

ДНІПРОПЕТРОВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ЗАЛІЗНИЧНОГО
ТРАНСПОРТУ ІМЕНІ АКАДЕМІКА В. ЛАЗАРЯНА

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

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Дніпропетровськ - 2015

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана на кафедрі хімії та інженерної екології Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.

Науковий консультант:

доктор технічних наук, професор
Мямлін Сергій Віталійович,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В.Лазаряна, проректор з наукової роботи

Офіційні опоненти:

доктор технічних наук, професор
Тартаковський Едуард Давидович,
завідувач кафедри експлуатація та ремонт рухомого складу Української державної академії залізничного транспорту (УкрДАЗТ, м. Харків)

доктор технічних наук, професор
Рамазанов Султан Курбанович,
завідувач кафедри економічної кібернетики
Східноукраїнського національного університету імені Володимира Даля, (м. Луганськ)

доктор технічних наук, доцент
Вамболь Сергій Олександрович,
завідувач кафедри прикладної механіки
Національного університету цивільного захисту України, (м. Харків)

Захист відбудеться «12» лютого 2015 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 08.820.02 при Дніпропетровському національному університеті залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2, зал засідань, к. 314

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна за адресою: 49010, м. Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.

Автореферат розісланий «09» січня 2015 р.

Вчений секретар спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор

 **І. В. Жуковицький**

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

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 середовище 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 відповідас 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 нако-

пичення, 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 профі-

лем, 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 оли, 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 оли.

- 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 (свідectvo про державну реєстрацію авторських прав на твір № 42639).

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 свідectvo 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 фіторе-медіації 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», «Хімотологія», «Біоіндикація та біометрія», «Екологічний менеджмент і аудит», «Економіка природокористування», «Рациональне 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.).

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 [1, 2, 5, 10-14, 53] надруковано без співавторів. У наукових публікаціях, надрукованих у співавторстві, автору належать: у працях [4, 24, 26, 28, 32, 33, 35, 36] – опис результатів власних експериментальних досліджень, формулювання висновків та гіпотез; [29, 31, 39] – аналіз здобутих результатів, формулювання висновків та гіпотез; [4, 25, 30, 31, 37, 41, 42, 44, 46-49] – узагальнення, систематизація даних щодо процесів регенерації та відновлення олив; [43, 45] – обґрунтування та розробка методології досліджень, концепцій та стратегій вирішення раціональної утилізації нафтовмісних відходів; [3, 19, 23, 27] – постановка завдань, аналіз та інтерпретація результатів досліджень; [50] – обґрунтування основних положень; [52, 54 - 56, 59] – постановка завдань, аналіз отриманих даних, розроблення допоміжних пунктів формули і опису патенту; [8, 58, 41] – розроблення основних пунктів формули і описання патенту; [4, 15, 60] – розв’язання теоретичних питань, пов’язаних із математичним моделюванням процесів геологічної нафтодеструкції; [17, 21, 22] – формування баз даних, розробка системи оцінки екологічних ризиків; [4, 18] – формулювання та обґрунтування наукових завдань управління екологічними ризиками та поведіння з відходами; [34] - систематизовані закономірності, розроблені технологія і конструкція; [4, 9, 13, 22, 38, 40] – формулювання та обґрунтування наукових завдань управління екологічною безпекою та екологічним ри-

зиком, розроблено методику оцінки еколого-економічних збитків від аварії з нафтопродуктами; [4, 6, 7, 50, 51] - 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», Wessex 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 хімотології», - 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.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність теми дисертаційної роботи, показано її зв'язок із науковими програмами, визначено мету, завдання, об'єкт і предмет досліджень. Наведено основні дані про публікації, апробацію, наукову новизну і практичне значення здобутих результатів, особистий внесок здобувача.

У **першому розділі** розглянуто сучасний стан екологічної безпеки на залізничному транспорті. Проведено детальний аналіз існуючих технологій ліквідації екологічних наслідків аварій, а також принципів забезпечення екологічної безпеки під час транспортування та використання нафтопродуктів.

Визначено особливості транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом і аварій з цим типом вантажів. Проведено детальний аналіз та визначення ступеню негативного впливу об'єктів інфраструктури залізниці, визначено, що загальна площа нафтозабруднення територій залізниць з урахуванням підрозділів та магістралей сягає порядку 20 % від загальної площі.

Встановлено, що задля зменшення негативної дії залізничного транспорту на всі ланки біосфери в процесі штатної експлуатації, необхідним є постійний моніторинг ступеню впливу і його регулювання із застосуванням сучасних наукоємних технологій.

Детально проаналізовані способи і технології очищення ґрунтів від нафтопродуктів, а також динаміка утворення та принципи поводження з нафтовмісними відходами в транспортній інфраструктурі. Відзначена відсутність системних досліджень і технологічних заходів щодо ліквідації екологічних наслідків масштабних розливів нафтопродуктів під час залізничних аварій та методів оцінки їх впливу на рівень екологічної безпеки.

Взагалі, у світовій практиці вибір методів ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів достатньо широкий, проте не існує універсальних технологій, що враховують ресурсно-економічну ситуацію і специфіку залізничного транспорту.

Відзначено, що вагомий внесок у становлення і сучасний розвиток методологічного напрямку з вирішення проблем екологічної безпеки зроблено багатьма відомими вітчизняними та закордонними науковцями.

В **другому розділі** викладено науково-методичні основи теоретичних та експериментальних досліджень, застосованих в дисертаційній роботі.

Наведено методи оцінки і ліквідації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів під час перевезення залізничним транспортом та науково-методичну базу оцінки екологічних ризиків під час транспортування й використання нафтопродуктів.

Описано методики вивчення характеристик та властивостей об'єктів дослідження – нафтопродуктів, що використовуються і нафтовідходів, що утворюються на залізничному транспорті; ґрунтів, найпоширеніших на урбанізованих територіях України; гідрологічних і кліматичних параметрів територій,

прилеглих до залізничних магістралей, вивчення взаємодіючих елементів забезпечує об'єктивність підходу до визначення закономірностей процесів.

Проаналізовано існуючі показники нормування впливу нафтопродуктів на елементи біосфери та основні методи дослідження процесів, що відбуваються при розповсюдженні нафтопродуктів у навколишньому середовищі з описом лабораторних і модельних установок.

Проведено аналіз існуючих інформаційних технологій та матеріально-технічної бази забезпечення екологічної безпеки під час перевезення нафтових вантажів на залізничному транспорті.

Наведено чинні методи визначення екологічних ризиків та збитків, зумовлених можливим порушенням природоохоронного законодавства при транспортуванні та використанні нафтопродуктів залізницями.

Обґрунтовано науковий підхід до оцінки і моніторингу стану екологічної безпеки при транспортуванні та зберіганні нафтопродуктів на залізничному транспорті. На підставі цих даних запропоновано оцінювати ефективність управління екологічною безпекою та заходів з мінімізації екологічних ризиків на залізницях за допомогою комплексного підходу з використанням систем управління базами даних та геоінформаційних систем.

У **третьому розділі** наведено результати дослідження та оцінки негативного впливу нафтопродуктів на об'єкти в процесі експлуатації залізничного транспорту та встановлено їх закономірності.

Визначено, що для ефективної мінімізації негативної дії токсиканта необхідним є встановлення закономірностей трансформації уражених екосистем і забруднюючих речовин - нафтопродуктів, прогноз їх зміни в часі.

Нафтопродукти потрапляють на поверхню ґрунту і під дією гравітаційних сил переміщуються крізь ненасичену ґрунтову зону, взаємодіючи з нею за допомогою процесів розчинення, випаровування, сорбції та біодеградації, які залежать від фізико-хімічних властивостей нафтопродуктів і ґрунтів в зоні аерації.

Результати дослідження впливу фізичних факторів на процеси міграції нафтопродуктів у ґрунтах в лабораторних умовах наведено на рис. 1 і 2.

Аналіз отриманих результатів свідчить про те, що швидкість міграції (геофільтрації) збільшується з підвищенням температури. В той же час, підвищення вологості ґрунтів впливає на їх геофільтраційні властивості відносно нафтопродуктів неоднаково: так, у низько дисперсних ґрунтах, таких як пісок – швидкість фільтрації підвищується; на супісках показник проникаючої здатності нафтопродуктів майже не змінюється; у суглинках – з підвищенням вологості швидкість фільтрації уповільнюється.

Дослідження проникності ґрунтів в лабораторних умовах відносять до модельних випробувань, при яких на дослідну систему «ґрунт – нафтопродукт» впливають тільки власні фізичні характеристики системи і метеорологічні фактори. Недоліком лабораторних дослідів є те, що у випробуваннях використову-

ють ущільнені ґрунти, тобто, ґрунти з порушеною структурою. Ущільнені ґрунти зустрічаються в зонах колійної призми залізниць, ґрунти демпферної зони в більшості, характеризуються непорушеною структурою, тому необхідним є також дослідження характеру міграції нафтопродуктів в ґрунтах з непорушеною структурою, тобто натурні дослідження.

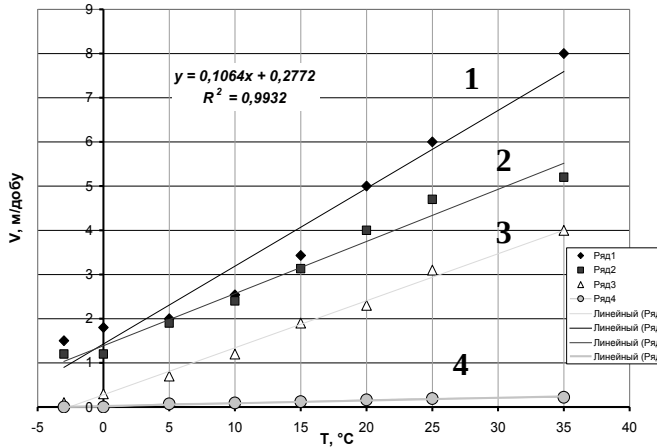


Рис. 1. Залежність проникаючої здатності оливи М-14В₂ від температури для різних типів ґрунтів при природній вологості:

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

Проведені експерименти щодо насичення бензином суглинних монолітів з вологістю від 0,93 % до 45,5 % і пористістю 0,55, з подальшим його дренаванням при гравітаційному стіканні показали, що максимальне утримання бензину при насиченні (до початку фільтрації) і після дренавання (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 дренаванні, внаслідок впливу затисненого повітря.

Шляхом проведення шурфування за схилом було визначено напрямок переміщення бензину, дизельного палива і оливи, що відбувається всередині ґрунту, глибини забруднення ґрунтових горизонтів і характеру будови ґрунтового профілю на схилі.

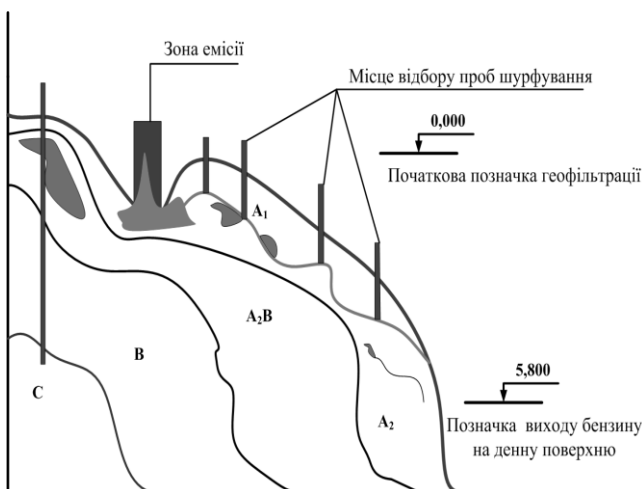


Рис. 3. Характер міграції оливи в супіску при активних процесах схилів.

