбувається масова загибель ґрунтової мезофауни. Через три дні після аварії більшість видів ґрунтових організмів повністю зникають або складають не більше 1% від контрольної проби. Найбільш токсичними для них виявляються легкі фракції нафтопродуктів. Комплекс ґрунтових мікроорганізмів після короткочасного інгібірування відповідає на забруднення нафтопродуктами підвищенням валової чисельності і посиленням активності. Перш за все це відноситься до вуглеводеньокислюючих бактерій, кількість яких різко зростає щодо незабруднених ґрунтів. Розвиваються «специфічні» групи, що беруть участь на різних етапах в утилізації вуглеводнів.

Максимум чисельності мікроорганізмів відповідає горизонтам ферментації і знижується в них за профілем ґрунтів у міру зменшення концентрацій вуглеводнів. Основний пік мікробіологічної активності падає на другий етап природної деградації нафти.

В процесі розкладання нафтопродуктів в ґрунтах загальна кількість мікроорганізмів наближається до фонових значень, але чисельність нафтоокислюючих бактерій ще довгий час перевищує ті ж групи в незабруднених ґрунтах (приблизно на протязі 10 - 15 років).

У роботі [266] досліджено біорозкладання гасу, дизельного палива і сирої нафти в піщано-глинистому ґрунті. Серію подібних досліджень було проведено автором з метою визначення залишкових концентрацій нафтопродуктів. При цьому, було досліджено забруднену ділянку з супіщаним ґрунтом, початкова концентрація нафтопродуктів на якій складала 14 г/кг ґрунту. Використовували біокомпозит з початковою концентрацією 108 кл./г. Тривалість експерименту складала 6 місяців. Результати визначень наведено у табл. 5.13.

Таблиця 5.13

Залишкові концентрації і частина нафтопродуктів, що не розклалася в супіщаному ґрунті

Нафтопродукт	Концентрація, мг/кг		Частина, що не розклалася %
	Початкова	Залишкова	
Бензин	14000	280	2
Дизельное топливо Л	14000	1820	13
Моторна олива М14В-2	14000	6440	46

Як бачимо з отриманих результатів, чітко спостерігається залежність кінетики процесу біорозкладання від типу – тобто фракційного складу нафтопродуктів. Таким чином можна стверджувати, що чім більший відсоток високо киплячих фракцій у нафтопродукті, тим більший термін біорозкладання.

Оптимізація використання запропонованих біокомпозитних матеріалів.

З ціллю подальшої можливості оптимізації і моделювання процесу біорозкладання за допомогою запропонованих біокомпозитів запропоновано використання базових математичних рівнянь (2.15-2.16), розроблених автором, які описують процес біорозкладання [216].

Враховуючи особливості взаємодіючої системи, що моделюється, автором пропонується рівняння формулювати процес біорозкладання на базі рівняння масопереносу, принципу Лібіха і формули Моно. Таким чином вони будуть мати наступний вигляд:

$$\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial \mathrm{t}} = \gamma \cdot \delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot \mathrm{M} - \lambda \cdot \mathrm{M} - \frac{\partial \mathrm{M}}{\partial \mathrm{x}}, \qquad (2.15)$$

$$\frac{\partial \mathrm{G}}{\partial \mathrm{t}} = -\delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot \mathrm{M}, \qquad (2.16)$$

де М – концентрація бактерій в ґрунті, кл/г; G - концентрація нафтопродуктів в ґрунті, г/г; K_s - константа споріднення субстрату до бактерій, (0,1 г/г); μ_{m} - максимальна швидкість росту бактерій; λ - швидкість відмирання бактерій, доб$^{-1}$; δ_i - коефіцієнт, що враховує фракційний склад нафтопродукту (δ_1=2×10^{-6} – для бензину; δ_2=2×10^{-7} - для гасу; δ_3=2×10^{-8} - для дизельного палива; δ_4=2×10^{-9} - для оливи); γ - коефіцієнт пропорційності між нафтофільним препаратом та кількістю окисненого нафтопродукту, враховує просторову неоднорідність (γ=5,8×10^{-13}).

Поставлене завдання не має аналітичного рішення, тому воно вирішувалося двома методами: методом кінцевих диференціалів та методом Рунге-Кутта 4-ого порядку [288].

За методом кінцевих диференціалів:

1. Запишемо рівняння для концентрації бактерій М:

$$\frac{M_i^x - M_{i-1}^x}{\Delta t} = \frac{\mu_m G_{i-1}}{K_s + G_{i-1}} \cdot \mathrm{M}_i^x - \lambda \cdot \mathrm{M}_{\mathrm{i}}^x - \frac{1}{n_e} x, \qquad (5.1)$$

Приймаємо, що $\frac{\mu_m G}{K_s + G} = Q$, отже:

$$M_i^x \left(\frac{1}{\Delta t} - Q + \lambda\right) = -\frac{1}{n_e} x + \frac{M_{i-1}^x}{\Delta t}, \qquad (5.2)$$

Тоді:
$$M_i^x = \frac{\left(\frac{M_{i-1}^x}{\Delta t} - \frac{1}{n_e} \cdot x\right)}{\left(\frac{1}{\Delta t} - \mathrm{Q} + \lambda\right)}, \qquad (5.3)$$

2. Запишемо рівняння для концентрації нафтопродукту G:

$$\frac{G_i^x - G_{i-1}^x}{\Delta t} = -\frac{1}{q} \cdot Q \cdot M_i^x - \frac{1}{\rho} \cdot x, \qquad (5.4)$$

$$G_i^x = \left(\frac{G_{i-1}^x}{\Delta t} - \frac{1}{q} \cdot Q \cdot M_i^x - \frac{1}{\rho} \cdot x\right) \cdot \Delta t, \qquad (5.5)$$

Виведемо рівняння за методом Рунге-Кутта 4-ого порядка:

1. Запишемо рівняння для концентрації бактерій М:

$$\frac{\partial \mathrm{M}}{\partial \mathrm{t}} = \gamma \cdot \delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot \mathrm{M} - \lambda \cdot \mathrm{M} - \frac{1}{n_e} x, \qquad (5.6)$$

Роздивимось задачу Коші: $y' = f(x, y), _ y(x_0) = y_0$,

Тоді приближене значення у наступних визначеннях буде обчислюватись за ітераційною формулою:

$$y_{n+1} = y_n + \frac{h}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (5.7)$$

де h – величина кроку сітки по x і визначення нового значення проходить у чотири етапи:

$$k_1 = f_1(\Delta t, x), \quad (5.8)$$

$$k_2 = f_2(\Delta t + \frac{h}{2}; x + \frac{\Delta t}{2} k_1), \quad (5.9)$$

$$k_3 = f_3(\Delta t + \frac{h}{2}; x + \frac{\Delta t}{2} k_2), \quad (5.10)$$

$$k_4 = f_4(\Delta t + \frac{h}{2}; x + \frac{\Delta t}{2} k_3), \quad (5.11)$$

Тобто: $$M_i = M_{i-1} + \frac{\Delta t}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (5.12)$$

2. Запишемо рівняння для концентрації нафтопродукту G:

$$\frac{\partial \mathrm{G}}{\partial \mathrm{t}} = -\delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot \mathrm{M}, \quad (5.13)$$

Тоді: $$G_i = G_{i-1} + \frac{\Delta t}{6}(k_1 + 2k_2 + 2k_3 + k_4), \quad (5.14)$$

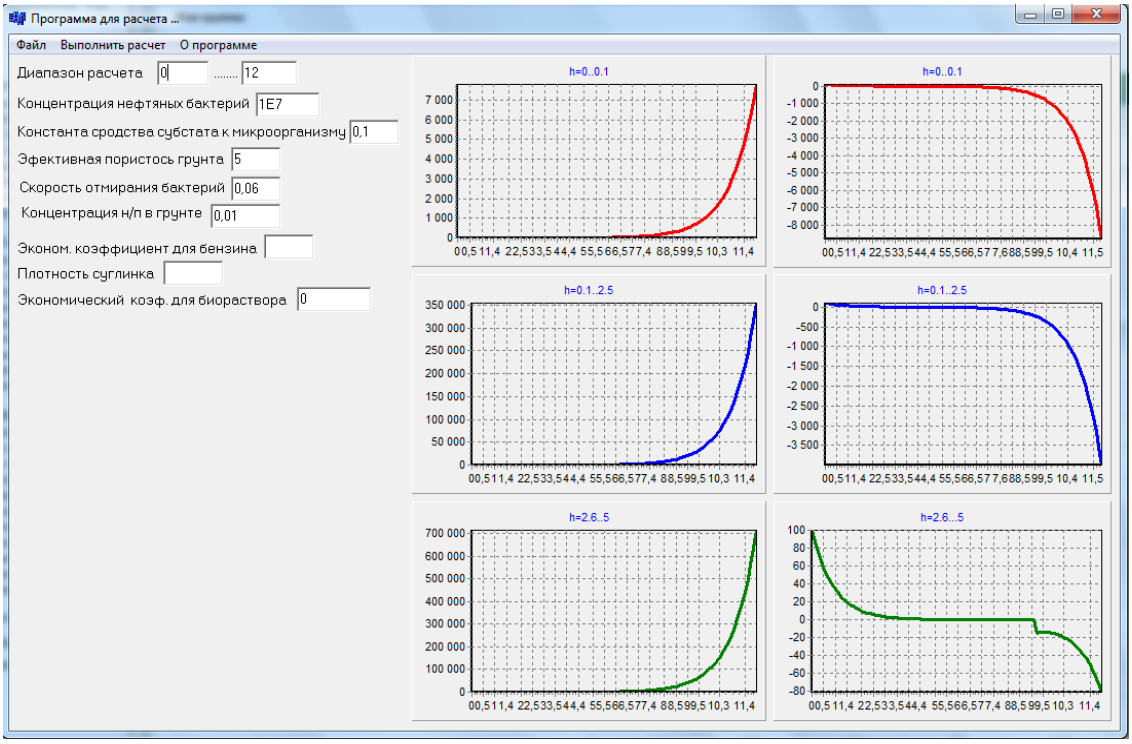
де коефіцієнти k_1, k_2, k_3, k_4 обчислюються за формулами (5.8 - 5.11).

Основною ціллю модельних досліджень було визначення терміну біорозкладання для регулювання кількості внесення біопрепарату.

При цьому, використання запропонованої моделі дозволяє враховувати глибину, на якій відбувається процес біодеградації (рис. 5.23). Відомо [], що в залежності від глибини термін протікання процесу очистки уповільнюється. Це, згідно проведених досліджень, пояснюється процесами інфільтрації нафтопродуктів за ґрунтовим профілем, кількістю ґрунтового повітря та кількістю поживних та ферментних речовин.

Для візуалізації чисельних рішень застосовано середовище програмування CBuilder C++ 7.0. На рис. 5.23-5.25 показано результати моделювання динаміки зміни чисельності популяцій (а) та концентрації дизельного палива (б) у відносних одиницях за 1 рік очищення на глибинах 0 – 0,1м; 0,1 – 2,5м; 2,5 - 5,0.

На основі запропонованої моделі, були розраховані зміни концентрацій нафтопродукту і бактерій за глибиною профілю ґрунту залежно від часу.



а **б**

Рис. 5.23. Вид головної форми програми. Динаміка біологічної деструкції дизельного палива за 12 місяців.

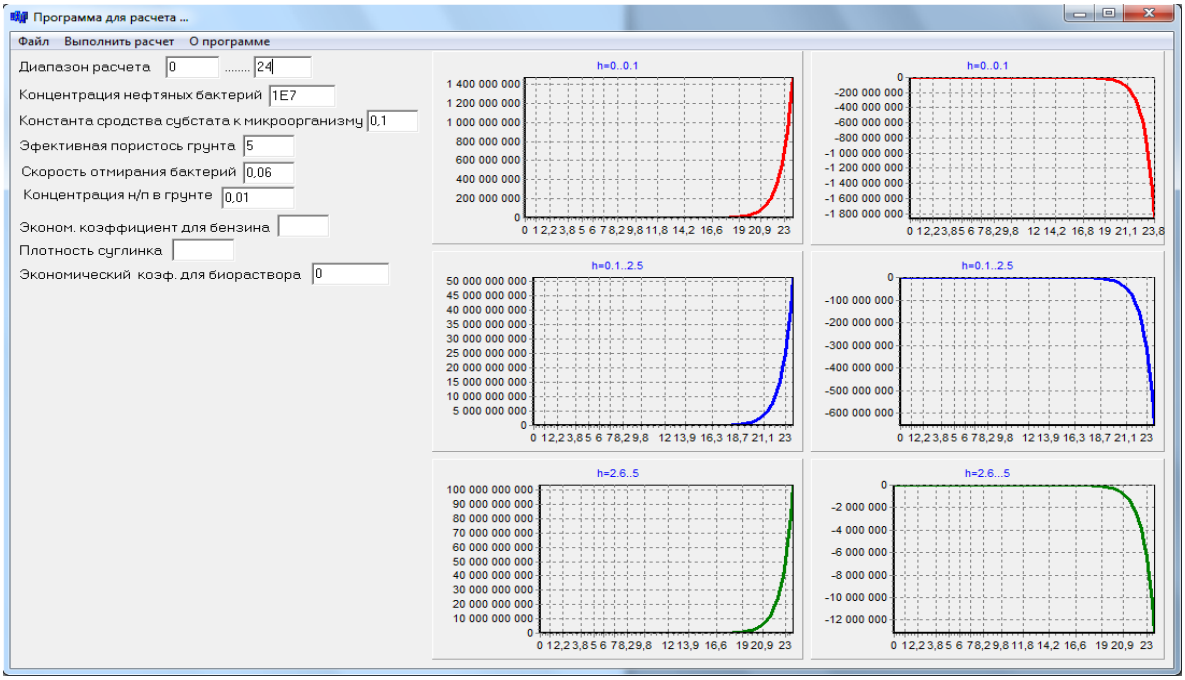


Рис. 5.24. Динаміка біологічної деструкції дизельного палива за 24 місяці.

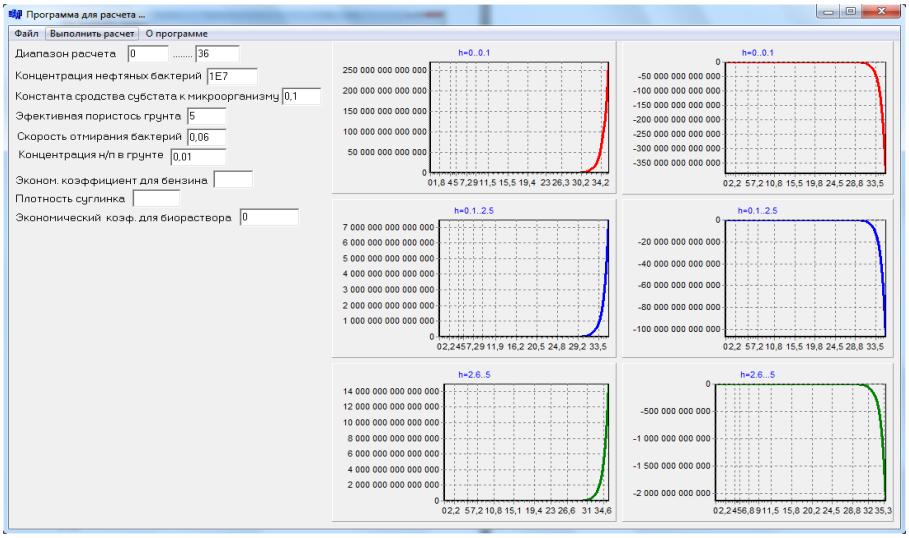


Рис. 5.25. Динаміка біологічної деструкції дизельного палива за 36 місяців.

Результати моделювання динаміки біологічної деструкції нафтопродуктів за ґрунтовим профілем підтверджуються натурними дослідженнями за якими було визначено, що швидкість нафтодеструкції залежить від фракційного складу нафтопродукту, типу ґрунту, глибини за ґрунтовим профілем та кліматичних умов.

Результати математичного моделювання процесу санації за 24 та 36 місяців, наведено відповідно на рис. 5.24 та рис. 5.25 відповідно.

Порівняльний аналіз прогнозних розрахунків динаміки зміни концентрації нафтопродуктів в ході біодеструкції з даними натурних досліджень (рис. 5.26) демонструє збіжність, що безперечно свідчіть про адекватність запропонованої моделі та методу її чисельного визначення. При цьому відхилення (погрішність) обчислювання не перевищувало 8% при допустимих параметрах погрішності – 20%.

Треба відзначити, що швидкість руйнування нафтозабруднення змінюється в залежності від варіативності комплексу наступних факторів: концентрація нафтопродукту в ґрунті, ступінь зволоження ґрунту, тип ґрунту, поруватість ґрунтової маси, глибина забруднення, склад аборигенної мікрофлори ґрунту, метеоумови, ступінь спроможності ґрунту до

самовідновлення, ступінь і характер попереднього забруднення ґрунту та інш.

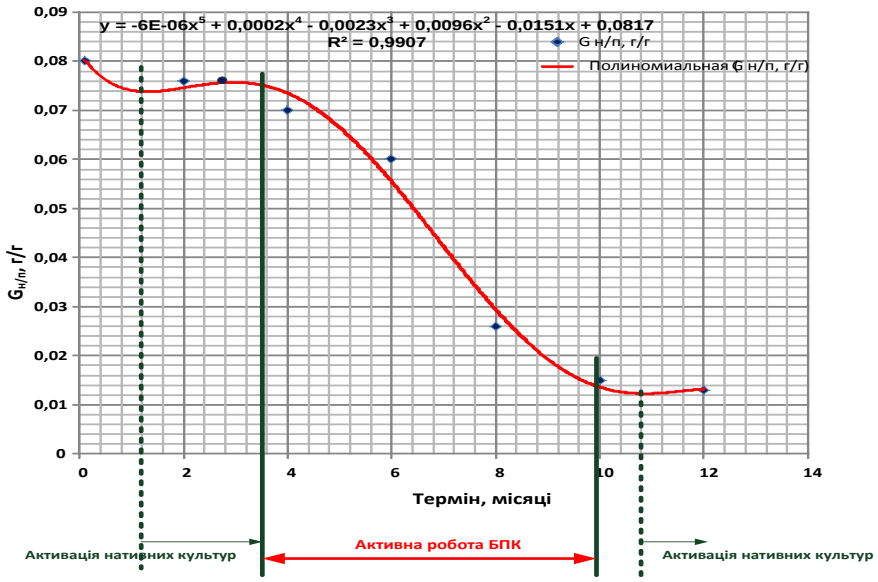


Рис. 5.26. Порівняльний аналіз розрахункових за моделлю результатів та даних натурних досліджень.

1 – за результатами модельного прогнозу; 2 – за даними натурних досліджень.

Застосування математичного моделювання на даному етапі дозволяє оцінити час, необхідний для повної санації ґрунту з урахуванням найважливіших факторів. Крім того, проведені модельні розрахунки довели, що внесення бактерійного субстрату достатньо проводити лише на першій стадії очищення, що дозволяє значно скоротити вартість запропонованої біоремедіаційної технології.

5.2.4. Методи стабілізації та відновлення ґрунтів

Також одним із найперспективніших біотехнологічних підходів завершальної санації нафтозабрудненних ґрунтів - є фіторемедіація.

З метою створення ефективного процесу доочистки і відновлення педосфери необхідний диференційований підхід до типу фіторемедіантів. З цією метою були вивчені особливості рослинного (аборигенного) фітопокриття, а також його основні показники – фітотоксичність і порівняльна фіторемедіація.

З ціллю подальших рекомендацій щодо санації нафтозабруднених ґрунтів та оцінки стійкості фітоценозів, властивих для зон смуги відводу залізничних магістралей було досліджено фітотоксичний ефект.

Необхідність визначення показника фітотоксичності ґрунту виникає при проведенні моніторингу хімічного забруднення ґрунтів або під час оцінки можливостей використання різних відходів (компостів, осадів стічних вод або самих стічних вод) для меліорації або добрива ґрунту.

Для цього використовується простий метод [78, 184, 385], принцип якого полягає в дослідженні реакції тест-культури при внесенні до ґрунту добрив, меліорантів, забруднюючих речовин і ін.

За цим методом в досліджуваному і контрольному (незабруднений або без домішок) ґрунті пророщують насіння і фіксують енергію проростання, довжину надземної і кореневої систем, масу сухої речовини в надземній і підземній частинах рослин і ін.

Дослідження проводилися з підтриманням постійної вологи ґрунту (на рівні 70% від повної вологоємкості), яку перед дослідженням визначали стандартним методом: зважуючи сухий ґрунт і додаючи розрахований об'єм води, щоб досягти вологості 70%; після першого зволоження ґрунт разом з досліджуваною ємкістю зважували; потім періодично повторювали зважування, а втрату вологи компенсували додаванням певної кількості води.

За тест–культури було обрано вівсяниця, пирій, овес та осот, як рослини, що найчастіше зустрічається у смузі відводу залізниць. При цьому осот має наймаксимальніші показники біотранформації та розкладення нафтопродуктів[384, 385]. У якості тест-токсиканту застосовували бензин А-95 в співвідношенні 1:20, тобто концентрація склала ($С_{нп}$=50 г/кг), концентрація бензину в очищеному ґрунті складала ($С_{нп}$=1 г/кг). Результати проведення визначення фітотоксичного ефекту наведено у Додатку Ж.2.

Таким чином, з отриманих результатів маємо:

$М_0$- маса контрольної рослини (або всіх рослин в 1 чашці) - середнє значення - 1,2 г;

$М_х$ - маса рослини, яка вирощена на токсичному середовищі, - середнє значення – 27,0 г.

$$Ф_е = ((27,0 - 1) / 27)) * 100 = 95,5 \%$$

Величина показника фітотоксичного ефекту вказує на істотний вплив забруднення ґрунту бензином на пророщення навіть такої стійкої культури як осот. Тобто, застосування фіторемедіації повинно проводитись за певними рекомендаціями – залишкова концентрація нафтопродукту не повинна перевищувати 30 г/кг.

Аналізуючи отримані дані можна відзначити, що на ґрунті, забрудненому залишковими фракціями нафтопродукту процес пророщення насіння уповільнюється приблизно в два рази. Процес очищення ґрунту істотно покращує якість ґрунту про що свідчить пророщення насіння в очищеному ґрунті. Виходячи з отриманих результатів можна зробити висновки про безперечну шкідливу дію нафтопродуктів на цінні сільськогосподарські культури.

В процесі фіторемедіації відбуваються всі метаболічні процеси: поглинання води з ґрунту, акумуляція і розкладення органічних і неорганічних забруднювачів. Важливу роль в детоксикації поллютантів грає різосфера рослин (різодеградація). В порівнянні з існуючими фізичними і хімічними методами ремедіації ґрунтів фіторемедіація найбільш ефективна..

Одним з важливих чинників, який зазвичай враховується при рішенні питання про фіторемедиацію і сільськогосподарське використання забруднених нафтопродуктами земель, є негативний вплив поллютанта на зростання і розвиток оброблюваних на ній культур.

У роботі з оцінки фітотоксичного ефекту було досліджено широкий спектр рослинного покриву в смузі відводу залізниць і протестовано найбільш стійку та розповсюджену культуру – осот.

Отже очищення, доочищення та фіторемедіація нафтозабруднених ґрунтів потребує постійного моніторингу за станом педосфери з ціллю корегування для збільшення ефективності відновлення.

Впровадження комплексних заходів щодо забезпечення екологічної безпеки об’єктів залізниці дозволять зменшити екологічний ризик в 1,5 разу, збиток – 2 рази.

Розробка комплексних технологій відновлення екосфери

Вивчаючи процеси відновлення нафтозабруднених ґрунтових екосистем, багато дослідників [2, 4-6, 8, 47-50] звертають увагу на те, що звичайні рекультиваційні заходи мають ряд недоліків - не завжди сприяють відновленню ґрунтів і рослинності, і часто самі завдають довготривалої шкоди природі. Землювання уповільнює процеси розкладання нафти. Вивіз забрудненого шару створює нові джерела вторинного забруднення. Дослідження показують, що при спалюванні нафти терміни природного відновлення нафтозабруднених ґрунтів значно збільшуються, відбувається утворення поліциклічних ароматичних вуглеводнів, що володіють канцерогенними властивостями, отже збільшується токсичність ґрунтів, загальмовується відновлення всіх блоків екосистеми.

В даний час науково обґрунтовані методи ліквідації наслідків забруднення відсутні. Для максимального зменшення несприятливої дії необхідне знання законів трансформації забруднених екосистем і забруднюючих речовин, прогноз їх зміни в часі.

Автори [47, 48] вважають, що концепція відновлення забруднених екосистем повинна спиратися на наступний принцип: не завдати екосистемі більшої шкоди, ніж той, який вже нанесений при забрудненні. Суть концепції - максимальна мобілізація внутрішніх ресурсів екосистеми на відновлення своїх первинних функцій. Рекультивація, за визначенням дослідників, це продовження процесу самоочищення, при якому використовуються природні резерви екосистеми: кліматичні, мікробіологічні, ландшафтно-біохімічні.

Концепція відновлення забруднених земель виходить з положення, що в різних грунтово-кліматичних і ландшафтно-геохімічних умовах процеси трансформації забруднювачів аналогічного типу в одних і тих же дозах відбуваються з різною швидкістю і зупиняються на різних стадіях.

Розрізняються і результати дії різних доз забруднювачів на екосистеми. Самоочищення і самовідновлення екосистем - стадійний біохімічний процес трансформації забруднюючих речовин, зв'язаний із стадійним відновленням біоценозу. Відповідно до етапів біодеградації відбувається регенерація биоценозов. Процеси йдуть різними темпами на різних ярусах екосистем.

Значно повільніше, ніж мікрофлора і рослинний покрив, формується сапрофітний комплекс тварин. Повної оборотності процесу, як правило, не спостерігається. Найбільш сильний спалах мікробіологічної активності доводиться на другий етап біодеградації нафти. При подальшому зниженні чисельності всіх груп мікроорганізмів до контрольних значень, чисельність углеводородокисляющих організмів на багато років залишається аномально високою в порівнянні з контролем.

Дослідники [266] неодноразово підкреслюють, що механічні і фізичні методи рекультивації не можуть забезпечити повне видалення нафти і нафтопродуктів з ґрунту. Розкладання нафти в ґрунті в природних умовах - процес біогеохімічний, в якому головне і вирішальне значення має функціональна активність комплексу ґрунтових мікроорганізмів, що забезпечують повну мінералізацію нафти і нафтопродуктів до вуглекислого газу і води. Прискорити очищення ґрунтів за допомогою мікроорганізмів можна в основному двома способами: активізацією метаболічної активності мікрофлори ґрунтів шляхом зміни физико-хімічних умов середовища (агротехнічні прийоми) або внесенням спеціально підібраних активних нафтоокислюючих мікроорганізмів в забруднений ґрунт.

Аналіз численних робіт по рекультивації нафтозабруднених [2, 4-6, 8, 47-50] ґрунтів дає суперечливі результати - одні і ті ж заходи в різних умовах приводять до неоднакових наслідків. Вищезазначені автори намічають найбільш загальні принципи інтенсифікації самовідновлюючої здатності ґрунтів. На першому етапі, коли геохімічні обставини найбільш токсичні, доцільно проводити підготовчі заходи: аерацію, зволоження, локалізацію забруднення. На другому етапі можливий пробний посів культур з метою оцінки залишкової фітотоксичності ґрунтів, роботи по регулюванню водного режиму і кислотних умов, у разі потреби - розсолювання. На третьому етапі відновлюються природні рослинні біоценози, створюються культурні фітоценози, практикується посів багаторічних рослин.

Тривалість процесу рекультивації залежить від ґрунтово-кліматичних умов і характеру забрудненості.

В даний час всі способи рекультивації ґрунтів не є достатньо прийнятними, оскільки мають цілий ряд недоліків.

Обробка ґрунту сольвентами приводить до часткового або повного знищення в ґрунті колоній мікроорганізмів, що приводить відповідно до збіднення ґрунтового складу і знищення всіх родючих властивостей ґрунту. З економічної точки зору даний метод також є невигідним, оскільки речовини, якими обробляється ґрунт використовуються у великих кількостях і є дорогими.

В результаті високотермічного випаровування, яке відбувається при температурі не нижче 700-800°С вся ґрунтова органіка осмолюється. В результаті цих заходів очищення ґрунту ми маємо повністю стерильний грунт, який не придатний для життя рослин і залишиться такий ще в перебігу багатьох років, навіть якщо намагатися стимулювати зростання бактерій, вносячи до ґрунту нові штами мікроорганізмів або проводячи змішування “порожнього” ґрунту з ґрунтовими культурами, вилученими з інших областей.

Зрізання ураженого ґрунту призводить, перш за все, до утворення нових місць забруднення. В результаті зрізання з'являються місця з ґрунтовим голодуванням, що особливо актуально в місцях найбільш частих розливів нафти. При виконанні цих робіт витрачається великий об'єм засобів, оскільки необхідно евакуювати велику кількість зараженого ґрунту, що приводить до зайнятості великого числа людей і техніки.

Найбільш перспективним методом очищення ґрунтів є примусове окислення нафти і нафтопродуктів за допомогою ґрунтових мікроорганізмів. Практика внесення до ґрунту бактерійних штамів зараз поки що не дуже поширена по безлічі причин, однією з яких є несумісність умов нормальної життєдіяльності бактерій з умовами більшості регіонів.

Вибір конкретного комплексу методів і технологій ліквідації екологічних наслідків нафтових емісій повинен здійснюватись за конкретними матрицями, які було розроблені за чітко диференційованими сценаріями протікання емісії.

Сценарій 1. Виток із цистерни чи ємкості для зберігання важких нафтопродуктів на поверхню ґрунту без загрози геофільтрації (рис. 5.27).

Для оцінки небезпеки забруднення за таким сценарієм необхідно враховувати тип нафтопродукту (легкі чи важкі фракції), а також глибину розливу: мілкий — до 6 мм, глибокий — більше 6 мм.

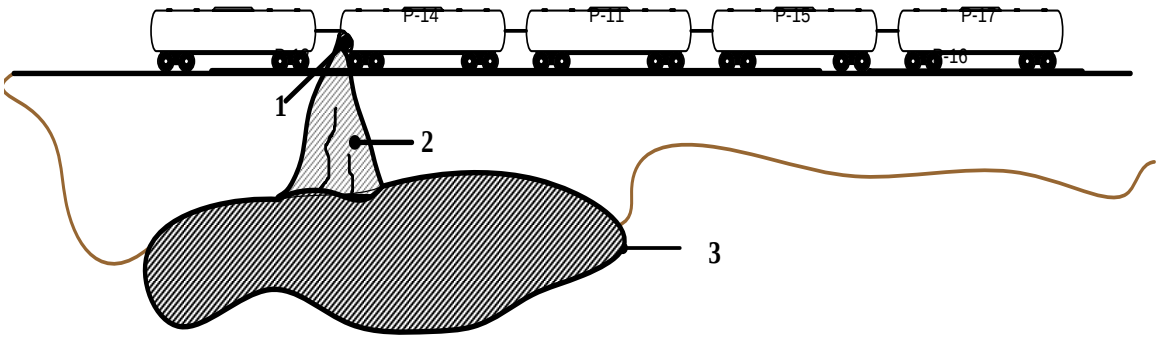


Рис. 5.27. Сценарій поверхневого витоку важких фракцій нафтопродуктів.

1 – отвір, через який трапляється виток нафтопродукту; 2 – поверхневий стік нафти за рельєфом місцевості; 3 – зона утворення дзеркала витоку.

Також на порядок проведення ліквідаційних заходів буде впливати наявність продовження витоку для оцінки якого є необхідним визначення кількості вже викинутої речовини і величину приросту його кількості при безперервному витоку, а також наявність в зоні емісії перешкод, що обмежують розлив (бар'єрів, збірних виїмок, збірних ємкостей і тому подібне), а також пористість поверхні, по якій розливається речовина.

Загальну матрицю порядку ліквідаційних заходів за даним сценарієм нами було розроблено у попередній роботі у загальному вигляді до неї входять: - локалізація місць розливу шляхом обваловки; - відкачування рідкої фази нафтопродуктів в спеціальні ємкості; - засипка місць розливу із залишками нафтопродукту поглиначами або сорбентами; - збір поглинача, зрізка ґрунту на певну товщину і вивозі його разом із залишками сорбенту на утилізацію; - обробка ґрунтів нафторозкладаючими біопрепаратами, засипка шаром свіжої родючої землі і висадка рослин.

Перед операцією відкачування і збору нафтопродуктів з поверхні грунту місце розливу доцільно ізолювати шляхом нанесення легко-механічної піни з метою запобігання попаданню випаровувань легких фракцій в атмосферу, а також із-за небезпеки виникнення пожежі.

Обвалування проводять з метою перешкодити розтіканню і накопиченню рідини на місцевості шляхом насипання земляного валу в одне або декілька кілець, споруди запруд, риття штучних ям, відвідних канав у напрямі зниженої місцевості і так далі Для обвалування використовують бульдозери, скрепери, автогрейдери, грейдери і снігоочисники. При малих розливах небезпечних вантажів допускається застосування лопат.

Перекачування небезпечного вантажу з несправних (пошкоджених) цистерн здійснюється за допомогою мобільних станцій і насосних установок різного типу.

У кандидатській дисертації автором було розглянуто широкий спектр відходів виробництв, які надалі були рекомендовані до застосування у якості поглинаючих матеріалів за конкретних умов, отже більшість з них мали дуже низьку ефективність але ми ставили ціль максимально здешевити технологію. В даній роботі цьому питанню було також приділено увагу.

В підрозділі 5.1. було проведено дослідження щодо виявлення стійких аборигенних бактерійних штамів, які можуть бути ефективно застосовані в запропонованих комплексних технологіях очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

Технології біологічного знешкодження нафтопродуктів засновані на активації аборигенної мікрофлори або внесенні до ґрунту певних культур мікроорганізмів і створенні оптимального середовища для розвитку мікроорганізмів.

Простими способами активації мікрофлори є механічні: спушення, оранка, дискування. Необхідною умовою розмноження мікроорганізмів є створення оптимального температурного діапазону і внесення мінеральних добрив.

Ідеальним pH для біорозкладання є нейтральний. Для нейтралізації лужних ґрунтів вносять гіпс, для нейтралізації кислих ґрунтів - вапно.

Одним з методів, що забезпечують диспергування нафтових забруднень і поліпшуючих контакт з мікроорганізмами, є внесення поверхнево-активних речовин (СПАР). Миючі речовини вимивають з ґрунтів нафтопродукти разом з

водою. Причому, сумісне застосування СПАР і мінеральних добрив прискорює біодеструкцію.

Вище було проведено модифікацію раніш запропонованих поглиначів із відходів різних виробництв з ціллю підвищення ефективності їх використання при мінімальних затратах. Таким чином нами запропоновано нові біополімерні комплекси у вигляді рулонів, матів та блоків які значно спростять та покращать процес їх застосування. Використання зазначених матеріалів рекомендовано замість засипки сорбентами при незначній глибині розливу (до 10 см).

Використання сорбуючого біомінерального комплексу на базі керамзиту також рекомендовано на стадії засипки сорбентами зони емісії, при цьому етапи сорбції та біологічної доочистки поєднуються. Процеси очистки та біоремедіації протікають досить швидко і високо ефективно. Також, у якості матриці для нанесення нафтофільної мікрофлори можливе використання синтепону, паралону і полікапроамідного волокна для сорбції нафтопродуктів.

Замість використання сорбційних методів можливе застосування розробленого і запропонованого автором біополімерного комплексу, за яким: після завершення процесу відкачки рідкої фази нафтопродуктів по забрудненій поверхні ґрунту розстеляються рулони та мати з біополімерним композитом, після чого проводиться зрошення поверхні біополімерного комплексу теплою водою для активації процесу біоремедіації.

Існуючі способи очищення ґрунту засновані на введенні в забруднений об'єкт чужорідних мікроорганізмів – деструкторів. Дані технології є дорогими із-за додаткових витрат на нарощування, зберігання і попередню підготовку мікроорганізмів перед внесенням до ґрунту, а також характеризуються тривалістю процесу очистки - внесення стимулюючих добавок здійснюється у декілька етапів, що ускладнює процес обробки.

Запропонована технологія по очищенню ґрунту від нафтових забруднень припускає внесення до ґрунту добавки, стимулюючої зростання нафтоокислюючих мікроорганізмів, що містяться в ґрунті, містить СПАР і ферментативний комплекс. Як добавку використовують синтетичний миючий засіб – синтанол без дезінфікуючих добавок із вмістом СПАР 5 - 25%. При

цьому необхідна концентрація синтанола вибирається залежно від концентрації забруднюючих речовин в ґрунті. Добавка додатково містить: комплексне мінеральне добриво.

Після внесення добавки здійснюють підтримку температурного і водного режиму ґрунту для забезпечення життєвої функції мікроорганізмів шляхом періодичного поливу.

Забезпечується також прискорення процесу очищення ґрунту від старого забруднення, що знаходиться в навколишньому середовищі більше року, з концентрацією нафтопродуктів 30 – 400 г/кг ґрунту при збереженні ефективності очищення за рахунок стимуляції популяції аборигенної мікрофлори, спрощенні способу і зниженні витрат на біоремедіацію (нанесення на поверхні ґрунту рулонів з біополімерним комплексом).

Технологія дає можливість обробляти великі об'єми забрудненого ґрунту, при цьому вона здійснюється без використання чужорідних мікроорганізмів, які можуть порушити баланс природної мікрофлори.

Технологія отримання біомаси мікроорганізмів - нафтодеструкторів низьковитратна. Розроблена методика дозволяє в 3-4 рази продовжити фізіологічну активність штамів-деструкцій в процесі зберігання у вигляді пасти, рулонів і матів за рахунок особливої методики активації мікроорганізмів безпосередньо в процесі застосування.

Ефективність дії біопрепаратів виділених з аборигенної мікрофлори, орієнтованих на споживання легких і важких фракцій нафти, продемонстрована в польових випробуваннях на територіях локомотивного депо по станції Нижньодніпровськ-Вузол Придніпровської залізниці (Додаток Б). Біопрепарати, протягом польового сезону, здійснювали деструкцію бензину і дизельного палива на 85-90%, нафти - на 55-60% і мазуту - на 25-45% залежно від умов експерименту.

Дослідження процесів очищення забрудненого мазутом ґрунту в лабораторних умовах при 6°С показали, що стимуляція аборигенної мікрофлори призводить до зниження змісту мазуту за 90 діб на 14%, а внесення активних нафтодеструкторів - на 25% від початкового рівня.

Перед обробкою бакпрепаратами забруднених ділянок ґрунту для забезпечення достатньої аерації необхідно провести спушення ґрунту на глибину проникнення в неї нафтопродуктів. За ходом процесу очищення здійснюється контроль.

Єдиним недоліком даного методу полягає в тривалості процесу, який ведеться при низьких температурах.

Підібрані мікробні асоціації, здібні до стабільного функціонування на ґрунтах забруднених нафтопродуктами і оскільки здійснюють цілеспрямовану утилізацію різних фракцій нафти можуть бути застосовані при переробці нафтовміщуючих відходів.

Найбільш зручним та перспективним методом очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів – є запропонований біополімерний комплекс зі фіторемедіаційними властивостями.

Сценарій 2. Виток із цистерни чи ємкості для зберігання легких нафтопродуктів на поверхню ґрунту з подальшою геофільтрацією (рис. 5.28).

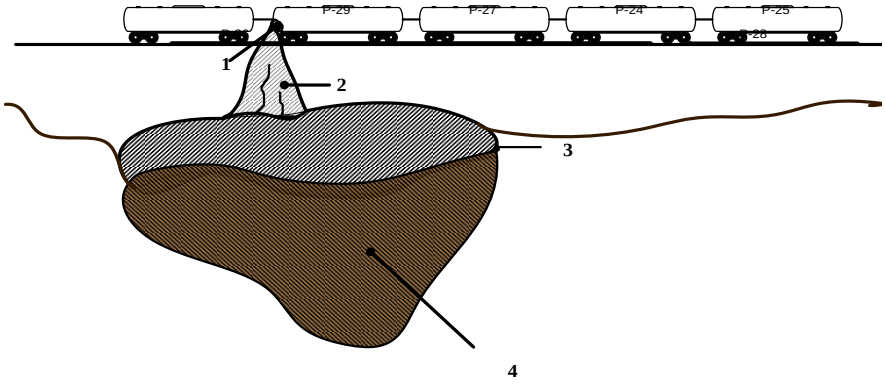


Рис. 5.28. Сценарій поверхневого витоку легких фракцій нафтопродуктів з ураженням товщі ґрунту:

1 – отвір, через який трапляється виток нафтопродукту; 2 – поверхневий стік нафти за рельєфом місцевості; 3 – зона утворення дзеркала витоку; 4 – зона ураженої товщі ґрунту.

Автором розроблено технологію і устаткування для термоконвекційного очищення ґрунтів, яке застосовується безпосередньо на місці аварії.

Розроблена дослідна установка відноситься до пристроїв для очищення ґрунтів від нафтопродуктів, яка може бути використана під час ліквідації

екологічних наслідків аварій і технологічних втрат при виробництві, транспортуванні, використанні і зберіганні легких (низько киплячих) фракцій нафтопродуктів безпосередньо на місці емісії.

Особливостями ліквідації аварій, які трапляються при транспортуванні легких нафтопродуктів, є терміновість ліквідаційних дій і необхідність додаткових заходів щодо зменшення екологічних наслідків. Слід зазначити, що при цьому цінне паливо втрачається фактично в 95% випадків.

Відомо багато способів для очищення ґрунтів від нафтопродуктів, по яких в зоні аварії буряться свердловини, через які подається розчин препарату для активації природних процесів деструкції нафтопродуктів, а на відстані від зони аварії розміщують розвантажуючу свердловину на глибині нижче за поверхню водоносного горизонту, через яку відкачується ґрунтовий інфільтрат, що містить залишкові нафтопродукти.

Недоліком цього принципу є небезпека неконтрольованого забруднення водоносного горизонту і тривалість процесу очищення.

Найбільш близьким до розробленого, є пристрій німецької фірми „Крюгер”, в якому застосовується підземна вакуумна екстракція, при цьому пари нафтопродукту відкачуються в повітря, що волає вторинне забруднення атмосфери [74, 77].

Основою проектування процесів підвищення нафтовилучення є аналіз факторів і механізму взаємодії природних і техногенних явищ, що впливають на повноту процесу.

Фізична сутність технологій підвищення нафтовилучення базується на основі наступних принципових напрямків впливу:

• зниження в'язкості флюїдів і гідродинамічних опорів їх перебігу;

• управління фільтраційними потоками.

До основних факторів, які ускладнюють нафтовилучення, відносять: неоднорідність фільтраційно-ємнісних властивостей; літології, гранулометричний склад порід; співвідношення фільтруються фаз і гравітаційне розділення фаз.

Технічне завдання, яке вирішується із застосуванням розробленого принципу полягає в проведенні очищення ґрунту безпосередньо на місці аварії з паралельною регенерацією нафтопродуктів до якісних параметрів, що дають можливість їх подальшого використання. Крім того, зменшується тривалість процесу і підвищується ефективність очищення ґрунту.

Суть принципу полягає в наступному: пристрій для очищення ґрунту від легких нафтопродуктів шляхом термоконвекції, розташовують безпосередньо в зоні аварії; воно складається з комплексу обсадних і розвантажуючих труб; труби для збору і вилучення пари нафтопродуктів з ґрунтової маси розташованої в центральній зоні емісії і що має перфоровану поверхню в частині, заглибленій в грунт; діаметр розвантажуючої труби удвічі більше, чим діаметри обсадних - нагнітаючих труб, при цьому глибина її розташування обмежується 70...80% від загальної глибини зони емісії; кожна нагнітаюча труба, яка заглиблена на 110...120% глибини зони емісії, має перфоровану сторону, направлену до центру розливу, а в цілому нагнітаючі труби розташовані по кругу рівновіддалено від центральної розвантажуючої труби.

Графічне зображення пояснює суть пристрою, де на мал. 5.29. зображений його вигляд в розрізі, а на рис. 5.30. вид пристрою в плані.

Представимо опис пристрою в статичному стані. Пристрій складається з центральної розвантажуючої труби з патрубком 1, призначеною для відведення пари бензиново-повітряної суміші з підземної частини розвантажуючої труби 2; у розвантажуючій свердловині знаходиться підземна частина центральної труби – 2, яка має перфоровану поверхню уздовж ґрунтової маси для ухвалення потоку бензиново-повітряної суміші; обсадні труби 3 розташовані по діаметру зони розливу, мають перфоровану сторону, направлену до центру розливу для напряму потоку розігрітого повітря до центральної розвантажуючої труби крізь ґрунтову масу.

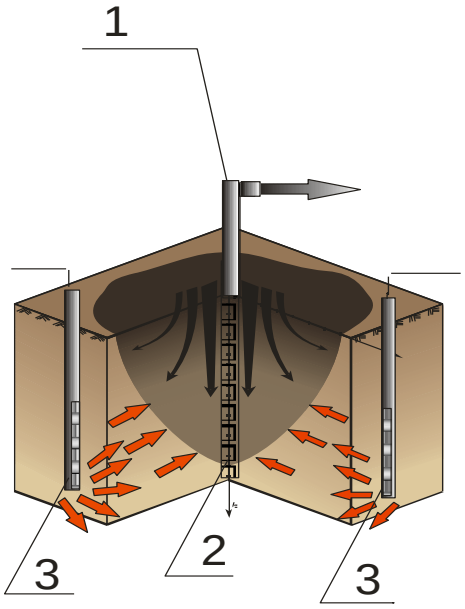


Рис. 5.29. Пристрій для очищення ґрунтів від бензинових фракцій в розрізі:

1 – розвантажуючий патрубок; 2 - розвантажуюча свердловина; 3 – обсадні труби.

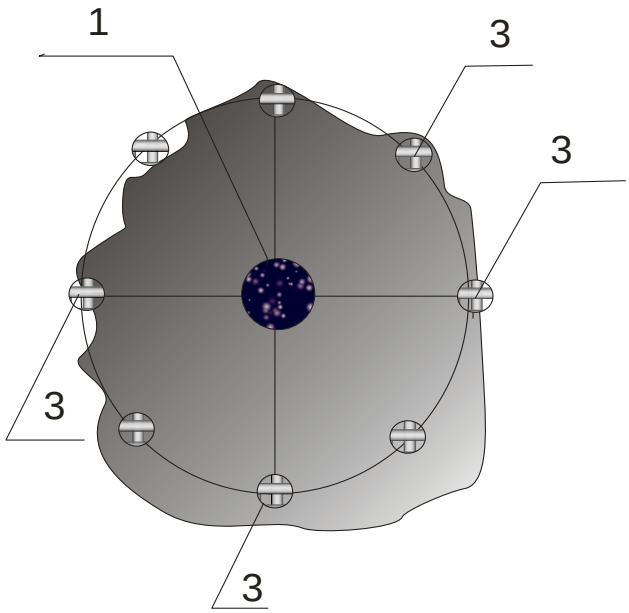


Рис. 5.30. Вид пристрою для очищення ґрунтів від бензинових фракцій в плані:

1 – розвантажуючий патрубок; 2 - розвантажуюча свердловина; 3 – обсадні труби.

Прогрів нафтозабрудненного ґрунтового масиву дозволяє знизити в'язкість і збільшити рухливість нафтопродукту.

Теплота може передаватися кондуктивним способом (теплопередача в пласт по скелету породи від джерела теплоти, розташованого в свердловині), і конвективним теплопереносом (нагнітання в свердловину і пласт теплоносіїв).

Для стаціонарного кондуктивного прогріву в свердловині разом з підземним обладнанням встановлюють електронагрівач, який працює в інтервалі пласта безперервно або за заданим режимом в процесі відбору нафтопродукту.

При конвективному тепломасопереносі в нагнітати трубу закачується теплоносій, здатний активно дифундувати в зоні контамінації та передавати тепло ґрунтовому масиву. Найбільшою ефективністю володіє розігріте повітря, яке у порівнянні з водяною парою, що найчастіше застосовується, не викликає негативних побічних явищ (наприклад, набрякання глин, зниження фазової проникності для нафтопродуктів та ін.)

Практика показала, що мінімальна температура пари для прогріву ґрунтового шару повинна бути >125°С, так, як при температурі пари 100°С ефективність процесу різко знижується. Такі температури теплоносія негативно впливають на ґрунтові біоценози і родючу складову ґрунту. Для зменшення теплових втрат і глибокого прогріву зони контамінації необхідно герметизувати горловину нагнітаючої свердловини. Крім того, подача терморозчинників з поверхні пов'язана зі значними тепловтратами. А всі марки сталей обсадних труб при температурах порядку 300°С втрачають свої міцнісні властивості, що вимагає необхідності створення спеціальної конструкції нагнітальної свердловини.

Експеримент із використання запропонованого методу термоконвекції проводився в такій послідовності: у модель зони розливу бензину А-95 при температурі поверхні 20±°С по кругу розливу забивалися обсадні трубки діаметром d (на глибину більше глибини розливу) з перфорованою внутрішньою поверхнею, яку розмістили у напрямі зони розливу. В центрі розливу забивали трубку діаметром 2d з перфорованим закінченням (з усіх боків), глибина її забивання не перевищувала 80% глибин розливу. По обсадних трубках під тиском подавали розігріте повітря, що розігріває

забруднену зону аерації. Легкі фракції нафтопродукту випаровуються під дією температури і відводяться центральною трубкою на холодильне устаткування, де він конденсується і збирається в спеціальні ємності. Ефект очищення за такою схемою розташування пристрою досягає 83% від початкової концентрації, що перевищує сучасні показники аналогічних пристроїв.

Щоб запобігти надходженню повітря зверху, з поверхні землі, біля свердловин обладнується непроникне покриття. Метод найбільш ефективний в приповерхневих проникних середовищах. При достатньо частому розташуванні мережі свердловин він може застосовуватися або разом з відкачуванням, або з методами, які базуються на розігріванні, або ж з методами біодеградації (при аеруванні подається додатковий кисень). Разом з тим в неоднорідних і гетерогенних середовищах контакт повітря або пари із залишковим нафтопродуктом значно обмежений, доводиться різко збільшувати тривалість і інтенсивність аерування.

Порядок розміщення обладнання на ділянці в зоні емісії показано на рис. 5.31.

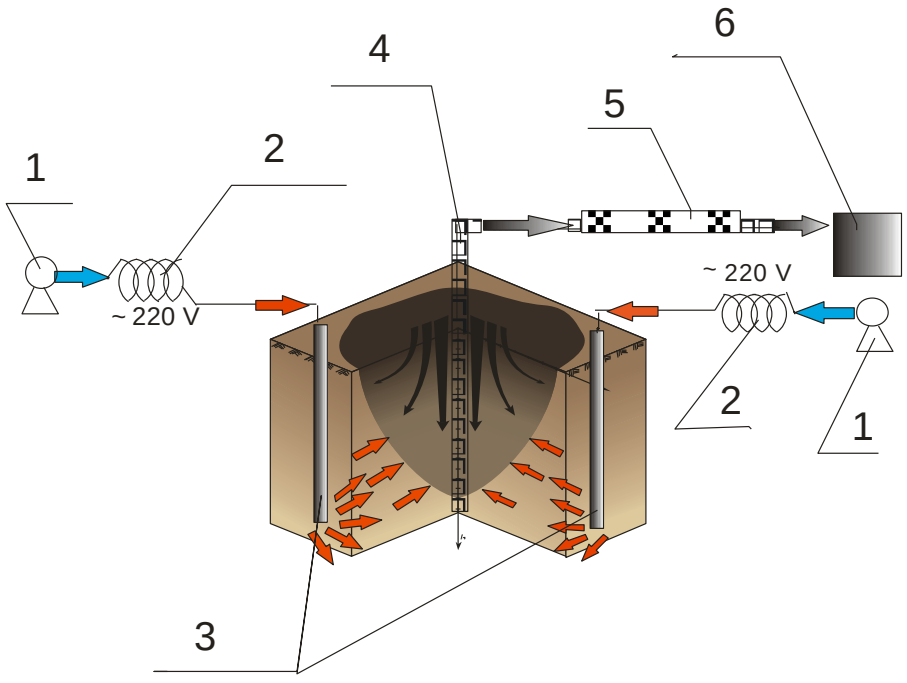


Рис. 5.31. Розміщення пристрою для очищення ґрунтів від бензинових фракцій з допоміжним устаткуванням:.

