



**Б. О. Корчак, О. Б. Гринишин, Т. І. Червінський, Н. М. Витрикуш, А. О. Нагурський, Р. В. Іващенко**

*Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна*

## ОЧИЩЕННЯ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ КРИСТАЛІЧНИМ КАРБАМІДОМ

Під час експлуатації автотранспортного засобу мінеральна моторна олива у двигуні внутрішнього згорання (ДВЗ) піддається безперервному впливу високої температури, окиснення, термічного розкладу, зовнішніх забруднювачів, каталізаторів (продуктів зношення металевих поверхонь) тощо. Внаслідок цього в ній накопичуються продукти зношення деталей ДВЗ та розкладу присадок, продукти окиснення вуглеводневої частини, асфальто-смолисті речовини тощо, що спричиняє незворотні зміни її якісного хімічного складу. Для видалення з відпрацьованих олив окисненовмісних продуктів старіння та зниження їхнього кислотного числа доцільно використовувати метод коагуляції. Одним з легкодоступних та перспективних коагулянтів для очищення відпрацьованих мінеральних моторних олив може слугувати кристалічний карбамід. Його додавали до відпрацьованих олив і перемішували за підвищеної температури. Контроль ефективності процесу очищення карбамідом здійснено за кислотним числом оливи. Використаний карбамід разом із виокремленими компонентами оливи відділяли фільтруванням. Встановлено оптимальні умови процесу, а саме: кількість карбаміду – 5 % мас. на сировину; температура – 140 °С; тривалість перемішування – 80 хв. Для вивчення зміни експлуатаційних властивостей очищених мінеральних моторних олив здійснено дослідження за стандартизованими методиками та за допомогою рентгенофлуоресцентного та ІЧ-спектрального методів аналізів. Встановлено, що внаслідок очищення відпрацьованих олив карбамідом їхнє кислотне число істотно зменшується, що підтверджується ІЧ-спектральним аналізом. Відбувається також незначне підвищення індексу в'язкості олив, а також зниження вмісту механічних домішок, води. Зольність олив також зменшується. Це підтверджено також результатами рентгенофлуоресцентного аналізу. Використання кристалічного карбаміду для очищення ВММО дає змогу зменшити вміст окисненовмісних продуктів старіння, водночас, в очищеній оливі залишаються небажані поліциклічні ароматичні вуглеводні, асфальто-смолисті речовини, продукти розкладу присадок та механічні домішки, для видалення яких необхідно використовувати додаткові стадії очищення.

**Ключові слова:** відновлення олив; ІЧ-спектроскопія; рентгенофлуоресцентний аналіз; коагуляція; кислотне число.

**Вступ.** Відпрацьовані мінеральні моторні оливи (ВММО) – це токсичні, складні багатокомпонентні системи, які утворюються у процесі експлуатації двигуна внутрішнього згорання. У ВММО ідентифіковано понад 140 видів канцерогенних поліциклічних вуглеводнів. Кількість цих сполук у ВММО збільшується прямо пропорційно до зростання тривалості її експлуатації [3, 21]. Саме тому ВММО віднесені до категорії небезпечних відходів, а за токсичністю їх відносять до 4-го класу. В Україні та світі діють рішення Стокгольмської та Базельської конвенцій [12], згідно з якими потрібно контролювати утворення та утилізацію відпрацьованих олив (ВО).

Сьогодні Україна споживає понад 1 млн т/рік свіжих олив, водночас, офіційно збирає близько 500 тис. т/рік

відпрацьованих нафтопродуктів. В Україні щорічно накопичуються чималі об'єми ВММО, поводження з якими є однією з найактуальніших екологічних проблем, через недостатньо розвинену систему збору та майже не розвинуті потужності з їхньої регенерації [15].

Внаслідок експлуатації автотранспортного засобу мінеральна моторна олива у двигуні піддається безперервному впливу високих температур, окиснення, терморозкладу, зовнішніх забруднювачів, каталізаторів (продуктів зношення металевих поверхонь) тощо [20]. Внаслідок цього в ній накопичуються продукти розкладу присадок та зношення деталей ДВЗ, продукти окиснення вуглеводневої частини, асфальто-смолисті речовини, залишки неповноти згорання палива, що спричиняє незворотні зміни її якісного хімічного складу.