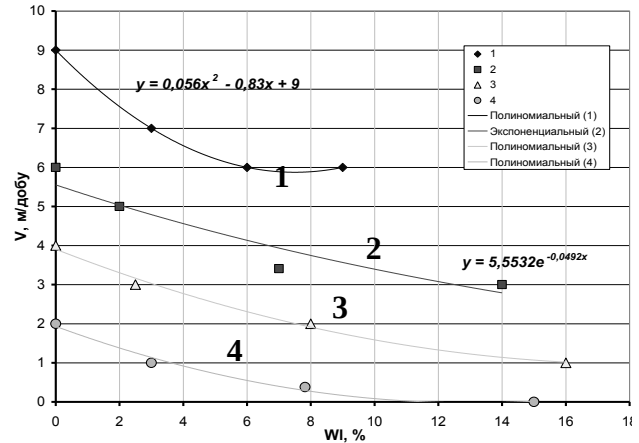


Рис. 2. Залежність проникаючої здатності оливи М-14В₂ від вологості ґрунтів різних типів при постійній температурі:

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

Треба відзначити, що процес міграції оливи М-14В₂ в 2,6 рази довший, ніж з бензином, при цьому виток оливи на поверхню ґрунтового схилу спостерігається на більш високих позначках. Виток оливи на поверхню було зафіксовано на позначці 1,23 м, що у 5 разів менше у порівнянні із позначкою 5,80 м, що зафіксована для бензину А-95 (рис.3).

Властивості нафти, такі як її хімічний склад, в'язкість, а також наявність супутніх ґрунтових вод, визначають характер її фракціонування в ґрунтовому профілі. Так, при аварійному розливі нафтопродукту на ґрунт вертикальне переміщення його вниз за ґрунтовим профілем створює так званий хроматографічний ефект, що приводить до диференціації нафтових фракцій. В залежності від в'язкості нафтопродуктів і гранулометричного складу ґрунту глибина розподілу фракцій незначно змінюється, але зберігається загальний характер розподілу і хроматографічний ефект за усіма типами ґрунтів. У верхньому гумусовому горизонті поглинаються високомолекулярні компоненти нафти, що містять смолисто-асфальтенові речовини, а в нижні горизонти проникають в основному низькомолекулярні сполуки, що мають високу розчинність у воді.

На рис. 4 наведено схему розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем. Такий характер розподілу нафтових фракцій діє як для кожного типу нафтопродуктів окремо, так і у випадках комплексного впливу (потрапляння в ґрунт декількох типів нафтопродуктів), що також має місце у практиці видобування, транспортування та використання нафтопродуктів. Це пов'язано як з характером молекулярного складу токсиканту, так і з характером складу ґрунтового профілю.

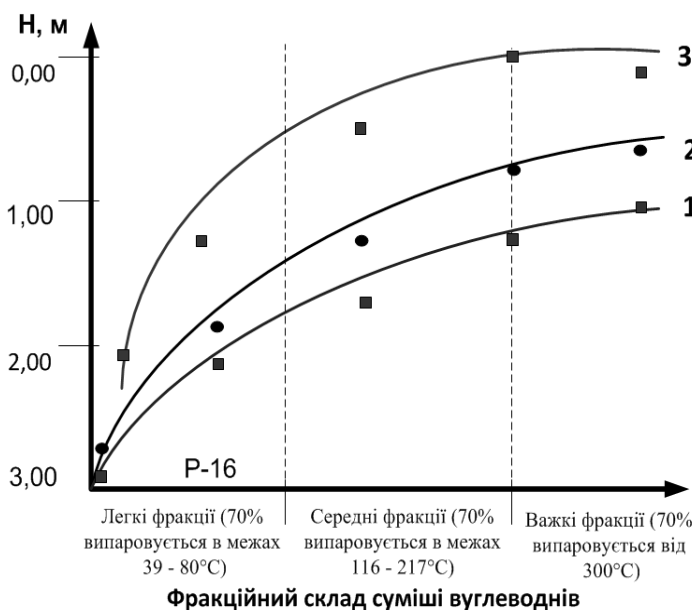


Рис. 4. Схематичний розподіл фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем:
1 – дресвяний ґрунт; 2 – супісок; 3 – суглинок.

Таким чином, характер накопичення нафтових компонентів і механізм їх міграції в профілі ґрунтів визначаються різними його 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 типу забруднювача, характеру його надходження в ґрунтовий профіль (тривалий час, одноразово або епізодично) і часу його знаходження в ґрунтах.

Перебіг процесів деградації нафти, що відбувається в самому ґрунтовому моноліті має деякі загальні закономірності, хоча і розрізняється за різних ґрунтово-кліматичних умов.

В дослідженнях отримано результати аналізу фракційного складу нафтопродуктів, що вилучені з різних глибин ґрунтового профілю.

Отримані результати дозволяють ефективно та раціонально обирати технології очищення різних профілів ґрунтів та розширити спектр альтернативних методів їх відновлення.

Задля оцінки ступеня трансформації об'єктів гідросфери під дією нафтопродуктів, автором проведено спектр досліджень, які в більшості випадків підтверджують офіційні статистичні дані про стан водних джерел, отже, в процесі досліджень виявлено певні складності в отриманні об'єктивних результатів за причини втрат нафтопродуктів в процесі їх виділення з проб (табл. 1). 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.

В процесі аналізу отриманих даних виявлено залежність ступеню об'єктивності результатів визначення концентрації нафтопродуктів від їх фракційного складу. У високо киплячих фракцій спостерігається зменшення втрат по мірі збільшення їх концентрації в процесі виділення з водних проб, що, як наслідок, підвищує об'єктивність аналізу.

Таблиця 1

Результати визначення втрат нафтопродуктів та отримання екстрактів.

Нафтопродукт	Концентрація нафтопродукту, мг/л		Втрати, %	Ступінь вилучення, %
	введено	визначено		
Олива М-14В ₂	1	0,91	9,4	90,6
	10	9,62	3,8	96,2
	50	48,75	2,5	97,5
Дизельне паливо марки Л	1	0,51	49,2	50,8
	10	5,07	49,3	50,7
	50	27,50	44,7	55,3
Бензин А-95	1	0,10	89,7	10,3
	10	2,19	78,1	21,9
	50	16,00	68,0	32,0

При аварійному розливі бензинових фракцій нафтопродуктів відбувається процес миттєвого розповсюдження поверхнею ґрунту з паралельним процесом дифузії в атмосферу. При цьому важливо визначити швидкість випаровування бензину як з поверхні, так і зі просоченої бензином товщі ґрунтової маси.

Останнім часом все ширше розповсюджується практика математичного моделювання процесів випаровування розливів розчинів різних токсичних речовин та газоподібних речовин та прогнозування забруднення атмосфери внаслідок цих процесів. Вирішення цієї задачі не тільки дозволяє отримати науково обґрунтовану інформацію про динаміку забруднення атмосфери з метою прогнозування величини екологічного збитку, але і виступає корегуючим чинником при виборі ефективних організаційно-захисних заходів і технологій.

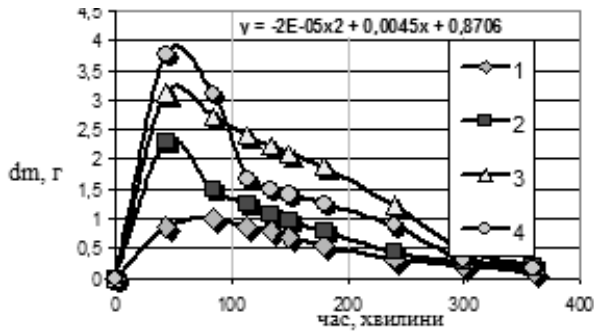


Рис. 5. Кінетика випаровування бензинових фракцій з товщі супіщаного ґрунту:

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

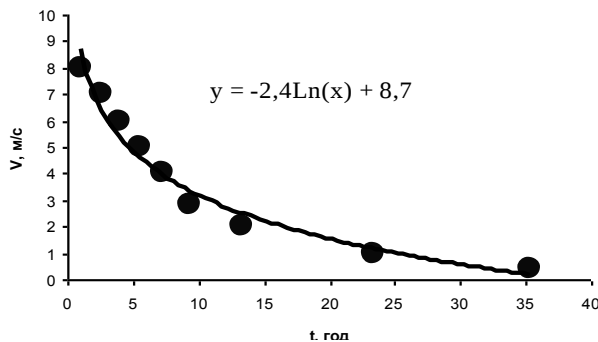


Рис. 6 Вплив швидкості вітру (V) на тривалість (t) повного випаровування бензину з поверхні суглинистого ґрунту.

Результати визначення швидкості випаровування бензинових фракцій мають суттєве значення. Якщо при лабораторних дослідженнях цей чинник можна було не враховувати, то при польових випробуваннях ступінь випаровування бензину з товщі ґрунту і його поверхні враховувати необхідно, оскільки цей показник суттєво впливає на об'ємні характеристики та співвідношення його розподілу за елементами навколишнього середовища.

Отже, було необхідним вивчення впливу швидкості вітру на тривалість повного випаровування розлитого бензину з поверхні ґрунтів різних типів, зокрема з супіщаного (рис. 5) та суглинистого ґрунту (рис. 6).

Експериментально доведено, що перенесення парів бензину в атмосфері відбувається в тур-

булентному потоці, а швидкість випаровування бензинових фракцій з поверхні зони емісії залежить від: температури - поверхні, рідини і навколишнього середовища; вологості ґрунтового шару; швидкості та інтенсивності переміщення повітряних мас, а також від інтенсивності сонячного випромінювання.

Отримані залежності покладені в основу розробки методів і технологій мінімізації екологічних наслідків емісій нафтопродуктів у навколишнє середовище.

Для повної та об'єктивної оцінки негативного впливу нафтопродуктів в процесі експлуатації залізничного транспорту було досліджено 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 досліджень щодо вивчення корозійної агресивності, як самих нафтопродуктів, так і їх розчинів різного фракційного складу.

Аналіз експертних даних показав, що найбільш важливим з позиції безпеки експлуатаційного процесу є такі об'єкти, як тяговий рухомий склад і залізнич-

чні колії. Ці об'єкти, в тій чи іншій мірі, взаємодіють з нафтопродуктами і їх речовинами на різних етапах експлуатації.

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.

Отримані результати (рис.7) доводять залежність швидкості корозії від температури, мінерального складу води, наявності в ній домішок нафтопродуктів та їх концентрації.

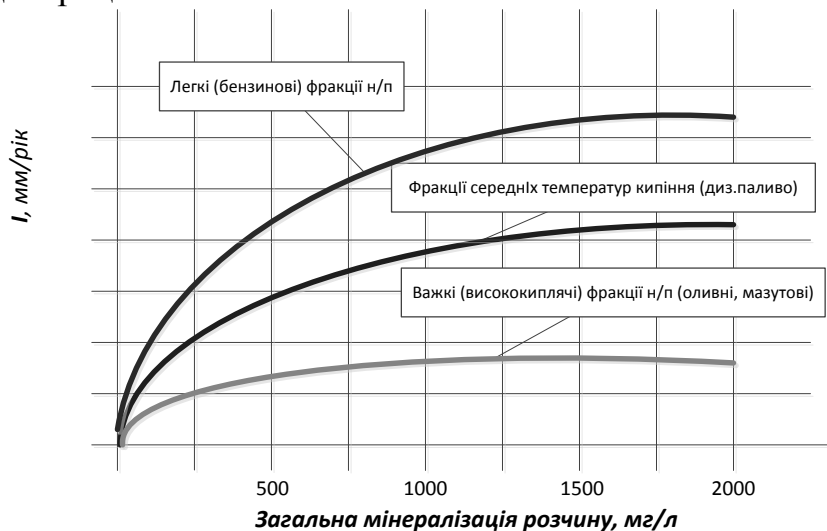


Рис. 7. Залежність швидкості процесів корозії металевих конструкцій рухомого складу залізниць від фракційного складу нафтопродуктів

Таким чином, встановлено кількісні залежності (рис. 7) 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.

Четвертий розділ присвячено формуванню методології управління екологічною безпекою під час використання і перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом.