1 – насоси; 2 – термоелементи; 3 – обсадні труби; 4 – центральна розвантажуюча труба; 5 – холодильне устаткування; 6 – ємкість для збору конденсату.

Отже процеси збільшення нафтовилучення досягаються різними методами впливу. В їх основі лежать такі механізми впливу:

• використання пружних властивостей породи і пластових флюїдів в поєднанні з витісняють агентами, забезпечують міжшарової масообмін по вертикалі і по горизонталі;

• зниження енергії взаємодії нафтопродукту з породою, зниження міжфазних натягів, підвищення відносної фазової проникності для нафтопродукту і охоплення пласта витісненням, регулювання в'язкості і рухливості (мобільності) витісняючого агента для підвищення охоплення ґрунтового масиву за рахунок зниження співвідношення рухливості агента і нафтопродукту.

Відповідно до закону Дарсі умови підвищення дебіту видобувних свердловин забезпечується при збільшенні перепаду тиску між нагнітальних і видобувних свердловин. Чим вище тиск нагнітання, тим вище пластовий тиск і відповідно більше дебіт розвантажують свердловин, що підтверджується елементарними розрахунками.

Пояснюється це тим, що для подолання напруги зсуву неньютонівських нафт для руйнування структурних зв'язків фільтрується середовища потрібно більший градієнт тиску. Підвищення тиску нагнітання сприяє розкриттю тріщин у пласті і збільшення проникності.

Кінцевим етапом пропонованої технології розглядається введення в очищену зону аерації біопрепарату, який містить штами аборигених нафтофільних бактерій і ферментуючий компонент. Ефект очищення після біоокиснення досягає 96,3% від початкової концентрації зафіксованою на момент розливу.

Відселектовані мікроорганізми є природними ізолятами, нетоксичні і непатогенні. Мікробні культури, що були досліджені у попередніх підрозділах активно утилізували легкі фракції нафтопродуктів, зокрема, ті що важко розкладаються, важкі фракції нафти, які можуть бути наявними в зоні транспортної магістралі, як фонові забруднення. Здібність ряду мікроорганізмів

до деструкції вуглеводнів нафти навіть при низьких температурах дозволяє використовувати їх для біоремедіації забруднених територій в умовах нестійкого клімату.

Регенерація нафтопродуктів при застосуванні термоконвекції.

Оскільки серед завдань, що ставилися у процесі виконання роботи були розгляд та пошук можливості щодо регенерації нафтопродуктів після проведення ліквідаційних заходів було проведено вибір та оптимізації методів якісного вилучення летких фракцій нафтопродуктів, що увійшли в склад технологій ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами.

У попередній роботі було розроблено технологію скиду утвореної лінзи на поверхні ґрунту у жолоб з нефільтруючого матеріалу, звідки потім відкачувався нафтопродукт, тому спочатку було досліджено вплив контакту ґрунту з нафтопродуктом на його якісні показники.

Для цього було проведено цикл лабораторних дослідів з визначення швидкості фільтрації та властивостей нафтопродукту при контакті з різними типами ґрунтів (рис. 5.32 - 5.33).

Досліди проводились у 2 етапи.

1 етап – підготовка ґрунту до фільтрації: відбір проб ґрунту та його підготовка (відстоювання, відсіювання) та засипка ґрунту у скляну колонку висотою 20 см, закріплення на штативі.

2 етап – спостереження за фільтрацією: нафтопродукт вливали в колонки на 20см. над поверхнею ґрунту, фіксували час його проходження через шар ґрунту, час початку фільтрації (виток рідини у пробовідбірник), час повного проходження стовпа нафтопродукту і кінець фільтрації (відсутність витоку рідини).

3 етап - збір профільтрованого нафтопродукту.

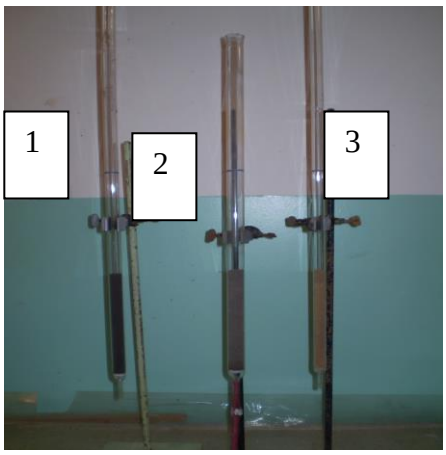


Рис. 5.32. Колонки з ґрунтом, підготовлені до фільтрації:

1 - типові чорноземи середньогумусові; 2 – супісок; 3 - суглинок.

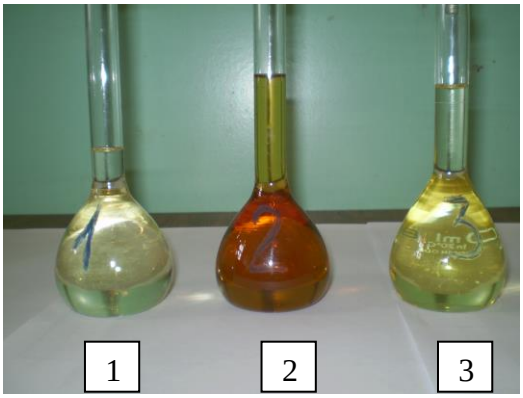


Рис. 5.33. Сбір профільтрованого нафтопродукту:

1 - типові чорноземи середньо-гумусові; 2 – супісок; 3 – суглинок

Досліди проводились з бензином та дизельним паливом. Треба відзначити, що у разі спостереження за фільтрацією дизельного палива швидкість його проходження (від початку досліду до кінця фільтрації) за трьома типами ґрунту: 1 – 27 хв. 20 с.; 2 – 36 хв. 9 с.; 3 – 49 хв.

При цьому, якісні показники у більшості остались незмінними, за виключенням в’язкості, яка зменшилась при контакті із чорноземом і суглинком та температури спалаху, що також зменшилась при контакті з чорноземом.

Дещо інакшими є якісні показники бензину після контакту з ґрунтами. Фактично за всіма пробами спостерігалися випадки появи значного обводнення, крім того характерною рисою контакту бензину з ґрунтами є

наявність великої кількості органічних кислот та інших сполук, які не повинні входити до складу товарного продукту, що вимагає застосування додаткових процесів для регенерації бензину.

Однією з переваг запропонованої технології термоконвекції зони емісії легких нафтопродуктів є можливість мінімізації втрат аварійного розливу бензину за рахунок процесів регенерації за допомогою термовідгонки.

Для підтвердження можливості його подальшого застосування було необхідно провести порівняльний аналіз контрольної проби досліджуваного бензину і проб вилучених бензинових фракцій. Визначення якісних параметрів Дослідження проводили з наступними пробами: Проба №1 – контрольна проба бензину А-95; Проба №2 - бензинова фракція після вилучення з супіску; Проба №3 - бензинова фракція після вилучення з піску.

Зібраний після конденсації бензин було проаналізовано (табл. 5.14).

Таблиця 5.14.

Результати досліджень бензину А-95 і виділених бензинових фракцій

Найменування показників	Результати аналізу		
	Проба №1	Проба №2	Проба №3
1. Густина, за температури 20°С, кг/м^3	756	691	715
2. Фракційний склад °С			
П.к.	45	41	39
10%	62	48	46
20%	72	54	50
30%	83	56	54
40%	95	61	59
50%	108	67	64
60%	123	72	71
70%	135	80	81
80%	148	94	95
90%	167	111	116
К.к.	200	141	144
Залишок + втрати, мл	3,0	3,5	4,0
Залишок, мл	1,2	1,1	0,9

За наслідками попереднього фракційного аналізу отриманий наступний висновок: бензинові фракції після виділення їх з ґрунтової маси мають нижчу в'язкість і легший фракційний склад порівняно з початковими пробами. Отримані бензинові фракції можуть бути використані, як компонент товарних бензинів або в суміші з товарними бензинами для двигунів внутрішнього згорання. Необхідно провести дослідження на вміст і співвідношення ароматичних вуглеводнів в початковому і кінцевому продукті.

Але головним недоліком використання даної технології при очищені поверхневої органічної складової ґрунту є наявність водорозчинних кислот та наявність механічних домішок і води у пробі бензину, вилученого з чорнозему, при цьому саме в цій пробі спостерігалися найбільші втрати бензину при фільтрації. Тобто регенерація нафтопродукту, що вилучений з поверхневої органічної складової ґрунту потребує додаткових методів доочищення.

Сценарій 3. Виток із цистерни чи ємкості для зберігання нафтопродуктів, що супроводжується спалахом та процесом горіння (рис.5.34).

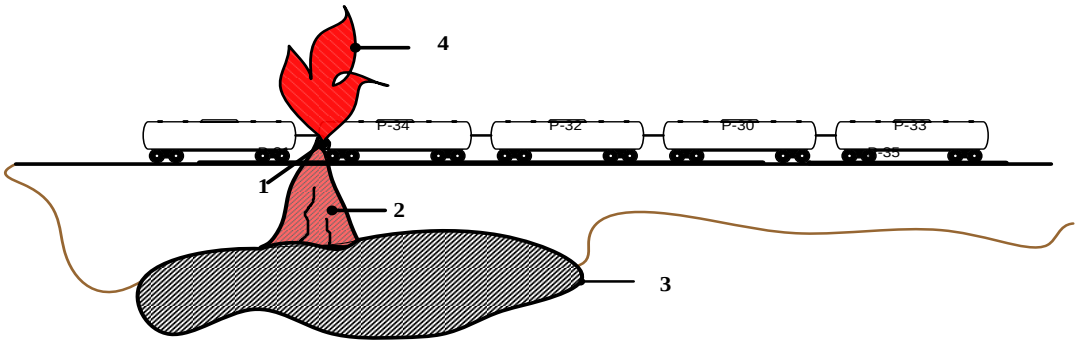


Рис. 5.34. Сценарій поверхневого витоку легких фракцій нафтопродуктів, що супроводжується спалахом та процесом горіння:
1 – отвір, через який трапляється виток нафтопродукту; 2 – поверхневий стік нафти за рельєфом місцевості; 3 – зона утворення дзеркала витоку; 4 – зона ізотермії - спалаху.

Встановлено [32, 58, 175, 194–195], що найбільш важкими та небезпечними випадками аварій є такі, що пов’язані з пожежами, бо у цьому випадку ліквідація наслідків аварій пов’язана, у першу чергу, з необхідністю ліквідації горіння. Тільки після ліквідації пожежі можливе проведення усього комплексу робіт, необхідних для ліквідації наслідків аварії та відновлення руху поїздів.

Дослідження великої кількості аварій, які супроводжувалися пожежею, показали, що в результаті пожежі умови, в яких відбувалася надзвичайна ситуація, значно ускладнювалися, а у випадках, коли не були застосовані ефективні заходи боротьби з вогнем, саме розвиток пожежі створював умови, при яких розміри та наслідки аварії суттєво збільшувалися [32, 58, 194].

Вивчення аварій без пожежі дозволило встановити, що при їх розвитку можливе утворення вибухонебезпечних зон загазування при розливанні та витіканні легкозаймистої рідини (нафтопродуктів), зон розповсюдження токсичних продуктів з небезпечними концентраціями [58, 194]. При цьому розміри вибухонебезпечних зон при розливанні та витіканні легкозаймистої рідини на сортувальній станції можуть сягати до 330 м, а висота вибухонебезпечної зони – до 10 м [194]. Площа аварійного розливу від однієї цистерни з легкозаймистою рідиною залежить від метеоумов, стану баласту, ухилу колії, рельєфу місцевості та може складати 160-300 м^2 [194]. Площа розливу легкозаймистої рідини на станціях залежить від місця аварії та кількості цистерн, які отримали пошкодження. Для найбільш несприятливих сценаріїв аварії площі розливу можуть складати для станцій, на яких здійснюються накопичення та транспортування рідин, до 3000 м^2, а для інших станцій – 1500 м^2 [58, 194]. Ймовірні зони розповсюдження хмар деяких токсичних речовин з вражаючими концентраціями на відкритій місцевості залежить від маси розливу рідини, швидкості вітру і стану атмосфери та можуть сягати кількох кілометрів.

Дослідження аварій, які супроводжувалися пожежею (вибухом), дозволило встановити наявність таких небезпечних зон [32, 58, 194]:

– зона дії повітряної ударної хвилі (надлишкового тиску) при вибуху хмари пароповітряної суміші;

– зона безпосередньої дії полум’я;

– зона дії теплового випромінювання розливів легкозаймистої рідини та вогняних куль;

– зона дії осколків зруйнованих цистерн.

Після оцінки особливостей зони ураження та характеру протікання термічних процесів необхідна розробка рекомендацій щодо ліквідації надзвичайних ситуацій, які супроводжуються пожежами, є складним багатокроковим процесом [32, 58, 194, 195].

Аналіз обставин і умов розвитку пожеж вказує на те, що в більшості випадків в якості основних причин розвитку пожеж відмічається пізнє виявлення і пізнє повідомлення, що приводить до запізнювання реагування. Частка інших чинників (неспроможність первинних заходів пожежогасіння, незадовільний зв'язок, незадовільний протипожежний стан, помилки персоналу, низька боєготовність, віддаленість підрозділів, нестача сил і засобів і т.п.) в цілому незначна і складає від десятих до декількох відсотків.

Час локалізації і тушіння більшості пожеж знаходиться в межах 1 – 2 години відповідно.

Території населених пунктів і підприємств, розташованих вздовж залізничних магістралей підрозділяються за категоріями пожежної небезпеки, що визначаються в залежності від ступеню вогнестійкості споруд, категорії виробництва за вибухопожежонебезпекою та їх призначенням.

Для визначення категорії територій попередньо необхідно встановити належність будівлі та споруд до конкретної з відомих 3 груп (група 1 (найбільш небезпечна), група 2, група 3).

Оскільки залізниця вважається стратегічним об’єктом, ліквідація пожеж на залізницях проводиться спеціальними пожежними підрозділами. Таким чином, швидкість початку проведення ліквідаційних заходів та характер протікання первинних процесів горіння та їх розвиток залежать від швидкості оповіщення і якості надання інформації спецпожпідрозділам та кваліфікованих первинних заходів локалізації пожежі присутнім персоналом.

Гасіння пожеж на залізничному транспорті відзначається складністю в організації дій пожежних підрозділів, що обумовлено великою кількістю вантажів, які мають різноманітні пожежо- та вибухонебезпечні властивості, необхідністю знеструмлення контактної мережі, складністю оцінювання обстановки на пожежі, зосередженням необхідних сил та засобів тощо [58, 194].

Тому для ефективного керування силами і засобами на пожежі необхідно мати чітко побудовану систему управління, організувати на науковій основі роботу оперативної групи з ліквідації аварії і оперативного штабу на пожежі, а також застосувати найбільш ефективні методи роботи з широким використанням сучасних інформаційних технологій, в тому числі й систем підтримки прийняття рішень.

З метою складання плану щодо ефективної протидії надзвичайній ситуації, яка супроводжується пожежею, керівникам ліквідації надзвичайної ситуації і пожежі необхідно у найкоротший термін зібрати інформацію про таку ситуацію, визначити відповідний сценарій її розвитку та розміри зон ураження від небезпечних факторів надзвичайної ситуації, оцінити наслідки та виконати багатоваріантне планування використання відповідних сил, засобів і ресурсів [32, 175, 194].

Ефективне вирішення цієї задачі неможливе без автоматизації процесів оперативного управління ліквідацією надзвичайної ситуації, що супроводжується пожежею. Така автоматизація найчастіше здійснюється за допомогою експертної системи, яка містить у собі систему підтримки прийняття рішень, створити яку неможливо без відповідних інформаційних та математичних моделей.

Сценарій 4. Виток із цистерни чи ємкості для зберігання нафтопродуктів, що супроводжується забрудненням поверхневих водойм.

Оскільки фактично на всіх залізницях існує потенційна можливість протікання аварійної емісії за вказаним сценарієм (рис. 5.35), а у випадку Придніпровської та Одеської залізниць поверхневим об’єктом забруднення може виступати прибережна морська зона, необхідно розробити комплекс первинних заходів напрямлених на мінімізації екологічних ризиків.

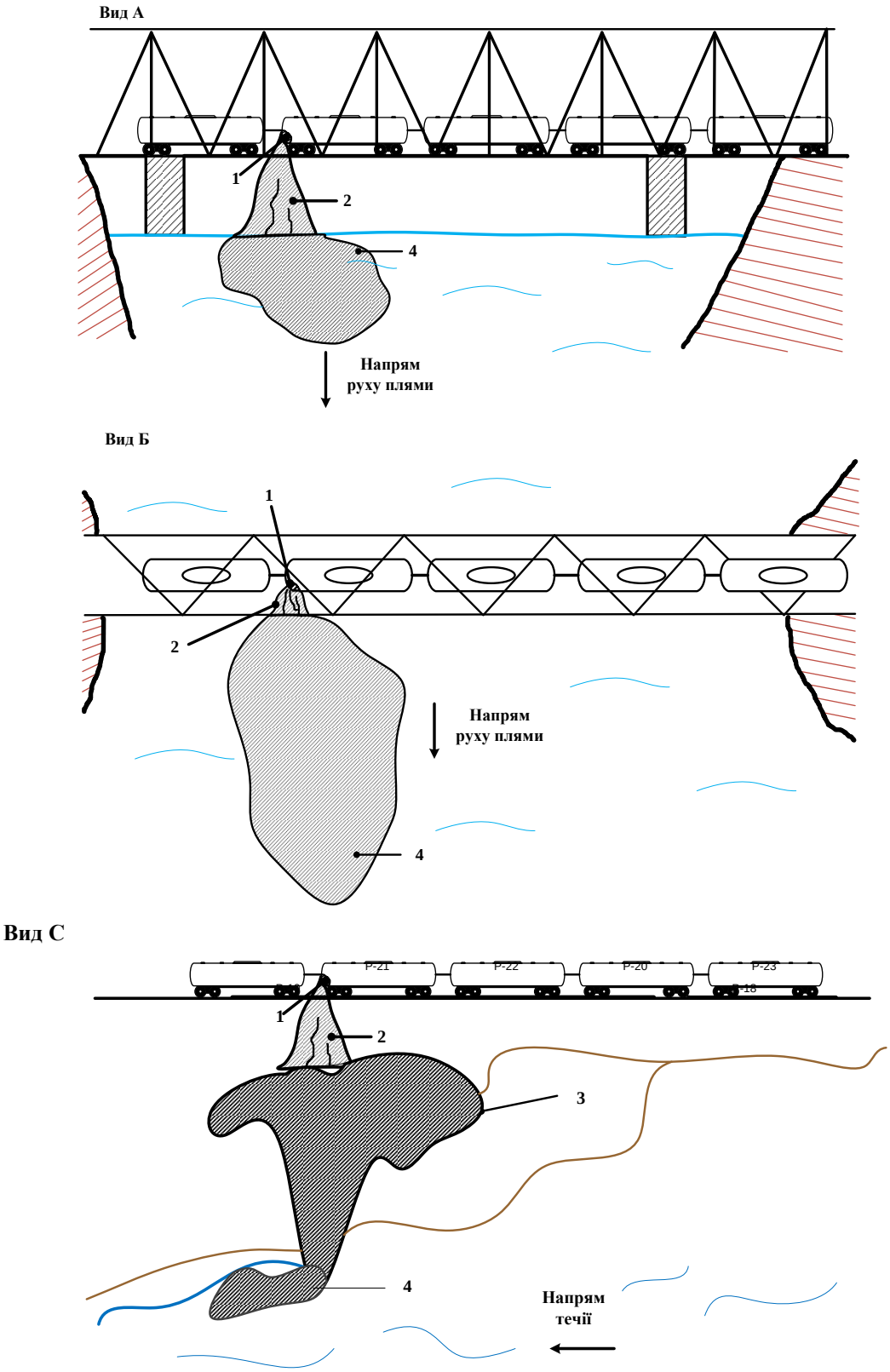


Рис. 5.35. Сценарій витоку нафтопродуктів, що супроводжується забрудненням поверхневих водойм:

1 – отвір, через який трапляється виток нафтопродукту; 2 – поверхневий стік нафти; 3 – зона руху витоку з потраплянням у водотік, 4 – рух нафтової плями.

У тих випадках, коли під час аварії відбувається попадання нафтопродуктів у водоймища (рис. 5.36), паралельно з етапами обробки ґрунту повинно проводитися очищення води. Бригада ліквідаторів, що прибула до місця аварії повинна, перш за все, встановити - чи мало місце попадання нафтопродукту у водоймища і якщо цей процес продовжується, прийняти термінові заходи до його припинення (споруда земляних валів, пристрій канав для стоку нафтопродукту в зони пониження рельєфу місцевості, не заповнені водою і тому подібне).



Рис. 5.36. Приклад аварійної ситуації за якою нафтопродукти поверхневим стоком за рельєфом (канавою) потрапили у поверхневу водойму.

Команди відновних поїздів не залучаються до ліквідаційних заходів на акваторіях, але вони повинні мати у своєму арсеналі, як необхідні методики, так і засоби для проведення первинних заходів до прибуття підрозділів МНС. Разом з тим ними повинна бути проведена оцінка кількості нафтопродуктів, що потрапили в водний об’єкт, і через спеціальні служби передано відповідне повідомлення для населених пунктів і підприємств, розташованих нижче за течією.

За загальними схемами заходи з ліквідації нафтової емісії з потраплянням у водойми виконуються наступним чином. Для водоймищ із стоячою водою у разі забруднення її нафтопродуктами проводиться механічне зняття шару нафтопродукту і перекачування в ємкості для відділення від води. Якщо

забрудненню піддавалося крупне водоймище, необхідна попередня локалізація нафтової плями шляхом установки плаваючої огорожі. У подальшому забруднена вода закачується в апарати для очищення від нафти з використанням загальноприйнятих реагентних і фізико-хімічних методів. З метою остаточної доочистки води біологічними методами доцільна споруда тимчасових водоймищ, дно і стінки яких укріплені шаром ущільненої глини або іншими прийомами, що зменшують водопроникність. Остаточне скидання очищеної води у водоймища проводиться після досягнення вмісту в них нафтопродуктів на рівні санітарних вимог.

За більш детальними схемами проведення ліквідаційних заходів необхідна оцінка статусу зовнішніх факторів, які впливають на процеси емісії.

Перш за все необхідно враховувати характер водного простору, в який викидається рідкий продукт (річка, озеро, ставок, море і ін.). Потім слід оцінити особливості руху води — ширину і глибину потоку, швидкість і ступінь його турбулентності. Важливо також знати фізичні і хімічні властивості речовини, що потрапила у воду (чи легше воно або важче за воду, чи вступає з водою в реакцію і який кінцевий продукт цієї реакції, чи розчиняється продукт у воді і ін.). Після цього вибирається один із способів ліквідації наслідків аварійної ситуації, а саме пристрій бар'єру, що перешкоджає розповсюдженню забруднювача, розгортання плавучих бар'єрів, що обмежують розповсюдження забруднювачів легше за воду в поверхневих шарах водоймища, відведення потоку забруднювачів спеціальними бар'єрами, адсорбція рідини гідрофобними сорбентами, що розсіюються по поверхні води, і використання матеріалів, які ослабляють сили поверхневого натягнення, сприяючи швидкому (але дуже тонким шаром) розповсюдженню речовини по поверхні води.

Розчинність у воді і щільність продукту є головними характеристиками при рішенні питання про те, якого типу бар'єр слід споруджувати. Можливі три варіанти конструкції: що повністю ізолює водоймище; проникною воду поверх бар'єру і проникною воду через нижню частину бар'єру.

В літературних джерелах існує багато інформації про способи ліквідації аварійних розливів нафти на поверхні водних об’єктів[384-386] – механічні,

хімічні, сорбційні, біологічні, термічні та комплексні. Використання кожного цих методів та їх поєднання надають конкретні параметри ступеню очистки. В свою чергу, використання зазначених методів повинні бути, як екологічно та технологічно, так і економічно обґрунтованими. Наприклад, використання методу спалювання шару нафтопродуктів є неприпустимим в ліквідаційних заходах в умовах експлуатації залізничного транспорту, як з технічної точки зору, так і з екологічної оскільки може призвести до більш значних екологічних збитків.

Запропонована концепція реабілітації водних об’єктів, що забруднені нафтопродуктами, передбачає технологію, яка здійснюється у три етапи. Перший етап – видалення з поверхні води плаваючих нафтопродуктів, що затримані бар'єрами. Другий – доочистка водної маси від нафтопродуктів, що знаходяться у розчиненому чи колоїдному станах, природними мінеральними сорбентами з питомою вагою більше 1000 кг/м^3 і гідравлічною крупністю у межах 0,15-0,6 мм/с . Третій – деструкція нафтопродуктів іммобілізованою на сорбенті нафторуйнуючої біомасою. Це попереджує вторинне забруднення водного об’єкту нафтопродуктами, що осіли разом з сорбентом на дно водоймища, а також дозволяє виключити технологічний процес вилучення сорбенту з водного об’єкту після його використання.

Запропоновані для використання на першому етапі проведення ліквідаційних заходів бар'єри діють як механічні екрани, що перешкоджають розповсюдженню речовини по поверхні води. У практику вводяться і абсорбентні бар'єри, які не тільки обмежують розповсюдження рідини, але і збирають забруднювач. Для речовин такого типу можна застосувати тактику відведення, особливо у випадках, коли забруднювач потрапляє в річку. Плавучі бар'єри розгортають так, щоб забруднювач спочатку відводився до берега, а потім збирався або до збірної ями на березі, або в спеціальні ємності.

Нами запропоновано використання у якості наповнювачів бонових загороджень досліджених матеріалів, що надають високих показників ступеню очистки: сінтепону, поролону, гумової крихти, пінопласту полістирольного, а також, як композиційних сорбентів, так і біополімерного комплексу (п. 5.1).

Для класичного сценарію, представленого на рис. 5.37 на підставі отриманих результатів досліджень динаміки деструкції нафтопродуктів, адсорбованих біомінеральним комплексом в умовах природного водотоку автором розроблено технологію ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів з використанням запропонованих сорбентів композитів і біополімерних комплексів з визначенням місць розгортання сил цивільної оборони для ліквідації наслідків аварій.

Згідно запропонованої концепції ліквідацію наслідків аварійного розливу нафтопродуктів необхідно здійснювати в наступній послідовності. На першому етапі проводиться локалізація нафтопродуктів або нафти, що розлилася, бонами різної конструкції і видалення основної кількості розлитої нафти шляхом засмоктування верхнього шару води разом з плівкою нафти з водоймища і відкачування в спеціальну ємність, цистерни.(рис. 5.37).

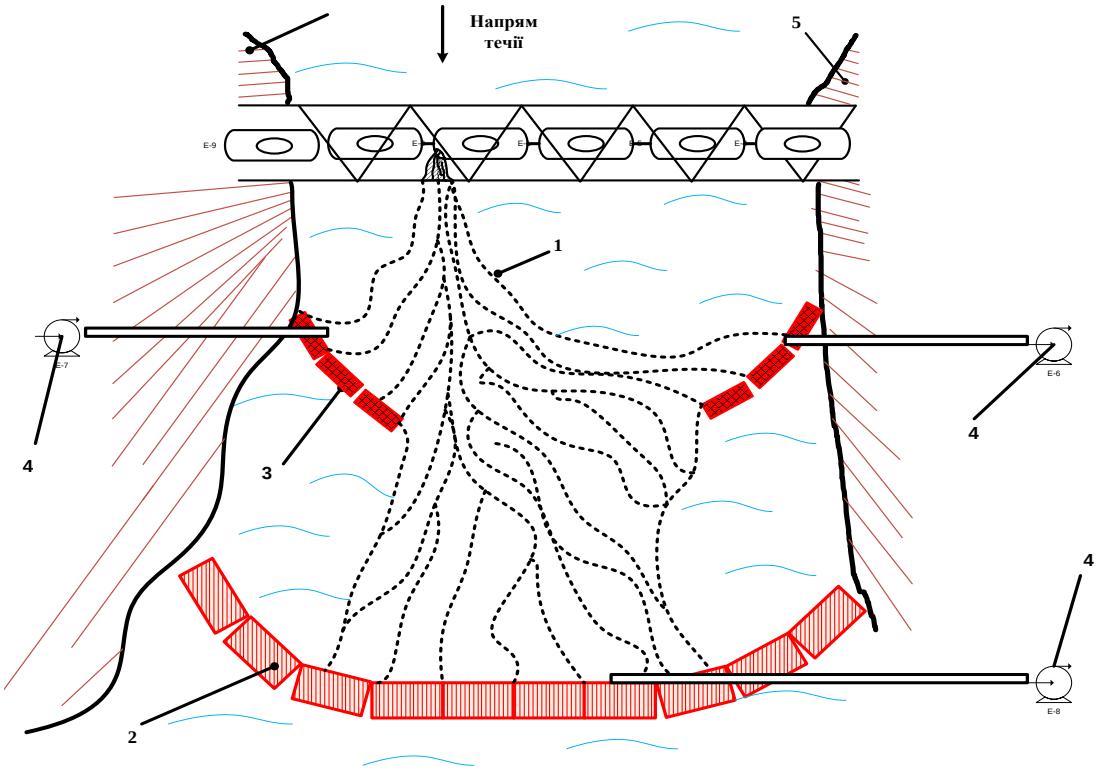


Рисунок 5.37. Технологічна схема ліквідації наслідків аварійного розливу нафтопродуктів на водотоці:

1 – розподіл нафтової плями вздовж водотоку; 2 – основне поперечне бонове загородження з нанесеним біомінеральним композитом; 3 – плаваючі фрагментарні бонові загороди; 4 - насоси для відкачування нафтопродуктів з місць їх локалізації у водотоці біля бонових загород; 5 берегова лінія.

Одночасно з локалізацією нафтозабруднення в товщу води вводиться біомінеральний композит (найоптимальніше ведення через поліетиленову трубу діаметром 50–100 мм і отворами 25мм, розташованими через кожних 0,5м). Задля полегшення введення біомінерального композиту він повинен змішується з водою для отримання пульпи вологістю 95 %.

Після введення біомінерального композиту у водоток, протікає процес його сидеминтації протягом 15–30 хвилин залежно від глибини ділянки, при цьому сорбуються розчинені нафтопродукти. Досягши сприятливих умов у водному середовищі (температура, pH, наявність розчиненого кисню) мікрофлора сорбенту трансформує нафтопродукти в органічну речовину власної біомаси, вуглекислий газ і інші нешкідливі для навколишнього середовища речовини. При цьому загальний ступінь очищення водотока від нафтопродуктів може скласти 96–100%.

Метою другої стадії досліджень була розробка складу та конструкції стрічки, яка мала використовуватись у якості бонової загорожі для пілотної моделі стрічкового пристрою – типового представника механізованих систем збору нафтопродуктів, що використовують процес сорбції в основі своєї роботи. Як сорбенти стрічки розглянуті: сінтапекс, пінопласт полістирольний**,** поролон і сінтепон, які мали найвищі показники поглинаючої здатності та можливість регенерації шляхом віджимання. З усіх досліджених конструкцій стрічки рекомендовано використання сінтепону, оправленого в оболонку з капронової сітки і закріпленого на жорсткій стрічці. Саме на такій конструкції стрічки спостерігається найбільше продуктопоглинання і порівняно високий ступінь віджимання зібраного продукту в умовах роботи пілотної моделі. Варто відмітити, що найвищі показники, як ступеню очистки від нафтопродуктів, так і регенерації можуть бути досягненні при використанні комплексної біополімерної матриці (на волокна сінтепону нанесені досліджені аборигенні альго-бактеріальні ценози, які мають нафтофільні властивості).

Сценарій 5. Незначний аварійний виток чи технологічні проливи, в результаті чого спостерігається незначне нафтове забруднення поверхневих шарів ґрунту чи баластної призми (рис. 5.38).

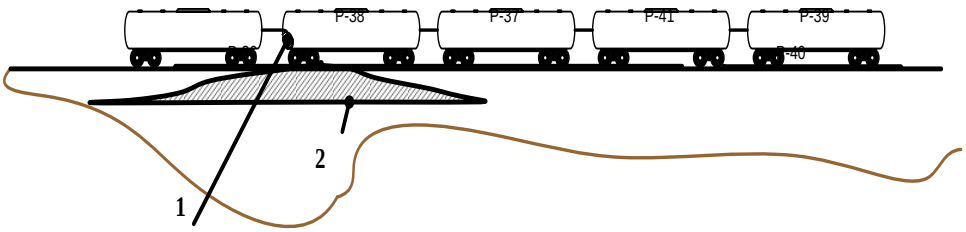


Рис. 5.38. Сценарій витоку нафтопродуктів, що супроводжується незначним забрудненням поверхневих шарів ґрунту чи баластної призми:

1 – отвір, через який трапився виток нафтопродукту; 2 – поверхневе розповсюдження нафти за рельєфом місцевості.

Як вже було відмічено раніше, при виборі методик очищення ґрунту від нафтопродуктів необхідно чітко диференціювати якісні параметри початкових умов для проведення заходів:

- тип емісії (аварійний розлив або технологічна протока);
- тип нафтопродуктів (важкі фракції або легкі фракції нафтопродуктів);
- можливість проведення очищення in-situ;
- абиотические чинники навколишнього середовища;
- характер сировинної бази регіону.

У таких випадках, коли проведення інших запропонованих технологічних схем не є доцільним чи ефективним необхідно передбачити інші технології поза зоною емісії, тобто технології ex-situ.

Нами запропонована технологія очищення ґрунтів від суміші фракцій нафтопродуктів, що проводиться за межами зони аварії, яка здійснюється після проведення операції зі зняття поверхневого забрудненого шару ґрунту чи баласту верхньої будови залізничної колії.

Запропоновано наступну технологічну схему – забруднений грунт зрізується і вивозиться на спеціально обладнані майданчики (рис. 5.39), де підлягає спочатку відмиванню розчином 3 – 35% розчином ПАР (синтанол), а потім обробці розчином субстрату аборигенної мікрофлори з живильним середовищем. Концентрація миючого засобу підбирається в залежності від початкової концентрації ґрунту чи баласту.

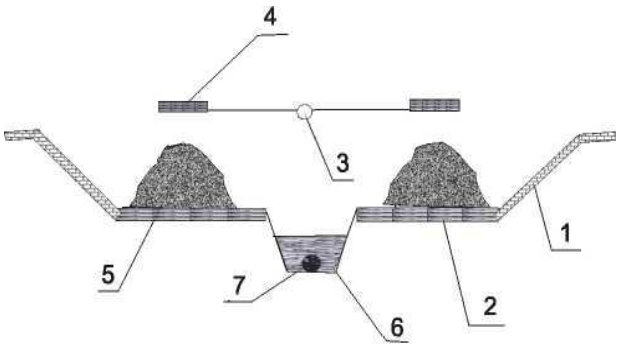


Рис. 5.39. Площадка для очищення ґрунту від нафтопродуктів:

1 – бетонні стінки-укоси; 2 – перфоровані комірчасті піддони; 3 – центральна розподільна труба; 4 – спринклерна система; 5 – забруднений грунт або баласт; 6 – зливний приямок для збору фільтрату; 7 – всмоктуючий патрубок для подачі стічної води на комплекс очищення.

Передбачено, що очищення ґрунту чи баласту можна проводити не на площадках, а в спеціальних реакторах, які оснащені мішалками для інтенсифікації процесу. Це надасть мобільності устаткуванню (дозволить розмістити такі камери на залізничних платформах), що мінімізує транспортні затрати. Крім того, використання реакторів знижує кількість витрати реагенту, значно прискорює процес очистки та повернення на місце вилучення вже відновленого ґрунту чи баласту.

Схема розміщення робочого обладнання на залізничні платформі показано на рис. 5.40., за такою схемою з’являється можливість не тільки регенерації ґрунтів в місцях аварійного чи технологічного нафтопродуктового забруднення, але й регенерація баластного щебеню при поточно-ремонтних роботах на залізничних коліях. Повний цикл реакторної обробки перебігає порядку 4 годин, при цьому після вигризки щебеню продовжується процес біологічної очистки безпосередньо на місці його розміщення в баластній призмі колії. Протягом 4 годин на обробку подається 4 м^3 щебеню, ступінь очищення щебеню за цією схемою складає 84% після реакторної обробки і сягає 99% через 2 тижні в баластній призмі. Треба відзначити, що процес біологічного відновлення щебеню та ґрунтів на місці експлуатаційного розміщення успішно перебігає і при досить низьких температурах (2 - 6°С), хоча незначно уповільнюється.

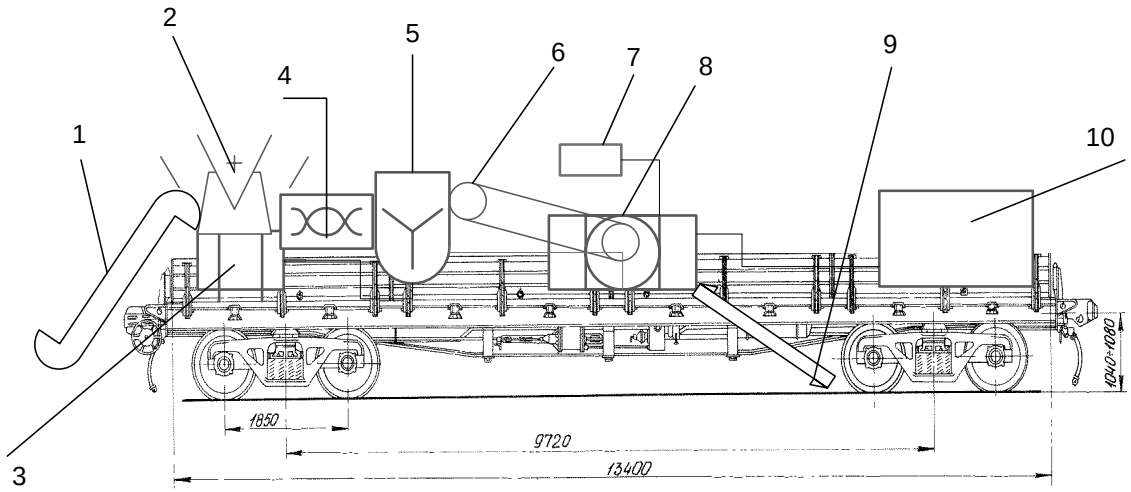


Рис. 5.40. Схема розміщення робочого обладнання на залізничній платформі:
1 - завантажувальний транспортер; 2 - завантажувальна камера з подрібнювачем; 3 - обмивочна камера; 4 - реагентний бак з ПАР - змішувач; 5 - мішалка; 6 - перевантажувальний транспортер; 7 - бак з біофільно-ферметним концентратом; 8 - реактор активатор; 9 - розвантажувальний транспортер; 10 - бак з водою.

Піщані забруднені нафтою ґрунти промивають розчинами ПАР (синтанол, аспарал-Ф), або оксіетильовані жирні кислоти (ОЖК). Співвідношення ґрунту і 0,05% - ПАР дорівнює 1:15, при цьому ступінь очищення складає 98 %. Ступінь очищення баласту при східних співвідношеннях ґрунту і ПАР складає 99,9%. При очищенні супісків та дерново-карбонатних ґрунтів від нафтопродуктів цим же розчином при співвідношення ґрунту і розчину 1:25 ступінь вилучення складає 92 %. Після очищення грунт або баласт обробляється розчином ліфалізованої аборигенної мікрофлори і ферментів та повертається на місце.

Таким чином, розроблені матриці рекомендацій щодо вибору технологій ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів, способи та технологічні схеми як очистки так і рекультивації нафтозабруднених земель є прикладом комплексного підходу до екологічної безпеки залізниць при здійснені транспортування і використання нафтопродуктів.

Розроблені технології є тільки частковим вирішенням загального завдання об’єктів, що приймають участь у нафтообороті, щодо впровадження принципів раціонального використання природних ресурсів. Окрім

нафтозабруднених ґрунтів існує багато процесів в результаті яких утворюється великі об’єми нафтовміщуючих відходів, раціональне поводження з якими може надати еколого-економічного, ресурсо- та енергозберігаючого ефекту. Тому розробка таких технологій стає сьогодні вельми актуальною і важливою для транспортного сектору, особливо для залізничного транспорту.

5.3. Екологічно безпечні технологічні процеси та обладнання утилізації нафтовміщуючих відходів, що забезпечують раціональне використання природних ресурсів, додержання нормативів шкідливих впливів на довкілля

Спектр нафтовміщуючих відходів, що утворюються на підприємствах залізниці досить значний (розділ 1), тому першочерговим завданням був розподіл відходів за принципами їх подальшої утилізації. Таким чином було визначено 3 основні групи: відпрацьовані оливи (найцінніший тип відходів), нафтошлами та тверді нафтовміщуючі відходи.

Україна на сьогодні використовує за різними оцінками більше 1млн.т свіжих олив на рік і збирає за офіційними даними близько 50 тис. т на рік (5 % від загальної кількості) [33, 34].

Незначна їх частина (10-20%) безповоротно втрачається у процесі використання на випаровування, розливи, угар, витік. Основна ж їх маса (80-90%) [61] поступово забруднюється різноманітними металевими, мінеральними та органічними домішками, зазнає термічного розкладення через взаємодію з нагрітими частинами обладнання, окиснення під дією кисню повітря, на них діють такі фактори навколишнього середовища, як тиск, електричне поле та природне освітлення. Як результат, відпрацьована олива повністю змінює свої характеристики і стає дуже густою мулоподібною речовиною чорного або темно-коричневого кольору, густою сумішшю різного роду рідин з добавками твердих речовин - оксидів металів, продуктів зносу.

Свої особливості має робота та поступове забруднення моторних олив, що працюють на тепловозах і дизель-поїздах підприємств залізничного транспорту. Мастильні матеріали, що використовуються у вузлах тертя локомотивів, знижують втрати потужності на тертя, відводять тепло і захищають вузли тертя

від корозії та у багатьох випадках є ущільнюючим середовищем. Двигуни внутрішнього згоряння, що встановлені на тепловозах і дизель-поїздах, працюють у широкому діапазоні частоти обертання колінчатого валу при змінних навантаженнях і різноманітних температурних режимах.

Особливо негативним явищем є потрапляння до оливи навіть у незначній кількості палива або води. При потраплянні дизельного палива в оливу в першу чергу знижується її в'язкість, адгезія і температура спалаху. Неповне згоряння палива викликає потрапляння у картер смолисто-сажистих часток, що забруднюють оливу та інтенсифікують лако- і нагароутворення. При потраплянні води руйнується оливна плівка в підшипниках колінчатого валу і антифрикційний шар підшипників, посилюється зношення і корозія деталей двигунів, з'являються згустки, які забивають оливопровід та ускладнюють потрапляння оливи до деталей [36]. Також вода утворює стійку емульсію з оливою, що не тільки погіршує якість оливи, а й ускладнює її подальшу регенерацію.

Такі відпрацьовані оливи по закінченні строку роботи видаляють із системи змащування та замінюють свіжими. Їх кількість дорівнює приблизно 31 млн. т на рік. Через вищезазначені зверх нормативні втрати, розливи, витоки реальна кількість зібраних відпрацьованих олив у світі складає 19 млн. т на рік, тобто половину від прогнозованої цифри.

5.3.1. Регенерація відпрацьованих олив.

Вибір та розробка нових методів відновлення оливи залежить від її властивостей і загальних показників, за якими йде відбраковування. При цьому, основною задачею при розробці технології були наступні показники, що забезпечують можливість їх застосування безпосередньо у підрозділах залізниць: економічність, ефективність та простота технологічного процесу.

Підтвердження ефективності того чи іншого методу наведено у вигляді графічних залежностей показників відновлення від факторів впливу, що є найважливішою умовою для розробки технології.

На залізницях, для заправки тепловозів використовується два основних типа моторних олив М-14$В_2$ і М-14$Г_2$ЦС.

Найпершою задачею при відновленні первісних властивостей відпрацьованих моторних олив є їх освітлення, тобто зниження такого бракувального показника як забрудненість у декілька разів. У розділі 2 наведені основні методи, що були застосовані для зменшення вмісту в оливі забруднюючих завислих речовин.

Розробка методів відновлення оливи М-14В$_2$

Моторна олива М-14В$_2$ перед дослідженнями мала такі показники після відбракування (з даних хіміко-технічної лабораторії депо):
забрудненість - τ=1305 см$^{-1}$; температура спалаху у відкритому тиглі - 180^{o}С; в'язкість при 100^{o}С - 12,48 мм^2/с; pH=6,9; лужне число - 3,16 мг КОН/г; вміст води: сліди.

Найпершими були випробувані фізичні методи очищення, а саме відстоювання, центрифугування та фільтрації, які широко застосовуються для відновлення індустріальних олив, олив для гідравлічних систем і т.п., такі оливи у процесі роботи у значній мірі забруднюються механічними домішками та водою.

У всіх випадках досліджувану моторну оливу попередньо нагрівали до температури 80–90^{o}С для зменшення в'язкості, тобто більш швидкого та ефективного осадження забруднюючих часточок.

Центрифугування оливи зі швидкістю 3000 обертів/хв. проводилось у лабораторній центрифузі протягом 3 годин.

В якості фільтрувального матеріалу використовували спінений метал, грубу тканину, фільтрувальний папір.

Для контролю за ходом відновлення використовували метод оцінки якості оливи, а саме оптичний показник забруднення (τ, см$^{-1}$) оливи у відповідності до ГОСТ 24943-81, що є найпершим показником, який перевіряють для порівняння із нормами відбракування.

Вивчення кінетики процесу підтверджує, що у всіх випадках τ змінювався у незначній мірі.

Під час випробування було виявлено, що відстоювання потребує значного часу через замалу швидкість осадження.

Центрифугування також не дало задовільних результатів через особливості такого типу олив.

В оливі забруднюючі частинки знаходяться у мілкодисперсному зваженому стані і не затримуються фільтрувальними матеріалами, тому спосіб фільтрації не дав задовільних результатів.

Зроблено висновок, про неефективність використання зазначених методів у якості основних заходів з відновлення відпрацьованих олив.

Попереднє відстоювання на підприємстві, що найчастіше є єдиним методом очищення відпрацьованих олив на підприємствах залізничної інфраструктури, може бути рекомендованим у якості первинного заходу.

Для отримання кінцевого продукту у подальших схемах використовували центрифугування як більш ефективний та швидкий на відміну від фільтрації метод доочищення.

Наступними методом було поєднання відстоювання, обробки адсорбентом та центрифугування, що застосовують для багатьох типів компресорних, індустріальних, турбінних олив, що окрім механічних домішок та води вимагають вилучення кислих сполук, тобто підвищення лужних чисел.

Так як в обох випадках τ майже не змінювався, ці методи також були виключені з первинних методів очищення.

Наступним методом стала обробка відстояної оливи лужним реагентом, адсорбентом та центрифугування, що застосовується для олив з підвищеним після тривалого використання кислотним числом (наприклад, турбінних).

Після перевірки забрудненості τ від цього методу також відмовились.

У наступному методі використовували 98-% сірчану кислоту у якості коагулянту.

У результаті процес коагуляції не відбувся, тому забрудненість τ змінилася у незначній мірі.

Наступним було використання 98% сірчаної кислоти як основного реагенту. Об’єм попередньо відстояної оливи складав 100 мл.

Була виявлена оптимальна кількість сірчаної кислоти – 7-8 % за масою від кількості оливи, що очищається; висновок зроблений на основі того, що 7 % за

масою – мінімальна необхідна кількість кислоти, при якій утворюється кислий гудрон.

При цьому вихід продукту склав 76,82 %, гудрону – 22,93 %, втрати – 0,25 %, pH продукту = 1.

Наступним кроком було видалення кислого гудрону та підлуження оливи. У результаті після контакту кислої оливи із кліноптилолітом у пропорції 4:1 та 2:1 pH=5,5; всі інші адсорбенти не змінили pH оливи.

Далі оливу, оброблену кліноптилолітом за вищезазначеною методикою, центрифугували, протягом 10 хвилин.

Таким чином, запропоновано технологію, яка включає в себе:

1. попереднє відстоювання оливи безпосередньо на підприємстві;
2. нагрів відпрацьованої оливи до 45–50^{o}C;
3. додавання 98-% сірчаної кислоти у кількості 7% по масі;
4. перемішування протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 об/хв..;
5. відстоювання протягом 3 годин;
6. видалення кислого гудрону;
7. нагрів кислої оливи до 70–75^{o}C;
8. змішування кислої оливи з кліноптилолітом у пропорції 4:1 протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 об/хв. (контактна очистка);
9. центрифугування протягом 10 хв.; 3000 об/хв.

У результаті вихід очищеного продукту склав 59,69%.

Загалом процес відстоювання осаду виявився достатньо довгим і тривав кілька тижнів, тобто 1 доби виявилось недостатньо. Тому всі проби для отримання порівнянних результатів відстоювались протягом 168 годин, тобто 7 діб. Далі проби центрифугували протягом 1 години у лабораторній центрифузі при 3000 обертах на хвилину.

Наступним етапом була перевірка ефективності відновлення оливи. Результати наведені на рисунках 5.41 – 5.49, з яких можна зробити висновок про те, що помітний результат дали неонол АФ 9-12 (156 см$^{-1}$), Євроксид СРО (418 см$^{-1}$) та кокамідопропілбетаін (456 см$^{-1}$).

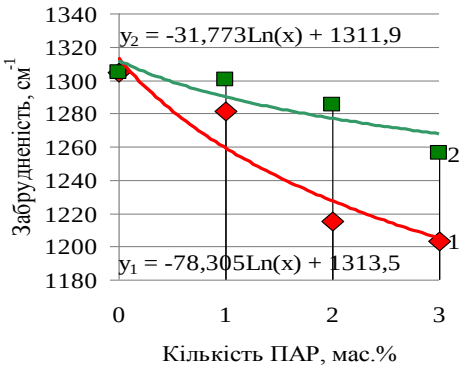


Рисунок 5.41. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням аспаралу Ф

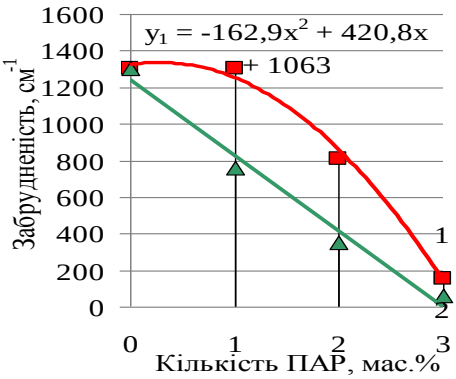


Рисунок 5.42. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням неонолу АФ 9-12

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК

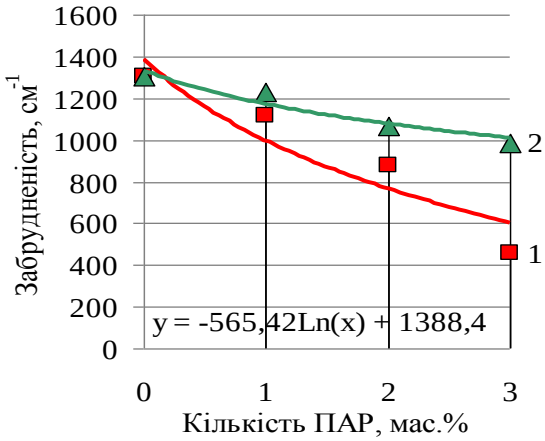


Рисунок 5.43. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Кокамідопропілбетеіну

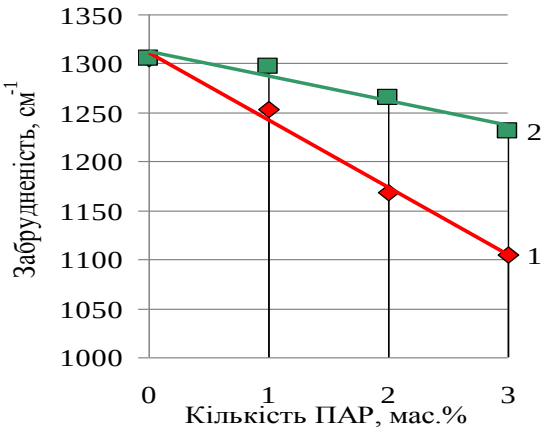


Рисунок 5.44. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Emal 270d

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК

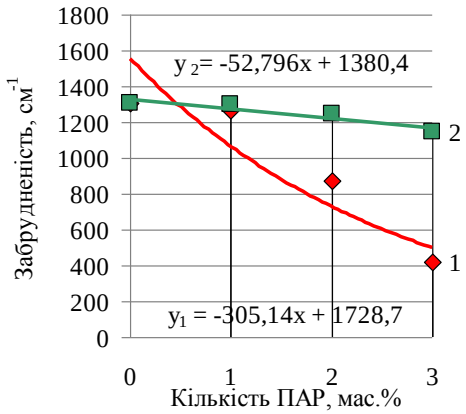


Рисунок 5.45. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Євроксиду СРО

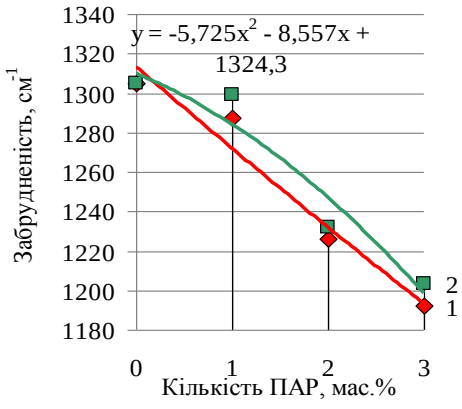


Рисунок 5.46. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Стеароксу

Далі проводилася перевірка основних експлуатаційних показників: оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81), температури спалаху у відкритому тиглі (ГОСТ 4333-87), в'язкості при 100°С (ГОСТ 33-82), вмісту води якісно та кількісно (ГОСТ 1547-84 і ГОСТ 2477-65), лужного числа (ГОСТ 11362-76), pH (інструкція pH-метра зі скляними електродами).

