



KAPITEL 7 / CHAPTER 7⁷ PRINCIPLES OF ASSESSING THE RESOURCE POTENTIAL OF OIL- CONTAINING WASTE OF RAILWAY INFRASTRUCTURE

DOI: 10.30890/2709-2313.2023-24-03-012

Вступ

Проблема підвищення екологічної безпеки при поводженні з нафтовміщуючими відходами і шламами є актуальною для більшості галузей промисловості. Значні кількості нафтових відходів негативно впливають практично на всі компоненти навколишнього середовища. Однак також це – цінна вуглеводнева сировина. Таким чином, раціональний підхід до переробки нафтошламів може надати значного еколого-економічного ефекту.

Проблема утворення нафтошламів на залізниці є достатньо актуальною з позиції енерго- та ресурсосбереження. Нафтошлами лінійних підрозділів залізниць накопичуються у стічних водах підприємств після обмивки вагонів, тепловозів та їх деталей, тому найбільша їх кількість утворюється у вагонних і пасажирських депо (рисунок 1, 2) залізниць - саме тут проводять обмивку рухомого складу при проведенні ремонтних робіт [1, 2].

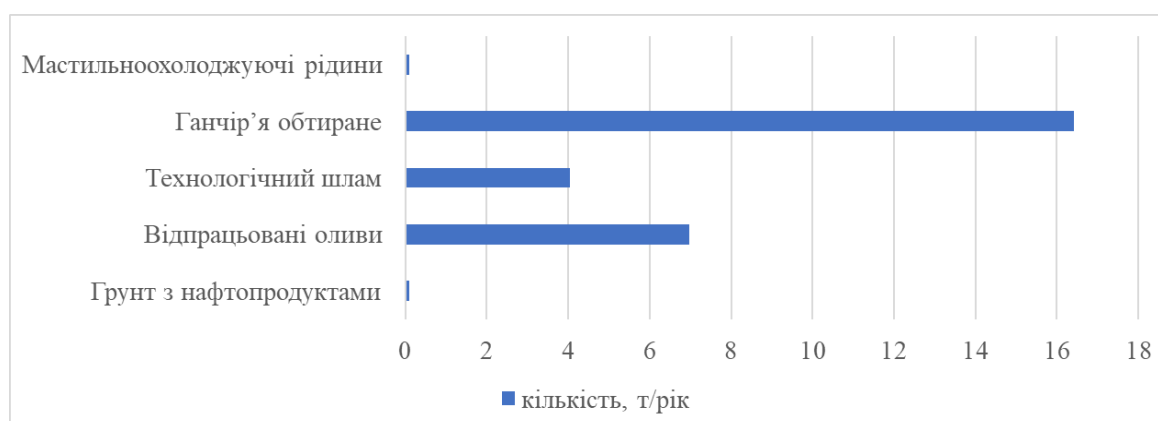


Рисунок 1 – Середні показники утворення нафтовміщуючих відходів на підприємствах пасажирської служби Придніпровської залізниці, т/рік

