

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова

Факультет економіки та екології моря

Кафедра екології та природоохоронних технологій

Спеціальність 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Освітня програма «Технології захисту навколишнього середовища»

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Гарант освітньої програми

к.т.н., професор НУК

Літвак С.М.

“ ” 2024 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

Студентці Кондратюк Ладі Василівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Екологічна оцінка сучасної технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті»

Керівник роботи Літвак Сергій Михайлович, канд.техн. наук, професор НУК

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

Затверджені наказом ректора № 1108-УЧ від « 24 » жовтня 2024 року

2. Термін подання роботи: 20.12.2024

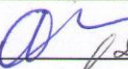
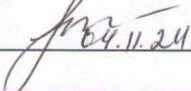
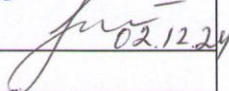
3. Вихідні дані по роботі: технічна документація, статистичні дані, методичні вказівки, наукові публікації.

4. Перелік питань, що належать до розробки (найменування розділів)

1. Проблеми виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні нафти і нафтопродуктів залізничним транспортом. 2. Оцінка екологічного ризику при перевезенні нафти і нафтопродуктів залізничним транспортом. 3. Технологія локалізації та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті. 4. Оцінка економічних збитків. 5. Охорона праці.

5. Перелік презентаційних матеріалів: Презентація – 19 слайдів.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
4	Літвак О.А., к.е.н., доцент	 04.11.24	 26.11.24
5	Маринець О.М., к.т.н., доцент	 04.11.24	 02.12.24

7. Дата видачі завдання 15.09.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Номер	Назва етапів роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір теми кваліфікаційної роботи	15.09.2024	
2	Визначення мети, завдань, об'єкта та предмета дослідження	26.09.2024	
3	Складання плану, підбір і опрацювання списку використаних джерел	05.10.2024	
4	Дослідження проблем виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні нафти і нафтопродуктів залізничним транспортом	17.10.2024	
5	Оцінка екологічного ризику при перевезенні нафти і нафтопродуктів залізничним транспортом	01.11.2024	
6	Обґрунтування технології локалізації та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті. Порівняльний аналіз ефективності використання різних сорбентів нафти.	25.11.2024	
7	Виконання розрахунку економічного збитку, заподіяного в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті.	01.12.2024	
8	Розробка заходів з охорони праці та техніки безпеки	08.12.2024	
9	Підготовка до захисту кваліфікаційної роботи	20.12.2024	
10	Захист кваліфікаційної роботи	23.12.2024	

Студентка


(підпис)

Кондратюк Л.В.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)

Літвак С.М.
(прізвище та ініціали)

Анотація
до кваліфікаційної роботи «Екологічна оцінка сучасної технології
ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті»
студентки Кондратюк Л.В.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз екологічних та технічних рішень щодо впровадження сучасної технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті в контексті забезпечення вимог екологічної та техногенної безпеки.

Перший розділ роботи присвячений вивченню проблем виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні нафти і нафтопродуктів залізничним транспортом. Визначено основні види впливу аварійних розливів нафти і нафтопродуктів на стан довкілля і здоров'я населення.

У другому розділі розглянуто екологічні ризики, що виникають при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом. Виконано оцінку екологічного ризику виникнення аварійного розливу при перевезенні нафтопродуктів у спеціальних цистернах з визначенням параметрів плями розливу та маси викидів забруднюючих речовин при ймовірному неконтрольованому горінні нафтопродуктів.

Третій розділ присвячено дослідженню основних етапів запропонованої сучасної технології локалізації і збору аварійних розливів нафтопродуктів з використанням сорбційних патронів для превентивного накопичення сорбентів нафтопродуктів безпосередньо на вагонах-цистернах. Проведено порівняльний аналіз ефективності використання трьох варіантів сорбентів для превентивного накопичення в тілі сорбційного патрона за технічними, екологічними і економічними показниками.

У четвертому розділі виконано розрахунки розмірів економічних збитків, які можуть бути заподіяні компонентам довкілля в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті.

У п'ятому розділі розроблено заходи з охорони праці та вимоги техніки безпеки при навантаженні та вивантаженні небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

Кваліфікаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел, одного додатку. Основний зміст роботи викладено на 94 сторінках комп'ютерного тексту, у тому числі 21 рисунок, 11 таблиць. Список використаних джерел складається із 70 найменувань.

Ключові слова: нафта, нафтопродукти, аварійний розлив, залізничний транспорт, екологічний ризик, викиди забруднюючих речовин, сорбенти, сорбційна здатність, економічний збиток.

Summary

to the qualification work «Environmental assessment of modern technology for liquidation of emergency spills of petroleum products on railway transport»

Kondratiuk Lada

The purpose of the qualification work is the analysis of ecological and technical solutions regarding the implementation of modern technology for the liquidation of emergency spills of petroleum products on railway transport in the context of ensuring the requirements of ecological and man-made safety.

The first section of the work is devoted to the study of the problems of emergency situations during the transportation of oil and petroleum products by rail transport. The main types of impact of emergency spills of oil and oil products on the state of the environment and the health of the population have been determined

In the second chapter, the environmental risks arising from the transportation of petroleum products by rail are considered. An assessment of the environmental risk of accidental spillage during the transportation of petroleum products in special tanks was performed, with the determination of the parameters of the spill spot and the mass of emissions of polluting material in the event of probable uncontrolled burning of petroleum products.

The third section is devoted to the study of the main stages of the proposed modern technology of localization and collection of emergency spills of petroleum products using sorption cartridges for the preventive accumulation of sorbents of petroleum products directly on tank cars. A comparative analysis of the effectiveness of the use of three types of sorbents for preventive accumulation in the body of the sorption cartridge was carried out according to technical, ecological and economic indicators

In the fourth chapter, the calculations of the amount of economic losses that can be caused to the components of the environment as a result of an emergency spill of petroleum products on railway transport are performed.

In the fifth chapter, labor protection measures and safety requirements for loading and unloading dangerous goods on railway transport are developed.

The qualification work consists of an introduction, five chapters, conclusions, a list of used sources, and one appendix. The main content of the work is presented on 94 pages of computer text, including 21 figures, 11 tables. The list of used sources with 70 items.

Key words: oil, oil products, emergency spill, railway transport, environmental risk, emissions of pollutants, sorbents, sorption capacity. economic loss.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМИ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	10
1.1 Особливості транспортування нафтопродуктів залізничним транспортм.	10
1.2 Екологічна характеристика хімічних компонентів нафти	16
1.3 Проблеми виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні небезпечних вантажів залізничним транспортом	18
1.4 Вплив аварійних розливів нафти і нафтопродуктів на стан довкілля і здоров'я населення	20
РОЗДІЛ 2 ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ	26
2.1 Поняття екологічного ризику	26
2.2 Екологічні ризики, що виникають при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом	30
2.3 Можливі сценарії при аварійних розливах нафти і нафтопродуктів на залізничному транспорті	34
2.4 Оцінка екологічного ризику при перевезенні нафтопродуктів у спеціальних цистернах	38
2.5 Аналіз аварійних ситуацій за технологічними операціями під час транспортування нафтопродуктів залізницею	44
РОЗДІЛ 3 ТЕХНОЛОГІЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ	47
3.1 Огляд існуючих технологій локалізації та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті.....	47
3.2 Використання сорбентів для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів	52

3.3 Опис запропонованої технології локалізації і збору аварійних розливів нафтопродуктів	57
3.4 Порівняльний аналіз ефективності використання різних сорбентів ...	61
РОЗДІЛ 4 ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ	73
4.1 Поняття економічного збитку	73
4.2 Розрахунок економічного збитку, заподіяного в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті	75
РОЗДІЛ 5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	81
5.1 Загальні відомості.....	81
5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів.....	83
5.3 Розрахунок показників природної вентиляції адміністративного приміщення підприємства залізничного транспорту	85
5.4 Вимоги техніки безпеки при навантаженні та вивантаженні небезпечних вантажів	88
ВИСНОВКИ.....	92
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	94
Додаток	101

ВСТУП

Актуальність теми. Екологічні наслідки аварій, які трапляються під час перевезення небезпечних вантажів, є однією з найбільш масштабних і значимих проблем транспортної екології. Під час таких аварій відбуваються залпові емісії великих кількостей токсичних речовин, що становлять серйозну небезпеку для людей та навколишнього середовища. Статистика показує, що, незважаючи на значні зусилля щодо попередження транспортних аварій, вони продовжують мати місце. Так, навіть за неповними даними Організації Співдружності залізниць тільки великих залізничних аварій відбувається кілька десятків на рік, при цьому середні втрати небезпечних вантажів становлять близько 130 тонн на аварію. Це пов'язано з труднощами прогнозування стихійних лих, наприклад землетрусів, ураганів, повеней тощо, з неминучими помилками персоналу, з незадовільним станом рухомого складу та шляхів, особливо в країнах з перехідною економікою, до яких відноситься і Україна, з природним прагненням до підвищення швидкостей руху, з рядом інших причин. В останні роки до цих причин додалися локальні військові дії та терористичні акти.

Нафтопродукти є одними з найпоширеніших вантажів, що транспортуються залізницями. Україна – транзитна країна та поряд з великою кількістю внутрішніх споживачів існує значна кількість вантажоодержувачів на цей вид продуктів на Заході. Однак і кількість аварій із цими видами вантажів має тенденцію до зростання, деякі з них досить масштабні та небезпечні.

Потрапляння нафтопродуктів в довкілля призводить до серйозних порушень біоценозів гідросфери і ще більшою мірою літосфери. З цієї причини розроблення технологій ліквідації екологічних наслідків транспортних аварій з нафтою та продуктами її переробки відносяться до розряду вельми актуальних. Слід врахувати також, що в результаті значного протікання нафтопродуктів під час аварій втрачаються значні кількості дорогих енергоносіїв і таким чином відповідні технології, що включають утилізацію цих енергоносіїв слід віднести до розряду енерго- та ресурсозберігаючих.

Метою кваліфікаційної роботи є аналіз екологічних та технічних рішень щодо впровадження сучасної технології ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті в контексті забезпечення вимог

екологічної та техногенної безпеки.

Об'єктом дослідження є технологія локалізації і ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбційного матеріалу безпосередньо на вагонах-цистернах.

Предметом дослідження є процеси локалізації і ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті та обґрунтування вибору ефективного сорбенту для збору нафтопродуктів за технічними, екологічними та економічними критеріями.

Для досягнення мети виконувались такі **завдання**:

- вивчити особливості транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом та проблеми виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні небезпечних вантажів;

- визначити основні види впливу аварійних розливів нафти і нафтопродуктів на стан довкілля і здоров'я населення;

- виконати оцінку екологічного ризику виникнення аварійного розливу при перевезенні нафтопродуктів у спеціальних цистернах з визначенням параметрів плями розливу та маси викидів забруднюючих речовин при ймовірному неконтрольованому горінні нафтопродуктів;

- провести аналіз аварійних ситуацій за технологічними операціями та іншими факторами під час транспортування нафтопродуктів залізницею;

- дослідити основні етапи запропонованої технології локалізації і збору аварійних розливів нафтопродуктів з використанням сорбційних патронів для превентивного накопичення сорбентів нафтопродуктів безпосередньо на вагонах-цистернах;

- провести порівняльний аналіз ефективності використання трьох варіантів сорбентів для превентивного накопичення в тілі сорбційного патрона за технічними, екологічними і економічними показниками;

- розрахувати розмір економічних збитків, які можуть бути заподіяні компонентам довкілля в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті;

- розробити заходи з охорони праці та вимоги техніки безпеки при навантаженні та вивантаженні небезпечних вантажів на залізничному транспорті.

РОЗДІЛ 1

ПРОБЛЕМИ ВИНИКНЕННЯ АВАРІЙНИХ СИТУАЦІЙ ПРИ ТРАНСПОРТУВАННІ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

1.1 Особливості транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом

При транспортуванні нафтопродуктів залізницею можна виділити такі основні переваги.

1. Можливість перевезень у будь-який сезон. На перевезення нафти та газу не впливатимуть жодні погодні умови. Перевезення здійснюються цілий рік, що зумовлено універсальністю та всесезонністю залізничних сполучень. Річки можуть замерзати, дороги засипає снігом або вони покриваються шаром льоду, через що доставка стає неможливою або вкрай небезпечною;

2. Підходить практично для будь-яких видів нафти та нафтопродуктів.

3. Короткостроковість. Швидкість транспортування продукту за допомогою залізничних колій значно вища за швидкість морських або річкових перевезень.

4. Обсяги постачання. У плані кількості нафтопродуктів, яку здатен доставити один залізничний состав, з залізничним транспортом може зрівнятися лише великий морський танкер;

5. Ефективність. Якщо зіставити фінансові витрати на організацію залізничних перевезень та прибуток, який отримують усі учасники ринку, то залізниця виявляється найвигіднішою. Тому такі види доставки вважаються найбільш ефективними, маючи оптимальне співвідношення ціни, якості та швидкості виконання перевезень.

Цим і пояснюється підвищений попит на залізницю як спосіб доставки продуктів нафтопереробної промисловості. Досить часто поїзди стають лише складовим елементом мультимодальних перевезень, у яких бере участь відразу кілька видів транспорту. Але безліч нафтопереробних підприємств, мають

власні вантажно-розвантажувальні спеціально обладнані пункти прийому цистерн. Це значно скорочує витрати, оскільки виключається необхідність перевантаження продукції з залізничних цистерн в автоцистерни. Але тут уже все залежить від кожної конкретної ситуації.

Значна частка всіх перевезень усередині України (близько 40%) припадає на залізничні перевезення. Тому більшість нафтосховищ та нафтобаз знаходяться поруч із залізничними магістралями.

У даного виду транспортування існують такі мінуси:

- великі фінансові витрати, які необхідні для будівництва нових залізничних колій та їх підтримання у функціональному стані вже існуючих залізниць;
- більш висока вартість перевезень порівняно з водним або трубопровідним способом доставки (залізничні перевезення дорожче в 2-4 рази).
- втрати нафти у роботі з цистернами практично неминучі, і відбуваються як при заповненні, так і при спустошенні тари [19].

При організації перевезення нафтопродуктів залізницею застосовуються залізничні цистерни. Це спеціальні вагони-цистерни, при виготовленні яких використовується високоякісна листова сталь із товщиною понад 8 міліметрів. Такі цистерни можуть відрізнятися за:

- розмірами;
- вантажопідйомністю;
- місткістю;
- обладнанням;
- додатковим обладнанням;
- використовуваними при виготовленні матеріалами тощо.

Обов'язковою вимогою до залізничних цистерн, призначених для перевезення нафтопродуктів, є підвищена паростійкість, а також масло- та бензостійкість. Додатково спеціальні вагони для транспортування продукції

нафтопереробної промисловості повинні відповідати жорстким вимогам щодо іскробезпеки та стійкості до утворення електростатичних розрядів.

В іншому випадку зростає ймовірність утворення вибухонебезпечної пари, для займання яких достатньо однієї невеликої іскри. Результатом застосування цистерн, що порушують основні правила безпеки, стає пошкодження резервуарів, втрата товару, а також завдання шкоди навколишньому середовищу та людському здоров'ю. Конструкція ретельно розробляється інженерами. Цистерни для нафтопродуктів, що використовуються при їх перевезенні залізничним транспортом, оснащуються спеціальними інструментами для виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Завантаження або заливка палива, масел та інших нафтопродуктів здійснюється через спеціальні отвори. Вивантаження чи злив виконують за допомогою отворів, розташованих у нижній частині вагона-цистерни. Додатково для кожної залізничної цистерни передбачено наявність: оглядових майданчиків; зовнішніх сходів; внутрішніх сходів; зливних пристроїв; заливного обладнання; контрольно-вимірювальних приладів; засобів пожежогасіння для екстрених випадків тощо [18].

Все це обладнання та пристрої необхідні для створення максимально безпечних умов при переміщенні цистерн із нафтопродуктами залізницею. Будь-яке порушення встановлених правил загрожує мінімум адміністративним покаранням. У певних випадках, коли через порушення правил безпеки було завдано шкоди майну або постраждали люди, до відповідальних осіб можуть бути застосовані статті Кримінального кодексу.

Для перевезень залізничними коліями використовують цистерни, які вміщують 25, 50, 60, 90 і 120 тонн нафти і нафтопродуктів. У нижній частині знаходиться універсальний зливальний пристрій, через який зливається весь вміст. Пружинні запобіжні клапани використовуються для регулювання максимально допустимого значення тиску в цистерні (рис. 1.1). Це небезпечно тим, що тиск може викликати надмірну напругу стінок ємності. Состав із таких вагонів формує наливний маршрут.

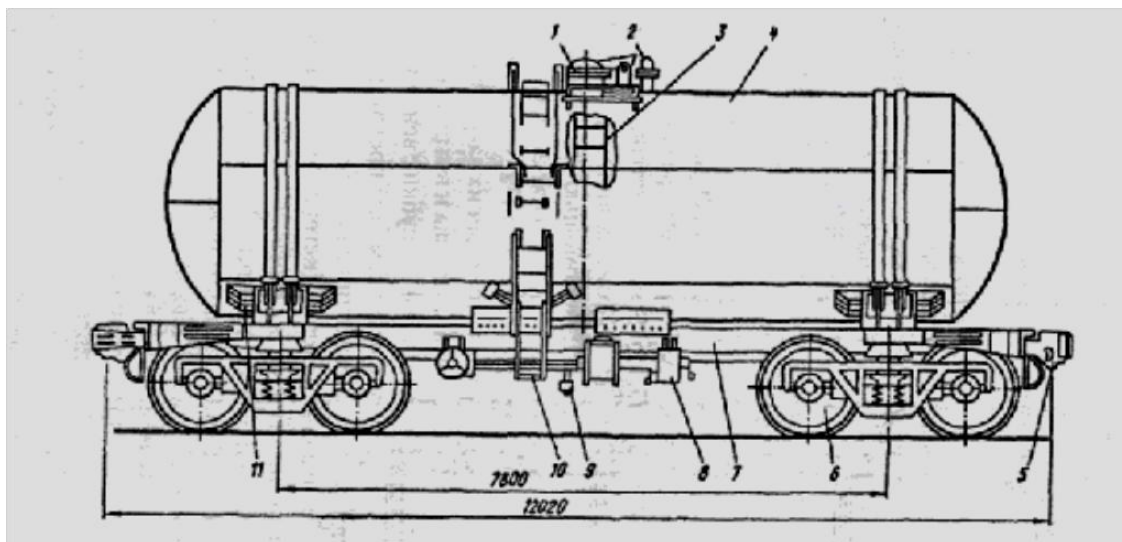


Рис.1.1 – Чотиривісна цистерна для перевезення бензину та світлих нафтопродуктів (стандартна модель 15-1443): 1 – горловина; 2 – запобіжна арматура; 3 – внутрішні сходи; 4 – котел; 5 – ударно-тягові пристрої; 6 – ходова частина; 7 – рама; 8 – гальмівне обладнання; 9 – зливний прилад; 10 – зовнішні сходи; 11 – пристрої кріплення котла до рами.

Рама служить для сприйняття тягових зусиль, ударів в автосцепку, і навіть інерційних сил котла, що виникають зміні швидкості руху цистерни. За типом ходової частини розрізняють 4-х та 8-ми основні цистерни (рис. 1.2).

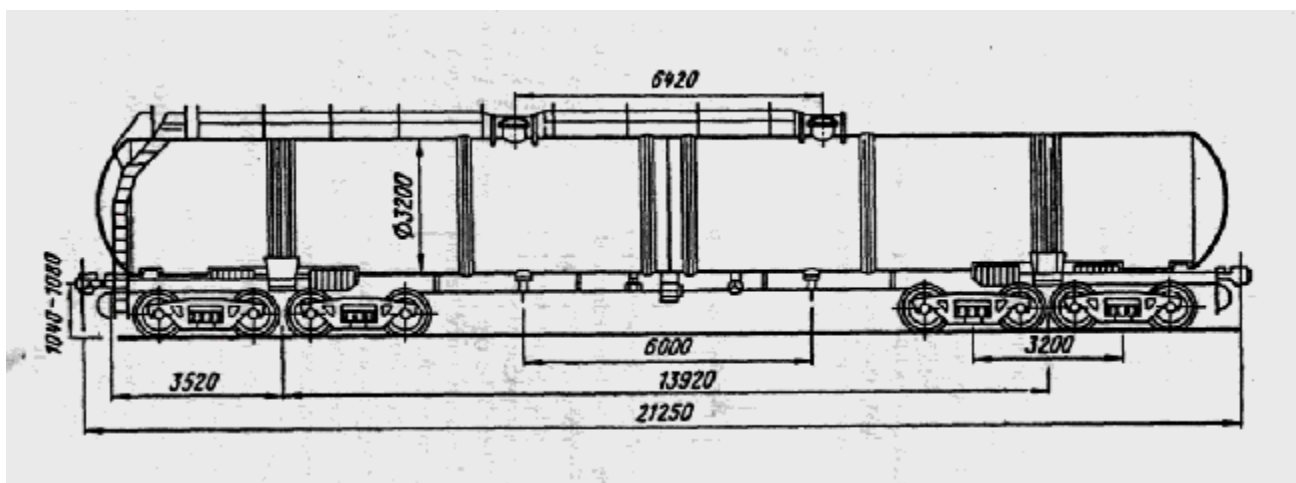


Рис. 1.2 – Восьмивісна цистерна для бензину (модель 15-1500)

Безсекційний котел, що знаходиться на цистернах, складається з циліндричної частини та двох днищ. Він прикріплюється до рами спеціальними болтами, по краях – чотирма хомутами з муфтами та натяжними болтами. У верхній частині котла розташований ковпак з люком, призначений для їх завантаження, а в нижній – зливальний прилад для їх розвантаження.

При транспортуванні зріджених газів завантаження та вивантаження здійснюється через спеціальні патрубки з вентилями. При підвищенні тиску можливе руйнування котла цистерн, для цього існує запобіжна арматура.

Види цистерн:

- спеціального призначення – у них перевозяться високов'язка та високопарафініста нафта та нафтопродукти;

- з паровою сорочкою – виділяються окремо, тому що внизу у них встановлена система парового підігріву з площею поверхні нагріву близько 40м^2 .

- термоси – у яких перевозяться підігріті високов'язкі нафтопродукти. Вони вкриті тепловою ізоляцією, а всередині котла розташований стаціонарний підігрівач трубчастий з поверхнею нагріву 34 м^2 .

- для зріджених газів – цей вид розрахований на підвищений тиск (для пропану – 2 МПа, для бутану – 8 МПа).

У сучасних цистернах об'єм котла становить від 54 до 162 м^3 , діаметр – до $3,2\text{ м}$. Для перевезення світлих нафтопродуктів та мастил у критих вагонах використовуються 200 -літрові бочки та бідони.

Перевезення нафти і нафтопродуктів залізницями пов'язані з ймовірністю виникнення надзвичайних подій, які можуть призвести до витоків різного масштабу, а також спричинити пожежі або вибухи, що призводять до значних матеріальних втрат, екологічних втрат для навколишнього середовища та ураження токсичними та шкідливими речовинами населення.

Слід розуміти, що транспортування нафтопродуктів, незалежно від виду транспорту, що використовується, завжди пов'язане з певними ризиками. тому для таких випадків розробляються спеціальні закони, норми та правила. Усі

вони спрямовані на безпеку при транспортуванні продукції. Загалом виділяють 4 головні пункти: пакування; маркування; перевезення; зберігання.

Тара, що використовується для перевезення нафтопродуктів, обов'язково маркується і позначається як небезпечний вантаж. Також застосовуються додаткові мітки та знаки, що підтверджують рівень і клас небезпеки нафтопродукту, що транспортується. Перш ніж заливати нафтопродукт у залізничну цистерну, ємність ретельно оглядається та очищається від усіляких забруднень. Змішування різних нафтопродуктів шляхом їх заливання в цистерни без попереднього очищення суворо заборонено. Кожна цистерна має супровідний документ. У цій документації вказується яка речовина перевозиться в резервуарі, а також що перевозили в цій же цистерні раніше. У окремих випадках допускається відсутність супровідного документа такого плану. Але тоді слід на місці провести аналіз та виявити, для перевезення яких нафтопродуктів використовувалися резервуари.

