

УДК 504.064.4:658.567.1

ВИКОРИСТАННЯ ТЕКСТИЛЬНИХ ВІДХОДІВ ЯК СОРБЕНТІВ ДЛЯ ЛІКВІДАЦІЇ РОЗЛИВІВ НАФТОПРОДУКТІВ НА ТРАНСПОРТІ

**М.Л. Сорока, аспірант, Л.О. Яришкіна, доцент, к. хім. н.,
Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту
імені академіка В. Лазаряна**

***Анотація.** Розглянуто основні аспекти використання відходів текстильної промисловості як сорбентів для ліквідації екологічних наслідків аварійних та технологічних розливів нафтопродуктів на транспорті. Вивчено поглинальну здатність та деякі параметри отриманих сорбентів нафтопродуктів. Подано рекомендації щодо регламенту використання текстильних відходів для проведення ліквідаційних заходів.*

***Ключові слова:** транспорт, відходи, текстильна промисловість, нафтопродукти, аварія, розлив.*

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ ОТХОДОВ В КАЧЕСТВЕ СОРБЕНТОВ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ НА ТРАНСПОРТЕ

**М.Л. Сорока, аспирант, Л.А. Ярышкіна, доцент, к. хим. н.,
Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта
имени академика В. Лазаряна**

***Аннотация.** Рассмотрены основные аспекты использования отходов текстильной промышленности в качестве сорбентов для ликвидации экологических последствий аварийных и технологических разливов нефтепродуктов на транспорте. Изучены поглотительная способность и некоторые параметры полученных сорбентов нефтепродуктов. Даны рекомендации по регламенту использования текстильных отходов для проведения ликвидационных мероприятий.*

***Ключевые слова:** транспорт, отходы, текстильная промышленность, нефтепродукты, авария, разлив.*

USAGE OF TEXTILE WASTE AS SORBENTS FOR ELIMINATION OF OIL SPILL CAUSED BY TRANSPORT

**M. Soroka, postgraduate, L. Yaryshkina, Associate Professor,
Candidate of Technical Science, Dnepropetrovsk National University of Railway Trans-
port after V. Lazaryan**

***Abstract.** The key aspects of textile waste use as sorbents for elimination of ecological consequences of technology and emergency oil spills caused by transport were examined in this paper. The adsorption capacity and some parameters of oil sorbents have been studied. Recommendations for regulation of textile waste use for elimination activities implementation were given.*

***Key words:** transport, waste, textile industry, oil, emergency, spill.*

Вступ

Щоденно транспортна мережа України перевозить велику кількість найменувань ванта-

жів, які визначено небезпечними для природного середовища. Ця група вантажів включає речовини всіх класів небезпеки та токсичності. Серед них органічні та неорга-

нічні отруйні сполуки, кислоти та луги, вибухонебезпечні речовини у всіх агрегатних станах. Аварійні та технологічні розливи цих вантажів являють собою серйозну небезпеку не тільки для стану навколишнього природного середовища, але і для здоров'я населення. Особливого значення це набуває в контексті тенденції до постійного зростання обсягів перевезень цих вантажів транспортною мережею України. Саме тому проблема пошуку безпечних технологій перевезення небезпечних вантажів є актуальною та має гострий характер у сучасних умовах.

Аналіз публікацій

Останнім часом спостерігається особливе зростання обсягу перевезень небезпечних вантажів у межах країни та у транскордонному сполученні [1, 2]. Збільшення обсягу перевезень і використання цих речовин у технологічних процесах потенційно збільшує можливу кількість аварійних емісій у навколишнє середовище. Таким чином пошук технологій ліквідації розливів небезпечних речовин можна вважати одним з пріоритетних напрямів екологічної безпеки транспорту.

Експерти у цій галузі [2–4] вважають, що головним етапом ліквідаційних заходів є безпосередній збір пролитого небезпечного вантажу. Використання поглинальних матеріалів є найбільш ефективною технологією іммобілізації емітентів у навколишньому середовищі. Ряд дослідників [3, 4] наголошують на раціональності та ефективності використання промислових відходів як сорбентів для іммобілізації розлитих небезпечних вантажів у навколишньому природному середовищі.