⁷Authors: Bezovska Maryna, Zelenko Yuliya

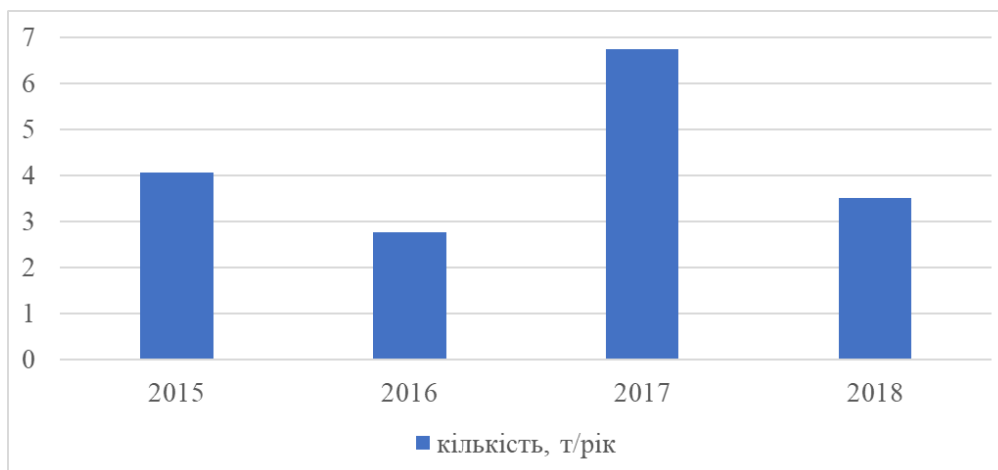


Рисунок 2 – Середні показники утворення нафтошламів на підприємствах пасажирської служби Придніпровської залізниці у 2015-2018 р.р., т/рік

Найчастіше технологічні шлами відносяться до третього класу небезпечності і являються помірно небезпечними. На сьогодні нафтошлами накопичуються на підприємствах залізниці і згодом передаються по договорам з іншими організаціями для подальшої утилізації, хоча раціональним було б встановлення новітнього екологічно безпечного обладнання для переробки шламів безпосередньо на підприємстві. Це дало б змогу зменшити кількість відходів та отримувати вуглеводневміщуючі продукти для подальшого використання на потреби підприємства [3, 4].

7.1. Принципи оцінки ресурсного потенціалу

Переробка нафтовмісних відходів з вилученням їх ресурсного потенціалу - це процес, в якому відхід набуває корисних властивостей і стає продуктом або сировиною для виробництва інших продуктів (вторинною сировиною).

Якщо в результаті переробки відхід набуває корисні споживчі властивості, або в результаті аналізу властивостей і зіставлення їх з існуючою інформацією про сировинному ринку виявляються споживчі властивості відходу, він може ставати продукцією. Ця теза, що є основою концепції ресурсозбереження при



утилізації будь-яких відходів, покладена в основу поняття ресурсного потенціалу відходів і нецільових продуктів нафтогазової галузі, яке може бути визначено як вартість сукупності компонентів відходу, що володіють такими характеристиками складу та властивостей, які визначають можливість використання відходу (або його компонентів) як вторинної сировини при обраній технології вилучення ресурсного потенціалу.

Для досягнення мети мінімізації відходів ресурсний потенціал може розглядатися в двох аспектах:

- матеріальному, який визначається масою (об'ємом) цінних компонентів, що вилучають із відходу;

- енергетичному, оціненого енергією, яка може бути отримана при термічних технологіях переробки (піроліз, спалювання, інсінерація і т.п.);

З позицій необхідності максимально повного використання сировинного ресурсу перший підхід є більш пріоритетним. При спалюванні відбувається руйнування і незворотна втрата енергії хімічних зв'язків компонентів відходу, створених нативно або в попередніх технологічних циклах, тобто на стадіях виробництва продукції, яка перейшла у фазу життєвого циклу відходу або, в разі нафтопереробки, залишку.

У зв'язку з цим під ресурсним потенціалом відходу треба розуміти сукупність його властивостей і характеристик, що відображає порівняльну цінність як продукту або сировини при вторинному використанні (утилізації) за відповідною технологією. Можливим варіантом подання такої упорядкованої безлічі є багатовимірна матриця (1):

$$MRP = [MRS] \cdot [MO] \quad (1)$$

де MRP - матриця ресурсного потенціалу;

MRS - матриця ресурсної цінності відходу (залишку), що включає в себе критеріальну оцінку;

MO - матриця оператора, що враховує технологічні параметри утилізації.

Першим логічним етапом оцінки MRP є побудова матриці ресурсної цінності (MRS -матриці) за нижченаведеними критеріями (рисунок 3).