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 структурі системи управління екологічною безпекою основною складовою є база даних, що забезпечує систему інформацією і визначає її структуру, функції і здатності вирішення управлінських завдань, заснованих на моделюванні ситуації. Значна кількість інформації внесена в бази даних, особливо це стосується інформації, що необхідна для моніторингу навколишнього середовища.

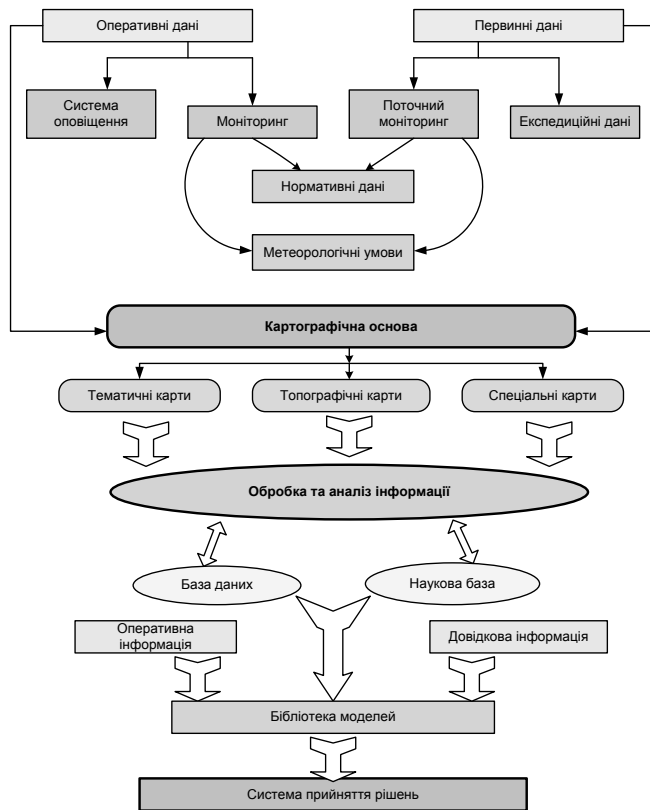


Рис. 8. Концептуальна схема управління екологічною безпекою на залізниці

Повноцінне вирішення завдань управління екологічною безпекою, зокрема, в районах транспортування нафтопродуктів, залежить від систематичного аналізу великої кількості різномірних даних та вирішення географічних, технологічних і виробничих завдань (рис. 8). Достовірність і своєчасність отримання необхідної інформації має вирішальну роль в питаннях оптимізації природокористування, що стає вельми важливим в умовах інтенсифікації розвитку транспортно-го комплексу.

В умовах експлуатації залізниць при більш детальному аналізі чинників, що впливають на ризики виникнення негативних подій та з метою найбільш об'єктивного підходу до оцінки можливих еколого-економічних втрат є диференцію-

вання за двома чинниками: 1) - ризик виникнення аварійної ситуації; 2) - експлуатаційні втрати при штатному поводженні з нафтопродуктами

Треба відзначити, що до експлуатаційних екологічних збитків відносяться втрати від господарської діяльності та плати за забруднення навколишнього природного середовища.

Екологічні збитки завдаються компонентам навколишнього середовища як безпосередньо при розливі нафтопродуктів і забрудненні земель або водного об'єкту, так і при ліквідації наслідків розливів і знешкодженні нафтовмісних відходів і ґрунтів, тобто існуючі методики розрахунку екологічних збитків є недостатньо об'єктивними, оскільки не враховують багатьох чинників. Автором розроблено метод оцінки комплексного збитку, що більш об'єктивно характеризує реальну ситуацію.

Отже, комплексний збиток ($Z_{\text{зн}}$), що заподіюється компонентам навколишнього середовища при аваріях на залізницях з урахуванням проведення робіт з переробки 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. При цьому, мінімізація збитку за рахунок запропонованих ліквідаційних заходів розраховується за показниками попереджених втрат і залежить від ефективності технології, обраної за комплексом управлінських рішень.

В цілому, забезпечення екологічної безпеки ґрунтується не тільки на наявності певних інструментів і навиків, але і умінні моделювати ситуацію, прогнозувати її розвиток і ухвалювати рішення, відповідні до ситуації, що склалася.

Розробка і впровадження ефективних заходів на різних етапах природокористування неможливі без аналізу інформації, що приходить з великої кількості джерел, часто безпосередньо не пов'язаних між собою. Цим визначається необхідність та ефективність використання геоінформаційних систем (ГІС), об'єднуючих засоби графічної візуалізації, що надаються ГІС інструментами просторового аналізу і обмін даними, які сприяють ефективній організації і можливості управління ними. Таким чином, ГІС можуть виступати як інтегруюча складова природокористування.

Для залізниць, що виконують транспортування та використовують нафтопродукти для особистих потреб, властиві наступні чинники, що впливають на організацію процесу транспортування – експлуатаційно-технологічні, антропогенні та природні.

Для ефективного управління процесом безпечного транспортування і нафтокористування необхідні достовірні дані та їх своєчасне надходження, а також можливість їх оперативної інтерпретації, що зумовило необхідність використання геоінформаційного підходу. Він об'єднує засоби графічної візуалізації з ГІС-інструментами просторового аналізу і обміну даними.

Функціонування програмного комплексу виконується за допомогою управління базами даних, які містять спеціальні блоки та електронні таблиці. Для цього розроблено базу даних (БД) інформаційного центру для підтримки даного програмного продукту «SAER». Розроблена БД підтримується Microsoft SQL Server 2012. На функціональній схемі показані основні зв'язки між таблицями БД (рис. 9), які реалізовані у самій системі управління БД. Подальші відносини реалізовані за допомогою частини користувача програмного продукту «SAER».

Як базові карти, використовується топографічна основа району потенційного розливу з прилеглими ділянками території та акваторії певного масштабу, що забезпечує необхідне деталювання. Як правило, в них включаються: магістралі зі смугою відведення і зонами відчуження, підприємства і структурні підрозділи залізничного господарства, прилеглі території, водні об'єкти, населені пункти і комунікації. Допоміжне меню розробленого програмного комплексу «SAER» показано на рис. 10.

Система, сформована на базі карт рецептивного статусу (чутливості) територій, прилеглих до зон функціонування залізничних магістралей та підрозділів дозволяє вирішувати практично будь-яку просторову задачу, виявляти взаємозв'язки і способи їх інтерпретації, досліджувати дані в динаміці, що дозволить оптимізувати процеси природокористування.

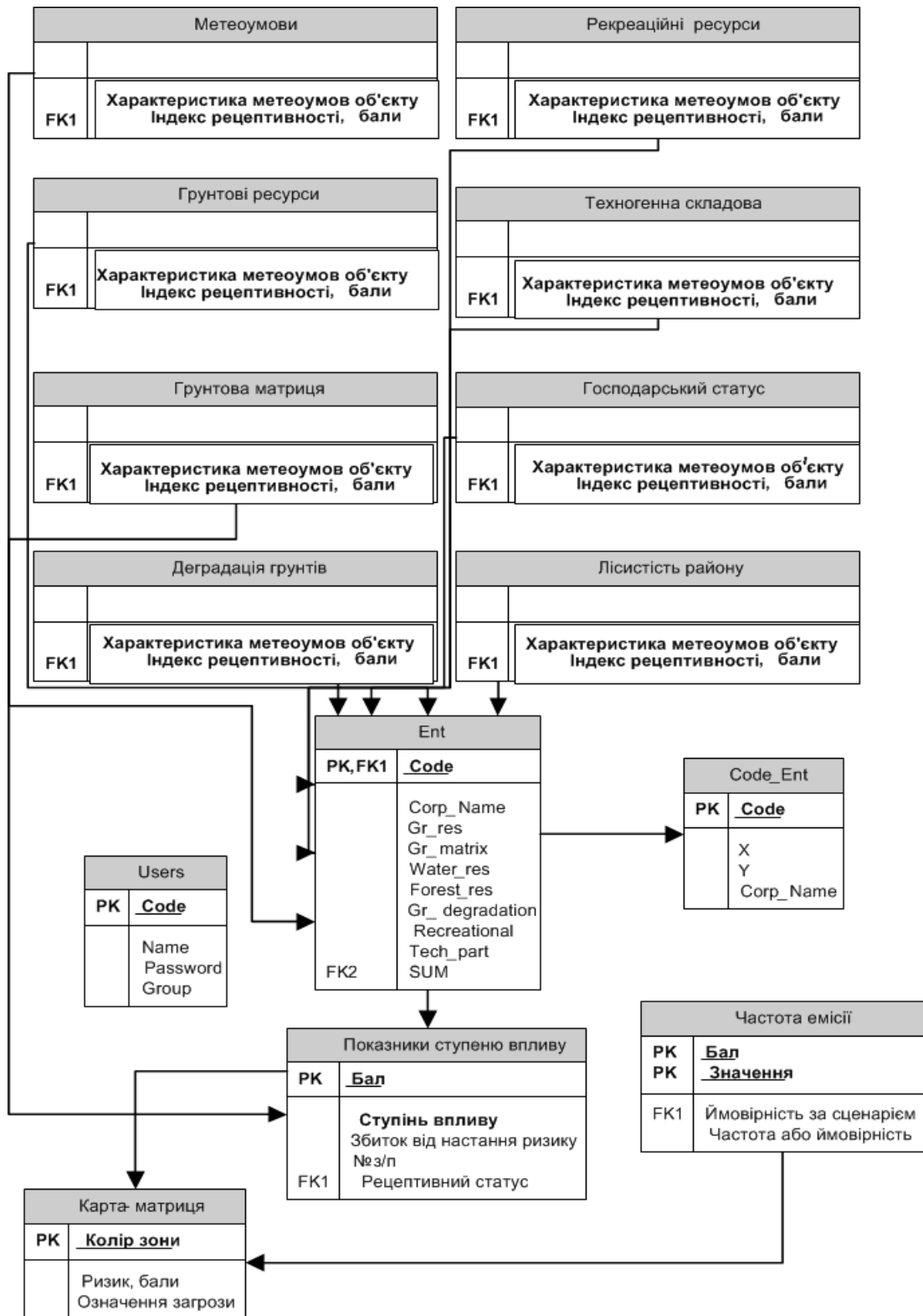


Рис.9 Функціональна схема середовища «SAER».

Взагалі, на прикладі створеної системи з інформаційно-довідковими і аналітичними функціями на основі технології систем управління базами даних (СУБД) і географічних інформаційних систем для Придніпровської залізниці планується розроблення повномасштабної системи, призначеної насамперед для використання в процесі екологічного менеджменту, здійснюваного спеціально уповноваженим органом у сфері експлуатації залізничного транспорту.

Таким чином, дана система є ефективним інструментом не тільки для організацій, що здійснюють транспортування, зберігання, використання та ліквідацію наслідків аварійних розливів нафтопродуктів, але і для природоохоронних, муніципальних та інших структур. Приклад визначення та візуалізація інформації з бальної оцінки відносно індексів рецептивності для обраного підприємства - ст. П'ятихатки - показано на рис. 10.

З метою організації ефективного попередження і оперативної ліквідації наслідків таких розливів прийнято використовувати прогнозування, яке дозволяє з високою ефективністю планувати заходи, направлені на попередження аварійних розливів і визначити оптимальну кількість ліквідаційних загонів і засобів, необхідних для оперативної ліквідації їх наслідків.

