

РОЗРОБКА ПРИНЦИПІВ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗБИТКУ І ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПРИ АВАРІЯХ З НАФТОПРОДУКТАМИ НА ЗАЛІЗНИЧНОМУ ТРАНСПОРТІ

Запропоновано принципи оцінки збитків, що спричиняються аварійними розливами нафтопродуктів компонентам навколишнього середовища, і методичні підходи до оцінки екологічного ризику функціонування залізничних магістралей.

Предложены принципы оценки ущербов, которые наносятся компонентам окружающей среды аварийными разливами нефтепродуктов, и методические подходы к оценке экологического риска функционирования железнодорожных магистралей.

The principles of estimation of losses to the environment components caused by the emergency spills of petroleum products and the methodical approaches to estimation of ecological risk of functioning of railways are offered.

Актуальність розробки і впровадження методів підвищення безпеки залізничних перевезень небезпечних вантажів і заходів, направлених на зниження різних збитків від транспортних аварій, обумовлена значним зносом основних виробничих фондів, інтенсифікацією перевізного процесу, прогресуючим ускладненням середовища руху з погляду потенційної небезпеки, а також змінами умов роботи залізничного транспорту, пов'язаними з технологічним і організаційним реформуванням галузі.

Показано, що наукова база визначення основних кількісних показників ризиків будується на основі статистичної моделі безпеки перевезень залізничним транспортом і статистичного обґрунтування типу потоку випадкових подій. Це дозволяє вибрати конкретну модель, що описує стан безпеки руху за допомогою отримання кількісних оцінок показників ризиків.

Для формування бази даних та електронних карт рецептивного статусу і комплексних природно-техногенних ризиків уздовж основних маршрутів руху потягів з небезпечними вантажами по мережі залізниць запропоновано методологію перерахунку інтенсивностей чинників природних небезпек в оцінки ризиків аварій при залізничних перевезеннях. При аналізі природних і техногенних ризиків враховувався ступінь завантаженості залізничних ліній (вантажонапруженість).

З позиції природної складової ризиків повинні враховуватися дії наступних чинників небезпеки навколишнього середовища:

- сейсмологічні;
- смерчів, паводків, штормів, для прибережних районів країни;

- обвальних процесів.

Необхідність обліку саме цих видів природних небезпек пов'язана зі специфікою роботи залізничного транспорту, за якої пошкодження інфраструктури своєчасно ідентифікуються і рух на небезпечних ділянках перекривається. З позиції збереження безпеки руху вказані недостатньо прогнозовані швидкоплинні процеси несуть основну небезпеку.

З позиції техногенної складової ризиків для побудови карт повинні використовуватися галузеві дані про аварійність, зібрані на попередніх етапах дослідження.

Техногенні ризики включають:

- ризики катастроф і аварій з причини ненормативного стану елементів інфраструктури;
- ризики від наявності взаємодії при перетинах з магістралями трубопровідного транспорту;
- ризики від взаємодії при перетинах з автомобільними магістралями і дорогами на переїздах.

Відсутність єдиної методики оцінки збитку, що завдається аварійними розливами нафти компонентам навколишнього середовища, і методичних підходів до оцінки екологічного ризику функціонування залізничних магістралей ускладнюють розробку екологічно ефективних рішень із мінімізації наслідків аварійних ситуацій для навколишнього середовища.

До основних видів дії аварійних ситуацій при транспортуванні нафтопродуктів відносяться забруднення земель і утворення нафто-

забрудненого ґрунту на етапі ліквідації наслідків розливів.

У разі неможливості відновлення нафтозабрудненого ґрунту на місці розливу, нафтозабруднені ґрунти повинні бути вивезені з місця розливу і перероблені на спеціально облаштованих технологічних комплексах.

Існуюча схема функціонування об'єктів переробки нафтозабруднених ґрунтів не є ефективною з екологічної і економічної точок зору, що створює загрозу вторинного забруднення навколишнього середовища.

Для зниження екологічних ризиків утилізації нафтовміщуючих відходів і підвищення екологічної ефективності етапу ліквідації наслідків аварійних ситуацій необхідне створення системи знешкодження відходів, що включає вибір оптимальних технологій відновлення забруднених ґрунтів і утилізації нафтовміщуючих відходів, обґрунтування потужностей і оптимізацію місць розміщення технологічних комплексів із прийому і знешкодження нафтовміщуючих відходів.

Негативна дія на навколишнє середовище пов'язана з експлуатацією практично всіх об'єктів здобичі і транспортування нафти, що працюють як у штатному режимі, так і при виникненні аварійних ситуацій. Найбільшого збитку навколишньому середовищу завдається саме в результаті аварійних розливів нафти і нафтопродуктів, що відбуваються при їх транспортуванні.