Велика кількість сучасних наукових досліджень [2–6] присвячена пошуку оптимального сорбенту нафтопродуктів на основі відходів різних галузей промисловості. Проте базовий перелік цих відходів є вкрай незначним та фрагментарним за своїм характером. Тому створення рекомендацій щодо використання нових промислових відходів як сорбентів нафтопродуктів є актуальною проблематикою у цій галузі науки.

Мета і постановка задачі

З урахуванням вищезазначеного мета нашого дослідження – визначення можливості вико-

ристання відходів текстильної промисловості для ліквідації розливів нафтопродуктів та вуглеводнів на транспорті.

Для досягнення поставлених цілей необхідно виконати такі задачі:

- визначити групи текстильних відходів, які можна використовувати як сорбенти нафтопродуктів в умовах України;
- визначити групи ризику виникнення аварійних розливів серед небезпечних вантажів;
- експериментально визначити поглинальну здатність відходів текстильної промисловості по відношенню до спектра нафтопродуктів;
- на основі вивчення факторів, які впливають на процеси, надати рекомендації щодо використання відходів текстильної промисловості у заходах з ліквідації екологічних наслідків аварійних розливів нафтопродуктів на транспорті.

Визначення об'єктів дослідження

Як відзначалося вище, використання промислових відходів промисловості як матеріалів для іммобілізації розливів нафтопродуктів у навколишньому середовищі є перспективним з екологічної, економічної та технологічної точок зору.

У представленій роботі як сорбенти вуглеводнів нами запропоновано використовувати відходи текстильної промисловості та супутніх матеріалів споживання текстильної продукції.

Цей вибір обумовлений декількома факторами, серед яких:

- екологічний: загальний обсяг утворення відходів текстильної промисловості в Україні оцінюється в тисячі тонн в рік. Досі не використані великі обсяги відходів споживання текстильної продукції [7], які оцінюються у сотні тисяч тонн накопичення;
- економічний: відходи споживання текстильної продукції не утилізуються в рамках споживчих циклів України; середня собівартість відходів даного типу складає від 20 до 500 доларів США за тону [8];
- технологічний: підприємства текстильної промисловості представлені у всіх регіонах України [9], саме тому відходи підприємств даного типу можна розглядати з точки зору створення бази накопичення матеріалів ліквідації емісій вуглеводнів.

На основі аналізу характеристик та спеціалізації текстильних підприємств України нами було вирішено дослідити поглинальні характеристики текстильних відходів, які є найпоширенішими в межах державного споживчого ринку. Серед об'єктів дослідження (табл. 1) представлені відходи бавовняних, шерстяних та луб'яних тканин різної фактури.

Таблиця 1 Об'єкти дослідження

Адсорбент		Умовний номер відходу
Відходи шерстяні, сортовані ¹⁾	Відрізки тканини шерстяної щільної	501, 504, 505
Відходи бавовняні, тканні, сортовані ²⁾	Відрізки тканини текстильних байкових, ситцевих, легких сатинових	40, 49, 51, 52
Відходи луб'яних матеріалів, сортовані ³⁾	Відрізки тканини текстильної льняної	«Н» код ОКП 8183481 20209

¹⁾ГОСТ 1274-76, ²⁾ГОСТ 1274-76, ³⁾ГОСТ 12925-77.

Задля стандартизації результатів досліджень обрано відрізки тканин текстильних тканин загальною площею до 1,5 см².

Сортування та усереднення проб відходів виконувалось відповідно до чинних регламентуючих документів на відповідний тип текстильних відходів.

Задля уніфікації результатів дослідження та можливості наступного порівняльного аналізу з відповідними вітчизняними та закордонними дослідженнями для всіх груп об'єктів дослідження наведені умовні коди Міжнародної товарної класифікації.

