

Т. І. Червінський, О. А. Лебедь, П. І. Казимирів
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра хімічної технології переробки нафти та газу
taras.i.chervinskyi@lpnu.ua

ОЧИЩЕННЯ ОБВОДНЕНИХ ВІДПРАЦЬОВАНИХ МІНЕРАЛЬНИХ МОТОРНИХ ОЛИВ

<https://doi.org/1023939/ctas2025.01.090>

У роботі вивчено процес коагуляції обводнених мінеральних моторних олив за наявності різних коагулянтів. Встановлено вплив природи та кількості коагулянтів на техніко-експлуатаційні характеристики очищуваних моторних олив. Успішне вилучення емульгованої води з обводнених відпрацьованих мінеральних моторних олив запропонованими коагулянтами підтверджено дослідними та ІЧ-спектроскопічним методами аналізів. Зневоднені відпрацьовані мінеральні моторні оливи можуть успішно бути скеровані на комбіновані методи їх регенерації.

Ключові слова: відпрацьована олива, регенерація олив, обводнені оливи, коагуляція, поверхнево-активні речовини, ІЧ-спектр.

Вступ

Відомо, що виробництва нафтопереробної галузі є одними із найбільш шкідливих для навколишнього середовища. Сьогодні у нашій державі щорічно утворюються значні кількості відпрацьованих олив, що становлять понад 50 % від загальних забруднень нафтопродуктами [1, 2].

Відпрацьовані нафтові оливи (ВНО) є токсичними сполуками з низьким рівнем біорозкладу (10–30 %) і становлять значну загрозу для довкілля. Особливо серйозну екологічну шкоду спричиняє їх потрапляння у ґрунти та водойми. За даними зарубіжних дослідників, обсяги таких забруднень перевищують аварійні розливи нафти під час її видобутку, транспортування та переробки. У зв'язку з цим актуальною є проблема відновлення експлуатаційних властивостей ВНО з метою їх повторного використання. Регенерація відпрацьованих олив дозволяє повернути до 80 % придатних для використання продуктів, водночас зменшуючи негативний вплив на навколишнє середовище. Найбільш економічно доцільним є розробка та впровадження технологій переробки ВНО, які дають змогу отримувати базові компоненти для виробництва моторних і трансмісійних олив, а також пластичних мастил, імпорту яких має значний вплив на економіку України [1–4].

Для відновлення властивостей ВНО застосовують різні технологічні операції, що базу-

ються на фізичних, хімічних і фізико-хімічних процесах, спрямованих на видалення продуктів старіння та забруднень. Очищення ВНО здійснюється у певній послідовності: спочатку механічний метод (видалення води та твердих частинок), потім теплофізичний (атмосферна та вакуумна перегонки) і фізико-хімічний (коагуляція, адсорбція). Якщо після очищення експлуатаційні характеристики олив не відповідають нормативним вимогам, застосовують хімічну регенерацію, яка значно підвищує витрати та вартість відновленого продукту [5–7].

Найпоширенішим методом хімічної регенерації ВНО є обробка концентрованою сульфатною кислотою або лугом з подальшим очищенням за допомогою відбілювальних глин (наприклад, бентонітів). Однак такий підхід призводить до утворення агресивних відходів, зокрема кислого гудрону, що створює додаткові екологічні проблеми, пов'язані з їх утилізацією [8–10].

Однак найбільш проблемними для процесів регенерації є обводнені відпрацьовані оливи (оливні емульсії), у складі яких міститься значний вміст води, чи водні розчини охолоджувальних сумішей, які потрапляють до олив унаслідок аварійних ситуацій [11].

Складність регенерації обводнених олив полягає у тому, що вода, яка є у складі олив, перешкоджає проведенню фізичних методів очи-

щення, зокрема, фільтрації, відстоюванню, осадженню осадів, зневодненню методами атмосферно-вакуумної перегонки через стійкість водно-оливних емульсій. Тому у технології регенерації обводнених відпрацьованих оливо найчастіше застосовують метод коагуляції з використанням високовартісних коагулянтів. Застосування такого методу дозволяє здійснювати вилучення води від оливної основи й тим самим підготувати їх для застосування повного технологічного циклу регенерації відпрацьованих оливо [12, 13]. Однак висока вартість коагулянтів робить цей процес очищення економічно не вигідним.

На нашу думку, для очищення відпрацьованих обводнених моторних оливо доцільно було б застосувати метод коагуляції із використанням як коагулянтів деяких дешевих поверхнево-активних речовин (ПАР), які є доступними на вітчизняному ринку нашої держави.

Мета досліджень – встановити можливість очищення відпрацьованих обводнених моторних оливо методом коагуляції з використанням доступних на ринку нашої держави поверхнево-активних речовин для подальшого вибору раціонального методу їхньої регенерації.