Процедура заливання продуктів нафтопереробної промисловості суворо контролюється та регламентується. Важливою особливістю є властивість такої продукції розширюватись при зміні температурного режиму. Тож забороняється заповнювати залізничні резервуари на 100%. Завжди залишається певний запас простору у разі температурного розширення нафтопродуктів. Правила перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом розроблені з основною метою мінімізувати всі потенційні ризики, які несе транспортування продукції нафтопереробної промисловості.

Кожен перевізник повинен суворо дотримуватися всіх встановлених норм доставки. Якщо перевезення нафтопродуктів залізничним транспортом здійснюється з порушенням регламенту та законів, то це загрожує як адміністративною, так і кримінальною відповідальністю. Тому клієнтам транспортних компаній потрібно уважно вивчати можливості перевізника, його рівень надійності та наявність досвіду у сфері залізничних перевезень небезпечного вантажу.

1.2 Екологічна характеристика хімічних компонентів нафти

Забруднення навколишнього середовища нафтою та нафтопродуктами є глобальною екологічною проблемою. Зокрема, викид нафтопродуктів на залізничних коліях в Україні становить не менше 3,3 млн. т/рік, на нафтобазах – 0,8 млн. т/рік, на нафтопереробних заводах до 1,3 млн. т/рік.

Присутність сирової нафти у ґрунті значною мірою погіршує її властивості (структуру, кислотність, гідрофобність, наявність водоміцних агрегатів) та знижує її екологічні функції.

Нафту, отриману безпосередньо зі свердловини, можна класифікувати за різними ознаками. Найчастіше сиру нафту класифікують за місцем її утворення, відносною вагою, в'язкістю та вмістом сірки. Розрізняють легку (0,65 – 0,87 г/см³), середню (0,871 – 0,910 г/см³) та важку (0,910 – 1,05 г/см³) нафту. Кожен тип сирової нафти вирізняється унікальними характеристиками.

Незважаючи на те, що сира нафта, здобута з різних родовищ містить однакові хімічні компоненти, вона відрізняється співвідношенням алканів, циклоалканів, ароматичних і нафтоєнових вуглеводнів. Вуглеводні становлять близько 75% більшості сирих типів нафти. Кожна з цих сполук може розглядатися як самостійний токсикант.

Алкани, лінійні або розгалужені, містять тільки вуглець і водень, у порівнянні з іншими вуглеводнями мають найменшу токсичність, проте, низькомолекулярні алкани, що мають високу леткість є більш токсичними для рослин і тварин. Гостра токсична дія нафти в перші кілька діб після розливу пов'язана саме з присутністю високолетких низькомолекулярних алканів.

Циклоалкани є насичені вуглеводні з одним або більше молекулярним кільцем. Ароматичні вуглеводні є ненасичені вуглеводні, що володіють одним або декількома бензольними кільцями. Вони відносяться до найбільш токсичних компонентів нафти. Багато ароматичних вуглеводнів мають канцерогенну і мутагенну дію.

Найбільш небезпечною є група поліароматичних вуглеводнів. Парафіни можуть бути у всіх групах нафт у кількості до 20 %. За вмістом парафінів виділяють: низькопарафіністі (парафіну – до 1,5%), парафіністі (1,5-6,0%) та високопарафіністі (більше 6%) нафти.

Крім вищезгаданих сполук у нафтах виявляються: смоли, асфальтени, фенантрени, хризени, пірени, бензпірени та тетрафени. Смоли та асфальтени відіграють важливу роль у хімічній активності нафти. Їх вміст коливається від 1-2 до 6-40 %. З цими групами сполук пов'язана переважна більшість мікроелементів нафти. Найбільш високі концентрації важких металів: V та Ni, а на окремих родовищах у нафтах та вуглеводневих газах високий вміст також токсичних Hg та As. Таким чином, сира нафта і нафтопродукти неминуче містять токсичні компоненти, які негативно впливають на природні об'єкти.

У ґрунті нафта і нафтопродукти можуть бути присутніми: у пароподібному та рідкому легкорухомому стані, у розчиненій водній або водно-емульсійній фазі, вільному нерухомому або сорбованому стані, пов'язаної формі на частках гірської породи або ґрунту, у тому числі на гумусовій складовій ґрунтів у вигляді щільної органімінеральної маси.

Внаслідок вуглеводневого забруднення спостерігається:

- пригнічення чи деградація рослинного покриву,
- скорочення якісного та кількісного складу (біорізноманіття) ґрунтових мікроорганізмів та безхребетних тварин,
- порушення життєдіяльності ґрунтової біоти,
- зміна гідрофізичних та агрофізичних властивостей та структури ґрунтів
- зниження продуктивності сільськогосподарських земель,
- вимивання нафтових вуглеводнів із ґрунтів у підземні або поверхневі води.

Коротка характеристика нафтопродуктів, що перевозяться залізничним транспортом наведена в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика нафтопродуктів, що перевозяться залізницею

Назва нафтопродукту	Коротка характеристика
Нафта	Темна горюча пожежонебезпечна рідина з характерним запахом, пари суміші з повітрям вибухають, концентраційні межі вибуховості у суміші з повітрям від 1,5 до 8 %.
Бензин	Безбарвна легкозаймиста рідина з характерним запахом, пари утворюють із повітрям вибухонебезпечні суміші, концентраційні межі вибуховості у суміші з повітрям від 1 до 6 %.
Дизельне паливо	Світла горюча пожежонебезпечна рідина зі специфічним запахом; у суміші з повітрям вибухає, концентраційні межі вибуховості у суміші з повітрям від 2 до 3 %.
Мазут	Горюча рідина темного кольору з температурою спалаху 90-110 °С та температурою займання 350 °С. При нагріванні вище температури спалаху переходить у категорію легкозаймистих рідин з концентраційними межами вибуху пари мазуту у суміші з повітрям 1,4-8 %. Температура застигання 10-25°С.

Нафтопродукти є сильним антистатиком з питомим об'ємним електричним опором, здатним накопичувати статичні заряди електрики. Тривалий контакт нафтопродуктів із шкірою викликає її ураження та хронічні екземи, викликає подразнення слизових оболонок органів дихання, кашель, запаморочення, нудоту, блювання, сухість у роті, слабкість, серцебиття, сонливість.

1.3 Проблеми виникнення аварійних ситуацій при транспортуванні небезпечних вантажів залізничним транспортом

Залізничний транспорт, який здійснює великі обсяги транспортування пасажирів та товарів, відноситься до галузей із підвищеним ризиком надзвичайних ситуацій. У той же час, ступінь ризику значно збільшується під час перевезення небезпечних товарів, оскільки наслідки надзвичайних ситуацій (надзвичайних ситуацій) під час транспорту призводять до знищення

матеріальних цінностей, загрожують життю та здоров'я людей та шкодять навколишньому середовищу.

До основних чинників ризику на залізничному транспорті належить перевезення великої кількості небезпечних вантажів, такі вантажі становлять понад 23 % загального обсягу перевезень, та його обсяг останніми роками постійно збільшується. Основну частку обсягу небезпечних вантажів становлять нафта і нафтопродукти [5]. Потенційна небезпека в процесі поводження з небезпечними вантажами існує постійно: під час упаковки, зберігання, використання, завантаження та вивантаження та підвищується на стадії транспортування, особливо якщо залізничні колії проходять через території поселень.

Тисячі вагонів з хімічно небезпечними речовинами, пожежними та вибуховими матеріалами одночасно транспортуються вздовж залізниць. Зі збільшенням обсягу їх транспортування, існує потенційна загроза шкоди навколишньому середовищу та населенню, що проживає в безпосередній близькості, як від небезпечних промислових установок, так і від шляхів, що проводяться транспортом.

Зростання ризику надзвичайних ситуацій у житлових районах призводить до необхідності управління ризиками, включаючи прогнозування та виявлення можливих надзвичайних ситуацій з негативними наслідками навколишньому середовищу. Для контролю ризику необхідно оцінити його значення, порівняти його з прийнятними значеннями та визначити заходи щодо його зменшення [4].

При транспортуванні небезпечних вантажів однією з проблем, що підвищують ризики, є відстань між виробничими та житловими приміщеннями та об'єктами залізниці. Діючі на території України будівельні норми та правила ДБН 360-92** «Містобудування. Планування та забудова міських та сільських поселень» допускають відокремлювати житлову забудову від залізниць санітарно-захисною зоною шириною 100 м. Деякі будинки, зведені до прийняття

даних нормативних актів, що розташовуються на ще меншій відстані від залізничного полотна за умови дотримання нормативних вимог до рівнів шуму

в житлових будинках, але при цьому не враховується рівень небезпеки, на яку наражаються жителі у разі аварій з небезпечними вантажами.

Слід також зазначити, що при встановленні можливих захисних відстаней селітебні території повинні мати пріоритет перед промисловими об'єктами. Виняток можуть становити небезпечні виробничі об'єкти, які повинні розглядатися спеціально для зменшення ризиків збільшення масштабів аварії при небезпечних впливах на ці об'єкти подій на залізниці. Залежно від властивостей вантажів, масштабів і особливостей, що перевозяться, аварійної ситуації розміри небезпечної зони можуть значно перевищувати наявні фактичні відстані до житлових і виробничих приміщень, вокзалів та пасажирських платформ. Збільшення небезпеки залізничних аварій пов'язують і зі зростанням щільності населення поблизу залізниці.

Аварія із небезпечними хімічними речовинами на залізничній магістралі – надзвичайно небезпечна подія внаслідок традиційної близькості до дороги об'єктів інфраструктури, великої щільності людей на підприємствах шляхів сполучення та станціях, і за наслідками впливу на населення вражаючих факторів вона може суттєво перевищувати наслідки хімічної аварії на стаціонарному об'єкті. Розміри зон ураження при такій аварії можуть бути більшими. встановлених сьогодні нормативами 100 м і, таким чином, здатні впливати на незахищені об'єкти на значній відстані від залізничного полотна. Дотримання вимог промислової безпеки та особиста відповідальність людей, які стосуються перевезення небезпечних вантажів, дозволяють уникнути настання аварійної ситуації.

1.4 Вплив аварійних розливів нафти і нафтопродуктів на стан довкілля і здоров'я населення

Забруднення ґрунтів вуглеводнями нафти може бути або хронічним (у вигляді систематичного надходження), або аварійним. Аварійні ситуації мають різноманітний характер.

Нижче розглянуто різні види впливу аварійних розливів нафти і нафтопродуктів на стан здоров'я населення, на різноманітні об'єкти життєзабезпечення, промисловості і навколишнього середовища (табл. 1.2).

Населення. Результатом аварійного розливу нафти є несприятливий вплив на здоров'я людей. Шкідливим для людини є потрапляння в організм нафти та предметів її розкладання через повітря та воду, а також у результаті споживання тваринної та рослинної їжі, яка безпосередньо контактувала з нафтою. Як наслідок – погіршення здоров'я населення, хвороби дихальних шляхів, хвороби печінки, алергічні захворювання та ін., що часто може призвести до загибелі людей. Важливим чинником також є збитки, завдані особистому майну.

Об'єкти життєзабезпечення. Об'єкти життєзабезпечення – це інженерні споруди (джерела водопостачання, опалення), автомобільні та залізничні, річкові переправи та річковий транспорт, електропостачання, зони рекреації (пляжі, курорти). Ці об'єкти впливу мають неабияке значення для здорового способу життя людини. Так, наприклад, нафта, потрапляючи у водні об'єкти, швидко покриває великі площі. Порушення транспортних шляхів, інженерних комунікацій, ліній електропередач, тепло- та електростанцій порушує нормальне функціонування системи соціальної інфраструктури життєзабезпечення.

Об'єкти виробничої та соціальної сфери. До таких об'єктів впливу належать: ведення сільського господарства, рибництво, тваринництво, рослинництво. Забруднення сільгоспугідь спричиняє деградацію родючого шару землі. В результаті земельна ділянка стає непридатною або потребує значних зусиль для її відновлення. Можливі займання нафти, що розтеклася, на великій території (табл. 1.1).

Об'єкти довкілля. Важливим об'єктом впливу аварійного розливу нафти є навколишнє природне середовище: атмосферне повітря, поверхневі та підземні води, ґрунти, рослинність, тваринний світ, території, що особливо охороняються (заповідники, пам'ятники природи, заказники та ін.).

Внаслідок згоряння нафти в атмосферу щорічно викидається близько 20 млрд. тонн вуглекислого газу та поглинається відповідна кількість кисню. Збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері, що супроводжується зростанням концентрації аерозолі (дрібних частинок пилу, сажі, суспензій розчинів деяких хімічних сполук), може призвести до помітних змін клімату та порушення рівноважних зв'язків у біосфері.

Щорічно до басейнів річок та водоймищ потрапляють сотні тисяч тонн нафти, у результаті на воді утворюється тонка плівка, що перешкоджає газообміну.

Таблиця 1.2 – Об'єкти і види впливу аварійних розливів нафти

№	Об'єкти впливу	Види впливу
1	Населення: • здоров'я; • майно.	Погіршення стану здоров'я, професійні захворювання і загибель людей; потрапляння в організм шкідливих речовин через повітря, воду; вплив на людину в основному через біопродукцію (особливо гідробіонтів); шкода нанесена майну в результаті пожеж і вибухів.
2	Об'єкти життєзабезпечення (інженерні споруди): • джерела водозабезпечення; • транспортна мережа (автомобільні і залізничні дороги, річкові переправи і річковий транспорт); • електрозабезпечення; • зони відпочинку (пляжі, курорти).	Забруднення водозбірних колодязів; вихід із строю або обмеження використання об'єктів водоспоживання; порушення транспортних шляхів; інженерних комунікацій; ліній електропередач, тепло- і електростанцій.
3	Об'єкти виробничої і соціальної сфери: • сільськогосподарські угіддя (рілля, сінокоси, пасовища, зрошувальні та іригаційні мережі); • рибальство; • тваринництво.	Забруднення сільськогосподарських угідь, деградація родючого шару ґрунту, виробничих площ, порушення судноплавства; неможливість рибальства, забруднення підземних вод як джерел водопостачання.
4	Об'єкти довкілля: • атмосферне повітря; • поверхневі та підземні води; • ґрунт (рілля); • рослинність (сіножаті, пасовища, багаторічні насадження);	• Вуглеводневе забруднення при випаровуванні та витоках; забруднення повітря продуктами горіння; кислотні дощі. • Забруднення нафтою внаслідок витоків, особливо при аваріях на дні водойм, забруднення технологічними хімічними реагентами та іншими відходами; руйнування

• тваринний світ: риби, птахи, дикі тварини, комахи; • природоохоронні території (заповідники, пам'ятники природи, заказники тощо)	водоносних структур у ґрунтах, відкачування підземних вод та їх скидання у водойми; втрата споживчих або смакових властивостей води та продуктів промислу; загибель озер. • Пошкодження або деградація ґрунтів; втрата продуктивних властивостей ґрунтів. • Зникнення рідкісних видів рослин, а також хвойних лісів; деградація лісових масивів • Загибель планктону та інших груп організмів; зниження рибопродуктивності; зникнення рідкісних видів тварин; порушення шляхів міграції. • Руйнування та пошкодження екосистем; забруднення зон рекреації.
---	--

Нафта, розлита безпосередньо на землі, випаровується, піддається окисленню і впливу мікробів, сприяє забруднення ґрунтових вод. Нафта, що потрапила в організм, викликає шлунково-кишкові кровотечі, ниркову недостатність, інтоксикацію печінки, порушення кров'яного тиску.

Вплив розливів нафти на основні місцеві види рослин може тривати від кількох тижнів до 5 років залежно від типу нафти, обставин розливу та потерпілих видів.

Шляхи впливу вуглеводнів нафти на живі організми наступні. До складу нафти і нафтопродуктів входять органічні речовини, що мають різну токсичність і мають різний загальний вплив на живі організми. Прийнято виділяти кілька категорій впливу:

- отруєння з летальним кінцем,
- глибокі порушення фізіологічної активності,
- негативні зміни в організмі, спричинені впровадженням вуглеводнів,
- обволікання нафтою ґрунтових тварин,
- зміна основних параметрів та властивостей довкілля педобіонтів.

Токсичність нафтопродуктів визначається їх вуглеводневим складом. Як правило, більш важкі компоненти є більш токсичними, ніж легкі, а токсичність суміші вуглеводнів вища за токсичність її окремих компонентів, тим більше, що більшість канцерогенних вуглеводнів здатне до біонакопичення. Потрапляючи в ґрунт, токсичні компоненти нафти можуть перетворюватися на

ще більш токсичні сполуки, адсорбуватися, концентруватися та залучатися до трофічних ланцюгів, за якими можливо надходження токсикантів, зокрема й у організм людини.

Легкі вуглеводні більшою мірою мають місцеву подразнюючу дію, мають виражений нейротропний характер. Рідкі вуглеводні з числом вуглецевих атомів від 5 до 16 мають наркотичний і дратівливий вплив і можуть спричиняти тривале збудження центральної нервової системи. При попаданні на шкіру, нафта викликає дерматити та екземи. Всі вуглеводні впливають на серцево-судинну систему і на показники крові (зниження вмісту гемоглобіну та еритроцитів). Також можливе ураження печінки, порушення діяльності ендокринних залоз.

Гостро постає проблема забруднення вуглеводнями нафти ґрунтів населених пунктів. До теперішнього часу ґрунт більшості промислових регіонів значною мірою деградував унаслідок попадання в це середовище вуглеводнів нафти, а тому потребує серйозних оздоровчих заходів. Зростання екологічно обумовлених порушень здоров'я населення все частіше пов'язується з дедалі більшою присутністю вуглеводнів у середовищі проживання людини.

Відновлення родючості ґрунтів після впливу вуглеводнів нафти відбувається значно довше, ніж за інших антропогенних впливів. Навіть невисокі дози нафти та нафтопродуктів змінюють видовий та кількісний склад ґрунтової флори та фауни.

В умовах нафтового забруднення відбувається пригнічення життєдіяльності більшості мікроорганізмів. Виживає лише незначна частина мікрофлори, яка стійка до присутності вуглеводнів нафти. Присутність нафти у ґрунтовій екосистемі знижує ферментативну активність мікрофлори, впливає на обмінні процеси азоту, фосфору, вуглецю, сірки та інших біогенних елементів. Тим більше, що ґрунт, забруднений нафтою та нафтопродуктами, є потенційним джерелом міграції вуглеводнів по екологічних харчових ланцюгах. Нафтозабруднені ґрунти надають негативний вплив, у тому числі і на водні екосистеми. Тому вміст вуглеводнів у рибогосподарських водоймах,

порівняно з підходом до нафтового забруднення ґрунтів, суворо регламентується – ГДК нафти становить 0,05 мг/л.

Основними нормативно-законодавчими актами, що регулюють безпечність перевезення вантажів залізничним транспортом є: Закон України «Про залізничний транспорт», Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів», Кодекс цивільного захисту України. Розвиток заходів щодо вдосконалення системи безпеки на залізничному транспорті передбачає Національна транспортна стратегія України до 2030 року, в якій, зокрема, визначені завдання: модернізація та ведення баз даних з оцінки вразливості категоризованих об'єктів; паспортизація категорій; експлуатація, технічна підтримка та модернізація єдиної державної інформаційної системи забезпечення транспортної безпеки у частині залізничного транспорту, оснащення об'єктів залізничного транспорту технічними засобами захисту.

РОЗДІЛ 2

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРИ ПЕРЕВЕЗЕННІ НАФТИ І НАФТОПРОДУКТІВ ЗАЛІЗНИЧНИМ ТРАНСПОРТОМ

2.1 Поняття екологічного ризику

Поняття «ризик» має багато визначень. Одне з них визначає ризик як можливу небезпеку і дію навмання в надії на щасливий результат. Необхідні елементи ризику – це небезпека, невизначеність, випадковість. Ризик виникає там, де існує небезпека, в якій є невизначеність. Невизначеність, не пов'язана з небезпекою, не вважається ризиком. Небезпека, якщо це передбачувано, також не вважається ризиком.

Екологічний ризик – це ймовірність негативних змін у навколишньому природному середовищі або віддалені несприятливі наслідки цих змін, що виникають внаслідок впливу на довкілля. Екологічний ризик пов'язаний з можливим порушенням природного функціонування ландшафтів та екосистем (знеліснення, опустелювання, повені, вторинне засолення ґрунтів, землетрусів тощо), сталого розвитку природних та економічних систем (пожежі, вибухи, аварії в енергетичних системах, атомних електростанціях, хімічних підприємствах, транспортні аварії тощо), коли зміна їх стану супроводжується шкідливими наслідками для людини.

Одним із компонентів екологічного ризику є невизначеність, тобто відсутність розуміння явища, його погана передбачуваність або навіть повна непередбачуваність. Виникає невизначеність через такі причини: відсутність достатньої інформації, недостатня точності даних, нерозуміння явища.

Випадковість – це відображення зовнішніх, незначних, нестабільних, єдиних відносин реальності; вираз вихідної точки знання об'єкта; результат перетину незалежних причинних процесів, подій; форма прояву необхідності та доповнення до неї.

Одним із показників ризику є ймовірність подій – це кількісна міра невизначеності. Щоб розкрити суть ризику, найбільший інтерес має поєднання небезпеки та невизначеності.

Іншим компонентом ризику є небезпека явищ для людини чи природних систем. Небезпека – це процес, властивість чи стан природного середовища, суспільства чи техносфери, що становлять загрозу для людей, об'єктів економіки чи природи. Якщо ця загроза дуже велика, і постраждалий предмет не може бути відновлений в одній формі, це говорить про катастрофічну небезпеку, про катастрофу.

Таким чином, екологічний ризик – це ймовірність нанесення навколишньому середовищу певної шкоди. Це може бути забруднення, знищення рослин і тварин, непридатність сільськогосподарських земель, загроза безпечному проживання людей, пошкодження або знищення їхнього майна.

Класифікувати екологічні ризики можна за різними ознаками, що наведені на рис. 2.1. Насправді чинники екологічного ризику виявляються у різних варіаціях: від одиничного до множини, реалізуючи при цьому ефект мультиплікатора, що створює значні труднощі в оцінці ймовірності їхньої діяльності.

Поділ ризиків на екологічні та ризики загрози здоров'ю є умовним та неоднозначним. У 1994 р. кілька міжнародних організацій – Програма ООН з навколишнього середовища (UNEP), Організація об'єднаних націй з промислового розвитку (UNIDO), Міжнародне агентство з атомної енергії (IAEA) та Всесвітня організація охорони здоров'я (WHO) – розробили рекомендації щодо оцінки та управління ризиками, пов'язаними з загрозами здоров'ю людей та стану довкілля внаслідок дії енергетичних та промислових комплексів. До складу цих рекомендацій увійшли основні ознаки екологічних ризиків, пов'язаних із загрозами здоров'ю та життя людей та стану довкілля.

Екологічні ризики, пов'язані з загрозою здоров'ю та життю людей, з одного

сторони, і з загрозою стану довкілля, з іншого, характеризуються як однаковими, і різними ознаками. І ті та інші ризики можуть відбуватися, наприклад, як від джерел безперервної дії (шкідливі викиди від стаціонарних установок і транспортних систем), і джерел разового впливу (аварійні ситуації на промислових об'єктах і природні катастрофи).

