

Зеленько Ю. В.,  
Безовська М. С.,  
Лещинська А. Л.

## РОЗРОБКА ІННОВАЦІЙНИХ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ УТИЛІЗУВАННЯ НАФТОВМІЩУЮЧИХ ВІДХОДІВ

У статті вивчаються проблеми утворення та поводження з нафтовмісними відходами залізниць, а саме мастильно-охолоджувальними рідинами, нафтозабрудненими ґрунтами і відпрацьованими моторними оливами. Розглянуті основні технології утилізування таких відходів. Наведені дані експериментальних досліджень, запропоновані високоефективні методи утилізації розглянутих відходів, які можна впроваджувати на залізниці та на підприємствах інших галузей економіки України.

**Ключові слова:** мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднені ґрунти, оливи, утилізування, поверхнево-активні речовини.

### 1. Вступ

Одними з найактуальніших проблем сучасного розвитку науково-технічного прогресу є проблема охорони навколишнього середовища від забруднень, утворення відходів виробництва та споживання і раціонального використання природних ресурсів.

Практично всі структурні підрозділи залізничного транспорту є джерелами утворення відходів. Згідно статистичних даних, поміж інших відходів значними об'ємами утворення відрізняються відпрацьовані оливи та мастила, технологічні шлами, нафтозабруднені ґрунти, відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднене ганчір'я, нафтозабруднені стічні води від обмивки рухомого складу, шлам оливоводовідокремлювачів, оливні фільтри та інші.

Основну потенційну небезпеку при поводженні з нафтовмісними відходами становлять недосконалі термічні процеси їх утилізації, що супроводжуються викидами бенз(α)пірену та важких металів, а також розповсюджені на залізниці нерациональні принципи поводження з відпрацьованими оливами та мастильно-охолоджувальними рідинами, що є виразним прикладом безвідповідального поводження із цінними ресурсами.

Саме тому створення сучасних раціональних та екологічних схем утилізації та рекуперації нафтовмісних відходів є науково-прикладним завданням, що призведе до зменшення проблем з накопиченням, поводженням та мінімізацією таких відходів.

У статті розглядаються проблеми утворення та поводження з такими нафтовмісними відходами залізниць, як відпрацьовані мастильно-охолоджувальні рідини, нафтозабруднені ґрунти і відпрацьовані моторні оливи.

### 2. Аналіз проблеми утворення відходів та результати досліджень

**2.1. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері утилізації відпрацьованих мастильно-охолоджувальних рідин.** Інтенсифікація процесів механічної обробки металів, впровадження високопродуктивного обладнання, автоматизованих процесів, широке застосування конструкційних матеріалів призводять до того, що обробка металів різанням стає неможливою без застосування ефективних мастильно-охолоджувальних рідин (МОР).

МОР являють собою водну емульсію мінеральної оливи, стабілізовану ПАР і різними органічними добавками, призначеними для запобігання передчасного старіння емульсії. У процесі використання МОР втрачає свої технологічні властивості і потребує заміни свіжою. Відпрацьована МОР відноситься до 3 класу небезпеки. ГДК одного з основних компонентів МОР-мінеральної оливи — у воді водних об'єктів господарсько-питного та культурно-побутового водокористування становить 5 мг/м<sup>3</sup>, ЛД 50 = 7000 мг/кг [1].

У процесі використання МОР схильні до забруднення:

— найдрібнішими механічними частинками (домішкамими), що виділяються з окисленого шару металу, шламом після травлення і продуктами зносу металу при травленні та холодній прокатці;

— вільними (неемулгованими) оливами, що виділяються з емульсії у результаті розшарування;

— оливами, що потрапляють у емульсійну систему в результаті витоків з механічних і гідравлічних вузлів металообробного обладнання та ін.

Одночасно відбувається термічна деструкція органічних складових МОР, так як у місцях контакту різального інструменту і оброблюваної деталі локальна температура може досягати 450–500 °С.