Наступною випробовувалась обробка відпрацьованої оливи поверхнево-активними речовинами (ПАР). Зокрема були випробувані наступні ПАР: аспарал Ф, оксіетильований моноалкілфенол (неонол АФ 9-12), кокамідопропілбетаін, етоксільований лаурилсульфат натрію (Emal 270 d), кокамідопропіламіноксид САО (Євроксид СРО), стеарокс, синтанол, сульфонол.

Для підвищення ефективності та екологічності процесу седиментації було застосовано кислий агент - алкілбензосульфокислота (АБСК). У подальших випробуваннях вона виступала у якості коагулянту, а ПАР – флокулянтів.

Поєднання АБСК (у кількості 1% по масі) з ПАР (у кількості 3 % по масі) дало результат тільки у випадку поєднання її з неонолом; у всіх інших випадках потрібних змін не відбулось. Кількість АБСК та температуру, необхідну для проведення випробування, було взято за результатами дослідів. Обрана кількість ПАР обумовлена найкращими показниками ефекту освітлення.

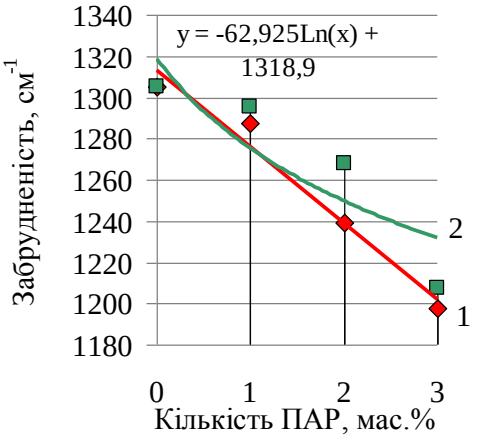


Рисунок 5.47. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Синтанолу.

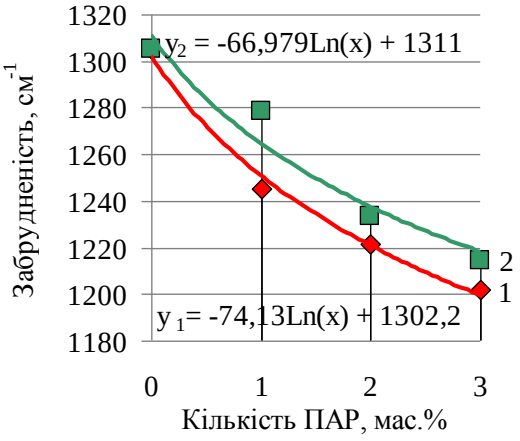
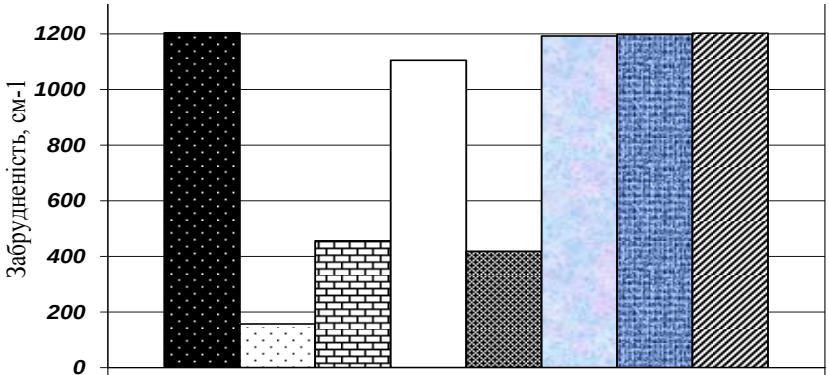


Рисунок 5.48. Ефективність освітлення оливи М-14В$_2$ з використанням Сульфоналу.

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК



ПАР	1
аспарал Ф	1203,58
неонол АФ 9-12	156,32
кокамідопропілбетаін	455,67
Emal 270 d	1104,99
САО	417,69
стеарокс	1192,32
синтанол	1197,82
сульфонол	1201,92

Рис. 5.49. Порівняння ефективності освітлення з використанням різних ПАР.

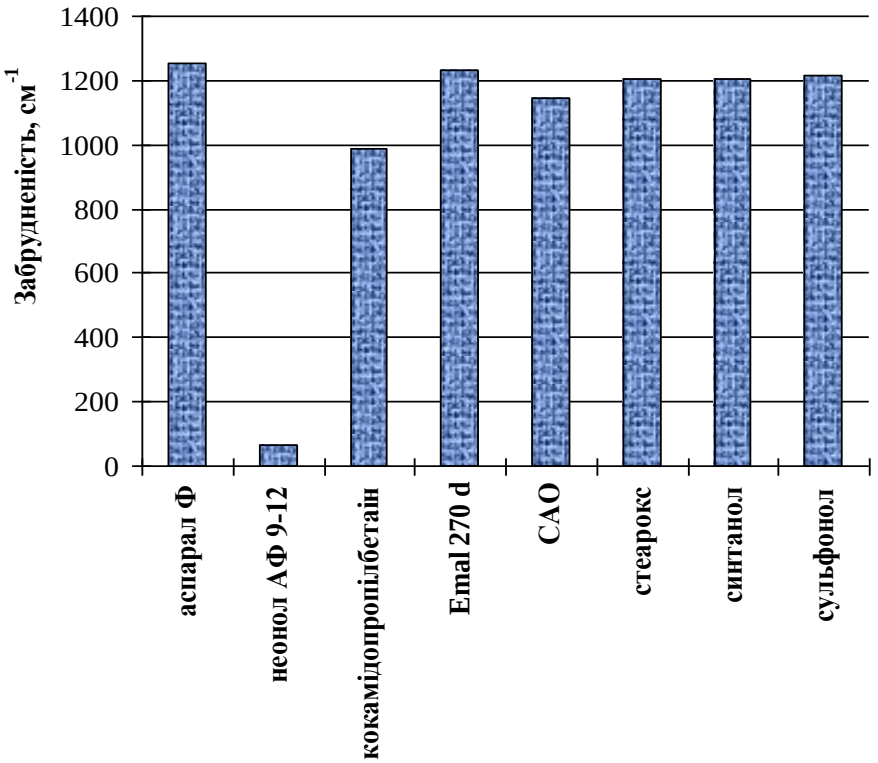


Рис. 5.50. Порівняння ефективності освітлення з використанням ПАР та АБСК

Як бачимо на рис. 5.49 найкращі показники за часом відстоювання тобто швидкістю освітлення продемонстрували: неонол, кокамідопропілбетаін та САО.

Зокрема це не впливало на швидкість випадіння осаду (рисунок 5.50). Порівняння часу відстоювання оливи після використання ПАР та ПАР з АБСК наведені на рисунку 5.51.

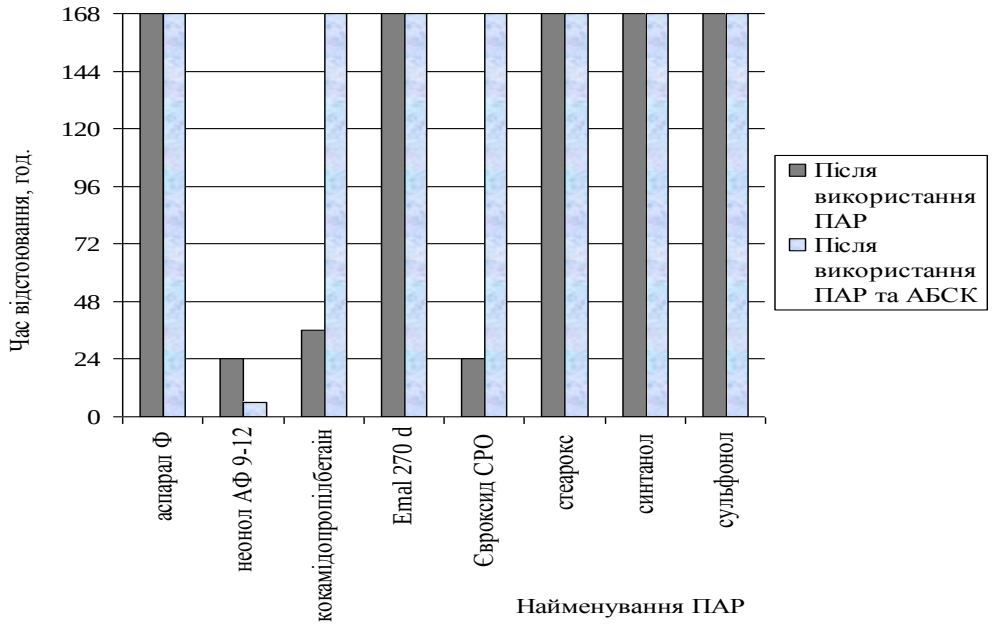


Рис. 5.51. Порівняння ефективності освітлення з використанням ПАР та ПАР з АБСК

З таблиці та рисунку видно, що досліджувані показники досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи реагентами та центрифугування; при цьому 2,7 % мас. – мінімальна доза неонолу, при введенні якої процес седиментації проходив швидко та ефективно.

Оптимальну кількість оксіетильованого моноалкілфенолу була підібрана.

Про ефективність обробки робили висновок після перевірки оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81). Результати наведені у таблиці 5.15 та на рисунку 5.52.

Таблиця 5.15

Ефективність освітлення з використанням неонолу АФ-12 та АБСК

№ досліду	Кількість неонолу АФ 9-12, мас.%	Забрудненість, τ $см^{-1}$	Ступінь очищення, %
1	1,0	1301	0,31
2	2,0	811,78	37,79
3	2,5	100,5	92,29
4	2,6	71,15	94,55
5	2,7	64,18	95,08
6	2,8	64,20	95,08
7	2,9	64,19	95,08
8	3,0	64,21	95,08

Максимальний вихід очищеної оливи склав 90,01 %.

Далі проводилася перевірка основних експлуатаційних показників: оптичного показника забрудненості, температури спалаху у відкритому тиглі, в'язкості при 100°С, вмісту води якісно та кількісно, лужного числа, pH за відповідними стандартними методиками.

Були отримані наступні результати: забрудненість τ=64,18 $см^{-1}$ (ступінь очистки 95,08%); температура спалаху у відкритому тиглі: середня 223°С, 222°С і 224°С у двох паралельних дослідах; в'язкість при 100°С 13,98 $мм^2/с$; (постійна віскозиметра 0,08759 $мм^2/с^2$, середній час витікання склав 159,61 с); pH=5,1; лужне число 1,252 мг КОН/г (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); вміст води: сліди

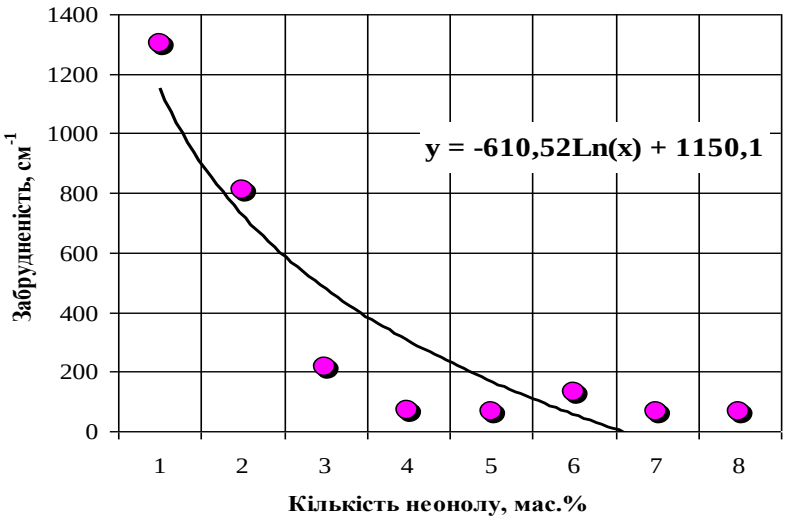


Рис. 5.52. Залежність ефективності відновлення оливи М-14$В_2$ від кількості неонолу АФ 9-12 (у поєднанні з АБСК)

Розробка методів відновлення оливи М-14Г$_2$ЦС

Моторна олива М-14Г$_2$ЦС перед дослідженнями мала такі показники після відбракування (з даних хіміко-технічної лабораторії депо):
забрудненість τ=1203 см$^{-1}$; температура спалаху у відкритому тиглі: 120^{o}С; в'язкість при 100^{o}С 8,21 мм^2/с; pH=6,9; лужне число 3,16 мг КОН/г; вміст води: сліди.

Для проведення освітлення відпрацьованої оливи цього типу був застосований спосіб обробки їх поверхнево-активними речовинами (ПАР), який дав найкращий результат з вищезазначених методів очистки відпрацьованої

Наступним етапом була перевірка забрудненості оливи (ГОСТ 24943-81). Результати наведені на рисунках 5.53 – 5.58, з яких можна зробити висновок про те, що помітний результат дали неонол та Emal 270 d.

Для пришвидшення процесу випадіння осаду був застосований такий кислий агент, як алкілбензосульфокислота (АБСК).

На рисунку 5.59 наведено швидкості освітлення проб олив з використанням різних ПАР.

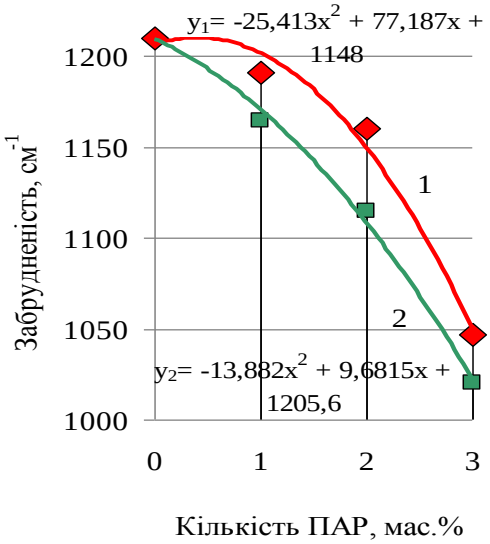


Рис. 5.53. Ефективність освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС після обробки її аспаралом Ф

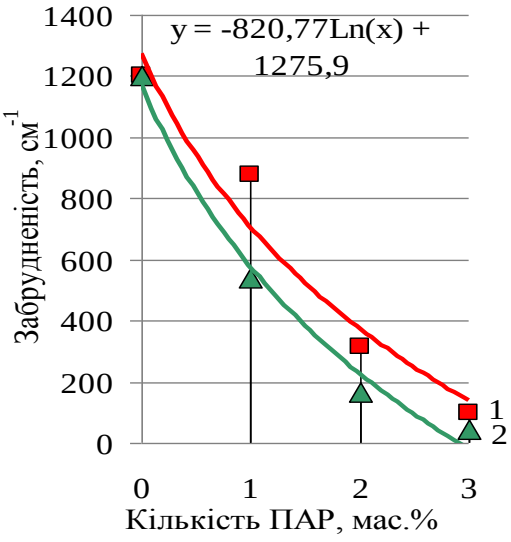


Рис. 5.54. Ефективність освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС після обробки її неонолом АФ 9-12

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК

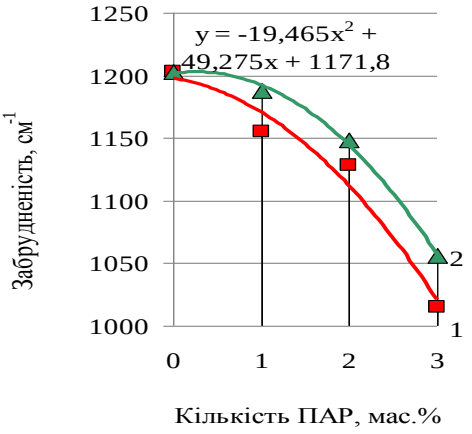


Рис. 5.55. Кінетика освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС після обробки її Кокамідопропілбетеіном

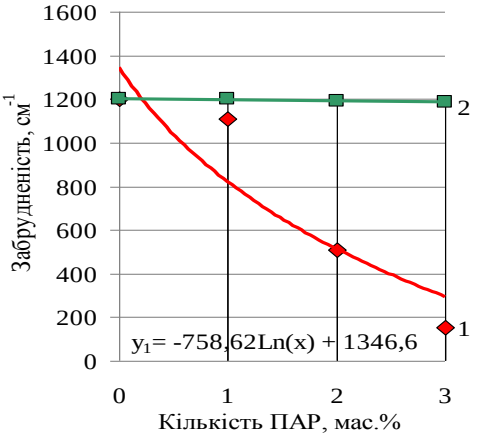


Рис. 5.56 – Кінетика освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС після обробки її Emal 270d

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК

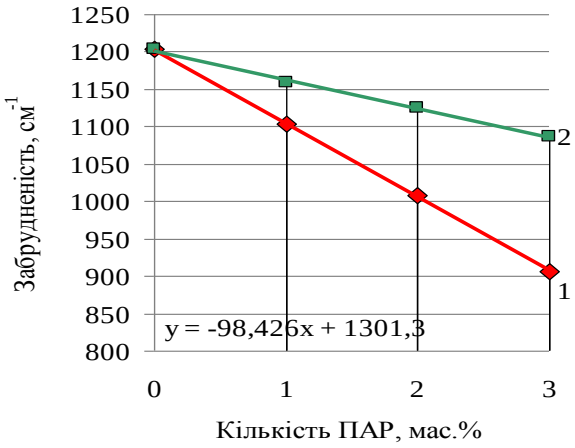


Рис. 5.57. Кінетика освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС з використанням Євроксиду СРО

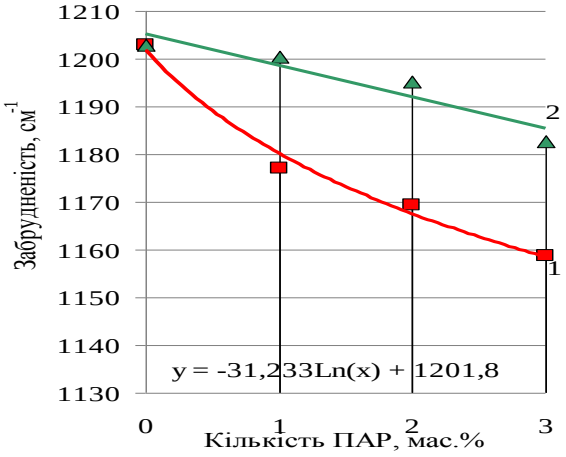


Рис. 5.58. Кінетика освітлення оливи М-14Г$_2$ЦС з використанням синтанолу

1 – без додавання АБСК; 2 – з додаванням АБСК

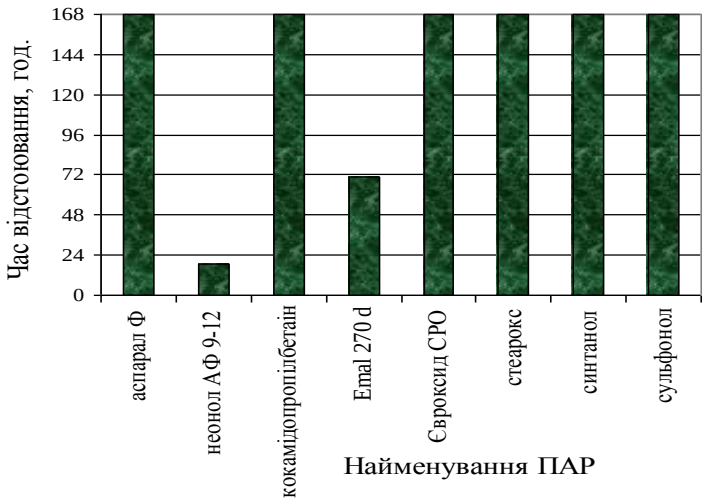


Рис. 5.59. Порівняння ефективності освітлення з використанням різних ПАР

Поєднання АБСК (у кількості 1 % по масі) з ПАР (у кількості 3 % по масі) дало результат при поєднанні її з неонолом; у всіх інших випадках потрібних показників відновлення не отримано. У випадку Emal 270 d забрудненість значно збільшилась.

Кількість АБСК та температуру, необхідну для проведення випробування, було взято у відповідності до [152]. Кількість ПАР була обумовлена тим, що при використанні цієї кількості поверхнево-активних речовин ступінь освітлення був найвищим.

Швидкість випадіння осаду також змінилась у менший бік лише у випадку поєднання АБСК та неонолу (рис. 5.60). Порівняння часу відстоювання оливи після використання ПАР та ПАР з АБСК наведені на рисунку 5.61.

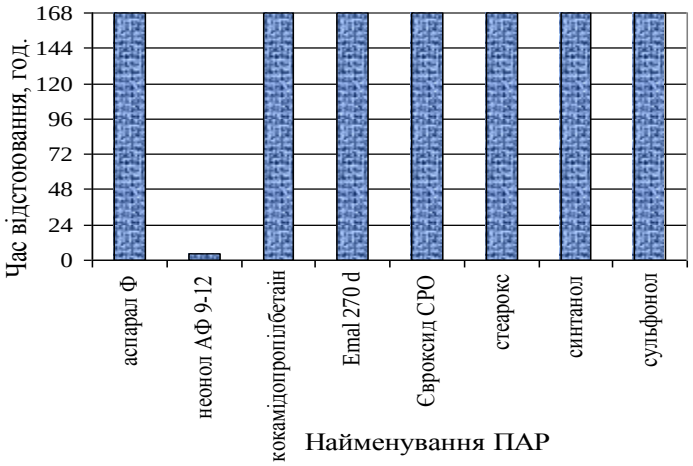


Рис. 5.60. Освітлення оливи М-14$Г_2$ЦС з використанням ПАР та АБСК

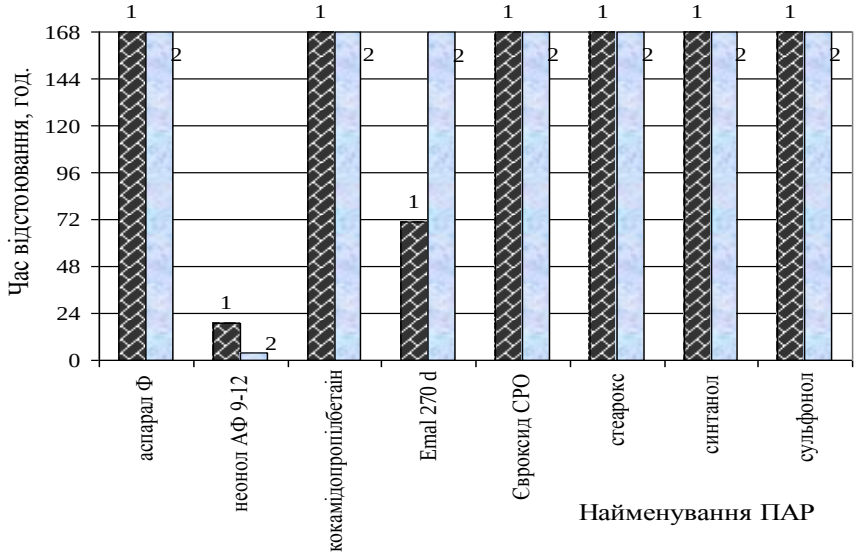


Рис. 5.61. Ефективність освітлення з використанням ПАР та ПАР з АБСК:

1 – після використання ПАР; 2 – після використання ПАР та АБСК

Кількість оксіетильованого моноалкілфенолу була підібрана.

Про ефективність обробки робили висновок після перевірки оптичного показника забрудненості (ГОСТ 24943-81). Результати наведені у таблиці 5.16. та на рисунку 5.62.

З отриманих показників чітко видно, що досліджувані параметри досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи неонолом у кількості 2,0 % мас.

Таблиця 5.16.

Ступінь освітлення оливи М-14$Г_2$ЦС після обробки її неонолом АФ-12 у поєднанні з АБСК

№ досліду	Кількість неонолу АФ 9-12, мас.%	Забрудненість, τ $см^{-1}$	Ступінь очищення, %
1	1,0	415,2	65,49
2	1,3	257,62	78,59
3	1,5	152,6	87,32
4	1,7	101,45	91,57
5	2,0	45,12	96,25
6	2,2	45,12	96,25
7	2,5	45,11	96,25
8	2,7	45,12	96,25

Максимальний вихід очищеної оливи склав 94,12 %.

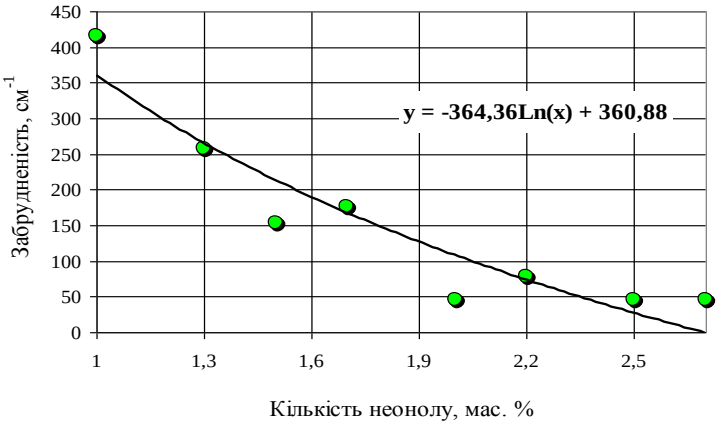


Рис. 5.62. Залежність ефективнрості освітлення оливи М-14$Г_2$ЦС від кількості неонолу АФ 9-12 (у поєднанні з АБСК)

Були отримані наступні результати: забрудненість τ=45,14 $см^{-1}$ (ступінь очистки 96,53 %); температура спалаху у відкритому тиглі: середня 137°С,136°С і 138°С у двох паралельних дослідах; в'язкість при 100°С 7,25 $мм^2/с$ (постійна

віскозиметра 0,09327 мм^2/с^2, середній час витікання склав 77,73 с); pH=5,3; вміст води: сліди; Лужне число не перевіряли через низьке значення pH.

Оптимізація запропонованої методики регенерації відпрацьованих олив

При відновленні первісних властивостей відпрацьованих моторних олив необхідно не тільки привести основні їх експлуатаційні параметри до норм відбракування, але перевищити їх та досягнути норм ТУ. Зокрема широковідомим методом є підбір окремих присадок або пакетів присадок різного призначення. У наступному підрозділі наведені методи, що були застосовані для вдосконалення та завершення схеми відновлення відпрацьованих олив.

Для додатково підлуження оливи М-14В$_2$, що очищувалась за запропонованою методикою, після обробки додавали американську присадку фірми «Техні Люб Компані» у кількості, рекомендованій виробником – 32 мл на 1 л оливи.

Після перевірки значення експлуатаційних параметрів склали: забрудненість τ=38,69 см$^{-1}$ (не змінилась); температура спалаху у відкритому тиглі: 231^{o}С (не змінилась); в'язкість при 100^{o}С 13,52 мм^2/с; (постійна віскозиметра 0,09095 мм^2/с^2, середній час витікання склав 148,65 с) pH=5,5; лужне число 1,214 мг КОН/г; (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); вміст води: сліди (не змінилась).

З отриманих результатів можна зробити висновок про те, що ця технологія дозволяє відновити практично всі експлуатаційні показники до потрібних значень окрім лужного числа та pH. Тобто використання такої технології потребує більш ефективного під луження очищеної сульфокислотою оливи.

Для додатково підлуження оливи М-14В$_2$, що очищувалась за технологією, описаною вище, додавали американську присадку фірми «Техні Люб Компані» у кількості, рекомендованій виробником – 32 мл на 1 л оливи.

Надалі було застосовано схему: нагрівання відпрацьованої оливи до 60^{o}С; → додавання АБСК у кількості 1%, за хвилину неонолу – 2,7 %;→ перемішування протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 об/хв; → центрифугування протягом 1 години; 3000 об/хв; → додавання присадки у кількості, рекомендованій виробником – 32 мл/1 л оливи.

Після перевірки значення експлуатаційних параметрів склали: забрудненість τ=64,18 см$^{-1}$ (не змінилась); температура спалаху у відкритому тиглі: 223^{o}С (не змінилась); в'язкість при 100^{o}С 14,00 мм^{2}/с (постійна віскозиметра 0,08636 мм^{2}/с^{2}, середній час витікання склав 162,13 с); pH=7,1; лужне число 1,8842 мг КОН/г (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); вміст води: сліди (не змінилась)

З отриманих результатів можна зробити висновок про те, що метод з використанням неонолу та АБСК є найбільш ефективним, про що свідчать отримані результати досліджень експлуатаційних показників, зокрема pH та лужного числа.

Для додатково підлуження оливи М-14Г$_2$ЦС, що очищувалась за зазначеною технологією, додавали американську присадку фірми «Техні Люб Компані» у кількості, рекомендованій виробником – 32 мл на 1 л оливи.

Таким чином випробували наступну схему: нагрівання відпрацьованої оливи до 60^{o}С; → додавання АБСК у кількості 1 % та неонолу – 2,0 %; перемішування протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 об/хв; → центрифугування протягом 1 години; 3000 об/хв; → додавання присадки у кількості, рекомендованій виробником – 32 мл/1 л оливи.

Після перевірки значення експлуатаційних параметрів склали: забрудненість τ=45,14 см$^{-1}$ (не змінилась); температура спалаху у відкритому тиглі: 137^{o}С (не змінилась); в'язкість при 100^{o}С 7,3 мм^{2}/с (постійна віскозиметра 0,09327 мм^{2}/с^{2}, середній час витікання склав 78,3 с); pH=6,9; лужне число 0,5496 мг КОН/г; (середнє арифметичне з двох паралельних дослідів); вміст води: сліди (не змінилась).

Так як перевірка основних експлуатаційних параметрів оливи показала досить низькі значення деяких параметрів, особливо температури спалаху та лужного числа, і застосування підлужуючих кондиціонерів також не принесло бажаного результату, є доцільним рекомендувати використовувати таку оливу в якості осьової на підприємствах залізниці для змащування шийок осей колісних пар вагонів і тепловозів, моторно-вісьових підшипників тягових електродвигунів,а також буксових підшипників тертя ковзання тепловозів, тобто змінити її цільове призначення.

Для осьових олив основними характеристиками (за вимогами ТУ У) є в'язкість, температура спалаху у відкритому тиглі, температура застигання, масова частина водорозчинних кислот та луг, механічних домішок та води. Серед вказаних показників головними вважаються в'язкість та температура застигання, що пояснюється специфікою їх застосування: подача до вузлів тертя (до шийок осей) здійснюється по волокнах підбивних кінців або ґнотів.

Оцінку якості відновлених олив виконували за методиками наведеними у розділі 2.

За результат випробування приймали середньоарифметичний результат чотирьох визначень. Так як об'єм води в приймачі-уловлювачу при кожному дослідженні кожного зразка складав 0,03 $см^3$ і менше, вміст води вважали слідами.

Розробка комплексної технології регенерації відпрацьованих олив.

При розробці технологічної схеми відновлення експлуатаційної якості відпрацьованих моторних олив ми виходили з результатів проведених лабораторних досліджень по випробуванню різних методів очищення та оптимізованого варіанту обраної технології, а саме з температурних умов, кількості реагентів та часу їх контактування з оливою.

Технологія мала включати в себе нагрів відпрацьованої оливи до 60^oC, змішування її з АБСК та неонолом (відповідно 1 та 2,7 % по масі) протягом 30 хвилин зі швидкістю 1500 об/хв, центрифугування протягом 1 години (3000

об/хв) та додавання присадки для доведення всіх експлуатаційних показників оливи до норм ТУ. Схематичне зображення технології регенерації наведене на рисунку 5.63.

Як можна побачити з рисунку, нами пропонується перекачувати відпрацьовані оливи з картера тепловоза до спеціальної ємкості-усереднювача і після відстоювання до змішувача першої ступені. У змішувачі олива нагрівається до необхідної температури, далі зі спеціальних ємкостей додаються у необхідній кількості реагенти: АБСК і згодом неонолом. Після перемішування маса потрапляє по трубопроводу до центрифуги і далі до змішувача другої ступені. Крім того, до цього змішувача насосом-дозатором підкачується присадка, іде процес перемішування.

Згодом готову оливу перекачують до спеціального резервуару для зберігання. При необхідності, можна перевозити підготовлену оливу до інших користувачів за допомогою, наприклад, залізничних або автоцистерн. Також у схемі передбачені збірна ємкість-шламонакопичувач для відводу побічних продуктів від змішувача I ступені та центрифуги.

У якості резервуару для зберігання готової продукції нами пропонується використовувати горизонтальні резервуари-цистерни, що найчастіше застосовують у якості витратних сховищ.

Такі резервуари виготовляють на заводах і потрапляють на місце встановлення у готовому вигляді. Ці резервуари розраховані на внутрішній тиск 0,07 МПа, мають конусне або плоске дно; їх встановлюють над землею на опорах або під землею на глибині не більше 1,2 м від поверхні землі.

Ця технологія є універсальною як для олив типу М-14$В_2$, так і для М-14$Г_2$ЦС, єдиною різницею є отримання різних продуктів на виході: у першому випадку відновленої моторної оливи, у другому – трансмісійної, а саме осьової, що можна використовувати на тому ж підприємстві або на інших лінійних підрозділах залізниці.

Підбір та розрахунок обладнання для обраної технологічної схеми наведено у Додатку Ж.3.

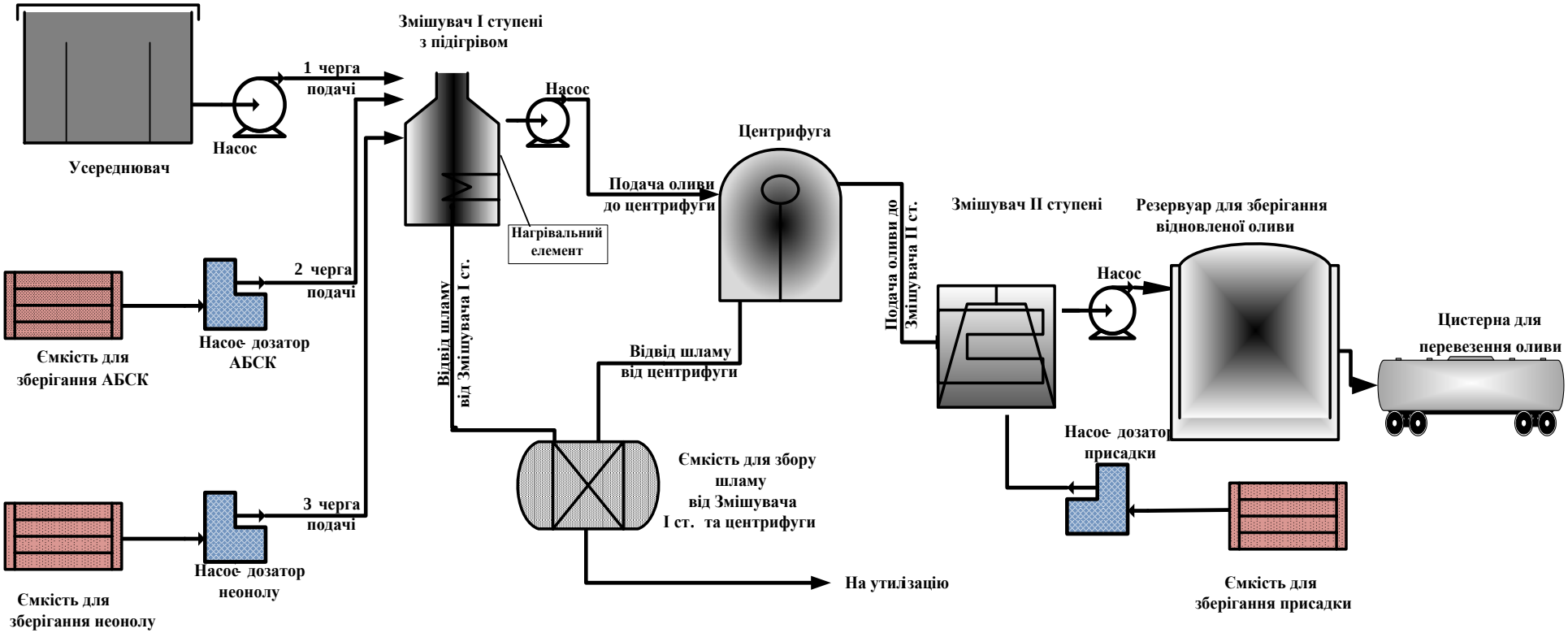


Рисунок 5.63. Схема технології регенерації відпрацьованих моторних олив залізниць.

5.3.2. Утилізація нафтошламів

Одним із найбільш розповсюджених способів утилізації нафтошламів є такий термічний метод, як спалювання. Проте технологічні шлами є обмежено горючими речовинами, тому їх спалювання можна проводити лише при використанні додаткової кількості палива. Наприклад, для підприємств залізничного транспорту пропонується їх спалювання при змішуванні з твердим паливом у топках стаціонарних паровозів, які розташовані на території депо. Попіл, що залишається після спалювання рекомендується перевіряти на присутність важких металів.

Проте такі технології є низькопродуктивними, енергетично та фінансово витратними через високу ціну котлоагрегатів, крім того доводиться встановлювати додаткове високовартісне обладнання для очистки викидів в атмосферне повітря; вони не дозволяють здійснити повну переробку і утилізацію нафтошламів і не забезпечують екологічну безпеку для навколишнього середовища

При виборі технології утилізації технологічних шламів брали до уваги періодичність утворення цих відходів, їх обмежену кількість, значну витрату додаткового палива, що буде підтримувати процес горіння. Саме тому для врахування цих особливостей шламів залізничних підприємств нами пропонується використовувати значно дешевші механічні методи. Наприклад, встановлювати у депо декантери різних конструкцій залежно від загального складу шламів і складу кожної з його основних частин: вуглеводневміщуючої частини, води і механічних домішок.

Декантери забезпечують утилізацію відходів безпосередньо на місці їх утворення на спеціально виділеному майданчику того чи іншого депо.

Так як нафтошлами залізничних підприємств достатньо обводнені, адже являють собою відходи від обмивки рухомого складу, їх не потрібно додатково розбавляти водою для зниження процентного вмісту механічних домішок. Рекомендується використовувати декантери зі шнеком, що має покриття зі спеціальним захистом, наприклад, із кераміки або карбіду вольфраму.

Такі заходи обумовлені присутністю у технологічних шламах так званих «жорстких» механічних домішок (піску, окалини, металевої стружки і т. і.), які можуть викликати завчасний знос робочих частин обладнання. Додатково для запобігання потрапляння у декантери великих механічних домішок доцільним є встановлювати сіткові фільтри різної тонкості очистки або вібросепаратори.

Ефективність роботи декантера залежить від таких показників сировини, як її однорідність і температура. Перший показник дозволить декантеру працювати у постійному режимі і виключить постійний контроль людини над параметрами його роботи; адже налаштування декантера на потрібні параметри вимагає мінімум 15 хвилин від працівника, що його обслуговує. Другий показник забезпечує необхідну в'язкість сировини і зазвичай становить 80-90ºС; більша температура може призвести до перегріву приладу. Як правило, такий нагрів здійснюється безпосередньо в сховищі для зберігання нафтошламу (за рахунок нагрівання проміжної ємності) або «на ходу» за допомогою спеціальних теплообмінників, коли нафтошлам нагрівається проходячи через них.

Нижче на рис. 5.64 приведена загальна схема переробки нафтошламу за допомогою центрифуги-декантера і теплообмінника.

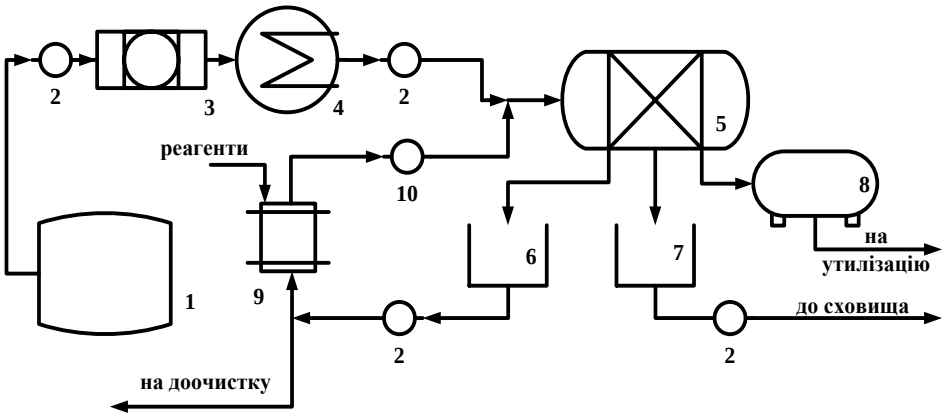


Рис. 5.64. Принципова схема реагентної переробки нафтошламу

1 - резервуар для зберігання нафтошламів; 2 - насоси; 3 - фільтр грубого очищення; 4 - теплообмінник; 5 - декантер-центрифуга; 6 - ємкість для збирання води; 7 - ємкість для збирання фугату (вуглеводнів); 8 - ємкість для збирання осаду; 9 - ємкість для приготування реагентів; 10 – насос-дозатор для подачі реагентів

Практичні дослідження показують, що для оптимального розділення трьох фаз технологічних шламів потрібні різні типи флокулянтів для кожного

конкретного випадку. Залежно від типу устаткування, що використовується для обробки нафтошламів (центрифуг, фільтрпресів, вакуум-фільтрів) підбирається найбільш прийнятний тип реагентів і використовується в подальшій обробці.

Із досвіду застосування катіонні флокулянти найефективніше діють на органічні сполуки, тоді як аніонні більш прийнятні для неорганічних речовин. У зв'язку з різноманітністю складу і властивостей шламів, підбір ефективних флокулянтів у кожному окремому випадку повинен проводитися за попередніх лабораторних і дослідно-промислових випробуваннях [103].

Наприклад, широко відомі такі флокулянти, як ФТ-410, ПТ-506, флокулянти марки Zetag-89, поліакриламід технічний (ПАА) та ін. Так катіонний флокулянт Zetag-89 на водній основі виробництва швейцарської фірми Ciba Specialty Chemicals використовується в нафтопереробній промисловості в процесі зневоднення нафтошламів при витраті 2 кг на тонну сухого залишку [13].

Відомі результати досліджень можливості очищення шламів у присутності флокулянтів марок Zetag-89, Praestol 853 і поліакриламіду при дозуванні 10 г на тонну шламу. Отримані результати показали, що при малих витратах флокулянта можна досить чітко відокремити механічні домішки від нафтопродуктів. Вміст нафтопродуктів в нижньому шарі-осаді із застосуванням флокулянтів марок Zetag-89 і Praestol 853 склало 6-10 %, а в осаді без застосування флокулянтів – 18 % [103].

Для позбавлення від відходу механічних домішок зазвичай пропонується декілька варіантів: їх утилізація на полігоні; спалення; поступове їх розкладання за допомогою біологічно активних сорбентів на спеціально підготовлених майданчиках.

В умовах депо доцільнішим буде поступове накопичення та вивезення таких відходів на полігон для утилізації.

Вода, що залишається після очищення нафтошламів, відправляється на доочистку і згодом може бути використана, як було вже зазначено вище, для приготування розчину реагентів, включена до технологічного циклу підприємства у якості технічної або скинута у водні об’єкти.

З метою оптимізації процесу розподілу фракцій нафтошламів в декантерах запропоновано застосування реагентівя, що підвищують ефективність процесу на фізико-хімічному рівні, а саме на рівні міжфазової взаємодії. Оцінка особливостей взаємодії нафтопродуктів з ПАР наведено у Додатку Ж.4.

У якості реагентів пропонується використання, як флокулянтів – ПАР (синтанол та неонол).

5.3.3. Утилізація нафтовміщуючих відходів.

У попереднєму підрозділі (5.2) автором було розроблено і досліджено велику кількість високоефективних екологічно чистих методів і технологій, які можуть бути застосовані при комплексній утилізації нафтовідходів, регенерації цінних нафтопродуктів та відновленні ґрунтів [387-397].

Для максимальної оптимізації впроваджуваної технології комплексної утилізації нафтовміщуючих відходів необхідно створення залізничних утилізаційно-регенераційних станцій, на яких буде виконуватись весь комплекс операцій з регенерації цінних нафтових відходів, очистки нафтовміщуючих стічних вод, утилізації нафто шламів та регенерації нафтозабруднених ґрунтів.

Кількість таких станцій в межах однієї залізниці повинна розраховуватись в залежності від територіального розташування підприємств, що являються джерелами утворення зазначених відходів – з ціллю зменшення транспортних витрат, кількісних характеристик утворення відходів – з ціллю визначення виробничої потужності регенераційної станції та на базі територіально-технологічного аналізу – з метою максимізації сировинного забезпечення станції.

Технологічна схема утилізаційно-регенераційної станції показано на рис. 5.65.

В реагентному господарстві 1 зберігається запас реагентів для обробки нафтозабрудненного ґрунту через спеціальну розподільчу систему, для регенерації оливи та обробки нафтовміщуючих стічних вод і нафтошлами. Приготування реагентних розчинів також виконується в блоці реагентного господарства. Через змішувач 2 розчини АБСК та неонолу подаються в блок

регенерації відпрацьованих моторних олив 3; у змішувач 4 подається розчин синтанолу для оптимізації процесу декантування при утилізації нафтошламів, який відбувається в утилізаційному комплексі 5.

Утилізаційний комплекс містить декантери для фракційного розподілу нафтошламу та електровогневий блок термічної утилізації (отримана енергія від якого іде на забезпечення енергетичних потреб станції); цикл очистки ґрунту виконується на спеціально обладнаних бетонних майданчиках (рис. 5.38), розчини реагентів (синтанол, бакпрепарат та нітроамофос) подаються через бункер-дозатор 6 до розподільчої системи, через яку за допомогою спринклерів проводиться обробка ґрунтових мас; з початку грунт обробляється синтанолом, потім (після 48 годин витримки) розчином субстрату аборигенної мікрофлори, після чого оброблений ґрунт також витримується протягом 24 годин, кінцевим етапом очистки стає обробка розчином нітроамофосу, стимулюючим зростання та розмноження нафтофільного бактеріального асоціату. Наприкінці обробки, ґрунт на майданчику витримується протягом 10 – 25 діб в залежності від початкової концентрації нафтопродукту та температурних умов, в той же час інфільтрат зібраний в зливні приямки по відвідних канавах поступає до зливної ємності-накопичувача за допомогою мобільного блоку струменевого насосу 10, призначеного для зливу і перекачування рідин, у тому числі зріджених газів, з негерметичних місткостей і земляних резервуарів.

Зливна ємність-накопичувач 8 призначена для створення додаткового запасу води або нейтралізуючих розчинів, прийому нафтовміщуючого інфільтрату і промстоків для передачі на очистку. Тип ємності – горизонтальна, циліндрова, з сферичними днищами. Матеріал місткості – неіржавіюча сталь типу Х18Н9Т. Місткість ємності ~ 5 м^{3,} робочий тиск ~ 1,0 МПа. Струменевий насос приводиться в дію за допомогою насосної установки і пов'язаний з нею металорукавами. Блок струменевого насоса переміщається в зону роботи за допомогою поворотної кран-балки.

Після ємності-накопичувача інфільтрат, подається на комплекс очистки нафтовміщуючого інфільтрата, у разі обладнання повністю бетонного

майданчика на території очисної станції в систему входять бетонні канави, по яких відводиться інфільтрат що містить не тільки нафтопродукти, але і аборигенну мікрофлору, якою оброблявся забруднений грунт на ділянці. Присутність нафтофільної мікрофлори сприяє прискоренню процесу очищення у відстійниках системи 9 і найбільш високим показникам безреагентного очищення.

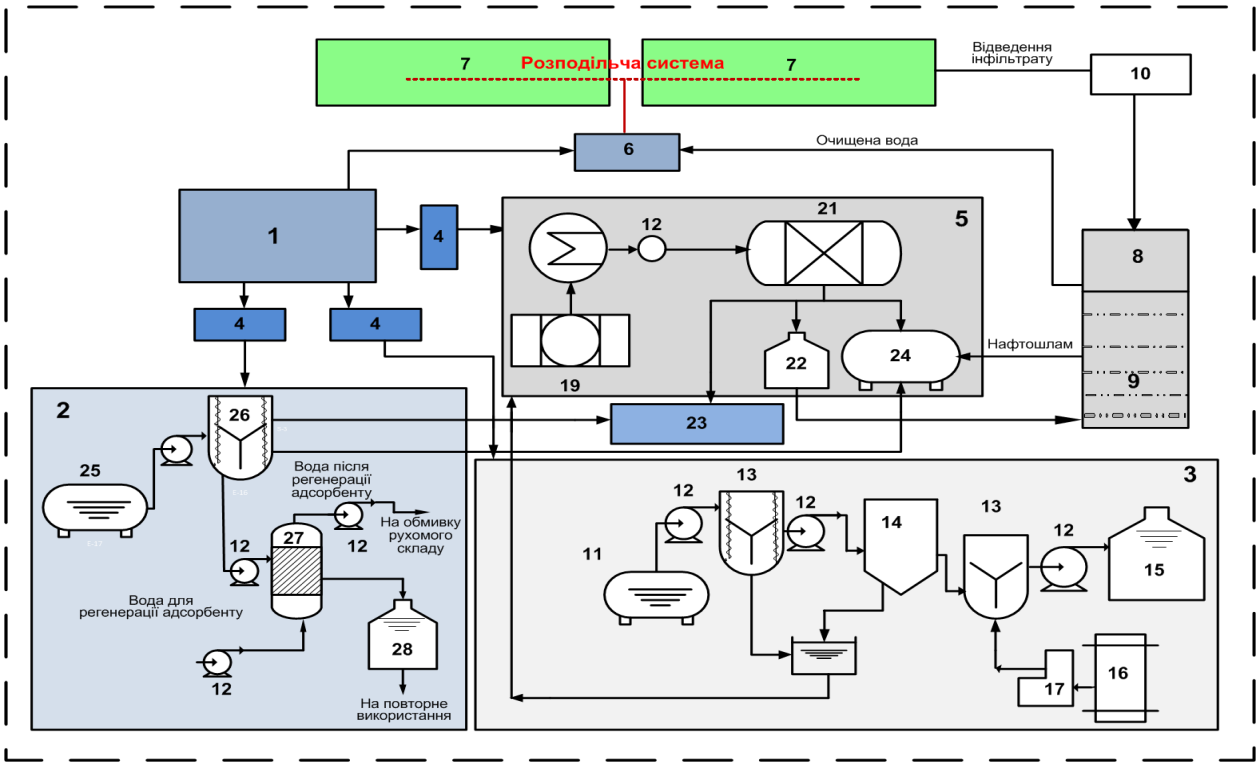


Рис. 5.65. Технологічна схема станції утилізації нафтовміщуючих відходів залізниць:

1 – регенераційне господарство; 2 – бункер-дозатор реагентів; 3 – комплекс регенерації відпрацьованих олив; 4 - бункер-дозатор реагентів; 5 – комплекс утилізації пастоподібних нафтовідходів; 6 - бункер-дозатор ПАР+бакпрепарат; 7 - майданчики для очищення ґрунту від нафтопродуктів; 8 – накопичувач нафтовміщуючих вод; 9 – комплекс очистки нафтовміщуючого інфільтрата; 10 – мобільний блок струменевого насоса.