Спираючись на деякі роботи з безпеки транспорту [2, 3, 10] та відповідно до аналізу статистичних даних з перевезення небезпечних вантажів [1–3] за основними транспортними сполученнями, ми дійшли висновку, що найбільший ризик виникнення аварійного та технологічного розливу спостерігається у наступних вантажних групах:

- паливно-мастильні матеріали (нафтопродукти);
- органічні розчинники та речовини, які містять більш ніж 50 % органічних розчинників;

– галогенопохідні бензолу та його гомологів, які широко використовують в органічному синтезі.

Враховуючи представлені вантажні групи, досвід вітчизняних вчених з даної тематики та статистичну інформацію щодо обсягів перевезень небезпечних вантажів, обрано спектр адсорбатів (табл. 2), перелік яких надає можливість повною мірою досягти мети цієї роботи.

Таблиця 2 Небезпечні вантажі в рамках дослідження

Адсорбат	Регламент
Бензин нафтовий марки А-92	ГОСТ 51105-97
Дизельне паливо марки Л	ГОСТ 305-82
Гас очищений технічний	ГОСТ 10227-86
Гексан нафтовий	ГОСТ 2631-98
Бензол нафтовий	ГОСТ 9572-93
Етилбензол технічний	ГОСТ 9385-77
м-Ксилол нафтовий	ГОСТ 9410-78
Бром-бензол	ГОСТ 6-09-3774

Методика дослідження

Основна характеристика, яка цікавить нас з точки зору пошуку матеріалів для очищення поверхонь від розливів вуглеводнів, є їх поглинальна здатність. Ця характеристика залежить від багатьох факторів: як від властивостей самих компонентів, що взаємодіють, так і від зовнішніх умов, сформованих при протіканні процесу поглинання.

Достатньо важливими показниками для розробки технології та регламенту утилізації екологічних наслідків аварійних розливів вуглеводнів у навколишнє природне середовище є визначення:

- загальної поглинальної здатності зразків відходів за контрольний проміжок часу;
- кінетичних характеристик процесу насичення зразків відходів текстильної промисловості відповідними вуглеводнями за різних умов досліду;
- ступеня впливу відносного зволоження середовища на показники поглинальної здатності зразків текстильних відходів.

Кожний з наведених вище факторів необхідний для вибору оптимальних умов підготовки, зберігання та використання сорбенту при заходах з ліквідації розливів вуглеводнів.

Під поглинальною здатністю зразків сорбенту в роботі розглядається кількісна характеристика насичення внаслідок всіх фізико-хімічних процесів поглинання одиниці маси вуглеводню одиницею маси сорбенту за певний контрольний проміжок часу.

Для визначення поглинальної здатності точні наважки відходів у скляній сорбційній колонці занурювались у статичний шар вуглеводню за атмосферного тиску та температури 19–22 °С на контрольний проміжок часу. Розрахунок поглинальної здатності зразків відходів текстильної промисловості (П) проводили за формулою

$$П = \frac{m_1 - m_0 - m_k}{m_0}, \text{ г/г},$$

де m_0 та m_1 – маса колонки з відходом до та після насичення відповідно; m_k – характеристична похибка колонки при холостому досліді.

Наважки проб сорбентів зважували з точністю до 0,1 мг (0,2 %). Загальну похибку досліді оцінено в межах 7–14 % за повторюваності експерименту на рівні 80–85 %.

При вивченні впливу на процеси насичення природної вологості проб сорбенту останню було визначено гравіметричним методом відповідно до вимог регламентуючих документів для кожного з типів текстильних відходів.

Поглиналильні характеристики відходів текстильної промисловості

Для отримання загального уявлення про сорбційні характеристики відходів текстильної промисловості було визначено співвідношення показників поглинальної здатності для окремих груп об'єктів дослідження

(табл. 1). Задля забезпечення чистоти досліді було використано проби, відсортовані відповідно до державних вимог (див. табл. 1) за їх природної вологості. Середні значення поглинальної здатності зразків відходів представлено у табл. 3.