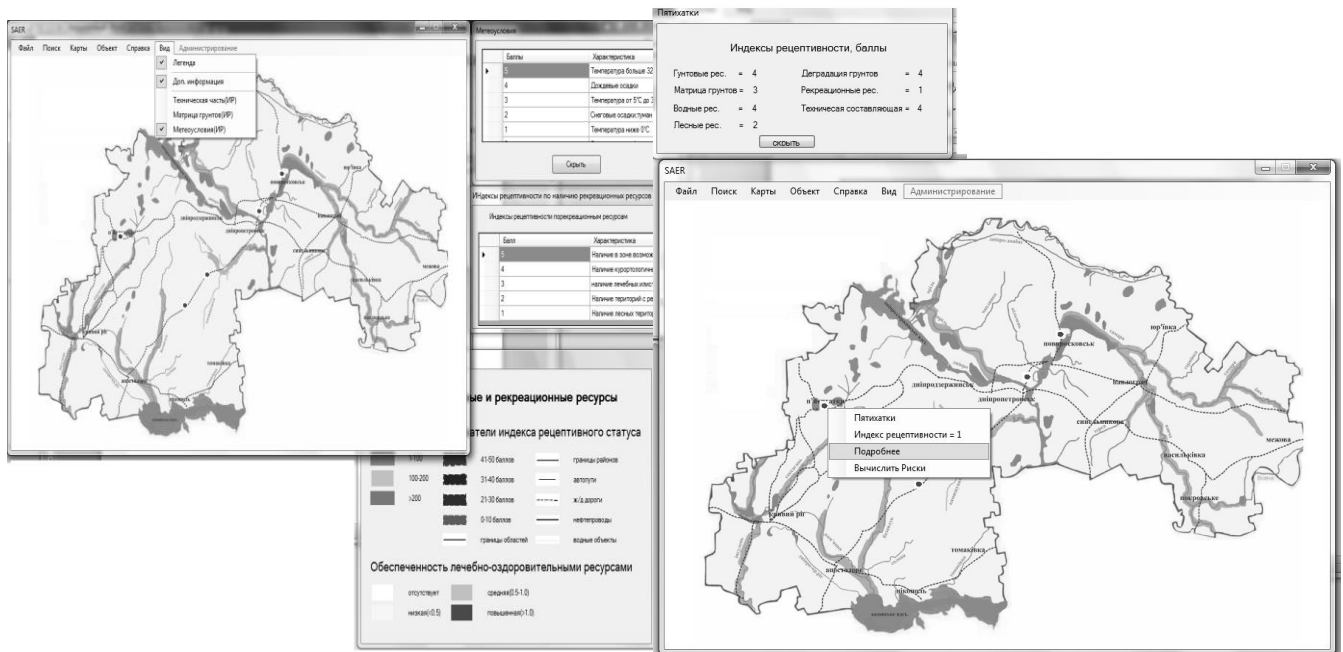


Рис. 10. Допоміжне вікно бальної оцінки індексів рецептивності відносно метеорологічних умов. Візуалізація інформації з визначення бальної оцінки рецептивного статусу ст. П'ятихатки

Вагомим внеском створеного програмного продукту є можливість отримання достовірної інформації про територію, на якій відбулася аварійна ситуація, провести моделювання з урахуванням географічних характеристик місцевості, а також наочно представити його результати для подальшого аналізу.

Ступінь впливу нафтообігу на об'єкти навколишнього середовища (ступінь уразливості) оцінюється за показником рецептивного статусу даного об'єкту по відношенню до процесів транспортування чи використання нафтопродуктів на залізниці.

Рецептивний статус i -го об'єкту обчислюється за формулою (1):

$$RSt = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n St_i, \quad (1)$$

де: St_i - значення екологічних та техногенних факторів, що впливають на об'єкт; n – кількість екологічних та техногенних факторів.

Рецептивний статус підрозділу залізниці, який складається із декількох об'єктів, наприклад Придніпровської залізниці буде оцінюватись за формулою (2):

$$RSt_{pr} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m RSt_i, \quad (2)$$

де: m – кількість об'єктів та підрозділів на Придніпровській залізниці

За комплексом параметрів виконано оцінку рецептивного статусу територій. За техногенну складову території приймається співвідношення сумарної рецептивної стійкості природних об'єктів, наявних на досліджуваній території до техногенних складових, що складають ризик виникнення емісії нафтопродуктів.

На базі 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. 2).

Таблиця 2

Ймовірність виникнення аварійних емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті за різних сценаріїв

№ з/п	Сценарій (причина емісії)	Ймовірність, бал
1.	Порушення правил експлуатації	5
2.	Зношування	4
3.	Брак будівельно-монтажних робіт	3
4.	Природні фактори	2
5.	Корозія, Зовнішні втручання	1

У подальшому, для можливості ведення постійного моніторингу і управління екологічною безпекою на залізниці автором запропоновано методологію ідентифікації та оцінки загального статусу об'єктів, де може статися емісія під час транспортування, зберігання і використання нафтопродуктів на залізниці. Запропонована методологія є простою, ефективною і зручною для здійснення постійного аналізу стану навколишнього середовища на об'єктах залізниці і прийняття ефективних управлінських рішень.

Процедура якісної оцінки та ранжирування виконується згідно вимог стандарту ISO 14000. За запропонованою методикою оцінка проводиться за трьома показниками – частотою (ймовірністю) емісії; вагомістю і величиною впливу. Для забезпечення їх порівнянності між собою і полегшення якісної оцінки вводиться бальна шкала таблиці 3 і 4.

Таблиця 3

Частота або ймовірність аварійної емісії нафтопродуктів

Бал	Значення	Частота або ймовірність
1	Дуже рідко	Раз в 7 і більше років (або вірогідність настання 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 настання понад 95%)

Таблиця 4

Показники ступеню впливу аварійної емісії нафтопродуктів

Бал	Ступінь впливу	Рецептивний статус об'єкту $\sum_{i=1}^n RSt_i$, бал	Потенційний збиток від реалізації емісії
1	Незначна	<8	Відсутність негативних наслідків у разі емісії
2	Низька	9-16	Наслідки від реалізації емісії не значні
3	Середня	17-24	Наслідки значні, але можуть бути повністю виправлені
4	Істотна	25-32	Наслідки дуже значні, але можуть бути виправлені до певного ступеня
5	Катастрофічна	>33	У разі реалізації сценарію емісії, залізниця практично не зможе відновитися від наслідків

Для візуалізації і спрощення визначення кінцевого результату запропоновано карту-матрицю статусу (рис. 11), що дозволяє оцінити відносну значущість (вагомість) реалізації кожного сценарію емісії (у порівнянні з іншими), а також виділити об'єкти впливу сценарію емісії, які можуть призвести до критичних наслідків і вимагають розробки спеціальних заходів щодо їх мінімізації. Побудова карти оцінки статусу дозволяє: 1) визначити потенціал утримання ризиків в рамках, які можуть бути застосовані до всіх операцій залізниці; 2) розробити перелік критичних ризиків для залізниці та забезпечити наявність відповідних процесів щодо управління ними; 3) визначити пріоритетність ризиків і розробити розподіл фінансових ресурсів.

Карта оцінки рецептивного статусу розподілена на декілька областей, виділених різним кольором:

1) Зона 1 – низька ймовірність настання емісії, і (або) яка не має значного впливу на біосферу (зона безпечного функціонування);

2) Зона 2 – середня ймовірність або середній потенційний вплив (зона відносної толерантності);

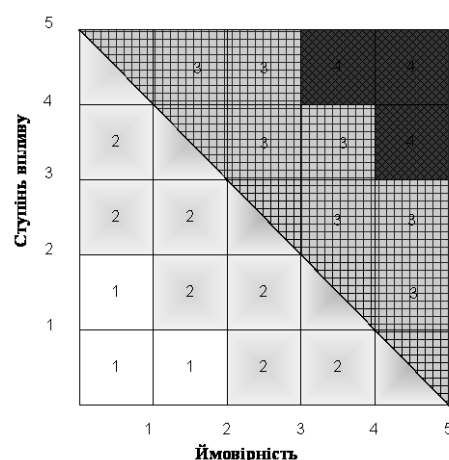


Рис. 11. Карта-матриця для визначення і ранжирування об'єктів

3) Зона 3 – досить висока ймовірність настання або середній потенційний вплив (зона екологічної настороженості);

4) Зона 4 – стан, при якому реалізація емісії може призвести до критичних наслідків для об'єкту залізниці або у зв'язку з високою ймовірністю настання, або у зв'язку з серйозним потенціалом збитку який може вплинути на фінансову життєздатність залізниці (зона критичного статусу).

На карту наносяться ідентифікаційні номери (згідно до реєстру) відповідно до показників частоти (ймовірності) настання і ступеню впливу (уразливості), тобто рецептивного статусу об'єкту.

Відносна вагомість статусу визначається за картою-матрицею.

Сформована карта оцінки статусу є графічним зображенням схильності об'єкту до критичних станів.

Пріоритетність встановлюється відповідно до позиції кожного з показників на карті рецептивного статусу: 1 група – катастрофічні (4 зона карти) – статус, що має найбільш високий пріоритет; 2 група – середні (3 зона карти) – другі за пріоритетністю; 3 група – низькі (2 зона карти) – ризики в межах здатності підрозділу до їх мінімізації самостійними заходами – моніторинг і контроль.

У середині кожної з груп пріоритетність статусу встановлюється на основі балу вагомості.

П'ятий розділ присвячено створенню методів і технологій зменшення негативного впливу та ліквідації екологічних наслідків аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів на залізничному транспорті.

Метою планування заходів з ліквідації розливів нафти і нафтопродуктів є визначення необхідного складу сил і спеціальних технічних засобів для локалізації розливів в короткий термін, а також для організації подальших робіт щодо їх ліквідації.

Для мінімізації екологічних ризиків та збитків розроблені сучасні інноваційні технології ліквідації розливів нафти і рекультивації нафтозабруднених земель з урахуванням специфіки досліджуваного регіону.

У циклі попередніх досліджень було проведено аналіз виробничих процесів, кінцевими продуктами яких були відходи, що мали властивості сорбуючих матеріалів. Їх використання при локалізації та зборі нафтопродуктів з поверхні ґрунту надавали задовільного екологічного ефекту. Таким чином, аналізуючи інформаційну базу про діючі виробництва та екологічні особливості регіонів, закріплених за залізницями дисертантом було розроблено матрицю з рекомендацій заходів щодо ліквідації наслідків нафтових емісій за регіонами та загальну матрицю з вибору технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів (табл. 5).

Для проведення кваліфікованих ліквідаційних заходів розроблено і впроваджено інформаційно-технологічні карти проведення первинних ліквідаційних заходів та відновних робіт. Планування дій в зоні аварії повинно узгоджуватись між усіма підрозділами, що приймають участь у ліквідаційних заходах.

Матриця рекомендацій 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

Аналіз інформаційно-технічного забезпечення та організації роботи відомчих структур щодо ліквідації наслідків аварій на залізничному транспорті продемонстрував суттєві недоліки, що перешкоджають ефективній роботі.

З метою забезпечення ефективності роботи ліквідаційних підрозділів запропоновано поетапне впровадження структури екологічного менеджменту, за якою передбачено:

- розробку нових і уніфікацію існуючих нормативних документів (зокрема стосовно правових аспектів) відомчих і державних структур щодо ліквідації аварій, їх взаємодії між собою, контролю за якісними показниками мінімізації наслідків аварій;
- вдосконалення системи оперативного контролю стану небезпечних вантажів, включаючи розробку спеціальних датчиків стану вантажу і рухомого складу, систем обробки інформації та її передачі;
- організація спеціальної структури з контролю за перевезеннями небезпечних вантажів з використанням існуючих структур (система диспетчерського контролю);
- розробка ефективних технологій з нейтралізації небезпечних речовин і ліквідації їх дії на навколишнє середовище.

Дисертантом розроблено і запропоновано спеціалізовану функціональну схему ліквідації аварійної ситуації на залізничному транспорті при перевезенні нафтопродуктів, яку представлено на рис. 12.

Запропоновані заходи щодо ліквідації аварій з небезпечними вантажами на залізниці створені у взаємодії з відповідними регіональними структурами МНС, при цьому забезпечується здатність залізниці до реалізації ліквідаційних заходів власними силами, що значно скорочує час реагування, зменшує екологічні збитки та підвищує ефективність заходів.