Відпрацьована МОР (емульсія) являє собою особливий вид стічних вод, дуже небезпечних для навколишнього середовища, так як містить велику кількість стійко емульгованих нафтопродуктів. У відпрацьованій МОР містяться 10–30 г/л емульгованих олив і велика кількість вільних олив. Загальна кількість ефіророзчинних речовин в емульсійних стічних водах становить 20–30 г/л. У зв'язку з цим необхідне проведення комплексу заходів щодо нейтралізації відпрацьованої МОР [1, 2].

Відпрацьована МОР підлягає обов'язковому знешкодженню від найбільш токсичних компонентів. Існуючі на сьогоднішній день методи знешкодження емульсій типу МОР-вмісних стоків можна розділити на три основні групи: термічні, фізико-хімічні, біологічні.

Жодна із зазначених груп окремо не може забезпечити сучасні вимоги щодо якості води, що очищується і кількості відходів, що утворюються. Застосування традиційних хімічних та фізико-хімічних методів призводить до вторинного забруднення навколишнього середовища за рахунок утворення різних відходів. Більшість способів утилізації відпрацьованих МОР-вмісних стоків або економічно неефективні, або екологічно неприйнятні [3]. Тому проблема знешкодження МОР залишається актуальною.

Не менш актуальною є задача розробки таких заходів з очищення МОР, які дозволяти б при мінімальних витратах здійснювати очищення МОР та інших технологічних рідин до такого стану, що дає змогу використовувати їх повторно.

Авторами проводилися дослідження у сфері знешкодження та утилізації відпрацьованих МОР, зокрема «Емульсолу СВК», що використовуються на підприємствах залізничної інфраструктури, з використанням різних типів поверхнево-активних речовин (ПАР). Так, вперше були випробувані такі ПАР як аспарал Ф, кокамідопропілбетаїн, оксетильований моноалкілфенол (неонол АФ 9-12), етоксильований лаурилсульфат натрію (Emal 270d), кокамідопропіламіноксид САО (Св-роксид СРО), стеарокс, синтанол АЛМ-10, сульфенол (паста марки «технічний»). Для інтенсифікації процесу випадіння осаду була досліджена можливість застосування такого кислого агенту, як алкілбензолсульфокислоти (АБСК). У результаті досліджень найкращий результат дало поєднання неонолу АФ 9-12 та АБСК.

У результаті проведених досліджень була розроблена загальна реагентна схема утилізації відпрацьованої водорозчинної емульсії «Емульсол СВК», за якою відпрацьована МОР збирається у спеціальній ємкості-усереднювачі, з якої перекачується до змішувача. У змішувачі МОР нагрівається до необхідної температури, далі зі спеціальних ємкостей додаються у необхідній

кількості реагенти: АБСК і неонол. Після перемішування маса відстоюється, відбувається розділення її на шари. Оливонафтопродукти, що всплили, перекачують до спеціального резервуару для зберігання, осад, що випав, відводиться у ємкість-шламонакопичувач, а недоочищена вода потрапляє по трубопроводу до адсорберу для доочищення. Згодом очищену воду перекачують до резервуару.

Використання запропонованої технології забезпечує наступні показники: ступінь очищення — 71,4 %, вихід очищеної води — 95,3 %, вихід оливонафтопродуктів — 1,7 %.

Вилучені оливонафтопродукти, як товарна продукція можуть бути реалізовані різними нафтопереробним підприємствам, підприємствам, що виробляють залізобетонні конструкції, асфальт. Очищена вода може бути використана у промисловому обороті для внутрішнього споживання чи для приготування нової МОР, а при додержанні санітарних вимог може бути скинута у каналізаційну мережу підприємства чи навіть у водойми. Воду після регенерації адсорбенту можна використовувати для обмивки рухомого складу залізниці.

Дана технологія може бути застосована у металообробних цехах залізничних підприємств, а також підприємств машинобудівної, металургійної та інших галузей де у комплексі стічних вод утворюються МОР-вмісні стоки. Одним з найперспективніших прикладів використання даної технології утилізації відпрацьованої МОР є її впровадження на локальних очисних станціях локомотивних та вагонних депо, а також на комплексних утилізаційних станціях залізниці.

Таким чином, запропонована технологія забезпечує подвійний ефект: екологічний ефект (за рахунок мінімізації кількості відходів, що відносяться до III класу небезпеки, та раціонального використання водних ресурсів) та економічний ефект (за рахунок повторного використання води в оборотній системі водопостачання та оливонафтопродуктів).