Стратегія мінімізації дії на навколишнє середовище повинна здійснюватися як на етапі запобігання аварійним ситуаціям (профілактика, своєчасна діагностика, заміна), так і на етапах локалізації і ліквідації наслідків аварійних розливів нафти і нафтопродуктів. В цьому випадку особлива увага повинна приділятися методам відновлення нафтозабруднених територій і знешкодження нафтовміщуючих відходів і ґрунтів.

В даний час існує тенденція облаштування майданчиків переробки нафтовідходів поза межами технологічних комплексів на окремо відведених земельних ділянках, що приводить до довгострокового вилучення земельних ресурсів і збільшення антропогенного навантаження на навколишнє середовище. В той же час, зменшення числа майданчиків приводить до зростання витрат на транспортування нафтозабруднених ґрунтів до місць переробки [1, 4].

У зв'язку з цим виникає необхідність підвищення екологічної безпеки етапу ліквідації аварійних ситуацій при транспортуванні наф-

топродуктів шляхом рішення оптимізаційної задачі визначення оптимальної кількості, місцезнаходження і потужностей комплексів, технологічне забезпечення яких дозволяє переробляти весь об'єм нафтовміщуючих відходів, що утворюються в результаті технологічних процесів і аварійних ситуацій, забезпечуючи при цьому вимоги екологічної безпеки.

Враховуючи всі вищезазначені аспекти, запропоновано методику оцінки екологічного ризику аварій на залізничному транспорті при транспортуванні нафтопродуктів. Знання вірогідності виникнення аварійних ситуацій і величин збитків, які вони заподіють навколишньому середовищу, дозволяє прогнозувати площі нафтозабруднених територій і кількості нафтовміщуючих відходів, що утворюються на етапі ліквідації наслідків аварійних розливів нафти і нафтопродуктів.

На підставі аналізу інформації про експлуатацію, власних досліджень і експертних оцінок отримані висновки про постійне зростання кількості відмов у роботі і відповідно зростання витрат на ліквідацію відмов і їх наслідків [3, 4].

Аварійні ситуації на залізничних магістралях завдають значного збитку компонентам навколишнього середовища. Враховуючи, що збитки компонентам навколишнього середовища завдаються як при безпосередньому розливі нафти або нафтопродуктів і забрудненні земель або водного об'єкту, так і при ліквідації наслідків розливів і знешкодженні нафтовміщуючих відходів і ґрунтів, розроблено метод оцінки комплексного збитку, що наноситься навколишньому середовищу в результаті розливів нафти і нафтопродуктів та подальшої переробки нафтозабруднених ґрунтів, що утворюються (рис. 1).

Збиток ($Z_{\text{ш}}$), що заподіюється компонентам навколишнього середовища при аваріях на залізницях з урахуванням проведення робіт по переробці нафтозабруднених ґрунтів, визначається як сума прямого збитку від розлиття нафти або нафтопродуктів і збитку, що заподіюється навколишньому середовищу технологічним комплексом по переробці нафтозабруднених ґрунтів.

На підставі запропонованої моделі оцінки збитків компонентам навколишнього середовища були оцінені структури екологічного збитку при різних варіантах протікання аварійної ситуації (розливи нафти на поверхні землі, попадання нафти в поверхневий водний об'єкт, виникнення пожежі). Отримані структури збитку компонентам оточуючого середовища пока-

зують, що найбільшого збитку при аварійних ситуаціях з попаданням нафти на поверхню землі завдається земельним ресурсам, тоді як при попаданні нафти у водні об'єкти величина збитку водним ресурсам у декілька разів перевершує величини збитків іншим компонентам навколишнього середовища.

На підставі отриманої залежності кількості нафтозабруднених ґрунтів, що утворюються, від площі розливу нафти або нафтопродуктів отримана структура повного екологічного збитку, що наноситься безпосередньо аварією і роботами по ліквідації наслідків.

Складова екологічного збитку, нанесеного роботою технологічних комплексів при відновленні нафтозабруднених ґрунтів, достатньо мала у порівнянні зі збитком компонентам навколишнього середовища, який наносить безпосередньо розлив нафти або нафтопродукту.

В той же час, переробка нафтозабруднених ґрунтів на спеціально обладнаних технологічних комплексах дозволяє значно запобігти екологічному збитку, що наноситься розміщенням відходів в навколишньому середовищі.

Оцінка вірогідності виникнення аварійних ситуацій на залізничних магістралях, а також величин збитків, що завдаються компонентам навколишнього середовища, дозволили розрахувати екологічний ризик аварій. Функція екологічного ризику для окремих ділянок залізничних магістралей різна. У загальному вигляді функцію екологічного ризику можна представити у вигляді:

$$R(x) = p(x) \cdot Z_{\text{зн}}(x), \quad (1)$$

де $p(x)$ – функція розподілу вірогідності аварійних ситуацій по довжині магістралі;

$Z_{\text{зн}}(x)$ – функція розподілу можливих наслідків по довжині магістралі.