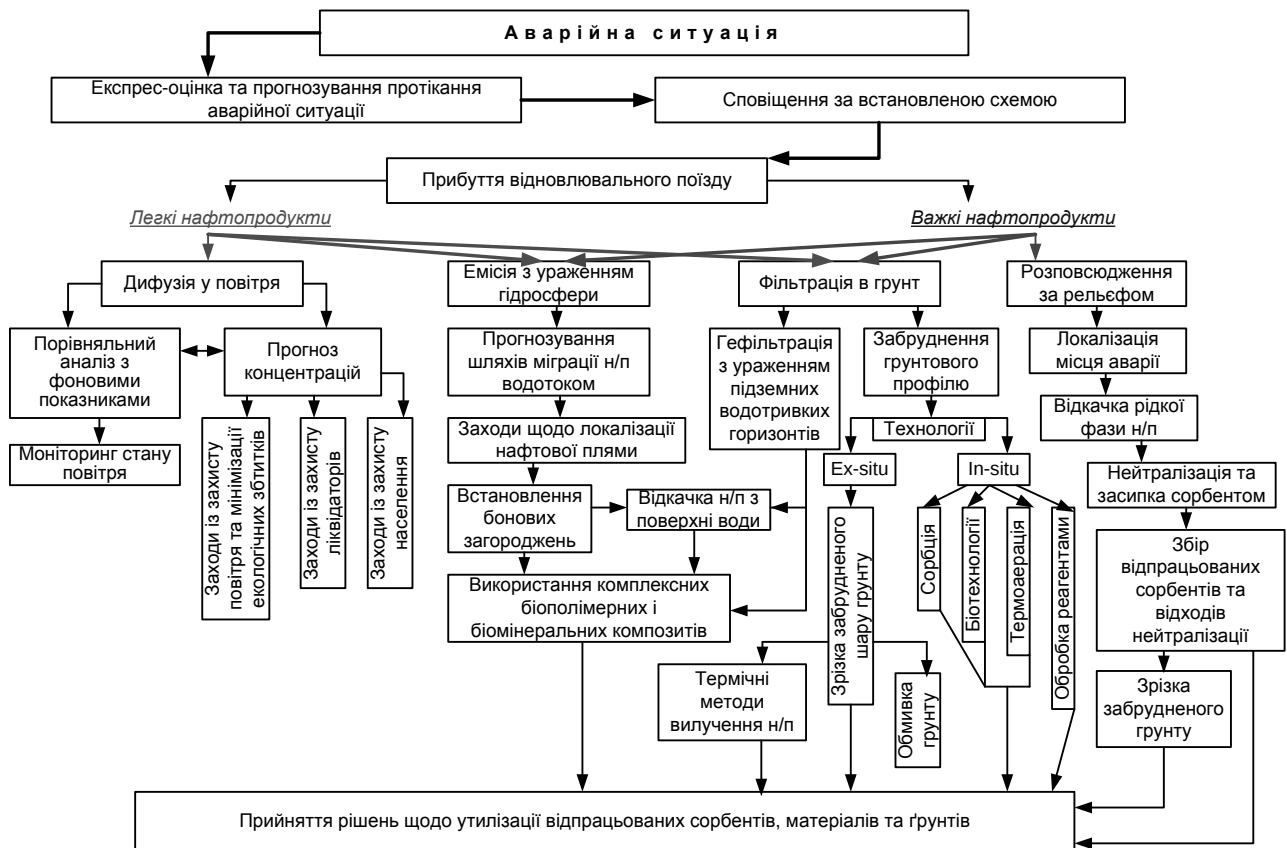


Рис. 12. Функціональна схема ліквідації аварійної ситуації на залізничному транспорті під час перевезення нафтопродуктів.

Одним із етапів створення аналітичної системи є формулювання рекомендацій та розробка структурної схеми принципів розвитку та ліквідації аварії з нафтопродуктами на залізничному транспорті (рис. 13).

Запропонована функціональна модель містить широкий спектр спеціально створених заходів, що обираються у залежності від сценарію аварійної ситуації.

Досвід застосування методів очистки нафтозабруднених ґрунтів від висококиплячих (важких) фракцій нафтопродуктів свідчить про високу ефективність застосування сорбційних методів. Вибір сорбенту залежить від умов протікання аварійної емісії. Наприклад, серед вимог до сорбентів, що рекомендовано для збору нафтопродуктів з поверхні води є гідрофобність запропонованих сорбційних матеріалів. Для цього проведено порівняльний аналіз групи сорбентів щодо олеофільності, гідрофобності та можливості їх регенерації. Отримані результати показали, що найбільш перспективними з позиції можливості щодо рекомендації для універсального використання є сорбенти з волокнистою та пористою структурою.

Рационально-економічний підхід реалізується за рахунок отримання новітніх композиційних сорбентів на основі відходів виробництва, які відрізняються універсальністю застосування і мають достатньо високі еколого-економічні показники.

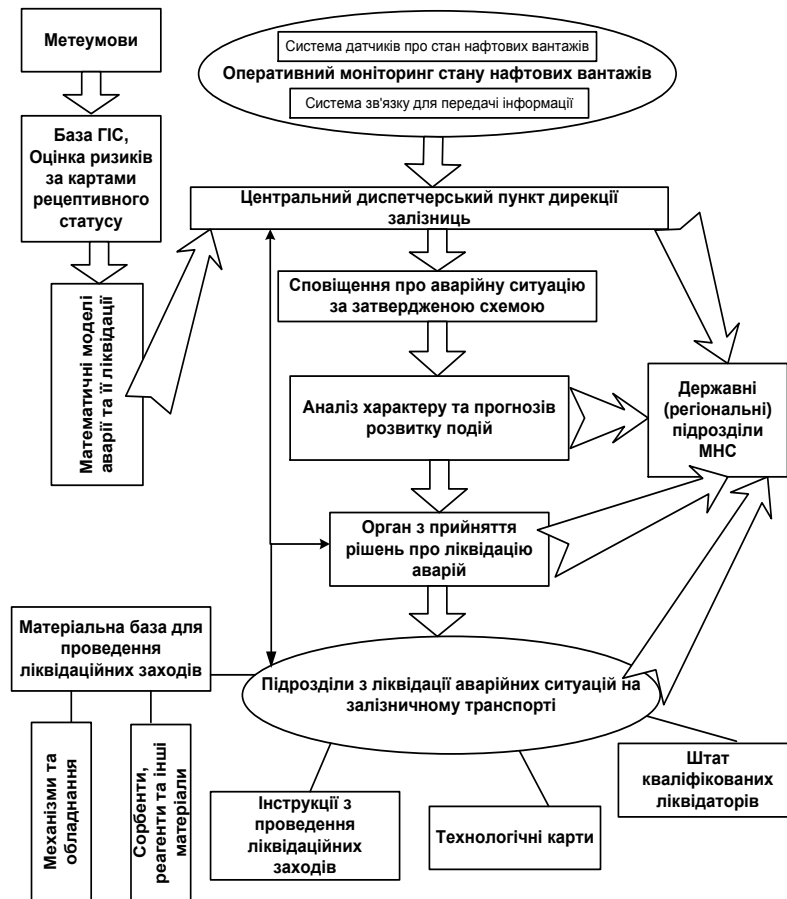


Рис. 13. Структурна схема організаційних і технічних підходів до заходів щодо ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій з нафтопродуктами.

Запропоновано наступні композиційні сорбенти, які містять у різних співвідношеннях: карбонізат (продукт карбонізації тирси акації, тополі та очеретяної січки), підготовлений скоп (відходи паперового виробництва) та підготовлена листова січка (висушена і подрібнена) - відходи листя селітебних зон (каштан, тополя, акація) (табл. 6).

Таблиця 6

Композиційні та сорбційні характеристики запропонованих сорбентів

№ композиції / (площа питомої поверхні, м ² /г)	Співвідношення, композиту в сорбенті			СОС, мг-екв/г	Нафто-ємність, г/г	Ступінь водопоглинання, см ³ /г
	Карбонізат	Листова січка	Скоп, Wl=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

Для оптимізації використання запропонованих сорбентів було проведено дослідження їх фізико-хімічні властивостей у статичному та динамічному стані, отримано фізико-хімічні залежності процесу сорбції.

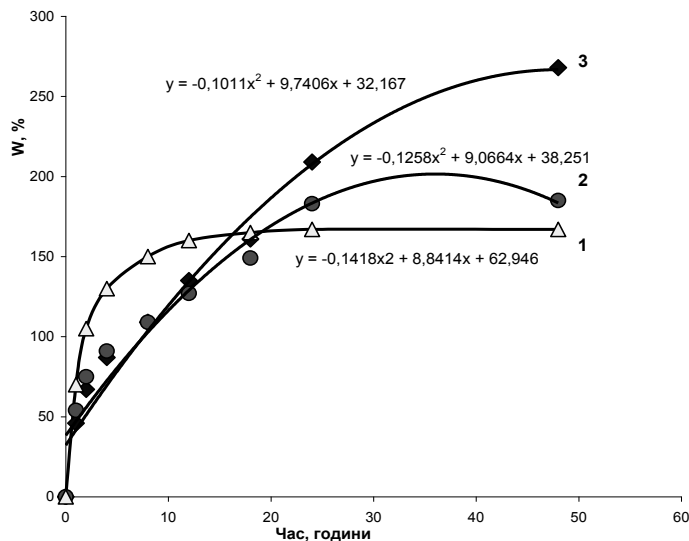


Рис. 14. Порівняння кінетики насичення проб сорбенту (композиція 1) для різних нафтопродуктів: 1 – бензин марки А-95, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – Олива М-14В₂

Кінетика процесів показана на рис. 14. Звертає на себе увагу факт найбільшої швидкості насичення сорбентів бензином марки А-95 і дизельним паливом порівняно з моторною оливою.

Це, ймовірно, пов'язано з більшою в'язкістю, що особливо проявляється у випадку заповнення закритих пор по тріщинах і каналах невеликого розміру.

Представлена закономірність зменшення швидкості поглинання в ряді «бензин - дизельне паливо» для непідготовлених сорбентів не підтвердилася для даного сорбенту, що можна пояснити модифікованим станом карбонізату і наявністю мінеральних компонентів (в'язучих). Показники швидкості насичення сорбенту бензином і дизельним паливом досить близькі.

Для оптимізації технологічних показників виробництва сорбенту була виконана серія експериментів, які включають виробництво лабораторного зразка сорбенту при різних показниках температури карбонізації, відносної вологості проб сорбенту в пікових зонах технологічного процесу.

Наступним етапом підвищення ефективності методів очистки та відновлення нафтозабруднених ґрунтів є розробка сучасних наукоємних ремедіаційних технологій. З метою пошуку ефективних схем ремедіації проаналізовано сучасні уявлення про ролі екологічної і біохімічної різноманітності форм життя в екосистемах та їх суцесії.

Наступним етапом підвищення ефективності методів очистки та відновлення нафтозабруднених ґрунтів є розробка сучасних наукоємних ремедіаційних технологій. З метою пошуку ефективних схем ремедіації проаналізовано сучасні уявлення про ролі екологічної і біохімічної різноманітності форм життя в екосистемах та їх суцесії.

В основу запропонованої технології покладено 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, а також вищі рослини. Ці принципи є моделлю для створення штучних ремедіаційних ценозів, що забезпечують повноту перетворень токсиканта, при цьому адгезія виступає як форма їх адаптації і стійкості.

Автором проведено бактеріологічний аналіз проб води (Чорне море – ст. Прибережна, р. Дніпро, Самара, Вовча, Інгул) і ґрунтів в смугі 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 (біокомпозиції) виявилися більш стійким і продуктивнішими для характерного змішаного забруднення залізниці (супутнім забрудненням є важкі метали), ніж асоціації без бактерій.