Рисунок 3 - Критерії оцінки ресурсної цінності відходів і залишків, що містять нафтопродукти

Пошук оптимального напрямку використання *MRP* ґрунтується на обчисленні матриці ресурсного потенціалу відходу, одержаної шляхом множення матриці ресурсної цінності на оператор, що характеризує технологію переробки відходу. Оператор, як функція багатьох змінних, в обов'язковому порядку включає в себе облік рівня небезпеки використання *MRP* для навколишнього середовища і здоров'я людини. Крім нього змінними оператора є показники технологічного процесу (або його етапу), наприклад, температура, тиск, співвідношення і час контакту реагентів, конверсія, металоємність, рівень необхідної корозійної стійкості і вибухозахищеності обладнання і т.п. В результаті множення матриці на оператор може виходити не одна, а кілька матриць *MRP*, це залежить від самого оператора.

Процедура оцінки *MRS* і *MRP* спільно з фізичним і хімічним критерієм для нафтових відходів, розміщених в різних накопичувачах, може бути пояснена на прикладі порівняльної оцінки ресурсної цінності об'єктів зберігання нафтових відходів, виконаної на основі DEA-методу аналізу даних. Суть підходу полягає у визначенні границі максимальної ресурсної цінності оцінюваних об'єктів зберігання відходів по емпіричним даним про компонентний склад і властивості відходів в нижніх, середніх і верхніх шарах аналізованої групи ресурсних джерел. Кожному ресурсному джерелу відповідає точка в багатовимірному просторі «компоненти - ресурсна цінність», отримана в результаті рішення



відповідної оптимізаційної задачі.

7.2. Фізичні критерії оцінки ресурсного потенціалу

Фізичний критерій оцінки ресурсного потенціалу, на відміну від історичного, який є підсумком збору та систематизації вже наявної інформації, має на увазі отримання інформаційних даних про фізичні властивості нафтовідходів, що пов'язано з візуальними натурними і експериментальними лабораторними дослідженнями.

Як було вже зазначено вище, зміст інформаційних блоків (фізичних, хімічних і т.д.) об'єктів трансформування тісно пов'язані між собою і переплітаються один з одним, так як є різними сторонами одного і того ж об'єкта. Зокрема, фізичний і хімічний критерії, як найбільш пов'язані, можуть бути об'єднані в єдиний фізико-хімічний. Однак в цій роботі ці критерії розглянуті диференційно, так як для створення ефективних технологій переробки нецільових продуктів і відходів нафтогазової галузі необхідна глибока деталізація їх властивостей.

Отже, в результаті розробки фізичного критерію повинна бути отримана достовірна і максимально повна інформація про наступні властивості нафтових відходів: фазовий склад та фізична стабільність (кількість фаз, агрегатний стан), в'язкість, температура втрати текучості, температури початку і кінця кипіння, температура кристалізації, щільність, летючість.

Всі названі фізичні властивості визначають поряд з хімічними технологічні властивості нафтових відходів.

Фазовий склад відходів нафтогазової галузі, визначає подальші шляхи їх переробки, будучи однією з найбільш важливих характеристик. Умова об'єднання або поділу фаз кваліфікується як необхідна при переробці відходів і в кількісному сенсі визначає матеріальний баланс процесу. Важливе значення при цьому має стабільність фазового складу, що залежить від фізико-хімічних



властивостей компонентів і зовнішніх умов (температури, тиску, наявності кисню, вологи і т.д.). Тому стабільність фазового складу слід розглядати в сукупності з хімічною стабільністю відходу.

Як фазовий склад, так і інші реологічні і фізико-хімічні характеристики відходу залежать від зовнішніх умов, зазначених вище. Найбільш істотним фактором є температура. Отже, для формування інформаційного блоку, що відноситься до фізичного аспекту, необхідна інформація про фізичні властивості в температурній динаміці.

Комплексність підходу до розгляду властивостей нафтових відходів, як єдиної системи з численними внутрішніми зв'язками, є основою правильного вибору методу і технології використання ресурсного потенціалу.

Для визначення фізичних властивостей відходів слід використовувати державні та галузеві стандарти, керівні документи та методичні вказівки. Однак, складність визначення фізичних параметрів відходів полягає в тому, що вищевказані нормативні документи відносяться, як правило, до чистих речовин або однорідних сумішей. Нафтовміщуючі відходи, як правило, мають багатокомпонентний склад. У цьому випадку перед використанням стандартних методик визначення фізичних параметрів необхідно проводити ретельну підготовку.