### Інформація про авторів:

**Корчак Богдан Орестович**, канд. техн. наук, асистент, кафедра цивільної безпеки. **Email:** kor4ak93@gmail.com

**Гринишин Олег Богданович**, д-р техн. наук, професор, кафедра хімічної технології переробки нафти і газу.

**Email:** ogrynyshyn@ukr.net

**Червінський Тарас Ігорович**, канд. хім. наук, доцент, кафедра хімічної технології переробки нафти і газу.

**Email:** chervinskij@gmail.com

**Витрикуш Наталія Миронівна**, канд. техн. наук, доцент, кафедра цивільної безпеки. **Email:** nvtrykush@ukr.net

**Нагурський Андрій Олегович**, канд. техн. наук, асистент кафедра хімічної інженерії. **Email:** nagurskiy@ukr.net

**Іващенко Руслана Вадимівна**, студент, кафедра хімічної технології переробки нафти і газу.

**Email:** rusyaivashchenko21@gmail.com

**Цитування за ДСТУ:** Корчак Б. О., Гринишин О. Б., Червінський Т. І., Витрикуш Н. М., Нагурський А. О., Іващенко Р. В. Очищення відпрацьованих мінеральних моторних олив кристалічним карбамідом. Науковий вісник НЛТУ України. 2020, т. 30, № 1. С. 127–131.

**Citation APA:** Korchak, B. O., Hrynyshyn, O. B., Chervinsky, T. I., Vtrykush, N. M., Nagurskiy, A. O., & Ivashchenko, R. V. (2020). Purification of the used mineral engine oils by crystalline carbamide. *Scientific Bulletin of UNFU*, 30(1), 127–131.

<https://doi.org/10.36930/40300122>

Значне використання для регенерації ВО отримали процеси коагуляції з використанням різноманітних коагулянтів. Сьогодні нарівні з відомими процесами коагуляції ВО варті уваги методи з використанням розчинів карбаміду. Процес коагуляції ВО передбачає змішування нагрітої до робочої температури ВО з певною кількістю водного розчину карбаміду [17] або водного розчину карбаміду, моноетиламіну та алюмінію хлорид [1] упродовж певного проміжку часу. За таких умов активно починаються процеси коагуляції і седиментації частинок дисперсної фази. Нижче розглянемо їх докладніше.

**Аналіз літературних джерел.** Відомий спосіб очищення ВММО змішуванням попередньо нагрітої до 80-100 °С ВММО з 30-50 %-м водним розчином карбаміду, взятого в кількості 1,0 % мас. від маси ВММО, з подальшим центрифугуванням очищеної оливи й вилученням забруднень [5].

Автори [23] запропонували спосіб очищення ВО внаслідок попереднього нагрівання оливи й змішування з 30-50 %-м водним розчином карбаміду, взятого в кількості 0,5-1,0 % у розрахунку на сухий карбамід від маси ВО. Відпрацьовану оливу нагрівають до 70-75 °С та після додавання розчину карбаміду в оливу додають 2-2,5 % етилового спирту. За встановленої температури оливу витримують упродовж години постійно перемішуючи, після чого вилучають забруднення центрифугуванням. На відміну від [5, 23], автори [18] запропонували спосіб очищення ВО від продуктів старіння і забруднень внаслідок змішування попередньо нагрітої оливи та 0,05-0,1 % 40 %-го аміачного розчину карбаміду в розрахунку на об'єм ВО й подальшим розділенням оливи від забруднень у центрифугі двигуна внутрішнього згорання. Однак, недоліком цих способів є використання водних або спиртових розчинів карбаміду, які внаслідок змішування з нафтовою оливою здатні утворювати стійку водо-оливу емульсію, сприяють піноутворенню, що негативно впливає на експлуатаційні властивості очищеної оливи.

У нафтопереробній промисловості карбамід переважно використовують у процесах депарафінації дизельних фракцій з метою видалення з них парафінових вуглеводнів. Варто зазначити, що цей процес характеризується використанням значних кількостей карбаміду ~100 % мас. на сировину, розчинника 50-100 % мас. на сировину, тривалістю процесу 30 хв та температурою процесу 30-50 °С. Внаслідок процесу утворюються комплекси карбаміду з парафіновими вуглеводнями, видалення яких відбувається за допомогою фільтрації, а одержаний депарафінізат характеризується вагомим зниженням значень температури застигання та незначним зменшенням значень кислотного числа.

Раніше у роботі [2] автори встановили можливість очищення суміші відпрацьованих мінеральних моторних оливи у присутності карбаміду та визначили зміну експлуатаційних характеристик очищених оливи, однак одержані результати недостатньо для підтвердження доцільності використання цього методу.