**2.2. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері очистки нафтозабруднених ґрунтів.** Значною проблемою залізниць України є аварійні витoki або технологічні проливи нафтопродуктів, що призводять до утворення такого відходу, як нафтозабруднені ґрунти. Характерними наслідками технологічної або аварійної емсії нафтопродукту є нафтове забруднення шарів ґрунту чи баластної призми. Отже, внесок таких емсій в загальну долю забруднення території залізничного підприємства досить значний і може сягати 41 % загальної території підприємства. Крім того, дуже небезпечними є інфільтраційні процеси крізь крупнодисперсні ґрунти, що формують передумови небезпеки забруднення підземних водотривких горизонтів.

При виборі методик очищення ґрунту від нафтопродуктів необхідно чітко диференціювати якісні параметри початкових умов для проведення заходів:

- тип емсії (аварійний розлив або технологічна протічка);
- тип нафтопродуктів (важкі фракції або легкі фракції нафтопродуктів);
- можливість проведення очищення in-situ;
- абіотичні чинники навколишнього середовища;
- характер сировинної бази регіону.

Нами запропонована технологія очищення ґрунтів від суміші фракцій нафтопродуктів, що проводиться за

межами зони аварії, яка здійснюється після проведення операції зі зняття поверхневого забрудненого шару ґрунту чи баласту верхньої будови залізничної колії.

Запропоновано наступну технологічну схему — забруднений ґрунт зрізується і вивозиться на спеціально обладнані майданчики, де підлягає спочатку відмиванню 3–35 % розчином ПАР (синтанол), а потім обробці розчином субстрату аборигенної мікрофлори з живильним середовищем. Концентрація мийного засобу підбирається в залежності від початкової концентрації ґрунту чи баласту.

Передбачено, що очищення ґрунту чи баласту можна проводити не на майданчиках, а в спеціальних реакторах, які оснащені мішалками для інтенсифікації процесу. Це надасть мобільності устаткуванню (дозволить розмістити такі камери на залізничних платформах), що мінімізує транспортні витрати. Крім того, використання реакторів знижує кількість витрати реагенту, значно прискорює процес очистки та повернення на місце вилучення вже відновленого ґрунту чи баласту.

Відповідно до розробленої авторами схеми з'являється можливість не тільки регенерації ґрунтів в місцях аварійного чи технологічного нафтопродуктового забруднення, але й регенерація баластного щебеню при поточно-ремонтних роботах на залізничних коліях. Повний цикл реакторної обробки перебігає порядку 4 годин, при цьому після вивантаження щебеню продовжується процес біологічної очистки безпосередньо на місці його розміщення в баластній призмі колії.

Протягом 4 годин на обробку подається  $4 \text{ м}^3$  щебеню, ступінь очищення щебеню за цією схемою складає 84 % після реакторної обробки і сягає 99 % через 2 тижні в баластній призмі. Треба зазначити, що процес біологічного відновлення щебеню та ґрунтів на місці експлуатаційного розміщення успішно перебігає і при досить низьких температурах (2–6 °C), хоча незначно уповільнюється.

Крупнодисперсні ґрунти, забруднені нафтопродуктами промивають розчинами ПАР (синтанол, аспарал-Ф), або оксидильованими жирними кислотами (ОЖК). Співвідношення ґрунту і 0,05 % — ПАР дорівнює 1:15, при цьому ступінь очищення складає 98 %. Ступінь очищення баласту при подібних співвідношеннях ґрунту і ПАР складає 99,9 %. При очищенні супісків та дерново-карбонатних ґрунтів від нафтопродуктів цим же розчином при співвідношенні ґрунту і розчину 1:25 ступінь вилучення складає 92 %. Після очищення ґрунт або баласт обробляється розчином ліфалізованої аборигенної мікрофлори і ферментів та повертається на місце.

Таким чином, розроблені матриці рекомендацій щодо вибору технологій ліквідації аварійних розливів нафтопродуктів, способи та технологічні схеми як очистки так і рекультивативної нафтозабруднених земель є прикладом комплексного підходу до екологічної безпеки залізниць при здійсненні транспортування і використання нафтопродуктів [11].