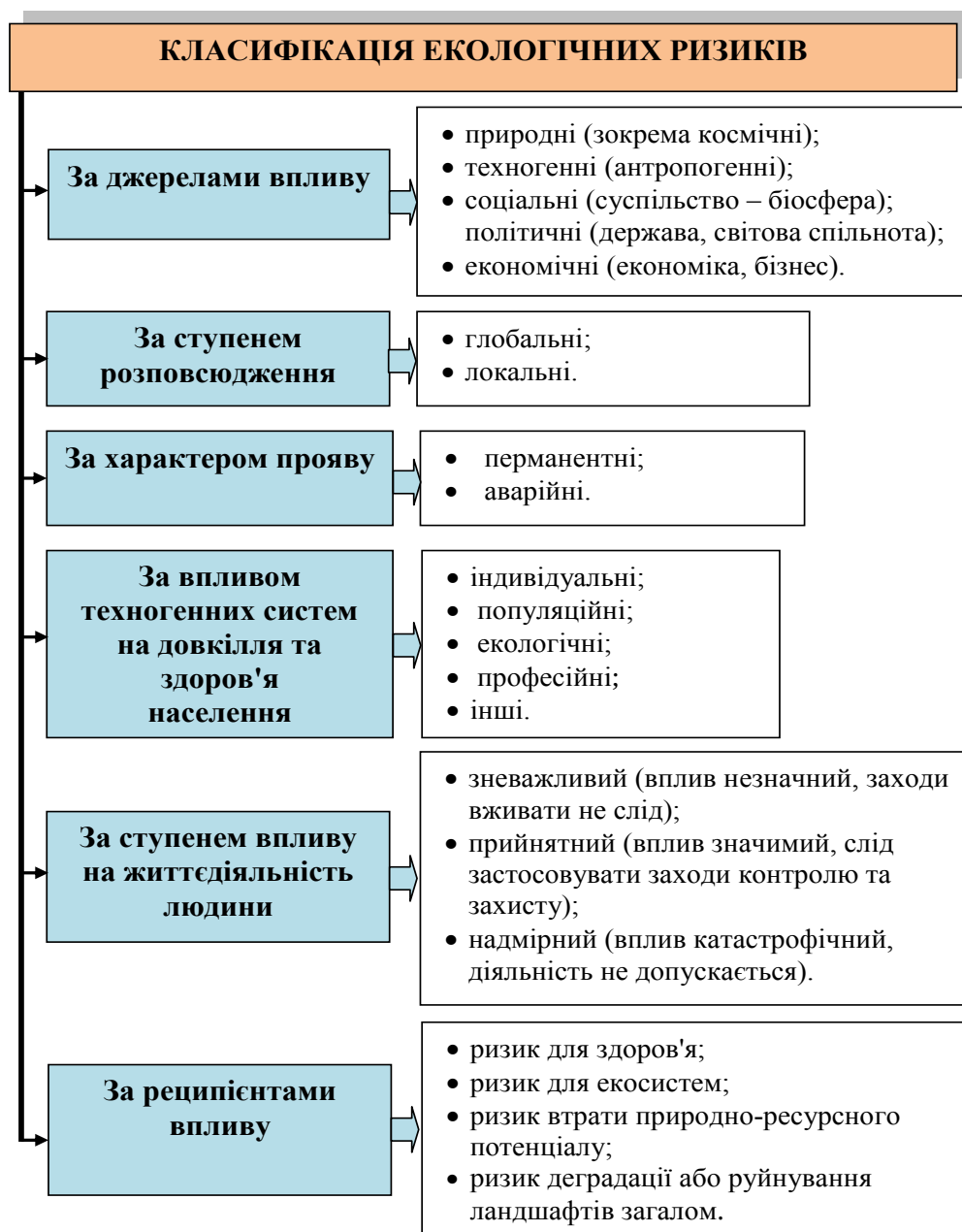


Рис. 2.1 – Класифікація екологічних ризиків

На думку експертів Агентства із захисту навколишнього середовища США, глобальними екологічними ризиками є [8]:

1. Глобальні зміни клімату.

2. Збільшення озонowego шару в стратосфері.
3. Зміна компонентів (об'єктів) довкілля.
4. Загибель популяцій і втрати у біологічному різноманітті.

Для здоров'я і життя людей найважливішими ризиками (health risks) є:

1. Забруднення повітря, питної води, продуктів харчування різноманітними екотоксикантами (викиди і скиди промисловості – стійкі органічні забруднювачі, важкі метали та інші токсичні хімічні речовини тощо); скиди підприємств сільського господарства, хімічні засоби захисту рослин і боротьби з ектопаразитами (особливо, пестициди); продукти згорання палива для отримання енергії; фармацевтичні препарати та сировина для їх виробництва; промислове, побутове та будівельне сміття; токсичні речовини, які використовуються військово-промисловим комплексом; транспортно-дорожні забрудники та багато інших.

2. Забруднення токсичними речовинами повітря в приміщеннях (у тому числі на робочих місцях), накопичення в них радіоактивного газу родону, що виділяється з будівельних матеріалів.

3. Підвищені рівні різноманітних випромінювань (радіоактивного, електромагнітного, акустичного і світлового).

4. Зменшення озонowego шару в стратосфері, що призводить до посилення дії ультрафіолетового випромінювання на біоту.

Основні ознаки екологічних ризиків, пов'язані із загрозою стану довкілля і здоров'ю людей наведені в табл. 2.1.

Незалежно від характеру дії джерела небезпеки, результатом прояву небезпеки виступає збиток, який наноситься і людям, і довкіллю. І тут потрібен одночасний розгляд обох видів екологічного ризику. Однак у багатьох випадках екологічні ризики, пов'язані з загрозою здоров'ю та життю людей, необхідно розглядати окремо від ризиків, зумовлених загрозою стану довкілля.

Будь-які ризики завжди стосуються небезпеки. При цьому небезпека може бути різного роду. Вона може бути пов'язана із забрудненням ґрунту, води, повітря, викидами шкідливих речовин, які негативно впливають на екосистему.

Таблиця 2.1 – Основні ознаки екологічних ризиків, пов’язаних із загрозою стану довкілля і здоров’ю людей [9]

Категорії	Люди	Довкілля
Характер впливу чинника ризику	Неперервний Разовий (за аварії)	Неперервний Разовий (за аварії)
Група ризику (контингент)	Населення певної місцевості Персонал підприємства	Біота, екосистема
Тривалість впливу	Короткочасний Середньої тривалості Тривалий	Короткочасний Середньої тривалості Тривалий
Наслідки	За ступенем важкості: фатальні (ризик смерті) нефатальні (ризик травми, хвороб). За часом вияву: негайні, віддалені	За розподіленням: локальний, регіональний, глобальний. За тривалістю впливу: короткочасний, середньої тривалості, тривалий

Наслідки таких ситуацій можуть бути найближчими чи віддаленими. Найближчі наслідки – шкода, заподіяна безпосередньо в момент аварії, або одразу після неї. Віддалені наслідки стають очевидними через великий проміжок часу. Це може бути поступове зростання захворювань у населення, що проживає в районі екологічної аварії, екосистеми та інші негативні наслідки.

Все, що пов’язано з можливістю негативного впливу на навколишнє середовище, має відношення до екологічних ризиків. У тому випадку, якщо екологічні збитки можна виразити у грошовому еквіваленті, йдеться про еколого-економічні ризики.

2.2 Екологічні ризики, що виникають при перевезенні нафтопродуктів залізничним транспортом

Нафта – це горюча речовина, і завжди є ризик її запалювання. Основна причина виникнення нещасних випадків під час транспортування нафти залізницею – це пожежі, що супроводжуються після механічного пошкодження резервуарів нафтою

Нафтові вуглеводні та їх продукти розпаду здатні забруднювати всі природні середовища, переміщатися з ґрунту у воду, атмосферне повітря, а також накопичуватися в м'ясі риб або сільськогосподарських тварин, які вживаються людиною. Нафтогазові перевезення неминуче призводять до викидів в атмосферу, які виникають як наслідок спалювання, скидання та продування газів, як наслідок роботи двигунів внутрішнього згоряння та газових турбін, а також у вигляді газів від вантажних операцій, заповнення та спустошення цистерн та у вигляді зважених частинок, утворюються внаслідок руху транспортних засобів, і втрат чи відмов технологічного устаткування. До основних газів, що викидаються, відносяться вуглекислий газ, окис вуглецю, метан, леткі органічні вуглецю і оксиди азоту, діоксид сірки і водню. Обсяги викидів в атмосферу та їх потужність циліальний вплив залежить від характеру процесу, що протікає.

Викиди в атмосферу, забруднення вод і земель можна віднести до категорії неминучих ризиків, і завдання екологічного моніторингу зводиться до того, щоб максимально скорочувати ці параметри за допомогою сучасніших норм контролю якості перевезень. Інший вид екологічних ризиків при транспортуванні нафти і газу – аварії, які зводяться в більшості випадків до людського фактора та/або відмов технічного обладнання. Отже, аварії, пов'язані, з розливами нафтопродуктів, повинні бути неприйнятними і методи екологічного моніторингу повинні бути спрямовані на зведення до нуля числа аварій та надзвичайних подій.

Екологічні ризики при транспортуваннях неоднорідні – вони залежать не тільки від особливостей екосистем, в яких відбувається транспортування, і від особливостей транспорту, за допомогою якого здійснюється перевезення, але й від методів та систем екологічного моніторингу та контролю, що відрізняються для різних типів перевезення. Аналізуючи методи контролю та зменшення неминучих ризиків, що виникають при різних видах транспортування нафтопродуктів, можна виявити загальну методологію та підхід, що дозволяють зменшити екологічні ризики транспортування нафти та газу в цілому, що особливо актуально в контексті змішаних перевезень нафти та газу.

Залізничний транспорт займає третє місце за обсягом перевезень нафти та нафтопродуктів. У товарній структурі залізничних вантажних перевезень на нафту та нафтопродукти припадає 16%. У структурі загального обсягу перевезень нафтових вантажів залізничним транспортом сира нафта наразі займає 19,4%, нафтопродукти – 69,8%, скраплені вуглеводневі енергетичні гази – 10,8% (рис. 2.2). Цей спосіб транспортування є одним із найбільш екологічно небезпечних за даними експертів. Згідно зі статистикою, понад 30% від загальної кількості аварійних ситуацій на залізничних коліях пов'язано з розливами нафтопродуктів.

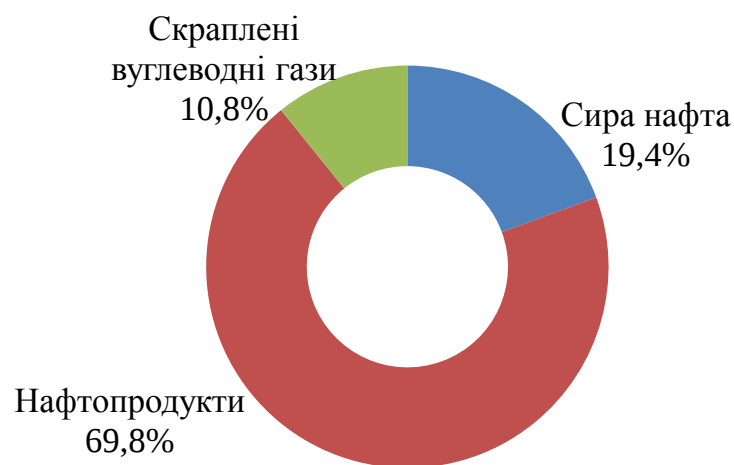


Рис. 2.2 – Структура загального обсягу перевезень нафтових вантажів залізничним транспортом

Основними причинами виникнення надзвичайних ситуацій на залізниці України є неприпустимо високий рівень зносу основних виробничих фондів, експлуатаційні помилки і нераціональне розміщення продуктивних сил, що призвело до концентрації виробництв підвищеного ризику на невеликих площах поблизу великих населених пунктів і природних охоронних територій.

При транспортуванні, а також при різних витоках і недотриманні правил техніки безпеки відбувається забруднення ґрунтів і, як наслідок, всього навколишнього природного середовища. Екологічні наслідки надходження забруднюючих речовин у природне середовище зводяться до наступного:

- зміна властивостей ґрунтів;
- забруднення поверхневих та ґрунтових вод;
- деградація та трансформація рослинного покриву;
- деградація ландшафтів.

Розливи нафти можуть бути практично всюди на етапах зберігання і транспортування нафти. Розливи класифікуються за:

- значущості об'єкта забруднення (природні території);
- місцезнаходженням (водні поверхні, території міст, малонаселені або віддалені від поселень території);
- обсягом розливу нафти та площі нафтозабруднення поверхонь;
- наявності під'їзних шляхів та доступності для проведення відновлювальних робіт та інших параметрів.

У свою чергу необхідно враховувати, що нафта, як забруднююча речовина, є складною сумішшю з близько 1000 різноманітних речовин, більша частина з яких – різні рідкі вуглеводні складові зазвичай 80 - 90 % за масою і (4-5 %) органічні сполуки, переважно сірчисті, азотисті та кисневі, а також металоорганічні сполуки.

Іншими складовими компонентами є розчинені вуглеводневі гази (4%), вода (до 10%), мінеральні солі, розчини солей органічних кислот та механічні домішки. Співвідношення цих компонентів варіюється в нафті різних видів із різних пластів і покладів [3].

Забруднення завдають величезної шкоди біологічній рівновазі навколишнього середовища і є причиною всього комплексу проблем, що може негативно впливати протягом років і десятиліть не тільки на флору та фауну, але також на людей та економіку.

Збитки навколишньому середовищу завдаються у разі аварійних розливів, а й від втрати нафтопродуктів при її транспортуванні. До останнього часу вважалося допустимим, що до 5% від видобутої нафти природним шляхом втрачається при її зберіганні та перевезенні.

2.3 Можливі сценарії при аварійних розливах нафти і нафтопродуктів на залізничному транспорті

Щоб визначити можливість настання екологічного ризику при залізничних перевезеннях нафтопродуктів, розробляють різні сценарії розвитку ситуацій, пов'язаних із залізничними подіями та катастрофами складів.

Існує певний сценарій розгортання можливих аварій при розливі нафти і нафтопродуктів на підприємствах і об'єктах залізниці. Зазвичай під сценарієм мається на увазі послідовність логічно пов'язаних між собою окремих подій (витікання, викид, випаровування, розсіювання, дрейф парів, займання, горіння та вибух, вплив на людей та сусідні об'єкти тощо), які обумовлюються конкретною подією, що ініціює (наприклад, руйнуванням котла вагона-цистерни тощо.).

У спрощеному вигляді прийнято враховувати три найбільш ймовірних сценарію:

- порушення цілісності цистерни, що призводить до розливу нафтопродуктів та їх потрапляння в ґрунт та воду;
- порушення цілісності цистерни із загорянням нафтопродуктів, що розлилися;
- події, не пов'язані з порушенням цілісності цистерни та розливом нафтопродуктів.

Сценарій можливої аварії може включати такі події:

- руйнування залізничної цистерни, резервуару, технологічного трубопроводу, насоса;
- утворення площі розливу;
- утворення вибухонебезпечної хмари;
- вибух хмари за наявності джерела займання з утворенням повітряної ударної хвилі;
- руйнування навколишніх споруд, трубопроводів, травмування персоналу;

- пожежа з ураженням людей, обладнання та споруд;
- забруднення ґрунту при руйнуванні резервуара, наземного трубопроводу та насоса (рис. 2.3).

Ймовірними аварійними ситуаціями на об'єкті слід вважати розливи нафтовмісних стоків, зневоднених нафтопродуктів та нафти. З аналізу статистики аварій на об'єктах із нафтопродуктами випливає, що найбільш типовими є сценарії вибухів хмар паливоповітряних сумішей та пожеж розливів. При розливах зневодненого нафтопродукту утворення вибухонебезпечної речовини на відкритих просторах малоімовірно. Найістотнішою є пожежонебезпека.

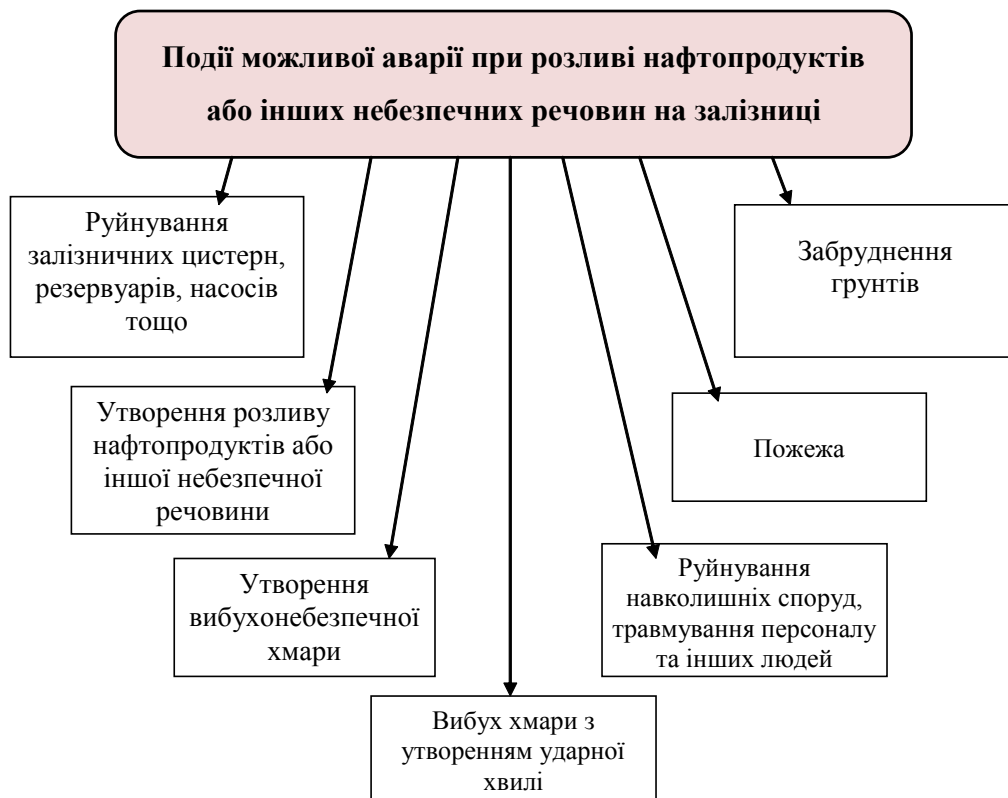


Рис. 2.3 – Події можливих аварійних ситуацій при розливі нафти і нафтопродуктів

Таким чином, можливі сценарії аварійних ситуацій здебільшого характеризуються пожежонебезпечністю. Вибухонебезпечність аварійних

ситуацій є малоімовірною. Винятком є ситуації із ударом блискавки у резервуар

та попаданням відкритого вогню, коли можливе закипання зневодненого нафтопродукту з утворенням ТВС, а також під час проведення вогневих робіт з порушенням правил із зачистки резервуарів.

Найбільш небезпечними за наслідками є аварії, що супроводжуються розливом зневодненого нафтопродукту при розгерметизації (руйнуванні) технологічного обладнання, що відбуваються з горінням нафтопродукту, що розлився (пожежа).

Якщо в процесі аварії відбувається витік пожежонебезпечної рідини, то останній, за наявності джерела запалювання та за наявності над її поверхнею парів з достатньою для займання концентрацією, може спалахнути з виникненням пожежі розливу, при якому відбувається горіння басейну (калюжі) розливої рідини.

Якщо при викиді небезпечної речовини в безпосередній близькості немає джерела запалювання, то газова фаза, надходячи в атмосферу, утворюватиме з повітрям перемішану паливоповітряну суміш, яка, поширюючись в атмосфері (розсіюючись, дрейфуючи в потоці вітру, розтікаючись під дією сили тяжіння), може досягти джерела запалення, розташованого іноді на значній відстані від місця викиду, і лише потім спалахнути і згоріти.

Крім горіння хмари наслідком її займання може бути вибух. Імовірність виникнення вибуху особливо велика, якщо хмара знаходиться в замкнутому або сильно захаращеному просторі (наприклад, обсяг резервуару).

Таким чином, основними факторами у разі аварій на залізничному об'єкті є: ударна хвиля; теплове випромінювання; відкрите полум'я та нафтопродукт, що горить; токсичні продукти горіння.

Практика показує, що найімовірнішими є викиди небезпечної речовини за часткового, а не повного руйнування обладнання та трубопроводів. Однак навіть незначні витікання небезпечних речовин можуть у разі несвоєчасного вжиття заходів призвести до серйозних наслідків у вигляді токсичного

ураження персоналу об'єкта. Тому в наведених сценаріях аварій розглядається руйнування обладнання з наступним максимальним викидом небезпечних речовин.

Рівні розвитку аварій поділяються так:

- **рівень А** характеризується виникненням та розвитком аварійної ситуації в межах одного технологічного блоку. Локалізація аварійної ситуації лише на рівні А можлива виробничим персоналом без залучення спеціальних підрозділів;

- **рівень Б** характеризується розвитком аварійної ситуації з виходом межі блоку об'єкта та її у межах організації. Локалізація аварії можлива із залученням газорятувальних, пожежних та інших підрозділів;

- **рівень В** характеризується розвитком аварії з можливим руйнуванням суміжних технологічних об'єктів, будівель та споруд на території об'єкта та за його межами, впливом вражаючих факторів на інші об'єкти та населення прилеглих пунктів, а також на навколишнє середовище (рис. 2.4).

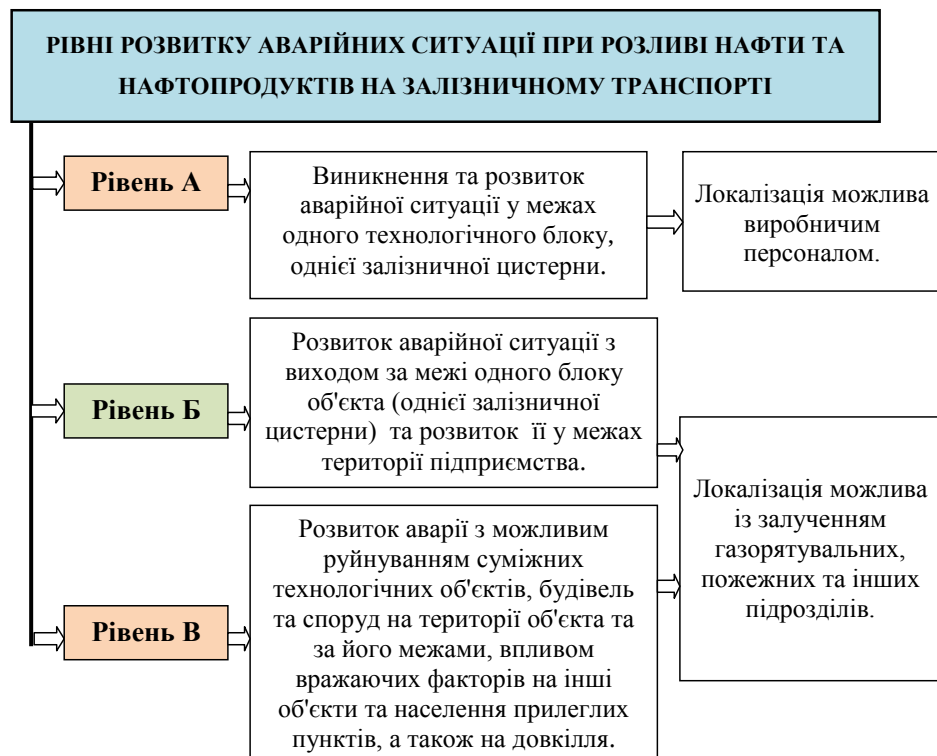


Рис. 2.4– Рівні розвитку аварійних ситуацій при розливі нафти і нафтопродуктів на залізничних об'єктах

Виходячи з масштабу аварійних ситуацій, кількості речовини, що бере участь в аварії, та можливостей персоналу з їхньої локалізації, до рівня А віднесено аварійні ситуації з витоками нафти та зневоднених нафтопродуктів при частковій розгерметизації котла залізничної цистерни, руйнуванням насосів, напірних трубопроводів, фланцевих з'єднань. До рівнів Б і В віднесено ситуації, пов'язані з повною розгерметизацією котла залізничної цистерни, повною руйнацією резервуарів РВС-300, РВС-25, а також ситуації пов'язані з можливими пожежами та вибухами.

2.4 Оцінка екологічного ризику при перевезенні нафтопродуктів у спеціальних цистернах

Транспортування нафтопродуктів залізничним транспортом займає значну частку всіх перевезень. Близько 40% вантажів посідає нафтопродукти, попри те, що транспортування вантажів залізничними перевезеннями суттєво знижує вартість транспортування на відміну від інших видів транспортувань, таких як авіаційне, морське тощо. Одним із найбільш екологічних та економічно ефективних способів транспортування є залізниця.

В даний час перевезення по залізниці вважаються найбільш доцільними з економічної точки зору, а також, найбільш екологічними. При цьому ризик аварій є у будь-якому випадку, і вони періодично трапляються, що призводить до розливу нафтопродуктів та забруднення навколишнього середовища. Дуже важливо розуміти реальний рівень ризиків, пов'язаних з такими ситуаціями, щоб визначати правила, за якими слід безпечно транспортувати нафтопродукти.