В результаті лабораторних дослідів було визначено, що найбільшу ступінь деструкції важких (мазутівих) фракцій дає біологічна композиція, що містить *Водоростеву асоціацію*, дріжджові культури *Candida* та бактерійні культури *Acinetobacter species*. Найбільш високим рівнем деструкції володіють запропоновані бактерійно-дріжджові асоціації: Біокомполіт 1 – *Candida tropicalis* 637, *Candida parapsilosis* 907, *Acinetobacter species* 72S (1:1:1); Біокомполіт 2 – *C. tropicalis* 637, *C. parapsilosis* 907, *Bacillus polymyxa* 165 (1:1:1). Результати досліджень представлені в таблиці 7.

Таблиця 7

Порівняння ступеню руйнування мазуту альго-бактеріальними ценозами.

Варіант	Ступінь руйнування %
Контрольна проба № 1 (без мікроорганізмів)	0
Контрольна проба № 2 (<i>Rhodococcus erythropolis</i> . 7HX)	32,3
<i>Rhodococcus erythropolis</i> + <i>Candida parapsilosis</i> 907	41,1
Водоростева асоціація AS-45 + Біокомполіт 2	57,2
Водоростева асоціація AS-47 + Біокомполіт 1	66,9

Важливим, як з наукової, так і з практичної точки зору став той факт, що біодеструкція ароматичних вуглеводнів іммобілізованими алканотрофами в динамічних умовах відбувалася інтенсивніше ніж в статичних, при цьому оптимум досягається вже на 5 добу.

Одним з найбільш важливих показників для оцінки якісних властивостей взаємодії системи «біокомполіт - матриця» є кінетика іммобілізації біокомполіту на матриці-носії (рис. 15). Оскільки два носії (синтепон і полікапроамідне волокно) характеризуються приблизно однаковими величинами питомої поверхні, ймовірно, в даному випадку гідратація поверхонь носія і клітин переважає електростатичні взаємодії між ними. Це узгоджується з теорією про залежність загальної кількості іммобілізованих клітин лише від величини питомої поверхні носія і гідратації взаємодіючих поверхонь.

Для створення асортименту превентивних засобів розроблена технологія використання нетканих матеріалів на базі полімерної матриці з комплексом спеціальних властивостей, схема якого представлено на рис. 16.

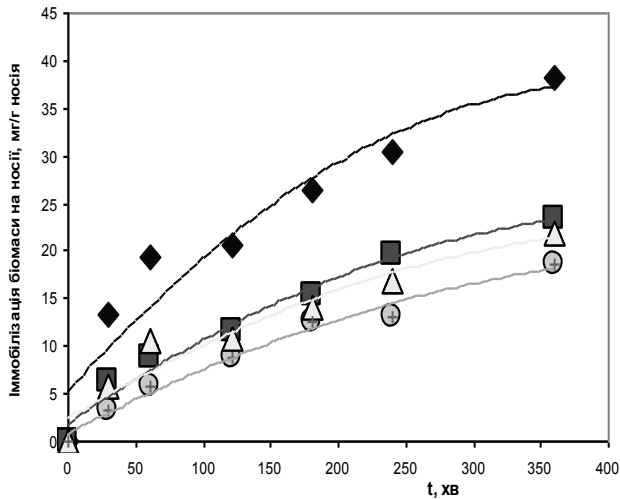


Рис. 15. Кінетика процесу іммобілізації біокомпозиту 1 на різних матрицях-носіях: 1 – керамзит; 2 – сінтапекс; 3 – сінтепон; 4 – полікапроамідне волокно.

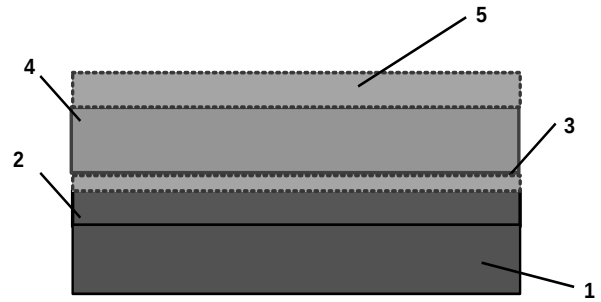


Рис. 16. Структура запропонованого біополімерного комплексу:

1 – полімерна плівка на основі ПЕНТ, що біорозкладається; 2 – шар ферменту; 4 – шар ліофілізованого бактеріального препарату; 3, 5 – шар природної поверхнево-активної речовини.

У якості матриці використовується полілактидний полімер, який має мембраноподібну структуру і здатність до активної біодеградації. Суть концепції – максимальна мобілізація внутрішніх ресурсів екосистеми на відновлення своїх первинних функцій.

Натурні дослідження проб ґрунтів демпферної зони залізниць довели, що в забруднених ґрунтах знижується активність більшості ґрунтових ферментів. При будь-якому рівні забруднення інгібується дія гідролази, протеази, нітратредуктази, дегідрогенази ґрунтів та дещо підвищується уреазна і каталазна активності ґрунтів, що було враховано при створенні технології ремедіації і регулюється поетапним введенням ферментативних препаратів.

З метою подальшої оптимізації та моделювання процесу біорозкладання (біодеструкції) за допомогою біокомпозитів запропоновано використання удосконалених базових математичних рівнянь, що описують даний процес.

Враховуючи особливості взаємодіючої системи, що моделюється, автором пропонується формулювати процес біодеструкції на базі рівняння масо-переносу, принципу Лібіха і формули Моно. Запропонована система рівнянь має наступний вигляд:

$$\frac{\partial M}{\partial t} = \gamma \cdot \delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot M - \lambda \cdot M - \frac{\partial M}{\partial x}, \quad (3)$$

$$\frac{\partial G}{\partial t} = -\delta_i \cdot \frac{\mu_m G}{K_s + G} \cdot M, \quad (4)$$

де M – концентрація бактерій в ґрунті, кл/г; G – концентрація нафтопродуктів в ґрунті, г/г; K_s – константа споріднення субстрату до бактерій; μ_m – максимальна швидкість росту бактерій; λ – швидкість відмирання бактерій, сут⁻¹; δ_i – коефіцієнт, що враховує фракційний склад нафтопродукту; γ – ко-

ефіцієнт пропорційності між нафтофільним препаратом та кількістю окисненого нафтопродукту, враховує просторову неоднорідність.

Поставлене завдання не має аналітичного рішення, тому воно вирішувалось двома методами: методом кінцевих диференціалів та методом Рунге-Кутта 4-ого порядку.

Основною метою модельних досліджень було визначення терміну біодеструкції для регулювання кількості внесення біопрепарату.

Для візуалізації чисельних рішень застосовано середовище програмування SBuilder C++ 7.0. На рис. 17 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, розраховані зміни концентрацій нафтопродукту і бактерій вглиб профілю ґрунту залежно від часу.

Результати моделювання динаміки біологічної деструкції нафтопродуктів за ґрунтовым профілем підтверджуються натурними дослідженнями за якими було визначено, що швидкість нафтодеструкції залежить від фракційного складу нафтопродукту, типу ґрунту, глибини та кліматичних умов.

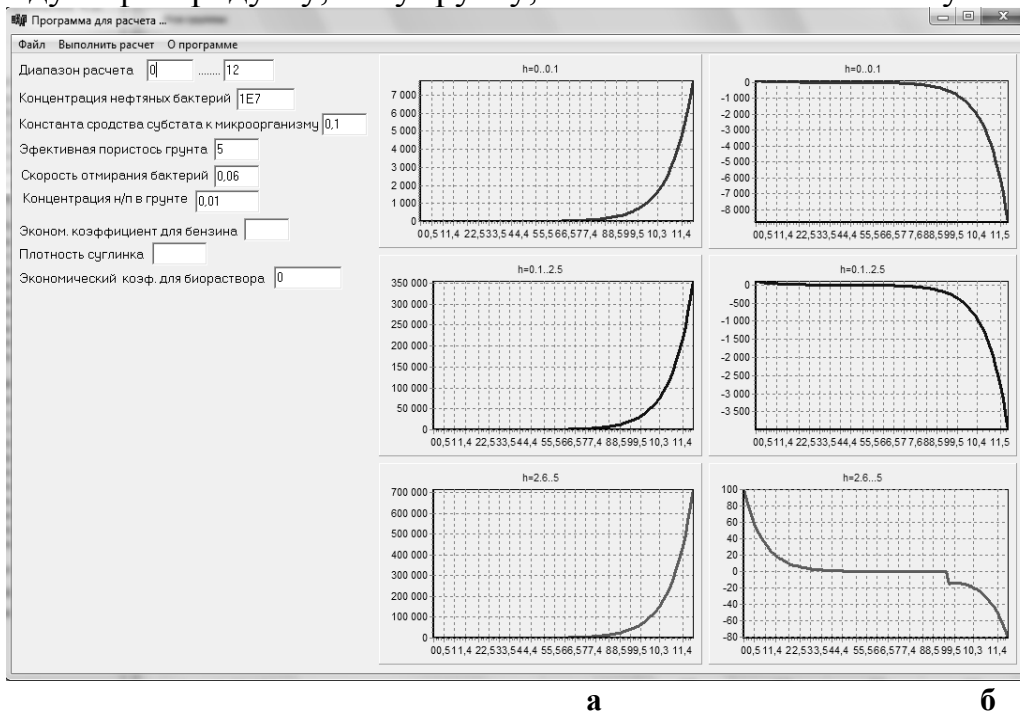


Рис. 17. Вид результативного меню програми. Динаміка біологічної деструкції дизельного палива за 12 місяців.

Порівняльний аналіз прогнозних розрахунків динаміки зміни концентрації нафтопродуктів в ході біодеструкції з даними натурних досліджень (рис. 18) демонструє збіжність, що безперечно свідчить про адекватність запропонованої моделі та методу її чисельного визначення.

При цьому відхилення (похибка) обчислювань не перевищувало допустимих параметрів.

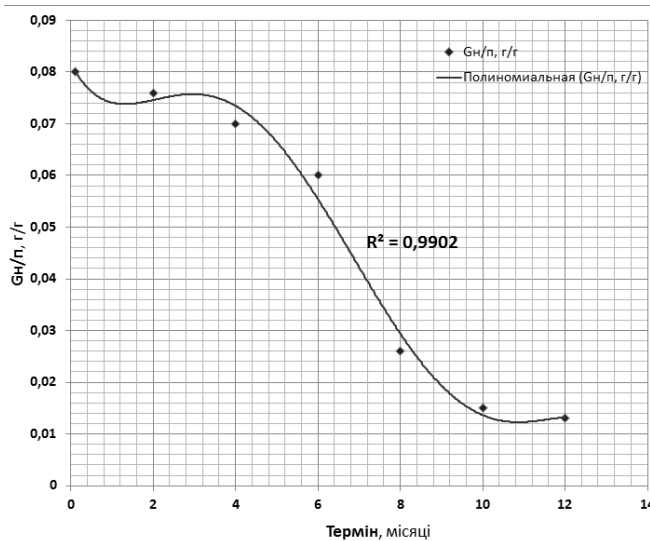


Рис. 18. Порівняльний аналіз розрахункових за моделлю результатів та даних натурних досліджень:

1 – за результатами модельного прогнозу;
2 – за даними натурних досліджень.

режимах показано на рис. 19.

Аналізуючи дані отримані в процесі виконання випробувань ми робимо висновок, що у всіх випадках, згідно очікуваних результатів швидкість вилучення бензину збільшується в ряду «суглинок > супісок > пісок», при цьому ефект очищення відповідно складає 83,1%, 92,4% і 96,3%.

Найбільш оптимальною температурою, вибраною за критеріями швидкості і якості процесу очищення, є температура 85°C.

Суть принципу полягає в очищенні ґрунту від легких фракцій нафтопродуктів шляхом спрямованої термоконвекції – нагнітання повітря, розігрітого до оптимальної температури. (рис. 20)

Кінцевим етапом запропонованої технології є введення в очищену зону аерації біопрепарату, який містить штами нативних нафтофільних бактерій і ферментуючий компонент. Ефект очищення після біоокиснення досягає 96,3 %.

Використання запропонованої технології забезпечує можливість збору та відновлення втраченого нафтопродукту.