Комплекс 9 може бути використаним для очищення нафтовміщуючого стоку по водовідвідних кюветах залізничних колій безпосередньо на місці аварії, найпростішим чином реалізується там, де ґрунтові води залягають в проникних піщаних ґрунтах близько до поверхні за наявності в підошві горизонту глинистих ґрунтів. Система очищення інфільтрату 9 включає дренажні траншеї для збору забруднених вод з пристроєм для їх відкачування і

траншеї фільтрації. Дренажна траншея в поперечному розрізі складається з двох секцій: одна закладена нижче за рівень ґрунтових вод для збору забруднених вод, інша - вище за рівень ґрунтових вод. Вони відокремлені між собою ґрунтовою перемичкою, що має в розрізі трапецеїдальну форму. У перемичці на різній висоті прокладені труби, що сполучають секції один з одним і з пристроєм для відкачування забруднених вод в траншеї фільтрації. Траншеї фільтрації містять лінію подачі забруднених вод з пристроєм для їх відкачування 10 з дренажних траншей, секції фільтрації, очищення забруднених вод, збору очищеної води і лінію відкачування очищеної води з насосом. Секції на три чверті розділені в шаховому порядку непроникними вертикальними перегородками з можливістю утворення потоку типу «лабіринт». Секції заповнені матеріалами, що фільтрують: сокирницькіми цеолітами, піском, композиційним сорбентом. Зверху траншея укрита теплоізолюючим матеріалом для запобігання замерзанню води в холодну пору року.

Таким чином, запропонований комплекс очищення ґрунтів в процесі ліквідації наслідків аварії з нафтопродуктами на залізничному транспорті шляхом очищення забрудненого нафтою ландшафту, забезпечує високу ефективність видалення осередкових забруднень ґрунту і ґрунтових вод. Система відрізняється простотою реалізації в польових умовах. Використання цієї системи дозволяє оперативно локалізувати розповсюдження ареалів вуглеводневих забруднень і захистити водогосподарські об'єкти.

Захист ґрунтового покриву і рослинності забезпечується розміщенням об'єктів на малоцінних землях, закріпленням пісків посадками трав і чагарників, своєчасним вивозом відходів, рекультивацією порушених земель з висадкою чагарників і посівом піщаного вівса (6 - 8 кг/га). Врожайність пасовища відновлюється на другий рік, а природний фітоценоз – за 4 - 5 років.

Для охорони тварин рекомендується: рух спецтехніки тільки в смузі відведення; проведення протиерозійних і лісомеліоративних заходів; мінімізація шуму; регламентація будівельних і експлуатаційних робіт; проведення санітарно-епідеміологічних заходів з сінантропними видами тварин.

5.4. Висновки по розділу 5

В даному розділі реалізовано комплексний раціональний підхід до розробки і використання інноваційних екологічних технологій, що дозволяють ефективно мінімізувати еколого-економічні наслідки від емісій нафтопродуктів і оптимізувати принципи ресурсозбереження при утилізації нафтовміщуючих відходів:

1. Розроблено новий спосіб та технологію термоконвекційного очищення ґрунтів з біодоочищенням. Визначено кінетику термоконвекції бензину А-95 у різних типах ґрунтів та при різних умовах. Оцінено можливість інтенсифікації процесу. Ефект очистки сягає 96,3%.
2. Вивчено ряд композиційних матеріалів із відходів різних виробництв, які мають пористу і волокнисту структури. Досліджені їх фізико-хімічні властивості. За результатами дослідів запропоновано технологію отримання нового композиційного сорбенту на базі вуглецевої частки та в’яжучої речовини, який має поглинальну здатність в межах 155 – 215% в залежності від типу нафтопродукту та умов процесу поглинання. Визначені оптимальні умови застосування запропонованого композиційного сорбенту.
3. Для доочищення поверхонь від нафтопродуктів запропоновано використання біополімерного комплексу на базі кремнійорганічного полімеру, який має в своїй структурі шар ліофілізованої резистентної і активної по відношенню до нафтопродуктів аборигенної мікрофлори, альгофлори і ферменту. При цьому ефект очистки складає 96,4%, чисельність мікроорганізмів відповідає горизонтам ферментації і знижується в них за профілем ґрунтів по мірі зменшення концентрацій вуглеводнів. Для цього: проведено скрінінг бактерійних, дріжджових і водоростевих культур в зонах магістралей залізниці, встановлені закономірності процесу іммобілізації ценозів на різних матрицях.
4. Досліджено умови, особливості та обмеження використання біотехнологій, на базі яких надано рекомендації щодо проведення біоремедіації та фіторемедіації для доочищення та відновлення ґрунтів.

5. Запропоновано нову технологію відновлення відпрацьованих олив М-14$В_2$ та М-14$Г_2$ЦС на базі розробленого методу з використанням алкілбензосульфокислоти та неонолу, що значно підвищує ефективність та екологічність процесу відновлення.Ефект очистки оливи складає 96,12%, а вихід основного продукту - 94,12%.
6. Розроблено технологічну схему пункту утилізації нафтовміщуючих відходів, який забезпечує високу ефективність очищення осередкових забруднень ґрунту, ґрунтових вод, технологічних нафтовміщуючих вод, утилізацію нафтошламів та регенерацію відпрацьованих моторних олив.
7. Розраховано екологічні ефекти від впровадження запропонованих технологій із врахуванням вартості обладнання та реагентів: для оливи М-14$В_2$ вона склала 866272,7 грн./рік; для оливи М-14$Г_2$ЦС – 868684,5 грн./рік; для технологічного шламу – 800 тис. грн./рік. Впровадження технологій очищення нафтозабруднених ґрунтів за допомогою розроблених композиційних сорбентів та біополімерного комплексу дозволяє отримати економічний ефект.

РОЗДІЛ 6

ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ І ОБЛАДНАННЯ У СФЕРІ ЗАПОБІГАННЯ ТА ЛІКВІДАЦІЇ ЕМІСІЙ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Під економічним збитком від порушення природного середовища [303, 304] розуміють виражені у вартісній формі фактичні і можливі втрати, заподіяні економічним суб'єктам внаслідок екодеструктивного впливу, а також додаткові витрати на компенсацію цих збитків.

З урахуванням розглянутих факторів розрахунок величини еколого-економічного збитку зводиться до визначення трьох основних складових: втраченої, недовиробленої і компенсаційної. У господарських розрахунках звичайно використовуються ще два поняття: можливого і відверненого збитків. Можливий (очікуваний) збиток - це умовне теоретичне значення збитку, що очікується в перспективі чи в передбачуваному стані забруднення навколишнього середовища. Відвернений збиток утворюється за рахунок величини ліквідованого збитку, який реально виникає завдяки здійсненню очисних заходів або як умовний результат їх проектування (існує на розрахунковому рівні).

Для визначення вихідної величини економічного збитку і розрахунку питомих збитків було застосовано так званий метод прямого обліку, що базується на порівнянні показників забрудненого й умовно чистого (контрольного) районів, а також аналітичний метод, суть якого полягає в отриманні математичних залежностей (наприклад, за допомогою методів кореляційного чи регресивного аналізу) між показниками функціонування відповідної системи (інфраструктури залізничного транспорту) і рівнем забруднення навколишнього середовища.

У загальному вигляді розрахунковий принцип визначення збитку можна виразити формулою:

$$З = \sum_{i=1}^{n} К_i \cdot з(x_i),$$

де: *З* - збиток, що завдається народному господарству забрудненням атмосфери; *і* - та сфера народного господарства, у якій визначається збиток (охорона здоров'я, комунальне, сільське і лісове господарство, промисловість); *К* - кількість одиниць основного розрахункового елемента факторів сприйняття досліджуваної сфери народного господарства, що потрапляє в зону забруднення (1 тис. чоловік - для охорони здоров'я, 1 га - для сільського і лісового господарства, 1 млн. грн.. основних фондів - для промисловості); *з(х)* - питомий збиток, що завдається одиниці основного розрахункового елемента в економічній сфері при рівні забруднення атмосфери *(x_i)*.

Однак зазначені оцінки не дають змоги враховувати екологічні фактори при розв'язанні такої важливої частини проблеми, як можливість оптимізації ресурсоспоживання. Але це передбачає вибір альтернативних ресурсів і політики ресурсозабезпечення (наприклад, варіантів ресурсозбереження і ресурсовиробництва), вибір технологічних стратегій виробництва ресурсу.

Таким чином, очевидною є необхідність обліку еколого-економічних показників, пов'язаних із негативним впливом на природу попередніх процесів отримання ресурсів, що використовуються в поточних виробничих стадіях. Такі показники, віднесені до одиниці ресурсу, слід назвати екологічною ціною продукції (ресурсу, відновних робіт, утилізації).

Показники екологічної ціни характеризують своєрідну екологоємність продукції, тобто сумарні екологічні витрати суспільства, пов'язані з використанням природного середовища при виробництві і споживанні одиниці даної продукції. В екологічну ціну включаються виражені в економічній формі оцінки природних ресурсів для виробництва даної продукції і обсяг економічного збитку від порушення природного середовища на стадіях виробництва і споживання продукції.

Таким чином, екологічна ціна продукції містить у собі економічну оцінку природних ресурсів, що вилучаються, та величину збитку від впливу на довкілля.

За допомогою показників екологічної ціни можна порівняти позитивні ефекти виробництва і споживання даного ресурсу з тими негативними екологічними втратами, що несе суспільство.

У загальному вигляді комплексний наскрізний показник екологоємності продукції (ресурсу, послуги, роботи) може бути виражений як:

$$З = З_{виг} + З_{сп} + З_{пост},$$

де $З_{виг}$ - екологічна ціна виготовлення продукції, включаючи стадії видобутку, транспортування і переробки сировини, складування готової продукції, утилізації і поховання відходів виробництва; $З_{сп}$ - екологічна ціна споживання виготовленої продукції, включаючи її транспортування і зберігання; $З_{пост}$ - екологічна ціна постспоживчої стадії, тобто витрати утилізації відходів споживання продукції, їх транспортування, поховання чи переробки.

Дещо іншу роль відіграє використання показників екологічної ціни (екоємності). Ці оцінки (за аналогією з цінами) доцільно застосовувати при розв'язанні завдань, коли знеособлені (тобто не мають адресності) джерела впливу на природне середовище і регіон, у якому виробляється (споживається) продукція. Як правило, це завдання народногосподарського рівня, зокрема: вибір матеріалів для виробництва продукції і самої продукції, вибір варіантів розвитку в масштабі країни тієї чи іншої технології, оцінка ефективності економії матеріальних і енергетичних ресурсів тощо. Інакше кажучи, вирішуються одвічні питання: що виготовляти, із чого, яким чином.

Облік повного значення екологічної ціни будь-якого продукту може бути досягнутий на основі багатоетапного розрахунку. Відповідно до цього методу, наприклад, розрахунок величини збиткоємності має вигляд:

$$з' = з_{пр};$$

$$з'' = з_{пр} + з_{непр};$$

$$з''' = з_{пр} + з_{непр};$$

де $з_{пр}$ - збиткоємність, розрахована на основі збитку від прямих процесів впливу на середовище; $з_{непр}$ - збиткоємність, розрахована на основі збитків від непрямих процесів впливу на середовище, тобто процесів, пов'язаних із

виробництвом вихідних ресурсів (матеріальних і енергетичних), використаних при виготовленні розглянутого продукту (наданні послуг, виконанні корисної роботи).

6.1. Визначення екологічної ефективності розроблених природоохоронних заходів

У вузькому розумінні природоохоронні заходи - це ті види господарської діяльності, які безпосередньо спрямовані на вирішення певних природоохоронних завдань. Як правило, подібні заходи мають одноцільову спрямованість, тобто призначені для досягнення однієї конкретної природоохоронної мети.

У широкому розумінні до середовищезахисних заходів можна віднести всі види господарської діяльності, що як прямо, так і побічно сприяють зниженню або ліквідації негативного впливу людини на довкілля.

Зокрема, серед згаданих вище природоохоронних заходів до логічно спрямованих дій у широкому розумінні належать ті, які так чи інакше підвищують загальну ефективність функціонування економічних систем. **У** кінцевому підсумку це обумовлює зменшення ресурсомісткості (матеріаломісткості, енерго- чи водоємності) виробництва одиниці продукції (виконання певної роботи, надання послуг). Інакше кажучи, зменшується питома потреба в зазначених ресурсах. Безпосередніми наслідками цього є відносне зменшення екологічного тиску на стадіях виробництва: зникає (або зменшується) потреба в ресурсі - зникають (або зменшуються) і негативні наслідки його виробництва. Як правило, екологічно спрямовані заходи непрямої дії мають багатоцільовий характер. Крім екологічних ефектів, вони дають можливість отримати цілу низку економічних і соціальних результатів (зокрема, зменшення виробничих та невиробничих витрат, поліпшення за рахунок цього достатку людей тощо). Подібні заходи можуть мати на меті:

- раціоналізацію розміщення підприємств;
- економію ресурсів;
- упровадження маловідходних технологічних процесів;

- зміну обсягів і структури виробництва;
- збільшення випуску екологічно чистої продукції;
- регулювання транспортних потоків та ін.

Загальними для будь-яких заходів екологічної спрямованості є два моменти:

- по-перше, вони спрямовані на досягнення конкретного результату (соціального або економічного);
- по-друге, вони потребують витрат коштів (або інших ресурсів).

Теорія ефективності чітко розмежовує поняття ефекту й ефективності, розуміючи під першим результат заходу, а під другим - співвідношення ефекту і витрат, що його викликали.

Економічний ефект - виражений у вартісній формі будь-яких дій (зокрема, зазначених вище господарських заходів).

У тому випадку, якщо згадані результати впливають не тільки на суто виробничу сферу, але й обумовлюють зміни, пов’язані з впливом на здоров'я або умови життєдіяльності людини прийнято говорити про соціально-економічний ефект. Якщо ці зміни стосуються природоохоронної сфери, використовують вираз еколого-економічний ефект.

Принциповий взаємозв’язок між зазначеними двома поняттями може бути виражений формулою:

$$E_{рег.нп} = P - B,$$

де $E_{рег.нп}$ - величина умовного економічного ефекту; P - величина економічного результату; B - повні витрати на реалізацію заходу, завдяки якому з’явився ефект.

Для рівня підприємства показники набувають наступного змісту: P - загальна виручка підприємства внаслідок впровадження технології; B - витрати на реалізацію технології відновлення оливи; $E_{рег.нп}$ - прибуток.

Для одноцільових заходів результат можна визначити за формулою:

$$P = \Delta З,$$

Відповідно для багатоцільових заходів:

$$P = \Delta З + \Delta ВР,$$

де $\Delta З$ - ліквідований (для короткострокових) або усунений (для довгострокових) економічний збиток, грн./рік; розраховується за формулою:

$$\Delta З = З_1 - З_2,$$

де $З_1$, $З_2$ - сумарний економічний збиток до і після проведення природоохоронних заходів; $\Delta ВР$ - приріст виробничих результатів унаслідок здійснення заходів.

Якщо результати економічної діяльності перевищують витрати, говорять про позитивний ефект (підприємство отримує прибуток), в іншому разі - про негативний ефект (збитки, шкода, втрати та ін.).

Ефективність визначається відношенням результату (ефекту*)* до витрат, що забезпечили його отримання. Ефективність розкриває характер причинно-наслідкових зв'язків виробництва. Вона показує не сам результат, а те, якою ціною він був досягнутий. Тому ефективність найчастіше характеризується відносними показниками, що розраховуються на основі двох груп характеристик (параметрів) - результату і витрат. Це, втім, не виключає використання в системі показників ефективності і самих абсолютних значень вихідних параметрів.

Економічна ефективність - це вид ефективності, що характеризує результативність діяльності економічних систем (підприємств, територій, національної економіки). Головною особливістю таких систем є вартісний характер засобів (видатків, витрат) досягнення цілей (результатів), а в деяких випадках і самих цілей (зокрема, одержання прибутку).

У загальному вигляді принципова схема визначення показника ефективності може бути виражена формулою:

$$e = \frac{E}{B},$$

де e - показник економічної ефективності; E - величина економічного ефекту; B - витрати ресурсів на забезпечення зазначеного економічного ефекту.

Однією з форм показника абсолютної економічної ефективності є термін (строк) окупності витрат (капітальних вкладень). Він характеризує період,

протягом якого понесені на реалізацію заходу витрати повністю повертаються за рахунок отриманого ефекту. Термін окупності визначається зворотним співвідношенням витрат і річного ефекту:

$$T_{ок} = \frac{B}{E_{річ}},$$

де B - витрати на реалізацію заходу протягом усього періоду його дії; як варіанти можуть використовуватися: величина повних витрат або тільки капітальних вкладень (грн); $E_{річ}$ - величина чистого річного економічного ефекту (грн/рік).

Модернізація основних фондів (збільшення капітальних вкладень) часто дає можливість знизити величину поточних (експлуатаційних) витрат.

У цьому випадку прийнято говорити про термін (строк) окупності додаткових капітальних вкладень:

$$K_{к.в.} = \frac{K_2 - K_1}{B_1 - B_2},$$

де K_1 і K_2 - відповідно капітальні вкладення до і після проведеного заходу; B_1 і B_2 - відповідно поточні витрати до і після проведеного заходу.

Показники економічної ефективності є найважливішими інструментами реалізації економічної політики на всіх рівнях виробництва і експлуатації залізничного транспорту. При цьому враховуючи нову методику обчислення екологічного податку, екологічні платежі за забруднення навколишнього середовища та порушення екологічного законодавства значно збільшуються, іноді формуючи умови нерентабельності виробництва. Таким чином, оскільки обчислення загальної та порівняльної економічної ефективності здійснюється з урахуванням збитку, що попереджений за рахунок заходів, що пропонуються, строки окупності їх значно зменшуються і мають позитивний економічний ефект.

Проведемо розрахунок умовного економічного ефекту, який отримала б служба локомотивного господарства ДП «Придніпровська залізниця» на окремому своєму підрозділі (ВСП «Дніпропетровське локомотивне депо» ТЧ-8) при впровадженні у ньому запропонованої нами у 3 розділі схеми утилізації

відпрацьованих олив типу М-14$В_2$, що і використовуються на даному підприємстві.

При розрахунку величини економічного результату Р будемо враховувати той факт, що на підприємстві у 2012 р. фактично було утворено 28,731 т відпрацьованих олив (розділ 2). При впровадженні запропонованої схеми вихід очищеного продукту складала б для оливи М-14$В_2$ 90 %.

Можемо розрахувати кількість відновленої оливи по підприємству, що могла б бути отримана у 2012 році:

$$28{,}731 \cdot 90\%/100 = 25{,}858 \text{ т.}$$

Тоді кількість побічних продуктів (шламів) складе:

$$28{,}731 - 25{,}858 = 2{,}873 \text{ т.}$$

Вартість 1 т свіжої оливи складає на сьогодні 12800 грн/т., тоді величина загальної виручки підприємства внаслідок здійснення природоохоронних заходів склала б:

$$P = 25{,}858 \cdot 12800 = 330982{,}40 \text{ грн.}$$

Для розрахунку повної витрати на реалізацію заходу З необхідно врахувати:

1. витрати на утилізацію побічних продуктів регенерації олив, а також технологічних шламів підприємства;
2. капітальні витрати для впровадження запропонованої схеми (вартість основного обладнання, арматури, їх встановлення на підприємстві);
3. подальші експлуатаційні витрати на обслуговування устаткування.

6.2. Визначення економічної ефективності розроблених природоохоронних заходів

Розрахунок складових загальної схеми відновлення відпрацьованих моторних олив. Основні складові запропонованої схеми це ємкість-усереднювач, ємкості для зберігання основних реагентів, 2 змішувачі, центрифуга, насоси-дозатори, нафтошламонакопичувач. Розрахунок проведемо для двох варіантів: для отримання малих кількостей оливи та для значних

кількостей відновленої оливи в умовах роботи великих оливорегенераційних станцій.

Середня вартість основного обладнання у першому випадку складає: змішувача першої ступені: 5000; центрифуги: 800 тис. грн..; змішувача другої ступені: 4000; насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 таких насоси, тоді вартість складе 21 тис. грн..; насоса-дозатора: 10 тис. грн..; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 насоси дозатори (для АБСК, неонолу, присадки), тоді вартість складе 30 тис. грн..

У якості ємкостей-усереднювачів можна використовувати вже існуючі в кожному депо резервуари для зберігання відпрацьованих олив, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для зберігання реагентів та присадки будемо використовувати ємкості постачальників. Шлам від змішувача першої ступені та центрифуги можна відводити до вже існуючих на територіях депо нафтошламонакопичувачів і згодом утилізувати за запропонованою у розділі 5 схемою. У якості резервуару для зберігання освітленої оливи можна запропонувати залізничні цистерни для світлих нафтопродуктів, у яких згодом готовий продукт можна перевозити до користувачів. Вартість вищезазначеного обладнання також не будемо включати до загальних витрат.

Тоді загальна сума по першому варіанту складе: 860 тис. грн..

Середня вартість основного обладнання у другому випадку складає: змішувача першої ступені: 6000; центрифуги: 800 тис. грн.; змішувача другої ступені: 5500; насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 таких насоси, тоді вартість складе 21 тис. грн..; насоса-дозатора: 10 тис. грн..; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 3 схемі необхідно встановити 3 насоси дозатори (для АБСК, неонолу, присадки), тоді вартість складе 30 тис. грн..

Тоді загальна сума по другому варіанту складе: 862,5 тис. грн..

Крім того, витрати на реагенти для відновлення 1 тони відпрацьованої оливи складуть суму вартостей:

АБСК: при необхідній кількості 1 % по масі на 1 т використовується 10 кг реагента, тоді при вартості 11 грн/кг отримуємо – 10 кг · 11 грн/кг = 110 грн;

Неонолу: при необхідній кількості 2,7 % по масі для оливи М-14$В_2$ (2,0 % для М-14$Г_2$ЦС) на 1 т використовується 27 (20) кг реагенту, тоді при вартості 12,6 грн/кг отримуємо – 27 кг 12,6 грн/кг = 340,2 грн (20 кг·12,6 грн/кг = 252 грн);

Присадки: при необхідній кількості 32 мл на 1 л оливи (тобто 0,91 кг), тобто на 1 т буде використано 35,16 л кондиціонеру; тоді при вартості 165,6 грн/л отримуємо – 35,16 л 165,6 грн/кг = 5822,50 грн;

Тоді сума складатиме 6272,70 грн для оливи М-14$В_2$ і 6184,50 грн для оливи М-14$Г_2$ЦС.

Загальна сума для оливи із врахуванням вартості основного обладнання та реагентів для отримання оливи М-14$В_2$ складе 866272,7 грн; а для оливи М-14$Г_2$ЦС – 868684,5 грн.

Розрахунок складових загальної схеми утилізації технологічних шламів.

Основні складові запропонованої схеми це резервуар-накопичувач нафтошламу, фільтр грубого очищення, теплообмінник, декантер-центрифуга, насоси, ємкості для збирання побічних продуктів, ємкості для приготування реагентів. Середня вартість основного обладнання по запропонованій схемі складає: фільтра грубого очищення: 40 тис. грн..; теплообмінника: 10 тис. грн..; декантера-центрифуги: 700 тис. грн..; насоса для перекачування рідин з одного резервуару до іншого: 7 тис. грн.; врахуємо, що відповідно до запропонованої у розділі 4 схемі необхідно встановити 4 таких насоси, тоді вартість складе 28 тис. грн.; насоса-дозатора: 10 тис. грн.; відповідно до запропонованої у розділі 4 схемі необхідно встановити 1 насос (для флокулянтів), тоді вартість складе 10 тис. грн..

У якості накопичувача можна використовувати вже існуючі в кожному депо резервуари для зберігання технологічних шламів, тому не буде враховувати їхню вартість.

Для приготування реагентів будемо використовувати ємкості постачальників. У якості резервуару для збирання осаду можна запропонувати залізничні цистерни для темних нафтопродуктів, у яких згодом отриманий відхід можна перевозити до місць утилізації. Вартість цього обладнання, а також ємкості для збирання води не будемо включати до загальних витрат. У ємкості немає необхідності, так як таку воду планується використовувати для приготування розчину реагентів.

Тоді загальна сума по всій схемі складе: 788 тис. грн.

Крім того, витрати на реагенти для 1 тони технологічного шламу складуть:

при необхідній кількості 1 % по масі на 1 т використовується 10 кг реагента, тоді при вартості 11 грн/кг отримуємо – 10 кг · 11 грн/кг = 110 грн;

Тоді сума складатиме 800 тис. грн..

Із врахуванням вартості обладнання та реагентів, що були прораховані у вище, а саме для оливи М-14$В_2$ вона склала 866272,7 грн; для оливи М-14$Г_2$ЦС – 868684,5 грн.; для технологічного шламу – 800 тис. грн..

Розрахунок платежів (зборів) за розміщення відходів

Система екологічних *платежів* (зборів) [303, 304] в Україні виконує дві основні функції: по-перше, забезпечує збір і накопичення необхідних фінансових коштів для реалізації заходів екологічної спрямованості; по-друге, сприяє формуванню економічних мотивів екологізації процесів виробництва і споживання виробів і послуг. При цьому ставки платежів (зборів) повинні відповідати кільком вимогам: а) враховувати основні закономірності (пропорції) впливу різних екодеструктивних факторів на економічні інтереси господарських суб'єктів; б) підтримувати рівновагу між інтересами виробників і споживачів продукції; в) враховувати загальну економічну ситуацію в країні і не викликати тотального підриву економічної системи (зокрема, масового банкрутства підприємств).

Величина зборів за розміщення відходів *($П_{рв}$)* визначається за формулою:

$$П_{рв} = \sum_{i=1}^{n} (M_{лі} + M_{пі} \cdot K_н) \cdot H_{бі} \cdot K_т \cdot K_о ,$$

де $M_{лі}$ - обсяг відходів і-го виду в межах ліміту (відповідно до дозволів на розміщення) (т); $M_{пі}$ - обсяг понадлімітного розміщення відходів (різниця між обсягами фактичного розміщення і лімітом) і-ї забруднюючої речовини (т); $H_{бі}$ - норматив збору за тонну відходів і-го виду в рамках ліміту, у гривнях за тонну (грн/т); $K_т$ - коригувальний коефіцієнт, що враховує розташування місця розміщення відходів; $К_о$ - коригувальний коефіцієнт, що враховує облаштування місця розміщення відходів; $K_н$ - коефіцієнт кратності збору за понадлімітне розміщення відходів - 5.

Розрахунок збору та вибір відповідних нормативів плати та коригувальних коефіцієнтів здійснюється відповідно до вимог [305-306].

Величину зборів підрахуємо для обсягу відходу оливи, що утворилась на окремому підприємстві служби локомотивного господарства ДП «Придніпровська залізниця» ВСП «Дніпропетровське локомотивне депо» ТЧ-8. Так за статистичними даними служби локомотивного господарства Придніпровської залізниці у 2011 р. на ТЧ-8 фактично утворилося 28,731 т цих відходів, що не перевищило ліміту відповідно до дозволів; тобто $М_л$=28,731 т.

При розрахунках приймемо наступні значення коефіцієнтів [306]:

$К_т$=1 - як для місця, що розташоване за межами населених пунктів (на відстані більше 3 км від їх меж);

$К_о$=1 - як для спеціально створеного місця складування (полігону), що забезпечує захист атмосферного повітря та водних об'єктів від забруднення.

Відпрацьовані оливи відносяться до третього класу токсичності, тобто до помірно небезпечних; тому норматив збору за тонну відходу складе $Н_б$=0,75 грн/т [306].

Платники збору за забруднення навколишнього природного середовища проводять починаючи з 1 січня 2008 р. індексацію його нормативів за формулою:

$$H_i = H_n \cdot \frac{I}{100},$$

де: H_i - проіндексований норматив збору у поточному році, гривень з копійками (з округленням до двох десяткових знаків) за 1 тонну (одну одиницю);

H_n - проіндексований норматив збору у попередньому році, гривень з копійками (з округленням до двох десяткових знаків) за 1 тонну (одну одиницю);

I - індекс споживчих цін (індекс інфляції) за попередній рік, відсотків.

У разі коли індекс споживчих цін (індекс інфляції) за попередній рік не перевищує 100 відсотків, індексація нормативів збору не проводиться. Як відомо, у 2012 році індекс інфляції склав 112,3.

Проведемо розрахунки із врахуванням *I*:

Таким чином, плата за розміщення відпрацьованої оливи складає $П^{о}_{рв} = 2420$ грн..

Плата за розміщення нафтозабрудненого ґрунту $П^{нзг}_{рв} = 16\ 380$ грн.

Плата за розміщення нафтошламів, складає $П^{нш}_{рв} = 17\ 230$ грн.

Тобто сумарний збиток підприємства за розміщення перелічених нафтовміщуючих відходів:

$$П^{о}_{рв} + П^{нзг}_{рв} + П^{нш}_{рв} = 36\ 030 \text{ грн.}$$

Оскільки, при впровадженні зазначених технологій плата за розміщення відходів стягуватись не буде, вся показана сума обернеться збитком ліквідованим і увійде до суми еколого-економічного ефекту.

Більшість екологічних програм спираються на зіставлення економічних результатів від впровадження природоохоронних заходів з витратами на їх здійснення. Умовою проведення розрахунків економічної ефективності витрат на природоохоронні заходи є вибір варіантів у межах однієї території, де досягається однакова (нормативна) якість навколишнього середовища.

Сумарна ефективність запропонованого циклу наукових робот на фоні значного екологічного результату має супутні ефекти: економічний ефект та соціальний.

Економічне обґрунтування екологічних програм спирається на зіставлення економічних результатів від впровадження природоохоронних заходів з витратами на їх здійснення. Умовою проведення розрахунків економічної ефективності витрат на природоохоронні заходи є вибір варіантів у межах однієї території, де досягається однакова (нормативна) якість навколишнього середовища.

Зараз існує велика кількість показників оцінки економічної ефективності. Найчастіше використовуються показники абсолютної та порівняльної ефективності наведених у 2 розділі дисертаційної роботи.

Абсолютна ефективність демонструє, у скільки разів результат перевищує витрати на проведення природоохоронної діяльності. Доцільність здійснення природоохоронних заходів визначається па результатами порівняння цього показника з рівнями загальної рентабельності господарської діяльності .

Проте в даному разі природоохоронна діяльність розглядається як сума заходів без урахування індивідуальних особливостей та ефективності виконання кожного з них окремо. Тому з метою зіставлення варіантів окремих природоохоронних рішень доцільним є використання показника порівняльної економічної ефективності *(E_n)*.

Порівняльні варіанти повинні відповідати вимогам щодо умов праці, технічних та економічних показників, комплексного використання відходів, вторинних ресурсів тощо, передбаченим нормативними документами. Цей показник може бути визначений як чистий економічний ефект.

Оскільки основним показником при розрахунку порівняльної ефективності (E_n) є еколого-економічний результат, визначимо його за формулою:

$$P = З_у + \Delta Д ,$$

де $З_у$ - величина економічних збитків , яких завдяки впровадженим заходам вдавалося уникнути; $\Delta Д$ - величина додаткового доходу.

Збиток, якого можна уникнити за умови впровадження запропонованої технології дорівнює збитку від забруднення землі нафтопродуктами, який розраховуються на базі питомого показника збитків у частках НМД з урахуванням відносної екологічної небезпечності нафтопродукту та природної захищеності підземних вод у розрахунку на 1 тонну нафтопродуктів і дорівнює:

$$З_у = З_{пт} = Y_n \cdot n \cdot M \cdot L ,$$

Тоді для запропонованої технології очищення грунту, забрудненого нафтопродуктами на території локомотивного депо загальною площею 0,94 га, за допомогою розроблених композиційних сорбентів складе:

$$E_п = Р – З=(З_у + ΔД) - (С + Е_н \cdot К)=38\ 200\ грн,$$

де *З* - затрати на проведення конкретного заходу; *С* - експлуатаційні витрати; $E_н$ - коефіцієнт приведення одноразових вкладень до одного року. Інколи в літературі він називається коефіцієнтом дисконтування або нормативним коефіцієнтом ефективності капітальних вкладень. Розміри цього коефіцієнта залежать від норми прибутковості в галузі, термінів експлуатації обладнання та устаткування, макроекономічних показників і в середньому $E_н$= 0,12 ... 0,15 (без урахування інфляції); *К* - одноразові (капітальні) вкладення.

Чистий економічний ефект природоохоронних заходів визначається з метою техніко-економічного обґрунтування вибору найкращих варіантів, які різняться між собою за впливом на навколишнє середовище, а також за впливом на виробничі результати галузей та суб'єктів господарської діяльності, як тих, що здійснюють ці заходи, так і суміжних з ними. Визначення чистого економічного ефекту природоохоронних заходів ґрунтується на порівнянні витрат на їх здійснення з досягнутим завдяки цим заходам економічним результатом, як це вже було показано.

Економічний результат аварійно-ліквідаційних заходів в даному випадку визначається за величиною економічних збитків від втрати цінного пального, яких завдяки цим заходам вдавалося мінімізувати, та величиною додаткового доходу від повторного використання знешкоджених речовин та утилізації нафтовміщуючих відходів ліквідації.

Впровадження технологій очищення нафтозабруднених ґрунтів за допомогою розроблених композиційних сорбентів та біополімерного комплексу дозволяє отримати наступний економічний ефект:

- в межах підприємства - порядку 35 тис.грн.
- в межах однієї залізниці – порядку 280 тис.грн.
- в межах держави - до 17 млн.грн.

Екологічний результат запропонованої технології зумовлюється зменшенням негативного впливу на навколишнє середовище і виявляється у зменшенні обсягів забруднюючих речовин, що потрапляють у біосферу, збільшенні кількості і поліпшенні якості придатних до використання земельних, лісових, водних, біологічних та інших природних ресурсів.

Соціально-економічні результати даного циклу наукових робот ґрунтуються на економії та запобіганні втратам природних ресурсів, умов праці, а також передбачають:

- відновлення природних ресурсів;
- підвищення екологічного комфорту проживання, умов життєдіяльності населення і, врешті-решт, збільшення національного багатства та добробуту;
- поліпшення фізичного стану людини і зниження захворюваності;
- підтримання екологічної рівноваги;
- створення сприятливих умов для зростання творчого потенціалу особистості, підвищення рівня її свідомості.

Взагалі оцінка очікуваного еколого-економічного результату впроваджених інвайроментальних технологій базується, в першу чергу, на величині економічних збитків, яких завдяки впровадженим заходам вдавалося уникнути, але загальна приблизна оцінка не завжди надасть обїективних результатів, оскільки найчастіше не враховуються можливі екологічні збитки прилеглих об’єктів і територій, тому найбільш об’єктивним підходом до отримання очікуваного еколого-економічного ефекту буде розрахунок для конкретного об’єкту залізниці, приклад такої оцінки наведено в акті впровадження, у Додатку Б.

6.3. Висновки по розділу 6

В даному розділі проведено аналіз основних економічних показників та наведено основні розрахунки очікуваних екологічних ефектів від впровадження запропонованих технологій підвищення екологічних показників для залізничної інфраструктури [316-318, 325]:

1. Очікувані екологічні ефекти від впровадження запропонованих технологій із врахуванням вартості обладнання та реагентів: для оливи М-14$В_2$ вона склала 866272,7 грн./рік; для оливи М-14$Г_2$ЦС – 868684,5 грн./рік; для технологічного шламу – 800 тис. грн./рік. Впровадження технологій очищення нафтозабруднених ґрунтів за допомогою розроблених композиційних сорбентів та біополімерного комплексу дозволяє отримати економічний ефект.

2. Впровадження технологій очищення нафтозабруднених ґрунтів за допомогою розроблених композиційних сорбентів та біополімерного комплексу дозволяє отримати наступний економічний ефект: міжгалузевий ефект – 989650 €/рік; в межах залізничної інфраструктури – 23330 €/рік.

Висновки

Результатом виконаної дисертаційної роботи є вирішення науково-прикладної проблеми поліпшення екологічної безпеки експлуатації рухомого складу та об’єктів залізничного транспорту, шляхом розроблення відповідної методології та комплексу технічних рішень, що базуються на принципах ресурсозбереження.

На підставі проведених досліджень розроблені нові ефективні екозахисні технології та екоінформаційні системи у сфері екологічного контролю, моніторингу та управління природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті. Викладено нові науково обґрунтовані теоретичні, технічні, технологічні та економічні рішення, впровадження яких має вагомий внесок у захист навколишнього середовища, а також у розвиток і підвищення конкурентоспроможності залізничного транспорту і транспортно-технологічної системи країни в цілому. На основі проведених досліджень отримані наступні результати:

1. На основі системного аналізу статистичних даних про емісії нафтопродуктів під час транспортування та в процесі нафтообігу на залізницях, а також небезпечних екологічних ситуацій, що виникають під час емісій нафтопродуктів проаналізовано та визначено джерела, шляхи та форми надходження та розповсюдження нафтопродуктів.

2. Проведено дослідження технологічного та екологічного стану систем, прилеглих до потенційно небезпечних зон та встановлено вплив домінуючих чинників на ступінь уразливості об’єктів залізниці та визначено закономірності розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем. Отримані основні закономірності процесу біологічної деструкції нафтопродуктів.

3. Запропоновано принципову та функціональну схеми управління екологічною безпекою на залізничному транспорті, що дозволяють виконувати систематичний аналіз різнорідних даних – моніторингу, географічних,

технологічних і виробничих завдань та надає можливості оперативного прийняття управлінських рішень щодо підвищення безпеки експлуатації.

4. Розроблено метод оцінки еколого-економічних ризиків аварійних та технологічних емісій при експлуатації залізничного транспорту із застосуванням методів експертних та бальних оцінок. На підставі аналізу статистичних даних та методу експертних оцінок визначено ймовірності виникнення аварійних ситуацій. Запропонований метод дозволяє ефективно оцінювати потенційні ризики з урахуванням супутніх чинників та відрізняється простотою процедури ідентифікації параметрів за даними моніторингу геоінформаційних систем та кількісного аналізу ризиків.

5. Розроблено спеціальну програмно-аналітичну систему «SAER» на базі повнофункціональної ГІС MapInfo v. 5.0 для забезпечення екологічної безпеки та оцінки потенційних екологічних ризиків, що дозволяє своєчасно вживати превентивні заходи щодо попередження аварійних ситуацій, оперативно отримувати інформацію про ситуаційне позиціонування об'єкту, дані моніторингу, прогноз розвитку аварій, об'єктивно оцінювати потенційні екологічні ризики та забезпечує ефективну підтримку прийняття управлінських рішень щодо мінімізації негативних наслідків та контролю за ходом ремонтних і відновних робіт.

6. Розроблено комплекс організаційно-технічних і технологічних заходів ліквідації екологічних наслідків аварій на залізницях та методологію комплексного підходу до раціонального вибору, розробки і використання інноваційних технологій, що дозволяють ефективно мінімізувати еколого-економічні наслідки від емісій нафтопродуктів із застосуванням принципів ресурсозбереження. Розроблені технології внесені до технологічних карт-матриць для відновних поїздів та ліквідаційних підрозділів.

7. Вперше розроблено новий спосіб та технологію термоконвекційного очищення осередків забруднення з біодоочищенням, що забезпечує ефективність очищення ґрунтів до 96,3 % та мінімізує втрати легких фракцій нафтопродуктів. На прикладі бензинових фракцій визначено кінетику

термоконвекції в ґрунтах за різних умов (типу, температури, вологості та гранулометричного складу ґрунтів, а також температури повітря).

8. Запропоновано технологію отримання нового композиційного сорбенту для ефективної локалізації нафтових забруднень в зонах експлуатації залізниць. Сорбент виготовляється на базі відходів виробництв, та має поглинальну здатність до 265% у залежності від типу нафтопродукту та умов процесу поглинання. Досліджені їх фізико-хімічні властивості та визначені оптимальні умови застосування.

9. З метою підвищення ефективності відновних технологій без порушення експлуатаційної роботи розроблено біополімерний комплекс на базі полілактидного полімеру, що здатен до швидкого біорозкладання. При цьому, ефект очищення ґрунтів від нафтопродуктів сягає 96,4 %.

10. Вперше встановлено закономірності процесу іммобілізації диференційованих ценозів за скринінгом активної біомаси у зонах залізничних магістралей, що полягає у визначенні залежності ефективності адсорбції від природи біокомпозиту та матриці-носія. На базі встановлених закономірностей розроблено спектр біокомпозитних матеріалів та біополімерний комплекс для інтенсифікації очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів.

11. Запропоновано математичну модель прогнозування процесу біоочищення та оптимізації роботи біополімерного комплексу. Досліджено умови, особливості та обмеження використання біологічних методів для очищення зон експлуатації залізниці від нафтопродуктів.

12. Розроблено комплекс технологічних схем очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів, що відрізняється від існуючих високою ефективністю – до 97,8 %, економічністю та базуються на сучасних принципах ресурсозбереження з урахуванням особливостей експлуатації залізничного транспорту.

13. Розроблено нову технологію відновлення моторних і компресорних олив та утилізації нафтошламів з використанням технологічно та екологічно безпечних речовин, що забезпечують високі показники ресурсозбереження та

економічності. Запропонована технологія, на відміну від існуючих, має високі показники виходу відновленої оливи – 94,1% та ефект очищення, що складає 96,5%.

14. Запропоновано технологію утилізації нафтовмісних відходів залізничної інфраструктури на основі розроблених технологічних та екологічних новацій та схему комплексної утилізаційної станції з технологічними лініями регенерації відпрацьованих олив, переробки нафтошламів і утилізації нафтовмісних відходів, що забезпечує високу ефективність очищення осередкових забруднень ґрунту – до 97,8%, технологічних нафтовмісних вод – до 94,3%.

15. Запропоновано новий алгоритм кількісної оцінки еколого-економічних збитків від аварій з нафтопродуктами на об'єктах залізничного транспорту. Дана методика включає повні фінансові втрати структури, що експлуатує небезпечний виробничий об'єкт, на якому сталася аварія; витрати на ліквідацію аварії; витрати на утилізацію відходів ліквідації; соціально-економічні втрати, пов'язані з травмуванням та загибеллю людей; шкоду, завдану навколишньому природному середовищу; непрямий збиток і втрати держави від вибуття трудових ресурсів.

16. Очікувані екологічні ефекти від впровадження запропонованих технологій для залізничної інфраструктури з урахуванням вартості обладнання та реагентів: технології утилізації і регенерації – для оливи М-14$В_2$ складатиме 75000 €/рік; – для оливи М-14$Г_2$ЦС – 72400 €/рік; – для технологічного шламу – 67000 €/рік. Впровадження технологій очищення нафтозабруднених ґрунтів за допомогою розроблених композиційних сорбентів та біополімерного комплексу дозволяє отримати наступний економічний ефект: міжгалузевий ефект – 989650 €/рік; в межах залізничної інфраструктури – 23330 €/рік.

Дисертаційна робота визначає перспективні напрямки забезпечення екологічної безпеки експлуатації рухомого складу та об’єктів залізничного транспорту шляхом розроблення відповідної методології та комплексу технічних рішень, що базуються на принципах ресурсозбереження. Пропонує

методи удосконалення та оптимізації системи управління екологічною безпекою при транспортуванні, зберіганні і використанні нафтопродуктів на залізничному транспорті. Розроблений організаційно-економічний механізм управління екологічними ризиками та методичні рекомендації з його впровадження дозволяють мінімізувати еколого-економічний збиток на основі оцінки і прогнозування екологічної ситуації, здійснити вибір ефективного інструмента управління екологічними ризиками і обрати раціональні способи мінімізації дії негативних чинників, що сприяє підвищенню ефективності експлуатаційної роботи підприємств залізничного транспорту і зниженню техногенного навантаження на навколишнє середовище. Результати роботи впроваджено на ДП «Придніпровська залізниця», а також в навчальний процес в Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна для фахової підготовки бакалаврів та магістрів за спеціальністю 6040106 «Екологія, охорона навколишнього та збалансоване природокористування» про що свідчать відповідні акти впровадження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Пиковский Ю.И. Природные и техногенные потоки углеводородов в окружающей среде: Монография / Ю. И. Пиковский.– М.: Знание, 1993. – 196 с.

2. Нефтяное загрязнение почв и способы рекультивации / [А. А. Оборин, И. Г. Калачникова, Т. А. Масливец, Е. И. Базенкова, Е. Н. Казакова и др.] // Влияние промышленных предприятий на окружающую среду. – М.: Наука, 1987. – С. 284–290.

3. Глазовская М. А. Комплексное районирование территории СССР по типам возможных изменений природной среды при нефтедобыче / М. А. Глазовская, Ю. И. Пиковский, Т. Н. Коронцевич // Ландшафтно-геохимическое районирование и охрана среды. – М.: Мысль, 1983. – Сб. 120. – С. 84–108.

4. Самоочищение и рекультивация нефтезагрязненных почв Предуралья и Западной Сибири / [А. А. Оборин, И. Г. Калачникова, Т. А. Масливец, Е. И. Базенкова, О. В. Плещева и др.] // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 140–159.

5. Коннов Д. В. Модель биологической очистки почвы и зоны аэрации от загрязнения нефтепродуктами / Коннов Д. В., Пашковский И. С. – 2-я конференция партнеров и пользователей Геолинк. –М.:– 2001.

6. Минаков В. В. Новые технологии очистки от нефтяных загрязнений / В. В. Минаков, С. М. Кривенко, Т. О. Никитина // Экология и промышленность России. – 2002. – № 5. – С. 7–9.

7. Ягафаров Г. Г. Очистка сточных вод от перерабатывающих предприятий / Г. Г. Ягафаров, Р. И. Хметкин // Башкирский химический журнал. – 1994. – Вып. 1. – С. 46–47.

8. Материалы научно-практической конференции по проблемам охраны геологической среды / В. А. Королев, М. А. Некрасова. – Минск: БГУ, 1995. – С. 123.

9. Canadian Council of Ministers of the Environment. Canada-wide standards for petroleum hydrocarbons in soil. Technical Supplement. – 2001. – 23 p.

10. Casulli V. Numerical simulation of miscible and immiscible fluid flows in

porous media / V. Casulli, D. Greenspan // Soc. Pet. Eng. J. – 1982. – Vol. 22. – P. 635–646.

11. Cho H. J. The volatilisation of organic compounds in unsaturated porous media during infiltration / H. J. Cho, R. R. Jaffe // J. Contaminant Hydrology. – 1990. – № 6. – P. 387–410.

12. Corey A. T. Mechanics of immiscible fluids in porous media / A. T. Corey. – Littleton, CO: Water Resources Publ., 1994. – 252 p.

13. Corey A. T. The interrelation between gas and oil relative perm abilities / A. T. Corey // Producers Monthly. – 1954. – Vol. 19(11). – P. 34–41.

14. Three phase relative permeability / [Corey A. T., Kathjens C. H., Henderson J. H. et al.] // Trans. AIME. – 1956. – Vol. 207. – P. 349–351.

15. The geochemical evolution of low-molecular-weight organic acids derived from the degradation of petroleum contaminants in groundwater / [Cozzarelli I. M., Baedecker M. J., Eganhouse R. P. et al.] / Geochemical et cosmochimica acta. – 1994. – Vol. 58(2). – P. 863–877.

16. Cozzarelli I. M. Transformation of monoaromatic hydrocarbons to organic acids in anoxic groundwater environment / I. M. Cozzarelli, R. P. Eganhouse, M. J. Baedecker // Environ. Geol. Water Sci. – 1990. – Vol. 16. – P. 135–141.

17. Davis J. W. Natural biological attenuation of benzene in ground water beneath a manufacturing facility / J. W. Davis, N. J. Klier, C. L. Carpenter // Ground Water. – 1994. – Vol. 32(2). – P. 215–226.

18. Geel P. J. The importance of fluid entrapment, saturation hysteresis and residual saturations on the distribution of a lighter-than-water nonaqueous phase liquid in a variably saturated sand medium / P. J. Geel, J. F. Sykes // J. Cont. Hyd. – 1997. – Vol. 25. – P. 249–270.

19. Hall R. A. Determination of hydrocarbon thickness in sediments using borehole data / R. A. Hall, S. B. Blake, S. C. Champlin // Fourth Nationale Symposium on Aquifer restoration and Groundwater Monitoring – Worthington, OH NWWA, 1984. – P. 300–304.

20. Hughes J. P. Two techniques for determining the true hydrocarbon thickness in

an unconfmed sandy aquifer for estimating the thickness of petroleum / J. P. Hughes, C. R. Sullivan, R. E. Zinner // Proc. Conf. on Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemical in Ground Water: Prevention, Detection and Restoration. – Dublin, OH: NGWA, 1988. – P. 291–314.

21. Effect of nitrate addition on bi-restoration of fuel-contaminated aquifer. Field demonstration / [Hutchins S. R., Downs W. C., Wilson J. T. et al.] // Ground Water. – 1991. – Vol. 29(4). – P. 571–580.

22. Jia D. Control of core wet ability with crude oil / D. Jia, I. S. Buckley, N. R. Morrow // Paper SPE 21041, presented at the SPE Intern. Symp. on Oilfield Chemistry. – Anaheim, CA, 1991.

23. Newell C. J. Characteristics of dissolved hydrocarbon plumes / C. J. Newell, J. A. Connor // Amer. Petr. Inst. Bulletin. – 1998. – 8 p.

24. O'Connor M. J. Practical experience in the management of hydrocarbon vapors in the Subsurface / M. J. O'Connor, J. G. Agar, R. D. King // Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Ground Water. – Worthington, OH: NWWA, 1984. – P. 519–533.

25. Pfannkuch H. O. Hydrocarbon spills, their retention in the subsurface and propagation into shallow aquifer / H. O. Pfannkuch // Off. Water Res. Technol. Rep. W83-0289. – Washington, D.C., 1983. – 51 p.

26. Theoretical study of the significance of no equilibrium dissolution of no aqueous phase liquids in subsurfa ce systems / [Powers S. E., Loureiro C. O., Abriola L. M et al.] // Water Resour. Res. – 1991. – Vol. 27(4). – P. 463–477.

27. Infiltration of immiscible contaminants in the unsaturated zone [Reible D. D., Illangasekare T. H., Doshi D. V. et al.] // Ground Water. – 1990. – Vol. 28(5). – P. 685–692.

28. Scott P. S. Hysteretic effects on net infiltration / P. S. Scott, G. J. Farquhar, N. Kouwen // Am. Soc. Agric. Eng. – Chicago, 1983. – Tabl. 11–83. – P. 163–170.

29. Sililo O. T. N. Migration and attenuation of organic contaminants in the unsaturated zone: Field experiments in the Western Cape, South Africa / O. T. N. Sililo // Groundwater in the Urban Environment: Problems, Processes and

Management. – Rotterdam: Balkema, 1997. – P. 181–186.

30. Yaniga P. M. Hydrocarbon contamination of carbonate aquifers: Assessment and abatement / P. M. Yaniga, D. J. Demko // Proc. of the 3rd Nat. Symp. on Aquifer Restoration and Groundwater Monitoring. May 23–25, 1983. – Columbus, OH, 1983. – P. 60–65.

31. Yaniga P. M. Accelerated aquifer restoration: In situ applied techniques for enhanced free product recovery / P. M. Yaniga, J. Mulry // Adsorbed hydrocarbon reduction via bioreclamation // Proc. of Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemicals in Ground Water. – Worthington, OH: NWWA, 1984. – P. 421–440.

32. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения / [Плахотник В. Н., Ярышкина Л. А., Сираков В. И. и др.]. – К.: Транспорт Украины, 2001. – 244 с.

33. Зеркалов Д. В. Екологізація енергоспоживання / Д. В. Зеркалов. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 273 с.

34. Зеркалов Д. В. Економія нафтопродуктів / Д. В. Зеркалов. – К.: ТОВ „Міжнар. фін. агенція”, 1998. – 197 с.

35. Уздин М. М. Железные дороги. Общий курс / М. М. Уздин – М.: Транспорт, 1991. – 259 с.

36. Локомотивное хозяйство: учебник для вузов ж/д транспорта / Под ред. проф. С. А. Айзинбуда. М.: Транспорт, 1986. – 263 с.

37. Мазур И. Катастрофу еще можно предотвратить / И. Мазур // Нефть России. – 1995. – № 3. – С. 4–9.