Як видно з результатів, наведених у табл. 3, показники поглинальної здатності зразків відходів текстильної промисловості коливаються у широких межах. Слід відмітити, що поглинальна здатність для нафтопродуктів та паливно-мастильних матеріалів сильно відрізняється від відповідних показників для бензолу та його похідних. Ми можемо зробити висновок, що обмеження об'єктів дослідження (адсорбату) до вивчення поглинальних характеристик лише за нафтопродуктами та паливно-мастильними матеріалами у відповідній тематиці є недопустимим. Сучасні вітчизняні та закордонні дослідження [3, 5], які демонструють подібні показники лише для нафти та нафтопродуктів, не розкривають загальної картини поглинальних властивостей промислових відходів.

Представлені результати експериментального визначення показників поглинальної здатності дають змогу оцінити загальний вплив природи матеріалу відходів текстильної промисловості на їх насичення вуглеводнями. Серед адсорбентів найбільші поглинальні характеристики демонструють відходи на основі бавовняних легких тканин, найменші – відходи на основі тканин з луб'яного волокна. Це можна пояснити безпосередньою структурою рослинного волокна та типом його обробки у загальній масі текстильної тканини. Луб'яні волокна мають більш щільну структуру, що ускладнює дифузію вуглеводню до внутрішніх шарів. Показники поглинальної здатності відходів на основі бавовняних тканин знаходяться у вузьких межах.

Таблиця 3 Поглинальна здатність зразків відходів текстильної промисловості (г вуглеводню до 1,0 г сорбенту)

Адсорбат*	А	Б	В	Г	Д	Е	Ж	З
Відходи тканин бавовняних ситцевих	2,58	2,71	3,09	1,91	2,83	3,71	3,13	4,71
Відходи тканин бавовняних сатинових	2,54	3,36	2,45	2,02	2,60	2,71	3,09	4,05
Відходи тканин бавовняних байкових	2,24	3,78	3,31	1,74	3,89	3,87	3,74	6,13
Відходи тканин шерстяних	1,78	2,07	1,96	1,49	1,96	2,03	1,97	2,81
Відходи тканин льняних	1,47	1,83	1,66	1,17	1,96	2,03	1,71	2,50

*А – бензин марки А-92, Б – дизельне паливо марки Л, В – гас очищений технічний, Г – н-гексан, Д – бензол, Е – етилбензол, Ж – ксилол, З – бром-бензол.

Коливання показників поглинальної здатності за відповідними вуглеводнями серед групи відходів тканин на основі бавовни можна пояснити вимушеною похибкою досліду та різним станом бавовни у структурі тканини. Саме тому для подальшого вивчення параметрів сорбції ми рекомендуємо поєднати усі типи текстильних відходів у єдину групу.

Дослідження кінетики насичення відходів текстильної промисловості вуглеводнями

З точки зору проведення заходів з локалізації розливів вуглеводнів на транспорті найбільший інтерес викликають кінетичні характеристики процесу насичення сорбенту. Загалом вони залежать від багатьох факторів: як від властивостей самих взаємодіючих компонентів, так і від зовнішніх умов, сформованих при протіканні процесу насичення. Важливість оцінки подібних процесів полягає в тому, що цей показник враховується при розрахунках ефективного часу контакту сорбенту з вуглеводнем.

Результати дослідження кінетичних залежностей протікання процесів насичення відходів текстильної промисловості різними вуглеводнями представлені на рис. 1.