Підготовка зразка нафтових відходів полягає в проведенні ряду операцій, що дозволяють адаптувати існуючі методики до визначення фізичних властивостей відходів (перш за все, поділ фаз; якщо це необхідно, зміна температури середовища, проведення циклів розбавлення і випаровування і т.д.). Для кожного виду промислового відходу набір підготовчих операцій розробляється індивідуально з урахуванням особливостей об'єкта дослідження. Оцінка ресурсного потенціалу за фізичного, хімічного, технологічного та економічного критеріїв становить частину робіт інформаційного та технологічного етапів по створенню технології ресурсовідновлення нафтогазопромислових відходів.



7.3. Специфіка хімічних критеріїв оцінки

Хімічні критерії оцінки ресурсного потенціалу є одними з найважливіших, оскільки хімічні властивості промислових відходів є базовими, так як формують токсикологічний профіль відходів та визначають як фізичні, так і технологічні властивості об'єкта оцінки. Як правило, оцінювання за даним критерієм є складним експериментальним завданням.

До хімічного аспекту, пов'язаного з промисловими відходами, слід віднести такі його властивості, які визначаються реакційною здатністю компонентів, що складають об'єкт трансформування.

Серед них слід виділити найважливіші:

- радіоактивність;
- кислотно-лужна реакція середовища;
- компонентний хімічний склад кожної фази;
- розчинність в воді і органічних розчинниках;
- пожежонебезпека (температури спалаху, займання, самозаймання, концентраційні межі вибуховості парів летких компонентів);
- хімічна активність по відношенню до води, кисню повітря;
- хімічна стабільність (хімічна індиферентність компонентів відходів по відношенню один до одного);
- корозійна активність по відношенню до конструкційних і легованих сталей.

Радіоактивність є найважливішою властивістю відходів, яка визначає всю подальшу систему поводження з ними.

У разі, коли загальна радіоактивність відходів перевищує величину 4000 Бк/кг, їх слід відносити до радіоактивних і в поводженні з ними дотримуватися всіх правил безпеки, що стосуються радіоактивних матеріалів.

Радіоактивні ізотопи в складі промислових відходів можуть перебувати з різних причин. Це можуть бути природні елементи, наприклад ^{40}K , ^{232}Th , ^{228}Ra , що потрапили в результаті виробничого процесу в відхід з гірськими



породами або нафтою. Так, висока природна радіоактивність властива для нафтошламів, пилоподібних відходів гірничо-збагачувальних комбінатів, гірничих виробок [5].

Відходи можуть володіти і штучної радіоактивністю. Такі властивості відходів, як правило, пов'язані з їх безпосереднім контактом або контактом сировини з процесами ядерного синтезу (атомні станції, судна-атомоходи) або з приладами, що містять джерела радіоактивного випромінювання (медична і контрольно-вимірювальна техніка). Радіоактивні відходи можуть також утворюватися при переробці рослинної сировини, вирощеної на територіях з підвищеним радіоактивним фоном.

У всіх випадках, першим лабораторним випробуванням із загального циклу досліджень повинен бути завмер радіоактивності.

Підвищений вміст радіоактивних ізотопів у відходах, навіть якщо їх не можна віднести до розряду радіоактивних, накладає певні обмеження на подальшу роботу по створенню технологій їх переробки. Це пов'язано з тим, що в результаті переробки промислових відходів або вилучення з них корисних компонентів радіоактивні ізотопи можуть сконцентруватися, що створює ймовірність утворення матеріалів з високою радіоактивністю. Так, в результаті вилучення з нафтошламів води і рідких вуглеводнів утворюється кек. Практика показує, що рідкими фракціями відділяється незначна кількість радіоактивних ізотопів. Основна частина їх концентрується в кекі. Тому декантація з нафтошламів компонентів рідкої фази може призвести до утворення радіоактивних відходів. В цьому випадку слід розглянути інші варіанти переробки вищевказаного відходу.