Оскільки показники ризиків неоднакові для різних ділянок магістралей, то сумарний ризик на даний момент часу може бути представлений у вигляді суми ризиків для ділянок залізниці з однаковою вірогідністю аварійної ситуації і величини збитку. Величину екологічного ризику ділянки залізничної магістралі можна визначити, використовуючи формулу:

$$R_l = P_{\text{авар}} \cdot l \left(\sum_{i=1}^I Z_{\text{зем}_i} l_{\text{зем}_i} + \sum_{j=1}^J Z_{\text{вод}_j} l_{\text{вод}_j} \right), \quad (2)$$

де $P_{\text{авар}}$ – вірогідність виникнення аварії на ділянці магістралі; l – довжина ділянки; $Z_{\text{зем}_i}$ – екологічний збиток при забрудненні нафтою (нафтопродуктами) земель i -тої екологічної

уразливості; $l_{\text{зем}_i}$ – протяжність ділянки магістралі, що проходить по території земель i -того рецептивного статусу (екологічної уразливості); $Z_{\text{вод}_j}$ – екологічний збиток при забрудненні (нафтопродуктами) j -того водного басейну; $l_{\text{вод}_j}$ – протяжність ділянки магістралі, що перетинає або проходить вздовж j -того водного басейну.

За допомогою отриманих даних про сумарний збиток обґрунтовано етапи проведення робіт по відновленню нафтозабруднених земель, розроблено критерії вибору технології рекультиваци порушених територій залежно від ступеню забруднення ґрунтового шару, глибини проникнення забруднення, термінів і технічної можливості проведення робіт. На підставі оцінки важливості вибраних чинників розроблено порядок проведення робіт по відновленню нафтозабруднених ґрунтів і запропоновано підхід до вибору технології рекультиваци порушеної території. Як критерії вибору технології відновлення нафтозабруднених ґрунтів на місці розливу нафти або нафтопродуктів прийняті: надійність і безпека вживаного технологічного устаткування; екологічна безпека технології; величина фінансових витрат на проведення всього циклу робіт; відсутність вторинних джерел забруднення при проведенні робіт; час, необхідний для проведення повного циклу робіт; можливість зниження концентрації нафтопродуктів до допустимого рівня; можливість зниження високих концентрацій нафтопродуктів; застосовність методу в певних кліматичних умовах.

Для обґрунтування набору технологічного устаткування, що використовується на технологічних комплексах, куди привозять вилучені з місця аварії нафтозабруднені ґрунти, було проведено оцінку застосовності основних технологій переробки нафтозабруднених ґрунтів. Для вибору технології переробки нафтозабруднених ґрунтів на технологічних комплексах було вибрано наступні критерії: ефективність знешкодження нафтовміщуючих відходів; екологічна безпека технології переробки нафтовміщуючих відходів; матеріальні, енергетичні і економічні витрати на переробку; вигляд і якість продукту переробки нафтовміщуючих відходів; можливість інтенсифікації процесу переробки нафтовміщуючих відходів; утворення неутилізованих залишків при переробці нафтовміщуючих відходів.