38. Ballestero T. P. An investigation of the relationship between actual and apparent gasoline thickness in a uniform sand aquifer / T. P. Ballestero, F. R. Fiedler, N. E. Kinner // Ground Water. – 1994. – Vol. 32(5). – P. 708–718.

39. Barker J. F. Natural attenuation of aromatic hydrocarbons in a shallow sand aquifer / J. F. Barker, G. C. Patrick, D. Major // Ground Water Monit. Rev. – 1987. – № 7. – P. 64–71.

40. Bossert J. The Fate of Petroleum in Soil Ecosystems / J. Bossert, R. Bartha // Petroleum Microbiology, R.M. Atlas (ed.). – New York: McMillan Publishing Co,

1984. – P. 435–476.

41. Celia M. A. Contaminant Transport and Biodegradation. A Numerical Model for Reactive Transport in Porous Media / M. A. Celia, J. S. Kindred, I. Herrera // Water Resour. Res. – 1989. – Vol. 25(6). – P. 1141–1148.

42. Faust C. R. Transport of immiscible fluids within and below the unsaturated zone: A numerical model / C. R. Faust // Water Resour. Res. – 1985. – Vol. 21(4). – P. 587–596.

43. Hughes J. P. Two techniques for determining the true hydrocarbon thickness in an unconfmed sandy aquifer for estimating the thickness of petroleum / J. P. Hughes, C. R. Sullivan, R. E. Zinner // Proc. Conf. on Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemical in Ground Water: Prevention, Detection and Restoration. – Dublin, OH: NGWA, 1988. – P. 291–314.

44. Hunt J. R. No aqueous phase liquid transport and clean up / J. R. Hunt, N. Sitar, K. S. Udell // Water Resour. Res. – 1988. – Vol. 24(8). – P. 1247–1258.

45. Busby R. D. An investigation of saturation-capillary pressure relations in two- and three-fluid systems for several NAPLS in different porous media / R. D. Busby, R. J. Lenhard, D. E. Rolston // Ground Water. – 1995. – Vol. 33(4). – P. 570–578.

46. Регіональна оцінка впливу нафто-хімічних об'єктів на навколишнє природне середовище України / [Огняник М. С., Білоус А. М., Яковлев Є. О. та ін.]. – К.: Знання, 1996. – 52 с.

47. Деякі проблеми забруднення підземних вод нафтопродуктами, пов'язані з екологічною безпекою України / [Огняник М. С., Митропольський О. Ю., Білоус А. М. та ін.]. – К.: Знання, 1997. – 28 с.

48. Огняник М. С. Проблеми забруднення геологічного середовища нафтопродуктами у зв'язку з охороною підземних вод в Україні / М. С. Огняник, Н. К. Парамонова, І. М. Запольський // Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. – 2003. – № 3. – С. 12–17.

49. Охрана подземных вод в условиях техногенеза / [Огняник Н. С, Рудаков В. К., Рыбин В. Ф. и др.]. – Киев: Вища шк., 1985. – 221 с.

50. Пиковский Ю. И. Природные и техногенные потоки углеводородов в

окружающую среду / Ю. И. Пиковский. – М.: Изд-во МГУ, 1993. – 207 с.

51. Охрана окружающей среды в нефтеперерабатывающей промышленности / [Щицкова А. П., Новиков Ю. В., Гурвич Л. С. и др.]. – М.: Химия, 1980. – 174 с.

52. Экологическая геология Украины: Справочное пособие. – Киев: Наук, думка, 1993. – 407 с.

53. Brusseau M. L. Rate-limited mass transfer and transport of organic solutes in porous media that contain immobile immiscible organic liquid / M. L. Brusseau // Water Recourse. – 1992. – Vol. 28(1). – P. 33–45.

54. Козлитин А. М. Чрезвычайные ситуации техногенного характера. Прогнозирование и оценка. Детерминированные методы количественной оценки опасностей техносферы: Учебное пособие под ред. А. И. Попова / А. М. Козлитин, Б. Н. Яковлев. – Саратов: Сарат. гос. ун-т, 2000. – 124 с.

55. Казенов С. М. Воздействие объектов нефтепродуктообеспечения на геологическую среду / С. М. Казенов, А. И. Арбузов, Ю. В. Ковалевский // Изв. РАН. Геоэкология. – 1998. – № 1. – С. 54–74.

56. Протокол двадцать второго заседания Совета по железнодорожному транспорту государств-участников Содружества, которое состоялось 3-4 ноября 1998 г в г.Ташкенте.

57. Р003 Рекомендации по ликвидации экологических последствий аварий при перевозке опасных грузов, разработанные Комиссией по транспортной политике, экологии и комбинированным перевозкам ОСЖД (проект).

58. Методики оценки последствий аварий на опасных производственных объектах: Сборник документов. Серия 27. Выпуск 2 / Колл. авт. – М.: ГУП "НТЦ "Промышленная безопасность" Госгортехнадзора России, 2001. – 224 с.

59. Мироненко В. А. Оценка защитных свойств зоны аэрации / В. А. Мироненко, В. Г. Румынии // Инж. геология. – 1990. – № 2. – С. 3–18.

60. Отраслевое руководство по анализу и управлению риском, связанным с техногенным воздействием на человека и окружающую природную среду при сооружении и эксплуатации объектов добычи, транспорта, хранения и

переработки углеводородного сырья с целью повышения их надежности и безопасности. 1-я редакция. /РАО “Газпром”, 1996. – 209 с.

61. РД “Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах”. Утв АК “Транснефть”, пр. от 30.12.99 №152; согл. Госгортехнадзором России, письмо от 07.07.99 №10-03/418.

62. Хенли Э. Дж. Надежность технических систем и оценка риска / Э. Дж. Хенли, Х. Кумамото. – М.: Машиностроение, 1984.

63. Туктамышев А. Ф. Совершенствование технологий сбора разлитых во время аварий нефтей и нефтепродуктов для вовлечения их в сырьевую базу нефтепереработки и нефтехимии: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук: спец. 02.00.13 „Нефтехимия” / А. Ф. Туктамышев. – Уфа, 2009. – 28 с.

64. Рекомендации по очистке грунта от нефтепродуктов// Протокол совещания экспертов Комиссии по транспортной политике, экологии и комбинированным перевозкам, Организация сотрудничества железных дорог. – Прага, 2001. Приложение 2. – 52 с.

65. Андресон Р. К. Борьба с загрязнением почвогрунтов нефтью / Р. К. Андресон, Ф. Х. Хазиев. – М.: Наука, 1981. – 46 с.

66. Технологии очистки геологической среды от загрязнения нефтепродуктами. «Геолинк». – 2007. – № 10.

67. Технология и оборудование для очистки нефтезагрязненных земель [Электронный ресурс]. – Режим доступа: www.dekolink.ru. – Назва з екрану.

68. Крылов И. О. Установка доочистки сточных вод и ливневых от нефтепродуктов / И. О. Крылов, С. И. Ануфриева, В. И. Исаев // Экология и промышленность России. – 2002. – № 6. – С. 17–19.

69. Технология и оборудование экологически безопасного разложения отходов (многозонная инсинерация) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.c-o-k.ru/articles/tehnologiya-i-oborudovanie-ekologicheski-bezopasnogo-razlozheniya-othodov-mnogozonnaya-insineraciya. – Назва з екрану.

70. Методы, технологии и концепции утилизации углеродсодержащих промышленных и твердых отходов (часть 2) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.energospace.ru/2007/09/18. – Назва з екрану.

71. Мировая практика применения технологий по переработке отработанных нефтепродуктов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://ecologia.by/number/2013/10/UR1_10_2013_7/ – Назва з екрану.

72. Заборина О. Е. Биотехнология защиты окружающей среды / О. Е. Заборина, Л. А. Головлева // Охрана лесных экоситем и рациональное использование лесных ресурсов: Материалы всероссийской научно-технической конференции (Москва, 18-19 октября 1994 г.). – М.: Пущино, 1994. – С. 27–28.

73. Voestalpine [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.voestalpine.com/group/ru/ – Назва з екрану.

74. Lurgi GmbH - Company Profile [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.chemanager-online.com/en/node/305/ – Назва з екрану.

75. Watcocompanies [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.watcocompanies.com/ – Назва з екрану.

76. К проблеме локализации и ликвидации нефтяных загрязнений на объектах Минобороны РФ / [Боревский Б. В., Боревский Л. В., Бухарин С. Н. и др.] // Изв. РАН. Геоэкология. – 1997. – № 5. – С. 75–83.

77. Лесничий В. Н., Головченко К .Г. Методы извлечения поровых растворов из почво-грунтов. – М.: ЦБНТИ Минводхоза СССР, 1984. – Вып. 9. – С. 6–11.

78. Лиштван И. И. Использование биомелиорантов и адсорбентов для очистки почв от нефтепродуктов и ионов тяжелых металлов / И. И. Лиштван // Материалы 111 Междунар. науч.-практ. конф. «Эффектив. повтор, использ. б. воен. объектов: Экол. и экон. аспекты демилитаризации», 23-27 сент. 1996 г. – Минск: БелСэнс, 1996. – С. 112–115.

79. Миронов Е. А. Закачка сточных вод нефтяных месторождений в продуктивные и поглощающие горизонты / Е. А. Миронов. – М.: Недра, 1982. – 311 с.

80. Пиковский Ю. И. Трансформация техногенных потоков нефти в почвенных экосистемах / Ю. И. Пиковский // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 7–22.

81. Середина В. П. Калий в автоморфных почвах на лессовидных суглинках / В. П. Середина. – Томск: изд-во Томского института, 1984. – 216 с.

82. Глазовская М. А. Скорость самоочищения почв от нефти в различных природных зонах / М. А. Глазовская, Ю. И. Пиковский. – Природа. – 1980. – № 5. – С. 118–119.

83. McGill W. B. Soil restoration folio wing oil spiels – a review // J. of Can. Petroleum Technology. April-June 1977. – P. 60–67.

84. Экспериментальные исследования трансформации нефти в почвах / [Пиковский Ю. И., Калачникова И. Г., Оглобина А. И., Оборин А. А.] // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – Л.: Гидрометеоиздат, 1985. – С. 191–195.

85. Грунтоведение: Монография / [Сергеев Е. М., Голодковская Г. А., Зиангиров Р. С. и др.]. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 388 с.

86. Карпачевский Л. О. Жизнь почвы: Монография / Л. О. Карпачевский. – М.: Знание, 1989. – 61 с.

87. Перельман А. И. Геохимия: Учебное пособие / А. И. Перельман. – М.: Высшая школа, 1979. – 423 с.

88. Хлесткин Р. Н. Моделирование процесса механизированного сбора нефти и нефтепродуктов при их аварийных разливах / Р. Н. Хлесткин, А. В. Шеметов, Н. А. Самойлов // Сборник тезисов докладов 11 Международной научной конференции «Математические методы в химии и технологиях». – Владимир, 1998. – Т. 2. – С. 214–217.

89. Thomton E. C. Selection of field demonstration site for in Situ chemical treatment of soil testing activities / Thomton E. C. // Westinghouse Hanford Company, Richland: Washington, 1994. – P. 60–62.

90. Thomton E. C. Gas treatment of chromate-contaminated soils from a chromate-contaminated waste site / Thomton E. C., Baechler M. A. // Draft Report, Westinghouse Hanford Company, Richland: Washington, 1994. – P. 122–130.

91. Laboratory evaluation of the hydrogen sulfide gas treatment approach for remediation of chromate, uranium (VI), and nitrate-contaminated soil / [Thomton E. C., Baechler M. A., Beck M. A. et al.] // Draft Report, Westinghouse Hanford Company, Richland: Washington, 1993. – P. 170–264.

92. Gas treatment and column leach testing of chromate, uranium (VI) and nitrate-contaminated soil, test plan / [Thomton E. C., Delegard C. H., Baechler M. A. et al.] // Westinghouse Hanford Company, Richland: Washington, 1993. – P. 232–240.

93. Ho Sa V. Remediation of contaminated heterogeneous soils / Ho Sa V., Brodsky P. – U. S. US 5476992 A, 1995, 19 Dec. – 17 p.

94. Kawachi T., Kudo H., Uruchibara K. et al. // Soil environ, 1995. – № 5. – P. 1263–1279.

95. Thoeming J., Calmano W. // Soil Environ., 1995. – № 5. –P. 895–898.

96. Seibel F., Stiber M., Werner P., et al. // Proceedings of SPIE. Int. Soc. Opt. Eng.2504, 1995. – P. 86–97.

97. Gates D. D. Laboratory evaluation of the in Situ chemical oxidation of volatile and semi-volatile organic compounds using hydrogen peroxide and potassium permanganate / Gates D. D., Siegrist R. L., Cline S. R. – Tennessee, 1994. – P. 174.

98. Strong – Gunderson J. M., Palumbo A. V. // Pap. Int. In situ on-site Bioreclam. Symp., 3-rd. – Ohio: Battelle Press, 1995. – P. 33–40.

99. Куличевская И. С. Микробиология / И. С. Куличевская, В. С. Гузев, Н. С. Паников. – 1995. – Т. 64. – № 5. – С. 668–673.

100. Brown R. A., Leonard W. C., Leahy M. C. // Pap. Int. In situ on-site Bioreclam. Symp., 3-rd. – Ohio: Battelle Press, 1995. – P. 185–190.

101. Микробиология / [Головлева Л. А., Финкельштейн З. И., Баскунов Б. П. и др.]. – 1995. – Т. 64. – № 2. – С. 197–200.

102. Schneider J., Grosser R., Jayasimhulu K. et. al. // Appl. Environ. Microbiol., 1996. – V. 62(1), – P. 13–19.

103. Imamura T. Bacterium KB 2, process for degrading at least one of aromatic compounds and haloorgranic compounds using microorganism, and processor environment remediation / Imamura T., Yano T. // Eur. Pat. Appl. EP 714858 A 2, 1996. 5 June. – P. 23.

104. Нефтефильные бакпрепараты / [Л. А. Головлева, З. И. Финкельштейн, Б. П. Баскунов и др.] // Микробиология, 1995. – Т. 64. – № 2. – С. 197–200.

105. Королев В. А. Новые идеи в инженерной геологии / В. А. Королев, М. А. Некрасова // Материалы конф. МГУ. – М.: Издательство МГУ, 1996. – С. 114.

106. Ocar Y. B., Alshawabken A. N // Environ. Sci. Technol., – 1993. – № 27. – P. 2638–2647.

107. Ho Sa V., Brodaky P. H. In-situ remediation of contaminated heterogeneous soil // US. US 5476992 a. – 1995. – P. 1–7.

108. Circeo L. J., Camacho S. L., Jacobs G. R. et. al. Hanford Symp. Health environ. // Ohio. 33-rd In-situ remid.: Sci. Basis Curr. Sci. Technol. – P. 707–719.

109. Paulaitis M. E., Penninger G. M., Gray R. D., Davidson P., Jr. Chemical Engineering at Supercritical Fluid Conditions // Ann. Arbor. Sci., 1983. – № 1. – P. 45–51.

110. Model M., Pauliatis M. E. Environ. Sci. Technol // Sci. Technol. – 1982. – v. 16. – 548 p.

111. Shaw R. W., Brill T. B., Clifford A. A. et al. Chem. and Eng // Chem. and Eng 1991. – v. 23. – 26 p.

112. Desai J. D. Microbial Production of Surfactants and Their Commercial Potential / J. D. Desai, I. M. Banat // Microbiology and Molecular Biology Reviews. – 1997. –Vol. 61, (1). – P. 47–64.

113. Dumore J. M. Capillary pressure functions and the influence of connate water / J. M. Dumore, R. S.Schols // Soc. Pet. Eng. J. – 1974. – Vol. 14 – P. 437–444.

114. Edvards E. A. Complete mineralization of benzene by aquifermicroorganisms under strictly anerobic conditions / E. A. Edvards, D. Grbic-

Galic // Appl. Environ. Microbiol. – 1992. – Vol. 58. – P. 2663–2666.

115. Jamison V. W. Biodegradation of high-octane gasoline / V. W. Jamison, R. L. Raymond, J. O. Hudson // Proc. 3rd Intern. Biodegrad. Symp. – Essex, England, 1976. – P. 187–196.

116. Johnson T. E. Physical and mathematical modeling of diesel fuel liquid and vapor movement in porous media / T. E. Johnson, D. K. Kreamer // Ground Water. – 1994. – Vol. 32(4). – P. 551–560.

117. Хлесткин Р. Н. Ликвидация разливов нефти при помощи синтетических органических сорбентов / Р. Н. Хлесткин, Н. А. Самойлов, А. В. Шеметов // Нефтяное хозяйство. – 1999. – №2. – С. 46–49.

118. Сорбционный метод ликвидации аварийных разливов нефти и нефтепродуктов / [Н. А. Самойлов, Р. Н. Хлесткин, А. В. Шеметов, А. А. Шаммазов]. – М.: Химия, 2001. – 192 с.

119. Хлесткин Р. Н. Анализ процесса растекания нефти и нефтепродуктов по поверхности воды / Р. Н. Хлесткин, Н. А. Самойлов, А. В. Шеметов // Труды Международного экологического конгресса «Новое в экологии и безопасности жизнедеятельности». – С.-Пб., 2000. – Т. 1. – С. 481.

120. Natural bioremediation of organic contaminants in ground water. Cliffs-Dow Superfund site / [Klecka G. M., Davis J. W., Gray D. R. et al.] // Ground Water. – 1990. – Vol. 28(4). -– P. 534–543.

121. Использование углеводородов микроорганизмами / Е. П. Розанова // Успехи микробиологии. – 1967. – № 4. – С. 61.

122. Розанова Е. П. Микрофлора нефтяных месторождений / Е. П. Розанова, С. И. Кузнецов. – М.: Наука, 1974. – 197 с.

123. Тимаков В. Д. Микробиология / В. Д. Тимаков. – М.: Медицина, 1973. – 289 с.

124. Lyman W. J. Mobility and degradation of organic contaminants in subsurface environments / W. J. Lyman, P. J. Reidy, B. Levy. – Chelsea, Michigan: C.K. Smoley, inc., 1992. – 395 p.

125. Ma Y. A Heuristic Model of Aerobic Biodegradation of Dissolved

Hydrocarbons in Aquifers / Y. Ma, M. W. Kemblowsky, G. E. Urroz // Ground Water. – 1999. – Vol. 37(4). – P. 491–497.

126. Microbial Population Changes during Bioremediation of an Experimental Oil Spill / [MacNaughton S. J., Stephen J. R., Venosa A. D. et al.] // Appl. Environ. Microbiol. – 1999. – Vol. 65. – P. 3566–3574.

127. Major D. W. Biotransformation of benzene by denitrification in aquifer sand / D. W. Major, C. I. Mayfield, J. F. Barker // Ground Water. – 1988. – Vol. 26(1). – P. 8–14.

128. Nocentini M. Bioremediation of a soil contaminated by hydrocarbon mixtures: the residual concentration problem / M. Nocentini, D. Pinelli, F. Fava // Chemosphere. – 2000. – Vol. 41. – P. 1115–1123.

129. Robertson L. A. Aerobic denitrification: a controversy revised / L. A. Robertson, J. G. Kuenen // Arch. Microbiol. – 1984. – Vol. 139. – P. 351–354.

130. Salanitro J. P. The Role of Bioattenuation in the Management of Aroimiu Hydrocarbon Plumes in Aquifers / J. P. Salanitro // Ground Water Monit. Remed. – 1993. – Vol. 13(4). – P. 150-161.

131. Enhanced removal of selected hydrocarbons from soil by Pseudomonas aeruginosa UG2 biosurfactant and same chemical surfactants / [Scheinenbogen K., Zytner R. G., Lee H., Trevors J. T.] // Chem. Tech. Biotechnol. – 1994. – Vol. 59. – P. 53–59.

132. Schiegg H. O. Considerations on water, oil and air in porous media / H. O. Schiegg // Water Sci. and Technol. – 1985. – Vol. 17(4-5). – P. 467–476.

133. Shreve G. S. Rhamnolipid biosurfactant enhancement of hexadecane biodegradation by Pseudomonas aeruginosa / G. S. Shreve, S. Inguva, S. Gunnam // Moï. Mar. Biol. Biotechnol. – 1995. – Vol. 4(4). – P. 331–337.

134. Tsao C. W. Metabolism of Benzene, Toluene, and Xylene Hydrocarbons in Soil / C. W. Tsao, H. G. Song, R. Bartha // Appl. Environ. Microbiol. – 1998. – Vol. 64(12). – P. 4924–4929.

135. Van Beelen P. The kinetics of the degradation of chloroform and benzene in anaerobic sediments from the River Rhine / P. Van Beelen, F. Van Keulen

// Hydrobiol. Bull. – 1990. – Vol. 1. – P. 13–21.

136. Approximation of Biodegradation Rate Constants for Monoaromatic Hydrocarbon (BTEX) in Ground Water / [Wiedemeier T. H., Swanson M. A., Wilson J. T. et al.] // Ground Water Monit. Remed. – 1996. – Vol. 16(3). – P. 186–194.

137. Демиденко А. Я. Пути восстановления плодородия нефтезагрязненных почв черноземной зоны Украины / А. Я. Демиденко, В. М. Демурджан // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 197–206.

138. Доспехов Б. А. Практикум по земледелию / Б. А. Доспехов, Васильев И. П., А. М. Туликов. – М.: Колос, 1977. – 368 с.

139. Исследование поглощающих свойств сорбентов для ликвидации разливов нефтепродуктов / [Хлесткин Р. Н., Самойлов Н. А., Шеметов А. В., Мухутдинов Р. Х.] // Тезисы докладов II Международной научно-технической конференции «Решение экологических проблем в автотранспортном комплексе». – М., 1998. – С. 76–78.

140. Дьячков А.И., Калинин С.В., Поровский С.Л., Смекалов В.Т. Сорбент "Уремикс-913" для ликвидации проливов нефтепродуктов // Экология и промышленность России. - 2002. - №12. - С.17-19.

141. Способ очистки поверхности воды и грунта от нефтепродуктов: А.с. 2106309 RU, МКИ С 02 F 1/28 /Маркарова М.Ю., Арчегова И.Б. (Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения РАН). - №96101539/13; Заявлено 25.01.96; Опубл. 10.03.98; Бюл. №7. – 4с.

142. Способ очистки поверхности воды и грунта от нефтепродуктов: А.с. 2114064 RU, МКИ С 02 F 1/28/ Глумов И.Ф., Вагизов Н.Г., Кубарев Н.П., Шатохин В.В., Салихов Р.Ш., Вотинцева Е.Ф., Рощектаева Н.А. (Татарский научно-исследовательский и проектный институт нефтяной промышленности). - №95109480/25; Заявлено 06.06.95; Опубл. 27.06.98; Бюл. №18. – 2с.

143. Изготовление сорбирующего материала и его сбор после сорбции: А.с. 2123086 RU, МКИ Е 02 В 15/04 / Петрик В.И. (Россия). - №97116797/13; Заявлено 17.10.97; Опубл. 10.12.98; Бюл. №34. - 4с.

144. Способ очистки поверхности воды от нефти: А.с.1773873 SU, МКИ С 02 F 1/28 Аренс В.Ж., Гридин О.М., Мижерова Р.С., Золовский А.В. – №4824795/26; Заявлено 11.05.90; Опубл. 7.11.92; Бюл.№41. – 2с.

145. Безрудько О.В. и другие. Применение гидрофобизированного перлита для очистки поверхности воды от нефти // Украинский химический журнал. - 1980. - Т.46, - №1. - С. 51-54.

146. Способ адсорбционной очистки воды: А.с. 2111172 RU, МКИ С 02 F 1/28 Конюхова Т.П., Чуприна Т.Н., Нагаева С.З. и другие (Центральный научно - исследовательский институт геологии нерудных полезных ископаемых) - Опубл. 20.05.98; Бюл. № 14. – 3с.

147. Средство для очистки поверхности от нефти и нефтепродуктов: А.с. 2148025 RU, МКИ С 02 F 1/28 / Каблов В.Ф., Желтобрюхов В.Ф., Ефанова Е.Ю. (Волгоградский государственный технический университет) - № 99100594/12; Заявлено 10.01.1999; Опубл. 27.04.2000; Бюл. № 12. – 4с.

148. Сорбент для комплексной очистки поверхности почвы от нефтепродуктов: А.с. 2198987 RU**,** МКИ С 02 F 1/28 / Кирейчева Л.В., Хохлова О.Б. (Всероссийский научно-исследовательский институт гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова). - № 2000132355/13; Заявлено 25.12.2000; Опубл. 20.02.2003. – 5с.

149. Способ очистки поверхности от нефти и нефтепродуктов: А.с.35159 UA, МКИ С 02 F 1/28 / Шаранина Л.Г., Пономарева И.Б. (Донецкий государственный университет) - № 99084797; Заявлено 25.08.1999; Опубл.15.03.2001; Бюл. № 2, 2001. – 3с.

150. Андреев В. Г. Термический крекинг отработанных масел / В. Г. Андреев, Г. П. Толмачев // Экология и промышленность России. – 2002. – № 8. – С. 4-9.

151. Никулин Ф. Е. Утилизация и очистка промышленных отходов / Ф. Е. Никулин. – Л.: Судостроение, 1980. – 232 с. – (Охрана окружающей среды).

152. Шашкин П. И. Регенерация отработанных масел. / П. И. Шашкин, И. В. Брай. – [2-е изд.]. – М.: Химия, – 1970. – 304 с.

153. Пат. 1834902 СССР. МПК С 10 М 175/00. Способ очистки отработанных моторных и смазочных масел / Эрих-Клаус Мартин (Германия), Адекунле Онабайо (Нидерланды); заявитель РВЭ-Энтзоргунтг АГ (Германия). – № 4743108/04; заявл. 16.02.90; опубл. 15.08.93, Бюл. № 30.

154. Бурлака И. В. Обезвреживание нефтешламов и замазученных грунтов – существенное снижение экологической нагрузки на окружающую среду / И. В. Бурлака, Н. В. Бурлака, В. А. Бурлака [и др.] // Экология и промышленность России. – 2008. – № 9. – С. 34–37.

155. Шурыгин А. П. Огневое обезвреживание промышленных сточных вод / А. П.Шурыгин, М. Н. Бернардиев. – К.: Техніка, 1976. – 200 с.

156. Пат. 2229060 Российская федерация. МПК F 23 B 1/34. Установка для термической переработки нефтешлама / Войченко А. А, Медведєв А. В., Опарин В. В.; патентообладатель Закрытое акционерное общество „Социально-ориентированное предприятие”. – № 2002119938/032002119938/03; заявл. 22.07.2002; опубл. 20.05.2004.

157. Мишустин Е.Н. Ценозы почвенных микроорганизмов. // Почвенные организмы как компоненты биогеоценоза. -М.: Наука, 1984. - С. 5-24.

158. Мутин И. И. Утилизация нефтешламов с использованием негашеной извести / И. И. Мутин, Н. М. Исхакова. // Экология и промышленность России. – 2007. – № 5. – С. 9.

159. Дворянинов Н. А.. Новые технологические решения для переработки кислых гудронов и нефтешламов в товарные виды продукции / Н. А. Дворянинов, А. Д. Зорин, Е. Н. Каратаев, В. Ф. Занозина // Рециклинг отходов. – 2007. – № 4 (10). – С. 12–15.

160. IV міжнародна науково-практична конференція „Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення”: збірник наукових статей у двох томах. 8-12 верес. 2008 р., Алушта, Т. 2, / Х.: Райдер, 2008. – 434 с.

161. Яманина Н. С. Утилизация отходов машиностроительных и нефтеперерабатывающих предприятий / Н. С. Яманина, Е. А. Фролова, О. П. Филиппова [и др.] // Экология и промышленность России. – 2001. – № 10. – С. 13–15.

162. Пат. 2110496 Российская федерация. МПК С 04 В 26/26 . Способ приготовления асфальтобетонной смеси / Шпербер Р.Е., Сухоруков А.Т., Шпербер Е.Р., Шпербер Ф.Р.; заявитель и патентообладатель Строительное научно-техническое малое предприятие „ЭЗИП”. – № 96119615/03; заявл. 01.10.96; опубл. 10.05.98.

163. Переработка ТПБО и нефтешламов в синтез-газ, сигаз в продукцию [Электронный ресурс] / Международный консорциум „Чистый мир”. – М.: 2009.– Режим доступа: http://www.iic-pw.ru.

164. Боковикова Т. Н. Магнитные жидкости в нефтепереработке / Т. Н. Боковикова, С. В. Степаненко, М. В. Двадненко // Экология и промышленность России. – 2005. – № 8. – С. 11–13.

165. Дудышев В. Д. Утилизация нефтешламов / В. Д. Дудышев // Экология и промышленность России. – 2002. – № 5. – С. 20–23.

166. Терра-21 – мобильная установка разделения нефтешламов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://eko-log.ru/node/359. – Назва з екрану.

167. Фердман В. М. Комплексная технология утилизации промысловых нефтешламов : автореф. дис. на соискание ученой степени канд. тех. наук : спец. 03.00.16 „Экология” / В. М. Фердман. – Уфа, 2002. – 24 с.

168. Физико-химические свойства индивидуальных углеводородов: Справочник. – М.: Гостопиздат, 1960. – 412 с.

169. Aziz K. Petroleum Reservoir Simulation / Aziz K., Settari A.. – London: Applied Science Publishers, 1979. – 476 p.

170. Blake S. B. Monitoring petroleum spills with wells: some problems and solutions / S. B. Blake, R. A. Hall // Proc. of the 4th Nat. Symp. on Aquifer Restoration and Ground Water Monitoring. – Columbus, OH: NWWA, 1984. – P. 305–310.

171. Blake S. B. Underground oil recovery / S. B. Blake, R. W. Lewis // Ground Water Monit. Rev. – 1983. – Vol. 3(2). – P. 40–46.

172. Dunlap L. E. Abatement of hydrocarbon vapors in buildings / L. E. Dunlap // Proc. Conf. on Petroleum Hydrocarbons and Organic Chemical in Ground Water: Prevention, Detection and Restoration. – Dublin, OH: NWWA, 1984. – P. 504–518.

173. Fair A. M. Volume estimation of light nonaqueous phase liquids in porous media / A. M. Fair, R. J. Houghtalen, D. B. McWhorter // Ibid. – 1990. – Vol. 28(1). – P. 48–56.

174. Gillham R. W. Measurement and numerical simulation of hysteretic flow in a heterogeneous porous medium / R. W. Gillham, A. Klute, D. F. Heermann // Ibid. – 1979. – Vol. 43. – P. 1061–1067.

175. Охрана окружающей среды и экологическая безопасность на железнодорожном транспорте. Под редакц. Зубрева Н.И., Шарповой Н.А. -М.: УМК МПС России, 1999. -592с.

176. ДСТУ 3868-99 Паливо дизельне. Технічні умови. [Чинний від 01.09.1999]. ДКПП 23.20.15.100. Замінює: ГОСТ 305-82 Топливо дизельное. ТУ.

177. ДСТУ 4063-2001. Бензини автомобільні. Технічні умови. [Чинний від 01.07.2002]. Замінює: ГОСТ 2884-77.

178. ГОСТ 21261-75 (СТ СЭВ 3965-83) Нефтепродукты. Методы определения удельной теплоты сгорания. ДСТУ 3581-97 (ГОСТ 30517-97) Енергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива. [Чинний від 01.07.1999].

179. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник / И.Г. Анисимов, К.М. Бадыштова,

А.С. Бнатов и др.; Под ред. В.М. Школьникова. Изд 2. -М.: Изд. Центр "Техинформ", 1999. - 596с.

180. Масла моторные. Классификация и обозначение: ГОСТ 17479.1-85. – Межгосударственный стандарт – [Дата введения 1987-01-01]. – М.: Стандартинформ, 1999. – 9 с.

181. Масла моторные для дизельных двигателей. Технические условия: ГОСТ 12337-84. – Межгосударственный стандарт – [Дата введения 1985-01-01]. – М.: ИПК Издательство стандартов, 2002. – 20 с.

182. Оливи моторні для дизелів. Технічні умови ТУ У 23.2-31852954-006-2003, – [Введені в дію 2003-04-02] – Запоріжжя, 2002. – 21 с.

183. Інструкція з використання мастильних матеріалів на тяговому рухомому складі залізниць України: ЦТ-0060. – [Дата введення 2003-21-04]. – К.: Стандарт, 2003. – 51 с.

184. Кац Д. М. Мелиоративная гидрогеология / Д. М. Кац, И. С. Пашковский. – М.: ВО «Агропромиздат», 1988. – 256 с.

185. Методические рекомендации по выявлению, обследованию, паспортизации и оценке экологической опасности очагов загрязнения геологической среды нефтепродуктами / Сост. Л.В. Боревский. – М.: АОЗТ «ГИ-ДЭК», 2002. – 86 с.

186. Основы гидрогеологических расчетов / [Бочевер Ф. М., Гармонов И. В., Лебедев А. В. и др.]. – М.: Недра, 1969. – 368 с.

187. Гольдберг В. М. Распределение концентраций газообразных углеводородов над загрязненной поверхностью грунтовых вод в зоне аэрации / В. М. Гольдберг // Изв. РАН. Геоэкология. – 1997. – № 3. – С. 21–28.

188. Ситников А. Б. Динамика влаги и солей в почвогрунтах зоны аэрации / А. Б. Ситников. v Киев: Наук, думка, 1986. – 152 с.

189. Ситников А. Б. Динамика воды в ненасыщенных и насыщенных грунтах зоны аэрации / А. Б. Ситников. – Киев: Наук, думка, 1978. – 155 с.

190. Сельскохозяйственная энциклопедия. Т. 1 (А - Е)/ Ред. коллегия: П. П. Лобанов (глав ред) [и др.]. Издание третье, переработанное - М., Государственное издательство сельскохозяйственной литературы, 1949, с.620.

191. Кірпа Г.М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему: Монографія. – Д.: Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В.Лазаряна; "Арт-Прес", 2003. – 268с.

192. Железные дороги мира в XXI веке. Под редакцией Кирпы Г.Н. – Д.: Изд-во Днепропетр. нац. ун-та железн. трансп. им.. акад. В.Лазаряна, 2004. – 224с.

193. Plachotnik W., Sirakow W., Jaryschkina L. Ökologische aspekte von havarien der eisenbahnen der OSShD – mitgliedsländer // Zeitschrift der OSShD. – 1997. № 6. - P. 7-9.

194. Правила безпеки та порядку ліквідації аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом затверджених наказом Міністерства транспорту України від 16.10.2000 р., №567. Із змінами затвердженими наказом Міністерства інфраструктури України від 21.03.2012 р., №177. – К., 2009. – 753 с.

195. Правила пожежної безпеки на залізничному транспорті ЦУО-0018, затверджені наказом Міністерства транспорту України від 01.07.97 за № 240.

196. Правила безопасной перевозки радиоактивных материалов. Издание 1996 года. Серия норм по безопасности. № St-1. МАГАТЭ. – Вена, 1996. – 272 с. TS-R-1 (St-1, пересмотренные). – 2000.

197. Правила безопасности и порядок ликвидации аварийных ситуаций с опасными грузами при перевозке их по железным дорогам. ЦМ-407. МПС России. – М., 1997. – 435 с.

198. Правила безопасности при транспортировании радиоактивных материалов (ПБТРМ-2001) [проект] // Вестник Госатомнадзора России. – 2001. – № 5. – С. 54–119.

199. Правила перевозок грузов железнодорожным транспортом. Сборник. Книга I. – М.: Юртранс, 2003. – 713 с.

200. Правила перевозок железнодорожным транспортом грузов наливом в вагонах-цистернах и вагонах бункерного типа для перевозки нефтебитума // Российская газета от 20 июня 2003 г. – С. 3–28.

201. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам. – М.: Транспорт, 1995. – 254 с.

202. Правила перевозок опасных грузов по железным дорогам. М.- “Транспорт”.-1996, затверджені на п’ятнадцятому засіданні Ради з залізничного транспорту держав-учасниць Співдружності 5.04.96.

203. Правила перевозок опасных грузов. Часть вторая. Приложение 2 к СМГС. ОСЖД-МПС России. – М., 1998. – 440 с.

204. Правила перевозок опасных грузов. Часть первая. Приложение 2 к СМГС. ОСЖД-МПС России. – М., 1998. – 683 с.

205. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий (ОНД-86). – Л.: Гидрометиоиздат, 1987.

206. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно безопасных уровней воздействия (ОБУВ) вредных веществ для воды рыбохозяйственных водоемов: Утв. Ком. РФ по рыболовству. – М., 1995.

207. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования: Утв. Гл. гос. сан. врачом РФ 27.04.03. – М., 2003.

208. Временные методические рекомендации по контролю загрязнения почв / Под ред. Г. С. Малахова. – М.: Гидрометеоиздат, 1984. – 61 с.

209. Влияние нефти на почвенный покров и проблема создания нормативной базы по влиянию нефтезагрязнения на почвы / [Трофимов С. Я., Аммосова Я. М. и др.] // Вест. МГУ. Сер. Почвоведение. – 2000. – № 2. – С. 30–34.

210. Гольдберг В. М. Гидрогеологические основы охраны подземных вод от загрязнения / В. М. Гольдберг, С. Газда. – М.: Недра, 1984. – 262 с.

211. Гольдберг В. М. Методика проведения газовой съемки при изучении загрязнения подземных вод / В. М. Гольдберг, С. Г. Мелькановицкая, В. М. Лукьянчиков // Методические рекомендации по выявлению и оценке загрязнения подземных вод. – М., 1990. – С. 31–39.

212. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. – 2002.

213. Hampton D. R. Laboratory investigation of the relationship between actual and apparent product thickness in sands / D. R. Hampton, P. D. I. Miller // Proc. 4th. Natl. Outdoor Action Conf. on Aquifer Restoration, Ground Water Monitorings ami Geophysical Methods. – Las Vegas, NV, 1990. – P. 127–142.

214. Hampton D. R. A new tool to measure petroleum thickness in shallow aquifers / D. R. Hampton, R. B. Wagner, H. G. Heuvelhorst // Techniques for Estimating the Thickness of Petroleum Production the Subsurface. – Westerville, OH: NGWA, 1992. – P. 163–175.

215. Wilson L. G. Handbook of vadose-zone characterization and monitoring / Ed. L. G. Wilson, S. J. Cullen // Geraghty and Miller environmental science and engineering series: Lewis Publishers. – 1995. – 752 p.

216. Hillel D. Fundamentals of soil physics / D. Hillel. – Orlando, Fla.: Academic Pass 1980. – 413 p.

217. Защита атмосферы от промышленных загрязнений Справочник. Изд.: В 2-х ч. Ч. 2 Пер с английского / Под редакцией Калверта С., Инглунда Г. М. – М.: Металлургия, 1988. – 712 с.

218. Борисов Г. С. Новый метод выделения поровых растворов / Г. С. Борисов, А. П. Негода // Влияние поровых вод на физико-механические свойства пород. – Киев: Наук, думка, 1974. – С. 22–28.

219. Глебовская Е. А. Применение инфракрасной спектрометрии в нефтяной геохимии / Е. А. Глебовская. – М.: Недра, 1971. – 141 с.

220. Глобус А. М. Почвенно-гидрофизическое обеспечение агроэкологических математических моделей / А. М. Глобус. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 427 с.

221. Гольдберг В. М. Взаимосвязь загрязнения подземных вод и природной среды / В. М. Гольдберг. – Л.: Гидрометеоиздат, 1987. – 248 с.

222. Дзекунов Н. Е. Термодинамические методы изучения водного режима зоны аэрации / Н. Е. Дзекунов, И. Е. Жернов, Б. А. Файбишенко. – М.: Недра, 1987. – 177 с.

223. Кодина Л. А. Геохимическая диагностика нефтяного загрязнения почвы / Л. А. Кодина // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. – М.: Наука, 1988. – С. 112–122.

224. Коллинз Р. Течение жидкости через пористые материалы / Р. Коллинз. – М.: Мир, 1964. – 350 с.

225. Кузнецова В. А. Закономерности развития сульфат-восстанавливающих бактерий в нефтяных пластах Д1 Ромашкинского месторождения при их заводнении / В. А. Кузнецова, А. Д. Ли // Микробиология. – 1964. – № 32. – С. 683.

226. Лукьянчиков В. М. Движение углеводородов через зону аэрации / В. М. Лукьянчиков // Изучение условий защищенности подземных вод. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1986. – С. 21–27.

227. Методические рекомендации по гидрогеологическим исследованиям и прогнозам для контроля за охраной подземных вод / Сост. В.М. Гольдберг. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1980. – 86 с.

228. Методические рекомендации по контролю за охраной подземных вод / Сост. В. М. Гольдберг и др. – М.: ВСЕГИНГЕО, 1976. – 52 с.

229. Мироненко В. А. Загрязнение подземных вод углеводородами / В. А. Мироненко, Н. С. Петров // Изв. РАН. Геоэкология. – 1995. – № 1. – С. 3–27.

230. Орлов Д. С. Методы контроля почв, загрязненных нефтью и нефтепродуктами / Д. С. Орлов, Я. М. Аммосова // Почвенно-экологический

мониторинг и охрана почв. – М.: Изд-во МГУ, 1994. – С. 219–231.

231. Требин Г. Ф. Фильтрация жидкостей и газов в пористых средах / Г. Ф. Требин. – М.: Гостопиздат, 1959. – 157 с.

232. Требин Ф. А. Исследования по фильтрации неоднородных систем и их использование при гидродинамических расчетах разработки нефтяных месторождений / Ф. А. Требин. – М.: Изд-во АН СССР, 1955. – 43 с.

233. Тютюнова Ф. И. Гидрогеохимия техногенеза / Ф. И. Тютюнова. – М.: Наука, 1987. – 335 с.

234. Хроматографический анализ окружающей среды / Пер. с англ. под ред. В. Г. Березкина. – М.: Мир, 1979. – 606 с.

235. Чайлдс Э. Физические основы гидрологии почв / Э. Чайлдс. – Л.: Гидрометеоиздат. 1973. – 248 с.

236. Чарный И. А. Основы подземной гидравлики / И. А. Чарный. – М: Гостопиздат, 1964. – 260 с.

237. Шейдеггер А. Э. Физика течения жидкостей через пористые среды / А. Э. Шейдеггер. – М Гостоптехиздат, 1960. – 249 с.

238. Эфрос Д. А. Исследование фильтрации неоднородных систем / Д. А. Эфрос. – Л.: Гостопиздат, 1963. – 351 с.

239. Эфрос Д. А. Опытные установки и методика экспериментальных исследований фильтрации неоднородных жидкостей / Д. А. Эфрос, С. А. Кундин, Е. Я. Солохин // Тр. ВНИИ. – 1954. – Вып. 3. – С. 14–22.

240. Abriola L. M. A multiphase approach to the modeling of porous media contamination by organic compounds, 2. Numerical simulation / L. M. Abriola, G. E. Pinder // Water Resour. Res. – 1985. – Vol. 21(1). – P. 19–26.

241. Caudle B. H. Further developments in the laboratory determination of relative permeability / B. H. Caudle, R. L. Slobod, E. R. Brownscombe // Trans. AIME. – 1951. – Vol. 192. – P. 145–150.

242. Cary J. M. Experimental measurements of soil – moisture hysteresis and entrapped air / J. M. Cary // Soil. Sci. – 1967. – Vol. 104. – P. 174–180.

243. Chaffee W. T. Remedial programs for groundwater supplies

contaminated by gasoline / W. T. Chaffee, R. A. Weimar // Proc. of the 3rd Nat. Symp. on Aquifer Restoration and Groundwater Monitoring. – Columbus, OH: NWWA, 1983. – P. 39–46.

244. Christensen L. B. Method for Determining the Age of Diesel Oil Spills in the Soil / L. B. Christensen, T. H. Larsen // Ground Water Monit. and Remed. – 1993. – Vol. 23(4). – P. 142–149.

245. Eckberg D. K. Nonsteady three-phase immiscible fluid distribution in porous media / D. K. Eckberg, D. K. Sunada // Water Resour. Res. – 1984. – Vol. 20(12). – P. 1891–1897.

246. Fayers F. J. Evaluation of normalized Stone's methods for estimating three phase relative perm abilities / F. J. Fayers, J. D.Mathews // Soc. Pet. Eng. J. – 1984. – Vol. 24. – P. 230–242.

247. Gillham R. W. Hydraulic properties of a porous medium: Measurement and empirical representation / R. W. Gillham, A. Mute, D. F. Heermann // Soil Sci. Soc. Am. J. – 1976. – Vol. 40. – P. 203–207.

248. The behavior of soluble petroleum product derived hydrocarbons in groundwater / [Patrick G. C., Barker J. F., Gillham R. W. et al.] // Phase II. Reported Petroleum association for conversation of the Canadian Environment. – Ottava: PASE, 1986. – № 86-1. – 59 p.

249. Robin M.. Wettabiliti studies at the pore level: a new approach by the use of Cryo-SEM / M. Robin, E. Rosenberg, O. Fassi-Fihri // SPE Formation Evaluation. – 1995. – P. 11–19.

250. Radon-222 as an indicator of subsurface NAPL contamination / [Schubert M., Freyer K., Treutler H. C, Weiss H.] // Groundwater Res. – Rotterdam: Balkema, 2000. – P. 1–2.

251. Laboratory investigation of residual liquid organics from spills, leaks, and the disposal of hasardous wastes in groundwater / [Wilson J. L., Conrad S. H., Mason W. R. et al.] // Rep. prepared by R.S. Kerr Environ. Res. Lob. – Ada, OK: EPA, 1990. – 267 p.

252. Пашковский И. С. Методы определения инфильтрационного

питания по расчетам влагопереноса в зоне аэрации / И. С. Пашковский. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 119 с.

253. Зибаров А. В. Применение пакета GAS DYNAMICS TOOL для численного моделирования нестационарных процессов в многокомпонентной системе газов / А. В. Зибаров, Н. В. Могильников // Сб. Прикладные задачи газодинамики и механики. – Тула: ТулГУ, 1996.

254. Солодовников А. В. Моделирование формирования и распространения взрывного газового облака с применением CFD-технологий / А. В. Солодовников, Р. Р. Тляшева // Всероссийская студенческая научно-практическая конференция “Интенсификация тепло-массообменных процессов, промышленная безопасность и экология”. – Казань: МАХП КГТУ, 2005.

255. Бетелев Н. П. Методы определения загрязнения грунтов углеводородами / Н. П. Бетелев // Изв. РАН. Геоэкология. – 1998. – № 1. – С. 120–124.

256. Симонов Ю. Г. Инженерная геоморфология. Индикационный анализ и методы исследования / Ю. Г. Симонов, В. И. Кружалин. – М.: Изд-во МГУ, 1990. – 122 с.

257. Симонов Ю. Г. Региональный геоморфологический анализ / Ю. Г. Симонов. – М.: Изд-во МГУ, 1972. –252 с.

258. Математическая модель биологической деструкции нефтяного загрязнения акваторий / [Дембицкий С. И., Уртенов М. Х., Шарпан М. В., Панина О. В.] // Экологический вестник научных центров Черноморского Экологического Сотрудничества (ЧЭС), Геология, Геофизика, Экология, к 80-летию КубГУ и 10-летию кафедры геофизических методов поиска и разведки. – Краснодар, 2004.

259. Дембицкий С. И. Математическое моделирование и анализ биологической деструкции нефти при разных способах внесения биопрепаратов / С. И. Дембицкий, М. Х. Уртенов, М. В. Шарпан // «Экологические системы и приборы». – № 11. – 2007.

260. Коннов Д. В. Моделирование массопереноса и деструкции

нефтепродуктов, загрязняющих воды в зоне аэрации: Дис. ... канд. техн. наук / Д. В. Коннов. – М., 2002. – 150 с.

261. Lenhard R. J. Experimental observations of non-aqueous-phase liquid subsurface movement / R. J. Lenhard, T. G. Johnson, J. C. arker // Ibid. – 1993. – № 12. – P. 79–101.

262. Lenhard R. J. A parametric model for predicting relative permeability-saturation-capillary pressure relationship of oil-water systems in porous media with mixed wet ability / R. J. Lenhard, M. Oostrom // Transport in Porous Media. – 1998. – Vol. 31. – P. 109–131.

263. Luckner L. A consistent set of parametric models for the two-phase flow of immiscible fluids in the subsurfase / L. Luckner, M. Th. van Genuchten, D. R. Nielsen // Water Resour. Res. – 1989. – Vol. 25(10). – P. 2187–2193.

264. Oldenburg C. M. A Numerical modeling of capillary barriers / C. M. Oldenburg, K. Pruess // Water Resour. Res. – 1993. – Vol. 29(4). – P. 1045–1056.

265. Parker J. C. A parametric model for constitutive properties governing multiphase flow in porous media / J. C. Parker, R. J. Lenhard, T. Kuppusamy // Ibid. – 1987. – Vol. 23(4). – P. 618–624.

266. Основы изучения загрязнения геологической среды легкими нефтепродуктами / Н.С. Огняник, Н.К. Парамонова, А.Л. Брикс и др. – К., [А.П.Н.], 2006. – 278 с.

267. Методика расчета распространения аварийных выбросов основанная на модели рассеивания тяжелого газа // Безопасность труда в промышленности. – 2004. – № 9. – С. 38-42.

268. Инструментальные средства для постановки и решения задач геофильтрации методами математического моделирования / [Бавыкин Е. Ю., Витюк Д. В., Зворыкин А. К. и др.] // Вторая конф. пользователей и партнеров «Геолинка», 29-31 мая 2001 г. – М.: АОЗТ СП «Геолинк», 2001. – С. 86–91.

269. Клейн И. С. Численное моделирование линзы нефтяных загрязнений на поверхности подземных вод в районе расположения

нефтеперерабатывающего завода / И. С. Клейн, И. С. Пашковский // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг: Сб. тр. – М.: 1997. – Вып. 2. – С. 114–119.

270. Мишин Ю. Ф. Образование газовой оболочки в зоне грунтовых вод над линзой нефтепродуктов / Ю. Ф. Мишин, Л. В. Боревский // Транспорт и загрязнение нефтепродуктами. – 1997. – № 6. – С. 17–21.

271. Рекс Л. М. Математическая модель влагосолепереноса в солонцовых и содовозасоленных почвах / Л. М. Рекс, А. М. Якиревич, Е. А. Зимина // Коллекторно-дренажные системы в аридной зоне. – М.: Колос, 1986. – С. 66–76.

272. Применение математического моделирования при ликвидации загрязнения почвы и подземных вод нефтепродуктами / [Пашковский И. С, Коннов Д. В., Клейн И. С. и др.] // Изв. РАН. Геоэкология. – 2002. – № 5. – С. 436–441.

273. Рошаль А. А. Программная система для моделирования движения подземных вод в многослойных толщах / А. А. Рошаль // Докл. междунар. рабочего семинара по гидрогеол. моделированию и экол. геологии, 21-27 авг. 1994 г. – М.: Геософт-Истлинк, 1994. – С. 3–10.

274. Техногенное загрязнение природных вод углеводородами и его экологические последствия / [В. М. Гольдберг, В. П. Зверев, А. И. Арбузов и др.]. – М.: Наука, 2001. – 125 с.

275. Baehr A. L. A compositional multiphase model for groundwater contamination by petroleum products / A. L. Baehr, M. Y. Corapcioglu // Water Resour. Res. – 1987. – № 1. – P. 191–200.

276. CONCAWE. Protection of ground water from oil pollution // CONCAWE Repori – Den Haag – Water pollution special task force. – 1979. – № 1. – 61 p.

277. Corapcioglu M. Y. A compositional multiphase model for groundwater contamination by petroleum products / M. Y. Corapcioglu, A. L. Baehr // Water Resour. Res. – 1987. – № 1. – P. 191–210.

278. Crow W. L. Subsurface venting of hydrocarbons emanating from hydrocarbon product on groundwater / W. L. Crow, E. P. Anderson, E. M. Minugh // Ibid. – 1987. – Vol. 7(1). – P. 51–57.

279. Cummings T. R. Assessment of groundwater contamination of Wurtsmith Air Force Base / T. R. Cummings, F. R. Twenter // U.S. Geol. Survey Water resources Investigations report 86-4188. – Michigan, 1982–85. – 120 p.

280. El-Kadi A. I. Applicability of sharp-interface model for NAPL transport: 1. Infiltration / A. I. El-Kadi // Ground Water. – 1992. – Vol. 30(4). – P. 849–856.