Очевидно, завдання по розробці хімічного аспекту тим складніше, чим більше в складі промислових відходів компонентів і фаз. У зв'язку з цим до найбільш складних об'єктів дослідження відносяться застарілі нафтовміщуючі відходи з високим вмістом механічних домішок. У разі, якщо відходи містять різні форми одного і того ж хімічного елемента, що вимагають диференційованого визначення, то отримання повної інформації про хімічний



склад стає значною експериментальною роботою. Методичні основи технологічно підготовленого хімічного аналізу викладені нижче.

Надзвичайно важливою властивістю промислових відходів є їх здатність розчинятися у воді і органічних розчинниках. У великій кількості випадків переробка включає в себе операції розчинення і концентрації. Це дозволяє ефективно виділяти необхідні компоненти з відходів в процесах екстракції, абсорбції, або, навпаки, підбираючи необхідний сольвент, об'єднувати різні фази промислових відходів.

У практиці переробки відходів не рідкісні випадки, коли промислові відходи змінюють свої властивості при контакті з атмосферою. Відбувається саморозігрів відходів, газовиділення, зміна кольору, запаху і т.д. Причиною протікання хімічних реакцій в промислових відходах є присутність в атмосферному повітрі кисню і парів води. При відкритому зберіганні можливий контакт з атмосферними опадами. Вода може вступати в хімічну взаємодію з компонентами відходів, в результаті чого протікають реакції гідролізу, гідратації, комплексоутворення і т.д. Або вода, потрапляючи в масу промислових відходів, може стати реакційним середовищем, в якій компоненти відходів починають реагувати між собою. У сухому стані вони могли довгий час залишалися хімічно індиферентними один до одного.

Реально можливі ситуації, коли вплив води на промислові нафтовміщуючі відходи є комбінацією двох вищезгаданих факторів.

Кисень, що міститься в повітрі, виступає в ролі сильного окислювача, який може вступати у взаємодію, як з органічними, так і з неорганічними компонентами відходів. Найчастіше, взаємодія кисню з відходами протікає з невисокою швидкістю в процесі їх зберігання і розміщення. Це визначається невисокою температурою навколишнього середовища і (або) відсутністю в відходах реакційноздатних компонентів. Однак, якщо відходи нафтопродуктів містять високоактивні компоненти, то навіть при низьких температурах бурхливо протікають процеси окислення. Зокрема, при відборі проб стінки виведеної з експлуатації ємності зберігання одоранту природного газу



спостерігалось самозаймання внутрішньої поверхні, що свідчить про пірофорні властивості.

Підвищена температура є одним з найважливіших факторів, що впливають на хімічну стабільність нафтових відходів. Підвищення температури в зоні утворення, транспортування або зберігання відходів може призвести, при відповідному складі відходів, до їхнього займання і навіть вибуху.

Горіння відходів являє собою значну екологічну небезпеку. Крім того, що може бути завдано матеріальних збитків, екологічний збиток буде завдано в результаті загоряння або вибуху обов'язково. Це обумовлено тим, що при горінні відходів при низьких температурах і (або) в нестачі кисню утворюються шкідливі речовини, токсичність яких може багаторазово перевищувати токсичність вихідних сполук. В результаті відбувається забруднення, як атмосферного повітря, так і прилеглих до вогнища пожежі земельних територій.

Тому такі характеристики речовин, що входять до складу відходів, як температури спалаху, займання, самозаймання, концентраційні межі вибуховості парів летючих компонентів в повітрі є найважливішими. Для формування набору інформації про відходи в процесі створення й впровадження технологій переробки раціональним напрямком збору інформації є використання довідкової літератури. У разі, коли мова йде про створення великотоннажного виробництва по переробці пожежонебезпечних нафтових відходів, пожежовибухонебезпечні характеристики повинні бути встановлені експериментально за стандартними методиками [6].