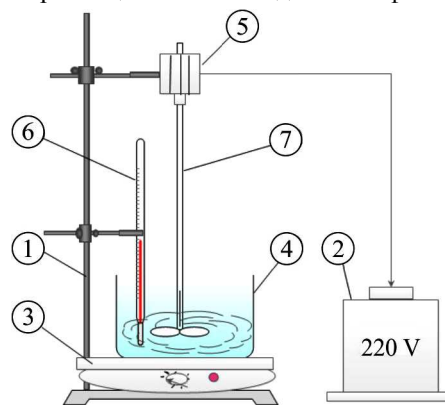
Отже, важливо створити новий спосіб очищення ВММО, який би характеризувався відсутністю використання розчинів (спиртових, водних, аміачних) карбаміду та забезпечив очищені оливи нижчим значенням кислотного числа, відсутністю води та кращим значенням в'язкісно-температурних властивостей.

**Об'єкт дослідження** – відпрацьовані мінеральні моторні оливи марок M-10DM та NORMAL 15W40, експлуатаційні властивості яких було вивчено раніше у роботах [10, 13].

**Предмет дослідження** – методи і засоби очищення відпрацьованих мінеральних моторних оливи кристалічним карбамідом.

Очищення ВММО карбамідом проводили на лабораторній установці, яку навели на рис. 1. У ємність, обладнану механічним перемішуванням, термометром та дозатором для подачі реагенту, завантажують ВММО, після чого її нагрівають до температури процесу та після її досягнення через дозатор під час безперервного перемішування додають кристалічний карбамід через певні однакові проміжки часу рівними порціями.

Після додавання останньої порції карбаміду процес здійснюють за раніше встановленої температури та тривалості. Після завершення процесу реакційну суміш охолоджують і переносять у ділительну воронку для відстоювання, після чого нижній шар осаду вилучають, а верхній шар очищеної оливи подають на фільтрування.



**Рис. 1.** Лабораторна установка для очищення ВММО карбамідом: 1) штатив; 2) блок живлення; 3) електронагрівач; 4) ємність; 5) електродвигун; 6) термометр; 7) перемішувальний пристрій

Рентгенофлуоресцентний спектральний аналіз для визначення елементного складу оливи здійснювали на прецизійному аналізаторі Elvax Light SDD, призначення якого – визначення масової частки хімічних елементів в однорідних монолітних та порошкоподібних об'єктах. Для виконання аналізу підготували зразки оливи, які були спалені за температури 450 °С протягом 4 год, охолоджені в ексикаторі та перетерті в порошок [16]. ІЧ-спектроскопічні дослідження вихідної й відпрацьованої оливи здійснювали на приладі Spectrum Two FT-IR spectrometer фірми PerkinElmer у кюветі з селеніду цинку товщиною 0,1036 мм. Використовували програму Spectrum v.10.03.06.

**Мета роботи та завдання дослідження.** Встановити можливість використання кристалічного карбаміду та розробити метод очищення відпрацьованих мінеральних моторних оливи у присутності кристалічного карбаміду від оксигеновмісних продуктів старіння, який би характеризувався відсутністю використання розчинів (спиртових, водних, аміачних) карбаміду та забезпечив очищені оливи нижчим значенням кислотного числа, відсутністю води та кращим значенням в'язкісно-температурних властивостей.

**Наукова новизна дослідження та практична значущість отриманих результатів.** Встановлено доцільність використання кристалічного карбаміду для очи-

щення ВММО з метою зменшення кислотного числа. Доведено, що під час очищення ВММО кристалічним карбамідом не утворюється оливова емульсія, яка негативно впливає на експлуатаційні властивості оливи, на відміну від водних (спиртових) розчинів карбаміду.

Основний ефект від використання карбаміду для очищення ВММО такий:

- збільшення кінематичної в'язкості оливи на 0,49-7,34 %;
- збільшення індексу в'язкості (ІВ) оливи на 2,27-5,45 %;
- зниження кислотного числа (КЧ) оливи на 71,42-88,19 %;
- зменшення вмісту механічних домішок на 28,20-37,10 %;
- зниження зольності оливи на 18,61-19,85 %.

**Результати дослідження.** Унікальною особливістю карбаміду є його здатність утворювати карбамідні комплекси гексагональної структури. Саме це зумовлює його здатність утворювати комплекси з н-алканами, органічними кислотами, кетонами, альдегідами, естерами за рахунок їх проникнення у порожнисті канали карбамідного комплексу. Одержані комплекси, так звані клатрати, утворення яких зумовлене тим, що нормальні алкани і їхні похідні проникають у найтонші порожнисті канали, наявні в кристалічній решітці карбаміду. Водночас, сполуки з розгалуженим вуглеводневим ланцюгом не утворюють комплексів з карбамідом, оскільки їхні молекули не можуть поміститися в каналах кристалічної решітки карбаміду [19].