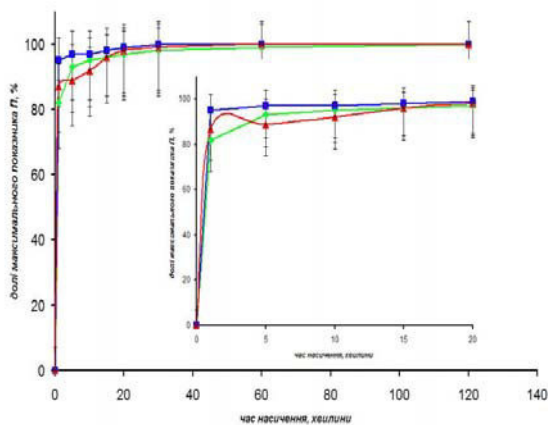


Рис. 1. Кінетика насичення відходів текстильної промисловості спектром вуглеводнів

Результати експерименту подано у вигляді графіка залежності фактичного показника поглинальної здатності за контрольний проміжок часу до максимального показника, який демонструє даний сорбент (відхід). Таким чином, отримані результати характеризують не тільки абсолютні значення показника поглинальної здатності, а й демонструють швидкість його досягнення зразком

сорбенту. Це, у свою чергу, розкриває нові можливості для аналізу отриманих результатів експерименту з практичної точки зору.

З графічних залежностей (рис. 1) видно, що процес насичення досягає відмітки понад 80 % вже на п'ятій хвилині контакту відходів з адсорбатом. З урахуванням показників похибки можна стверджувати, що вже на 10-й хвилині процесу насичення відходи текстильної промисловості досягають показника економічності та екологічності використання відходів даного типу у процесах локалізації аварійних розливів вуглеводнів.

Додатково з отриманих результатів можна зробити висновок, що час не є лімітуючим фактором проведення заходів з іммобілізації вуглеводнів у навколишньому природному середовищі. Цей факт свідчить про високу ефективність використання відходів текстильної промисловості як сорбентів вуглеводнів у порівнянні з відходами інших галузей [2–5].

Вплив відносної вологості відходів на показники їх поглинальної здатності

Достатньо важливим показником, з точки зору оцінки сорбенту вуглеводнів, є вплив відносної вологості сорбенту на його поглинальну здатність. Ці показники використовують при визначенні умов зберігання та експлуатації сорбенту, регламенту його використання у ліквідаційних заходах.

Вивчення цього впливу обумовлене різними станами вологості проб сорбенту. В рамках цього дослідження було визначено динаміку змін поглинальної здатності проб текстильних відходів у різних стаціонарних станах вологості, а саме: абсолютно сухий (W_0), природної вологості (W_n), максимальної гігроскопічної вологості (W_{max}). Цей вибір обумовлений факторами, які впливають на проведення заходів з ліквідації розливу [10].

Дослідження стаціонарних станів відносної вологості виконано відповідно до ГОСТ 3816-81 «Полотна текстильні. Методи визначення гігроскопічних і водовідштовхуючих властивостей». Загальна похибка дослідження оцінюється в межах 3–4 %. Характеристичні стаціонарні стани гігроскопічного зволоження об'єктів дослідження наведено у табл. 4. При визначенні поглинальної здатності використано сортовані текстильні відходи різного гігроскопічного зволоження, час кон-

такту сорбенту з адсорбатом склав 3 години за температури 18–22 °С.

Таблиця 4 Стационарні стани гігроскопічної вологи зразків відходів текстильної промисловості (ваг. %)

Відходи	W_0	W_n	W_{max}
Бавовняні тканини	0,8	7,4	14,5
Шерстяні тканини	1,0	8,3	18,3
Льняні тканини	0,3	6,7	15,8

Результати дослідження впливу зволоження проб відходів текстильної промисловості на їх поглинальну здатність наведено на рис. 2–4, де 1 – бром-бензол, 2 – дизельне паливо марки Л, 3 – бензол нафтовий, 4 – гас очищений технічний, 5 – бензин нафтовий марки А-95, 6 – гексан нафтовий.