Одним з головних якостей нафтових відходів, що впливає на динаміку всіх без винятку властивостей, в процесі збору, зберігання, транспортування і переробки відходів є їх стабільність. Хімічну стабільність відходів можна визначити, як явище хімічної індиферентності складових компонентів по відношенню один до одного в доступному для огляду інтервалі часу. Строго кажучи, мова йде про швидкості хімічних реакцій, що протікають між компонентами нафтовідходів. Швидкість реакції, як відомо, залежить від ряду факторів, серед яких концентрації реагуючих речовин, температура, наявність



катализатора, полярності середовища і т.д. Від швидкості реакції залежить утворення її продуктів, які накопичуються в відходах або виділяються в навколишнє середовище у вигляді газів, парів або добре розчинних сполук. Властивості продуктів реакцій, що протікають в промислових відходах, і визначають поняття хімічної стабільності. У разі, якщо в результаті реакції утворюються сполуки, подібні або близькі вихідним за своїми фізико-хімічними властивостями, наприклад, відбувається якась ізомеризація вуглеводнів, олігомеризація компонентів і т.д., можна говорити про відносну стабільність хімічних властивостей відходу в цілому, якщо зміна концентрації продуктів складає 1 - 5% ваги за період утворення, зберігання і переробки.

Навпаки, не можна говорити про відносну хімічну стабільність в разі виділення шкідливих газів з маси відходів, що утворюються в результаті реакційних процесів, наприклад термічного розкладання. Не можна також говорити про відносну хімічну стабільність в разі, якщо продукти реакційних процесів навіть у малих кількостях змінюють існуючий фазовий склад відходів. Частки відсотка ПАР може бути досить, щоб розділити або об'єднати фази і порушити систему в цілому.

Виходячи з вищесказаного, слід зробити висновок, що хімічна стабільність нафтових відходів - поняття відносне і визначається наслідками, які можуть статися з об'єктом трансформування в результаті хімічних процесів, що протікають в масі відходів. Очевидно, що хімічну стабільність не можна розглядати у відриві від температури реакційного середовища. Шляхом до прогнозу хімічної стабільності є параметри зовнішніх умов, в яких знаходиться відхід, і хімічна структура сполук, його складових.

Корозійна активність промислових відходів є результатом вмісту в них сполук, що реагують з металами, що містяться в конструкційних і легованих сталях. При цьому вуглеводнева фаза та механічні домішки і є слабкорозійним середовищем [7, 8].

Корозійна активність промислових відходів є надзвичайно важливим фактором, що визначає умови збору, зберігання, транспортування



нафтогазопромислових відходів.

Оскільки виникнення корозії обладнання, що контактує з масою відходів, є результат окислювально-відновних хімічних процесів, то чинники, що визначають швидкість хімічних реакцій, повинні бути розглянуті при аналізі даної характеристики в такому ж повному обсязі, як і при аналізі хімічної стабільності відходів, реакційної здатності по відношенню до води і кисню.

Таким чином, на підставі викладеного слід зробити висновок, що оцінка ресурсного потенціалу нафтовміщуючих відходів за хімічним критерієм повинна бути проведена детально і з особливою ретельністю. Від повноти отриманої в результаті цього інформації залежить склад інженерних заходів щодо забезпечення екологічної, пожежної та промислової безпеки операцій щодо поводження з відходами.

7.4. Комплекс технологічних критеріїв оцінки ресурсного потенціалу

Технологічні критерії оцінки ресурсного потенціалу в складі створення набору інформаційних блоків про нафтовміщуючі відходи як про об'єкти ресурсовідновлення є, з одного боку, етапом цілеспрямованого об'єднання результатів оцінки за вищенаведеними критеріями, а з іншого боку, є етапом аналізу специфічних властивостей відходів, що мають безпосереднє відношення до створення технологічних процесів їх переробки.