**2.3. Аналіз проблеми утворення та результати досліджень у сфері утилізації відпрацьованих олив.** Одним із найцінніших нафтовмісних відходів, що утворюється на залізницях України, є відпрацьовані моторні оливи. На підприємствах залізничного транспорту в двигунах тягового рухомого складу найчастіше застосовують дизельні оливи груп В2 та Г2, а для деяких типів рухомого складу — групи В2. Моторні оливи є дорогими дефіцитними

матеріалами, за їхньою витратою на кожний тепловоз і дизель-поїзд встановлений суворий контроль подібно тому, як це робиться по відношенню до дизельного палива. Загальний контроль за витратою олив здійснюється теплотехніками депо, які заводять облікові картки на кожний тепловоз і дизель-поїзд і щомісяця подають звіт начальнику депо та в Управління залізниці на розгляд для вжиття заходів по раціональній витраті моторних олив як окремими локомотивами і дизель-поїздами, так і в цілому по депо. Дані з витрат моторної оливи по депо подаються в Управління залізниці.

На підприємствах залізничного транспорту для тягового рухомого складу існує певний перелік бракувальних норм — числових значень параметрів якості, при досягненні яких мастильні матеріали втрачають функціональні властивості, що вказані у галузевій інструкції з використання мастильних матеріалів у тяговому рухомому складі залізниць України ЦТ-0060 [6]. Дані аналізів порівнюють з бракувальними показниками і таким чином оцінюють експлуатаційну придатність оливи. При досягненні хоча б одним із показників бракувальних значень, проводять ряд передбачених інструкцією операцій, а саме — перевіряють роботу апаратури та обладнання і замінюють оливу.

Після вилучення відпрацьованої оливи з технологічного процесу підприємства зберігають їх у спеціальних резервуарах до подальшого утилізування або передачі для утилізування чи регенерації іншим підприємствам. При зберіганні відпрацьованих олив підприємства мають дотримуватись вимог ГОСТ 1510-84 [7], а також технічних умов на відпрацьовані нафтопродукти, ретельно перевіряти справність і особливо герметичність резервуарів і арматури для попередження потрапляння вологи та сторонніх предметів, періодично очищувати ємкості від осаду, що утворюється в результаті відстоювання оливи [8]. Крім того, зберігання на території підприємства відпрацьованих олив несе в собі не тільки потенційний ризик з боку пожежонебезпеки, але й з боку екологічної безпеки підприємства.

Все це вимагає додаткових витрат, крім того період зберігання відпрацьованих олив може бути невизначеним. Це зумовлено тими обставинами, що самі залізничні підприємства не можуть проводити відновлення первинних властивостей відпрацьованих олив для подальшого повернення їх у технологічний процес через відсутність відповідних технологій та їх впровадження. Також ці відходи не можуть бути утилізовані, наприклад, шляхом спалення через емісію значної кількості шкідливих речовин, насамперед сполук важких металів. В цілому, підприємств, які б виконували переробку оливи, що використовуються на лінійних підрозділах залізниці, замало. Передача відпрацьованих олив нафтопереробним заводам, де їх спільну переробку у суміші з сировою нафтою можна проводити по повній технологічній схемі, ускладнюється наявністю забруднень та присадок, що негативно впливають на роботу електроізолюючих пристроїв, погіршують процес розділення нафти, підвищують вміст нафтопродуктів у стічних водах.

Вищезазначені фактори зумовили необхідність розробки нової технології та регенераційного блоку, які б могли широко застосовуватись на підприємствах залізничної інфраструктури.

Основними напрямками переробки відпрацьованих олив є спільна переробка у суміші з нафтою на

нафтопереробних заводах та цільова їх переробка з отриманням компонентів оливи (регенерація).

Спільну переробку відпрацьованих оливи у суміші з нафтою можна проводити на нафтопереробних заводах по повній технологічній схемі, кількість оливи, що додаються при цьому, не повинно перевищувати 1 % від об'єму сирової нафти. Але наявність забруднень та присадок у відпрацьованих оливах негативно впливає на роботу електронесолоючих пристроїв, погіршує процес розділення нафти, підвищує вміст нафтопродуктів у стічних водах [9, 10]. Основним методом на сьогодні вважається регенерація відпрацьованих оливи; цей спосіб є економічно рентабельним, тому що при правильній організації процесу вартість відновленої оливи на 40–70 % вища за ціну свіжих оливи при практично однаковій їхній якості.

