

УДК 628.477:543-414(045)

Бовсуновський Є.О., Личманенко О.Г.  
Національний авіаційний університет, Київ

## УТИЛІЗАЦІЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ ГЛИНИСТИХ СОРБЕНТІВ

*В статті проаналізовано можливості утилізації відпрацьованих глинистих сорбентів. Наведено результати досліджень по десорбції важких металів з будівельних матеріалів до яких додається відпрацьований сорбент – суглинок темно-бурий. Встановлені оптимальні умови механічної фіксації важких металів у будівельних сумішах.*

Використання природних дисперсних сорбентів для очищення стічних вод, забруднених важкими металами, достатньо повно обґрунтовано в багатьох наукових працях. Проте сьогодні для багатьох промислових підприємств дуже гострою є проблема обробки та утилізації осадів, які утворюються при очищенні стічної води.

Часто осади в необробленому вигляді протягом десятків років зливалися на переобтяжені мулові площадки, у відвали, кар'єри, що привело до порушення екологічної безпеки довкілля й умов життя населення. Вартість самих природних дисперсних сорбентів невелика, отже недоцільно планувати їх регенерацію, оскільки вартість регенерування буде на порядок вищою від вартості нового сорбенту [1]. Тому питання накопичення сорбентів, які використали свій сорбційний потенціал, їх регенерація або утилізація залишається актуальною і вимагає створення комплексних безвідходних технологій.

Застосування глинистих матеріалів як сорбентів важких металів досить поширено [2]. Для глибокого очищення стічних вод від розчинних органічних і неорганічних забруднюючих речовин, у тому числі й від іонів важких металів, використовують метод сорбції, ефективність якого коливається від 80 до 99,5 %, залежно від хімічної природи адсорбенту, величини адсорбуючої поверхні, структури і властивостей забруднюючих речовин і т.д. Основні труднощі при застосуванні сорбційної очистки стічних вод – це десорбція забруднень. Ця проблема сьогодні вимагає до себе підвищеної уваги фахівців [3].

Сорбція – це процес поглинання твердим тілом або рідиною речовини з навколишнього середовища. Речовина, яка поглинає, називається сорбентом, а яка поглинається – сорбатом. Розрізняють поглинання речовини всією масою рідкого сорбенту (абсорбція) або поверхневим

шаром твердого або рідкого сорбенту (адсорбція) [4]. Відрізняють сорбцію у статичних умовах, яка здійснюється уведенням подрібненого сорбенту у стічну рідину та сорбцію в динамічних умовах, яка здійснюється фільтруванням води через шар сорбенту (вугілля, торф, каолін, тирса тощо).

Після цього в залежності від цінності речовин, що вилучаються, можуть бути прийняті два рішення:

- якщо речовина має високу вартість, то відпрацьований сорбент направляється на регенерацію;

- якщо речовина має невисоку цінність, то відпрацьований сорбент збирається в ємності і потім утилізується [5].

Проблему утилізації відпрацьованих сорбентів розглядає низка дослідників [1]. Вибір методу утилізації, знешкодження та поховання небезпечних відходів багато в чому має визначитися наступними обставинами:

- ефективністю методу з урахуванням забезпечення екологічної безпеки кінцевих продуктів утилізації чи знешкодження;

- їхньою економічною ефективністю;

- взаємозв'язком та взаємним доповненням вибраних технологічних рішень утилізації, знешкодження чи захоронення [6].

До основних небезпечних відходів, що підлягають першочерговій утилізації, знешкодженню чи похованню, належать шлами гальванічних виробництв [6], які утворюються в результаті очищення стічних вод, котрі містять у своєму складі широкий спектр важких металів, серед яких присутній і хром (III).

Можливість поховання відпрацьованих сорбентів на шламосховищах оцінюється на основі ступеню десорбції сорбата. Тому були проведені дослідження десорбції металу з необробленого осаду. В ході експерименту було встановлено, що при концентрації, 2 мг/л, хрому (III) в сорбенті, у воду через 14 діб переходить 0,166 мг/л металу. Отже вивезення на полігон

осаду утвореного після очистки стічних вод, які містять важкі метали, неможливе – оскільки присутній ефект десорбції (табл. 1).

Десорбція – видалення адсорбованої речовини з поверхні адсорбенту. Це зворотній процес адсорбції і відбувається при зменшенні концентрації адсорбату в середовищі, що оточує

адсорбент. Десорбцію часто застосовують для вилучення із адсорбентів поглинутих ними газів, парів або розчинених речовин – регенерації адсорбенту. Швидкість десорбції залежить від температури, природи і швидкості потоку десорбуемого газу або розчинника, а також від особливостей структури адсорбенту [3].