Водночас, відомо [14, 19], що карбамід здатен адсорбувати на своїй поверхні високомолекулярні забруднення та осаджувати їх, внаслідок чого можливе їхнє вилучення з ВО за допомогою стадії фільтрації. Осад, що залишився на фільтрі, є сумішшю карбаміду з компонентами оливи, подається на розділення фізичними методами. Після чого відокремлений карбамід осушується і повторно використовується у процесі очищення, а відділені компоненти можуть бути компонентом сировини для виробництва бітумів.

На ефективність процесу коагуляції впливає кількість введеного коагулянту, тривалість його контакту з відпрацьованою оливою та температура коагуляції (рис. 2). Як видно з цього рисунку, із підвищенням тривалості процесу очищення кристалічним карбамідом відбувається незначне його перетворення в біурет, через що необхідно підібрати параметри керування процесом так, щоб якомога зменшити втрати кристалічного карбаміду. Саме тому для розроблення методу очищення ВММО у присутності карбаміду необхідно було вивчити вплив чинників керування процесом: оптимальну кількість реагенту, встановити вплив температури та тривалості очищення ВО у присутності карбаміду.

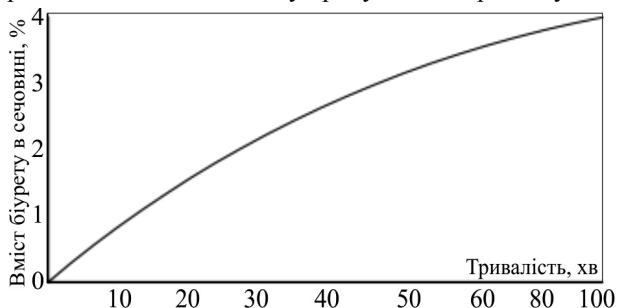


Рис. 2. Швидкість утворення біурету з карбаміду під час нагрівання за температури 160 °C

**Обговорення отриманих результатів.** Як зазначалось вище, раніше у роботі [2] було встановлено можливість очищення суміші відпрацьованих мінеральних

моторних оливи у присутності карбаміду та встановлено зміну експлуатаційних характеристик очищених оливи, однак одержаних результатів недостатньо для підтвердження доцільності використання цього методу.

За встановлених оптимальних умов процесу очищення ВММО у присутності карбаміду [2] (температура процесу – 140 °C, тривалість – 80 хв, кількість реагенту – 5 % мас. у розрахунку від кількості, взятої ВО) здійснено очищення ВММО марок М-10ДМ та NORMAL 15W40. Результати подано в таблиці.

Таблиця. Експлуатаційні властивості очищених у присутності карбаміду мінеральних моторних оливи марок М-10ДМ та NORMAL 15W40

Показник	М-10ДМ		NORMAL 15W40	
	відпрацьована	очищена	відпрацьована	очищена
Кислотне число, мг КОН/г	2,71	0,32	1,96	0,56
Вміст води, %	0,14	сліди	0,15	сліди
В'язкість, мм <sup>2</sup> /с				
ν <sub>50</sub>	51,65	52,60	69,81	70,15
ν <sub>100</sub>	10,22	10,97	13,96	14,54
Індекс в'язкості	88	94	110	116
Зольність, %	0,940	0,765	0,534	0,428
Вміст механічних домішок, %	0,062	0,039	0,039	0,028
Вихід, % мас.	–	97,00	–	97,00

Аналіз фізико-хімічних властивостей об'єктів досліджень здійснювали за стандартизованими методиками:

- визначення в'язкості згідно з даними [8];
- визначення вмісту води згідно з даними [7];
- визначення зольності згідно з даними [4];
- визначення кислотного числа згідно з даними [9];
- визначення механічних домішок згідно з даними [6].

З результатів, поданих у таблиці, можемо відзначити зміну в експлуатаційних властивостях очищеної в присутності карбаміду оливи NORMAL 15W40, а саме відбулось зменшення значень КЧ, вмісту води, механічних домішок та зольності. Водночас, відбувається незначне збільшення значень кінематичної в'язкості та ІВ. Одержані результати свідчать про доцільність використання кристалічного карбаміду в процесі очищення ВММО від кисневмісних продуктів старіння.