281. Degradation of phenolic contaminants in ground water by anaerobic bacteria / [Erlich G. G., Goerlitz D. F,. Dodsy E. M. et al.] // Ibid. – 1982. – Vol. 20(5). – P. 703–710.

282. Kaluarachchi J. J. Effects of hysteresis with air entrapment on water flow in the unsaturated zone / J. J. Kaluarachchi, J. C. Parker // Water Resour. Res. – 1987. – Vol. 23(10). – P. 1967–1976.

283. Kramer W. H. Groundwater pollution from gasoline / W. H. Kramer // Groundwater Monitor. Rev. – 1982. – № 2. – P. 18–22

284. Kriteria znicisteni zemin a podzemni vody. Priloha Zdpravodaje MZP CR. roc. 6. – 1996. – 8 c.

285. Kaluarachchi J. J. Multiphase flow with a simplified model for oil entrapment / J. J. Kaluarachchi, J. C. Parker // Transport in Porous Media. – 1992. – № 7. – P. 1–14.

286. Lenhard R. J. A model for hysteretic constitutive relations governing multiphase flow / R. J. Lenhard, J. C. Parker // Water Resour. Res. – 1987. – Vol. 23(12). – P. 2197–2206.

287. Быков В. П. Теоретические и методологические основы построения систем поддержки принятия решений по управлению движением поездов на участках железных дорог: автореферат диссертации на соискание ученой степени д-ра техн. наук: спец. 05.22.08 / В. П. Быков. – СПб, 1996. – 52 с.

288. Перегудов Ф. И., Введение в системный анализ / Ф.И. Перегудов, Ф. П. Тарасенко – М.: Высш. школа, 1989. – 367 с

289. Ларичев О. И. Теория и методы принятия решений / О.И. Ларичев – М.: Логос, 2000. – 296 с.

290. Месарович М. Общая теория систем: математические основы систем / М. Месарович, Я.Такахара. – М.: Мир, 1978. – 312 с.

291. Спицнадель В. Н. Основы системного анализа: [учебное пособие] / В. Н. Спицнадель. – СПб.: Изд. дом “Бизнес пресса”, 2000. – 219 с.

292. Ван Гиг Дж. Прикладная общая теория систем: в 2-х книгах / Гиг Дж. Ван. – М.: Мир, 1981. – 733 с.

293. Кини Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения / Р. Л. Кини, Х. Райфа. – М.: Радио и связь, 1981. – 560 с.

294. Гуда А. Н., Мартынюк И. В. Оптимизация управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций на железнодорожном транспорте / А. Н. Гуда, И. В. Мартынюк // Тр. всерос. науч.-практ. конф. «Транспорт-2006». Ч. 3. – Ростов н/Д: РГУПС, 2006. – С. 296–297.

295. Мартынюк И. В. Снижение рисков чрезвычайных ситуаций техногенного характера – стратегическое научно-техническое направление на железнодорожном транспорте / И. В. Мартынюк, О. Н. Попов, Н. С. Флегонтов // Сб. докладов 8-й Всерос. науч.-практ. конф. МЧС России. – М., 2003. – С. 63–82.

296. Методические указания по проведению анализа риска опасных производственных объектов: РД 03-418-01. – введ. 01.10.2001. – М., 2001. – 25 с.

297. РД “Методическое руководство по оценке степени риска аварий на магистральных нефтепроводах”. Утв АК “Транснефть”, пр. от 30.12.99 №152; согл. Госгортехнадзором России, письмо от 07.07.99 №10-03/418.

298. Регламент взаємодії центральних та місцевих органів виконавчої влади в межах Урядової інформаційно-аналітичної системи з питань надзвичайних ситуацій, затверджений директивою прем’єр-міністра України від 20.10.99 № 28-дск.(для службового користування).

299. Керівництво щодо здійснення інтегральної оцінки стану довкілля на регіональному рівні. – Офіц. вид. К.: М-во охорони навколишнього природного середовища України, 2008. – 54 с. (Нормативний документ Мінохоронприроди України).

300. МР 2.2.12-142-2007 Оцінка ризику для здоров'я населення від забруднення атмосферного повітря. Методичні рекомендації. Затверджені наказом МОЗ України. –Київ, 2007. -40 с.

301. Концепция оценки загрязнения и экологического ущерба как начальной стадии реабилитационных работ на объектах нефтепродуктообеспечения / [Гольдберг В. М., Абузов А. И., Казенов С. М. и др.] // Транспорт и хранение нефтепродуктов. – 1996. – № 6. – С. 4–9.

302. Порядок определения ущерба от загрязнения земель химическими веществами / Минприроды России. – 1993.

303. Основи екології. Екологічна економіка та управління природокористуванням: підручник / За заг. ред. д.е.н., проф. Л. Г. Мельника та к.е.н., проф. М. К. Шапочки. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759 с.

304. Царенко О. М. Основи екології та економіка природокористування / Царенко О. М., Нєсвєтов О. О., Кадацький М. О. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2007. – 759 с.

305. Закон України про відходи (Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1998, № 36-37, ст.242) (Із змінами, внесеними згідно із Законами № 3073-III (3073-14) від 07.03.2002, ВВР, 2002, № 31, ст.214 № 2290-IV (2290-15) від 23.12.2004, ВВР, 2005, № 6, ст.140 № 1825-VI (1825-17) від 21.01.2010).

306. Кабінет міністрів України. Постанова від 1 березня 1999 р. N 303, Київ, Про затвердження Порядку встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору та Порядок встановлення нормативів збору за забруднення навколишнього природного середовища і стягнення цього збору (Із змінами, внесеними згідно з Постановами КМ № 1984 (1984-99-п), № 912 (912-2009-п)від 05.08.2009).

307. Пашковский И. С. Прогноз миграции растворенных нефтепродуктов в потоке грунтовых вод в районе пос. Кметиневес (Чешская Республика) / И. С. Пашковский, Д. В. Коннов // Прикладная геоэкология, чрезвычайные ситуации, земельный кадастр и мониторинг. Сб. тр. – М., 2002. – Вып. 5. – С. 79-87.

308. Бочевер Ф. М. Защита подземных вод от загрязнения / Ф. М. Бочевер, Н. Н. Лапшин, А. Е. Орадовская. – М.: Недра, 1979. – 256 с.

309. Товарные нефтепродукты. Свойства и применение. – М.: Химия. 1971. – 414 с.

310. Шилов А. Е. Активация и каталитические реакции углеводородов / А. Е. Шилов, Г. Б. Шульпин. – М.: Наука, 1995. – 399 с.

311. Диагностические признаки различных уровней загрязнения почвы нефтью / [Звягинцев Д. Г., Гузев В. С., Левин С В. и др.] // Почвоведение. – 1989. – № 1. – С. 72–78.

312. Petroleum Hydrocarbon Bioventing Kinetics Determined in Soil Core, Microcosm, and Tubing Cluster Studies / [Moyer E. E., Ostendorf D. W., Richards R. J., Goodwin S.] // Ground Water Monit. Remed. – 1996. – Vol. 16(1). – P. 141–153.

313. Finite element analysis of multiphase immiscible flow through soils / [Kuppusamy T., Sheng J. C., Parker J. C. et al.] // Water Resour. Res. – 1987. – Vol. 23(4). – P. 625–632.

314. Lenhard R. J. Experimental validation of the theory of extending two-phase saturation-pressure relations to three-fluid phase systems for mono tonic drainage paths / R. J. Lenhard, J. C. Parker // Water Resour. Res. – 1988. – Vol. 24(3). – P. 373–380.

315. Зеленько Ю. В. Разработка мероприятий по ликвидации экологических последствий транспортных аварий с нефтепродуктами: монография / Ю. В. Зеленько. – Д.: Издательство Маковецкий, 2010. – 192 с.

316. Зеленько Ю. В. Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті:

монографія / Ю. В. Зеленько. – Д.: Издательство Маковецкий, 2010. – 242 с.

317. Сучасні принципи управління станом навколишнього середовища в процесах транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті / [Ю. В. Зеленько, С. В. Бойченко, Ю. В. Білокопитов, А. Л. Лещинська] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2011. – № 36. – С. 159–162.

318. Зеленько Ю. В. Розробка принципів оцінки екологічного збитку і екологічного ризику при аваріях з нафтопродуктами на залізничному транспорті / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – № 32. – С. 198–203.

319. Бойченко С. В. Оптимізація управління ризиками виникнення надзвичайних ситуацій під час перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом / С. В. Бойченко, Ю. В. Зеленько // Вісник НАУ. – 2010. – №4 (45). – С. 112–117.

320. Зеленько Ю. В. Розробка принципів і методів оцінки екологічних ризиків виникнення надзвичайних ситуацій на залізничному транспорті / Ю. В. Зеленько, А. Л. Лещинська, С. В. Бойченко // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – № 35. – С. 177–180.

321. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп’ютерна програма «Система аналізу екологічних ризиків на залізничному транспорті (SAER)» / Зеленько Ю. В., Тарасов В. В., Трєпак С. Ю.;.– № 42639; опубл. 05.03.12.

322. Зеленько Ю. В. Анализ и оптимизация управления рисками возникновения чрезвычайных ситуаций при транспортировке нефтепродуктов железнодорожным транспортом / Ю. В. Зеленько, С. В. Бойченко, Ю. В. Белокопытов // Залізничний транспорт України. – 2011. – № 3. – С. 26–28

323. Мямлин С.В. Принципы управления рисками возникновения

аварийных эмиссий при транспортировке опасных грузов железнодорожным транспортом / Мямлин С.В., Зеленько Ю.В., Sandovsky M. // Техносферная экологическая безопасность на транспорте: Материалы Международной научно-практической конференции, – СПб.: Петербургский госуниверситет путей сообщения, 2012, – С. 130–135.

324. Трєпак С.Ю. Геоінформаційні системи, як інструмент регулювання екологічної безпеки в процесі транспортування і використання нафтопродуктів на залізничному транспорті / С.Ю. Трєпак, Ю. В. Зеленько // Збірка тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство». – Київ, НТУУ «КПІ», 2011. – С. 205–206.

325. Зеленько Ю.В. Еколого-економічні заходи стабілізації та поліпшення стану довкілля на залізничному транспорті / Ю.В. Зеленько, С.В. Мямлін // Збірник наукових праць Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна «Проблеми економіки транспорту», – Дніпропетровськ, 2014. - № 7. – С. 47–53.

326. Zelenko Yu. Scientific foundation of management of the environmental safety of oil product turnover in railway transport / Zelenko Yu., Myamlin S., Sandovskiy M. – Д.: Издательство Литограф, 2014. – 332 с.

327. Зеленько Ю.В. Параметрична екологія на залізничному транспорті: принципи, оцінка, контроль, безпека: монографія / Зеленько Ю.В., Мямлін С.В., Недужа Л.О. – Д.: Издательство Литограф, 2014. – 240 с.

328. Zelenko Yu. The new technology of liquidation of Transport Accidents Involving Oil Products / Yu. Zelenko // Journal of Transport Problems. – 2010. – Volume 5. – № 1. – P. 83–89.

329. Зеленько Ю. В. Розробка інноваційних ресурсозберігаючих технологій утилізування нафтовміщуючих відходів / Ю. В. Зеленько, М. С. Безовська, А. Л. Лещинська // Журнал «Технологический аудит и резервы производства» – Харків: ПП «Технологічний центр», 2013. – № ½ (9). – С. 17–21.

330. Зеленько Ю. В. Разработка комплексной технологической станции

утилизации нефтесодержащих отходов железных дорог / Ю. В. Зеленько, М. С. Безовская // Бюллетень научных работ Брянского филиала МИИТ. Выпуск 3. – Брянск: Издательство ООО «Дизайн-Принт», 2013. – № 1 апрель. – С. 13–17.

331. Лещинська А. Л. Використання поверхнево-активних речовин для відновлення відпрацьованих олив / А. Л. Лещинська, Ю. В. Зеленько, М. С. Безовська, // Журнал «Вопросы химии и химической технологии». – Днепропетровск: «Новая идеология», 2013. – № 3. – С. 181–184.

332. Зеленько Ю. В. Принципы рационального природопользования в ликвидационных мероприятиях во время транспортных аварий с нефтепродуктами / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2009. – № 27. – С. 134–137.

333. Зеленько Ю. В. Анализ технологий рационального использования нефтесодержащих отходов на железнодорожном транспорте / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2010. – № 31. – С. 131–135.

334. Зеленько Ю. В. Принципы рационального ресурсопотребления при утилизации нефтесодержащих отходов на железнодорожном транспорте / Ю. В. Зеленько // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Дон., 2009. – № 19. – С. 12–16.

335. Зеленько Ю. В. Изучение остаточной токсичности почв при аварийных розливах бензиновых фракций путем биотестирования / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – № 23. – С. 133–137.

336. Оптимізація використання біокомпозитних матеріалів та моделювання процесів біологічної деструкції нафтопродуктів / [Зеленько Ю. В., Горбова О. В., Востроknутова І. В., Лещинська А. Л.] // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії

залізничного транспорту. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничного транспорту, 2012. – Випуск 29. – С. 222-227.

337. Безовська М. С. Новітні еколого-хіммотологічні моделі поводження з відпрацьованими оливами залізниць / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Общегосударственный научно-технический журнал «Вопросы химии и химической технологии».– Днепропетровск: «Новая идеология», 2012. – № 1. – С. 145–148.

338. Безовська М. С. Розробка сучасних принципів утилізації технологічних шламів підприємств залізничної інфраструктури / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничн. транспорту, 2011. – № 27. – С. 159–162.

339. Зеленько Ю. В. Вибір організаційно-технологічних рішень щодо ліквідації наслідків аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів на залізницях / Ю. В. Зеленько, С. В. Бойченко, М. Сандовський // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничного транспорту, 2011. – № 25. – С. 45–48.

340. Долина Л. Ф. Использование биологических методов очистки нефтезагрязненных грунтов / Л. Ф. Долина, Ю. В. Зеленько, А. Мищенко // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2010. – №1. – С. 33–35.

341. Зеленько Ю. В. Усовершенствование методов ликвидации аварий сопровождающихся масштабными эмиссиями нефтепродуктов на железнодорожном транспорте / Ю. В. Зеленько, Чжу Жуй // Збірник наукових праць Донецького інституту залізничного транспорту Української державної академії залізничного транспорту. – Донецьк: Видавництво Донецького інституту залізничного транспорту, 2009. – № 17. – С. 17–22.

342. Безовська М. С. Відпрацьовані оливи: утворення, зберігання, регенерація / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2009. – №6. – С. 33–35.

343. Квантово-химическое моделирование процессов миграции нефтепродуктов в различных грунтах при аварийных розливах / Ю В. Зеленько, Л. Д. Тарасова, О. В. Розгон, Чжу Жуй // Общегосударственный научно-технический журнал «Вопросы химии и химической технологии». – Днепропетровск: «Новая идеология», 2009. – № 5. – С. 174–176.

344. Зеленько Ю. В. Принципы разработки ликвидационных мероприятий при аварийных разливах на железнодорожных магистралях / Ю. В. Зеленько, Чжу Жуй, Л. А. Ярышкина // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – № 20. – С. 94–96.

345. Зеленько Ю. В. Особенности ликвидации аварий, сопровождающихся масштабными эмиссиями нефтепродуктов / Ю. В. Зеленько, Чжу Жуй // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – № 21. – С. 94–96.

346. Безовська М. С. Використання природних адсорбентів для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Науковий вісник Національного гірничого університету, науково-технічний журнал. – Дніпропетровськ: Вид-во НГУ, 2008. – № 4. – С. 75–77.

347. Безовська М. С. Утилізація нафтошламів та мастил, утворених у структурних підрозділів залізниць / [М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, О. Б. Бабенко] // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2008. – №1. – С. 36–38.

348. Безовська М. С. Вивчення корозійної активності олив та розробка рекомендацій щодо їх регенерації / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько,

Л. О. Яришкіна // Збірник наукових праць: Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – Львів: Вид-во ЛДУ БЖД, 2008. – № 2. – С. 171-177.

349. Зеленько Ю. В. Ликвидация экологических последствий железнодорожных аварий с нефтепродуктами / Ю. В. Зеленько, В. Н. Плахотник, Л. А. Ярышкина // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2005. – № 2. – С. 59–62.

350. Вдосконалення технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів під час перевезень / [І. Я. Переста, Л. О. Яришкіна, І.Л.Журавель, Ю.В. Зеленько] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна, Дніпропетровськ, – 2011, Випуск 38, С. 181–187.

351. Зеленько Ю.В., Лещинська А.Л. Розробка сучасних принципів біомеліоріації нафтозабруднених ґрунтів // Науково-практичний журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2012. – №3–4. – С. 20–21.

352. Зеленько Ю.В. Щодо концепції розробки технологій раціонального використання нафтовмісних відходів із метою повернення їх у сировинну базу / Зеленько Ю.В., Бойченко С.В. // Нафтова і газова промисловість, - 2012р. - №2. С. 51-54.

353. Zelenko Yu. Development of nature protection measures at emergency spills of oil products / Yu. Zelenko, L. Yaryshkina // Waste management and the environment. – Wessexs Institute of Technology, UK, 2008. – P. 243–247.

354. Розробка загальної схеми регенерації відпрацьованих олив залізниць / [М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна, Л. В. Шевченко] // Збірка наукових праць у двох томах / Херсонський державний морський інститут. – Херсон: Видавництво Херсонського державного морського інституту, 2011. – С. 278–279.

355. R.Zhu, N.Soroka, Yu.Zelenko, V.Rossikhin, S.J. Okovytyy, J Leszczynsky // AnomalousRezeptivity of Timber Bazed Materials wich Respect to

Gasoline as a Consequense of Intermolecular Interation in the Cellulose-Aromatic hydrocarbons System \\ 6th Southern School on Cjmputational Chemistry, USA, 2006,p. 120-121.

356. Безовська М. С. Використання природних адсорбентів для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Збірка тез доповідей «Екологічні проблеми техногенно-навантажених регіонів»: Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, 12–14 травня 2008 р. / ред. кол.: Бешта А. С., Горова А. І., Крупська Л. Т. [та ін.]. – Дніпропетровськ: Вид-во НГУ, 2008. – С. 217.

357. Безовська М. С. Підбір цеолітів вітчизняного походження для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Матеріали ІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми хіммотології» (м. Київ, 02–06 червня, 2008) / ред. кол.: Харченко В. П., Бойченко С. В., Запорожець О. І. [та ін.]. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту, 2008. – С. 136.

358. Безовська М. С. Моніторинг утворення оливовміщуючих відходів на підприємствах залізничного транспорту / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Довкілля – XXI. Матеріали четвертої Міжнародної молодіжної наукової конференції; м. Дніпропетровськ, 9–10 жовтня 2008 р. / ред. кол.: А. Г. Шапар (голов. ред.) та ін. – Дніпропетровськ, 2008 р. – С. 10–11.

359. Безовская М. С. Проблемы регенерации отработанных моторных масел железнодорожных предприятий / М. С. Безовская, А. Л. Лещинская, Ю. В. Зеленько // Збірка тез доповідей «Екологічна безпека держави»: Матеріали Всеукраїнської наукової конференції студентів та аспірантів. – К.: Вид-во Нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2009. – С. 223.

360. Безовская М. С. Регенерация отработанных нефтепродуктов / М. С. Безовская, А. Л. Лещинская, Ю. В. Зеленько // Збірка тез доповідей «Екологічні проблеми регіонів України»: Матеріали XI Всеукраїнської наукової конференції студентів, магістрантів і аспірантів. «Регіональні екологічні проблеми»: Матеріали ІІ Міжнародної наукової конференція студентів,

магістрантів і аспірантів, / Одеський державний екологічний університет. – Одеса: Вид-во ОДЕКУ, 2009. – С. 31.

361. Безовская М. С. Разработка рекомендаций по регенерации отработанных масел железнодорожных предприятий / М. С. Безовская, Ю. В. Зеленько, Л. А. Ярышкина, В. Ю. Карпов // Политранспортные системы: Материалы VI Всероссийской НТК (Новосибирск, 21–23 апреля 2009 г.): в 2-х ч. – Новосибирск: Из-во СГУПСа, 2009. – Ч. 1. – С.66-71.

362. Безовська М. С. Регенерація відпрацьованих моторних олив підприємств залізничного транспорту / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Збірник матеріалів І Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – С. 14.

363. Безовська М. С. Відновлення відпрацьованих компресорних олив залізничних підприємств / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Матеріали ІІІ Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми хіммотології» (м. Київ, 20–24 вересня, 2010) / – Одеса: Астропринт, 2010. – С. 36-37.

364. Безовская М. С. Регенерация отработанных моторных масел линейных подразделений железной дороги / М. С. Безовская, Ю. В. Зеленько, Л. О. Ярышкина // Проблемы безопасности на транспорте: Материалы V Международной научно-практической конференции (Гомель, 25–26 ноября 2010 г.) / Под ред. Сенько В. И., Негрея В. Я., Бочковой К. А. [и др.]. – Гомель: БелГУТ, 2010. – С.249–250.

365. A. Leshynska Improved environmental safety in the treatment of waste oil / A. Leshynska, M. Bezovskaya, Y. Zelen`ko // Proceedings the fifth world congress “Aviation in the XXI-st century. Safety in Aviation and Space Technologies” (Kyiv, September 25-27), - Kyiv: 2012. – P. 5.23-5.25.

366. Зеленько Ю. В. Разработка комплексной технологии утилизации нефтесодержащих отходов железных дорог / Ю.В. Зеленько, М. С. Безовская // Материалы докладов Международной научно-практической конференции

«Академическая наука – проблемы и достижения» (Москва, 30-31 января). – М.: 2013. – С. 198-200.

367. Пат. 95154 Україна, МПК C10M 175/00. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № a 2009 13563; заявл. 25.12.09; опубл. 11.07.11, Бюл. № 13.

368. Пат. 50843 Україна, МПК C02F1/28. Пристрій для очищення ґрунту від легких нафтопродуктів / Зеленько Ю. В.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № U 2009 13543; заявл. 25.12.09; опубл. 25.06.10, Бюл. № 12.

369. Пат. 32346 Україна, МПК E02D31/00. Спосіб очистки ґрунту від легких нафтопродуктів / Зеленько Ю. В., Чжу Жуй; патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.– № U 2008 00455; заявл. 14.01.08; опубл. 12.05.08, Бюл. № 9.

370. Пат. 34710 Україна, МПК C02F1/28. Сорбент для очистки поверхні від нафтопродуктів / Зеленько Ю.В., Сорока М.Л.; патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.– № U 2008 00630; заявл. 18.01.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

371. Пат. 34729 Україна, МПК C02F1/28. Спосіб виготовлення сорбенту для очистки поверхні від нафтопродуктів / Сорока М. Л., Зеленько Ю. В.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № U 2008 01713; заявл. 11.02.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.

372. Патент на корисну модель 70077 Україна. МПК C 10 M 175/00. Спосіб ОЧИСТКИ відпрацьованої моторної оливи / Безовська М. С., Зеленько Ю. В. патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № u 2011 13558; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10.

373. Пат. 72103 Україна, МПК B01J 20/16, C02F 1/28. Сорбційний матеріал біодеструктивного типу для очищення ґрунтів від нафтопродуктів / Зеленько Ю. В., Лещинська А. Л., Тарасова Л. Д.; патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.– № U 2012 00063; заявл. 03.01.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.

374. Пат. 72108 Україна, МПК H02H 9/02, H02H 9/04. Полімерний біодеструктивний матеріал для очистки ґрунту від нафти та нафтопродуктів / Зеленько Ю. В., Лещинська А. Л., Арламова Н. Т.; патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна.– № U 2012 00148; заявл. 04.01.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.

375. Положення про відбудовний поїзд залізниць України від 31.05.1994р. № ЦРБ-2.

376. Положення про пожежні поїзди на залізничному транспорті ЦУО-0007, затверджене наказом Укрзалізниці від 27.12.95 за № 200-Ц.

377. Положення про порядок заземлення пристроїв контактної мережі і повітряних ліній електропередач електрифікованих ділянок залізниць при гасінні пожеж, затверджене наказом Укрзалізниці від 14.07.1999 р. № 211-Ц.

378. Положення про функціональну підсистему “Сили і засоби реагування на надзвичайні ситуації на залізничному транспорті” Міністерства транспорту України щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, затверджено наказом Міністерства транспорту України від 5 травня 1999р. № 132-Ц .

379. Про затвердження Положення про організацію оповіщення і зв’язку у надзвичайних ситуаціях: Постанова КМ України від 15 лютого 1999р. № 192.

380. Про затвердження типових положень про управління та відділи з питань надзвичайних ситуацій та цивільного захисту населення: Постанова КМ України від 5 жовтня 1998р. № 1594.

381. Про програму підвищення безпеки руху та залізницях у 1997-2001 роках: Постанова КМ України від 22 квітня 1997р., № 367.

382. Про створення оперативного штабу з ліквідації наслідків стихійного лиха, аварій та катастроф. Наказ Укрзалізниці від 6.01.2000р. № 7-Ц.

383. Сушкина Н. Н. Микрофлора и первичное почвообразование / Н. Н. Сушкина, И. Г. Цурюпа. – М.: Изд-во МГУ, 1973. – 158 с.

384. Biotransformation of Organics in Soil Columns and an Infiltration Area / [Bosnia T. N. P., Ballemans E. M. W., Hoekstra N. K. et al.] // Ground Water. – 1996. – Vol. 34(1). – P. 49–56.

385. Посібник до ВБН 33.5.5–01–97. Організація і ведення еколого-меліоративного моніторингу. – К.: ІПМ УААН, 1997. – Ч. 1: Зрошувальні землі. – 94 с.

386. Аварии и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Учебное пособие. Книга 3. / Под редакцией: В. А. Котляревского и А. В. Забегаева. – М.: Изд-во АСВ, 1998. – 416 с.

387. Наркевич И.П., Печковский В.В. Утилизация и ликвидация отходов в технологии неорганических веществ: Монография. - М.: Химия, 1984. - 240с.

388. ПильгуновП.Т., Сумароков М.В. Утилизация прмышленных отходов: / Монография. -М.: ЦРЗД, 1992. - 102с.

389. Утилизация твердых отходов. / Под оедакцией Д. Вилсона, -М.: Стройиздат, 1985. Т. 1-2, - 320с.

390. Лунгвитц Х. Удаление ила сточных вод. // Вода: экология и технология ЭКВАТЭК–98: Тезисы докладов Третьего международного конгресса, - С-Пбс. 1998. - С. 426.

391. Тимонин А. С. Основы конструирования и расчета химико-технологического и природоохранного оборудования. Т. 2.: справочник / А. С. Тимонин. – Калуга: Издательство Н. Бочкаревой, 2006. – 1028 с.

392. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Часть I. Теоретические основы процессов химической технологии. Гидромеханические и тепловые процессы и аппараты / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995. – 400 с.

393. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии / А. Г. Касаткин. – [7-е изд.] – М.: Химия, 1971. – 832 с.

394. Флореа О. Расчеты по процессам и апаратам химической технологии / Флореа О., Смигельский О.; пер. с румын. З. М. Хаимского. – М.: Химия, 1971. – 447 с.

395. Гельперин Н. И. Основные процессы и аппараты химической технологии / Н. И. Гельперин. – М.: Химия, 1981. – 812 с.

396. Плановский А. Н. Процессы и аппараты химической технологии / Плановский А. Н., Каган В. М., Каган С. З. – М.: Госхимиздат, 1962. – 846 с.

397. Фомченко Н. В. Очистка сточных вод и утилизация нефтешламов с применением биопрепаратов / Н В. Фомченко, И. Н. Щеблыкин, В. В. Бирюков // Водоснабжение и санитарная техника, – 2002. – № 2. – С. 32–33.

398. Малышкина Л. А. Экологическое и экономическое обоснование установления региональных нормативов допустимого остаточного уровня нефтепродуктов в почвах и рекультивации нефтезагрязненных земель / Л. А. Малышкина // Тез. докл. межд. конф. «Новые технологии для очистки нефтезагрязненных вод, почв, переработки и утилизации нефтешламов» Москва 10-11 декабря 2001. – М.: Издательский дом «Ноосфера», 2001. – С. 261–265.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А

Об’єкти інтелектуальної власності створені в результаті дисертаційного дослідження



УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 42523

Твір наукового характеру (монографія) "Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) Зеленько Юлія Володимирівна

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

28.02.2012

Дата реєстрації

Державна служба інтелектуальної власності України Ідентифікаційний код 37552556 М.П.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

М.В. Паладій

УКРАЇНА

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО

про реєстрацію авторського права на твір

№ 42639

Комп'ютерна програма "Система аналізу екологічних ризиків на залізничному транспорті (SAER)"

(вид, назва службового твору)

Автор(и) **Зеленько Юлія Володимирівна, Тарасов Всеволод Васильович, Трєпак Слав'яна Юріївна**

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Авторські майнові права належать **Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Ак. Лазаряна, 2, м. Дніпропетровськ, 49010**

(повне ім'я фізичної та/або повне офіційне найменування юридичної особи, адреса)

05.03.2012

Дата реєстрації

Державна служба інтелектуальної власності України
Ідентифікаційний код 37552556
М.П.

Голова Державної служби інтелектуальної власності України

М.В. Паладій

ДОДАТОК Б

Акти впровадження результатів дисертаційного дослідження

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор університету з навчальної роботи

_____ Б.Є. Боднар

"16" _____ 2012 р.

ПОГОДЖУЮ

Проректор університету з наукової роботи

_____ С.В. Мямлін

"16" 01 2012 р.

А К Т

упровадження виконаної науково-дослідної роботи у навчальний процес Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (ДНУЗТ) декан факультету «Промислове та цивільне будівництво» Краснюк А.В., завідувач кафедри хімії і інженерної екології доцент Л.О. Яришкіна, професор Л.О. Сніжко, професор Долина Л.Ф., доцент Л.Д. Тарасова, склали вказаний акт про те, що результати дисертаційних досліджень Зеленько Ю.В., використовуються у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна на кафедрі хімії та інженерної екології

Назва упровадженого результату НДР (технічне завдання, технологія, алгоритм, модель, методика, пристрій, технологічний процес, рекомендація, інструкція, винахід, керівництво, нормативи тощо)	**Форма упровадження** (монографія, підручник, навчальний посібник, конспект лекцій, методична розробка, лабораторний практикум, програма курсу, постановка лабораторної роботи, програма, продовження розробки в курсовій, дипломній роботах і т.і.)	**Ефект від упровадження**
1	*2*	*3*

1	2	3
Методика кількісної та якісної оцінки екологічних ризиків при транспортуванні нафтопродуктів на залізничному транспорті	1. Монографія. Зеленько Ю.В. Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті / Вид-во «Маковецький»;.– Д., 2011 – 242 с. - використовується під час викладання навчальних дисциплін «Екологічний менеджмент і аудит» для студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Забезпеченість навчального курсу учбовою та учбово-методичною літературою підвищилась з 40 до 88%.
Методики розрахунку еколого-економічних збитків при аваріях на залізниці	2. Лекція та практичне заняття з навчальної дисципліни "Економіка природокористування", яка викладається для студентів спеціальності 6040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування	Покращення якості викладання матеріалу.
	3. Розрахунки екологічного ефекту природоохоронних заходів при аварійних ситуаціях на залізничному транспорті для дипломного проектування студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Зростання рівня знань та умінь студентів.

Функціональна модель ліквідації аварійної ситуації на залізничному транспорті при перевезені нафтопродуктів.	4. Лекція "Технології ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами" з навчальної дисципліни "Екологічна безпека", яка викладається для студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Зростання рівня знань та умінь студентів.
Технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті за аналізом сценаріїв	5. Практичне заняття "Технології ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами" з навчальної дисципліни "Екологічна безпека", яка викладається для студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Зростання рівня знань та умінь студентів.

Декан факультету А.В. Краснюк

Завідувач кафедри Л.О. Яришкіна

Професор Л.О.Сніжко

Професор Л.Ф.Долина

Доцент Л.Д. Тарасова

Доцент Н.Т. Арламова

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Директор Українського науково-дослідного та навчального центру хіммотології і сертифікації ПММ і ТР, завідувач кафедри екології
_____ С.В. Бойченко
«_____» _____ 2011 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Головний інженер локомотивного депо Нижньодніпровськ-Вузол ДП Придніпровська залізниця
_____ О.В. Хитрий
«_____» _____ 2011 р.

АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ

Ми, що нижче підписалися представники Національного авіаційного університету (НАУ) директор УкрНДНЦ хіммотології і сертифікації ПММ і ТР, завідувач кафедри екології, д.т.н., професор Бойченко С. В., доцент кафедри екології Черняк Л.М., м.н.с. Шкільнюк І.О., доцент кафедри хімії та інженерної екології ДНУЗТ Зеленько Ю.В. та представники локомотивного депо Нижньодніпровськ-Вузол (ТЧ-1) ДП Придніпровська залізниця м. Дніпропетровськ, вул. Рибальська, 12

(повна назва підприємства, організації, адреса)

в особі головного інженера локомотивного депо Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л, інженера-технолога Семенової Л.П.та інженера-еколога Тарапко І.В.

(посада, прізвище та ініціали)

склали цей акт про те, що результати науково-дослідної роботи у рамках виконання наукових досліджень за темою 671-ДБ10 „Організаційно-методичні принципи раціонального використання моторних палив під час експлуатації авіаційної та наземної техніки" у вигляді «Технологія регенерації відпрацьованих моторних олив М-14$Г_2$ ЦС та М-14$В_2$» впроваджені в експлуатацію для вирішення окремих виробничих завдань з ресурсосбереження та підвищення ефективності і раціонального використання нафтопродуктів.

Назва упровадженого результату	Досягнутий фактичний результат	
	Соціальний, технічний, організаційний та інш.	Економічний (грн. за рік)
«Технологія регенерації відпрацьованих моторних олив М-14$Г_2$ ЦС та М-14$В_2$»	Ресурсосбереження та підвищення ефективності і раціонального використання нафтопродуктів. Підвищення екологічних показників процесу утилізації нафтовміщуючих відходів.	640982,40

Від НАУ
Голова комісії: _____ С. В. Бойченко
Члени комісії:
_____ Л. М. Черняк
_____ І.О. Шкільнюк
_____ Ю.В. Зеленько

Від ТЧ-1
Голова комісії: _____ О.В. Хитрий
Члени комісії:
_____ В.Л. Полях
_____ Л.П. Семенова
_____ І.В. Тарапко

National Aviation University

«УЗГОДЖЕНО»
Проректор університету
з навчальної роботи
_____ А. В. Полухін
«30» 11 2012 р.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Проректор університету
з наукової роботи
_____ В. П. Харченко
«30» 11 2012 р.

А К Т

упровадження виконаної науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи у навчальний процес Національного авіаційного університету

Ми, що нижче підписалися, директор Інституту екологічної безпеки, д.т.н., професор Запорожець О.І., директор Аерокосмічного інституту, д.т.н., професор, Шмаров В.М., декан ФЛА, д.т.н., професор, Ігнатович С.Р., завідувач кафедри екології, директор УкрНДНЦ хіммотології та сертифікації ПММ і ТР, д.т.н., професор Бойченко С.В., к.т.н., доцент кафедри екології Черняк Л.М., склали цей акт про те, що монографія «Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів» автора Зеленько Ю.В. використовуються у навчальному процесі Національного авіаційного університету.

Назва результату НДР, що упроваджується	**Форма упровадження** (монографія, підручник, навчальний посібник, конспект лекцій, методична розробка, лабораторний практикум, програма курсу, постановка лабораторного роботи, програма, продовження розробки у курсовій, дипломній роботі та ін.)	**Ефект від упровадження**
Монографія «Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів».	Монографія використовується під час викладання навчальних дисциплін «Авіаційні паливно-мастильні матеріали» та «Ресурсозберігаючі технології в ПЗК» для студентів напряму 6.070103 «Обслуговування повітряних суден».	Покращення якості викладання матеріалів, рівня підготовки фахівців та підвищення рівня забезпеченості сучасною довідковою літературою з 20% до 60%.

Директор ІЕБ О. І. Запорожець

Директор АКІ В. М. Шмаров

Декан ФЛА С. Р. Ігнатович

Завідувач кафедри екології,
директор УкрНДНЦ хіммотології
та сертифікації ПММ і ТР С. В. Бойченко

Доцент кафедри екології Л. М. Черняк

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор університету з навчальної роботи

_____ Б.Є.Бондар

"20" 03 2011 р.

ПОГОДЖУЮ

Проректор університету з наукової роботи

_____ С.В. Мямлін

"20" 03 2011 р.

А К Т

упровадження виконаної науково-дослідної та дослідно-конструкторської роботи у навчальний процес Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна (ДНУЗТ) декан факультету ПЦБ Краснюк А.В., завідувач кафедри хімії і інженерної екології доцент Л.О. Яришкіна, професор Л.О. Сніжко, професор Долина Л.Ф., доцент Л.Д. Тарасова, доцент Арламова Н.Т., склали вказаний акт про те, що результати дисертаційних досліджень Зеленько Ю.В., використовуються у навчальному процесі Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна на кафедрі хімії та інженерної екології

Назва упровадженого результату НДР (технічне завдання, технологія, алгоритм, модель, методика, пристрій, технологічний процес, рекомендація, інструкція, винахід, керівництво, нормативи тощо)	**Форма упровадження** (монографія, підручник, навчальний посібник, конспект лекцій, методична розробка, лабораторний практикум, програма курсу, постановка лабораторної роботи, продовження розробки в курсовій, дипломній роботах і т.і.)	**Ефект від упровадження**
1	*2*	*3*

1	2	3
Методика і обладнання для відновлення нафтозабруднених грунтів	1. Монографія. Зеленько Ю.В. Разработка мероприятий по ликвидации экологических последствий транспортных аварий с нефтепродуктами, Изд-во Макавецкий;.– Д., 2011 – 192 с.	Забезпеченість навчального курсу учбовою та учбо-во-методичною літературою підвищилась з 60 до 98%.
Методики раціонального поводження та регенерації відпрацьованих моторних олив залізниць	2. Лабораторна робота "методи раціонального поводження з моторними оливами на залізничному транспорті" з навчальної дисципліни "Хіммотологія", яка викладається для студентів спеціальності 6040106 Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування 3. Лекція та Практичне заняття "Хіммотологічна модель поводження з відпрацьованими моторними оливами на залізниці" для студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Зростання рівня знань та умінь студентів. Покращення якості викладання матеріалу.

Технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті	Практичне заняття “Технології ліквідації екологічних наслідків аварій з нафтопродуктами” з навчальної дисципліни “Екологічна безпека”, яка виклада-ється для студентів спеціальності 6040106 «Екологія, охорона навколишнього середовища та збалансоване природокористування»	Зростання рівня знань та умінь студентів.

Декан факультету А.В. Краснюк

Завідувач кафедри Л.О. Яришкіна

Професор Л.О.Сніжко

Професор Л.Ф.Долина

Доцент Л.Д. Тарасова

Доцент Н.Т. Арламова

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Головний інженер локомотивного
депо Нижньодніпровськ-Вузол
_____ Хитрий О.В.
5 _____ 2011 р.

АКТ

упровадження виконаної науково-дослідної
та дослідно-конструкторської роботи

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) проректор з наукової роботи С.В. Мямлін, професор Л.О. Сніжко, доцент А.Х. Драбкіна, доцент Ю.В. Зеленько та представники державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол в особі головного інженера Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л, інженера-технолога Семенової Л.П., завідуючої хімічною лабораторією Шелест Л.А. та інженера-еколога Торопко І.В.

(повна назва підприємства (організації)

м. Дніпропетровськ, вул. Рибальська, 12

адреса, посади, прізвище та ініціали)

склали вказаний акт про те, що результати науково-дослідної роботи в рамках дисертаційної роботи Зеленько Ю.В., проведені на базі ДНУЗТ, упроваджені у виробництво (експлуатацію).

Назва упровадженого результату НДР (пристрій, технологічний процес, речовина, метод, методика, рекомендація, стандарт, технологічні вимоги і т.ін.). при виконанні на рівні винаходу – вказати номер авторського свідоцтва (а.с.) або номер заявки, за якою прийнято рішення про видачу авторського свідоцтва	Досягнутий фактичний ефект	
	Соціальний, технічний, організаційний та ін..	Економічний (грн. на рік)
Технологія очищення та відновлення нафто забруднених грунтів з використанням запропонованих композиційних матеріалів та біополімерного комплексу	Мінімізація екологічних збитків. Впровадження технологій ресурсозбереження та раціонального природокористування. Підвищення екологічних показників при експлуатації рухомого складу та при транспортуванні і використанні нафтопродуктів.	38 260,0

Представники ДНУЗТ:

С.В. Мямлін

Л.О.Сніжко

А.Х. Драбкіна

Ю.В. Зеленько

Представники підприємства (організації), що упроваджує результати НДР

Полях В.Л.

Семенова Л.П.

Шелест Л.А.

Тарапко І.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Начальник локомотивного
депо Дніпропетровськ
_____ Палян С.Р.
17 травня 2011 р.

АКТ

упровадження виконаної науково-дослідної
та дослідно-конструкторської роботи

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ) проректор з наукової роботи С.В. Мямлін, професор Л.О. Сніжко, доцент А.Х. Драбкіна, доцент Ю.В. Зеленько та представники державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Дніпропетровськ в особі начальника локомотивного депо Паляна С.Р., головного інженера Федика Я.М., зам. начальника депо по ремонту Міщенка М.В., завідуючої хіміко-технічної лабораторії Байкалової С.В. та інженера хіміко-технічної лабораторії Булгакової І.Ю.

(повна назва підприємства (організації)

м. Дніпропетровськ, вул. Курчатова, 2а

адреса, посади, прізвище та ініціали)

склали вказаний акт про те, що результати науково-дослідної роботи в рамках дисертаційної роботи Зеленько Ю.В., проведені на базі ДНУЗТ, упроваджені у виробництво (експлуатацію).

Назва упровадженого результату НДР (пристрій, технологічний процес, речовина, метод, методика, рекомендація, стандарт, технологічні вимоги і т.ін.). при виконанні на рівні винаходу – вказати номер авторського свідоцтва (а.с.) або номер заявки, за якою прийнято рішення про видачу авторського свідоцтва	Досягнутий фактичний ефект	
	Соціальний, технічний, організаційний та ін..	Економічний (грн. на рік)
Технологія регенерації відпрацьованої моторної оливи М-14В$_2$	Підвищення ефективності та раціонального використання нафтопродуктів. Підвищення екологічних показників при утилізації нафтовміщуючих продуктів.	330982,40

Представники ДНУЗТ:

С.В. Мямлін

Л.О.Сніжко

А.Х. Драбкіна

Ю.В. Зеленько

Представники підприємства (організації), що упроваджує результати НДР

В.М. Федик

М.В. Міщенко

С.В. Байкалова

І.Ю. Булгакова

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Головний інженер локомотивного
депо Нижньодніпровськ-Вузол
_____ Хитрий О.В.
14 _____ 2010 р.

АКТ

упровадження виконаної науково-дослідної
та дослідно-конструкторської роботи

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ): проректор з наукової роботи С.В. Мямлін, професор Л.О. Сніжко, доцент Н.Т. Арламова, доцент Ю.В. Зеленько та представники державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол в особі головного інженера Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л, інженера-технолога Семенової Л.П., завідуючої хімічною лабораторією Шелест Л.А. та інженера-еколога Тарапко І.В.

(повна назва підприємства (організації)

м. Дніпропетровськ, вул. Рибальська, 12

адреса, посади, прізвище та ініціали)

склали вказаний акт про те, що результати науково-дослідної роботи в рамках дисертаційної роботи Зеленько Ю.В., проведені на базі ДНУЗТ, упроваджені у виробництво (експлуатацію).

Назва упровадженого результату НДР (пристрій, технологічний процес, речовина, метод, методика, рекомендація, стандарт, технологічні вимоги і т.ін.). при виконанні на рівні винаходу – вказати номер авторського свідоцтва (а.с.) або номер заявки, за якою прийнято рішення про видачу авторського свідоцтва	Досягнутий фактичний ефект	
	Соціальний, технічний, організаційний та ін..	Економічний (грн. на рік)
Технологічна схема переробки технологічного шламу із застосуванням декантера і теплообмінника	Впровадження технологій ресурсозбереження та раціонального природокористування. Мінімізація екологічних збитків. Підвищення екологічних показників при поводженні з нафтопродуктами та нафтовміщуючими відходами.	12 360,0

Представники ДНУЗТ:

С.В. Мямлін

Л.О.Сніжко

Н.Т. Арламова

Ю.В. Зеленько

Представники підприємства (організації), що упроваджує результати НДР

Полях В.Л.

Семенова Л.П.

Шелест Л.А.

Тарапко І.В.

«ЗАТВЕРДЖУЮ»
Головний інженер локомотивного
депо Нижньодніпровськ-Вузол
_____ Хитрий О.В.
30 вересня 2020 р.

АКТ

упровадження виконаної науково-дослідної
та дослідно-конструкторської роботи

Ми, що нижче підписалися, представники Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна (ДНУЗТ): проректор з наукової роботи С.В. Мямлін, професор Л.О. Сніжко, доцент Н.Т. Арламова, доцент Ю.В. Зеленько та представники державного підрозділу Придніпровської залізниці локомотивного депо на станції Нижньодніпровськ-Вузол в особі головного інженера Хитрого О.В., начальника бази палива Поляха В.Л, інженера-технолога Семенової Л.П., завідуючої хімічною лабораторією Шелест Л.А. та інженера-еколога Тарапко І.В.

(повна назва підприємства (організації)

м. Дніпропетровськ, вул. Рибальська, 12

адреса, посади, прізвище та ініціали)

склали вказаний акт про те, що результати науково-дослідної роботи в рамках дисертаційної роботи Зеленько Ю.В., проведені на базі ДНУЗТ, упроваджені у виробництво (експлуатацію).

Назва упровадженого результату НДР (пристрій, технологічний процес, речовина, метод, методика, рекомендація, стандарт, технологічні вимоги і т.ін.). при виконанні на рівні винаходу – вказати номер авторського свідоцтва (а.с.) або номер заявки, за якою прийнято рішення про видачу авторського свідоцтва	Досягнутий фактичний ефект	
	Соціальний, технічний, організаційний та ін..	Економічний На ділянці ПТО (грн. на рік)
Біокомпозиційний сорбент для очищення та відновлення нафто забруднених грунтів	Мінімізація екологічних збитків. Впровадження технологій ресурсозбереження. Застосування іінноваційних екологічних технологій. Підвищення екологічних показників при поводженні з нафтопродуктами та нафтовміщуючими відходами.	8 900,0

Представники ДНУЗТ:

С.В. Мямлін

Л.О.Сніжко

Н.Т. Арламова

Ю.В. Зеленько

Представники підприємства (організації), що упроваджує результати НДР

Полях В.Л.

Семенова Л.П.

Шелест Л.А.

Тарапко І.В.

ДОДАТОК В

Порівняльні характеристики технічних умов на бензини та оливи

Таблиця. В.1

Порівняльні характеристики технічних умов на бензини автомобільні

Назва показника	Значення для марок				
	А-76	А-80	А-92	А-95	А-98
Густина за температури 20°С, кг/м^3, у межах	700-760	700-760	725-780	725-780	725-780
Детонаційна стійкість: - октанове число за дослідним методом, не менш. - октанове число за моторним методом, не менше	- 76,0	80,0 76,0	92,0 82,5	95,0 85,0	98,0 88,0
Фракційний склад: - температура початку перегонки, °С, не нижче - 10% переганяються за температури, °С, не вище - 50% переганяються за температури, °С, не вище - 90% переганяються за температури, °С, не вище - кінець кипіння, °С, не вище - залишок в колбі, %, не більше - залишок і втрати, %, не більше	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0	30 75 120 190 215 1,5 4,0
Тиск насичених парів бензину, кПа, не більше	79,9	79,9	79,9	79,9	79,9
Кислотність мг КОН на 100 см^3 бензину, не більше	3	3	3	3	3
Концентрація фактичних смол, мг на 100 см^3 бензину не більше: - на місці виробництва - на місці споживання	5 10	5 10	5 10	5 10	5 10
Індукційний період бензину на місці виробництва, хв., не менше	360	360	360	360	360
Масова частка сірки, %, не більше	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
Випробування на мідній пластинці	Витримує				
Наявність водорозчинних кислот і лугів	Відсутні				
Наявність механічних домішок і води	Відсутні				
Колір	Безбарвний або блідо-жовтий				
Концентрація свинцю, г на 1дм^3 бензину не більше	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
Сумарний вміст ароматичних вуглеводнів, % мас., не більше	42	42	45	45	48
Масова частка бензолу, %, не більше	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0

Масова частка кисню, %, не більше	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7
Масова частка кисневих сполук, %, не більше:	3	3	3	3	3
- метанолу	5	5	5	5	5
- етанолу	10	10	10	10	10
- ізопропілового спирту	10	10	10	10	10
- ізобутилового спирту	7	7	7	7	7
- третбутилового спирту	15	15	15	15	15
- простих ефірів	10	10	10	10	10
інших кисневих сполук з температурою кінця кипіння не вище 210 °С					

Таблиця В.2

Якісні показники для олив типів М-14$В_2$ та М-14$Г_2$ЦС

Найменування показника	М-14$В_2$	М-14$Г_2$ЦС	Метод випробування
Густина при 20 °С, кг/м^3, не більше	910	910	ГОСТ 3900
В'язкість кінематична при 100 °С, мм^2/с	14±0,5	13,5-15	ГОСТ 33
Індекс в'язкості, не менше	85	92	ГОСТ 25371
Температура спалаху, визначена у відкритому тиглі, °С, не нижче	210	215	ГОСТ 4333
Температура застигання, °С, не вище	-12	-10	ГОСТ 20287
Масова частка активних елементів, %, не менше:			
кальцію	0,15	0,28	ГОСТ 13538
цинку	0,045	0,045	ГОСТ 9827
фосфору	0,04	0,04	
Колір на колориметрі ЦНТ, одиниць ЦНТ, не більше	4,0	4,0	ГОСТ 20284
Масова частка води, %, не більше	сліди	сліди	ГОСТ 2477
Масова частка механічних домішок, %, не більше	0,02	0,01	ГОСТ 6370
Лужне число, мг КОН/г, не менше	4,8	9,0	ГОСТ 11362
Зольність сульфатна, %, не більше	1,2	1,5	ГОСТ 12417
Корозійність на пластинках із свинцю, г/м^2, не більше	відсутня	відсутня	ГОСТ 20502
Трибо логічні характеристики при температурі (20±5) °С:			
Індекс задиру, кгс, не менше	37	34	ГОСТ 9490
Критичне навантаження, Н, не менше	784	823	
Показник зношування, мм, не більше, при постійному навантаженні 196 Н	0,4	0,4	
Стабільність по індукційному періоду осадоутворення (ІПО), витримує, год	50	50	ГОСТ 11063
Число деемульсації, хв.., не більше	-	20	ГОСТ 12068

ДОДАТОК Д

Визначення рівнів забруднення нафтопродуктами водних екосистем Придніпровського регіону



Рис. Д.1 Карта розрахункових створів ріки Дніпро в Дніпропетровській області

Таблиця Д.1

Вміст нафтопродуктів у воді, Дніпродзержинського та Запорізького водосховища за сезонами

Станції	Вміст нафтопродуктів у воді, мг/л		
Дніпродзержинське водосховище	Весна	Літо	Осінь
1	2	3	4
м. Верхньодніпровськ 1 км, вище міста			
правий берег	----	0.08-0.10	----
середина	----	0.04-0.10	----
лівий берег	----	0.04-0.15	----
м. Верхньодніпровськ 2 км. нижче н.п.			
правий берег	----	0.12-0.20	----
середина	----	0.05-0.15	----
лівий берег	----	0.05-0.21	----
н.п. Аули			
правий берег	----	0.11-0.30	----
середина	----	0.05-0.25	----
лівий берег	----	0.05-0.40	----
Запорізьке водосховище м. Дніпродзержинськ нижче греблі ГРЕС правий берег	0.08-0.12	0.09-0.12	0.04-0.06
о. Корчоватий			
р. Коноплянка	0.12-0.14	0.09-0.10	----
300 м. вище	0.10-0.15	0.10-0.18	0.14-0.17
в районі зброду стічних вод	0.20-0.30	0.35-0.69	0.27-0.32
с. Таромське			
правий берег	0.4-1.1	0.40-0.60	----
середина	0.50-1.0	0.28-0.40	----
лівий берег	0.55-0.70	0.50-0.60	----
с. Кам’янка			
середина	----	0.24-0.28	0.15-0.17
лівий берег	----	0.20-0.22	0.08-0.14
1500 м нижче Кайдакського мосту, скид стічних вод заводу ім.Петровського правий берег	0.43-1.2	0.31-1.15	0.36-0.9
500 м нижче скиду стічних вод заводу ім. Петровського	0.40-1.0	0.30-1.10	0.36-0.85
500 м нижче залізничного мосту			
правий берег	0.4-1.0	0.5-1.0	0.3-0.8
середина	0.37-0.9	0.4-0.8	0.3-0.75
лівий берег	0.28-0.31	0.4-0.5	0.2-0.3
Стаціонар (о. Монастирський)	0.27-1.37	0.19-0.76	0.11-0.37
500 м нижче впадіння р. Самара			
правий берег	0.27-0.37	0.5-0.8	0.3-0.9
середина	0.26-0.35	0.4-0.8	0.11-0.9
лівий берег	0.25-0.30	0.4-0.5	0.14-0.24
500 м нижче впадіння р. Самара			
правий берег	0.27-0.35	0.5-0.8	0.3-0.9
середина	0.26-0.39	0.4-0.8	0.12-0.39

лівий берег	0.29-0.40	0.4-0.5	0.17-0.27
Кодак-Любимівка правий берег середина лівий берег	 0.08-0.14 0.11-0.17 0.12-0.22	 0.3-0.5 0.45-0.6 0.36-0.70	 0.05-0.11 0.10-0.12 0.10-0.13
500 м вище впадіння р. Мокра Сура правий берег середина лівий берег	 0.24-0.6 0.2-0.5 0.13-0.20	 0.4-0.6 0.2-0.5 0.3-0.4	 0.28-0.31 0.17-0.20 0.10-0.11
с. Волоське 1 км. нижче впадання р. Мокра Сура правий берег середина лівий берег	 0.24-0.60 0.21-0.54 0.21-0.19	 0.21-0.70 0.20-0.50 0.20-0.45	 0.19-0.45 0.19-0.21 0.11-0.14
Звонецьке-Вороної правий берег середина лівий берег	 0.12-0.21 0.11-0.16 0.11-0.18	 0.18-0.31 0.16-0.37 0.18-0.30	 0.11-0.17 0.11-0.15 0.09-0.21
с. Військове правий берег середина лівий берег	 0.11-0.20 0.11-0.16 0.12-0.17	 0.15-0.30 0.15-0.30 0.19-0.37	 0.05-0.11 0.09-0.010 0.11-0.13
с. Федорівка правий берег середина лівий берег	 0.13-0.18 0.14-0.21 0.11-0.16	 0.23-0.31 0.17-0.32 0.15-0.21	 0.05-0.08 0.11-0.20 0.07-0.11
с. Кічкас	0.09-0.11	0.11-0.30	0.09-0.11

Таблиця Д.2

Вміст нафтопродуктів в донних відкладеннях

Станції	Концентрація нафтопродуктів, мг/100 г.			Характер мулових відкладень
	Весна	Літо	Осінь	Глибина, м.
м. Дніпродзержинськ, нижче греблі ГЕС правий берег середина	 1.61-1.72 1.5-1.6	 1.50-1.60 1.5-1.6	 1.3-1.4 1.3-1.4	 чистий пісок, 0.5 6.0 м
о. Корчоватий правий берег середина лівий берег	 2.7-3.0 2.5-3.0 2.7-3.0	 2.1-2.4 2.0-2.1 2.0-2.1	 1.2-1.4 1.7-1.8 1.2-1.4	 чистий пісок 6.0 м 0.5 м
р. Коноплянка правий берег	 310-320	 320-370	 300-310	 чорний мул 1.0 м
500 м. нижче р. Коноплянка	 120-130	 130-150	 110-120	 пісок з мулом 2.0 м
с. Таромське правий берег	 2.7-50	 3.5-8.0	 3.3-4.7	 пісок 0.5 м
с. Кам'янка середина правий берег	 3.4-6.0 8.5-10.0	 3.9-7.0 12.7-14.3	 3.0-5.0 7.4-8.0	 пісок 20 м замулений пісок 0.5 м
с. Кайдаки				

правий берег середина	4.4-6.4 2.7-2.9	4.0-4.5 2.1-2.5	4.3-6.0 2.0-2.5	замулений пісок, 0.5 м
500 м. нижче залізничного мосту правий берег середина	90-120 4.5-4.7	110-130 4.9-5.1	90-95 4.3-4.7	чорний мул 2.0 м пісок 6.0 м
о. Монастирський правий берег лівий берег	23-30 9.4-13.2	39-52 7.6-8.0	27-30 5.2-6.4	замулений пісок 2.0 м пісок 0.5 м
500 м. вище впад. р. Самара середина	11.0-14.7	13.5-14.0	13.2-14.0	пісок 1.2 м
р. Мокра Сура правий берег	80-82	95-130	90-130	чорний мул 2.6 м
с. Волоське	80-86	50-60	41-53	чорний мул
с. Військове середина правий берег	97-110 14.7-18.0 11.3-14.0	110-123 15.0-23.0 13.1-17.2	85-91 12.1-17.6 14.1-16.2	чорний мул 22 м пісок з намулом 0.5 м
Звонецьке-Вороної правий берег середина лівий берег	4.7-6.3 100-110 2.1-2.4	8.1-9.7 110-133 2.3-2.7	5.1-5.9 110-127 2.0-2.1	пісок чорний мул замулений пісок
с. Федорівка правий берег середина	5.1-8.6 20.1-25.6	9.3-10.4 30.2-39.4	5.3-8.4 29.4-31.6	пісок мул

Таблиця Д.3.