Для оцінки ризиків, пов'язаних із наведеними вище ситуаціями, зазвичай використовують рівняння:

$$R_M(B_i) = R_M(B_i) \cdot \sum_{K=1}^3 P_n(B_i) \cdot Y_n(B_i),$$

де $R_M(B_i)$ – ймовірність виникнення ситуації B_i при прямованні залізничного составу за заданим маршрутом;

$P_n(B_i)$ – ймовірність здійснення n -го ($n = 1, 2, 3$) варіанту здійснення аварійної ситуації, яка буде подією B_i , що стосується здійснення залізничних перевезень нафтопродуктів;

$Y_n(B_i)$ – економічний збиток від екологічної події, що виникла під час n -го варіанта розвитку несприятливих екологічних подій [25].

Маючи статистику аварійних ситуацій за наперед заданий період, можна обчислити значення $P_n(B_i)$.

Для визначення $Y_n(B_i)$ допускаються певні припущення, за допомогою яких можна оцінити максимальний розмір збитків екологічно несприятливої ситуації. Об'єм нафтопродуктів, що забруднили ґрунт G_r або водне середовище G_v можна обчислити, якщо знати кількість забруднюючого реагенту та площу, на якій він був розлитий, а також відстань від місця розливу до відкритого водного середовища та його протяжність, що безпосередньо примикає до залізниці.

Розрахунок розміру плями розливу нафтопродуктів

Найголовнішим параметром, на який потрібно звертати увагу при плануванні заходів щодо ліквідації розливу нафтопродуктів, є розмір плями розливу та його форма. При цьому визначається відстань від залізничних колій до межі можливого розливу (рис. 2.5).



Рис. 2.5 – Площа плями розливу нафтопродуктів

Далі використовується рівняння для розрахунку площі плями, яке дозволяє оцінити вплив розливу нафтопродуктів на довкілля та її компоненти. Воно засноване на вивченні складу нафтопродуктів, характеристик навколишнього середовища та її можливостей до самоочищення. За допомогою цього рівняння можна визначити області, що зазнали найбільшого впливу розливу, та оцінити необхідність відновлювальних робіт.

Довжина плями розливу у разі виникнення аварії розраховується згідно з формулою:

$$L_n = \sum_i (L_4 \cdot n_4^i + L_8 \cdot n_8^i) + 2R,$$

напівширина плями розливу R , м визначається за формулою:

$$R = \sqrt{A^2 + B^2} - A$$

де

$$A = 1/\pi \sum_i (L_4 \cdot n_4^i + L_8 \cdot n_8^i),$$

в даному випадку L_4 , L_8 – довжина в метрах цистерни, яка має 4 або 8 осей відповідно;

n_4^i , n_8^i – загальна кількість цистерн з 4 та 8 осями, які використовуються для перевезення нафтопродуктів;

S – площа, на якій відбувся розлив, м^2 .

Щоб визначити розмір плями, забрудненої нафтопродуктами, зазвичай використовують рівняння:

$$S = 53,3 \left(G_n / \bar{\rho}_n \right)^{0,89}, \text{ м}^2,$$

де $\bar{\rho}_n = G_n / \sum G_n^i / \rho^i$ – величина густини нафтопродуктів, що забруднили навколишнє середовище, т/м^3 ;

ρ^i – щільність нафтопродуктів i -го виду, т/м^3 .

Кількість нафтопродуктів, що забруднили довкілля G_r розраховується як інтегральне значення нафтопродуктів i -го виду згідно рівняння:

$$G_r = \sum G_r^i, \text{ т},$$

де G_{Γ}^i – кількість нафтопродуктів i -го виду, що забруднили довкілля.

Розглянемо ситуацію при розриві двох цистерн чотиривісних вагонів, що перевозять нафтопродукти – бензин марки А95. При цьому $A = 7,64$ м, $B = 33,9$ м. Кількість нафтопродуктів, що забруднили довкілля дорівнює: $G_{\Gamma} = 146,6$ т.

Далі розраховуємо площу плями розливу:

$$S = 53,3 \cdot (146,6/0,85)^{0,89} = 5216,79 \text{ м}^2.$$

Після розраховуємо напівширину плями розливу, R :

$$R = \sqrt{7,64^2 + 33,9^2} - 7,64 = 33,1 \text{ м}.$$

В результаті отримуємо довжину плями розливу:

$$L_{\Pi} = A \cdot \pi + 2R = 7,64 \cdot 3,14 + 2 \cdot 33,1 = 90,2 \text{ м}.$$

За результатами розрахунків отримуємо наступні значення плями розливу нафтопродуктів при руйнуванні цілісності цистерни:

- площа плями розливу – $5216,79 \text{ м}^2$;
- напівширина плями розливу – $33,1 \text{ м}$;
- довжина плями розливу – $90,2 \text{ м}$.

Розрахунок викидів забруднюючих речовин в атмосферу при неконтрольованому горінні нафтопродуктів в результаті аварійного виливу з залізничної цистерни

Неконтрольоване горіння має місце при пожежах на відкритому просторі, що виникають внаслідок аварій на нафтобазах, нафтохімічних виробництвах, трубопроводах, на залізничному транспорті. На швидкість горіння впливає як хімічна реакція, так і неконтрольований приплив окислювача з довкілля.

Визначення маси згорілих нафтопродуктів. У найпростішому випадку маса згорілих нафти $M_{з.н.}$ або нафтопродуктів $M_{з.нп.}$ визначається як їхня втрата $M_{\text{в}}$ в цистернах, резервуарах або ділянці розриву продуктопроводу. При цьому має бути чітко встановлено, що не сталося поглинання частини розлитої нафти або нафтопродуктів ґрунтом, тобто $M_{\text{з}} = M_{\text{в}}$.

У разі, якщо мало місце поглинання нафтопродуктів ґрунтом, необхідно виміряти площу розливу в метрах квадратних. Після цього взяти керни ґрунту на глибину проникнення в них нафти або нафтопродуктів та визначити середній вміст нафти чи нафтопродуктів у грамах на кілограм.

Сумарна кількість поглинених, але не згорілих нафтопродуктів у тоннах підраховується за такою формулою:

$$M_{\text{погл}} = 10^{-6} \cdot F \cdot h \cdot \rho_{\text{г}} \cdot c ,$$

де F – площа ґрунту та ґрунту просоченого нафтопродуктами, м^2 ;

h – глибина, на яку ґрунт просочений нафтопродуктами, м ;

$\rho_{\text{г}}$ – щільність ґрунту, $\text{кг}/\text{м}^3$, ($\rho_{\text{г}} = 1500 \text{ кг}/\text{м}^3$);

c – середня концентрація нафтопродукту у ґрунті, $\text{г}/\text{кг}$;

Для визначення втрат нафтопродуктів (бензину) під час аварійної ситуації приймемо попередньо визначені дані: маса розлитого бензину $M_{\text{в}} = 146,6 \text{ т}$, площа займання $F = 5216,79 \text{ м}^2$,

Глибина просочення ґрунту бензином $h = 0,2 \text{ м}$, з концентрацією $c = 42 \text{ г}/\text{кг}$, тоді отримаємо:

$$M_{\text{погл}} = 10^{-6} \cdot 5216,79 \cdot 0,2 \cdot 1500 \cdot 42 = 65,7 \text{ т}.$$

Згоріла маса, як різниця між втраченим і поглиненим ґрунтом нафтопродуктом визначається за формулою:

$$M_{\text{з}} = M_{\text{в}} - M_{\text{погл}},$$

$$M_{\text{з}} = 146,6 - 65,7 = 80,9 \text{ т}.$$

Розрахунок маси викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря.

Маса викиду кожної забруднюючої речовини визначається за формулою:

$$M_{i \text{ вик}} = q_i \cdot M_{\text{з}},$$

де i – забруднююча речовина;

q_i – питомий викид забруднюючої речовини, $\text{т}/\text{т}$;

$M_{\text{з}}$ – маса згорілого нафтопродукту або нафти, т .

Розраховані маси викидів забруднюючих речовин представлені в табл. 2.2 і на рис. 2.6. Питомі викиди забруднюючих речовин є довідковими даними і взяті з «Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди» [33].

Таблиця 2.2 – Маса викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря при неконтрольованому горінні бензину марки А95 в результаті аварійного виливу з залізничних цистерн

Забруднююча речовина		Клас небезпеки	Питомий викид, т/т	Маса викиду, т
NO _x	Азоту діоксид	3	0,0014	0,11326
NH ₃	Аміак	4	0,000003	0,0002427
SO _x	Ангідрид сірчистий	3	0,000013	0,0010517
CO ₂	Вуглецю діоксид	-	3,4498184	279,0903086
CO	Вуглецю оксид	4	0,0063	0,50967
NM VOC	НМЛОС	4	0,0018	0,14562
ОКВЧ + PM10 + PM2,5 (Сажа)	Тверді речовини	3	0,0026	0,21034
Pb	Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	1	0,0000049	0,00039641
Cd	Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	1	0,00002	0,001618
Hg	Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)		0,0000047	0,00038023
As	Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	3	0,0000038	0,00030742
Cr	Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	1	0,0000013	0,00010517
Cu	Міді оксид (у перерахунку на мідь)	2	0,0000016	0,00012944
Ni	Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	2	0,000038	0,0030742
Se	Селену діоксид (у перерахунку на селен)	1	0,0000004	0,00003236
Zn	Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	3	0,00052	0,042068
Benzo(a)pyrene	Бенз(а)пірен	1	0,000000000302	0,00000000244318

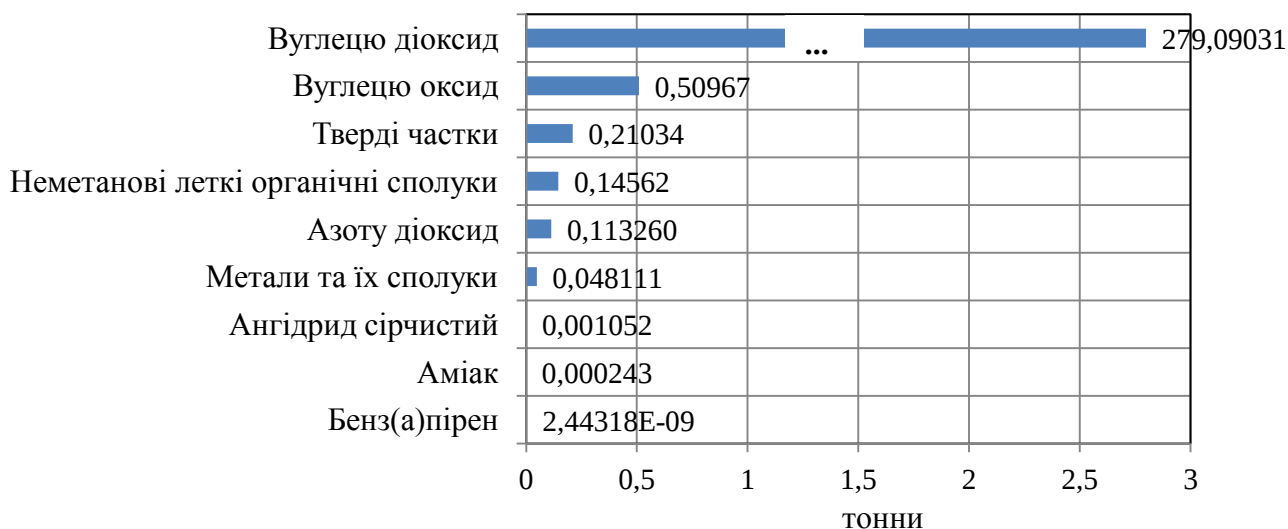


Рис. 2.6 – Маса викидів забруднюючих речовин при неконтрольованому горінні бензину масою 80,9 т на площі займання $F = 5216,79 \text{ м}^2$

За результатами розрахунків можна зробити висновок, що за аварійної ситуації з розливом та займанням бензину, маси викидів забруднюючих речовин мають суттєво високі показники. В процесі горіння 80,9 т бензину в атмосферне повітря виділяється 279 т діоксиду вуглецю CO_2 , який є парниковим газом. Також високими є маси викидів оксиду вуглецю – 0,510 т, твердих частинок (сажі) – 0,21 т, неметанових летких органічних сполук – 0,146 т і діоксиду азоту – 0,113 т. Це може призвести до значного забруднення компонентів навколишнього природного середовища і погіршення стану здоров'я населення, яке проживає поблизу осередка виникнення аварійного розливу нафтопродукту.

2.5 Аналіз аварійних ситуацій за технологічними операціями під час транспортування нафтопродуктів залізницею

На безпеку роботи та транспортування нафтопродуктів вирішальний вплив мають справність вагонів-цистерн, дотримання технологічного процесу наливу нафти та пропарювання вагонів-цистерн, своєчасне виявлення та усунення несправностей.

За статистикою, найчастіше аварії відбуваються у зимовий та весняний період часу, у зв'язку з погіршенням погодних умов. У зимовий період становить 55%, у весняний – 29%, восени –12%, влітку –4%. Звідси слід зробити висновок, що зимовий та весняний період є найнебезпечнішими при транспортуванні нафтопродуктів. Статистика аварій по порах року наведено на рис. 2.7.

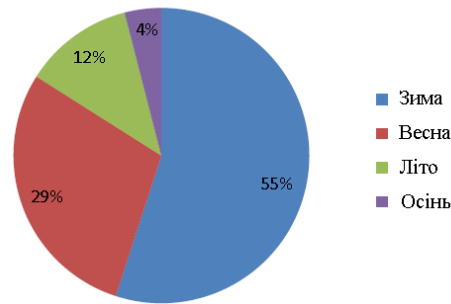


Рис. 2.7 – Статистика аварій на залізничному транспорті за порами року

Ймовірність аварійності під час технологічного процесу підготовки вагонів-цистерн під налив вище, ніж при інших процесах. Аналіз ймовірності виникнення аварій за технологічними операціями та іншими факторами наведено на рис. 2.8.



Рис. 2.8 – Аналіз ймовірності виникнення аварійних ситуацій на залізниці за технологічними операціями та іншими факторами

На підставі проведених досліджень можна зробити такі висновки, що ризик виникнення аварійних та надзвичайних ситуацій при наливі та транспортуванні небезпечних нафтових вантажів залізничними шляхами залишається суттєвим і потребує постійного контролю за станом шляху, споруд, пристроїв та рухомого складу.

Заходи щодо зниження рівня ризику включають віддалення резервуарів з нафтопродуктами від потенційних джерел вогню. У разі залізничного транспортування, цистерни можуть бути розташовані у шаховому порядку так, щоб інші товари були поміщені між ними. Залізничні вагони для нафтопродуктів легко визначити по запобіжним клапанам, розташованим нагорі і зазвичай огороженими поручнями довкола [6].

Головне правило боротьби з пожежами нафтопродуктів – в першу чергу охолодити резервуар (і трубопровід, якщо це необхідно) для зменшення зростаючого внутрішнього тиску. Пожежа повинна бути погашена лише якщо джерело палива контролюється. В іншому випадку може статися повторне займання, часто з більш серйознішими наслідками, ніж ті, що сталися б при початковій пожежі.

РОЗДІЛ 3

ТЕХНОЛОГІЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ТА ЛІКВІДАЦІЇ АВАРІЙНИХ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

3.1 Огляд існуючих технологій локалізації та ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті

Наземні розливи можуть відбуватися в різних місцях: уздовж трас, залізниць, річок чи трубопроводів. Імовірність наземного нафтового розливу поблизу населених районів відносно висока, тому населення може бути негайно піддано впливу. Нафта, розлита на суші, може вступити в контакт із ґрунтом та підземними водами, а також поверхневими водоймами. На поверхні землі можуть мати місце деякі процеси вивітрювання, такі як випаровування. Також відбувається розсіювання, але ступінь цього процесу залежить від рельєфу і нерівності поверхні. Ступінь біорозкладання залежить від наявності вологи та поживних речовин. Підземні розливи, які ведуть до забруднення ґрунту та підземних вод, слабо схильні до вивітрювання. Рівень кисню зазвичай обмежений, тому процес біорозкладання відбувається повільно.

Вибір тієї чи іншої технології локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів залежить від конкретної ситуації. Властивості ґрунту та властивості самих нафтопродуктів впливають на швидкість їх проникнення ґрунт та на його насичення. Час локалізації розливу нафтопродуктів не повинен перевищувати 6 годин при розливі на ґрунт. З урахуванням цього завдання локалізації джерела розливу та припинення викиду нафтопродукту в довкілля на початковому етапі ліквідації розливу є пріоритетним. Дії на цьому етапі мають бути максимально оперативними.

Отже, технології локалізації та збирання пролитих нафтопродуктів поділяються на три основні етапи: локалізація розливу, його ліквідація та постліквідаційні заходи (рис. 3.1).

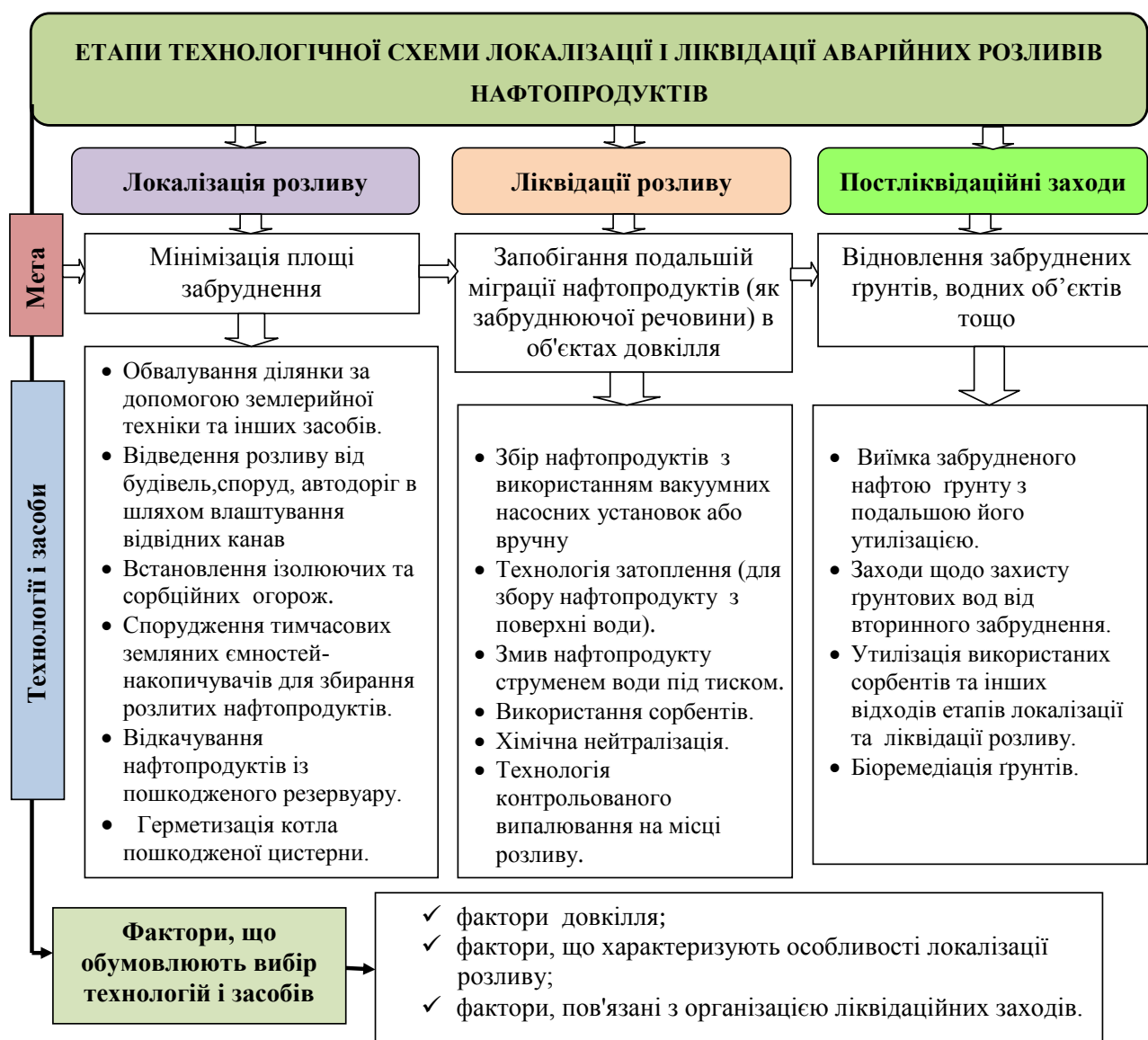


Рис. 3.1 – Етапи технологічної схеми локалізації і ліквідації аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті

Першочергова дія, яку необхідно вжити – це зупинити чи знизити швидкість розповсюдження нафтопродуктів. При локалізації розливу можливі дві стадії. Перша стадія локалізації аварійного розливу нафти або нафтопродуктів – недопущення поширення розливу за конкретними напрямками, потрапляння нафтопродуктів у певні райони, або навпаки, вихід розливу за межі певної території. Друга стадія – локалізація розливу по всьому периметру розливу. Метою другої стадії є проведення робіт з локалізації розливу нафтопродуктів, в які входять: обвалування ділянки території з

нафтопродуктами, що розлилися, за допомогою землерийної техніки для обмеження розтікання нафтопродуктів по місцевості та організації стоку (відкачування) їх в аварійні резервуари; відведення розлитих нафтопродуктів від будівель і споруд, автомобільних доріг та навколишніх об'єктів шляхом влаштування відвідних каналів; встановлення ізолюючих та сорбційних загороджень по ґрунту; спорудження тимчасових земляних ємностей-накопичувачів для збирання розлитих нафтопродуктів; застосування структурних перетворювачів нафтопродуктів; відкачування нафтопродуктів із пошкодженого резервуару та/або ділянки технологічного трубопроводу; герметизація котла пошкодженої цистерни.

Після того, як розповсюдження нафтопродуктів буде зупинено, необхідно виконати один із заходів ліквідації розливу: затоплення; змив нафтопродукту струменем води або гідромоніторами; використання сорбентів тощо.

До постліквідаційних заходів та технологій відносяться: виїмка ґрунту; біоремедіація; утилізація нафтозабруднених відходів та інші.

Технологія затоплення полягає в наборі води на поверхню землі або траншею, для того щоб зібрати нафтопродукт з поверхні води.

Технологія промивання включає змив нафтопродуктів в яму-накопичувач і відкачування водонафтової суміші для подальшої утилізації. Розташування ями-накопичувача має визначатися виходячи з напрямку можливого руху нафтопродуктів.

Сорбційний метод – це засипка нафтопродукту, що залишився, сорбентами з подальшим їх і транспортуванням, і утилізацією.

Відсікаючі канали – це траншеї або рів розташовані в напрямку розповсюдження розливу для збирання нафтопродуктів. Відсікаюча траншея викопується на глибину трохи нижче за глибину ґрунтових вод таким чином, щоб нафтопродукт, що тече поверхнею ґрунтових вод потрапляв у траншею. Потім водонафтова суміш відкачується для забезпечення припливу ґрунтових вод до траншеї. Відсікаючі канали доцільно використовувати там, де ґрунтові води близькі до поверхні і ґрунт над ними має хорошу проникність.

Технологія виїмки ґрунту набула широкого застосування. Ґрунт, що містить нафтопродукт збирається та вирушає на подальшу утилізацію. Зазвичай ця технологія часто використовується на території майданчикових об'єктів через високу щільність забудови та небезпеку займання продуктів розливу.

В деяких випадках можуть використовувати контрольоване спалювання нафти на місці розливу. Питання застосування методу керованого спалювання на місці розливу зазвичай розглядається при обмеженому доступі до місця аварії або якщо є необхідність швидкого видалення нафтової плями. Доступ до місця розливу для механічного обладнання може бути обмежений, у разі, наприклад, надто рельєфної місцевості, лісистості чи затоплення. В той час як механічне очищення може зайняти багато часу, кероване спалювання дозволяє видаляти великі обсяги нафти за кілька годин. Ця економія часу може мати велике значення при прогнозі злив, які можуть розмити нафту по великій і більш чутливій території. Іншим питанням є утилізація відходів. У разі утворення великої кількості відходів та/або за відсутності відповідних місць утилізації контрольоване спалювання може стати найкращим варіантом видалення нафти.