Матеріали та методи досліджень

У роботі вихідною обводненою відпрацьованою мінеральною моторною оливою (ВММО) слугувала олива марки NORMA 15W-40, отримана із служби технічного обслуговування після її заміни у картері бензинового ДВЗ легкового автомобіля через потрапляння рідини із системи охолодження. Для ВММО було визначено деякі експлуатаційні показники: кінематична в'язкість за 50 та 100 °C становила 68,72 мм²/с та 14,77 мм²/с відповідно; індекс в'язкості (ІВ) – 100; вміст води – 1,5 %; кислотне число (КЧ) – 2,31 мг КОН/г; вміст механічних домішок – 0,041 %. Вихідними коагулянтами слугували крохмаль марки “техн.”, карбоксиметилцелюлоза (КМЦ) марки “техн.”, лаурет сульфат натрію марки “GalaxyLES70” (SLES) та кокамідопропілбетаїн (COA). Усі вихідні речовини використовували без додаткового очищення.

Очищення обводненої ВММО вищезазначеними коагулянтами здійснювали у реакторі, обладнаному механічним перемішувачем, термометром та дозатором для подачі реагенту. У реак-

тор завантажували 100 г зразку обводненої ВММО, після чого її нагрівали до робочої температури процесу – 80 °C та після її досягнення, при постійному перемішуванні, за допомогою дозатора додавали коагулянт рівними порціями через однакові проміжки часу в необхідній кількості, виходячи з маси завантаженої оливи. Процес коагуляції тривав 30 хв. Після завершення процесу реакційну суміш охолоджували та переносили у ділильну воронку для відстоювання. Після відстоювання нижній шар осаду вилучали, а верхній шар очищеної нафтової оливи скеровували на фільтрацію. Надалі для зразка очищеної мінеральної оливи у нього визначали кінематичну в'язкість за 50 °C і 100 °C, ІВ, кислотне число, вміст води та механічних домішок за стандартними методиками.

Для підтвердження успішності методу очищення обводнених відпрацьованих мінеральних моторних оливо для зразків оливи були записані ІЧ-спектри на приладі марки Spectrum Two FT-IR spectrometer фірми Perkin Elmer у кюветі із селеніду цинку товщиною 0,1036 мм. Для запису й аналізу ІЧ-спектрів була використана програма Spectrum v.10.03.06.

Результати досліджень та їх обговорення

Із джерел літератури відомо, що такі ПАР, як крохмаль та карбоксиметилцелюлоза досить широко використовують у процесах коагуляції, водночас лаурет сульфат натрію та кокамідопропілбетаїн широко використовують для створення побутових та промислових миючих засобів. Для розроблення методики очищення обводненої ВММО в присутності вище зазначених коагулянтів необхідно встановити вплив кількості коагулянтів на процес очищення обводненої ВМО. Отримані результати подано у табл. 1–4.

Відомо, що крохмаль виявляє коагулюючі властивості, які активно використовують в різних галузях, зокрема, у водоочищенні, харчовій промисловості, біотехнологіях тощо. Його ефективність, екологічність та доступність роблять його привабливим вибором для заміни традиційних синтетичних коагулянтів.

Отримані результати досліджень з вивчення впливу кількості крохмалю на процес очищення обводненої ВММО марки NORMA 15W-40 подано у табл. 1.

Таблиця 1

Вплив кількості крохмалю на експлуатаційні властивості очищеної мінеральної моторної оливи NORMA 15W-40

Крохмаль, % мас.	Кінематична в'язкість мм ² /с		Індекс в'язкості	Вміст води, %	Кислотне число, мг КОН/г	Вміст мех. дом., %
	50 °С	100 °С				
0	68,72	14,77	100	1,5	2,31	0,041
5	59,46	12,62	115	0,42	2,30	0,033
10	60,28	12,54	117	сліди	2,28	0,024
20	58,21	13,01	120	сліди	2,29	0,016

Примітки: температура процесу коагуляції – 80 °С, тривалість – 30 хв.

Як бачимо з результатів, поданих у табл. 1, зі збільшенням кількості крохмалю відбувається незначна зміна значення кінематичної в'язкості та незначне зростання ІВ. Значення КЧ залишається незмінним, водночас наявне зниження вмісту механічних домішок та майже повне вилучення води за 10 % мас. крохмалю. Збільшення кількості крохмалю понад 10 % мас. не дає відчутної зміни значень експлуатаційних властивостей очищеної оливи. На нашу думку, дія крохмалю полягає у здатності спричиняти флоку-

ляцію краплинок води та із зростанням його концентрації й температури сприяти утворенню гелеподібної структури, яка при відстоюванні відокремлюється від оливи. Тому оптимальною кількістю крохмалю для успішного перебігу процесу очищення обводненої ВММО було обрано 10 % мас. від кількості завантаженої у реактор оливи.