Методика процесу очищення ВММО у присутності карбаміду передбачає стадію фільтрування очищеної оливи від утвореного осаду. Тому рентгенофлуоресцентним аналізом вивчили зміну елементного складу очищених у присутності карбаміду оливи марок М-10ДМ та NORMAL 15W40. Результати аналізу навели на рис. 3.

Як бачимо з результатів виконаних досліджень, в очищених у присутності карбаміду оливах М-10ДМ та NORMAL 15W40 спостерігаємо зменшення вмісту елементів неорганічної частини. Очевидно, що частина хімічних елементів, що входять до складу відпрацьованих оливи, відокремлюються разом з осадом під час стадії фільтрування. Для підтвердження зміни кількості кисневмісних продуктів в очищеній карбамідом оливі М-10ДМ виконали ІЧ-спектральний аналіз відпрацьованої та очищеної оливи. Результати аналізу навели на рис. 4 та 5.

Застосуванням ІЧ-спектроскопії для аналізу мінеральних моторних оливи здійснювали контроль якості оливи, визначали ступінь її окиснення, вміст присадок тощо. ІЧ-спектроскопія в поєднанні з структурно-груповим аналізом вуглеводневої частини оливи дає змогу охарактеризувати склад мінеральних оливи.



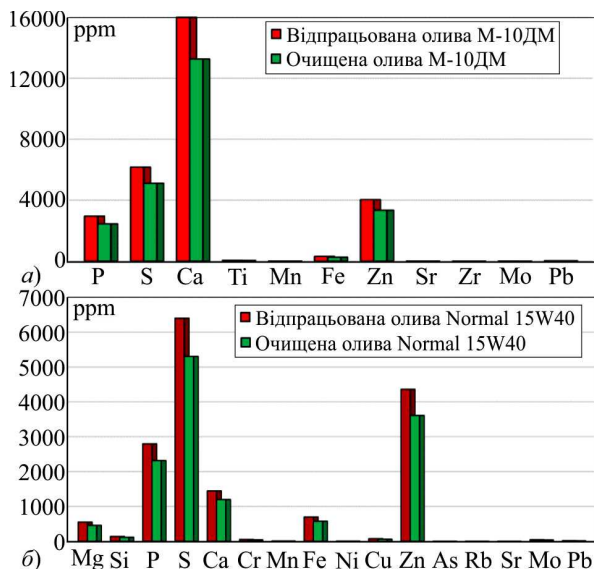


Рис. 3. Зміна елементного складу відпрацьованих та очищених у присутності карбаміду олив марок М-10ДМ (А) та NORMAL 15W40 (Б)

Цей метод рекомендували для моніторингу процесу очищення/регенерації моторної оливи, способом порівняння ІЧ-спектрів відпрацьованої оливи та очищеної/регенерованої оливи, однієї і тієї ж марки [11]. Тобто за наявності одних і тих же піків для органічних сполук на ІЧ-спектрах водночас, відбувається зменшення інтенсивності смуг поглинання для цих сполук, що свідчить про зменшення їх кількості в очищеній оливі.

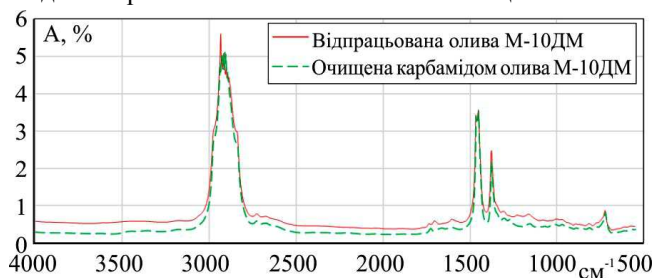


Рис. 4. ІЧ-спектри відпрацьованої та очищеної в присутності карбаміду мінеральної моторної оливи М-10ДМ

Як видно з рис. 4, ІЧ-спектри відпрацьованої та очищеної оливи відрізняються зміною інтенсивності смуг поглинання вуглеводнів оливи. Парафіно-нафтової вуглеводні в ІЧ-спектрах досліджуваних оливи були ідентифіковані валентними коливаннями за  $2935-2915\text{ cm}^{-1}$ , а також деформаційними коливаннями СН-групи за  $1470-1445\text{ cm}^{-1}$  та валентними коливаннями С-С групи в області  $1740-1720\text{ cm}^{-1}$ . Присутність ароматичних вуглеводнів в оливах була підтверджена інтенсивною смугою поглинання деформаційних коливань СН групи за  $860\text{ cm}^{-1}$ . Окрім цього, скелетні коливання С-С зв'язку ароматичного ядра були виявлені смугами поглинання в області  $1610-1600\text{ cm}^{-1}$  [22].