Регенерація оливи здійснюється або безперервним їх очищенням під час роботи у циркуляційних системах промислового обладнання та двигунів за допомогою фільтраційних пристроїв та центрифуг, або відновленням відпрацьованих оливи, що зливаються із різноманітних агрегатів та обладнання, на оливорегенераційних приладах, як правило, у стаціонарних умовах (спеціальні оливорегенераційні станції, цехи, заводи). Методи регенерації можна поділити на фізичні, фізико-хімічні, хімічні та комбіновані. На практиці найбільш поширеними є комбіновані методи, які у найбільшій мірі забезпечують якісне очищення відпрацьованих оливи.

Нами проводились дослідження різних методів відновлення відпрацьованих оливи марок М-14В<sub>2</sub> та М-14Г<sub>2</sub>ЦС локомотивних депо Придніпровської залізниці.

У ході дослідження оливу з вихідною забрудненістю 1305,00 см<sup>-1</sup> (у випадку оливи марки М-14В<sub>2</sub>) та 1203,00 см<sup>-1</sup> (у випадку оливи М-14Г<sub>2</sub>ЦС) нагрівали до 50–55 °С, змішували її протягом 30 хв. зі швидкістю 1500 об./хв. з кожним ПАР по черзі при кількості кожної ПАР 1, 2, 3 мас. %, а далі відстоювали оливу з ПАР протягом 168 год., тобто 7 діб. Далі, після виділення осаду, проби центрифугували протягом 1 години у лабораторній центрифугі. Для інтенсифікації процесу випадіння осаду була досліджена можливість застосування такого кислого агента, як алкілбензолсульфокислоти (АБСК). У подальших випробуваннях вона виступала у якості коагулянту, а ПАР — флокулянту.

На основі цих експериментальних досліджень була встановлена залежність ступеню їх освітлення (зменшення забрудненості) після додавання різних типів ПАР та ПАР з АБСК у різних кількостях.

З отриманих результатів нами був зроблений висновок про те, що помітний результат для оливи М-14В<sub>2</sub> дали неонол, Євроксид СРО, кокамідпропілбетаїн; і неонол та Емал 270d для оливи М-14Г<sub>2</sub>ЦС відповідно. Поєднання АБСК (у кількості 1 мас. %) з ПАР (у кількості 3 мас. %) дало результат тільки у випадку поєднання її з неонолом; у всіх інших випадках потрібних змін не відбулось.

Досліджувані показники досягли оптимальних незмінних значень після обробки відпрацьованої моторної оливи реагентами та центрифугування; при цьому: для оливи М-14В<sub>2</sub> 2,7 мас. % — мінімальна доза неонолу, при введенні якої процес седиментації проходив швидко та ефективно; максимальний вихід очищеної оливи при цьому склав 90,01 %; для оливи М-14Г<sub>2</sub>ЦС мінімальна

доза неонолу склала 2,0 мас. %; максимальний вихід очищеної оливи у цьому випадку склав 94,12 %.

Зроблені висновки дозволили запропонувати високоєфективний метод освітлення моторних оливи марок М-14В<sub>2</sub> та М-14Г<sub>2</sub>ЦС із застосуванням ПАРи неонолу та алкілбензолсульфокислоти [4, 5]. При цьому у випадку М-14В<sub>2</sub> її можна рекомендувати для повторного використання, а оливу М-14Г<sub>2</sub>ЦС рекомендувати як альтернативну промивну рідину-оливу.

### 3. Висновки

Розроблені технології є тільки частковим вирішенням загального завдання об'єктів, що приймають участь у нафтообороті, щодо впровадження принципів раціонального використання природних ресурсів. Тому розробка таких технологій стає сьогодні вельми актуальною і важливою для транспортного сектору, особливо для залізничного транспорту.