Розподіл нафтопродуктів по акваторіях Запорізького водосховища та клас якості води

Концентрація нафтопродуктів у воді, мг/л				Клас якості води
Акваторія	Весна	Літо	Осінь	
Верхня ділянка				
Правий берег	0.42	0.53	0.31	7
Середина	0.28	0.31	0.21	6
Лівий берег	0.25	0.32	0.13	5-6
Середнє за сезон	0.31	0.39	0.22	6-7
Клас якості	6-7	6-7	5-6	5-6
Середня ділянка				
Правий берег	0.34	0.41	0.23	5-7
Середина	0.28	0.32	0.14	5-6
Лівий берег	0.20	0.27	0.11	5-6
Середнє за сезон	0.27	0.33	0.22	5-6
Клас якості	6-7	6-7	5-6	5-7
Нижня ділянка				
Правий берег	0.15	0.23	0.06	5-6
Середина	0.12	0.24	0.10	5-6
Лівий берег	0.12	0.18	0.10	5-6
Середнє за сезон	0.13	0.22	0.08	5
Клас якості	5	5-6	5	5-6

Таблиця Д.4

Рівень забруднення нафтопродуктами малих річок Степового Придніпров'я.

Місце контролю	Концентрація нафтопродуктів у воді, мг/л	Клас якості води
с. Коханівка	0.9-2.1	8
с. Миколаївка	0.67-2.7	8
с. Петрівка	0.34-2.6	7-8
с. Терновка	0.77-0.9	7-8
с. Богуслав	0.34-1.4	7-8
с. Вербки	0.9-2.3	8
с. В'язовок	0.7-2.2	7-8
с. Кочережки, в місці впадіння р. Вовча	0.7-2.2	7-8
с. Новоселівка	0.8-1.8	8
Самарське плесо	0.2-0.3	6-7
р. Вовча с. Покровка	0.9-4.7	8
с. Василівка	0.9-1.95	8
с. Кочережки, вище впадіння в р. Самару	1.1-3.5	8
р. Оріль: с. Царичанка	0.05-0.08	3-4
гирло, вище 500 м вище впадіння в р. Дніпро	0.8-1.05	8
р. Мокра Сура		
с. Новомиколаївка	0.8-1.2	8
с. Сурсько-Литовське	0.8-1.3	8
с. Ново-Олександрівка	1.2-1.5	8
гирло, вище 1 км. впадіння р. Дніпро	0.8-1.0	8
р. Інгулець р. Інгулець: Іскровське водосховище	0.05-0.06	3
с. Іскровка	0.1-0.3	3-4
с. Лозоватка	0.1-0.2	3-4
м. Кривий Ріг 500 м. нижче впадіння в р. Саксагань	0.3-0.4	6-7
с. Андріївка	0.3-0.5	6-7
р. Сксагань		
с. Сергіївка	0.05-0.2	3-5
с. Веселі Терни	0.3-0.3	6-7
м. Кривий Ріг	0.1-0.2	5-6
р. Жовта, вище впадіння в р. Інгулець	0.2-0.3	6-7

Біологічна дія нафтопродуктів залежить від форм їх існування в екосистемі. Максимальною токсичною дією характеризуються добре розчинні, стійкі до окислювання продукти переробки нафти. Найбільшу ступень токсичної дії мають емульсовані та сорбовані на частках форми завислих речовин. Це ж стосується нафтопродуктів, пов’язаних з донними

відкладинами. Таким чином, в кожному конкретному випадку негативний вплив нафтопродуктів на біотичну складову водних екосистем буде залежати від цілого ряду фізико-хімічних факторів, фази розвитку тих чи інших угруповань гідробіонтів, присутності речовин та сполук, що підсилюють або зменшують дію негативного впливу нафтопродуктів.

Узагальнення матеріалів аналітичних досліджень екологічного стану крупної ріки рівнинного типу при аварійному розливі нафти у зимовий період, дозволило зробити наступні висновки:

- рівень забруднення води розчинними нафтопродуктами на ділянках ріки, що розташовані в 20-100 км нижче місця аварії протягом усього періоду спостережень переважно знаходився в межах 1-3 ПДК, що фактично відповідало фоновому рівню;
- розчинені у воді нафтопродукти були представлені в основному н-алканами;
- розподілення розчинних н-алканів у товщі води залежало від глибини, у воді глибинного шару було відмічено збільшення частки важких вуглеводнів;
- забруднення води плівковими нафтопродуктами розповсюдилося на ділянку ріки протяжністю до 100 км. Максимальне забруднення з товщиною плівки від 0,008 до 0,02 мм відзначалось у районі аварії, на останніх ділянках товщина плівки не перевищувала 0,0001 мм;
- забруднення поверхневих (0,5 м) і глибинних шарів води (2,2 м) нерозчинними нафтопродуктами, виражене у масі речовини, що пройшло через переріз ріки за одиницю часу, на ділянці ріки, віддаленої від місця аварії на 20 км, складало від 0,2 до 3,5 кг/год. Максимальний рівень забруднення 0,9-3,5 кг/год відмічався у перші 10 днів з поступовим спадом у послідуючі дні;
- основними формами міграції нафтового забруднення виявилися нерозчинні нафтопродукти – плівкові і адсорбовані на зважених речовинах, у тому числі і на частинках сорбенту, що застосовувався для збору плівки нафти між бонами, що свідчить про недопустимість використання мілко поруватих сорбентів (наприклад «полісорб»), для збору нафти з поверхні води при низьких температурах.

ДОДАТОК Е.1

Характеристики Придніпровського регіону, як району розміщення об’єктів Придніпровської залізниці для оцінки їх рецептивного статусу.

Кліматичні особливост.і Клімат області помірно-континентальний. Ступінь континентальності збільшується з південного заходу на північний схід, на що указує збільшення амплітуди добових і річних температур повітря.

Однією з особливостей клімату території є значне коливання погодних умов з року в рік. Помірно вологі роки змінялися різко посушливими, які нерідко посилюються дією суховіїв. В цілому клімат характеризується щодо холодною взимку і жарким літом. Поєднання недостатнього зволоження (400-490 мм опадів і рік) і високих температур визначає в літні місяці сухість повітря. що збільшує дефіцит вологості і випаровуваність.

Найбільш сонячними місяцями є червень-серпень, коли тривалість сонячного сяйва досягає за місяць 280-310 годин, мінімальні ж величини (30-40 годин) доводяться на грудень, коли наголошується короткий день і велика вірогідність похмурого стану неба. В цілому ж за рік на території області Сонце світить близько 2000 годин. В середньому спостерігається 85 - 90 днів в році, коли сонячне сяйво повністю відсутнє із-за наявності хмарності. Взимку щомісячно спостерігається 15 - 20 похмурих днів, влітку – 1 - 2.

Тривалість зими на території області складає 3 - 3,5 місяця. Найнижчі температури спостерігаються в січні. Середньомісячна температура цього місяця - мінус 4-6°С, а зафіксований абсолютний мінімум склав мінус 38°С Характерною особливістю зимового сезону є часта відлига, коли температура повітря піднімається вище за нуль Як правило, відлига пов'язана з винесенням теплого повітря з Атлантики, Середземного і Чорного морів. Взимку переважає похмура погода. За сезон наголошується до 4% днів з осіданнями, загальна кількість яких доходить до 100 - 110 мм, що складам 20 - 25% від річної кількості Висота сніжного покриву чаші всього не перевищує 10 - 15 см Протягом зими напрям вітру міняється, проте деяке переважання мають вітри південно-східного напряму.

На початку весни характерні обложні осідання у вигляді мокрого снігу. У травні розвивається грозова діяльність, викликана посиленням конвекції. Середня кількість опадів за весняний сезон знаходиться в межах 100-110 мм.

Проте достатньо часто сильні і сухі вітри східних і південно-східних напрямів можуть викликати посушливі явища

Для літа характерна жарка, малохмарна погода Середньодобові температура найтеплішого місяця - липня складають в південних районах 26-27°С. на північ області зменшується до 23°С Абсолютний максимум температури складає 40°С. У найбільш дощовому місяці - червні середню кількість опадів перевищує 60 мм, а в окремі роки може збільшуватися до 180 - 200 мм або зменшуватися практично до нуля. Влітку переважають вітри північно-західної і північної чвертей.

Геологічні особливості. Територія Дніпропетровської області має складну геологічну будову Майже вся вона розташована в межах платформи Східно-Європейської, де процеси складкообразования закінчилися. В межі області потрапляють південно-східна частина Українського щита і частина Дніпровсько-Донецької западини. Південно-східна частина Українського щита підрозділяється на блоки Кіровоградський, Придніпровський і Приазовський, а два останніх розділяються Коноко-Ялинським грабеном. На південь від щита розташовується Причорноморська западина.

На схід від Українського щита знаходиться Дніпровсько-донецька западина, ускладнена в центрі Доно-Дніпровским грабеном В грабене, обмеженому розломами з багатокілометровою амплітудою, докембрийский фундамент опущений на глибину 5 - 10 км. Грабен виконаний середньо- і верхнедевонскими і кам'яновугільними відкладеннями Фундамент в западині поблизу грабена залягає на глибині 1800 - 2500 м, звідси йде поступове здіймання його до схилу Українського щита Вище каменноугольных залягають пермські, тріаси, юрські, меловые, палеогеновые і неогенові відкладення. У бік щита потужність їх систематично убуває.

Рельєф області є результатом тривалої і складної історії геологічного розвитку. Загальні риси будови рельєфу визначаються особливостями геологічної структури.

Українському щиту на території області відповідає крупна геоморфологическая область - Придніпровська піднесеність, що є частиною Української піднесеності. Дніпровсько-донецькій западині відповідає Придніпровська низовина. Причорноморській западині - Причорноморська низовина.

Придніпровська піднесеність протягується з північного заходу на південний схід України і відповідає Придніпровському блоку Українського щита, а саме, найнижчому його ступеню. Відмітки фундаменту коливаються від 0 до 180 м, а рельєфу - від 150 до 210 м. Середня висота Придніпровської височини - 182 м. Максимальна відмітка в межах області - 211 м Придніпровська височина служить містом зародження і вододілом численних приток Дніпра.

Кристалічні породи Українського щита оголюються в долині Дніпра і його приток між м. Дніпропетровськом і м. Запоріжжя ці породи утворили знамениті Дніпровські пороги, які після будівництва Дніпрогеса були затоплені Глибина розчленовування рельєфу Придніпровської височини 70 - 150 м.

Придніпровська низовина - це основна стародавня долина Дніпра з надпойменними терасами. Вона є рівниною із загальним ухилом поверхні зі сходу і північного сходу до Дніпра Середня висота низовини 130 м. Найбільші висоти в межах області знаходяться на межиріччі Орелі і Самари (191 м). найменші - в заплаві Дніпра – 50 - 55м. Таким чином, глибина розчленовування рельєфу досягає 130 - 140 м,. тісно пов'язана з ярусністю рельєфу.

У західній частині Дніпропетровської області розташована Причорноморська низовина, яка відповідає північній частині Причорноморської западини. Загальне падіння на південь поверхні кристалічного фундаменту складає в середньому 20 - 10 м/км.. Поверхня Причорноморської низовини відрізняється малою розчленованістю, середня густина ерозійного розчленовування – 0,3 - 0,5 м/км.. Коливання відносних висот складають 50 - 75 м. Обширні плоскі міжрічкові простори ускладнені рідкісними і пологими балками, плавними, ледве помітними поглибленнями, що мають в плані округлу або овальну форму і «поди». Діаметр подів зазвичай складає 300 - 500 м, глибина найчастіша – 2 - 5 м. Вирівненнісгь рельєфу пов'язана з тим, що Причорноморська низовина є за походженням первинною морською рівниною, рельєф якої перетворений геологічними процесами.

Характеристики стану та статусу водних ресурсів Придніпровського регіону. Водні ресурси області складаються із середньорічного стоку води з її території і надходження до неї річкових вод із суміжних територій.

Потенційні річні ресурси поверхневих і підземних вод області складають 53,3 км^3, включаючи:

- річний стік малих річок (межень) - 0,87 км^3 (1,6 %);

- ресурси прісних підземних вод - 0,3 км^3 (0,56 %);
- поверхневий стік з територій водозбірних басейнів річок Самари, Вовчої, Орілі, Інгульця та інших малих водотоків - 1,53 км^3 (2,9 %);
- транзитний стік р. Дніпро - 50,6 км^3 (94,94 %).

Малі річки області в середній і нижній течії характеризуються підвищеною мінералізацією, забруднені токсичними речовинами, мають малі ресурсу та непридатні для господарсько-питного і промислового водопостачання. У річки Самара і Вовча скидаються високомінералізовані води підприємств Центрального і Західного Донбасу. Малі річки правобережної частини області також характеризуються низькою якістю вод.

Усього в області 291 мала річка (довжиною понад 10 км), загальною довжиною 4926 км, 95 водосховищ, 2932 ставки та 1237 озер. Понад 30 річок майже цілком замулені, перетворилися на сухі балки, 88 річок цілком зарегульовані системою малих водойм; русла річок між водоймами залишаються сухими, постійна течія води в них не спостерігається. Вода з водойм використовується для зрошення, рибальства і господарських потреб. Багато балок використовуються як колектори стічних вод та як ємності для складування «хвостів» збагачення сировини гірничо-збагачувальних комбінатів, для будівництва ставків-накопичувачів рудничних і шахтних вод.

Основним джерелом господарсько-питного і технічного водопостачання промислово-міських агломерацій: Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ, Кривий Ріг, Павлоград та інших – є ріка Дніпро, води якої задовольняють встановленим стандартам.

На р. Дніпро в межах, області побудовано понад 30 потужних насосних станцій, які подають воду магістральними трубопроводами різним споживачам.

Територією області проходять 2 великих канали: «Дніпро-Донбас» (500 км), «Дніпро-Кривий Ріг» (42,5 км).

Ресурси підземних вод прийнятної, (але не задовільної) якості на території області є в досить обмежених кількостях і формуються, в основному, поза меж масиву кристалічних порід Українського щита - на територіях районів лівобережної частини області - в алювіальних відкладах річок і піщаних відкладах палеогену. Загальні ресурси прісних і солонуватих вод складають менше 5 % водоспоживання області. У цих районах розвідано 48 господарсько-питних водозаборів з експлуатаційними запасами підземних вод понад 450 млн. м^3/рік. Крім того, на території правобережжя області пробурені й експлуатується багато десятків свердловин для дрібних та індивідуальних водоспоживачів.

ДОДАТОК Е.2

Методико-аналітичний блок запропонованого програмно-аналітичного ресурсу

Мета розробки.

За останній час на залізничному транспорті активізувалася робота по зниженню шкідливого впливу на навколишнє середовище, поліпшенню використання природних ресурсів, дотриманню природоохоронного законодавства. Проте ця робота не повною мірою відповідає сучасним вимогам, оскільки не забезпечує системний підхід до вирішення природоохоронних проблем, виконання природоохоронних заходів.

Дана дипломна робота і її інформаційний супровід пропонується з метою глибшого освітлення екологічної обстановки на залізничному транспорті України, та розробка комп'ютерної системи управління екологічними ризиками.

Вимоги до системи.

Вимоги до функціональних характеристик.

Інформаційна система повинна забезпечувати користувача найновішою інформацію про екологічний стан підприємств; забезпечувати авторизований вхід в систему, достовірність інформації, що отримується, та виконання розрахунків екологічних ризиків відповідно до внесених користувачем параметрів.

Дані до виходу.

Результатом використання програми є отримання набору показників відповідно запиту користувача , та результати запитів к БД у вигляді таблиць. Також ІС надає результати розрахунків екологічних ризиків відносно вибраних ситуацій.

Вимоги до надійності

Одним із критеріїв правильного функціонування ПП є забезпечення надійності його роботи. Вимоги до надійності програмного продукту наступні:

при збої обладнання робота ІС може бути продовжена за рахунок резервних серверів;

при внутрішньому збої в програмному комплексі результати роботи, які були отримані, повинні бути збережені в БД для подальшого відновлення;

програма не повинна допускати невимушену втрату та пошкодження даних, що оброблюються;

кількість відмов системи не повинна перевищувати однієї відмови на 2000 запусків системи (під відмовою слід вважати непрацездатність системи після її запуску, тобто необхідність запустити систему повторно).

Вимоги до складу та параметрів технічних засобів

Вимоги до системи, пов'язані з 64-розрядним версіями SQL Server 2012 Express, Express з інструментами, Express з додатковими службами:

Процесор

Тип процесора:

Не менш: AMD Opteron, AMD Athlon 64, Intel Xeon з підтримкою Intel EM64T, Intel Pentium IV з підтримкою EM64T.

Швидкодія процесора:

Не менш: 1,4 ГГц

Рекомендована: 2,0 ГГц і вище

Операційна система

Windows Server 2008 R2 Datacenter з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Windows Server 2008 R2 Enterprise з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Windows Server 2008 R2 Standard з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Windows Server 2008 R2 Foundation з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Windows Server 2008 R2 Web з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Windows 7 Ultimate з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)
Windows 7 Enterprise з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)
Windows 7 Professional з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)
Windows 7 Home Premium з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)
Windows 7 Home початкова з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)
Windows Server 2008 Datacenter з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Server 2008 Enterprise з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Server 2008 Standard з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Server 2008 Foundation з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Server 2008 Web з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Vista Ultimate з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Vista Enterprise з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Vista Business з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Vista Home Premium з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)
Windows Vista Home Basic з пакетом оновлень 2 (SP2) (64-розрядна)

Пам'ять

ОЗУ:

Не менш: 512 МБ для SQL Server Express, 512 МБ для SQL Server Express з інструментами і SQL Server, експрес-випуск з додатковими службами

Рекомендується: 1 ГБ

Операційні системи для SQL Server 2012 містять вбудоване мережеве програмне забезпечення. Іменовані екземпляри і екземпляри за замовчуванням ізольованою установки підтримують такі мережеві протоколи:

- спільна пам'ять;
- іменовані канали;
- протокол TCP / IP;
- протокол VIA.[1]

Для коректного функціювання клієнтської частини ІС необхідно виконати наступні вимоги:

Процесор

Тип процесора:

Не менш: AMD Opteron, AMD Athlon 64, Intel Xeon з підтримкою Intel EM64T, Intel Pentium IV з підтримкою EM64T.

Швидкодія процесора:

Не менш: 1,4 ГГц

Рекомендована: 2,0 ГГц і вище

Операційна система

Windows 7 Ultimate з пакетом оновлень 1 (SP1) (64-розрядна)

Пам'ять

ОЗУ:

Не менш: 2 GB

Дисковий простір:

400 MB

Монітор

Монітор Super VGA з роздільною здатністю 800x600 пікселів або більш високим.

Також необхідно підключення до Інтернет, якщо серверна частина знаходиться не у локальній мережі, та мережеве обладнання, якщо серверна частина знаходиться у локальній мережі. Для з'єднання з серверною частиною використовуються стандартні програмні протоколи.

Вимоги до захисту інформації

Для розподілення прав доступу серед користувачів використовується виборче управління доступом. Воно передбачає розподілення користувачів на дві групи:

- Адміністратори;
- Звичайні користувачі.

Права адміністратора:

- Внесення змін до серверу БД;
- Розподілення користувачів по групам;
- Визначення прав доступу групам користувачів;
- Усі права звичайного користувача;
- Додавання нових користувачів до системи.

Права звичайних користувачів:

- Доступ до інформації БД(тільки читання);
- Використання усіх можливостей програмного інтерфейсу, окрім функцій визначених тільки для адміністратора.

Також існує суперкористувач, який може змінювати структуру БД, інтерфейс та має усі можливі права.

Для авторизації на сервері БД використовуються перевірка справжності Windows або перевірка справжності SQL SERVER.

Структура ІС

Узагальнена структура ІС наведена нижче (рис.Е.2.1)



Рисунок Е.2.1 – Загальна схема САЕР

Зміст і етапи Робіт

- Провести теоретичні дослідження по розробці типових програм
- Розробити програмний продукт.
- Розробити і погоджувати відповідно до чинного законодавства і нормативних актів рекомендації по застосуванню програмної системи (САЕР) залізницях.

Вибір середовища розробки програмного забезпечення

Для розробки інтерфейсу користувача була вибрана мова програмування C# на основі платформи .NET FRAMEWORK 4.0. При виборі даної мови програмування та платформи враховувались наступні фактори:

- раціональність використання мови програмування;
- мереже орієнтованість та новизна мови програмування,що найбільш відповідає технічним умовам поставленої задачі;

У якості програмного середовища розробки було вибрано Visual Studio 2010, що має широкий набір функцій і можливостей (ДОДАТОК Ж).

Для розробки, обслуговування та управління БД інформаційного центру було вибрано Microsoft SQL Server 2012, за переваги у використанні разом з вибраними середовищем розробки та мовою програмування (ДОДАТОК З).

Засобом зв'язку між інтерфейсом користувача та БД інформаційного центру може виступати як локальна мережа (в основному для більш зручного та професіонально потребуючого способу внесення змін до БД інформаційного центру), так і глобальна мережа INTERNET.

Для зв'язку клієнта з сервером через Інтернет або локально використовуються стандартні засоби, програмного середовища розробки та мережеві протоколи:

- спільна пам'ять;
- іменовані канали;
- протокол TCP / IP;
- протокол VIA.[7]

Основні алгоритми програмного продукту САЕР

Інтерфейс користувача був створений за допомогою мови програмування C# та середовища розробки Visual Studio 2010, що зумовило вигляд алгоритмів інтерфейсу користувача та основної частини програмного продукту. C# являє собою повністю об'єктно-орієнтовану мову розробки, тому алгоритм програмного продукту частини інтерфейсу, має вигляд форм, які взаємодіють одна з одною (рис. Е.2.2).

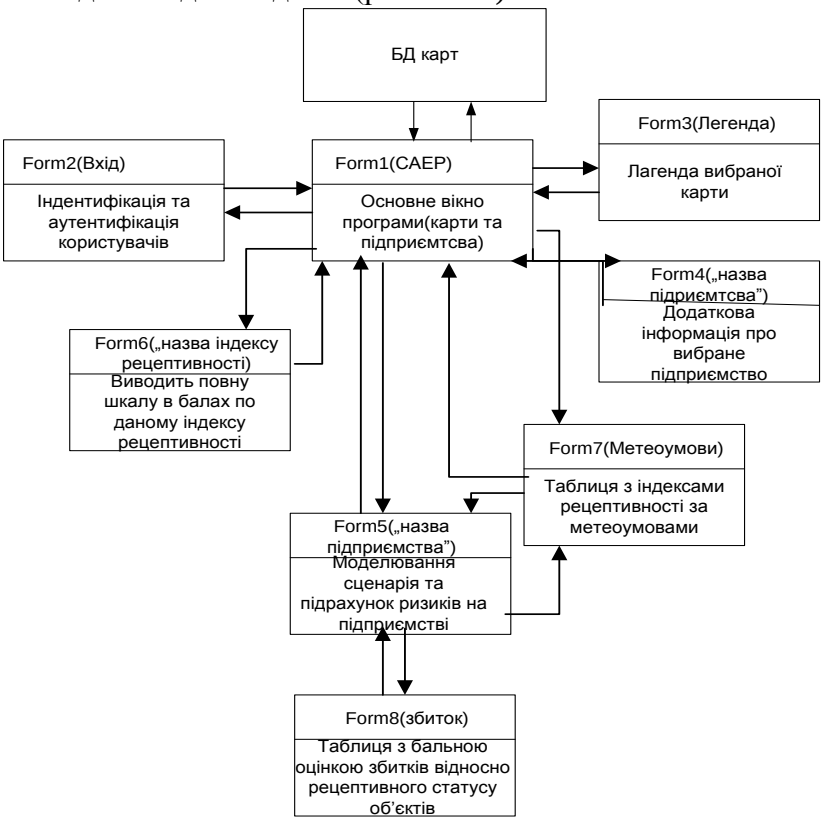


Рисунок Е.2.2 – Схема клієнтської частини САЕР

Також мною було розроблено базу даних інформаційного центру для підтримки даного програмного продукту (САЕР). Розроблена БД підтримується Microsoft SQL Server 2012. На схемі показані основні зв'язки між таблицями БД (рис. Е.2.4), які реалізовані у самій системі управління БД. Подальші відносини реалізовані за допомогою частини користувача програмного продукту САЕР. Кожна таблиця має описану нижче структуру (рис.Е.2.3)

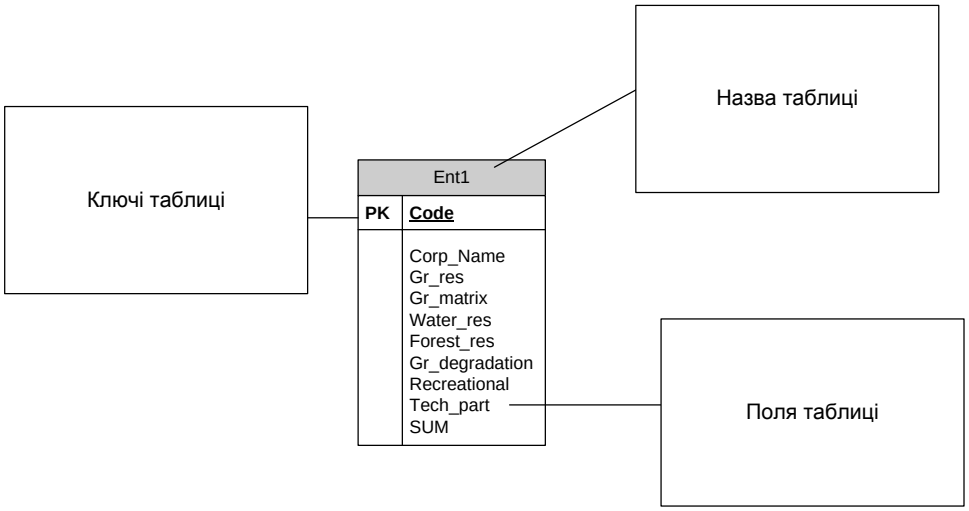


Рисунок Е.2.3 – Структура таблиці БД

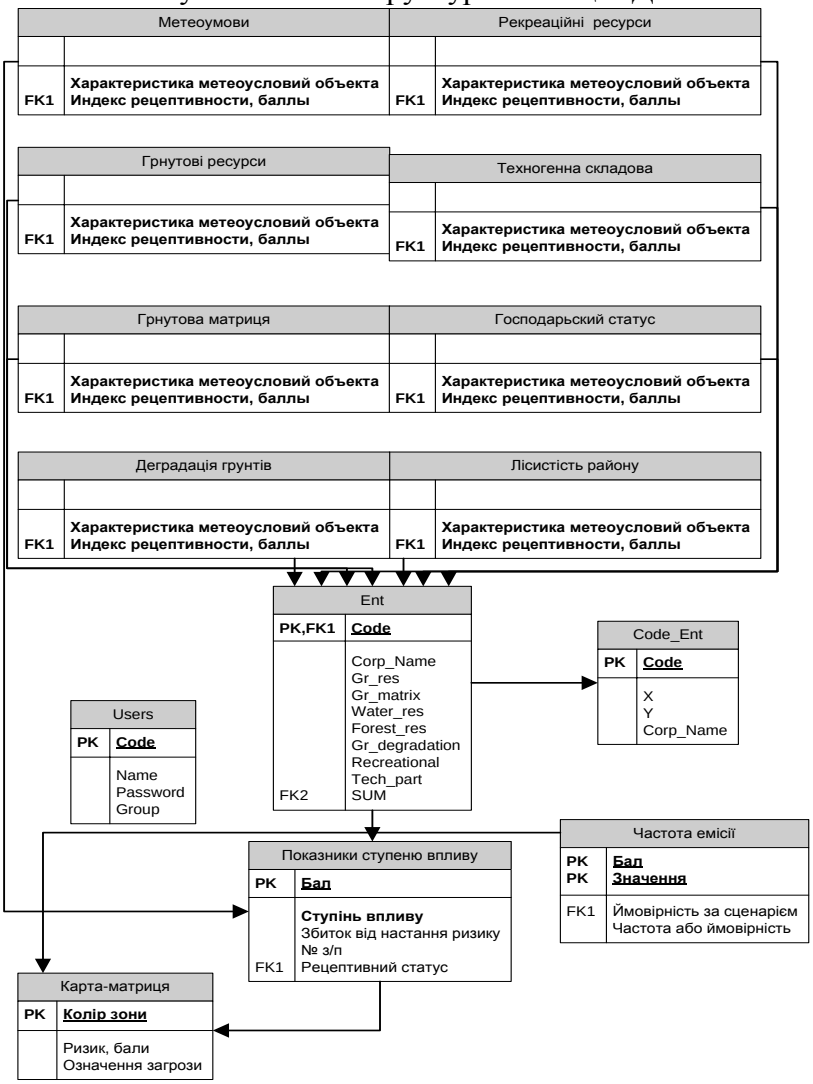


Рисунок Е.2.4 - Структура БД на основі Microsoft SQL Server 2012

Опис програмного продукту

САЕР представляє собою клієнт-серверну ІС.

Клієнтська частина

Клієнтська частина складається з 4 основних частин (рис.Е.2.1):

- Експертна система;

- Моделююча система;
- Система взаємодії з користувачем;
- БД карт (після завершення розробки основної частини карт стане частиною серверу).

Система взаємодії з користувачем представляє собою декілька форм, на яких розташовані карти, елементи відображення серверних БД, інформація про систему та вікна розрахунків і моделювання екологічних ризиків на підприємствах залізниці (рис.2.2).

Опис математичного апарату експертної систем та системи моделювання наведено у дипломній роботі Трєпак Слав'яни Юріївни . Дані системи використовуються для моделювання різноманітних ситуацій на підприємствах залізниці відповідно вибраних користувачем параметрів, та оцінки екологічних ризиків. При цьому усі данні користувач отримує завдяки системі взаємодії с користувачем(інтерфейс програми).

Форма входу в САЕР (Form2) (рис. Е.2.5) складається з:

- Кнопки виходу;
- Кнопки входу;
- Поля вводу ім'я користувача;
- Поля замаскованого вводу пароля.

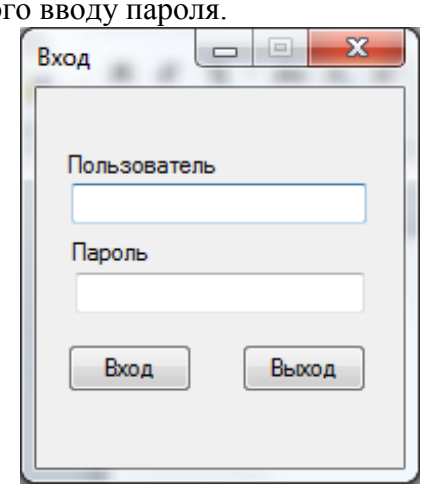


Рисунок Е.2.5 – Form2 Вікно ідентифікації та аутентифікації користувачів.

При натисканні кнопки входу, якщо користувач проходить індетифікацію та аутентифікацію, дане вікно закривається та відкривається основне вікно програми (Form1) (рис. Е.2.6).

Основне вікно програми складається з наступних пунктів меню:

- Файл
  - Друк (функція не реалізована)
  - Зміна користувача (повертається на вікно входу в систему)
  - Вихід(виходить з системи)
- Пошук (не реалізована)
- Карти (вибір карти за рецептивним статусом)
  - Деградація ґрунтів
  - Водні ресурси
  - Лісні ресурси
  - Ґрунтові ресурси
  - Рекреаційні ресурси
- Об'єкт
  - Залізниця (вибір карти залізниці)
    - Львівська
    - Південно-Західна
    - Південна
    - Одеська

        - Придніпровська
        - Донецька
    - Промислові об’єкти (не реалізована)
- Довідка
    - Про систему (видає інформацію про програмний продукт)
    - Допомога (допомога користувачеві)
- Вигляд
    - Легенда (якщо активоване виводить вікно легенди для мапи, яка відображається у головному вікні (Form3) (рис.Е.2.8)
    - Дод. Інформація (виводить вікно з таблицею по даному рецептивному статусу)
    - Техногенна частина (виводить таблицю бальної оцінки рецептивного статусу техногенної складової)
    - Матриця ґрунтів (виводить таблицю бальної оцінки рец. Статусу за матрицею ґрунтів)
    - Метеорологічні умови (виводить таблицю бальної оцінки рецептивного статусу за метеорологічними умовами)
- Адміністрування(не реалізована, відображається активною, якщо користувач належить до групи адміністраторів)
    - Користувачі
    - Підприємства
    - Карти

У самому вікні відображається вибрана карта, та на ній - значки підприємств. Значок підприємства являє собою елемент PictureBox, при натисканні на який спливає додаткова інформація про підприємство (рис Е.2.7).

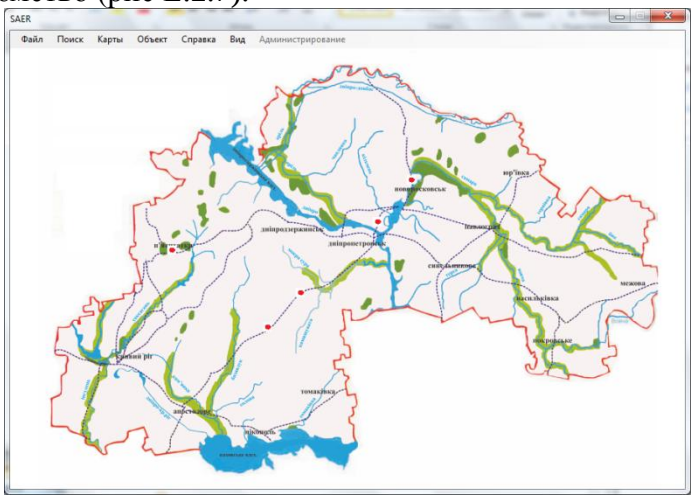


Рисунок Е. 2.6 – Form1 Основне вікно програми.

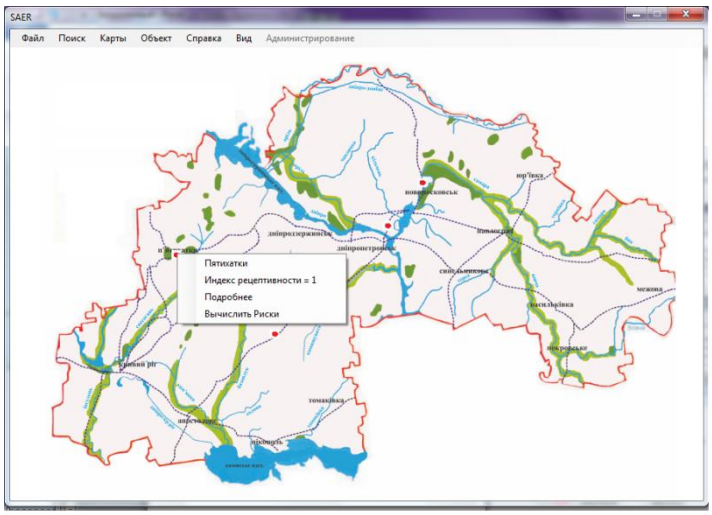


Рисунок Е.2.7 – меню підприємства(у головному вікні)

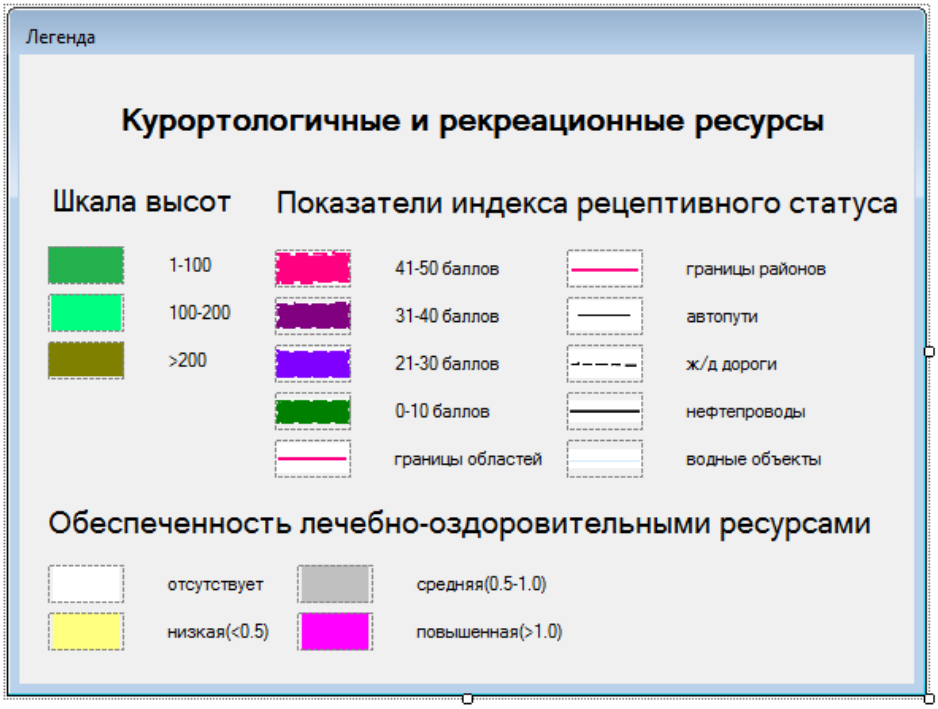


Рисунок Е.2.8 – Form3, легенда відображаємої мапи

Після вибору на з’явившийся підказці по підприємству Пункта «Підрахувати ризики» з’явиться вікно моделювання сценарію (Form5) (рис. Е.2.9). З такими елементами:

- 1 - е поле з вибором метрологічних умов у балах згідно інформаційної таблиці з бальним описом індексів рецептивності відносно метеорологічних умов;
- 2 – е поле з вибором частоти емісії на даному підприємстві відносно рецептивного статусу об’єкту;
- кнопка «розрахувати ризики» - після натискання виводиться категорія ризиків (колір зони), в якій знаходиться дане підприємство із заданими користувачем ситуаційними параметрами (метеорологічними умовами та частотою емісії);
- кнопка «назад» для повертання до головного вікна програми.

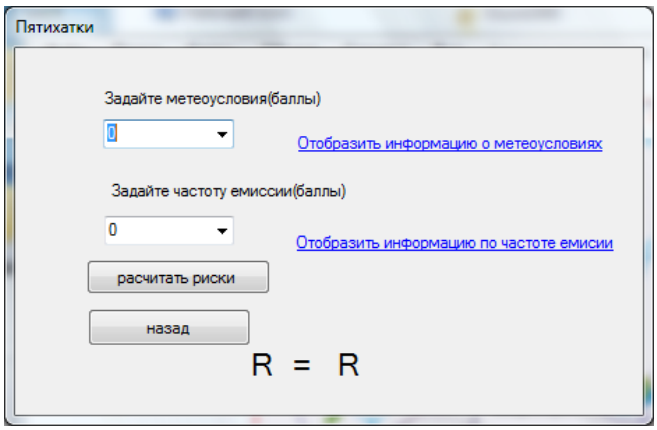


Рисунок Е.2.9 - Form5. Форма моделювання та підрахунку ризиків.

Усі допоміжні вікна з бальною інформацією з рецептивних статусів мають наступний вигляд (рис. Е.2.10) (Form6-8):

- В центрі - таблиця з бальною оцінкою та характеристиками
- Внизу - кнопка «Сховати» для хования даного вікна

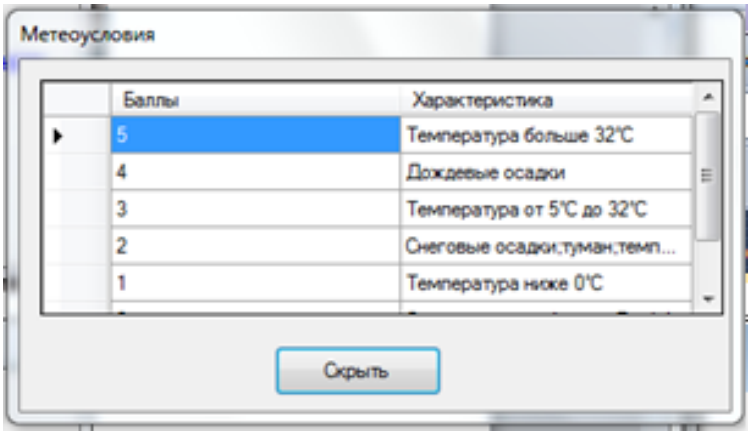


Рисунок Е.2.10 – Допоміжне вікно інформації з бальної оцінки індексів рецептивності підприємств залізниці

Для захисту клієнтської частини від НД використовується клас System. Security. Cryptography. MD5 з стандартного класу .Net Framework 4.0 System. Security. Cryptography. HashAlgorithm, від якого успадковуються всі реалізації хеш-алгоритму MD5. За допомогою цього хеш-алгоритму хешується введений користувачем пароль у полі MaskedTextBox1 Form2 (рис.Е.2.5), далі зчитується пароль із БД, який відповідає введеному користувачем логіну і порівнюється з отриманим раніш хешем. Якщо хеші сов падають, тоді користувачеві надається доступ до Form1 (основного вікна програми) та права відносно тієї групи якій він належить. Ці транзакції здійснюються наступними методами програмного коду:

```
private void button1_Click(object sender, EventArgs e)
        {

            SAERDataSetTableAdapters.UsersTableAdapter ad = new
SAERDataSetTableAdapters.UsersTableAdapter();
            DataTable name = ad.GetData();


            try
            {
                DataRow startsWith = name.AsEnumerable().

                    First(users => users.Field<string>("Name") == textBox1.Text);
```

```
            string hash = startsWith.Field<string>("password");
            string source = maskedTextBox1.Text;
            string group = startsWith.Field<string>("group");
            if (verifyMd5Hash(source, hash))
            {
                Form1 main = new Form1(group);
                main.Show();
                Hide();
            }
            else
            {
                MessageBox.Show("Пароль не верный");
            }


        }
        catch (InvalidOperationException)
        {
            MessageBox.Show("Данный пользователь не существует");
        }

    }
    static string getMd5Hash(string input)
    {
        // Create a new instance of the MD5CryptoServiceProvider object.
        MD5 md5Hasher = MD5.Create();

        // Convert the input string to a byte array and compute the hash.
        byte[] data = md5Hasher.ComputeHash(Encoding.Default.GetBytes(input));

        // Create a new Stringbuilder to collect the bytes
        // and create a string.
        StringBuilder sBuilder = new StringBuilder();

        // Loop through each byte of the hashed data
        // and format each one as a hexadecimal string.
        for (int i = 0; i < data.Length; i++)
        {
            sBuilder.Append(data[i].ToString("x2"));
        }

        // Return the hexadecimal string.
        return sBuilder.ToString();
    }

    // Verify a hash against a string.
    static bool verifyMd5Hash(string input, string hash)
    {
        // Hash the input.
        string hashOfInput = getMd5Hash(input);

        // Create a StringComparer an compare the hashes.
        StringComparer comparer = StringComparer.OrdinalIgnoreCase;

        if (0 == comparer.Compare(hashOfInput, hash))
        {
            return true;
        }
        else
        {
            return false;
        }
```

```
        }

    }
```

Серверна частина

Серверна частина складається з 2 складових:

- БД ІС;
- Системи управління БД.

Структура та зв’язки між таблицями БД серверної частини представлені вище (рис. Е.2.3 та рис. Е.2.4).

Для системи управління БД обрано MS SQL Server 2012 (рис.Е.2.11).

Перевірка справжності користувачів на сервері виконується завдяки перевірці справжності користувачів Windows. Налаштування системи управління виконується відносно облікових записів користувачів Windows.

Структура БД ІС складається із 14 таблиць (рис.Е. 2.4). Таблиця з бальними оцінками усіх факторів для кожного з підприємств є основною, та заповнюється експертом. Бальні оцінки беруться з 8 допоміжних таблиць бальної оцінки індексів рецептивності за їх характеристиками. З цієї таблиці береться основна частина даних для підрахунку ризиків обраного підприємства. Опис кожної за таблиць приведено у таблиці нижче (табл. Е.2.1).

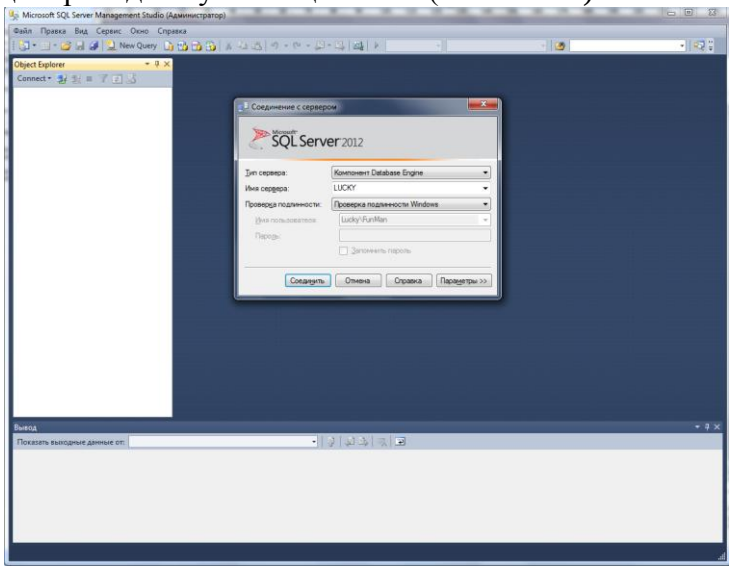


Рисунок Е.2.11 – Головне вікно MS SQL Server 2012

Таблиця Е.2.1

Опис таблиць баз даних ІС

№	Назва таблиці	Назва таблиці у системі	Зміст
Індекси рецептивності об'єкту за:			
1	метеоумовами	Met	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за метеоумовами
2	рекреаційні ресурси	Rec	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за рекреаційними та курортологічними ресурсами
3	ґрунтові ресурси	Grunt	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за ґрунтовими ресурсами
4	техногенна складова	Tech	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за техногенною складовою
5	ґрунтова матриця	GrMatr	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за грунтовою матрицею

6	господарський статус	Gospst	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за господарським статусом
7	деградація ґрунтів	GrDegr	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за деградацією ґрунтів
8	лісистість району	Forest	бальна оцінка характеристик індексів рецептивності за лісними ресурсами
Інші таблиці			
9	Підприємства	Ent	бальна оцінка по кожному с факторів для кожного з підприємств
10	Координати підприємств	CorEnt	координати знаходження підприємства на карті
11	користувачі	Users	користувачі системи, їх група та пароль
12	Показники ступеню впливу	Minfl	характеристика збитків відносно рецептивного статусу
13	Частота емісії	Empos	частота емісій за сценарієм
14	карта-матриця ризиків	map	відповідність бальної оцінки зоні ризику з карти-матриці ризиків

ДОДАТОК Ж.1

Обладнання для аерації методом висхідного потоку



Рис. Ж.1.1. Реактор з компресором, блоком термоелементів та вузлом контролю параметрів.



Рис. Ж.1.2. Люфти і датчики для відбору проб з метою контролю якісних параметрів очистки.