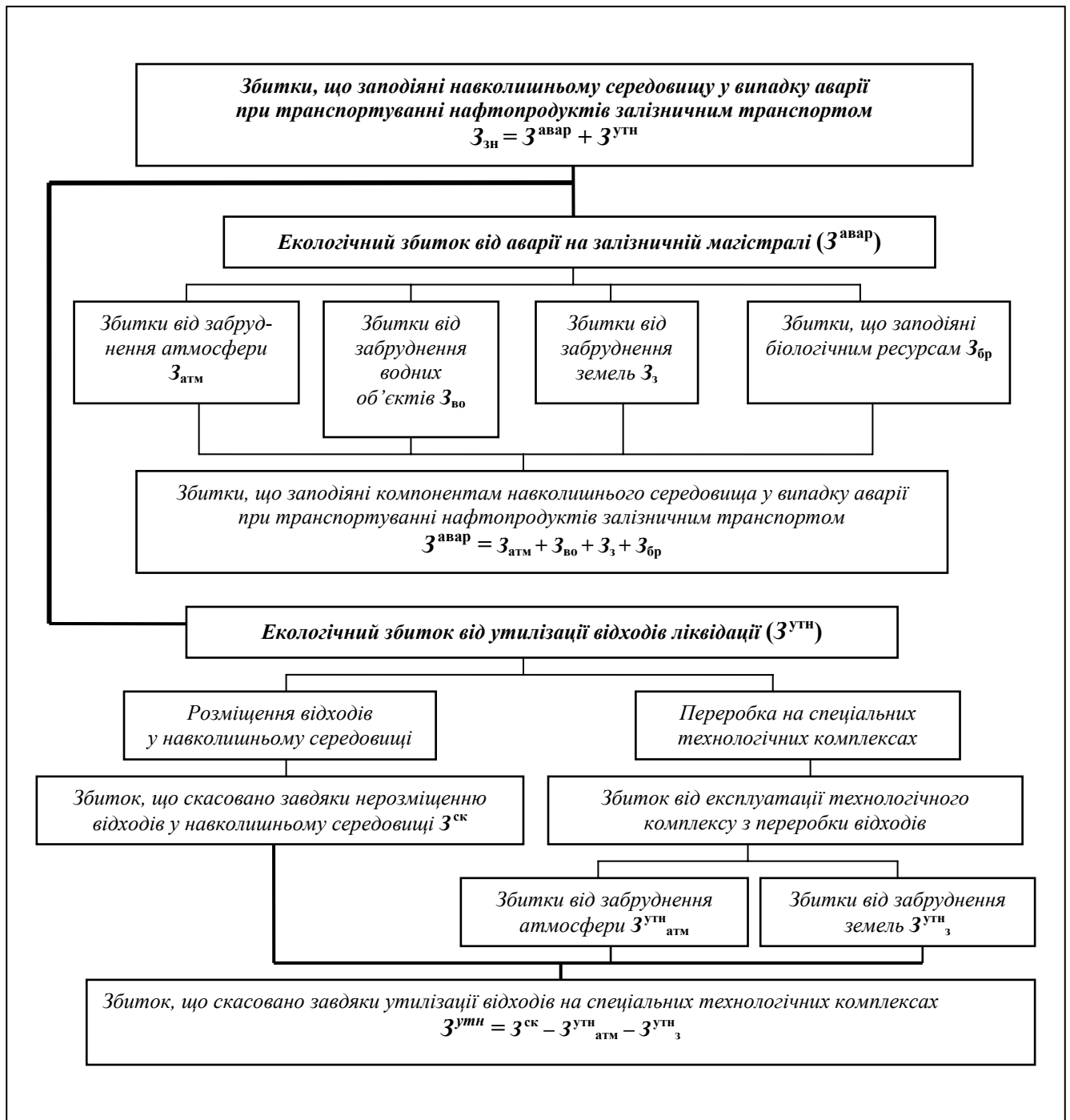


Рис. 1. Алгоритм розрахунку екологічних збитків при аваріях з нафтопродуктами на залізничних магістралях

В результаті порівняння було виявлено, що, не дивлячись на економічну привабливість і відносну простоту таких методів знешкодження нафтозабруднених ґрунтів як випалювання і перемішування, найбільш застосовними є екологічно безпечніші методи (використання твердих сорбентів і мікробіологічна ремедіація). Особливу увагу слід приділяти екологічним аспектам вибору технологій, використовуваним на місцях розливу нафти або нафтопродуктів, оскільки відновлення нафтозабруднених тери-

торій без вивозу нафтозабруднених ґрунтів вимагає достатньо довгого часу, протягом якого нафтопродукти, не дивлячись на проведення відновних робіт, діють на компоненти навколишнього середовища.

На основі оцінки ефективності і застосовності технологій переробки нафтовміщуючих відходів розроблено принципову технологічну схему типового пункту з прийому і комплексного знешкодження нафтовміщуючих відходів від залізничних підприємств, визначено набір

технологічного устаткування, види і об'єми нафтовміщуючих відходів, що переробляються.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Белозеров, Д. С. Организация переработки твердых нефтесодержащих отходов на технологических комплексах [Текст] / Д. С. Белозеров, Н. Н. Слюсарь // Актуальные проблемы дорожно-транспортного комплекса. Охрана окружающей среды: Сб. науч. тр. – Пермь, 2007. – С. 69-76.
2. Мартынюк, И. В. Выбор критериев сравнения оценок риска по различным маршрутам перевозки опасных грузов [Текст] / И. В. Мартынюк // Сб. науч. тр. молодых учёных, аспирантов и докторантов «Актуальные проблемы развития

железнодорожного транспорта». – Ростов-на-Дону: РГУПС, 2005. – С. 64-66.

3. Мартынюк, И. В. Выбор оптимальных маршрутов перевозок опасных грузов по результатам оценки рисков возникновения нарушений безопасности движения и ущербов от них [Текст] / И. В. Мартынюк // Вестник РГУПС. – 2006. – № 3. – Ростов-на-Дону, 2006. – С. 103-106.
4. Хлесткин, Р. Н. Ликвидация разливов нефти при помощи синтетических органических сорбентов [Текст] / Р. Н. Хлесткин, Н. А. Самойлов, А. В. Шеметов // Нефтяное хозяйство. – 1999. – № 2. – С. 46-49.

Надійшла до редколегії 07.04.2010.

Прийнята до друку 09.04.2010.