ІЧ-спектральним аналізом ідентифіковано у відпрацьованій та очищеній оливах спирти, альдегіди, кетони, органічні кислоти тощо, що є продуктами її старіння. Їхня присутність в ІЧ-спектрах підтверджена зміною інтенсивності смуг поглинання валентних коливань С=О в області  $1740-1690\text{ cm}^{-1}$ , а також валентними коливаннями за  $1820-1740\text{ cm}^{-1}$  та асиметричними валентними коливаннями С-О зв'язку в області  $1260-1150\text{ cm}^{-1}$  (див. рис. 5).

Суть очищення ВО карбамідом, на нашу думку, полягає в тому, що він виступає як коагулянт. Він зв'язує

основну частину сполук кислого характеру, а також механічні домішки, воду та незначну частину неорганічних компонентів ВО, які надалі відокремлюються за допомогою фільтрування.

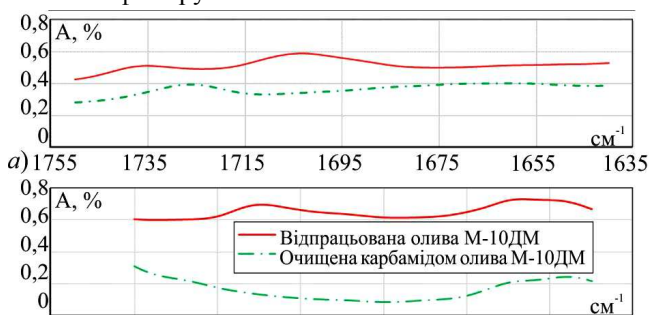


Рис. 5. Зміна інтенсивності смуг поглинання карбонових кислот (а) та їх похідних (б)

Як бачимо з рис. 5, в очищеній у присутності карбаміду оливі відбувається зміна інтенсивності смуг поглинання органічних кислот та їхніх похідних, що свідчить про можливість використання карбаміду з метою зменшення вмісту кисневмісних продуктів старіння ВО. Схожі закономірності спостерігаємо внаслідок очищення у присутності карбаміду ВММО NORMAL 15W40 (рис. 6).

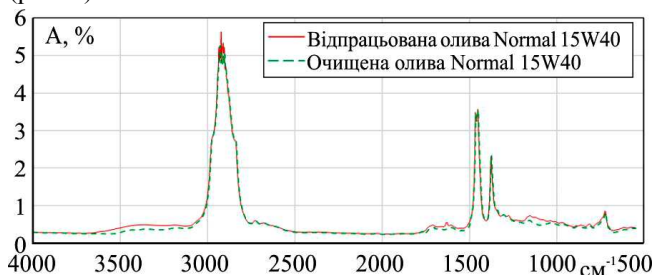


Рис. 6. ІЧ-спектри відпрацьованої та очищеної карбамідом мінеральної моторної оливи NORMAL 15W40

Отже, в очищених оливах відбувається зменшення значень КЧ, вмісту води, механічних домішок та зольності. Водночас, відбувається зростання значень в'язкісно-температурних властивостей. Однак, експлуатаційні властивості очищених у присутності карбаміду олив марок М-10ДМ та NORMAL 15W40 не відповідають значенням товарних оливи, що потребує залучення додаткових методів доочищення. Використання кристалічного карбаміду, в процесі очищення ВММО, дає змогу зменшити вміст кисневмісних продуктів старіння, водночас, в очищеній оливі залишаються небажані поліциклічні ароматичні вуглеводні, АСР, продукти розкладу присадок та механічні домішки, для видалення яких необхідні додаткові стадії очищення.

### Висновки

1. Встановлено принципову можливість очищення ВММО за допомогою кристалічного карбаміду. Суть розробленого методу полягає в коагуляції основної частини кисневмісних сполук, неорганічних компонентів і механічних домішок та подальшому їх відділенні разом із використаним карбамідом фільтруванням.
2. Встановлено, що за оптимальних умов проведення процесу (температура –  $140\text{ oC}$ , тривалість –  $80\text{ хв}$ , кількість карбаміду –  $5\%$  мас. на відпрацьовану оливу) можна одержати оливу, очищену від кисневмісних продуктів старіння, що підтверджено ІЧ-спектральним аналізом.
3. Основний ефект від використання карбаміду для очищення ВММО такий:
  - збільшення кінематичної в'язкості оливи на  $0,49-7,34\%$ ;

- збільшення ІВ олів на 2,27-5,45 %;
  - зниження кислотного числа олів на 71,42-88,19 %;
  - зменшення вмісту механічних домішок на 28,20-37,10 %;
  - зниження зольності олів на 18,61-19,85 %.
4. Цей метод може бути одним з етапів комбінованого процесу регенерації відпрацьованих мінеральних моторних олів.