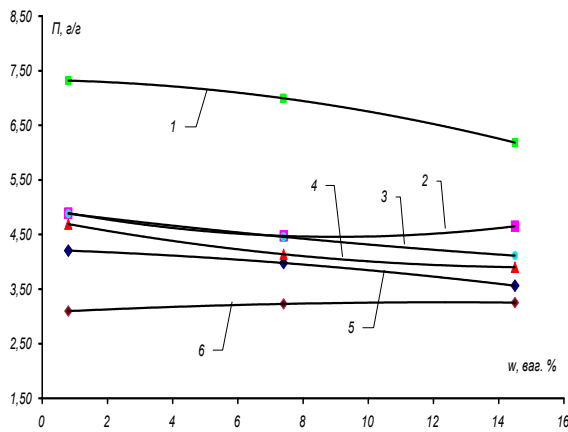


Рис. 2. Поглинальна здатність зразків відходів тканин на основі бавовняного волокна при різних станах гігроскопічного зволоження

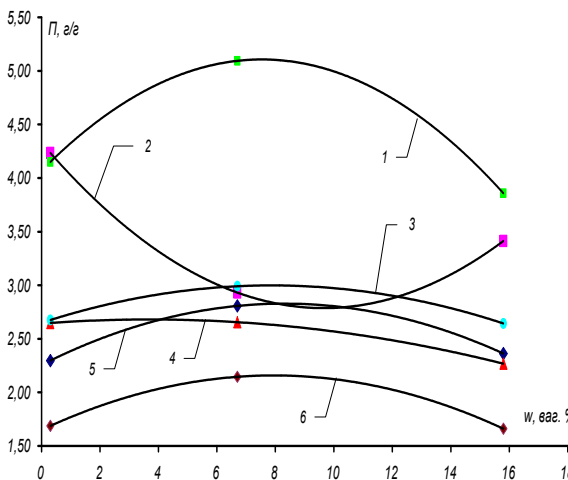


Рис. 3. Поглинальна здатність зразків відходів тканин на основі шерстяного волокна при різних станах гігроскопічного зволоження

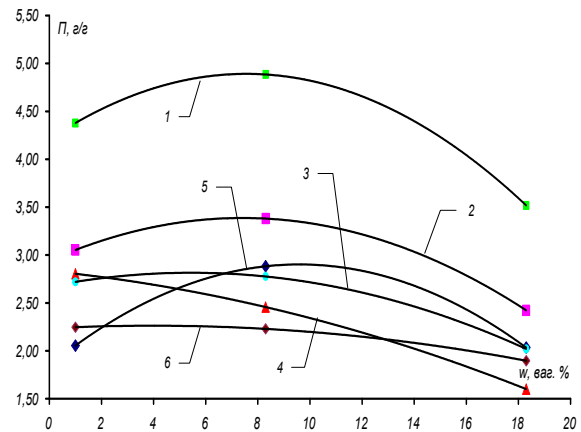


Рис. 4. Поглинальна здатність зразків відходів тканин на основі льняного волокна при різних станах гігроскопічного зволоження

Із залежностей, наведених на рис. 2–4, можна зробити декілька висновків:

– відносно зволоження проб відходів текстильної промисловості впливає на показники їх поглинальної здатності вуглеводнів у незначній мірі;

– майже для всіх груп вуглеводнів спостерігається питома втрата показника поглинальної здатності на рівні до 14–16 % при переході від абсолютно сухого стану до стану максимального гігроскопічного насичення.

Цікавим, з практичної та теоретичної точок зору, є той факт, що всі типи відходів текстильної промисловості демонструють зменшення показників поглинальної здатності при переході від стану природної вологості до абсолютно сухого стану. З практичної точки зору цей факт свідчить на користь використання відходів текстильної промисловості як сорбентів для утилізації розливів вуглеводнів. Відходам даної групи не потрібна термічна підготовка для їх використання як сорбентів. Як доповнення ми можемо припустити, що сорбенти на основі текстильних відходів не потребують особливих умов зберігання та транспортування.

Висновки

Отримані результати експериментальних та теоретичних досліджень свідчать на користь можливості використання різноманітних відходів текстильної промисловості як сорбентів для ліквідації аварійних емісій вуглеводнів та їх похідних у навколишнє природне середовище.