Рис.Ж.1.3. Камера для завантаження грунту.



Рис.Ж.1.4. Загальний вигляд модулю з камерами для завантаження грунту.

Всього 4 камери: A, B, C, D.

ДОДАТОК Ж.2
Визначення фітотоксичного ефекту та порівняльної фіторемедіації

Сьогодні найбільш перспективними та екологічними методами мінімізації екологічних ризиків та збитків при забрудненні ґрунтів нафтопродуктами є використання, як методів доочистки – процесів фіторемедіації. Для розробки рекомендацій щодо рослинних типів, які можуть бути використанні, як фіторемедіанти на конкретних територіях в конкретних умовах, необхідно визначити фітотоксичні ефекти для тест-культур та залишкову токсичність за різними типами ґрунтів і нафтопродуктів.

Методика визначення залишкової токсичності ґрунту.

Використання методу визначення показника фітотоксичності дозволяє провести вибір рекомендованих рослинних різновидів для проведення ефективного процесу фіторемедіації при доочищенні ґрунтів від нафтопродуктів. Хід експерименту виконувався наступним чином: у кожну з експериментальних чашок вносили ґрунтовий субстрат - дерново-підзолистий ґрунт до і після очищення, потім зволожили проби до 70% (таку вологість підтримували впродовж всього експерименту) і висівали в кожну чашку по 20 зерен тест–культури.

Можливі три варіанти проведення експерименту: 1-й - до ґрунту додають досліджувану на фітотоксичність речовину; 2-й - порівнюють два ґрунти (або більше) попарно - незабруднений і забруднений; 3-й - забруднений ґрунт додається до незабрудненого в зростаючій кількості (навіть до 100%). Було обрано 2-й тип досліджень (порівняльний), оскільки він вважається найбільш показовим в нашому випадку. Всі дослідження проводилися не менше, ніж в чотирьох повтореннях. Суміші ґрунтів з домішками ретельно перемішувалися і витримувалися в перебігу 3-ох діб.

Через три доби, на четвертий день експерименту чашки Петрі поміщали в інкубатор, де підтримували постійне освітлення та температуру впродовж 14-ти годин (з 6.00 до 20.00ч.). У таких умовах тест-культуру вирощували впродовж 14 діб.

Спостерігали за наступними показниками: час появи паростків і їх кількість впродовж кожної доби; оцінка загального пророщування насіння на кінець експерименту; після закінчення експерименту обережно звільняли рослини від ґрунту і вели підрахунок кореневих волосків пророслих зерен; підсушували на повітрі і визначали їх вагу (результати фіксували щодо всіх проростков, і паралельно робили перерахунок на одну "середню" рослину).

Співвідношення отриманих експериментальних даних з контролем дозволяє визначити чинник токсичності. Також зверталася увага на колір рослин (раннє пожовтіння), характер коріння і інші морфологічні особливості.

Фітотоксичний ефект може бути розрахований згідно різним показникам (маса рослин % пошкоджених рослин або % паростків і ін.).

Розрахунок проводили виходячи з маси рослин, при цьому фітотоксичний ефект $Ф_e$ (%) розраховували згідно наступної формули:

$$Ф_e= ((M_0-M_x)/M_0)*100,$$

де: M_0- маса всіх контрольних рослин в 1 чашці; M_x - маса рослин, які вирощені на токсичному середовищі.

Експерименти з вивчення залишкової токсичності ґрунту за різними видами рослин і ґрунтів дозволяють провести дослідження на значній території і дати оцінку фоновому чиннику токсичності ґрунтів, а також екологічному стану приведеної території. Бажаним підсумком у такому разі є карта, яка б демонструвала розповсюдження (або відсутність) токсичних речовин і дозволила б ранжирувати територію за рівнем (рангом) забруднення різних її ділянок.

Зі всіх ґрунтових розрізів зразки для елементного аналізу відбирали в основному горизонті A_1. Відбір проб проводився на відстані 20 м і 90 м від головки рейки. Грунтові зразки підсумовувалися. Загальна кількість вивчених зразків дорівнює 76.

Таблиця Ж.2.1

Результати підрахунку кількості проростків

День експерименту	Чистий грунт, поява паростків, кількість, шт		Забруднений грунт, поява паростків, кількість, шт	
	Номери проб			
	I	II	III	IV
5	3	4	0	0
7	6	8	0	0
10	11	14	0	1
14	18	19	0	1

Аналіз спостережень свідчіть про те, що на нафтозабруднених ґрунтах значна частина тест-культур не дала позитивного ефекту зросту, а за деякими культурами (Костер, Вівсяниця, Крупка, Гулявник, Дороникум) у нафтозабруднених пробах паростки зовсім були відсутні, що свідчило про 100% фітотоксичний ефект, тому за переліченими тест-культурами дослідженя далі не проводились, оскільки їх використання для фіторемедіації недоцільно.

Проаналізуємо процес пророщення (рис. Ж.2.1 – Ж.2.6)та визначимо фітотоксичний ефект за тест-культурою – осот.

Звільняємо зерна з грунту, підсушуємо, зважуємо і визначаємо фототоксичний ефект.

День 5:



а ***б***

Рис. Ж.2.1. Визначення зростання проростків на 5 день з дня висадки в обидва типи ґрунтів.

а - очищений грунт; ***б*** – забруднений грунт

День 10:



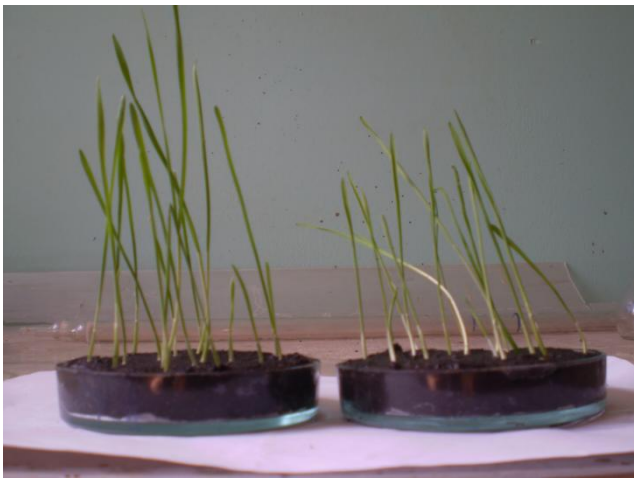
а ***б***

Рис. Ж.2.2. Визначення зростання паростків на 10 день з дня висадки в обидва типи ґрунтів.

а - очищений грунт; ***б*** – забруднений грунт



а



б

Рис. Ж.2.3. Візначення зростання паростків на 14 день з дня висадки в очищеному грунті.

а - вид зверху; ***б*** – вид збоку (висота найбільшего паростка - 11см, найбільша кількість паростків 18 шт.)

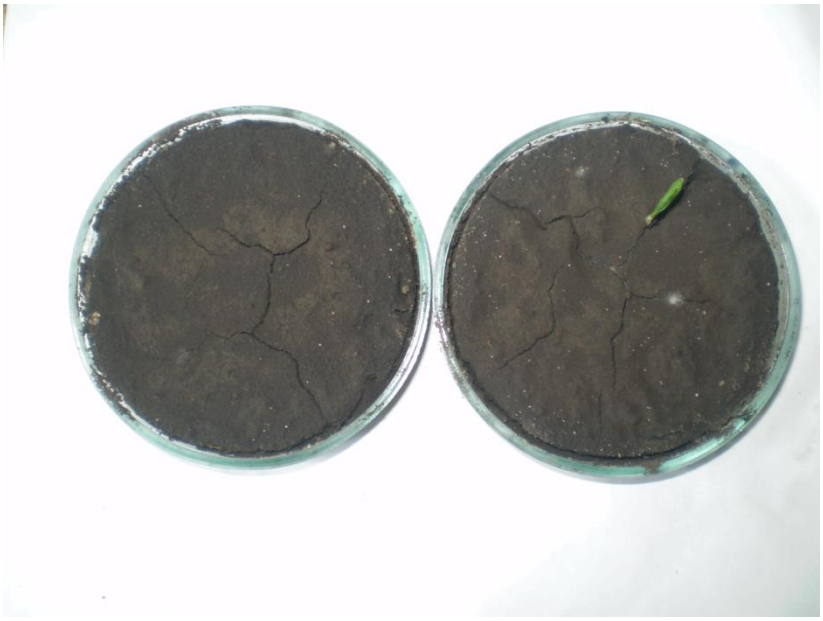


Рис. Ж.2.4. Визначення зростання паростків на 14 день з дня висадки в забрудненому грунті.

(висота найбільшого паростка - 2,7см, найбільша кількість паростків -1 шт.)



а ***б***

Рис. Ж.2.5. Облік кількості пророщеного насіння в обох чашках на 14 день з дня висадки в забрудненому грунті.

а - чашка А (висота найбільшого паростку - 2,7см, найбільша кількість пророщеного насіння - 1 шт.); ***б*** – чашка Б (паростки - відсутні, найбільша кількість пророщеного насіння - 1 шт.)



а ***б***

Рис. Ж.2.6. Облік кількості пророщеного насіння в обох чашках на 14 день з дня висадки в очищеному ґрунті.

а - чашка А (висота найбільшого паростку - 11см, найбільша кількість пророщеного насіння - 18 шт.); ***б*** – чашка Б (висота найбільшого паростку - 10см, найбільша кількість пророщеного насіння - 17 шт.)

Таким чином, з отриманих результатів маємо:

M_0- маса контрольної рослини (або всіх рослин в 1 чашці) - середнє значення - 1,2 г;

M_x - маса рослини, яка вирощена на токсичному середовищі, - середнє значення – 27,0 г.

$$Ф_е = ((27,0 - 1) / 27)) * 100 = 95,5 \%$$

Величина показника фітотоксичного ефекту вказує на істотний вплив забруднення ґрунту бензином на пророщення навіть такої стійкої культури як осот. Тобто, застосування фіторемедіації повинно проводитись за певними рекомендаціями – залишкова концентрація нафтопродукту не повинна перевищувати 30 г/кг.

Проведення порівняльної фіторемедіації.

В процесі фіторемедіації відбуваються всі метаболічні процеси: поглинання води з ґрунту, акумуляція і розкладення органічних і неорганічних забруднювачів. Важливу роль в детоксикації поллютантів грає різосфера рослин (різодеградація). В порівнянні з існуючими фізичними і хімічними методами ремедіації ґрунтів фіторемедіація найбільш ефективна..

Одним з важливих чинників, який зазвичай враховується при рішенні питання про фіторемедиацію і сільськогосподарське використання забруднених нафтопродуктами земель, є негативний вплив поллютанта на зростання і розвиток оброблюваних на ній культур.

У роботі з оцінки фітотоксичного ефекту (рис. Ж.2.7 – Ж.2.9)було досліджено широкий спектр рослинного покриву в смузі відводу залізниць і протестовано найбільш стійку та розповсюджену культуру – осот . Отже, оскільки досить значна частка залізничних магістралей проходить вздовж сільськогосподарських угідь дуже важливим є визначення ймовірного ступеню впливу нафтової емісії на цінні сільськогосподарські культури.

В процесі проведення фіторемедіації були зафіксовані і позначені: 1 день - висадка пшениці в I – суглинок; II – супісок; III – чорнозем, в 3-х пробах очищений, чистий, забруднений бензином.

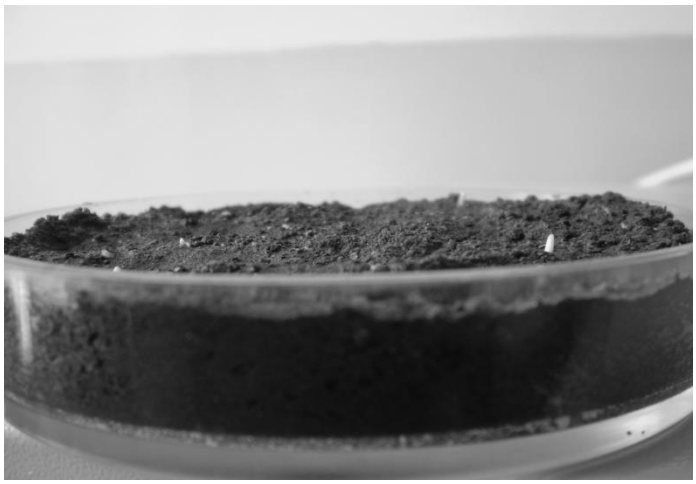
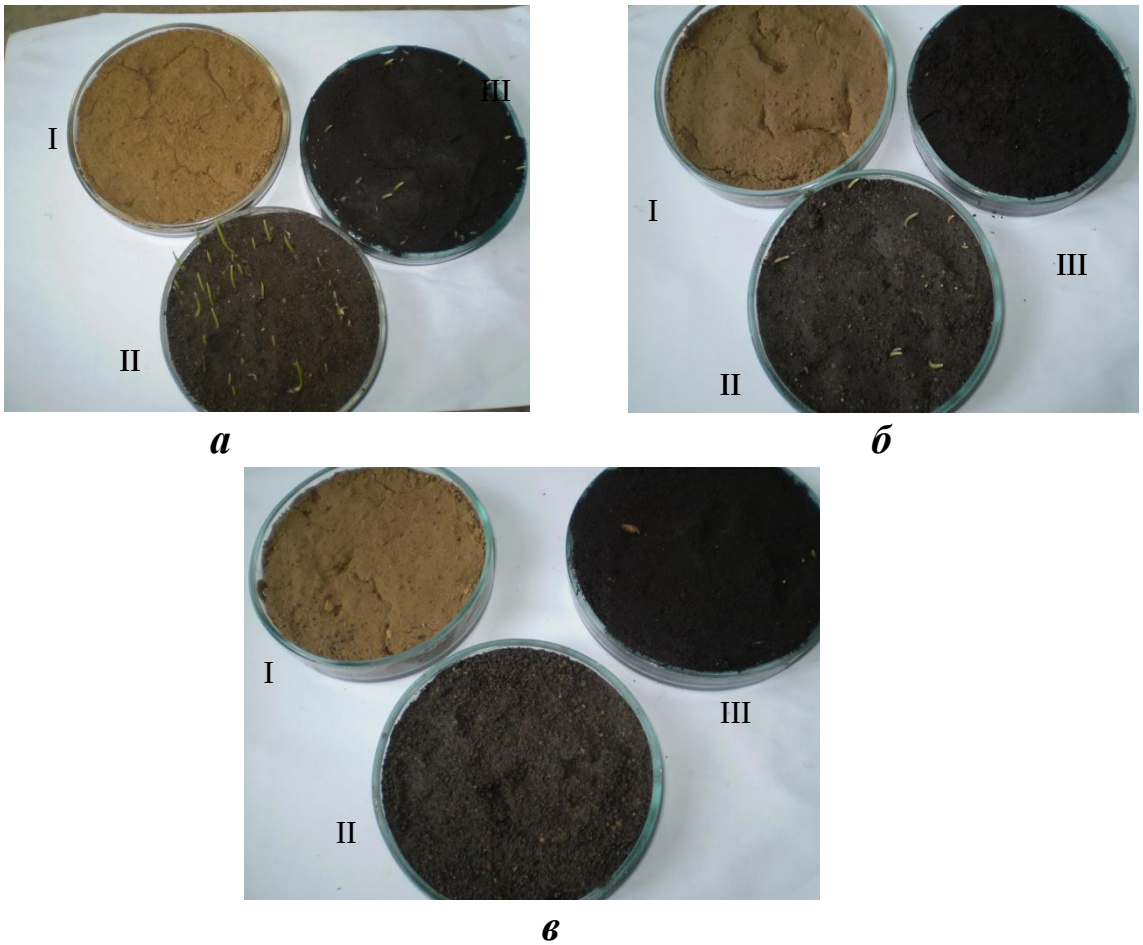


Рис. Ж.2.7. 1 день - висадка пшениці в грунт

4 день - поява першого паростка в чисто1м ґрунті.

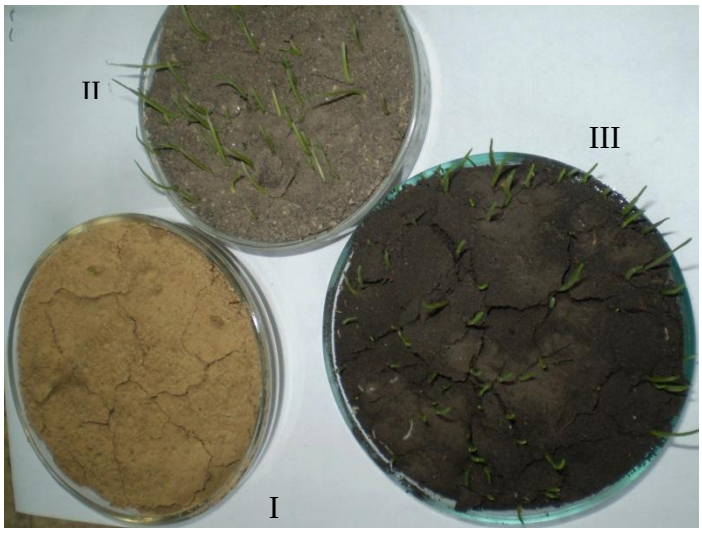


а ***б***

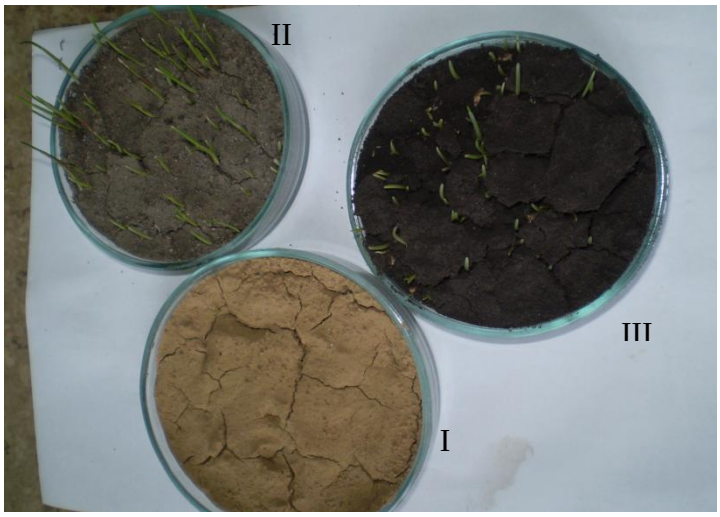
в

Рис. Ж.2.8. Визначення схожості насіння на 6 день висадки.

а – чистий грунт; ***б*** – очищений грунт; ***в*** - забруднений грунт. I – суглинок; II – супісок; III – чорнозем.



а



б



в

Рис. Ж.2.9. Спостереження за пророщенням насіння на 10 день (у всіх пробах).

а – чистий грунт; ***б*** – очищень грунт; ***в*** - забруднений грунт.

I – суглинок; II – супісок; III – чорнозем.



а



б



в

Рис. Ж.2.10. Підведення підсумків дослідження, спостереження за пророщенням насіння на 14 день.

а – чистий грунт; ***б*** – очищений грунт; ***в*** - забруднений грунт.

I – суглинок; II – супісок; III – чорнозем.

ДОДАТОК Ж.3

Підбір та розрахунок обладнання для запропонованої технологічної схеми регенерації відпрацьованих моторних олив

У якості змішувачів у технологічній схемі пропонується використовувати спеціальні ємкості з мішалками. Існує декілька типів пристроїв для змішування, а саме лопатеві, рамні, якірні, турбінні, пропелерні та інші. Лопатеві змішувачі застосовують для перемішування рідин з в'язкістю до 0,1 Па·с; так як динамічна в'язкість відпрацьованої оливи складає 0,048 Па·с (при температурі змішування 60^{o}С), то можна рекомендувати їх для застосування у технологічній схемі. Зокрема, для змішування відпрацьованої оливи з реагентами і згодом присадкою нами пропонується використовувати широколопатеві змішувачі, перший із яких буде обладнаний нагрівальним елементом – змійовиком. Рисунки таких змішувачів наведені на рисунку 1.

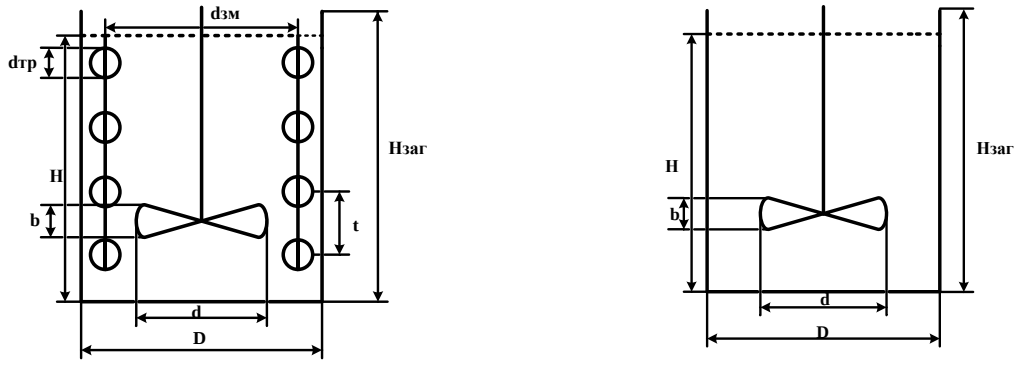


Рисунок Ж.3.1 – Схеми змішувальних пристроїв
а – широколопатевий зі змійовиком; б – широколопатевий

Розрахунок змішувача зводиться до визначення його потужності, інтенсивності перемішування з отриманням основних габаритних розмірів – висоти шару рідини H, діаметру ємкості D, діаметру мішалки d, , ширини лопатей мішалки, діаметру змійовика $d_{зм}$ та його пускової потужності (для випадку наявності нагрівального елементу).

Для розділення суспензії, що утвориться після змішування відпрацьованої оливи з реагентами у реакторі-мішалці I ступені, пропонується використовувати осаджуючі центрифуги періодичної дії. Серед сучасних базових моделей розрізняють центрифуги типів ОГН – горизонтальні з ножовим вивантаженням осаду (центрифуги ОГН-903К-01 і ОГН-903К-02, ОГН-903Т-02, 2ОГН-2201У-03), ОТР – трубчасті з ручним вивантаженням осаду (центрифуги ОТР-101К-01), ОМБ та ОМД– маятникові з нижнім приводом (центрифуги ОМБ-803, ОМД-802) [52].

Технологічний розрахунок центрифуг зводиться до визначення їх продуктивності і витрати енергії на центрифугування з підбором відповідних габаритних розмірів [88, 90–93].

Розрахунок змішувача I ступені зі змійовиком

Об'єм ємкості для змішування

Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулою:

$$V_{äi} = \frac{G}{\rho \cdot K},$$

де К=0,7…0,8 – коефіцієнт заповнення ємкості, приймаємо К=0,7;

ρ – густина середовища.

Розрахунок густини середовища проводимо по формулі:

$$\frac{1}{\rho}=\sum_{1}^{n}\frac{x_n}{\rho_n},$$

де n – кількість компонентів суміші; x_n – вміст n-ї речовини у загрузці, мас. долі; ρ_n – густина n-ї речовини, кг/м ^{3}.

Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень, на 100 кг оливи додаємо 2,7 % по масі неонолу та 1 % по масі АБСК. Тобто суміш буде складатися зі 100 кг оливи, 2,7 кг неонолу і 1 кг АБСК, що в сумі складає 103,7 кг. Після підрахунку масових доль кожного компоненту отримуємо:

оливи – 96,4 %, тобто 0,964 мас.д.,

неонолу – 2,6 %, тобто 0,026 мас.д.,

АБСК – 1 %, тобто 0,01 мас.д.

Густина відпрацьованої оливи складає 911 кг/м ^{3}, густина неонолу – 1046 кг/м ^{3}, густина АБСК – 1140 кг/м ^{3}.

Обчислюємо:

$$\frac{1}{\rho}=\frac{0{,}964}{911}+\frac{0{,}026}{1046}+\frac{0{,}01}{1140}=\frac{109}{100000},$$

тоді $\rho=\frac{100000}{109}=917{,}43$ кг/м ^{3}

ρ=917,43 кг/м^3=0,917 т/ м^3.

При відомій величині добової продуктивності загрузка апарату дорівнює:

$$G=\frac{G_{äîá}\cdot\tau_{ö}}{24},$$

де $\tau_ц$ – час циклу, що дорівнює сумі тривалості загрузки компонентів для перемішування $\tau_з$, часу самого перемішування $\tau_п$ та вивантаження готової суміші із апарату $\tau_в$.

У нашому випадку $\tau_з=\tau_в$=0,25 год., $\tau_п$=0,5 год., тому

$\tau_ц$=0,25+0,5+0,25=1 год.

Продуктивність апарату приймаємо такою, що дорівнює 650 кг на 1 годину; тоді $G_{доб}$=15600 кг/доб.= 15,6 т/доб., тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G та $V_{ап}$ дорівнюють:

$$G=\frac{15{,}6\cdot 1}{24}=0{,}65 \text{ т/год;}$$

$$V_{an}=\frac{0{,}65}{0{,}917\cdot 0{,}7}=1{,}01 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об’єм апарату таким, що дорівнює 1 м^3.

Тоді загальний об’єм ємкості мішалки $V_{заг}$ складе: $V_{ап}$/К=1,0/0,7=1,43 м^3; приймемо $V_{заг}$ =1,5 м^3.

Потужність змішувача

Критеріальне рівняння, яке описує процес перемішування, має вигляд:

$$Eu=f(\mathrm{Re},Fr,\Gamma_1,\Gamma_2,\Gamma_3\ldots),$$

де Eu – критерій Ейлера, що дорівнює:

$$Eu = \frac{A}{\mathrm{Re}^m},$$

Re – критерій Рейнольдса, що дорівнює:

$$\mathrm{Re} = \frac{\rho \cdot n \cdot d^2}{\mu},$$

Fr – критерій Фруда, що дорівнює:

$$Fr = \frac{n^2 \cdot d}{g},$$

Γ_1=D/d, Γ_2=b/d, Γ_3=H/d, …– геометричні конструктивні особливості мішалки, що враховують її діаметр, висоту шару рідини та інше.

Крім того, ρ – густина рідини, кг/м^3; n – частота обертання мішалки, с$^{-1}$; d – діаметр мішалки, м; μ – динамічна в'язкість рідини, Па·с; D – діаметр ємкості, м; b – ширина лопатей мішалки, м; H – висота шару рідини, м; g – прискорення вільного падіння, м/с^2.

Для обчислення рівняння Ейлера величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45 ^{o} маємо наступні характеристики:

A=4,05, m=0,2, H/d=3, D/d=3, b/d=0,33;

Приймаємо n=80 об./хв.=1,33 с$^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апарату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1$ м^3, т.я. H=D, тоді:

$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1}{3{,}14}} = 1{,}08$ м, округляємо до 1,1 м, тоді H=1,1 м.

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати 0,7 діаметра ємкості d=0,77 м; b=0,25 м.

Для нашого випадку n дорівнює 3: змішуємо відпрацьовану оливу, АБСК та неонол.

Розрахунок густини середовища проведено вище.

В'язкість суміші була виміряна відповідно до ГОСТ 33-82 «Визначення кінематичної в'язкості та розрахунок динамічної в'язкості» одразу після перемішування рідин до початку процесу коагуляції при температурі змішування 60 ^{o}C. Отриманий результат динамічної в'язкості суміші дорівнював 0,048 Па·с.

Розрахуємо Re:

$$\mathrm{Re} = \frac{917 \cdot 1{,}33 \cdot (0{,}77)^2}{0{,}048} = 15064{,}72$$

Розрахуємо Eu:

$$Eu = \frac{4{,}05}{(15064{,}72)^{0{,}2}} = \frac{4{,}05}{6{,}85} = 0{,}59$$

Для врахування присутності у мішалці змійовика розрахунок можна провести наступним чином при Re=50…50000 (у нашому випадку Re=15064,72):

$$Eu = \frac{7{,}1}{\mathrm{Re}^{0{,}135}},$$

Тоді

$$Eu = \frac{7{,}1}{(15064{,}72)^{0{,}135}} = \frac{7{,}1}{3{,}66} = 1{,}94$$

Розрахуємо Fr за формулою:

$$Fr = \frac{(1{,}33)^2 \cdot 0{,}77}{9{,}81} = 0{,}14$$

Потужність, що використовує мішалка, розраховуємо за формулою:

$$N = Eu \cdot \rho \cdot n^3 \cdot d^5,$$

Також потужність мішалки можна розрахувати наступним чином:

$$N = A \cdot d^{5-2 \cdot m} \cdot n^{3-m} \cdot \rho^{1-m} \cdot \mu^m,$$

У деяких авторів замість критерія Ейлера у формулі використовується коефіцієнт опору ξ, який можна знайти графічно (f=(Re, ξ)) для конкретного типу мішалки; при цьому можна побачити, що для нашого типу мішалки і за такого значення числа Рейнольдса ξ дорівнює Eu.

Так як тільки формула обрана враховує критерій Ейлера, а відповідно і підтип лопастевої мішалки, розрахуємо робочу потужність мішалки саме за нею:

$$N = 1{,}94 \cdot 917 \cdot (1{,}33)^3 \cdot (0{,}77)^5 = 1132{,}88 \text{ Вт}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при H/D=1): D/d=2; b/d=0,885; $d_{зм}$=1,3· d; $d_{тр}$=0,066· d; t=0,12·d.

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$H / D = 1{,}1 / 1{,}1 = 1;$

$D / d = 1{,}1 / 0{,}77 = 1{,}43;$ тоді корегуючий коефіцієнт при a=1,1 і α=D/d=2

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d}\right)^a = \left(\frac{1{,}1}{2 \cdot 0{,}77}\right)^{1{,}1} = 0{,}69$$

$b / d = 0{,}25 / 0{,}77 = 0{,}33;$ тоді корегуючий коефіцієнт при k=0,3 і β= b/d =0,885

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d}\right)^k = \left(\frac{0{,}25}{0{,}885 \cdot 0{,}77}\right)^{0{,}3} = 0{,}74$$

Значення коефіцієнтів a, α, k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

$N = 1132{,}88 \cdot 0{,}69 \cdot 0{,}74 = 578{,}45$ Вт

Крім того, $d_{тр} = 0{,}066 \cdot 0{,}77 = 0{,}05$ м

$d_{зм} = 1{,}3 \cdot 0{,}77 = 1{,}00$ м

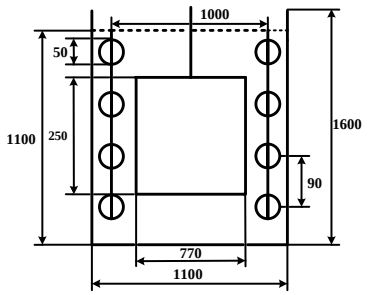
$t = 0{,}12 \cdot 0{,}77 = 0{,}09$ м

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{заг}$ загальна висота мішалки $H_{заг}$ буде дорівнювати: $4 \cdot V_{заг} / (\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 1{,}5 / (3{,}14 \cdot (1{,}1)^2) = 1{,}58$ м.

Приймаємо $H_{заг}$=1,6 м.

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами :

D=1,1 м = 1100 мм;
d=0,77 м = 770 мм;
H=1,1 м = 1100 мм;
b=0,25 м= 250 мм;
$d_{зм}$=1,50 м = 1000 мм;
$d_{тр}$=0,05 м = 50 мм;
t=0,09 м = 90 мм;
$H_{заг}$=1600 мм



Пускова потужність мішалки залежить від робочої обчислюється за формулою:

$$N_i = N \cdot \frac{K + Eu}{Eu},$$

де $$K = 3{,}87 \cdot \frac{h}{d},$$

Константа для лопатевих мішалок дорівнює h=0,6.

Розрахуємо пускову потужність:

$$K = 3{,}87 \cdot \frac{0{,}6}{0{,}77} = 3{,}02$$

Тоді $N_n = 578{,}45 \cdot \frac{6{,}28 + 1{,}94}{1{,}94} = 2450{,}96$ Вт

Електродвигун для приводу мішалки підбирають по значенню робочою потужності із врахуванням моменту обертання у період пуску.

Потужність електродвигуна визначається за формулою:

$$N_{дв} = \frac{N}{1000 \cdot \eta},$$

де η – к.к.д. передачі від електродвигуна до мішалки; η=0,6…0,7.

Приймемо значення η=0,6, тоді:

$$N_{дв} = \frac{2450{,}96}{1000 \cdot 0{,}6} = 4{,}1 \text{кВт}$$

Відповідно до цього розрахунку можемо підібрати електродвигун необхідної потужності.

Розрахунок центрифуги

Одним із основних критеріїв оцінки ефективності роботи центрифуги є фактор розділення Ф:

$$Ф = \frac{\omega^2 \cdot r}{g} = \frac{n^2 \cdot r}{900},$$

де ω=π·n/30 – кутова швидкість барабану, м/с;

n – частота обертання ротору, $с^{-1}$;

r – внутрішній радіус ротору, м;

g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$.

Лабораторні дослідження проводились за наступних параметрів: частота обертання ротору складала 3000 обертів на хвилину, тобто 50 $с^{-1}$, при цьому фактор розділення дорівнював 1850.

Виходячи з цих даних обираємо центрифугу з найближчими значеннями цих параметрів, основним будемо вважати Ф. Найбільш відповідає нашим вимогам горизонтальна центрифуга з ножовим вивантаженням осаду, а саме марка ОГН-903К-02 (рисунки Ж.3.2 – Ж.3.4, таблиця Ж.3.1.).

Така центрифуга призначена для розділення суспензій у широкому діапазоні дисперсностей та концентрацій твердої фази, що має середньо- та дрібнодисперсну структуру з розміром зерна більше 5 мкм. Центрифуга консольна, герметизована, із вибухозахисним електрообладнанням. Деталі центрифуги, які контактують з оброблюваним продуктом, виконані з корозійностійкої сталі 12Х18Н10Т.

Технічні характеристики центрифуги наведені в таблиці Ж.3.2.

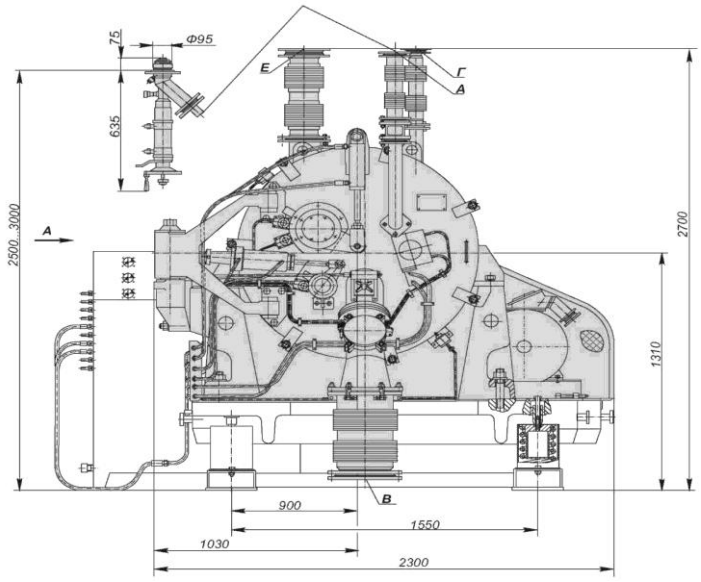


Рис. Ж.3.2. Загальний вигляд центрифуги з ножовим вивантаженням осаду марки ОГН-903К-02

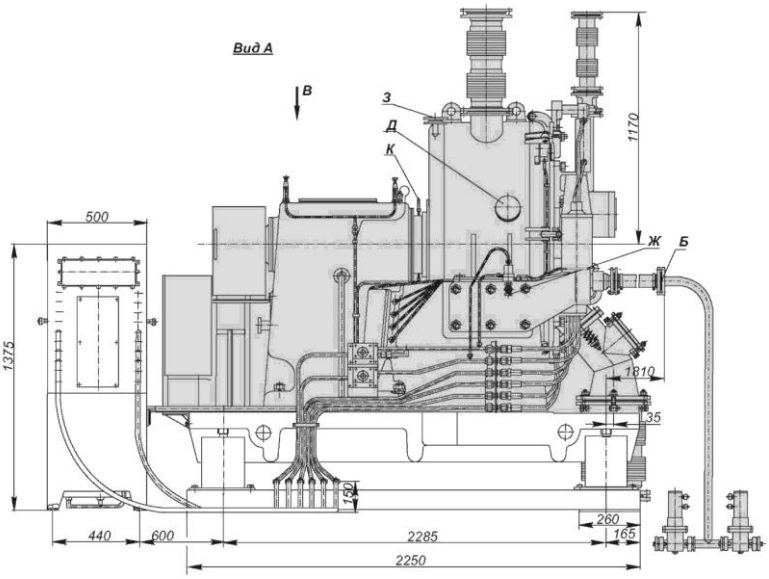


Рис. Ж.3.3. Вид А центрифуги марки ОГН-903К-02

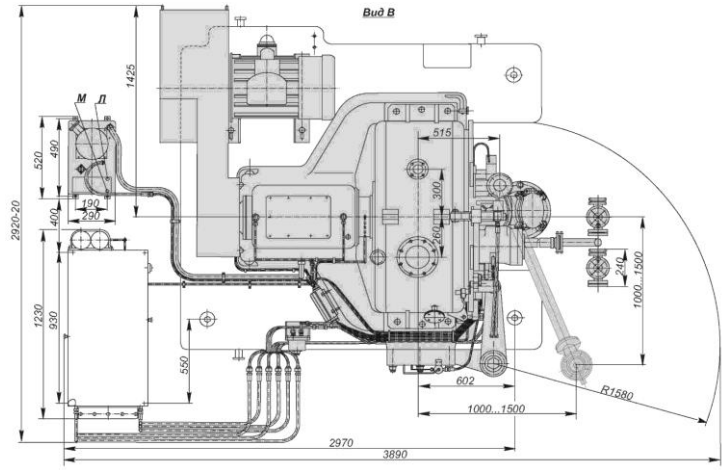


Рис. Ж.3.4. Вид В центрифуги марки ОГН-903К-02

Таблиця Ж.3.1.

Штуцери центрифуги марки ОГН-903К-02

Позначення на рисунку 3.3	Призначення штуцера	Кількість	Прохід умовний Dy, мм	Тиск умовний Ру, МПа
А	Подача суспензії	1	65	0,02
Б	Відвід освітленої рідини	1	50	1,5
	Відвід витоку освітленої рідини	1	75	-
В	Вихід осаду	1	250	-
Г	Подача інертного газу	1	50	0,005
Д	Відбір проб	1	25	-
Е	Відсмоктування парів із кожуха	1	150	-
Ж	Підвід повітря	1	15	0,2–0,4
З	Подача промивної рідини	1	25	0,3
И	Подача охолоджуючої води до ущільнення центрифуги	1	6	0,1
К	Відвід охолоджуючої води із ущільнення центрифуги	1	6	-
Л	Підвід води для охолодження оливи оливостанції підшипників центрифуги	1	10	0,1
М	Відвід води від оливостанції охолодження підшипників центрифуги	1	10	-

Таблиця Ж.3.2.

Технічні характеристики центрифуги марки ОГН-903К-02

Критерій	Одиниці вимірювання	Значення
Діаметр ротора,	мм	900
n	об./хв..	1730
Ф	-	1508
Максимально допустиме завантаження	кг	195
Ємкість ротора	$дм^3$	145
Потужність приводу	кВт	30
Коефіцієнт віброізоляції	-	173
Статичне навантаження на несучу конструкцію	Н (кгс)	72300 (7230)
Динамічне навантаження на несучу конструкцію	Н (кгс)	330 (33)
Маса центрифуги	кг	2830
Маса центрифуги з віброізоляцією	кг	8700
Габаритні розміри: довжина ширина висота	мм	 2250 2300 2700

Так як Ф (1508) пропонованої центрифуги менше, ніж на тій на якій проводились дослідження (1850), пропонуємо збільшити час центрифугування до 45 хв.

Розрахунок змішувача ІІ ступені

Об'єм ємкості для змішування. Об'єм ємкості періодичної дії мішалки розраховують за формулами наведеними вище.

Коефіцієнт заповнення ємкості приймаємо К=0,8; розрахунок густини середовища ρ.

Підготовлену оливу змішуємо з присадкою у співвідношенні, рекомендованій виробником, тобто на 1 л оливи додаємо 32 мл кондиціонеру. Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень, густина суміші дорівнює ρ=910,2 кг/$м^3$=0,91 т/ $м^3$.

Маса суміші оливи з реагентами після першого змішувача повинна дорівнювати масі завантажених компонентів, тобто 1000 кг. Виходячи з отриманих результатів лабораторних досліджень розрахунок будемо вести виходячи з максимального виходу продукту, тобто 94%.

Тоді маса очищеної оливи після центрифуги, що необхідна для заправки одного тепловоза, буде складати 0,94·G=0,94·1000=940 кг.

При підрахунку часу циклу роботи мішалки, що дорівнює сумі тривалості загрузки компонентів для перемішування $\tau_з$, часу самого перемішування $\tau_п$ та вивантаження готової суміші із апарату $\tau_в$, приймаємо наступні значення: $\tau_з=\tau_в=0,25$ год., $\tau_п=0,5$ год., тому $\tau_ц=0,25+0,5+0,25=1$ год.

Продуктивність апарату приймаємо такою, що дорівнює 940 кг за 1 годину; тоді $G_{доб}$=22560 кг/доб.= 22,56 т/доб., тобто кількості, необхідній для заправки одного тепловоза. Тоді G за формулою (4.8) та $V_{ап}$ (4.6) дорівнюють:

$$G = \frac{22,56 \cdot 1}{24} = 0,94 \text{ т/год;}$$

$$V_{an} = \frac{0,94}{0,91 \cdot 0,8} = 1,29 \text{ м}^3.$$

Приймаємо об'єм апарату таким, що дорівнює 1,3 м^3.

Тоді загальний об'єм ємкості мішалки $V_{заг}$ складе: $V_{ап}/К=1,3/0,8=1,63$ м^3.

Основні компоненти критеріального рівняння (4.9), яке описує процес перемішування, викладені у формулах (4.10 - 4.12).

Для обчислення рівняння (4.10) величини постійних A і m обирають залежно від типу мішалки; для обраної нами двохлопатевої мішалки з лопатями під кутом 45 ^{o} маємо наступні характеристики:

A=4,05, m=0,2, H=D, b/d=0,33;

Приймаємо n=80 об./хв..=1,33 с$^{-1}$; виходячи з робочого об'єму ємкості апарату приймаємо: $V = H \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 1,3$ м^3, т.я. H=D, тоді:

$$D = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 1,3}{3,14}} = 1,18 \text{ м, тоді H=1,18 м.}$$

Також приймемо діаметр мішалки, що має складати 0,7 діаметра ємкості [92] d=0,83 м; b=0,27 м.

Для нашого випадку n дорівнює 2: змішуємо підготовлену оливу та кондиціонер.

В'язкість суміші дорівнює 0,045 Па·с (при 60 ^{o}C).

Розрахуємо Re за формулою (3.6):

$$\text{Re} = \frac{910,2 \cdot 1,33 \cdot (0,83)^2}{0,045} = 18532,42$$

Розрахунок Eu проведемо за формулою (3.5):

Тоді $$Eu = \frac{4,05}{(18532,42)^{0,2}} = \frac{4,05}{7,14} = 0,57$$

Розрахуємо Fr:

$$Fr = \frac{(1,33)^2 \cdot 0,83}{9,81} = 0,15$$

Потужність, що використовує мішалка, розраховуємо за формулою (4.14):

$$N = 0{,}57 \cdot 910{,}2 \cdot (1{,}33)^3 \cdot (0{,}83)^5 = 480{,}79 \text{ Вт}$$

Обраній нами мішалці відповідають наступні стандартні характеристики (при H/D=1): D/d=2; b/d=0,885.

Перевіримо відповідність проведених розрахунків стандартним розмірам:

$H / D = 1{,}18 / 1{,}18 = 1$;

$D / d = 1{,}18 / 0{,}83 = 1{,}42$; тоді корегуючий коефіцієнт при a=1,1 і α=D/d=2

$$F_D = \left(\frac{D}{\alpha \cdot d}\right)^a = \left(\frac{1{,}18}{2 \cdot 0{,}83}\right)^{1{,}1} = 0{,}69$$

$b / d = 0{,}27 / 0{,}83 = 0{,}33$; тоді корегуючий коефіцієнт при k=0,3 і β= b/d =0,885

$$F_b = \left(\frac{b}{\beta \cdot d}\right)^k = \left(\frac{0{,}27}{0{,}885 \cdot 0{,}83}\right)^{0{,}3} = 0{,}74$$

Значення коефіцієнтів a, α, k та β взяті відповідно до типу обраної мішалки.

Тоді приводна потужність мішалки складе:

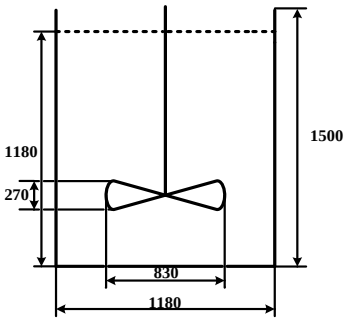
$$N = 480{,}79 \cdot 0{,}69 \cdot 0{,}74 = 245{,}49 \text{ Вт}$$

Враховуючи загальний об'єм ємкості мішалки $V_{заг}$ загальна висота мішалки $H_{заг}$ буде дорівнювати:

$4 \cdot V_{заг}/(\pi \cdot D^2) = 4 \cdot 1{,}63/(3{,}14 \cdot (1{,}18)^2) = 1{,}50$ м.

Таким чином отримуємо мішалку з наступними розмірами :

D=1,18 м = 1180 мм;
d=0,83 м = 830 мм;
H=1,18 м = 1180 мм;
b=0,27 м= 270 мм;
$H_{заг}$=1,50 м= 1500 мм



Розрахуємо пускову потужність мішалки, попередньо визначивши К:

$$K = 3{,}87 \cdot \frac{0{,}6}{0{,}83} = 2{,}80$$

Тоді $N_n = 245{,}49 \cdot \frac{2{,}8 + 0{,}57}{0{,}57} = 1451{,}41$ Вт

Електродвигун для приводу мішалки підбираємо по значенню робочої та пускової потужностей за наведеними формулами.

Приймемо значення η=0,6; значення потужності електродвигуна при врахуванні робочої потужності становитиме):

$$N_{дв} = \frac{245{,}49}{1000 \cdot 0{,}6} = 0{,}41 \text{ кВт}$$

Значення потужності електродвигуна при врахуванні пускової потужності становитиме (формула (4.20)):

$$N_{дв} = \frac{1451{,}41}{1000 \cdot 0{,}6} = 2{,}42 \text{ кВт}$$

ДОДАТОК Ж.4

Вивчення взаємодії ПАР з нафтопродуктами

Хід експерименту. У кожну чашку Петрі налили по 30 мл води, потім додали по 1 мл нафти та дали відстоятися протягом 1 години. Пробу №1 (рис. Ж.4.1) залишили для порівняльного зразку (холостою).

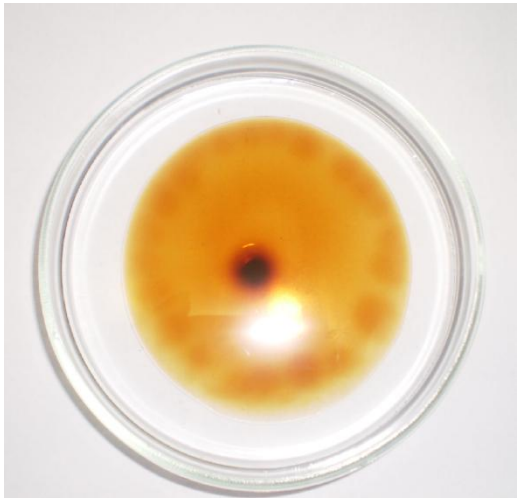


Рис. Ж. 4.1. Візуальний вигляд порівняльного зразку – «Проба №1» (холоста).

До решти проб додали по 2 мг кожного з досліджуваних ПАР, за процесом взаємодії велись візуальні спостереження протягом 10 діб. Результати взаємодії та візуальні зміни фіксували оптичними приладами.

В результатом візуальних спостережень було зроблено наступні висновки:

візуальний вигляд порівняльної проби лишався незмінним протягом всього спостереження;

- Ейлера за візуальними спостереженнями позитивних результатів надали аспарал-Ф та сульфанол;
- при внесенні сульфанолу у центр нафтової плями, як бачимо на рис. 2, спостерігався миттєвий процес відцентрового переміщення нафти до вінців чашки Петрі;
- у випадку взаємодії з аспаралом-Ф спостерігався досить швидкий процес седиментації суцільної плями нафти.

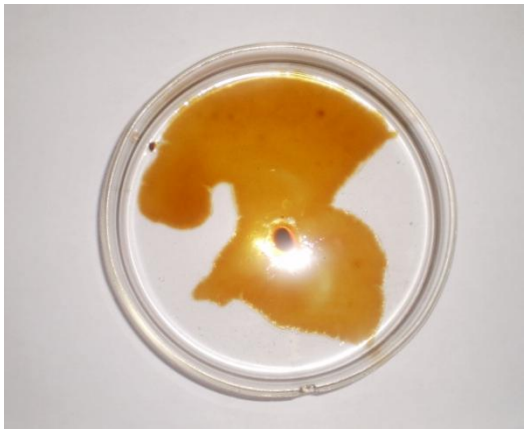


Рис. Ж.4.2. Спостереження за внесенням сульфанолу до центру нафтової плями.



Рис. Ж.4.3. Спостереження за внесенням аспаралу-Ф до центру нафтової плями.

Продовжуючи свої спостереження за дослідами, через одну добу нами було відмічено наступне:

- у пробі №1 (з холостим зразком) відбулася агломерація суцільної нафтової плівки на поверхні води;

- візуальні спостереження за пробою з сульфанолом (рис. Ж.4.3) продемонстрували процес агломерації нафтової плівки на поверхні води біля вінців чашки Петрі;
- у пробі з аспаралом-Ф відбулося розділення нафтової плівки на окремі фрагменти у центрі чашки Петрі і по її краях (рис. Ж.4.4);

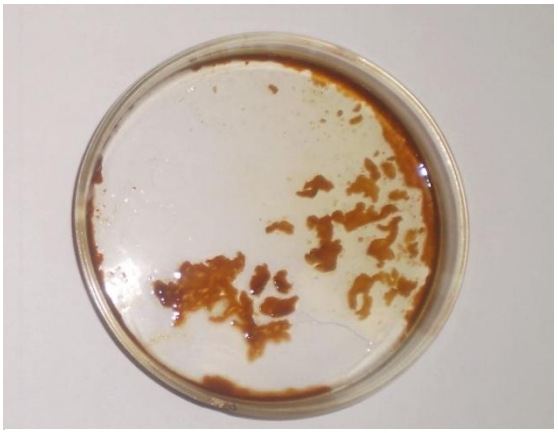


Рис. Ж.4.4. Спостереження за внесенням аспаралу-Ф до центру нафтової плями через одну добу.

Наступним кроком досліджень було спостереження за пробами протягом 9 діб у лабораторних умовах.

Через 9 діб, у всіх пробах спостерігались незначні випаровування об'ємів нафти і води, що фіксувалося втратою маси проб, через що відбулася часткова седиментація нафтової плівки на скляну поверхню, у деяких місцях чашки Петрі.

У пробі з сульфанолом спостерігалось скупчення нафтової плівки по краях чашки Петрі, а також утворення на поверхні води прозорої плівки, яка мала застиглий вигляд.

Плівка, що утворилась у проб із сульфанолом та седиментований нафтопродукт у пробі з аспаралом-Ф цілком підлягають механічному видаленню (рис. Ж.4.5).



Рис. Ж.4.5. Механічне видалення плівки.

Таким чином, дані, які ми отримали із результатів досліджень, дозволяють нам дати наступні висновки:

1. використання ПАР для очистки поверхні води від нафтової плівки може мати місце у випадку гарантованої відсутності вторинного забруднення ПАРами, що потребує додаткових лабораторних досліджень з ціллю оптимізації процесу;
2. ПАРи можна використовувати за двома основними схемами: у першій схемі – в якості первинної обробки поверхні води (для оптимізації процесу агломерації нафтової плівки на поверхні води); у другій – в якості реагенту, при очищенні вилучених нафтових вод, у цьому випадку ПАРи здійснюють зв'язування нафтового шару, що полегшує його відділення від води, а зв'язані нафтопродукти у подальшому можуть бути регенеровані чи утилізовані.