Таблиця 1

Десорбція хрому (III) з сорбенту суглинку темно-бурого

Вихідна концентрація хрому (III) в осаді	Концентрація хрому (III) у воді після десорбції протягом доби, мг/л
2 мг/л	0,166

Через те, що необхідною умовою утилізації відпрацьованих сорбентів є уникнення десорбції із них важких металів, то перспективним їх утилізації є іммобілізація. Існує чимало методів іммобілізації відходів серед них є:

- метод закладання відходів;
- компактування небезпечних відходів;
- депонування небезпечних відходів.

Одним з найбільш простих і надійних засобів знешкодження та поховання небезпечних відходів є їх депонування у процесі виробництва будівельних матеріалів (бетону, кераміки тощо). В основу методу покладено введення небезпечних відходів до сировинної суміші під час виробництва будівельних матеріалів.

Унаслідок фізико-хімічних процесів, що відбуваються при твердінні таких матеріалів, токсичні складові відходів «затискуються» в будівельному конгломераті. Кількість небезпечних відходів, що депонуються, у таких випадках визначається з розрахунку забезпечення необхідних фізико-хімічних характеристик та максимальної екологічної безпеки матеріалів, що отримуються. У зв'язку з цим кількість небезпечних відходів суміші не має перевищувати 3 – 5 %.

Використання для цих цілей спеціальних в'язучих речовин дає змогу довести кількість депонованих небезпечних відходів до 20 % маси виробу.

До рішень, що дозволяють знешкоджувати небезпечні відходи методом депонування, належить технологія їх омонолічування. Омонолічування здійснюється за використання високоміцних в'язучих, фізико-хімічні процеси в яких забезпечують зв'язування основних токсичних компонентів відходів у нерозчинні силікатні та алюмосилікатні утворення, а самі

в'язучі завдяки своїм специфічним властивостям забезпечують необхідну непроникність системи та її довговічність.

В основу технології знешкодження та поховання неорганічних токсичних відходів, а також забруднених небезпечними речовинами ґрунтів, золошлакових відходів, термічного знешкодження небезпечних відходів покладено принципи їх омонолічування розробленими в Україні шлаколузжними бетонами. Шлаколузжний бетон являє собою штучний камінь, який отриманий після формування та твердіння раціонально підібраної та ущільненої суміші крупного і дрібного заповнювачів та шлаколузжного в'язучого (меленого гранульованого шлаку та водного розчину лузжного компонента).

Застосування шлаколузжних бетонів для знешкодження та поховання небезпечних відходів та забруднених ґрунтів зумовлено їхніми особливими властивостями, які полягають:

- у зв'язуванні токсичних складових відходів та забруднених ґрунтів у нерозчинні силікатні та алюмосилікатні новоутворення;
- наявності в складі новоутворень бетону цеолітних фаз типу анальциму, що виступають у ролі молекулярних сит та забезпечують затиснення у своїй тривимірній алюмосилікатній решітці токсичних складових;
- високій довговічності та корозійній стійкості бетонних виробів, що майже виключає можливість вимивання токсичних компонентів відходів у навколишнє середовище;
- можливості застосування в бетонах дрібних заповнювачів з підвищеною дисперсністю (дрібні піски, супіски, суглинки тощо), з вмістом глинистих частинок до 5 % та

пилуватих до 20 %, які можна використовувати як дрібні заповнювачі таких бетонів, а також ґрунтів, забруднених унаслідок екологічних аварій та катастроф.

Кількість небезпечних відходів I – IV класів небезпеки, що омоноличуються шлаколузкими бетонами, може становити до 50 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону, а забруднених ґрунтів, золошлакових відходів термічного знешкодження, які використовується як заповнювачі в бетонних сумішах, 500 – 1800 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону.

Будівельні вироби та конструкції, що випускаються на основі шлаколузних бетонних сумішей, відрізняються від аналогічної продукції, що випускається з використанням портландцементу нижчою собівартістю (в 1,3 рази). Вони можуть бути використані як блоки, моноліти, шляхові покриття та інші складові інженерних споруд. Для їх виготовлення може бути використано серійне обладнання існуючих заводів з виготовлення бетонних виробів та конструкцій.

Застосування шлаколузних бетонів для знешкодження небезпечних відходів методом депонування, особливо тих, що містять важкі метали (шлами гальванічного виробництва, забруднені ґрунти тощо), зумовлено передусім можливістю їх зв'язування в нерозчинні силікати та алюмосилікати, що робить можливим подальше використання бетонних конструкцій у будівельних спорудах груп «А», «Б» та «В» [1].

За рахунок надійної механічної фіксації відпрацьованих сорбентів у композитних будівельних сумішах можна уникнути десорбції, із утворених осадів, важких металів, що відкриває широкі перспективи утилізації.