Встановлено, що показники поглинальної здатності відходів текстильної промисловості знаходяться в широких межах – від 2,0 до 6,0 г/г. Як сорбенти вуглеводнів найбільш ефективно використовувати відходи тканин на основі бавовняного волокна.

Встановлено, що поглинальна здатність для нафтопродуктів та паливно-мастильних матеріалів значною мірою відрізняється від відповідних показників для органічних розчинників (бензол та його похідні). Можемо зробити висновок, що обмеження об'єктів дослідження (адсорбату) до вивчення поглинальних характеристик лише за нафтопродуктами та паливно-мастильними матеріалами у відповідній тематиці призводить до викривлення результатів.

Кінетичні залежності процесу насичення текстильних відходів вуглеводнями свідчать про те, що час не є лімітуючим фактором проведення заходів з іммобілізації вуглеводнів у навколишньому природному середовищі при використанні цих відходів як сорбентів вуглеводнів.

При розрахунку кількості матеріалів, необхідних для ліквідації емісії нафтопродуктів та вуглеводнів на транспорті, слід прийняти коефіцієнти, близькі до значень, представлених у табл. 3.

Література

1. Довідник основних показників роботи залізниць України (1997–2007 р.) / під кер. Н.В. Когіль // Держ. адмін. залізн. трансп., Укрзалізниця. – К.: Мін. трансп. та зв'язку, 2008. – 43 с.
2. Переста І.Я. Забезпечення вдосконалення профілактичних заходів під час перевезення небезпечних вантажів / І.Я. Переста, Л.О. Яришкіна, Ю.В. Зеленько та ін. // Збірник наук. праць Дніпропетр. нац. ун-ту залізн. трансп. – Дніпропетровськ: Вид. ДНУЗТ, 2011. – Вип. 1. – С. 82–88.
3. Природоохоронная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения: монография / В.Н. Плахотник, Л.А. Ярышкіна и др. ; под ред. Г.Н. Кирпы. – К.: Транспорт Украины, 2001. – С. 225–230.
4. Зеленько Ю.В. Выбор оптимальных сорбентов для поглощения разливов нефтепродуктов при авариях / Ю.В. Зеленько, В.Н. Плахотник // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2003. – № 6. – С. 67–69.
5. Зеленько Ю.В. Поглотительная способность материалов, используемых для ликвидации транспортных аварий с нефтепродуктами / Ю.В. Зеленько, В.Н. Плахотник // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 2004. – № 2. – С. 35–37.
6. 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 [DOI: 10.1023/A: 1027484117065] – Volume 10, Number 3, P. 159–170.
7. Галик І.С. Екологічна безпека текстилю: проблеми та шляхи вирішення матеріалознавчих аспектів / І.С. Галик, Б.Д. Семак // Вісник КНУТД. – 2006. – №6. – С. 114–118.
8. Тряпье и текстильные отходы: информационная доска Биржи вторичных материальных ресурсов [электр. ресурс] / Отраслевой портал «Вторичное сырье». – Режим доступа http://recyclers.ru/modules/exchange/adslst.php?cat_id=8 (07.11.11).
9. Сорока М.Л. Дослідження можливості використання відходів текстильної промисловості для ліквідації емісій вуглеводнів на залізничному транспорті / М.Л. Сорока, А.В. Кривко // Проблемы и перспективы развития железнодорожного транспорта: тезисы 71-й Междунар. науч.-практ. конф. (Днепропетровск, 14–15 апреля 2011 г.) – Д.: ДИИТ, 2011. – С. 273.
10. Сорока М.Л. Основные требования к сорбентам, применяемым для ликвидации аварийных эмиссий углеводородов на железнодорожном транспорте / М.Л. Сорока, Л.О. Ярышкіна // Вестник Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. – 2011. – № 37. – С. 34–39.

Рецензент: О.В. Полярус, професор, д.т.н., ХНАДУ.

Стаття надійшла до редакції 12 листопада 2012 р.