Залежно від типу сценарію, що розвивається, згідно спеціально розроблених алгоритмів приймаються конкретні заходи проведення ліквідаційних заходів.

За сценарієм поверхневого стоку легких фракцій нафтопродуктів з ураженням товщі ґрунту рекомендований спеціальний комплекс ліквідаційних заходів.

Дисертантом розроблено технологію і устаткування для термоконвекційного очищення ґрунтів з біодоочищенням, яке застосовується безпосередньо на місці аварії. Приклад визначення кінетики процесу термічного вилучення бензину А-95 з суглинку при різних температурних

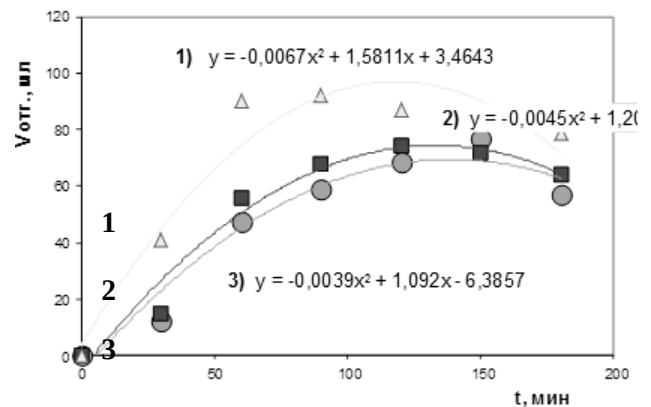


Рис. 19. Кінетика процесу термічного вилучення бензинових фракцій із суглинистого ґрунту при різних температурах:
1 - 100°C, 2 - 80°C, 3 - 60°C

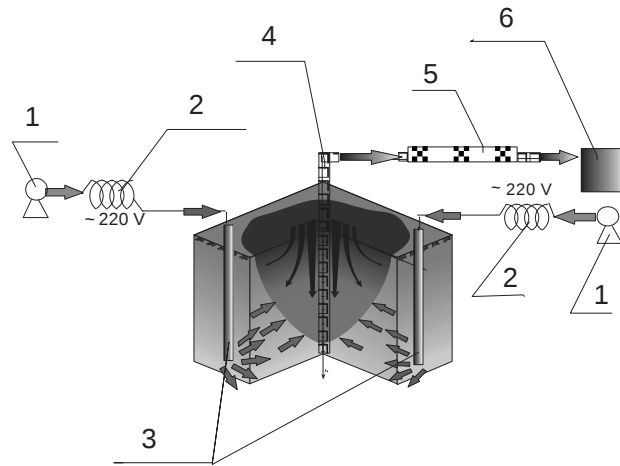


Рис. 20 Пристрій для очищення ґрунтів від бензинових фракцій:
1 – насоси; 2 – термоелементи; 3 – обсадні труби; 4 – центральна розвантажуюча труба; 5 – холодильне устаткування; 6 – бак для збору конденсату.

Одним із напрямків роботи, що базується на принципах ресурсозбереження є розробка інноваційних методів утилізації нафтовміщуючих відходів та відновлення відпрацьованих моторних оливо, що утворюються на залізниці. За допомогою розроблених методів та технологій реалізується завдання зменшення втрат та збільшення вилучення цінних нафтовмісних компонентів із поверненням їх до сировинної бази. Суть методу полягає в тому, що як окисник використовуються алкілбензосульфокислоти, як флокулянт - нейногенні поверхнево-активні речовини.

Для оптимізації технології комплексної утилізації нафтовмісних відходів автором розроблено технологічну схему утилізаційно-регенераційних станцій, на яких виконується весь комплекс розроблених високоефективних екологічно чистих методів і технологій, за допомогою операцій з регенерації цінних нафтових відходів, очищення нафтовмісних стічних вод, утилізації нафтошламів та регенерації нафтозабруднених ґрунтів.

У **шостому розділі** з метою підтвердження еколого-економічної ефективності запропонованих технологій було визначено екологічні ефекти із врахуванням вартості обладнання та реагентів.

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.

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 політи-

ки ресурсозабезпечення (наприклад, варіантів ресурсозбереження і ресурсовиробництва), вибір технологічних стратегій виробництва ресурсу.

Таким чином, очевидно 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 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.

Було визначено, що очікувані екологічні ефекти від впровадження запропонованих технологій для залізничної інфраструктури з урахуванням вартості обладнання та реагентів: технології утилізації і регенерації – для оливи М-14В₂ складатиме 75000 €/рік; – для оливи М-14Г₂ЦС – 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.

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-14В₂ складатиме 75000 €/рік; – для оливи М-14Г₂ЦС – 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 ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Монографії

1. Зеленько Ю. В. Разработка мероприятий по ликвидации экологических последствий транспортных аварий с нефтепродуктами: монография / Ю. В. Зеленько. – Д.: Издательство Маковецкий, 2010. – 192 с.
2. 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.
3. 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.
4. 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.

Публікації у наукових фахових виданнях

5. 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.
6. Зеленько Ю. В. Розробка інноваційних ресурсозберігаючих технологій ути-

- лізування нафтовмішуючих 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 (включений до міжнародних наукометричних баз даних *Index Copernicus*, *DRIVER*, *BASE*, *Uirtch's Periodicals Directory*).
7. 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 (включений в Базу даних Наукової електронної бібліотеки Російського індексу наукового цитування *НЕБ РИНЦ*).
 8. 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. (Журнал реферується "Реферативным журналом химии" (РФ), включений до міжнародної бази *Ulrich's* та в базу даних Наукової електронної бібліотеки Російського індексу наукового цитування *НЕБ РИНЦ*).
 9. 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.
 10. 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.
 11. 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.
 12. 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.
 13. 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.
 14. Зеленько Ю. В. Изучение остаточной токсичности почв при аварийных ро-

- зливах бензинових фракцій путем биотестирования / Ю. В. Зеленько // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – № 23. – С. 133–137.
15. Оптимізація використання біокомпозитних матеріалів та моделювання процесів біологічної деструкції нафтопродуктів / [Зеленько Ю. В., Горбова О. В., Вострокнутова 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.
 16. 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.
 17. 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.
 18. 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.
 19. 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.
 20. 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.
 21. 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.
 22. 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.
23. 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.
 24. 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.
 25. 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.
 26. Квантово-химическое моделирование процессов миграции нефтепродуктов в различных грунтах при аварийных разливах / 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.
 27. Зеленько Ю. В. Принципы разработки ликвидационных мероприятий при аварийных разливах на железнодорожных магистралях / Ю. В. Зеленько, Чжу Жуй, Л. А. Ярышкіна // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В.Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2008. – № 20. – С. 94–96.
 28. 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.
 29. 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.
 30. Безовська М. С. Утилізація нафтошламів та мастил, утворених у структурних підрозділах 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.
 31. 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.
32. Зеленюк Ю. В. Ликвидация экологических последствий железнодорожных аварий с нефтепродуктами / Ю. В. Зеленюк, В. Н. Плахотник, Л. А. Ярышкіна // Научно-практический журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2005. – № 2. – С. 59–62.
33. Вдосконалення технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів під час перевезень / [І. Я. Переста, Л. О. Яришкіна, І. Л. Журавель, Ю. В. Зеленюк] // Вісник Дніпропетровського національного університету залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна, Дніпропетровськ, – 2011, Випуск 38, С. 181–187.
34. Зеленюк Ю. В., Лещинська А. Л. Розробка сучасних принципів біоремедіації нафтозабруднених ґрунтів // Научно-практический журнал «Залізничний транспорт України». – К.: Вид-во ДНДЦ УЗ, 2012. – №3–4. – С. 20–21.
35. Зеленюк Ю. В. Щодо концепції розробки технологій раціонального використання нафтовмісних відходів із метою повернення їх у сировинну базу / Зеленюк Ю. В., Бойченко С. В. // Нафтова і газова промисловість, – 2012р. – №2. С. 51-54.

Додаткові праці та праці апробаційного характеру

36. Zelenko Yu. Development of nature protection measures at emergency spills of oil products / Yu. Zelenko, L. Yaryshkina // Waste management and the environment. – Wessex Institute of Technology, UK, 2008. – P. 243–247.
37. Розробка загальної схеми регенерації відпрацьованих олиф залізниць / [М. С. Безовська, Ю. В. Зеленюк, 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.
38. Трепак С. Ю. Геоінформаційні системи, як інструмент регулювання екологічної безпеки в процесі транспортування і використання нафтопродуктів на залізничному транспорті / С. Ю. Трепак, Ю. В. Зеленюк // Збірка тез доповідей XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство». – Київ, НТУУ «КПІ», 2011. – С. 205–206.
39. R. Zhu, N. Soroka, Yu. Zelenko, V. Rossikhin, S. J. Okovytyy, J. Leszczynsky // Anomalous Receptivity of Timber Based Materials with Respect to Gasoline as a Consequence of Intermolecular Interaction in the Cellulose-Aromatic hydrocarbons System \ 6th Southern School on Computational Chemistry, USA, 2006, p. 120-121.
40. Мямлин С. В. Принципы управления рисками возникновения аварийных эмиссий при транспортировке опасных грузов железнодорожным транспортом / Мямлин С. В., Зеленюк Ю. В., Sandovsky M. // Техносферная экологическая безопасность на транспорте: Материалы Международной науч-

- но-практической конференции, – СПб.: Петербургский госуниверситет путей сообщения, 2012, – С. 130–135.
- 41.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.
 - 42.Безовська М. С. Підбір цеолітів вітчизняного походження для регенерації відпрацьованих мастил / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько, Л. О. Яришкіна // Матеріали II 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.
 - 43.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.
 - 44.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.
 - 45.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 II Міжнародної наукової конференція студентів, магістрантів і аспірантів, / Одеський державний екологічний університет. – Одеса: Вид-во ОДЕКУ, 2009. – С. 31.
 - 46.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 СГУПС, 2009. – Ч. 1. – С.66-71.
 - 47.Безовська М. С. Регенерація відпрацьованих моторних олив підприємств залізничного транспорту / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Збірник матеріалів I Міжнародного конгресу «Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування». – Львів: Видавництво Національного університету «Львівська політехніка», 2009. – С. 14.
 - 48.Безовська М. С. Відновлення відпрацьованих компресорних олив залізничних підприємств / М. С. Безовська, Ю. В. Зеленько // Матеріали III Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми хіммотології» (м. Київ, 20–24 вересня, 2010) / – Одеса: Астропринт, 2010. – С. 36-37.

- 49.Безовская М. С. Регенерация отработанных моторных масел линейных подразделений железной дороги / М. С. Безовская, Ю. В. Зеленко, Л. О. Ярышкіна // 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.
- 50.А. Leshynska Improved environmental safety in the treatment of waste oil / А. Leshynska, М. 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.
- 51.Зеленко Ю. В. Разработка комплексной технологии утилизации нефтесодержащих отходов железных дорог / Ю.В. Зеленко, М. С. Безовская // Материалы докладов Международной научно-практической конференции «Академическая наука – проблемы и достижения» (Москва, 30-31 января). – М.: 2013. – С. 198-200.