## References

1. Baatarhu, Ts., Gordienko, L. D., & Nazarov, S. V. (2015). Vostanovlenie kachestva otrabotannykh smazochnykh masel. *Innovatsionnaya nauka: mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal*, 12, 45–47. [In Russian].
2. Chervinskiy, T. I., Hrynyshyn, O. B., & Korchak, B. O. (2015). Regeneratsiya vidpratsovanih motornih oliv u prisutnosti karbamidu. (Ser. Himiya, tehnologiya rechovin ta yih zastosuvannya). *Bulletin of the National University of Lviv Polytechnic*, 812, 158–162. [In Ukrainian].
3. Compendium of recycling and destruction technologies for waste oils. Retrieved from: [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8601/IETC\\_Waste\\_Oils\\_Compdiium.pdf?sequence=3&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/8601/IETC_Waste_Oils_Compdiium.pdf?sequence=3&isAllowed=y)
4. DSTU EN ISO 6245:2012. Naftoprodukty. Metod vyznachennia zoly. [In Ukrainian].
5. Guschin, V. A., Ostrikov, V. V., Guschina, A. I., & Kalyuzhnyi, S. V. (1997). Pat. 2078127 Rossiyskaya federatsiya, MPK S10M175/02. Sposob ochistki otrabotannogo masla. Zayavitel i patentoobladatel. № 4820906/04. – zayavl. 02.04.1990, opubl. 27.04.1997.
6. *HOST 10577-78:2008*. (2008). Nefteprodukty. Metod opredeleniya sodержaniya mekhanicheskikh pryemesei, *from 01 Jan 1980*. Moscow: Standartinform, 6 p. [In Russian].
7. *HOST 2477-65: 2008 – HOST 1044-41: 2008*. (2008). Neft i nefteprodukty. Metod opredeleniya sodержaniya vody, *from 01 Jan 1966*. Moscow: Yzd-vo standartov, 7 p. [In Russian].
8. *HOST 33-2016: 2017*. (2017). Neft i nefteprodukty. Opredeleniya kymematicheskoi i dynamicheskoi viazkosty, *from 07 Jan 2017*. Moscow: Yzd-vo standartov, 39 p. [In Russian].
9. *HOST ISO 6618-2013*. (2014). Nefteprodukty y smazochnyy materialy. Opredeleniye kyslotnoho y shchelochnoho chysla tyrovanyem s tsvetnym yndekatorom, *from 01 Jan 2015*. Moscow: Standartinform, 14 p. [In Russian].
10. Hrynyshyn, O., Korchak, B., et al. (2017). Change in properties of M-10DM mineral motor oil after its using in the diesel engine. *Chemistry & Chemical Technology*, 11(3), 387–391. <https://doi.org/10.23939/chcht11.03.387>
11. Ivanova, L. V., et al. (2008). YK-spektrometriya v analize nefty y nefteproduktov. *Vestnyk Bashkyrskoho unyversyteta*, 13(4), 869–874. [In Russian].
12. Konferentsiya Storon Stokgolmskoj konferentsyy: Rukovod-yashnye pryncypy po nayluchshym ymeuyshhimsya metodam y ukazanyya po nayluchshym vydam pryrodooxrannoj deyatel-nosti: Razdel VI Ukazanyya y rukovodiyashnye pryncypy po ka-tegoryyam ystochnykov: Kategorya ystochnykov v Chasty III Prylozhenye S Kategorya ystochnykov (m): Predpnyate po pe-rerabotke otrabotannykh masel. Dakar, April 30 – May 4, 2007. (p. 6). [In Russian].
13. Korchak, B. O., Grynshyn, O. B., & Chervinskiy, T. I. (2017). Mineral engine oil composition and properties change after its operation. *Scientific Bulletin of UNFU*, 27(6), 93–97. <https://doi.org/10.15421/40270619>
14. Kucheryavyy, V. I., & Lebedev, V. V. (1970). *Sintez i primene-nie karbamida*. Leningrad: Chemistry, 448 p. [In Russian].
15. Kulik, M. I. (2015). Utilizatsiya vidpratsovanih motornih mastil: ekologo-ekonomichnyi aspekt. *Lyudina ta dovkillya. Problemi neoekologiyi*, 1–2, 122–128. [In Ukrainian].
16. *Ofitsiyinyy sayt kompaniyi Environmental XPRT*. Retrieved from: <https://www.environmental-expert.com/products/elvax-model-light-sdd-light-spectrometer-566889>. [In Ukrainian].
17. Ostrikov, V. V., & Busin, I. V. (2011). Ispolzovanie karbamida dlya ochistki motorniyh masel. *Tehnika v selskom hozyaystve*, 5, 26–27. [In Russian].
18. Ostrikov, V. V., Popov, S. Yu., & Zimin, A. G. (2014). Pat. 2528421 Rossiya, MPK S10M175/02. Sposob ochistki motorno-go masla ot produktov stareniya i zagryazneniy. Zayavitel i paten-toobladatel: – Gosudarstvennoe nauchnoe uchrezhdenie "Vseros-siyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut ispolzovaniya tekhniki i nefteproduktov Rossiyskoy akademii selskohozyaystvennykh nauk (GNU VNIITiN Rossel'hoz'akademii). – # 2013130794/04. – zayavl. 04.07.2013, opubl. 20.09.2014.
19. Rudakova, N. Ya., et al. (1985). *Karbamidnoe kompleksobrazo-vanie nefii*. Leningrad: Chemistry, 240 p. [In Russian].
20. Sokolov, A. I. (1976). Izmeneniye kachestva masla i dolgovechnost avtomobilnykh dvigateley. Tomsk, 120 p. [In Russian].
21. Syeda Azeem Unnisa, & Malek Hassanpour (2017). Development circumstancs of four recycling industries (used motor oil, acidic sludge, plastic wastes and blown bitumen) in the world. *Renewable and sustainable energy reviews*, 72, 605–624. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.01.109>
22. Tarasevich, B. N. (2012). *IK spektryi osnovnykh klassov organicheskikh soedineniy*: spravochnyie materialy. Moscow: Chemistry, 55 p. [In Russian].
23. Tol'tinova, L. A., Solyanov, A. N., Horoshev, S. V., & Sirotina, V. V. (2005). Pat. 2246533 Rossiyskaya federatsiya, MPK S10M175/02. Sposob ochistki otrabotannogo masla. Zayavitel i patentoobladatel: Otkryitoe aktsioner'noe obschestvo "Nauchno-issledovatel'skiy tekhnologicheskii institut". – № 2002134870/04. – zayavl. 23.12.2002, opubl. 20.02.2005.