Властивості відходів, що представляють першорядну важливість в технологічному відношенні, являють собою бруто-характеристики, що залежать, як уже зазначено вище, від хімічного і фазового складу відходів, а також від зовнішніх умов, в яких вони знаходяться. Будь-яку технологію переробки, як відомо, можна розділити на три стадії: підготовку сировини, хімічне перетворення (або механічну переробку, поділ) і / або сортування продуктів. Очевидно, що всі стадії технології включають в себе операції збору, зберігання, навантаження-розвантаження, транспортування відходів. Виходячи з



цього, можна сформулювати головні напрямки збору інформації про властивості нафтових відходів різних галузей, необхідної для оцінювання ресурсного потенціалу по технологічним критерієм. Для цього слід вивчити:

- здатність відходів до механічного структурування;
- можливість протікання еволюції фазового складу;
- здатність втрати або виникнення плинності;
- можливість пилоутворення;
- абразивність;
- здатність до випаровування і т.д.

Всі перераховані вище властивості промислових відходів, крім абразивності і можливості пилоутворення, слід розглядати як стосовно ізотермічним умов (збір, зберігання, транспортування при фіксованих зовнішніх умовах базового процесу), так і стосовно політермічних зовнішніх параметрів (зміна параметрів навколишнього середовища в разі прямого контакту і т. д.).

Дані оцінки за технологічним критерієм дозволять правильно підібрати конструкційні матеріали деталей машин і устаткування, що знаходяться в безпосередньому контакті з промисловими відходами, вибрати типи і конструкції основного і допоміжного технологічного обладнання, від надійності роботи якого залежить стабільність, продуктивність і ефективність процесу переробки. Крім того, технологічні властивості відходів тісно пов'язані з санітарно-гігієнічним аспектом, організацією і захистом робочої зони технологічного процесу, місць збору та зберігання відходів, обладнанням спецтранспорту відповідно до вимог санітарних і екологічних норм.

Розробка технологічного аспекту, що відноситься до нафтогазопромислового відходів, особливо ретельно повинна бути проведена в разі гетерофазних багатокомпонентних систем, таких як нафтошлами. Багатокомпонентний склад, як правило, є причиною технологічних складнощів, що виникають при переробці.

Оцінка ресурсного потенціалу нафтових відходів за технологічним критерієм в сукупності з хімічним і фізичним інформаційними блоками дозволяє



підійти до розробки економічного аспекту.

7.5. Специфіка оцінки хіміко-технологічних критерії для нафтошляму підприємств залізничної інфраструктури

Впровадження сучасних заходів з утилізації нафтовміщуючих відходів дозволить мінімізувати їх кількість, знизити навантаження на навколишнє природне середовище, а також отримати певний економічний ефект. Зокрема нами пропонується впроваджувати механічні методи розділення шламів на фракції за допомогою центрифуги-декантера. Запропонована технологія може бути застосованою не тільки на підприємствах нафтохімічного комплексу, а й на підприємствах машинобудівної, металургійної та інших галузей де у комплексі стічних вод утворюються нафтошлами. Але найперспективнішим прикладом використання даної технології утилізації нафтошламів – є її впровадження на локальних очисних станціях локомотивних та вагонних депо та пропарювальних станцій, а також на комплексних утилізаційних станціях залізниці. За нашими розрахунками величина економічного результату для підприємств пасажирської служби Придніпровської залізниці (за умови накопичення близько 5 т нафтошламів на рік) при цьому складе близько 300 тис. грн., умовний економічний ефект – 179 тис. грн.

Оскільки характер хімічного складу технологічного шламу, що було відібрано в одному з пасажирських вагонних депо Придніпровської залізниці (Таблиця 1) відрізняється наявністю речовин 1 та 2 класу небезпеки (важкі метали) необхідно здійснювати періодичний моніторинг концентрацій цих речовин у стічних водах, щоб уникнути негативних екологічних наслідків. Разом з цим, оскільки не виявлено перевищень ГДК цих речовин у шламі (контрольований токсикологічний профіль), основної уваги приділено саме нафтовміщуючій частині шламів. А саме: при обробці шламів іде процес їх розділення на три фракції – вуглеводі, воду і твердий залишок. Для нашого



випадку вихід вуглеводнів складає 46 %; їх рекомендується використовувати у якості найпростішого мастильного матеріалу. Тоді для 5 т шламу вихід вуглеводнів складе 2,3 т або 2300 кг.