Патенти

52. Пат. 95154 Україна, МПК C10M 175/00. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи / Безовська М. С., Зеленко Ю. В., Яришкіна Л. О.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № а 2009 13563; заявл. 25.12.09; опубл. 11.07.11, Бюл. № 13.
- 53.Пат. 50843 Україна, МПК C02F1/28. Пристрій для очищення ґрунту від легких нафтопродуктів / Зеленко 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.
- 54.Пат. 32346 Україна, МПК E02D31/00. Спосіб очистки ґрунту від легких нафтопродуктів / Зеленко Ю. В., Чжу Жуй; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № U 2008 00455; заявл. 14.01.08; опубл. 12.05.08, Бюл. № 9.
- 55.Пат. 34710 Україна, МПК C02F1/28. Сорбент для очистки поверхні від нафтопродуктів / Зеленко Ю. В., Сорока М. Л.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна.– № U 2008 00630; заявл. 18.01.08; опубл. 26.08.08, Бюл. № 16.
- 56.Пат. 34729 Україна, МПК C02F1/28. Спосіб виготовлення сорбенту для очистки поверхні від нафтопродуктів / Сорока М. Л., Зеленко 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.
- 57.Патент на корисну модель 70077 Україна. МПК С 10 М 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.
58. 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.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2012 00063; заявл. 03.01.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
59. Пат. 72108 Україна, МПК H02N 9/02, H02N 9/04. Полімерний біодеструктивний матеріал для очистки ґрунту від нафти та нафтопродуктів / Зеленько Ю. В., Лещинська А. Л., Арламова Н. Т.; заявник і патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. – № U 2012 00148; заявл. 04.01.12; опубл. 10.08.12, Бюл. № 15.
60. Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір. Комп'ютерна програма «Система аналізу екологічних ризиків на залізничному транспорті (SAER)» / Зеленько Ю. В., Тарасов В. В., Трепак С. Ю.; – № 42639; опубл. 05.03.12.

АНОТАЦІЯ

Зеленько Ю.В. Розвиток методологічних основ ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій при експлуатації залізничного транспорту – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.20 - експлуатація та ремонт засобів транспорту. Дніпропетровський національний університет імені академіка В.Лазаряна, Дніпропетровськ, 2015.

На основі системного аналізу небезпечних екологічних ситуацій, що виникають під час емісій нафтопродуктів вивчено джерела, шляхи та форми розповсюдження нафтопродуктів у навколишньому середовищі. Встановлено вплив домінуючих чинників та закономірності розподілу фракцій нафтопродуктів за ґрунтовим профілем.

Розроблено спеціальну програмно-аналітичну систему «SAER» на базі повнофункціональної ГІС MapInfo v. 5.0 для управління екологічною безпекою та оцінки потенційних екологічних ризиків за розробленою методикою, що дозволяє оперативно отримувати дані моніторингу, прогнозувати розвиток аварійних ситуацій, об'єктивно оцінювати потенційні екологічні ризики та забезпечує ефективну підтримку прийняття управлінських рішень щодо мінімізації екологічних наслідків та контролю за ходом ремонтних і відновних робіт.

Вивчено ряд композиційних матеріалів із відходів виробництв. За результатами дослідів запропоновано технологію отримання нового композиційного сорбенту на базі вуглецевої частки та в'язучої речовини, що має високу поглинальну здатність. Визначені оптимальні умови застосування запропонованого композиційного сорбенту.

Для проведення біоремедіації запропоновано використання біополімерного комплексу на базі полілактидного полімеру, що має в своїй структурі шар ліофілізованої аборигенної мікрофлори, альгофлори і ферменту.

Запропоновано математичну модель прогнозування процесу біоочистки та оптимізації роботи біополімерного комплексу. Досліджено умови, особливості та обмеження використання біологічних методів очищення ґрунтів від нафтопродуктів.

Розроблено комплекс технологічних схем очищення та відновлення нафтозабруднених ґрунтів, що відрізняється високою ефективністю, економічністю та базуються на сучасних принципах ресурсозбереження з урахуванням особливостей експлуатації залізничного транспорту.

Розроблено схему комплексної утилізаційної станції з технологічними лініями регенерації відпрацьованих олив, переробки нафтошламів і утилізації нафтовміщуючих відходів, за запропонованими методиками, що забезпечують високу ефективність очищення, утилізації нафтошламів та регенерацію відпрацьованих моторних олив.

Ключові слова: емісії нафтопродуктів, ґрунти, міграція, екологічні ризики, екологічні наслідки, композиційні сорбенти, біополімерний комплекс, утилізація.

АННОТАЦИЯ

Зеленько Ю.В. Развитие методологических основ ресурсосберегающих экологически чистых технологий при эксплуатации железнодорожного транспорта – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.22.20 – эксплуатация и ремонт средств транспорта, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, Днепропетровск, 2015.

Результатом выполненной диссертационной работы является решение научно-прикладной проблемы повышения экологической безопасности эксплуатации железнодорожного транспорта минимизацией экологических рисков и последствий эмиссий нефтепродуктов:

На основе системного анализа опасных экологических ситуаций, возникающих при эмиссиях нефтепродуктов проанализированы и изучены источники, пути и формы поступления и распространения нефтепродуктов в окружающей среде. Установлено влияние доминирующих факторов (природы, влажности, температуры и гранулометрического состава почвы) и закономерности распределения фракций нефтепродуктов по ґрунтовому профилю. Получены основные закономерности процесса биологической деструкции нефтепродуктов

с учетом пространственной неоднородности развития микроорганизмов, в частности: зависимости изменения концентраций нефтеокисляющих микроорганизмов, а также фракционного состава и концентраций нефтепродуктов.

Предложена принципиальная и функциональную схемы управления экологической безопасностью на транспорте, позволяющие выполнять систематический анализ разнородных данных - мониторинга, географических, технологических и производственных задач и предоставляет возможности оперативного принятия управленческих решений по оптимизации природопользования на транспорте.

Разработана методика оценки эколого-экономических рисков при транспортировке и хранении нефтепродуктов на железнодорожном транспорте. На основании анализа статистических данных и метода экспертных оценок определены вероятности возникновения аварийных ситуаций. Предложенная методика позволяет эффективно оценивать эколого-экономические риски с учетом сопутствующих факторов и отличается простотой процедуры идентификации параметров по данным количественного анализа рисков, геоинформационных систем и мониторинга.

Разработана программно-аналитическая система «SAER» на базе полнофункциональной ГИС MapInfo v. 5.0 для управления экологической безопасностью и оценки потенциальных экологических рисков, позволяющая оперативно получать информацию о ситуационном позиционировании объекта, данные мониторинга, прогноз развития аварийных ситуаций, объективно оценивать потенциальные экологические риски и обеспечивающая эффективную поддержку принятия управленческих решений по минимизации экологических последствий и контроля за ходом ремонтных и восстановительных работ.

Разработана методология комплексного подхода к рациональному выбору, разработке и использованию инновационных технологий, позволяющих эффективно минимизировать эколого-экономические последствия от эмиссий нефтепродуктов с применением принципов ресурсосбережения. Предложен новый алгоритм вычисления эколого-экономического ущерба при авариях с нефтепродуктами.

Предложен новый способ и технология термоконвекционной очистки почв с биодоочисткой, обеспечивающий эффективность очистки почв до 96,3% и позволяющий минимизировать потери легких фракций нефтепродуктов. Определены кинетика термоконвекции в почвах при различных условиях.

Изучен ряд композиционных материалов из отходов металлургических, коксохимических и деревообрабатывающих производств, имеющие пористую и волокнистую структуру. Исследованы их физико-химические свойства. По результатам опытов предложена технология получения нового композиционного сорбента на базе углеродистой составляющей и вяжущего вещества, характеризующегося поглотительной способностью до 265%. Определены опти-

мальные условия применения предложенного композиционного сорбента (гранулометрический состав, температура, влажность и т.д.).

Разработан биополимерный комплекс на базе полилактидного полимера, имеющего в своей структуре слой резистентной и активной по отношению к нефтепродуктам аборигенной микрофлоры, альгофлоры и фермента. Эффект очистки почв от нефтепродуктов составляет 96,4%.

Установлены закономерности процесса иммобилизации дифференцированных ценозов на сонове скрининга микробиологических культур в зонах железнодорожных магистралей, заключающийся в определении зависимости эффективности адсорбции от природы биокомпозита и матрицы-носителя. На базе установленных закономерностей разработан спектр биокомпозитных материалов и биополимерный комплекс для интенсификации очистки и восстановления нефтезагрязненных почв.

Предложена математическая модель прогнозирования процесса биочистки и оптимизации работы биополимерного комплекса. Исследованы условия, особенности и ограничения использования биологических методов очистки почв от нефтепродуктов.

Разработан комплекс технологических схем очистки и восстановления нефтезагрязненных почв, отличающийся от существующих высокой эффективностью - до 97,8%, экономичностью и базирующийся на современных принципах ресурсосбережения с учетом особенностей эксплуатации железнодорожного транспорта.

Разработана новая технология восстановления моторных масел и утилизации нефтешламов с использованием окислителя и поверхностно-активных веществ. Предложенная технология, по сравнению с аналогами, имеет высокие показатели выхода восстановленного масла - 94,1% и эффекта очистки, достигающего 96,5%.

Разработана схема комплексной утилизационной станции с технологическими линиями регенерации отработанных масел, переработки нефтешламов и утилизации нефтесодержащих отходов, что обеспечивает высокую эффективность очистки очаговых загрязнений почвы - до 97,8%, технологических нефтесодержащих сточных вод - до 94,3%, утилизацию нефтешламов и регенерацию отработанных моторных масел.

Ключевые слова: транспортные аварии, нефтепродукты, экологические последствия, сорбенты, миграция, грунты, утилизация.

SUMMARY

Zelen'ko Yu.V. The development of the methodological basis of the environmentally appropriate resource-saving technologies during the railway transport operation— Manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of Doctor of technical science on speciality 05.22.20 – Maintenance and repair of transport means. - Dne-

propietrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Dnepropetrovsk, 2015.

Based on the systematic analysis of the dangerous environmental situations, that arise during the oil product emission, the source, ways and forms of the inflowing and the expansion of the oil products in the environment are analyzed and studied. The influence of the dominant factors and patterns of the distribution of the oil product cut on the soil profile is established.

A special program-analytical system «SAER» was worked out on the basis of the fully functional GIS MapInfo v. 5.0 for ecological safety management and evaluation of potential environmental risks that allows to receive data monitoring, to predict the development of emergency situations, objectively assess potential environmental risks, to provide effective support management decisions to minimize environmental impacts and to monitor the repair and restoration works.

The methodology of the integrated approach to rational choice, the development and use of innovative technologies was worked out, that can effectively minimize the environmental and economic effects of the oil product emissions using the principles of resource saving. A new algorithm was proposed in order to calculate the environmental and economic damage in case of accidents with the oil products.

The patterns of the process of the immobilization of the differentiated cenosis were determined from the screening of bacterial, yeast and algal cultures in the areas of the railway lines. On the basis of the established patterns the spectrum of the biocomposite materials and the biopolymer complex were worked out in order to intensify the purification and reduction of oily soils.

A mathematical model of the forecasting the biopurification process and the optimization of the biopolymer complex was proposed. The conditions, characteristics and limitations of the use of the biological methods of soil purification from the oil products were studied.

The complex of the schemes of the purification and reduction of the oily soils was worked out that has the higher efficiency than the present one. It is based on the modern principles of the resources saving, taking into account the characteristics of the operation of the railway transport.

The scheme of the complex heat-recovery station was worked out. It is used with the technological lines of regeneration of waste oils, oil-slime processing and utilization of oil-containing wastes, according to the proposed methods, providing high efficiency of purification of spot local soil pollution, technological oil-containing sewage, utilization of waste oil-slime and regeneration of waste engine oils.

Keywords: emission of oil product, soil, migration, environmental risks, environmental effects, composite sorbents, biopolymer, complex utilization.

ЗЕЛЕНЬКО ЮЛІЯ ВОЛОДИМИРІВНА

**РОЗВИТОК МЕТОДОЛОГІЧНИХ ОСНОВ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ЕКОЛОГІЧНО
ЧИСТИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Надруковано згідно з оригіналом автора

Підписано до друку 05.01.2015р. Формат 60×84/16.
Папір для множних апаратів. Умовн. друк. арк. 1,8. Обл.-вид. арк. 1,9.
Замовлення № 1
Тираж 120 прим.

Видавництво Дніпропетровського національного університету залізничного
транспорту імені академіка В. Лазаряна
Свідоцтво суб'єкта видавничої діяльності ДК № 1315 від 31.03.2003.
Адреса видавництва та дільниці оперативної поліграфії
49010, Дніпропетровськ, вул. Лазаряна, 2.