Були проведені експериментальні дослідження щодо десорбції важких металів з будівельної суміші (ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006 Будівельні матеріали. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови), що була отримана шляхом поєднання таких компонентів як цемент і пісок у співвідношеннях 1:3 і 1:5 відповідно. Для збереження технологічних властивостей будівельної суміші тільки 5 % заповнювача (піску) були замінені на відпрацьований сорбент – суглинок темно-бурий.

Експерименти проводилися за наступною методикою: в ємність з дистильованою водою поміщали досліджуваний зразок (співвідношення за масою 20:1 відповідно), через добу

відбиралися проби води в яких і визначався вміст досліджуваного елемента (хрому III).



Рис. 1 Загальний вигляд досліджуваних зразків

У першій пробі початкова концентрація хрому (III) становила 0,1 мг/л, а суміш була приготована у співвідношенні 1:3, десорбція досліджуваного металу з суглинку темно-бурого за добу склала 0,032 мг/л.

У другій пробі коли початкова концентрація хрому (III) залишалася незмінною, по відношенню до першої проби, а суміш була приготована у співвідношенні 1:5, десорбція хрому (III) за добу дорівнювала 0,020 мг/л.

У третій пробі коли початкова концентрація хрому (III) становила 1 мг/л, а суміш була приготована у співвідношенні 1:3, десорбція металу з суглинку за добу становила 0,026 мг/л.

У четвертій пробі коли початкова концентрація хрому (III) залишалася незмінною, у порівнянні з попередньою пробою, а суміш була приготована у співвідношенні 1:5, десорбція металу за добу склала 0,019 мг/л.

У п'ятій пробі коли початкова концентрація хрому (III) становила 2 мг/л, а суміш була приготована у співвідношенні 1:3, десорбція досліджуваного металу з суглинку за добу склала 0,035 мг/л.

У шостій пробі коли початкова концентрація залишалася незмінною, по відношенню до попередньої проби, а суміш була приготована у співвідношенні 1:5, десорбція хрому (III) за добу дорівнювала 0,018 мг/л.

Таблиця 2

## Десорбція хрому (III) з суміші, через 24 години

№ п/п	Вихідна концентрація хрому (III) в осаді	Будівельна суміш і співвідношенні цемент пісок	Концентрація хрому (III) у воді після десорбції протягом доби, мг/л
1	2	3	4
1	0,1 мг/л	1:3	0,048
2	0,1 мг/л	1:5	0,008
3	1 мг/л	1:3	0,043
4	1 мг/л	1:5	0,007
5	2 мг/л	1:3	0,051
6	2 мг/л	1:5	0,006

Коливання концентрацій у пробах (табл. 2) можна пояснити наявністю інших хімічних елементів, наприклад оксидів кремнію, кальцію, заліза, алюмінію, магнію, які входять до складу цементу, котрі можуть впливати на дані експерименту.

Порівнявши результати досліджень, можна зробити висновок, що оптимально прийнята пропорція суміші при додаванні в розчини сорбенту – суглинка темно-бурого становить співвідношення 1:5 (цемент:пісок відповідно). Оскільки десорбція в цих розчинах незначна і становить значно менший відсоток переходу хрому (III) у воду в порівнянні з іншим досліджуваним розчином – 1:3 (цемент:пісок відповідно).

Проведені експериментальні дослідження та отримані результати підтвердили ефективність використання механічної фіксації суглинка темно-бурого в будівельних сумішах.

## Список використаних джерел

1. Сорокіна К. Б., Козловська С. Б. Технологія переробки та утилізації осадів: навч. посібник. – Х.: ХНАМГ, 2012. – 226 с.

2. Вплив параметрів кислотної активації суглинка темно бурого на його сорбційні властивості щодо іонів хрому (III)/ Є.О. Бовсуновський, О.В. Рябчевський, Ю.Я. Годовська, О.Г. Личманенко// Вісник НАУ. – 2012. - №4. – с. 123 – 125.

3. Долина Л.Ф. Современная техника и технологии для очистки сточных вод от солей тяжелых металлов: Монография. – Днепропетровск: Континент, 2008. – 254 с.

4. Долина Л.Ф. Сорбционные методы очистки производственных сточных вод. Учебное пособие по проектированию локальных станций очистки производственных сточных вод (часть 4). Днепропетровск, 2000. – 84 с.

5. Современные методы обезвреживания, утилизации и захоронения токсичных отходов промышленности: учеб. пособие / И.В. Глуховский, В.В. Глуховский, В.М. Овруцкий и др.; ГИПК Минэкобезопасности Украины. – К., 1996. – 100с.

6. Савицький В.М., Хільчевський В.К., Чуларьов О.В., Яцюк М.В. Відходи виробництва і споживання та їх вплив на ґрунти і природні води : Навчальний посібник / За ред. В.К. Хільчевського. – К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007. – 152 с.