Біологічні технології дозволяють прискорити очищення ґрунту від нафтового забруднення, або, як мінімум, знизити клас їх небезпеки, тобто перевести відходи, що містять нафту, в більш безпечні. Біотехнології базуються на сучасних наукових розробках у галузі відтворення та прискорення природних процесів самоочищення та самовідновлення. У їх основі лежить метод біоремедіації – керованого біокомпостування. Використовувані препарати створені з урахуванням мікроорганізмів, для яких нафтопродукти є джерелом харчування.

Переваги біоремедіації ґрунтів, забруднених нафтопродуктами наступні:

- 100% очищення навколишнього середовища;
- не висока вартість очищення 1 м³ забруднених відходів з урахуванням усіх супутніх робіт становить 70 – 150 доларів залежно від обсягу переробки та ступеня насичення маси вуглеводнями;

- повна нешкідливість методу для довкілля;
- надійність та простота технології.

Недоліки біоре mediaції:

- використання даної технології обмежено теплою порою року (весняно-літнім періодом);
- потрібен значний час на переробку нафтопродуктів – від декількох місяців до декількох років;
- для цієї технології складним випадком є наявність товстої (більше 3мм) плівки НП.

Таким чином, заходи щодо локалізації та ліквідації розливу нафтопродуктів будуть вважатися завершеними після обов'язкового виконання наступних етапів:

- припинення скидання нафтопродуктів;
- розміщення зібраних нафтопродуктів до подальшої їх утилізації, що виключає вторинне забруднення території та об'єктів навколишнього природного середовища;
- реабілітацію забрудненої території (рекультивация землі);

Досить часто аварійні розливи небезпечних речовин на залізничному транспорті мають слабо передбачуваний характер – від краплинної течії пошкодженої зливної арматури до залпового викиду з розриву котла цистерни. Відповідно, обсяг можливого забруднення компонентів довкілля сильно диференційований у часі та просторі – від локальних витоків (близько 10 кг/год) до масштабних аварійних розливів (від 30 т/год).

«У зоні аварійного розливу часто спостерігається конфлікт інтересів між прагненням захисту навколишнього середовища і необхідністю якнайшвидшого відновлення вантажного перевезення. Слід додатково відзначити важкодоступність місць локалізації розливу на залізничних перегонах, а іноді повну відсутність транспортного сполучення, альтернативного пошкодженному залізничному полотну. Досить часті ситуації, за яких доставка спеціальної

техніки та матеріалів для ліквідації розливу небезпечного вантажу фізично неможлива» [56].

Таким чином, враховуючи особливості аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті, необхідно розробляти нові підходи і технології, які навіть у складних умовах зможуть забезпечити простоту, універсальність та ефективність організації ліквідаційних заходів.

3.2 Використання сорбентів для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів

Сорбенти – це матеріали, які можуть поглинати або адсорбувати нафту. Вони часто використовуються для збирання нафти на твердих поверхнях. При невеликих розливах це може бути єдиним можливим і необхідним методом. Нафта, що розливається на дорогах, може бути дуже слизькою, тому має бути прибраною, перш ніж дороги зможуть бути відкриті для руху. Найчастіше використовуються мінеральні матеріали (такі як пісок, вермікуліт, суміші глини), оскільки вони недорогі, прості у застосуванні та подальшому збиранні (рис. 3.2).



Рис. 3.2 – Збір сорбуючого матеріалу на забрудненій нафтопродуктима ділянці біля залізничного полотна

За походженням сорбенти поділяються на такі групи: неорганічні, природні органічні та органо-мінеральні сорбенти та синтетичні сорбенти. Усі сорбенти – речовини з високосорбційною ємністю щодо нафтопродуктів (табл. 3.1).

Поглинання нафти відбувається в результаті швидкого змочування поверхні сорбенту нафтою або нафтопродуктом, які далі проникають в пористу структуру матеріалу, заповнюючи порожнечі під дією певних сил. Залежно від енергії зв'язку сорбату та сорбенту процес може відбуватися за рахунок адгезії забруднень на поверхні сорбенту, що не призводить до змін хімічного складу

сорбату (адсорбція), або за рахунок хемосорбції при виникненні хімічних зв'язків між сорбатом та сорбентом.

Якості та властивості, які повинен мати універсальний сорбент такі:

- висока сорбційна здатність по відношенню до нафти та нафтопродуктів;
- висока утримуюча здатність у сатурованому стані;
- мінімальний час поглинання основної маси розливів;
- можливість регенерації поглиненого продукту;
- екологічність сорбенту;
- економічність;
- технологічність виготовлення та утилізації сорбенту.

Нафтосорбенти повинні мати високу нафтоємність, низьке водопоглинання і високопористу поверхню. Головною вимогою, що пред'являються до матеріалів, що сорбують вуглеводні нафти, є наявність у матеріалу високорозвиненої пористої структури із гідрофобною поверхнею. Нафтоємність – головний показник ефективності роботи сорбенту з поглинання нафти (табл. 3.2). Крім того, важливими характеристиками є швидкість поглинання нафти, плавучість, готовність до застосування на місці аварії (тобто способи зберігання та нанесення).

Таблиця 3.1 – Кратка характеристика різних типів сорбентів нафти і нафтопродуктів

Тип сорбенту	Сорбційний матеріал	Кратка характеристика та використання
Органічні сорбенти	Природні органічні сорбенти: солома, тирса, курячий пух, пір'я, зернове лушпиння, шкаралупа горіхів, листя, мох, бавовна, вовна, кукурудзяні та соєві волокна	Сорбенти безпечні для навколишнього середовища, людей, тварин. Можливість спалювання та біодеградації, а також здатність вбирати нафту від 5 до 15 разів перевищує вагу самого матеріалу. Кращими органо-мінеральними сорбентами вважаються сорбенти на основі сфагнового торфу.
	Органо-мінеральні сорбенти: модифікований торф, сапропель, вугілля	
Неорганічні сорбенти	Природні мінерали і гірські породи: діатоміти, різні види	Значне використання мають діатоміти, глина, пісок, так як мають низьку вартість і

	глин, пісок, пемза, туфи, цеоліти	можливість виробництва у великих обсягах. Здатність вбирати нафту від 4 до 20 разів перевищує вагу самого матеріалу. Такими сорбентами засипають невеликі ділянки розливів нафти і нафтопродуктів. При ліквідації наслідків розливів нафтопродуктів у водному середовищі неорганічні сорбенти тонуть, тим самим не вирішуючи проблеми очищення води
	Штучні мінерали: перліт, керамзит, силікагель	
Синтетичні сорбенти	Пінополіуретан, пінополістирол, поліпропілен, формальдегідна піна, синтепон	Мають високі нафто-поглинаючі властивості, досить прості у користуванні. Існує можливість їх повторного використання після механічного віджимання на спеціальних пристроях.

Таблиця 3.2 – Властивості сорбційних матеріалів для збирання нафти [31, 64]

Сорбційний матеріал	Нафтопоглинання, г/г	Водопоглинання, г/г	Ступінь віджиму нафти, %
Органічні природні сорбенти			
Тирса дерев'яна	1,7	4,3	10-20
Солома пшенична	4,1	4,2	36
Лушпиння гречки	3,0-3,5	2,2	44
Кора осики	0,5	0,8	25
Лігнін гідролізний	1,5-3,0	4,1	25
Відходи ватного виробництва	8,3	0,26	60
Торф	17,7	24,3	74
Мох	3,5-5,8	3,1-3,5	-
Вовна	6,0-10,0	4,5	87
Неорганічні сорбенти			
Перліт	5,0-7,0	0,5	0
Скловолокно	5,4	1,7	60
Базальтове волокно модифіковане	37	05	27
Графіт модифікований	40,0-60,0	0,5-10,0	10-65
Синтетичні сорбенти			
Пінополістирол, гранули	9,3	4,5	0
Пінополістирол, волокно	7,0-12,0	6,0-11,5	80-90
Поліпропілен, гранули	1,6	0,8	0
Поліпропілен, волокно	12-40	1-6	40-80
Поролон листовий	14,5-35,2	1,3-25,9	75-85
Лавсан (волокно)	4,7-14,1	4,3-13,9	60-82

Зростає інтерес до пошуку недорогих, доступних та ефективних матеріалів для виробництва нафтових сорбентів. Значна увага приділяється природним органічним сорбентам, зокрема, з сировини на основі сільськогосподарських відходів. Велика різноманітність целюлозних матеріалів, таких як бананові волокна, стебла кукурудзи, бавовна, люффа, цедра апельсина, пальмові волокна, листя ананаса, рисове лушпиння, тирса, солома, макуха цукрової тростини і шкаралупа волоського горіха можуть бути використані як сорбенти при розливах нафти [62].

Хоча матеріали на природній основі широко поширені, екологічно безпечні та сприяють належній утилізації відходів, їхня сорбційна ефективність нижча, ніж у деяких синтетичних матеріалів. Їхні основні недоліки пов'язані з поганими олеофільними та гідрофобними властивостями. Для поліпшення цих характеристик сорбенти можуть бути модифіковані механічними, термічними та хімічними методами [67].

Актуальними наразі є і біорозкладні сорбенти, які не потребуються збирання, після їх використання. Це сорбенти на основі торфу, кукурудзяних та соєвих волокон, які є екологічно безпечними та можуть ефективно адсорбувати нафтопродукти [50]. Наприклад, препарат «Еколан-М» – біодеструктивний нафтопоглинаючий сорбент без подальшої утилізації. Спеціально підібрані високоефективні композиції штамів мікроорганізмів дозволяють препарату забезпечувати деструкцію як розчинних, так і нерозчинних у воді компонентів нафти. Після завершення процесу очищення біомаса внесених та розмножених у забрудненому середовищі мікроорганізмів препарату відмирає та перетворюється на органічні речовини, які сприяють розвитку природної мікрофлори та відновленню екосистеми. Після обробки сорбентом не потрібне збирання небезпечних відходів з місця забруднення та спеціальне знищення.

Використання соломи та інших сорбуючих бар'єрів також представляють зручний метод збору, особливо в умовах доступності виключно природних матеріалів. Поперек вузьких потоків з слабкою течією може поміщатися сітка з дротів, до якої з напірного боку кріпляться сорбуючі матеріали, що утримують і

поглинають нафту, що плаває, одночасно пропускаючи воду через таку огорожу. Ці загородження не можуть зупинити великі потоки нафти, але цілком застосовні для невеликих обсягів. Найчастіше як сорбент використовується солома, але можуть застосовуватись та інші матеріали. Основним оперативним завданням є збір, обробка та утилізація забрудненого сорбенту. Іноді можливим варіантом є кероване спалювання на місці.

Як допоміжні засоби для локалізації та збору нафти можуть застосовуватись традиційні синтетичні сорбенти. Вони можуть розташовуватись за місцями зливу і вздовж бонових загорож для поглинання невеликих обсягів нафти. Використання цих сорбентів може бути зайвим, що створить додаткові проблеми зі збирання та утилізації відходів, коли, наприклад, краще застосувати скімери або контрольоване спалювання. Використані забруднені сорбенти утворюють відходи, які зазвичай утилізуються як небезпечні відходи. Тому слід завчасно розглянути логістичні питання, пов'язані з їх транспортуванням на місце розливу, використанням, збором та подальшою утилізацією.

При виборі сорбентів важливо враховувати такі фактори, як тип розливої речовини, умови довкілля, масштаб розливу та можливість подальшої утилізації використаних сорбентів. Синтетичні поліпропіленові сорбенти, наприклад, можуть бути кращими для великих розливів завдяки своїй високій абсорбційній здатності та зручності у використанні, тоді як біорозкладні сорбенти можуть бути кращими для невеликих розливів у чутливих природних зонах.

Для ефективного усунення розливів часто використовують комбіновані рішення, що включають використання декількох типів сорбентів залежно від конкретних умов аварії.

Наразі сорбенти випускаються у вигляді смуг, килимків, матів, валиків, рулонів, бонових загороджень, подушок, серветок і сорбенту, що вільно розкидається. Сьогодні промисловість пропонує щонайменше двісті типів

сорбентів. Характеристика деяких сорбентів нафти та нафтопродуктів наведена в додатку А.

Перевагами технології використання сорбентів при аварійних розливах нафти є: невисока вартість, простота використання, ефективність, надійність. Ряд сучасних сорбентів завдяки напівеластичній структурі може бути використаний багаторазово, для чого достатньо віджати з нього поглинений нафтопродукт на спеціальному пристрої типу вальців або ручного преса, після чого сорбційна здатність матеріалу відновлюється, а віджятий нафтопродукт може бути спрямований на регенерацію, або утилізацію.

Недоліки використання сорбентів наступні:

- необхідність утилізації сорбенту (як правило, одноразово або багаторазово використаний сорбент знищується спалюванням у високотемпературних печах);
- необхідність наявності спеціальних пристроїв та механізмів для розсіювання сорбентів та їх збору з території;
- утрудненість збору сорбентів з ділянок, що поросли рослинністю.

Правильний вибір сорбуючого матеріалу або гарне поєднання кількох видів сировини дозволяють отримати сорбенти з широким діапазоном властивостей, а також досягти ефективного очищення великих обсягів води або ґрунту від нафтопродуктів.

3.3 Опис запропонованої технології локалізації і збору аварійних розливів нафтопродуктів

Час до початку проведення локалізації та збору розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті є головним фактором, який визначає загальну ефективність всього комплексу ліквідаційних заходів. Ступінь забруднення навколишнього середовища безпосередньо залежить від часу контакту пролитих нафтопродуктів з об'єктами навколишнього середовища. Саме тому,

головним завданням є мінімізація часу від початку виливу нафтопродукту до початку його безпосередньої локалізації та збору.

В кваліфікаційній роботі розглянуто технологію ліквідації аварійного розливу нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбційних матеріалів безпосередньо на вагоні-цистерні (рис. 3.3). Дана технологія запропонована к.т.н. Сорокою М.Л. і представлена в його дисертаційній роботі[54, 56].



Рис. 3.3 – Етапи запропонованої технології ліквідації аварійного розливу нафтопродуктів

В технологічному процесі пропонується накопичувати сорбенти нафтопродуктів у вигляді гнучких сорбційних патронів, конструкція яких схожа з примітивними сорбційними бонами, які використовуються при збиранні розлитих нафтопродуктів з водних об'єктів (рис. 3.4).

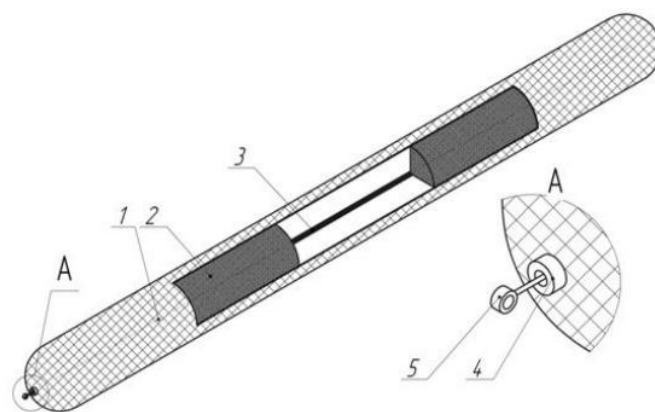


Рис.3.4 – Конструкція сорбційного патрона [54]:

1 – мішок із металевої або полімерної сітки; 2 – сорбент; 3 – внутрішній стрижень;
4 – затискач для фіксації мішка; 5 – маніпуляційні кільця

Параметри сорбційного патрону та пристрою для його транспортування наведені в табл. 3.3. Застосування сорбційних патронів дозволяє вирішити ряд завдань, які пред'являються до технологій з локалізації та збору розливів нафти і нафтопродуктів на залізничному транспорті (рис. 3.5).

**ЗАВДАННЯ,
які вирішуються при реалізації технології локалізації і збору аварійних розливів
нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбційних патронів
на вагонах-цистернах**

Конструкція сорбційного патрона забезпечує ефективний процес поглинання нафтопродуктів з поверхні ґрунту.

Гнучка структура дозволяє використовувати сорбційні патрони як переносні бар'єри для поширення розтікання нафтопродуктів по поверхні землі.

Групу сорбційних патронів можна використовувати як фільтраційну систему, що забезпечить локалізацію розливу без застосування землерийної техніки.

Сорбент, обмежений мішком-сіткою, знаходиться в мобільному стані, що значно спрощує процес його використання і збору після насичення.

Цільове застосування сорбційних патронів не передбачає використання спеціальних підйомно-транспортних машин.

Конструкція сорбційного патрона дозволяє застосовувати будь-які сипкі або волокнисті матеріали, які демонструють сорбційні властивості по відношенню до нафтопродуктів.

Рис. 3.5 – Завдання, що вирішуються при використанні сорбційних патронів

Таблиця 3.3 – Основні параметри сорбційного патрона та пристрої для його транспортування [54]

Найменування параметрів	Прийняте значення	Значення, в перерахунку на один вагон-цистерну
Корисний об'єм сорбційного патрону, м ³	0,62	1,24
Вага сорбційного патрону (нетто), т	0,032	0,064
Вага обладнання для транспортування сорбційних патронів, т	0,31	0,62
Кількість патронів для однієї цистерни, шт.	2	2

«У разі розгерметизації котла цистерни з різних причин утворюється джерело небезпечного вантажу. Далі засобами малої механізації із сорбційних патронів, вилучених із групи непошкоджених вагонів, формують бар'єри або фільтраційні системи. Основне завдання, що реалізує цей етап технології – оперативна локалізація розливу нафтопродукту та запобігання його подальшій міграції у водойми, системи відведення зливових вод тощо. На наступному етапі додаткові сорбційні патрони занурюють у шар пролитого небезпечного вантажу для його іммобілізації. На заключному етапі, після проведення всіх робіт з локалізації та ліквідації розливу, насичені небезпечним вантажем сорбційні патрони засобами малої механізації упаковуються у пристрої для транспортування, встановлені на групі неушкоджених вагонів. Таким чином, сорбенти нафтопродуктів у складі сорбційних патронів мають подвійну операційну мобільність. З одного боку, доступність ліквідаційних матеріалів дозволяє проблему їх закупівлі та доставки в зону локалізації розливу. З іншого боку, запропонована схема спрощує збір та доставку відпрацьованих сорбентів до місць їх утилізації» [56].

«Оскільки можливість займання вантажу є найбільш істотним фактором у плануванні та організації ліквідаційних заходів, то у подібних умовах застосовуються засоби пожежогасіння (найчастіше – воду), які розпорошуються у зону утворення та локалізації розливу небезпечного вантажу. Таким чином,

засоби пожежогасіння можуть сформувати інтенсивний стік особливо забруднених вод. Бар'єри та фільтраційні греблі, виконані з сорбційних патронів, потенційно здатні не тільки локалізувати ці стоки, а й частково очистити води на цілі пожежогасіння від забруднення нафтопродуктами» [54].

Реалізація представленої технологічної схеми здатна забезпечити ефективний захист навколишнього середовища від негативного впливу, викликаного аварійним розливом нафтопродуктів. Розміщення сорбційних патронів безпосередньо на вагонах-цистернах забезпечує швидкий доступ до сорбентів і спрощує процедуру організації всіх етапів проведення ліквідаційних заходів при аварійних розливах на залізниці.

3.4 Порівняльний аналіз ефективності використання різних сорбентів

Проведено порівняльний аналіз ефективності використання трьох варіантів сорбентів для превентивного накопичення в тілі сорбційного патрона. Як сорбенти запропоновано використовувати:

- варіант 1: органічний сорбент – торф;
- варіант 2: неорганічний сорбент – модифікований (терморозширений) графіт;
- варіант 3: синтетичний сорбент – поліпропіленове волокно (рис. 3.6).



Рис. 3.6 – Три варіанти сорбентів

Торф є ефективним сорбентом для видалення нафтопродуктів з води та ґрунту завдяки своїй високій пористості та великій питомій поверхні. Ось кілька ключових аспектів його використання.

1. *Поглиналина здатність*. Торф може поглинати значні кількості нафти та нафтопродуктів. Його пориста структура дозволяє утримувати рідини, роблячи корисним для ліквідації розливів нафти.

2. *Екологічність*. Торф є природним матеріалом, що робить його безпечним для довкілля. Після використання можна утилізувати або відновлювати для повторного використання.

3. *Доступність та вартість*. Торф широко поширений і відносно дешевий у порівнянні з синтетичними сорбентами. Це робить його економічно вигідним рішенням для очищення нафти.

4. *Хімічна стійкість*. Торф має високу хімічну стійкість, що дозволяє йому зберігати сорбційні властивості в агресивних середовищах.

Торф можна використовувати для абсорбції нафтопродуктів із забруднених водойм. Він ефективно утримує нафту своєї поверхні, запобігаючи подальше забруднення. При розливах нафти на землі торф може бути використаний для видалення забруднень із ґрунту, поглинаючи нафту і тим самим знижуючи її токсичну дію. Торф може бути застосований у вигляді бар'єрів для запобігання розповсюдженню нафти у водоймах або на ґрунті.

Дослідження показують, що ефективність торфу як сорбенту може бути покращена шляхом попередньої обробки або модифікації. Наприклад, обробка торфу поверхнево-активними речовинами або вуглецевими наноматеріалами може збільшити його сорбційну здатність (табл. 3.4).

Модифікований графіт (терморозширений графіт). Терморозширений графіт (ТРГ) – це графітовий матеріал, який отримують шляхом термічної обробки попередньо інтеркалованого графіту. Процес виробництва включає два основні етапи:

1. Інтеркаляція – це введення хімічних реагентів (найчастіше кислот або окислювачів) між шарами графіту, що збільшує відстань між ними.

2. Термічна обробка – різке нагрівання інтеркалованого графіту до високих температур (понад 800°C). При цьому відбувається швидке випаровування інтеркаляційних агентів, що призводить до різкого збільшення

об'єму графіту. Це явище супроводжується утворенням пористої, легкої та об'ємної структури, відомої як терморозширений графіт.

Використання модифікованого графіту для сорбції нафтопродуктів на ґрунті є перспективною технологією, спрямованою на очищення забруднених ґрунтів. Модифікований графіт має високу адсорбційну здатність і стійкість до хімічних впливів, що робить його ефективним засобом для видалення нафтопродуктів з навколишнього середовища.

Основні аспекти застосування модифікованого графіту для сорбції нафтопродуктів наступні:

1. *Висока адсорбційна здатність.* Графітові матеріали мають високу площу поверхні та пористу структуру, що дозволяє їм ефективно поглинати нафтопродукти.

2. *Модифікація поверхні.* Для підвищення сорбційної здатності графіту його поверхня може бути модифікована різними хімічними речовинами або методами, такими як окислення або введення функціональних груп. Це покращує взаємодію графіту з молекулами нафти.

3. *Екологічна безпека.* Модифікований графіт не є токсичним і не становить загрози для навколишнього середовища, що робить його безпечним для використання в природних умовах.

4. *Економічна ефективність.* Виробництво та застосування модифікованого графіту є відносно недорогими процесами порівняно з іншими методами очищення ґрунту.

5. *Простота застосування.* Модифікований графіт можна використовувати як у вигляді порошку, так і у вигляді гранул, що полегшує його застосування в різних умовах.

6. *Висока стійкість.* Графіт стійкий до різних хімічних та фізичних впливів, що дозволяє використовувати його багаторазово без значної втрати ефективності.

Використання модифікованого графіту для сорбції нафтопродуктів є інноваційним підходом, який може значно знизити рівень забруднення ґрунту та сприяти відновленню навколишнього середовища (табл. 3.4).

Поліпропіленове волокно використовується як сорбент для нафти завдяки своїм унікальним властивостям. Ось кілька аспектів його ефективності.

1. *Висока гідрофобність.* Поліпропілен має водовідштовхувальні властивості, що дозволяє йому абсорбувати тільки нафту та інші вуглеводні, уникаючи поглинання води. Це особливо важливо у разі ліквідації розливів нафти на воді.

2. *Низька щільність.* Поліпропіленове волокно має низьку щільність, що дозволяє плавати на поверхні води навіть після насичення нафтою. Це полегшує його збирання та видалення.

3. *Хімічна стійкість.* Поліпропілен стійкий до хімічних впливів, що дозволяє зберігати свої сорбційні властивості в різних умовах навколишнього середовища.

4. *Механічна міцність:* Поліпропіленове волокно має достатню механічну міцність, що запобігає його руйнуванню та втраті сорбенту в процесі використання.