**B. O. Korchak, O. B. Hrynyshyn, T. I. Chervinsky, N. M. Vytrykush, A. O. Nagurskiy, R. V. Ivashchenko**

*Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine*

## PURIFICATION OF THE USED MINERAL ENGINE OILS BY CRYSTALLINE CARBAMIDE

Coagulation method is advisable to use in order to remove oxygen-containing products of aging from used oils and reduce their acidity number. Crystalline carbamide can be one of the easily accessible and perspective coagulants for the used mineral motor oils purification. Some oil purification methods known are those by using carbamide solutions (alcohol, often aqueous), but they lead to the entering additional quantities of water into the oil, to the formation of oil emulsion and promote foaming. Crystalline carbamide was added to the used oils and stirred at elevated temperature. The process efficiency was controlled by the oil acid number. The used carbamide together with the separated components of oil was filtered. Some factors influence on the purification process of used mineral motor M-10DM and NORMAL 15W40 oils by crystalline carbamide was studied. The optimal process conditions were established, namely: the amount of carbamide – 5 % wt. on raw materials; temperature – 140 °C; stirring time – 80 min. The investigations of the purified mineral motor oils operational properties changes, using X-ray fluorescence and IR-spectral analysis standardized methods were carried out. It was found that number acidity recovered by carbamide used oils significantly reduced, which confirmed by IR spectral analysis. There is also a slight increase oil viscosity index, as well as a decrease of mechanical impurities and water. The ash content of the oils decreases too. This is also confirmed by the results of X-ray fluorescence analysis. We also found the feasibility of crystalline carbamide using for the used mineral engine oils purification in order to reduce the acid number. It was proved that during the used mineral engine oils purification by crystalline carbamide an oil emulsion does not form, which adversely affects the oil operating properties, unlike carbamide aqueous solutions. The crystalline carbamide application for the used mineral engine oils purification allows reducing the content of aging oxygen-containing products, while at the same time the unwanted polycyclic aromatic hydrocarbons, asphalt-resinous substances, additives decomposition products and mechanical impurities remain in the purified oil and to remove them is necessary to use additional purification stages.

**Keywords:** Oil recovery; IR-spectral; X-ray fluorescence; coagulation; acid number.