Таблиця 1 – Хімічний склад технологічного шламу пасажирського вагонного депо

| Форма присутності | Вміст металу, мг/кг, клас небезпеки | | | | | | | | |
|------------------------|-------------------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|-------------------------|
| | Pb (1) | Cd (1) | Zn (2) | Ni (2) | Cu (2) | Cr (2) | Co (2) | Mn (3) | Оливи та нафто-продукти |
| Валова | 37 | 0 | 23,8 | 13 | 5 | 10 | 0 | 8,8 | 528046 |
| Рухома | 0 | 0 | 6,2 | 3,5 | 2 | 0 | 0 | 3,5 | - |
| Водорозчинна | 0 | 0 | 0,4 | 1,3 | 0,5 | 0 | 0 | 0 | - |
| Розчинність, г/100 г | 0 | 0 | 13 | 1,2 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0,002 |
| Вміст у відходах, кг/т | 0,037 | 0 | 0,023 | 0,013 | 0,005 | 0,01 | 0 | 0,008 | 500 |

Вартість мастил для потреб залізниці наразі складає приблизно 130 грн/кг.

Відповідно ми можемо розрахувати отриманий екологічний результат:

$2300 \text{ кг} \cdot 130 \text{ грн/кг} = 299000 \text{ грн}$. Це величина Р; округлюємо до 300 тис. грн.

Умовний економічний ефект розраховуємо за формулою:

$$E = P - Z \quad (2)$$

де E - величина умовного економічного ефекту (прибуток);

P - величина економічного результату;

Z - повні витрати на реалізацію заходу, завдяки якому з'явився ефект (витрати на реалізацію природоохоронних заходів).

Z будемо розраховувати за формулою:

$$Z = C + E_n \cdot K \quad (3)$$

де C – експлуатаційні витрати (у нашому випадку вартість реагентів – близько 500 грн.);

E_n – коефіцієнт приведення одноразових вкладень до одного року – коефіцієнт дисконтування (приймається в діапазоні 0,12...0,15); у подальших



розрахунках прийматимемо значення E_n таким, що дорівнює 0,15;

K – капітальні витрати, необхідні для впровадження заходу (за нашими розрахунками складають близько 800 тис. грн.).

Тоді отримуємо: $Z=500+0,15 \cdot 800000=120500,00$ грн., а $E=300000-120500 = 179500,0$ грн.

Отже, еколого-економічний ефект від реалізації заходів щодо утилізації нафтошламу навіть на даному невеликому прикладі може сягати 180 000 грн.

Але, треба зазначити, що передумовами для ефективного вирішення подібних технологічно-екологічних проблем є саме застосування попередньої оцінки ресурсного потенціалу відходу за вказаними вище критеріями.

Висновки

Еколого-економічна ефективність від впровадження процедури оцінки ресурсного потенціалу відходів за фізичним, хіміко-токсикологічним та технологічним критеріями є повністю обґрунтованою та перспективною, як с позиції ресурсозбереження, так і з позиції мінімізації збитків.

Технологічні дослідження є основним організаційним блоком технологічного етапу, який складається з декількох нижчеперелічених підетапів. Технологічні дослідження включають:

1. Детальний розгляд технологічної документації на обладнання (паспортів, схем, креслень) бере участь в процесі поводження з промисловими відходами.
2. Нормування кількості відходів, що утворюються в залежності від умов проведення основного процесу і якості сировини, що переробляється.
3. Аналіз стадійності утворення відходів та нецільових продуктів, вивчення умов їх збору та зберігання на підприємстві-виробнику.
4. Експериментальне дослідження структурної організації розміщення відходу в навколишньому середовищі, складу і властивостей об'єкта ресурсовідновлення, в тому числі прогноз напрямків хемотрансформації компонентів відходів.