5. *Легкість обробки та утилізації.* Поліпропіленові сорбенти можуть бути легко оброблені після використання, наприклад, методом центрифугування для вилучення нафти, а потім перероблені або утилізовані.

6. *Багаторазовість:* Деякі поліпропіленові волокна можуть бути повторно використані після очищення, що знижує кількість відходів та потребу у виробництві нового сорбенту.

7. *Безпека для водного середовища та ґрунтів.* Поліпропіленове волокно є інертним матеріалом, що означає, що воно не виділяє токсичних речовин у компоненти довкілля, на відміну від деяких хімічних сорбентів.

8. *Економічність:* Поліпропілен є досить недорогим матеріалом, що робить його використання економічно вигідним для ліквідації розливів нафти.

Ці характеристики роблять поліпропіленове волокно одним із кращих матеріалів для сорбції нафти, забезпечуючи високу ефективність та

економічність процесів очищення навколишнього середовища від забруднень вуглеводнями (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Кратка характеристика обраних варіантів сорбентів для збору нафтопродуктів

№	Тип сорбенту	Назва сорбенту	Сорбуюча здатність, г/г	Характеристика	Екологічна безпека
1	Органічний	Торф	17,7	Торф має високу хімічну стійкість, що дозволяє йому зберігати сорбційні властивості в агресивних середовищах.	Торф є природним матеріалом, що робить його безпечним для довкілля. Після використання його можна утилізувати чи відновлювати для повторного використання
2	Неорганічний	Модифікований графіт	60	Графітові матеріали мають високу площу поверхні і пористу структуру, що дозволяє їм ефективно поглинати нафтопродукти. Для підвищення сорбційної здатності графіту його поверхня може бути модифікована різними хімічними речовинами або методами, такими як окислення тощо.	Модифікований графіт не є токсичним і не становить загрози для навколишнього середовища, що робить його безпечним для використання в природних умовах.
3	Синтетичний	Поліпропіленове волокно	40	Поліпропілен стійкий до хімічних впливів, що дозволяє зберігати свої сорбційні властивості в різних умовах навколишнього середовища. Має достатню механічну міцність, що запобігає його руйнуванню та втраті сорбенту в процесі використання.	Поліпропіленове волокно є інертним матеріалом, що не виділяє токсичних речовин у ґрунт і водне середовище.

Однак, слід враховувати і деякі негативні аспекти. Поліпропіленове волокно є пластиком, і при неправильній утилізації воно може сприяти накопиченню пластикових відходів у навколишньому середовищі. Для мінімізації негативного впливу на довкілля важливо забезпечити правильну утилізацію використаних сорбентів, включаючи можливості переробки. В цілому, використання поліпропіленового волокна як сорбент нафти є екологічно вигідним рішенням за умови дотримання відповідних заходів щодо утилізації та переробки.

Необхідна маса сорбентів для разового застосування визначається за формулою:

$$M_{\text{сорб}} = \frac{M_{\text{нп}}}{j} \text{ т},$$

де $M_{\text{нп}}$ – маса розлитого нафтопродукту і не поглиненого ґрунтом;

j – сорбуюча здатність сорбенту, г/г.

Згідно розрахунків, виконаних у розділі 2, при аварійному розливі бензину в результаті розгерметизації двох вагонів-цистерн, маса нафтопродукту, що розлилась і не поглинена ґрунтом становить – 80,9 т.

Таким чином визначаємо необхідну масу трьох варіантів сорбентів, для збору розливу 80,9 т бензину А95. Сорбуюча здатність (нафтоємність) обраних сорбентів наведено в табл. 3.4:

Варіант 1: $M_{\text{о.с.}} = 80,9/17,7 = 4,57 \text{ т.}$

Варіант 2: $M_{\text{н.с.}} = 80,9/60 = 1,35 \text{ т.}$

Варіант 3: $M_{\text{с.с.}} = 80,9/40 = 2,02 \text{ т.}$

Відповідно визначаємо необхідний об'єм сорбентів з урахуванням їх щільності за формулою:

$$V_{\text{сорб}} = \frac{M_{\text{сорб}}}{\rho_{\text{сорб}}} \text{ м}^3,$$

де $\rho_{\text{сорб}}$ – насипна щільність сорбенту: торфу $\rho_{\text{т}} = 0,4 \text{ т/м}^3$; модифікованого графіту $\rho_{\text{м.г.}} = 0,6 \text{ т/м}^3$; поліпропіленового волокна $\rho_{\text{пп.в.}} = 0,91 \text{ т/м}^3$.

Варіант 1: $V_{\text{с.}} = 4,57/0,4 = 11,4 \text{ м}^3$.

Варіант 2: $V_{н.с.} = 1,35/0,6 = 2,25 \text{ м}^3$.

Варіант 3: $V_{с.с.} = 2,02/0,91 = 2,2 \text{ м}^3$.

Результати порівняння ефективності трьох варіантів сорбентів при ліквідації аварійного розливу 80,9 т бензину А95 з двох вагонів-цистерн наведені в табл. 3.5. Також в даній таблиці враховані капітальні вкладення на переоснащення вагонів цистерн, а саме – встановлення спеціального обладнання для транспортування сорбційних патронів.

За результатами проведеного аналізу, представленого в табл. 3.5 найбільш ефективним варіантом є використання як сорбенту модифікованого графіту, який має найвищу сорбційну здатність – 60 г/г (рис. 3.7). Також цей варіант є найбільш економічно доцільним, так як потребує менше капітальних вкладень порівняно з іншими сорбентами – всього 175,7 тис грн на ліквідацію аварійного розливу 80,9 т бензину. Хоча з технічної точки зору використання поліпропіленового волокна також є ефективним і потребує однакової з модифікованим графітом кількості сорбційних патронів (4 штуки), які можна розмістити на двох вагонах цистернах. Але капітальні вкладення при використанні поліпропіленового волокна як сорбента в 3,3 рази більше ніж при застосуванні модифікованого графіту.

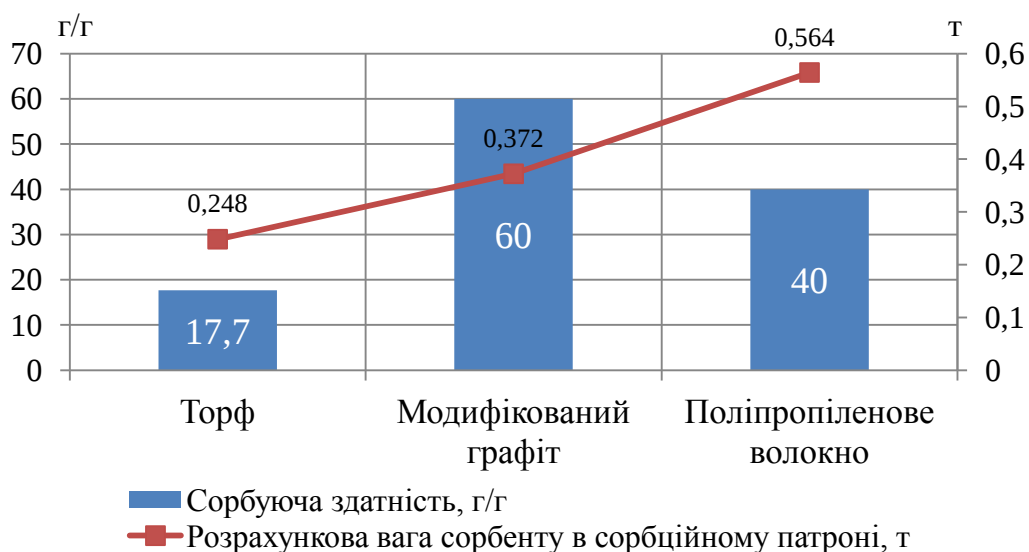


Рис. 3.7 – Порівняння сорбуючої здатності трьох варіантів сорбентів

Таблиця 3.5 – Порівняння показників різних варіантів наповнення сорбційного патрона в перерахунку на 1 вагон-цистерну

Показники	Варіанти сорбентів		
	Торф	Модифікований графіт	Поліпропіленове волокно
Розрахункова вага сорбенту в сорбційному патроні, т	0,248	0,372	0,564
Сорбуюча здатність (для поглинання бензину А95), т/т	17,7	60	40
Розрахункова здатність сорбційного патрона до поглинання бензину, т	4,39	22,32	22,56
Кількість сорбційних патронів, необхідних для ліквідації розливу двох вагона-цистерни 80,9 т бензину А95	19	4	4
Необхідна кількість вагонів-цистерн для розміщення сорбційних патронів (по 2 патрона на 1 вагон-цистерну)	10	2	2
Вартість сорбента, грн/т	2000,00	63000,00	220000,00
Капітальні витрати на заповнення одного сорбційного патрона, грн	496,00	23436,00	124080
Капітальні витрати на виготовлення одного комплексу обладнання для транспортування сорбційного патрону	20500	20500	20500
Капітальні витрати на ліквідацію аварійного розливу бензину А95 з вагонів цистерн, грн	398924	175744	578320

Найменшу ефективність відзначаємо у торфу, при застосуванні його як сорбенту необхідно майже в 5 разів більше сорбційних патронів для ліквідації розливу бензину з двох вагонів цистерн. При цьому сума капітальних вкладень в 2,3 рази більша ніж при використанні модифікованого графіту (рис. 3.9).

Також розрахунки наведені в табл. 3.5 показують, що середнє навантаження на одну вісь вагона цистерни не перевищує 0,4 тонни. Дане значення не є критичним і відповідає нормам запасу міцності вагона.

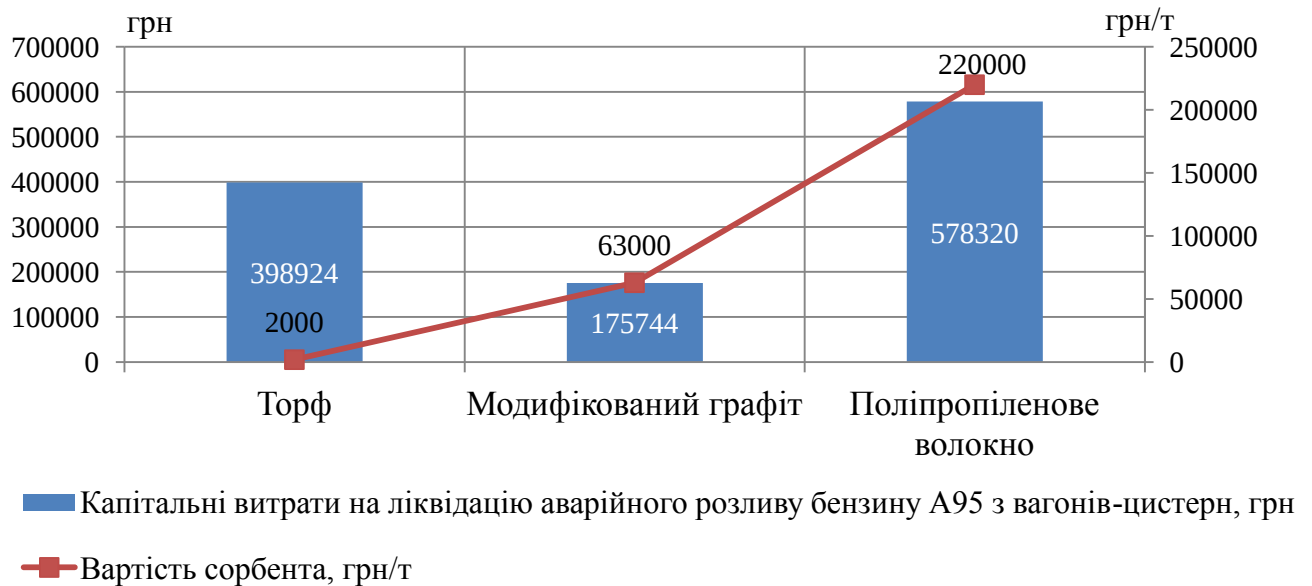


Рис. 3.8 – Порівняння капітальних витрат на ліквідацію аварійного розливу бензину А95 з вагонів-цистерн при використанні різних варіантів сорбентів

Утилізація та повторне використання сорбентів із модифікованого (терморозширеного) графіту для збору нафтопродуктів є актуальним завданням у галузі охорони навколишнього середовища. Розглянемо основні методи утилізації та повторного використання сорбентів на основі модифікованого графіту.

Методи утилізації

1. *Спалювання використаного сорбенту з наступною рекуперацією теплової енергії.* Цей метод дозволяє позбутися забрудненого сорбенту, але потребує відповідного обладнання та контролю викидів в атмосферу.

2. *Поховання на полігонах.* Традиційний метод утилізації, який полягає у похованні використаного сорбенту на спеціалізованих полігонах для промислових відходів. Цей метод не вирішує проблеми повторного використання ресурсів.

3. *Хімічна переробка.* Використання хімічних реагентів для розкладання забруднюючих речовин та регенерації сорбенту. Цей метод вимагає ретельного підбору реагентів та умов обробки.

Методи повторного використання сорбентів з модифікованого графіту

1. *Термічна регенерація.* Нагрів сорбенту до високих температур видалення адсорбованих нафтопродуктів. Цей метод дозволяє відновити сорбційні властивості модифікованого графіту та використовувати його повторно.

2. *Механічна регенерація.* Промивання сорбенту органічними розчинниками або водою з використанням механічних методів (наприклад, ультразвукове очищення) для видалення забруднень. Цей метод ефективний для відновлення сорбенту за умови, що забруднюючі речовини легко розчиняються.

3. *Біологічна регенерація.* використання мікроорганізмів для розкладання нафтопродуктів, адсорбованих на модифікованому графіті. Біоремедіація може бути тривалим процесом, але є екологічно безпечним методом відновлення сорбенту.

Переваги повторного використання сорбенту з модифікованого графіту наступні:

- з економічної точки зору повторне використання сорбентів знижує витрати на придбання нових сорбентів та зменшує витрати на утилізацію;
- регенерація та повторне використання сорбентів сприяє раціональному використанню природних ресурсів та зниженню навантаження на компоненти довкілля;
- зменшення кількості відходів, що підлягають утилізації, що сприяє покращенню екологічної ситуації.

Таким чином, представлена технологічна схема локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті дозволяє накопичувати сорбенти нафтопродуктів безпосередньо на вагонах-цистернах для їх перевезення, що забезпечує швидкий доступ до ліквідаційних матеріалів у разі розгерметизації котла цистерни та виникнення аварійної емісії небезпечного вантажу у навколишнє середовище.

Враховуючи все вищезазначене, треба відзначити низку переваг наведеної технології превентивного накопичення сорбентів для оперативної локалізації і ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів порівняно з іншими традиційними технологіями. Отже, превентивне накопичення сорбентів для локалізації та збору аварійного виливу нафтопродуктів з вагону-цистерни має кілька ключових переваг:

- *швидка реакція на аварію*. Наявність сорбентів на місці аварії дозволяє оперативно реагувати на розлив нафтопродуктів, мінімізуючи їхнє поширення і завдання шкоди навколишньому середовищу.
- *зменшення шкоди екосистемам*. Превентивне використання сорбентів допомагає запобігти проникненню нафтопродуктів у ґрунт, водні ресурси та екосистеми, що значно знижує ризики довготривалого забруднення.
- *покращення ефективності ліквідаційних заходів*. Завчасне накопичення сорбентів дозволяє швидко розпочати ліквідаційні заходи, що підвищує ефективність та зменшує час на очищення території.
- *зниження витрат на ліквідацію наслідків*. Превентивна готовність до аварії зменшує масштаби забруднення, що скорочує витрати на його ліквідацію, а також знижує витрати на відновлення природних ресурсів.
- *безпека персоналу*. Заздалегідь підготовлені сорбенти знижують ризики для людей, які працюють на місці аварії, оскільки дозволяють мінімізувати контакт з небезпечними речовинами.
- *мінімізація часу зупинки перевезень*. Швидке реагування та локалізація аварії дозволяє мінімізувати періоди простою транспорту, що є особливо важливим для вантажних перевезень.

Основні переваги та недоліки даної технології також наведені на рис. 3.9.



Рис. 3.9 – Переваги та недоліки технології з превентивним накопиченням сорбентів для локалізації і збору аварійного виливу нафтопродуктів з вагону-цистерни

Превентивне накопичення сорбентів може бути частиною політики безпеки підприємства, що відповідає вимогам екологічних і промислових стандартів. Така технологія є екологічно безпечною і ефективною, так як дозволяє зменшити екологічні ризики, пов'язані з транспортуванням нафтопродуктів і мінімізувати наслідки аварійних виливів.

РОЗДІЛ 4

ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ ЗБИТКІВ

4.1 Поняття економічного збитку

Оцінка економічних збитків при аварійних розливах нафтопродуктів є складним і багатогранним процесом, який включає безліч факторів. Найважливішими аспектами, які враховуються при оцінці збитків, є:

- розмір та характер розливу – кількість розлитого нафтопродукту, тип та властивості нафтопродукту (важкі чи легкі фракції), площа забруднення;
- екологічні наслідки – вплив на водні ресурси (річки, озера, моря); забруднення ґрунту та вплив на наземні екосистеми; вплив на флору та фауну, у тому числі на види, що знаходяться під загрозою зникнення;
- економічні наслідки – збитки для рибальства та аквакультури; вплив на сільське господарство та лісове господарство; втрати у туристичній галузі; витрати на ліквідацію наслідків розливу та відновлення екосистем.
- соціальні наслідки – вплив на здоров'я населення; втрати робочих місць та доходів у постраждалих районах; соціальна напруга та можливі міграції населення;
- непрямі та довгострокові наслідки – зміна якості води та ґрунту в довгостроковій перспективі; зменшення біологічного розмаїття; кліматичні зміни, викликані викидами вуглеводнів.

Отже, збитки від надзвичайної ситуації при розливі нафтопродуктів визначаються з кількох складових, що представлені на рис. 4.1.

Для проведення оцінки економічних збитків використовуються різні методи та моделі, такі як:

- моделі поширення забруднення, які прогнозують рух та поведінку нафтопродуктів у навколишньому середовищі;
- економічні моделі, що оцінюють прямі та непрямі економічні втрати.

- методи екологічної оцінки. Вони включають вивчення впливу на екосистеми та біологічну різноманітність.

Важливим аспектом є своєчасність проведення оцінки та використання адекватних даних для мінімізації негативних наслідків та оптимізації витрат на ліквідацію аварії.

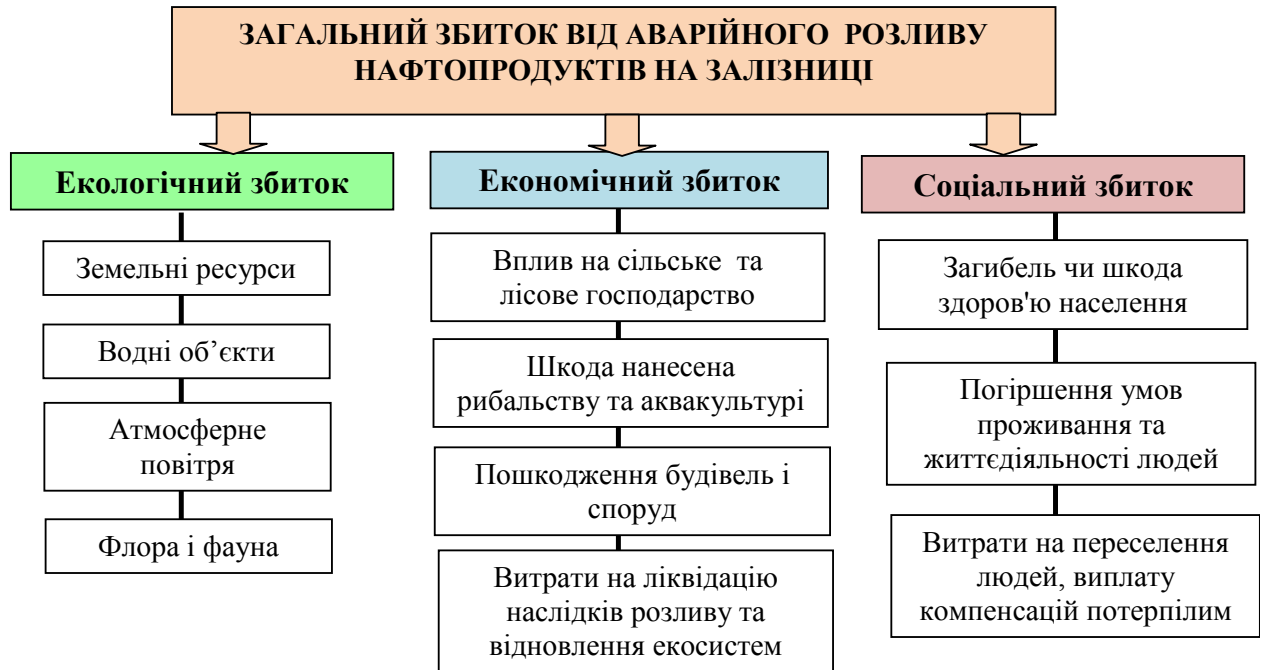


Рис. 4.1 – Складові загального збитку від аварійних розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті

Збитки U від небезпечних ситуацій на об'єктах залізничної інфраструктури та рухомого складу техногенного, природного характеру та терористичних проявів визначаються трьома базовими складовими:

$$U = U_T + U_{HC} + U_H,$$

де U_T – збитки об'єктам техносфери;

U_C – збитки навколишньому середовищу;

U_H – збитки населенню (людині та суспільству загалом).

Збитки U_T визначаються підсумовуванням збитків від ушкодження та руйнування рухомого складу та інфраструктури залізничного транспорту, промислових будівель та споруд U_{TP} , збитків від пошкоджень та руйнувань

цивільних (житлових) об'єктів $U_{\text{ТЦ}}$, збитків від пошкоджень та руйнувань зовнішніх об'єктів інфраструктури (транспортні, енергетичні, трубопровідні та інші системи) $U_{\text{ТИ}}$:

$$U_{\text{T}} = U_{\text{ТИ}} + U_{\text{ТЦ}} + U_{\text{ТИ}}.$$

Збитки $U_{\text{С}}$ навколишньому середовищі визначаються підсумовуванням збитків, що наносяться ґрунтам $U_{\text{СГ}}$, водному середовищу $U_{\text{СВ}}$, повітряному середовищу $U_{\text{СП}}$, рослинному $U_{\text{СР}}$ і тваринному $U_{\text{СТ}}$ світу:

$$U_{\text{С}} = U_{\text{СГ}} + U_{\text{СВ}} + U_{\text{СП}} + U_{\text{СР}} + U_{\text{СТ}}.$$

Збитки населенню $U_{\text{Н}}$ складаються із збитків від втрат людських життів $U_{\text{НЖ}}$ і від заподіяння шкоди здоров'ю $U_{\text{НЗ}}$:

$$U_{\text{Н}} = U_{\text{НЖ}} + U_{\text{НЗ}}.$$

Збитки за характером їх виникнення поділяються на дві групи:

- 1) прямі (первинні), пов'язані з безпосередніми впливами вражаючих факторів при небезпечних ситуаціях U_1 на об'єктах залізничного транспорту;
- 2) непрямі (вторинні), пов'язані з наступним у часі проявом уражаючих факторів від небезпечних ситуацій U_2 на об'єктах залізничного транспорту.

4.2 Розрахунок економічного збитку, заподіяного в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті

Збитки заподіяні земельним ресурсам

Розрахунок економічного збитку, заподіяного в результаті аварійного розливу нафтопродуктів виконуються згідно «Методики визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства» [32].

Розмір шкоди від забруднення земель визначається за формулою:

$$P_{\text{ш}} = A \cdot \Gamma_{\text{ОЗ}} \cdot \Pi_{\text{д}} \cdot K_{\text{З}} \cdot K_{\text{Н}} \cdot K_{\text{ЕГ}},$$

де $P_{\text{ш}}$ – розмір шкоди від забруднення земель, грн;

A – питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення земельної ділянки, значення якого дорівнює 0,5;

$\Gamma_{\text{ОЗ}}$ – нормативна грошова оцінка земельної ділянки, що зазнала забруднення, грн/м²;

$\Pi_{\text{д}}$ – площа забрудненої земельної ділянки, м²;

$K_{\text{з}}$ – коефіцієнт забруднення земельної ділянки, що характеризує кількість забруднюючої речовини в об'ємі забрудненої землі залежно від глибини просочування;

$K_{\text{Н}}$ – коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини, значення якого визначається за [32] ;

$K_{\text{ЕГ}}$ – коефіцієнт еколого-господарського значення земель визначається за [32].