### Література

1. Ансеров, Ю. М. Машиностроение и охрана окружающей среды [Текст] / Ю. М. Ансеров, В. Д. Дурнев. — Ял.: Машиностроение, 1989. — 224 с.
2. Костюк, В. И. Очистка сточных вод машиностроительных предприятий [Текст] / В. И. Костюк, Г. С. Карнаух. — Киев: Техника, 1990. — 120 с.
3. Смирнов, Д. Н. Очистка сточных вод в процессах обработки металлов [Текст] / Д. Н. Смирнов, В. Е. Гепкин. — М.: Металлургия, 1989. — 224 с.
4. Спосіб регенерації відпрацьованої моторної оливи [Текст]: пат. 95154 Україна; МПК С 10 М 175/00 / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., Яришкіна Л. О., заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — № а 2009 13563; заявл. 25.12.2009; опубл. 11.07.2011, Бюл. № 13. — 4 с.
5. Спосіб очистки відпрацьованої моторної оливи для дизелів [Текст]: пат. 70077 Україна; МПК С 10 М 175/00 / Безовська М. С., Зеленько Ю. В., заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна. — № а 2011 13558; заявл. 18.11.2011; опубл. 25.05.2012, Бюл. № 10. — 3 с.
6. Інструкція з використання мастильних матеріалів на тязовому рухомому складі залізниць України [Текст]: ЦТ-0060. — Введ. 2003-21-04. — К.: Стандарт, 2003. — 51 с.
7. ДСТУ 4454:2005. Нафта і нафтопродукти. Маркування, пакування, транспортування та зберігання [Текст]: — Введ. 2006-07-01. — К.: Держспоживстандарт, 2006. — 34 с.
8. Никулин, Ф. Е. Утилизация и очистка промышленных отходов [Текст] / Ф. Е. Никулин. — Л.: Судостроение, 1980. — 232 с.
9. Природоохранная деятельность на железнодорожном транспорте Украины: проблемы и решения [Текст] / Плахотник В. Н., Яришкіна Л. А., Сираков В. И. и др. — К.: Транспорт Украины, 2001. — 244 с.
10. Сметанин, В. И. Защита окружающей среды от отходов производства и потребления: учебное пособие [Текст] / В. И. Сметанин. — М.: КолосС, 2003. — 230 с.
11. Зеленько, Ю. В. Наукові основи екологічної безпеки технології транспортування та використання нафтопродуктів на залізничному транспорті [Текст]: монографія / Ю. В. Зеленько. — Дніпропетровськ: Вид-во Маковецької, 2010. — 192 с. — ISBN 978-966-1507-46-2.

### РАЗРАБОТКА ИННОВАЦИОННЫХ РЕСУРСОБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ УТИЛИЗАЦИИ НЕФТЕСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ

В статье изучаются проблемы образования и обращения с нефтесодержащими отходами железных дорог, а именно смазочно-охлаждающими жидкостями, нефтегазразличными почвами и отработанными моторными маслами. Рассмотрены основные технологии утилизации таких отходов. Приведены

данные экспериментальных исследований, предложены высокоэффективные методы утилизации рассмотренных отходов, которые можно внедрять на железной дороге и на предприятиях других отраслей экономики Украины.

**Ключевые слова:** смазочно-охлаждающие жидкости, нефтезагрязненные почвы, масла, утилизация, поверхностно-активные вещества.

*Зеленько Юлія Володимирівна, кандидат технічних наук, доцент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: j.zelenko@mail.ru.*

*Безовська Марина Сергіївна, асистент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: marina84@ua.fm.*

*Лещинська Анна Львівна, асистент, кафедра хімії та інженерної екології, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, e-mail: nuto4ka87@bk.ru.*

*Зеленько Юлия Владимировна, кандидат технических наук, доцент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.*

*Безовская Марина Сергеевна, ассистент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна.*

*Лещинская Анна Львовна, ассистент, кафедра химии и инженерной экологии, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна*

*Zelen'ko Yuliya, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: j.zelenko@mail.ru.*

*Bezovs'ka Marina, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: marina84@ua.fm.*

*Leshchyns'ka Anna, Dnipropetrovsk National University of Railway Transport named after academician V. Lazarian, e-mail: nuto4ka87@bk.ru.*