Визначимо розмір заподіяних збитків в результаті аварійного розливу бензину А95 з двох вагонів-цистерн на об'єкті залізничного транспорту. Для розрахунків приймаємо дані, отримані в розділі 2 (див. п.п. 2.4)

Об'єм забруднюючої речовини $O_{\text{ЗР}}$, що проникла у ґрунт розраховується за формулою:

$$O_{\text{ЗР}} = \frac{B_{\text{ЗР}}}{\Pi_{\text{ЗР}}}, \quad (2.3)$$

де $B_{\text{ЗР}}$ – маса забруднюючої речовини, що проникла у ґрунт т;

$\Pi_{\text{ЗР}}$ – відносна густина забруднюючої речовини, т/м³ [32].

Розраховуємо об'єм бензину, що проник у ґрунт в результаті розливу:

$$O_{\text{Б}} = 65,7/0,73 = 90 \text{ м}^3.$$

Коефіцієнт забруднення земельної ділянки визначаємо за формулою:

$$K_{\text{з}} = \frac{O_{\text{ЗР}}}{T_{\text{ЗШ}} \cdot \Pi_{\text{д}} \cdot I_{\text{П}}}, \quad (2.2)$$

де $O_{\text{ЗР}}$ – об'єм забруднюючої речовини, м³;

$T_{\text{ЗШ}}$ – товща земельного шару, що є розмірною одиницею для розрахунку витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування і дорівнює 0,2 м;

$I_{\text{П}}$ – індекс поправки до витрат на ліквідацію забруднення залежно від глибини просочування забруднюючої речовини [32].

$$K_3 = 90 / (0,2 \cdot 5216,79 \cdot 0,1) = 0,86. \text{ Приймаємо } K_3 = 1.$$

Розраховуємо розмір шкоди:

$$P_{\text{ш}} = 0,5 \cdot 980 \cdot 5216,79 \cdot 1 \cdot 4 \cdot 1 = 10224908,40 \text{ грн.}$$

Розрахунок представлено у вигляді табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок розміру шкоди, заподіяної земельним ресурсам, в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізниці

Показники		Позначення показника	Значення показника (коефіцієнта)
Площа забрудненої ділянки, м ²		П _Д	5216,79
Глибина просочування забруднюючої речовини, м		Г _П	0,2
Забруднююча речовина		—	Бензин А95
Об'єм забруднюючої речовини, м ³		О _{ЗР}	90
в тому числі	залишилось на поверхні	—	-
	проникло в землю	—	90
Розмірна одиниця для розрахунку коефіцієнта забрудненості землі, м		Т _{ЗШ}	0,2
Індекс поправки до витрат		І _П	0,1
Питомі витрати на ліквідацію наслідків забруднення		А	0,5
Нормативна грошова оцінка земельної ділянки (проіндексована), грн/м ²		Г _{ОЗ}	980,00
Коефіцієнт забруднення земельної ділянки (при $K_3 < 1$ приймається рівним 1,0)		K_3	1,0
Коефіцієнт небезпечності забруднюючої речовини		K_H	4
Коефіцієнт еколого-господарського значення земель		K_{EG}	1
Розмір шкоди, грн		Р _Ш	10224908,40

Таким чином, розмір збитків, завданих земельним ресурсам в результаті аварійного розливу бензину А95 із двох вагонів-цистерн становить 10224908,40 грн.

Збитки заподіяні атмосферному повітрю в результаті викидів забруднюючих речовин при горінні нафтопродуктів

Для визначення збитків заподіяних атмосферному повітрю використовуємо дані п.п. 2.4., де наведені розраховані маси викидів забруднюючих речовин при згоранні бензину А95 в результаті аварійного розливу з вагонів-цистерн. Розрахунок заподіяної шкоди визначаємо згідно «Методики розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди» [33].

Розмір шкоди розраховується за формулою:

$$P_{\text{ш}} = M_{i\text{в}} \cdot C_{\text{п}} \cdot K_{\text{неб}} \cdot K_{\text{в}} \cdot K_{\text{мп}} \cdot K_{\text{пп}},$$

де $M_{i\text{в}}$ – маса викиду i -ї забруднюючої речовини;

$C_{\text{п}}$ – ставка екологічного податку за викид забруднюючої речовини [42].

$K_{\text{неб}}$ – коефіцієнт класу небезпеки забруднюючих речовин визначається згідно з [33];

$K_{\text{в}}$ – коефіцієнт впливу на довкілля в залежності від тривалості події, визначається згідно з [33];

$K_{\text{мп}}$ – коефіцієнт, що залежить від масштабу подій, визначається згідно з [33];

$K_{\text{пп}}$ – коефіцієнт, що залежить від характеру походження події, визначається згідно з [33].

Розрахунок заподіяної шкоди наведено в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок збитків, заподіяних атмосферному повітрю, при згоранні бензину А95 в результаті аварійного розливу з вагонів-цистерн

Назва забруднюючої речовини	Маса викиду, т	Ставка податку, грн/т	$K_{\text{неб}}$	$K_{\text{в}}$	$K_{\text{мп}}$	$K_{\text{пп}}$	Сума збитку, грн
Азоту діоксид	0,11326	2574,43	3	5	2	3	26242,19
Аміак	0,0002427	482,84	2	5	2	3	7,03
Ангідрид сірчистий	0,0010517	2574,43	3	5	2	3	243,68
Вуглецю діоксид	279,0903086	30,0	2	5	2	3	502362,56
Вуглецю оксид	0,50967	96,99	2	5	2	3	2965,97
НМЛОС	0,14562	145,50	2	5	2	3	1271,26
Тверді речовини	0,21034	96,99	3	5	2	3	1836,08
Свинець і його неорганічні сполуки (у перерахунку на свинець)	0,00039641	109127,84	5	5	2	3	6488,91
Кадмію оксид (у перерахунку на кадмій)	0,001618	20376,23	5	5	2	3	4945,31
Ртуті оксид (у перерахунку на ртуть)	0,00038023	109127,84	5	5	2	3	6224,05
Миш'як, неорганічні сполуки (у перерахунку на миш'як)	0,00030742	4216,92	4	5	2	3	155,56
Хром шестивалентний (у перерахунку на триоксид хрому)	0,00010517	69113,38	5	5	2	3	1090,30
Міді оксид (у перерахунку на мідь)	0,00012944	4216,92	4	5	2	3	65,50
Нікелю оксид (у перерахунку на нікель)	0,0030742	103816,62	4	5	2	3	38298,37
Селену діоксид (у перерахунку на селен)	0,00003236	18413,24	5	5	2	3	89,38
Цинку оксид (у перерахунку на цинк)	0,042068	628,32	3	5	2	3	2378,89
Бенз(а)пірен	0,00000000244318	3277278,63	5	5	2	3	1,20
Всього:							594666,24

За результатами розрахунків сума збитків, заподіяних атмосферному повітрю, при можливому згоранні бензину А95 масою 80,9 т в результаті аварійного розливу з вагонів-цистерн на залізничному транспорті становить 594666,24 грн.

Дані розрахунки доводять важливість проведення ефективних заходів для попередження та швидкої ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів з метою забезпечення екологічної безпеки та охорони довкілля.

РОЗДІЛ 5

ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Загальні відомості

Охорона праці – система забезпечення безпеки життя та здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, організаційні, технічні, психофізіологічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи та засоби.

Організація роботи з охорони праці на об'єктах залізничного транспорту здійснюється відповідно до Закону України «Про охорону праці» від 14.10.1992 р. № 2694-ХІІ, «Правил безпеки праці для працівників залізничних станцій і вокзалів», затверджених Наказом Держкомітету України з промислової безпеки, охорони праці та гірничого нагляду від 12.03.2007 р. № z0304-07.

На підприємствах залізничного транспорту визначаються та документально оформлюються цілі та завдання з охорони праці для кожного підрозділу та рівня управління.

При визначенні цілей та завдань з охорони праці враховуються:

- вимоги законодавчих актів, державні нормативні вимоги та інші вимоги щодо охорони праці;
- технологічні процеси, фінансові, експлуатаційні потреби господарської діяльності;
- політика організації у галузі охорони праці.

Загальне керівництво роботою з охорони праці організації відповідно до чинного законодавства доручається керівнику, а в структурних підрозділах – на їхніх керівників. Для організації роботи та здійснення контролю з охорони праці на об'єктах залізничного транспорту запроваджуються посади фахівців (інженерів) з охорони праці, які мають відповідну підготовку, вищу професійну (технічну) освіту.

Посадові обов'язки інженера з охорони праці:

- організує роботу з охорони праці; координує діяльність структурних підрозділів щодо забезпечення здорових та безпечних умов праці, функціонуванню та вдосконаленню Системи управління охороною праці; реалізує у межах наданих прав та повноважень державну політику в галузі охорони праці;

- проводить аналіз стану умов та охорони праці, виробничого травматизму, професійної та виробничо обумовленої захворюваності. Бере участь у розробці заходів щодо покращення умов праці, попередження нещасних випадків та професійних захворювань;

- вносить пропозиції щодо впровадження передового досвіду та наукових розробок з безпеки та гігієни праці, розроблення та впровадження більш досконалих конструкцій захисних, запобіжних та блокувальних пристроїв, інших засобів захисту працівників від впливу небезпечних та (або) шкідливих виробничих факторів;

- організує забезпечення структурних підрозділів необхідними законодавчими, нормативними правовими та технічними нормативними правовими актами з охорони праці, інформує та консультує працівників з питань охорони праці, у тому числі про їхні права та обов'язки у цій сфері, стан умов та охорони праці на робочих місцях, де існує ризик пошкодження здоров'я, та належні засоби колективного й індивідуального захисту, компенсації за умовами праці та інших питань, пов'язаних із забезпеченням охорони праці;

- керує роботою кабінету з охорони праці, пропагує передовий досвід роботи з охорони праці;

- проводить вступні інструктажі з охорони праці з усіма новоприйнятими на роботу, відрядженими, учнями та студентами, які прибули на виробниче навчання або практику;

- бере участь у розслідуванні нещасних випадків на виробництві та професійних захворювань, розробці заходів щодо їх профілактики, підготовці

документів на виплату відшкодування шкоди, заподіяної життю та здоров'ю працівників, пов'язаного з виконанням ними трудових обов'язків;

- здійснює контроль за дотриманням у підрозділах організації трудового законодавства;

- готує статистичну звітність з охорони праці та умов праці за встановленими формами та інформацію з цих питань.

За відсутності в організації або структурному підрозділі інженера з охорони праці відповідні обов'язки покладаються на керівника або на іншу посадову особу, яка має відповідну підготовку.

5.2 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів

В організації формується перелік небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що впливають на здоров'я та безпеку праці працівників (рис. 5.1). Усі фактори мають бути проаналізовані та визначені. Аналізовані чинники мають охоплювати всю діяльність організації та стати основними напрямками планування роботи з охорони праці. За відповідними методиками повинні бути ідентифіковані та оцінені небезпеки та ризики для здоров'я та безпеки працівників. Ризики, які визнані неприйнятними, використовуються як основа для планування поліпшення умов та охорони праці.

Вихідними даними для планування та розробки плану заходів з підвищення безпеки праці є:

- аналіз існуючих небезпек (ризиків) для здоров'я та безпеки працівників, стану та причин виробничого травматизму, професійної та виробничо обумовленої захворюваності;

- результати атестації робочих місць за умовами праці, паспортизації санітарно-технічного стану умов та охорони праці;

- аналіз забезпеченості виробничих об'єктів, робочих місць, працівників необхідними засобами захисту та матеріально-технічного забезпечення навчання та інструктажу, перевірки знань працівників з питань охорони праці;

- результати технічних оглядів, оглядів, випробувань, експертизи технічного стану виробничих об'єктів (будівель, споруд, обладнання, машин та механізмів);

- інша документація організації з питань охорони праці, а також вимоги безпеки, викладені в експлуатаційній та ремонтній документації виробників обладнання, що використовується в організації;

- приписи спеціально уповноважених державних органів нагляду та контролю, служби охорони праці, подання правових та технічних інспекторів праці, уповноважених профспілкової організації з охорони праці;

- документи та пропозиції відповідних органів управління;

- пропозиції структурних підрозділів організації, профспілки, і навіть окремих працівників.

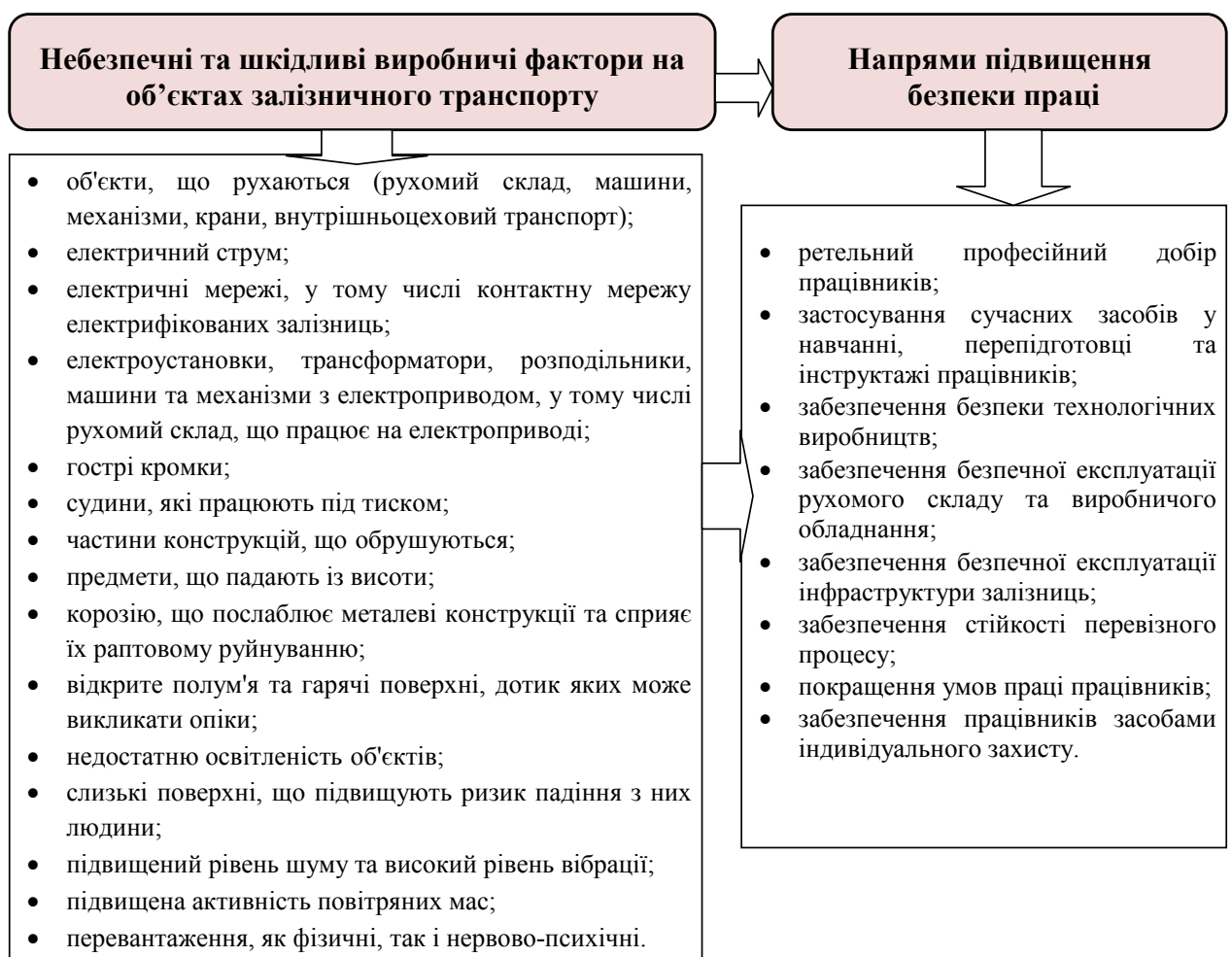


Рис. 5.1 – Небезпечні та шкідливі виробничі фактори та напрямки підвищення безпеки праці на об'єктах залізничного транспорту

При розробці заходів з підвищення безпеки праці передбачається розподіл відповідальності за їх виконання, досягнення цілей та завдань, нормативних показників умов та охорони праці для кожного підрозділу та рівня управління в організації.

Організація повинна розробляти, впроваджувати та підтримувати в робочому стані плани та процедури з ідентифікації можливих інцидентів та аварійних ситуацій та дій у відповідь з метою запобігання та зниження ймовірності захворювань та травм, пов'язаних з інцидентами та аварійними ситуаціями.

Організація повинна аналізувати свою готовність до аварійних ситуацій, плани та процедури дій у відповідь, особливо після виникнення інцидентів або аварійних ситуацій. Організація має періодично перевіряти такі процедури.

5.3 Розрахунок показників природної вентиляції адміністративного приміщення підприємства залізничного транспорту

Проведемо розрахунок оцінки ефективності природної вентиляції адміністративного приміщення – відділу охорони праці підприємства залізничного транспорту. Розміри приміщення: довжина – 8 м, ширина – 4,5 м, висота – 3,6 м. Кількість працюючих у приміщенні – 3 особи. Площа квартирки – 0,25 м², відстань від стелі до центру квартирки – 0,45 м.

Відповідно до ДБН В. 2.2-28:2010 «Будинки адміністративного та побутового призначення» обсяг виробничого приміщення, який припадає на кожного працюючого, повинен становити не менше 40м³. Таким чином, необхідний повітрообмін L_n , м³/год, розраховується за формулою

$$L_n = L' \times n, \text{ м}^3/\text{год},$$

де n – кількість працюючих у найбільш численній зміні.

$L' = 30 \text{ м}^3/\text{год}$ – необхідний мінімальний повітрообмін на одну людину в адміністративному приміщенні.

Фактичний повітрообмін у відділі відбувається за допомогою природної вентиляції (аерації) як неорганізовано через різні щілини у віконних та дверних отворах, так і організовано через квартиру у віконному отворі або через спеціальні вентиляційні канали.

Фактичний повітрообмін L_{ϕ} , м³/год, розраховується за формулою:

$$L_{\phi} = m \times F \times V \times 3600,$$

де m – коефіцієнт використання повітря, що має значення в рамках 0.3-0.8 (як правило в розрахунках приймають середнє значення 0,55);

F – площа квартирки або вихідного отвору, через який виходитиме повітря, м²;

V – швидкість виходу повітря через квартиру чи вентиляційний канал, м/с. Її можна розрахувати за формулою:

$$V = \sqrt{\frac{2g \cdot \Delta H_2}{Y_B}}$$

де g – прискорення вільного падіння, 9.8 м/с²;

H_2 – тепловий потік, під дією якого відбуватиметься вихід повітря з квартирки або через вентиляційний канал. Його, у свою чергу, можна розрахувати за формулою:

$$H_2 = h_2 \times (Y_3 - Y_B),$$

де h_2 розраховується за формулою

$$h_2 = h/2 - b$$

де h – висота приміщення, м;

b – відстань від стелі до центру квартирки, м;

Y_3 та Y_B – відповідно об'ємна вага повітря зовні приміщення та всередині, кгс/м³.

У загальному випадку об'ємна вага повітря визначається за формулою:

$$Y = 0,465 \cdot \frac{P_6}{T}$$

де P_6 – барометричний тиск, мм рт.ст. можна прийняти $P_6 = 750$ мм рт.ст.;

T – температура повітря в градусах Кельвіна.

Для відділу охорони праці, де виконуються легкі роботи, відповідно до ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 «Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо

визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об'єктів будівництва» для теплого періоду року температура у приміщенні повинна не перевищувати 28°C, або $T=301$ К, для холодного періоду року відповідно $t = 17^\circ\text{C}$, або 290 К. Для повітря зовні приміщення температуру визначаємо наступним чином:

- для літа $t = 24^\circ\text{C}$, $T=297$;
- для зими $t = -11^\circ\text{C}$, $T=262$ К.

Визначаємо об'ємну вагу зовнішнього повітря:

$$\gamma_3 = 0,465 \cdot \frac{750}{297} = 1,174 \text{ кгс/м}^3 \text{ — для літа;}$$

$$\gamma_3 = 0,465 \cdot \frac{750}{262} = 1,331 \text{ кгс/м}^3 \text{ — для зими.}$$

Визначаємо об'ємну вагу повітря всередині приміщення:

$$\gamma_3 = 0,465 \cdot \frac{750}{301} = 1,159 \text{ кгс/м}^3 \text{ — для літа;}$$

$$\gamma_3 = 0,465 \cdot \frac{750}{290} = 1,203 \text{ кгс/м}^3 \text{ — для зими.}$$

Визначаємо h_2 :

$$h_2 = 3,6:2 - 0,45 = 1,35 \text{ м.}$$

Тепловий потік, під дією якого відбуватиметься вихід повітря з квартирки або через вентиляційний канал буде дорівнювати:

$$H_2 = 1,35 \times (1,174 - 1,159) = 0,02025 \text{ кгс/м}^2 \text{ — для літа;}$$

$$H_2 = 1,35 \times (1,331 - 1,203) = 0,1728 \text{ кгс/м}^2 \text{ — для зими;}$$

Розраховуємо швидкість виходу повітря через квартиру чи вентиляційний канал,

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,02025}{1,159}} = 0,59 \text{ м/с — для літа}$$

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot 9,8 \cdot 0,1728}{1,203}} = 2,82 \text{ м/с — для зими.}$$

Визначаємо фактичний повітрообмін:

$$L_\phi = 0,55 \times 0,25 \times 0,59 \times 3600 = 292,05 \text{ м}^3/\text{год — для літа;}$$

$$L_\phi = 0,55 \times 0,25 \times 2,82 \times 3600 = 1395,9 \text{ м}^3/\text{год — для зими;}$$

Необхідний повітрообмін для приміщення відділу охорони праці буде становити

$$L_n = L' \times n = 30 \times 3 = 90 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Таким чином фактичний повітрообмін приміщення відділу охорони праці підприємства залізничного транспорту більше ніж нормований необхідний повітрообмін, отже природна вентиляція є ефективною як в літню так і в зимову пору року.

5.4 Вимоги техніки безпеки при навантаженні та вивантаженні небезпечних вантажів

Перевезення, навантаження, вивантаження та зберігання небезпечних вантажів здійснюється відповідно до ДСТУ 4500-5:2005 Вантажі небезпечні. Маркування, Правил перевезення небезпечних вантажів [44] та Правил безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом [43].

Не допускається навантаження, вивантаження та перевантаження небезпечних вантажів, що перевозяться наливом, на місцях, що не мають відповідних обладнання та пристроїв для навантаження та вивантаження цих вантажів.

Вагони, що прибули під розвантаження, повинні бути подані до спеціально відведених (обладнаних) місць, що виключають доступ сторонніх осіб. До подачі вагонів з небезпечними вантажами під вивантаження до спеціально відведених місць вантажоодержувачем має бути організована їхня охорона, фізичний захист, дотримані умови зберігання.

Вантажовідправники-власники власних або орендованих спеціалізованих вагонів для перевезення небезпечних вантажів перед кожним навантаженням повинні пред'являти працівникам станції та вагонного депо свідоцтво про технічну справність вагонів, включаючи їхнє робоче та конструктивне

обладнання, що гарантує безпеку перевезень конкретного небезпечного вантажу.

Відправники вантажу (вантажоодержувачі), транспортні організації, що здійснюють навантаження, вивантаження та перевантаження небезпечних вантажів, зобов'язані пройти технічну експертизу місць завантаження, вивантаження та перевантаження на відповідність їх вимогам безпеки.

Виробництво вантажно-розвантажувальних робіт з небезпечними вантажами за невідповідності тари та упаковки вимогам стандартів та технічних умов на цю продукцію, за несправності тари, а також за відсутності маркування та знаків безпеки не допускається.

Перед вивантаженням небезпечних вантажів вагони повинні бути провітрені примусовою або природною вентиляцією через відчинені двері та люки. При природній вентиляції провітрювання вагонів повинно проводитися не менше ніж 30 хв. Особи, які беруть участь у роботі з цими вантажами, у період провітрювання повинні перебувати з навітряного боку вагона.

Ваги, що подаються під навантаження небезпечних вантажів, повинні бути технічно справні і очищені від вантажу, що раніше перевозився, і сміття. Універсальні контейнери мають бути лише металевими.

Після закінчення завантаження небезпечного вантажу у вагон має бути перевірена правильність завантаження, після чого вагон має бути негайно опломбований.

При внутрішньому огляді вагонів, завантажених небезпечними вантажами, або безпосередньо після вивантаження вантажів дозволяється користуватися ліхтарями у вибухобезпечному виконанні.

Навантаження (вивантаження) небезпечних вантажів повинно проводитись спеціально дозволеним до виконання робіт підйомним такелажем та пристроями з іскронеутворювальних матеріалів. При завантаженні та розвантаженні небезпечні вантажі не повинні зазнавати поштовхів, ударів та трясіння. Перенесення цих вантажів вручну повинно виконуватись відповідно до документів на кожен вид вантажу.

Роботи з небезпечними вантажами допускається проводити у нічний час за умови освітленості місць виконання робіт світильниками у вибухобезпечному виконанні.

При роботі зі стислими, зрідженими та розчиненими під тиском газами, а також з отруйними речовинами працюючі повинні бути забезпечені засобами захисту,

Балони зі стислими, зрідженими та розчиненими під тиском газами, що пред'являються до перевезення, повинні бути справними та мати відповідне забарвлення та наявність:

- чітких, встановлених для кожного газу кольорових смуг та написів;
- запобіжного ковпака, опломбованого відправником вантажу або заводом, що наповнював балони;
- двох захисних гумових кілець завтовшки не менше 25 мм;
- знаків небезпеки;
- заглушок на вентилях балонів згідно з інструкціями щодо наповнення.

У вертикальному положенні балони з газами можна вантажити лише за наявності на всіх балонах захисних кілець та за умови навантаження, що забезпечує неможливість переміщення або падіння балонів. Дверні отвори повинні бути огорожені дошками товщиною не менше 40 мм з метою унеможливлення навалу вантажу на двері. Дошки для кріплення повинні бути просочені вогнезахисною речовиною.

Забороняється навантаження балонів з газами, що окислюють, у вагони зі слідами мінеральних і рослинних масел.

Навантаження та вивантаження небезпечних вантажів, що перевозяться в тарі, необхідно проводити в спеціальних складах, підлога яких знаходиться на рівні з підлогою вагона. У разі відсутності складу із підлогою на рівні підлоги вагона виконання робіт із небезпечними вантажами проводиться за розробленою у кожному конкретному випадку інструкцією підприємства з охорони праці.

При завантаженні у вагони місця з кислотами розташовуються в протилежному боці від ящиків з легкозаймистими рідинами та горючими матеріалами. Усі місця повинні бути щільно встановлені одне до одного та міцно закріплені. Місця навантаження та вивантаження кислот повинні бути обладнані освітленням електричними лампами напругою не більше 12 В у вибухобезпечному виконанні.

Порядок зберігання, навантаження та вивантаження легкозаймистих та горючих рідин повинен відповідати ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.

У місцях зберігання при ручному укладанні бочки з легкозаймистими та горючими рідинами повинні встановлюватися на підлозі не більше ніж у 2 ряди, при механізованому укладанні бочок з горючими рідинами – не більше 5, а з легкозаймистими – не більше 3 рядів. Ширина штабеля має бути не більше 2 бочок. Ширину головних проходів для транспортування бочок слід передбачати не менше 1,8 м, а між штабелями – не менше 1 м. Легкозаймисті рідини у скляній тарі (пляшках) ємністю понад 30 літрів повинні зберігатися на підлозі в один ярус. Не допускається встановлювати їх на стелажах чи штабель.

Усі заходи щодо ліквідації аварійних ситуацій з небезпечними вантажами (загоряння, витік, прокидання небезпечної речовини, пошкодження тари або рухомого складу) повинні здійснюватися з урахуванням їх властивостей та дотримання заходів безпеки, зазначених в аварійній картці на небезпечний вантаж.

ВИСНОВКИ

1. Визначено екологічні наслідки надходження нафтопродуктів у природне середовище, які зводяться до наступного: зміна властивостей ґрунтів, забруднення поверхневих та ґрунтових вод; деградація та трансформація рослинного покриву; деградація ландшафтів. Перевезення нафти і нафтопродуктів залізницею пов'язані з ймовірністю виникнення надзвичайних подій, які можуть призвести до витоків різного масштабу, а також спричинити пожежі або вибухи, що призводять до значних матеріальних і екологічних втрат для навколишнього середовища та ураження токсичними і шкідливими речовинами населення.

2. Виконано оцінку екологічного ризику при руйнуванні цілісності вагонів-цистерн, в яких перевозиться бензин А95. За результатами розрахунків визначено параметри плями аварійного розливу нафтопродуктів. За аварійної ситуації з розливом та займанням бензину, маси викидів забруднюючих речовин мають суттєво високі показники. В процесі горіння 80,9 т бензину в атмосферне повітря виділяється 279 т діоксиду вуглецю CO_2 , який є парниковим газом. Також високими є маси викидів оксиду вуглецю твердих частинок, неметанових летких органічних сполук діоксиду азоту. Це може призвести до значного забруднення компонентів навколишнього природного середовища і погіршення стану здоров'я населення, яке проживає поблизу осередка виникнення аварійного розливу нафтопродукту. Обґрунтовано, що ризик виникнення аварійних та надзвичайних ситуацій при наливі та транспортуванні небезпечних нафтових вантажів залізничними шляхами залишається суттєвим і потребує постійного контролю за станом шляху, споруд, пристроїв та рухомого складу.

3. Запропоновано до впровадження сучасну технологію локалізації та ліквідації розливів нафтопродуктів на залізничному транспорті з превентивним накопиченням сорбуючих матеріалів безпосередньо на вагонах-цистернах. Дана технологія має ряд переваг: організаційна та експлуатаційна простота

технології; мінімізація часу підготовки для початку локалізації розливу та збору пролитого нафтопродукту; можливість ефективної реалізації ліквідаційних заходів у складних умовах; можливість застосування сорбентів нафтопродуктів різної природи та морфології.

4. Проведено порівняльний аналіз ефективності використання трьох варіантів сорбентів для превентивного накопичення в тілі сорбційного патрона. Варіанти сорбентів наступні: органічний сорбент – торф; неорганічний сорбент – модифікований графіт; синтетичний сорбент – поліпропіленове волокно. За результатами дослідження найбільш ефективним варіантом є використання модифікованого графіту, який має найвищу сорбційну здатність – 60 г/г і є найбільш економічно доцільним, так як потребує менше капітальних вкладень порівняно з іншими сорбентами. Хоча з технічної точки зору використання поліпропіленового волокна також є ефективним і потребує однакової з модифікованим графітом кількості сорбційних патронів, але капітальні вкладення при використанні поліпропіленового волокна в 3,3 рази більше ніж при застосуванні модифікованого графіту. Найменшу ефективність відзначено у торфу, при застосуванні його як сорбенту необхідно майже в 5 разів більше сорбційних патронів для ліквідації розливу бензину. При цьому сума капітальних вкладень в 2,3 рази більша ніж при використанні модифікованого графіту.

5. Виконано розрахунок економічних збитків, які можуть бути заподіяні компонентам довкілля в результаті аварійного розливу нафтопродуктів на залізничному транспорті. Розмір збитків, завданих земельним ресурсам в результаті аварійного розливу бензину А95 із двох вагонів-цистерн і просочування його у ґрунт на площі 5216,79 м² становить 10,2 млн. грн. При ймовірності виникнення пожежі і згоранні 80,9 т бензину А95 розмір шкоди, завданої атмосферному повітрю становить 594,7 тис. гривень. Дані розрахунки доводять важливість проведення ефективних заходів для попередження та швидкої ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів з метою забезпечення екологічної і техногенної безпеки та охорони довкілля.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аварії на залізницях та старі вагони. *VII Міжнародна виставка Rail EXPO*: веб-сайт. URL: <https://railexpoua.com/novyny/avarii-na-zaliznytsi-ta-stari-vahony>.
2. Аварія з фосфором у Львівській області: факти, проблеми, екологічні наслідки / Е. В. Соботович та ін. *Вісник Інституту геохімії навколишнього середовища*. 2007. № 14. С. 8–18.
3. Безовська М.С., Зеленько Ю.В., Яришкіна Л.О., Бабенко О.Б. Утилізація нафтошламів та мастил, утворених у структурних підрозділах залізниць. *Залізничний транспорт України*. Київ, 2008, №1, С. 36–38.
4. Бодачівська Л. Ю. Запобігання розповсюдженню та ліквідація вуглеводневих забруднень. Екологія довкілля та безпека життєдіяльності. 2008. № 5, С. 55-58.
5. Босак П.В.1, Лук'янчук Н.Г.2, Попович В.В. Чинники впливу залізничного транспорту на екологічну безпеку довкілля. *Екологічні науки*. 2022. № 3(42). С. 205–210.
6. Булах, М. О. Удосконалення методики оцінки стану безпеки руху поїздів на залізницях. *Наука та прогрес транспорту*. 2020. № 3 (87). С. 138–146.
7. Вдосконалення технології ліквідації наслідків витоків нафтопродуктів під час перевезень/ Переста І.Я та ін. URL: <http://eadnurt.diit.edu.ua/bitstream/123456789/1514/1/503peres.pdf>.
8. Вплив транспортної інфраструктури на біорізноманіття: практичний посібник для країн Карпатського регіону : практ. посіб. / Главач В., Андель П., Матушова І., Достал І., Стрнад М. та ін. Дрогобич : Коло, 2019. 228 с.
9. Дзуліт З.П. Економіко-екологічні аспекти впливу залізничного транспорту на довкілля Зб. наук.праць ДЕТУТ. Серія «Економіка і управління». К.: ДЕТУТ, 2012. Вип. 18. Ч. 2. С. 132-143.
10. ДБН В.2.5-56:2014 Системи протипожежного захисту.
11. Державна служба статистика України. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/>.
12. ДСТУ 4500-5:2005 Вантажі небезпечні. Маркування [діє з 01.01.2007]. Наказ від 28.12.2005 № 379 УВБ УкрНДІМФ, 2005.

13. ДСТУ Б. В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежної та пожежної безпеки.
14. Екологічна безпека. URL: <https://rema.dp.ua/eco.html>.
15. Екологічні вимоги до транспорту в Європейському Союзі. URL: https://minjust.gov.ua/m/str_6957
16. Закон України «Про залізничний транспорт» № 273/96 ВР від 04.07.1996. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1996, № 40, ст. 183.
17. Закон України «Про перевезення небезпечних вантажів» № 1644-III від 06.04.2000. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1644-14#Text>
18. Залізниця України у 2022 році перевезла понад 150 млн т вантажів. Ukrainian Shipping Magazine. 2023. 05 січ. URL: <https://usm.media/zalizniczya-ukra%20ni-u-2022-roczni-perevezla-ponad-150-mln-t-vantazhiv/>.
19. Залізничний транспорт України. Мінінфраструктури. URL: <https://mtu.gov.ua/timeline/Zaliznichniy-transport.html>.
20. Зеленько Ю. В. Наукові основи екологічної безпеки технологій транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті: монографія. Донецьк.: Вид-во Маковецький, 2010. 242 с.
21. Зеленько Ю.В., Бойченко С.В., Сандовський М. Вибір організаційно-технологічних рішень щодо ліквідації наслідків аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів на залізницях. *Збірник наукових праць ДонІЗТ*. 2011. № 25. С. 45–48.
22. Зеленько Ю. В., Сорока М. Л., Бойченко С. В. Причинно-наслідкове обґрунтування до розробки нових сорбентів для ліквідації аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів. *Наукоємні технології*. 2012. Т. 15, № 3.
23. Інтегрований звіт АТ «Укрзалізниця» 2020 р. Київ: АТ «Укрзалізниця», 2021. 308 с.
24. Кірпа Г. М. Інтеграція залізничного транспорту України у європейську транспортну систему : [монографія] / Г. М. Кірпа. Д. : Вид-во Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. транспорту ім. акад. В. Лазаряна, 2004. 248 с.
25. Кондратюк Л.В., Літвак С.М. Перспективи використання модифікованого графіту як сорбенту при аварійних розливах нафтопродуктів. *Сталий розвиток*:

Захист навколишнього середовища. Енергоощадність. Збалансоване природокористування: матеріали 8-го Міжнародного конгресу, 18-18 жовтня 2024 р., Львів : НУ «Львівська політехніка», 2024. С. 266.

26. Крупеня М.М. Управління природоохоронною діяльністю на залізничному транспорті: навч. посібник для студентів ж.-д. вузів / за ред.Крупеня М.М. К.: Маршрут, 2004. 32 с.
27. Купалова Г.І., Гончаренко Н.В., Коренева Н.О., Маліновська Д.К., Верхоглядів С.М. Екологізація залізничного транспорту: необхідність і шляхи реалізації. *Вісник Хмельницького національного університету. Економічні науки.* 2022. № 1. С. 37–42.
28. Літвак О.А., Літвак С.М. Економіка природокористування та організація управління в екологічній діяльності. Частина друга : методичні вказівки до виконання практичних робіт. Миколаїв : НУК ім. адмірала Макарова, 2024.97 с.
29. Літвак С.М., Літвак О.А. Аналіз властивостей сорбентів для ліквідації розливів нафти на водних об'єктах. *Інновації в суднобудування та океанотехніці: матеріали XIV Міжнародної науково-технічної конференції, 20-21 вересня 2023 р. Миколаїв : НУК імені адмірала Макарова, 2023. С. 266–269.*
30. Малишевська О.С. Еколого-гігієнічна оцінка сорбентів із перероблених полімерних відходів. *Наукові доповіді НУБіП України.* 2020. № 4(86).
31. Мальований М.С. Очищення води від нафтопродуктів природними та модифікованими глинистими сорбентами. *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності.* 2007. № 4. С. 61–65.
32. Методика визначення розмірів шкоди, зумовленої забрудненням і засміченням земельних ресурсів через порушення природоохоронного законодавства. Наказ Міністерства охорони навколишнього природного середовища 27.10.1997 № 171 (редакція від 12.01.2021). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0285-98#Text>.
33. Методика розрахунку неорганізованих викидів забруднюючих речовин або суміші таких речовин в атмосферне повітря внаслідок виникнення надзвичайних ситуацій та/або під час дії воєнного стану та визначення розмірів завданої шкоди. Наказ Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України 13.04.2022 № 175. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0433-22#Text>

34. Наносаруватий нафтосорбент на основі терморозширеного графіту: властивості та напрями застосування. URL: <https://www.nas.gov.ua/UA/Messages/news/Pages/View.aspx?MessageID=3107>
35. Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року. Розпорядження Кабінету Міністрів України від 08.11. 2017, № 820-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/820-2017-%D1%80#Text>.
36. Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року. Розпорядженням Кабінету Міністрів України від 30 травня 2018 р. № 430-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-p>.
37. Нормативи граничнодопустимих викидів забруднюючих речовин із стаціонарних джерел. Наказ Міністерства охорони навколишнього середовища України 27.06.2006, № 309. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0912-06#Text>.
38. Основні вимоги з охорони праці на залізничному транспорті: навч. посібник / О.М. Даренський, С.В. Савченко, В.М. Сударський та ін.; під заг. ред. В.І. Мороза. Харків: УкрДАЗТ, 2010. 227 с.
39. Охорона навколишнього середовища від забруднення нафтопродуктами: навч. посіб. / Шестопапов О. В., Бахарєва Г. Ю., Мамєдова О. О. та ін. Харків: НТУ «ХП», 2015. 116 с.
40. Пилипчук О.Я., Висоцька Т.І., Пічкур Т.В. Сучасні шляхи зниження впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище: проблема очищення ґрунту від нафтопродуктів. Екологічні науки. 2020. № 3(30). С. 113–118.
41. Підсумки роботи залізничного транспорту України у 2022 році. Національний інститут стратегічних досліджень. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/pidsumky-roboty-zaliznychnoho-transportu-ukrayiny-u-2022-r>.
42. Податковий кодекс України. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2011, № 13-14, № 15-16, № 17, ст.112. Редакція від 01.07.2024 року. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2755-17>.
43. Правила безпеки та порядок ліквідації наслідків аварійних ситуацій з небезпечними вантажами при перевезенні їх залізничним транспортом. Наказ Міністерства транспорту України від 16.10.2000 р. № 567.

44. Правила перевезення небезпечних вантажів. Наказ Міністерства транспорту та зв'язку України 25.11.2008 № 1430. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0180-09#Text>.
45. Правила технічної експлуатації залізниць України. Наказ Міністерства транспорту України № 411 20.12.1996. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0050-97/ed20040101#Text>
46. Природоохоронні технології. Частина 1. Захист атмосфери : навчальний посібник / Северин Л. І., Петрук В. Г., Безвозюк І. І., Васильківський І. В. Вінниця : ВНТУ, 2012. 388 с.
47. Процько Я.І. Вплив аварійних ситуацій на довкілля у роботі залізничного транспорту. URL: http://archive.nbuv.gov.ua/portal/chem_biol/vpdaa/2010_1/183.pdf.
48. Процько Я.І Вплив нафти та нафтопродуктів на ґрунтовий покрив. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*. 2010. № 2. С.189-191.
49. Публічний звіт Голови Державної служби України з безпеки на транспорті Олександра Погорілого за 2019 рік. *Кабінет Міністрів України*: веб-сайт. URL: https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/17-civik-2018/zvit_2019/zvit-2019-ukrtransbezpeka.pdf (дата звернення: 23.09.2024).
50. Рибак М.С., Літвак О.А. Використання сорбентів для ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів на автозаправних станціях. *Актуальні проблеми сучасної хімії*: матеріали V Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів, аспірантів та молодих науковців. Миколаїв: Видавець Торубара В.В., 2021. С. 89–92.
51. Рибіна О. І. Методичні особливості оцінки економічного збитку від впливу залізничного транспорту *Механізм регулювання економіки*, 2012, № 3. С. 143–149.
52. Семенов В.К. Забезпечення пожежної безпеки на суб'єктах господарювання : навчально-методичний посібник. Миколаїв: НМЦ ЦЗ та БЖД Миколаївської області, 2017. 149 с.

53. Сорбційний матеріал для очистки поверхні водних середовищ та ґрунту від нафти та нафтопродуктів: Пат. 38206 Україна: МПК07 B01J 20/16, C02F 1/28. № 2000063298; заяв. 06.06.2000; опубл. 15.05.2001; Бюл. № 4. 5 с.
54. Сорока М.Л. Підвищення екологічної безпеки урбанізованих територій при поводженні з відходами рослинного походження. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук (доктора філософії) за спеціальністю 21.06.01 «Екологічна безпека». – Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, Міністерство освіти і науки України, м. Дніпро, 2019.
55. Сорока М. Л., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О. Дослідження експлуатаційних властивостей сорбенту для ліквідації аварійних і технологічних емісій нафтопродуктів та вуглеводнів на транспорті. Вісник Національного університету кораблебудування. 2012. № 3. С. 233–237.
56. Сорока М.Л., Яришкіна Л.О. Технологія ліквідації розливів нафтопродуктів з превентивним накопиченням сорбентів у зоні виникнення та локалізації розливу. Вісн. Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. ім. акад. В. Лазаряна. – Дніпропетровськ, 2012. Вип. 42. С. 45–55.
57. Способи захисту навколишнього середовища на залізничному транспорті України / В. Г. Лоза та ін. *Вісник Дніпропетровського національний університет залізничного транспорту ім. академіка В. Лазаряна*. 2008. № 25. С. 92–96. DOI: 10.15802/stp2008/14393.
58. Статистичні дані про Українські залізниці. *Міністерство інфраструктури України*: веб-сайт. URL: <https://mtu.gov.ua/content/statistichni-dani-pro-ukrainski-zaliznici.html>.
59. Транспортна екологія / О. І. Запорожець та ін.; за заг. ред. С. В. Бойченка. Київ : НАУ, 2017. 507 с.
60. Фактори шкідливого впливу залізничного транспорту на навколишнє середовище. URL: http://lubabolsun.blogspot.com/2015/07/blog-post_20.html.
61. Adebajo, M. O. Porous materials for oil spill cleanup : a review of synthesis and absorbing properties / M. O. Adebajo, R. L. Frost, J. T. Klopogge, O. Carmody and S. Kokot // *Journal of Porous Materials*, 2003. Vol. 10, Num. 3. Pp. 159-170.

62. Anwana E.E., Ewemoje O.E. Oil Sorption Performance of Sorbent Materials Examined Under Static and Dynamic Conditions. *European Journal of Engineering and Technology Research*. 2021. Vol. 6. Is. 5. P. 107–110.
63. Bruce E. Logan Environmental Transport Processes / Bruce E. Logan. Wiley, 2012. 482 p.
64. ITOPF. Use of Sorbent Materials in Oil Spill Response. Technical information paper. London: The International Tanker Owners Pollution Federation Limited. 2012. 12 p.
65. Michel J., Fingas M. Oil Spills: Causes, Consequences, Prevention, and Countermeasures *Fossil Fuels: Current Status and Future Directions*. Singapore: WSPC, 2016. P. 159–201.
66. Otto A., Kellermann P., Annegret H. Thiekena, Costac M. M., Carmonac M., Bubecka P. Risk reduction partnerships in railway transport infrastructure in an alpine environment. *ScienceDirect: International Journal of Disaster Risk Reduction*. 2019. Vol. 33. P. 385–397. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2018.10.025>.
67. Teas C., Kalligeros S., Zanikos F., Stournas S., Lois E., Anastopoulos G. Investigation of the effectiveness of absorbent materials in oil spills clean up. *Desalination*. 2001.140. P. 259–264.
68. Yelda S. Urban Transportation and the Environment Issues. Alternatives and Policy Analysis. SprengerIndia, 2015. 158 p.
69. Zamparas M., Tzivras D., Dracopoulos V., Ioannides T. Application of Sorbents for Oil Spill Cleanup Focusing on Natural-Based Modified Materials: A Review. *Molecules*. 2020. № 25(19). 4522.
70. Zhenliang Liaoa, Phillip M. Hannamb, Xiaowei Xia, Tingting Zhao Integration of multi-technology on oil spill emergency preparedness. *Marine Pollution Bulletin*. 2012. № 10 (64)– Pp. 2117–2128.

Таблиця А.1 – Зовнішній вигляд і характеристика деяких екологічно безпечних сорбентів нафтопродуктів та необхідного обладнання [14]

Вид сорбенту	Зовнішній вигляд	Характеристика
Рукав сорбуючий РНС (бон) різних модифікацій та розмірів		Призначений для ліквідації та запобігання забруднення навколишнього середовища нафтопродуктами, регенований, гідрофобний, олеофільний та зроблений з екологічно чистої сировини. Може застосовуватися на поверхні води, а також для окольцювання місця протоки на твердих поверхнях та ґрунтах.
Мати сорбуючі і сорбуючі серветки різних модифікацій, розмірів і з різною нафтоємністю		Призначені для збору нафтопродуктів з поверхні води, твердих поверхонь, з важкодоступних місць, у піддонах, а також у зливових стоках та каналізаціях; відрізняються високою швидкістю сорбції, можливістю використання на воді, можуть бути фільтруючим елементом, виготовлені з матеріалу, що регенерується.
Бони загороджувальні постійної плавучості		Призначені для локалізації розливів нафтопродуктів на поверхні води в акваторіях портів, річок, озер, локалізації, утримання та тралення нафтової плями, а також огороження суден при бункеруванні паливом, нафтових причалів на період проведення вантажних операцій.
Біодеструктивний нафтопоглинаючий сорбент «Еколан-М»		Після обробки сорбентом не потрібно збирати небезпечні відходи з місця забруднення та спеціальне знищення. "Еколан-М" екологічно нешкідливий, виготовлений із рослинної сировини, не містить патогенної мікрофлори та відповідає всім вимогам чинного санітарного законодавства України.
Пристрій для розпилення сорбенту УРС		Призначений для механізації нанесення сорбенту "Еколан-М" на великих площах та важкодоступних місцях.