Для очищеної за оптимальної кількості коагулянту моторної оливи NORMA 15W-40 був записаний ІЧ-спектр, зображений на рис 1.

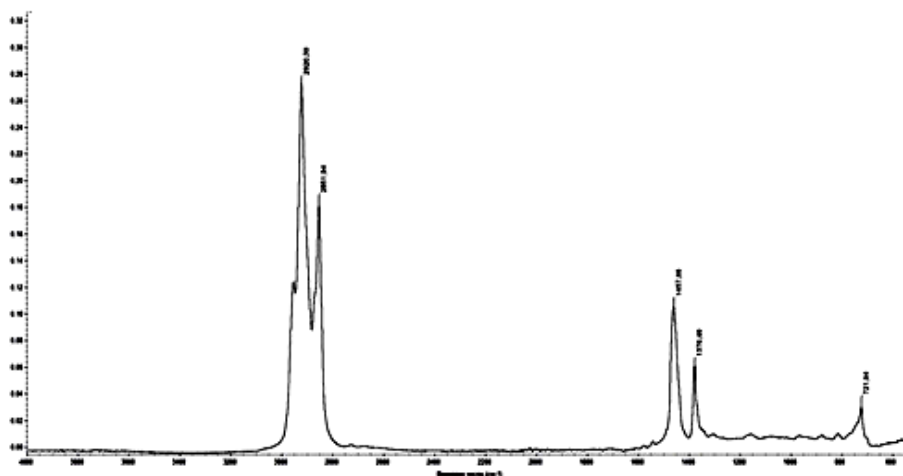


Рис. 1. ІЧ-спектр очищеної моторної оливи NORMA 15W-40 за наявності 10 % мас. крохмалю

Аналіз записаного ІЧ-спектру мінеральної оливи, очищеної крохмалем в кількості 10 % мас., показав валентні коливання парафіно-нафтоєвих вуглеводнів в області смуг поглинання за 2925–2860 см⁻¹, деформаційні коливання метильної вуглеводневої групи в області смуг поглинання за 1450–1380 см⁻¹ та вуглеводневій валентні коливання вуглецевої С-С групи за 1740–1725 см⁻¹.

Наявність у вуглеводневому складі оливи, під час її використання у ДВЗ, кетонів, альдегідів, органічних кислот, етерів та естерів, підтверджено смугами поглинання карбонільної групи С=О в області смуг поглинання за 1745–1625 см⁻¹. Смугами поглинання карбоксильної групи в області 1725–1685 см⁻¹ підтверджена наявність органічних карбонових кислот. Водночас відсутність води в очищеній моторній

оливі підтверджено відсутністю характерної для гідроксильної групи смуг поглинання в області 3410 см^{-1} .

Карбоксиметилцелюлоза є аніонним полісахаридом, який широко використовують у харчовій, фармацевтичній та косметичній промисловості завдяки своїм властивостям згущувача та стабілізатора [14]. У контексті коагуляції

оливних емульсій, КМЦ виявляє цікаві властивості, які можуть бути корисними в різних технологічних процесах.

Вивчення впливу кількості карбоксиметилцелюлози на процес очищення обводненої ВММО NORMA 15W-40 здійснювали за вище поданої методикою, а отримані результати досліджень наведено у табл. 2

Таблиця 2

Вплив кількості КМЦ на експлуатаційні властивості очищеної оливи NORMA 15W-40

КМЦ, % мас.	Кінематична в'язкість мм ² /с		Індекс в'язкості	Вміст води, %	Кислотне число, мг КОН/г	Вміст мех. дом., %
	50 °C	100 °C				
0	68,72	14,77	100	1,5	2,31	0,041
5	62,43	11,89	103	0,09	2,13	0,035
10	62,04	11,55	105	сліди	1,85	0,028
20	61,86	11,37	105	сліди	1,82	0,021

Примітки: температура процесу коагуляції – 80 °C, тривалість – 30 хв.

Як бачимо з результатів, поданих у табл. 2, зі збільшенням кількості КМЦ відбувається зменшення значень кінематичної в'язкості, КЧ та вмісту механічних домішок, проте найбільший ступінь вилучення води з обводненої ВММО був досягнутий при використанні 10 % мас. КМЦ. Подальше збільшення кількості КМЦ незначно покращувало значення отриманих результатів досліджень. На наш погляд, КМЦ набухає у

водній фазі емульсії та утворює в'язкий гідрогель, який за тривалого відстоювання відділився від оливи. Отже, на основі отриманих нами результатів досліджень можемо констатувати про успішність застосування КМЦ для очищення обводненої ВММО у кількості 10 % мас. Для очищеної за оптимальної кількості коагулянту КМЦ моторної оливи NORMA 15W-40 був записаний ІЧ-спектр, зображений на рис. 2.

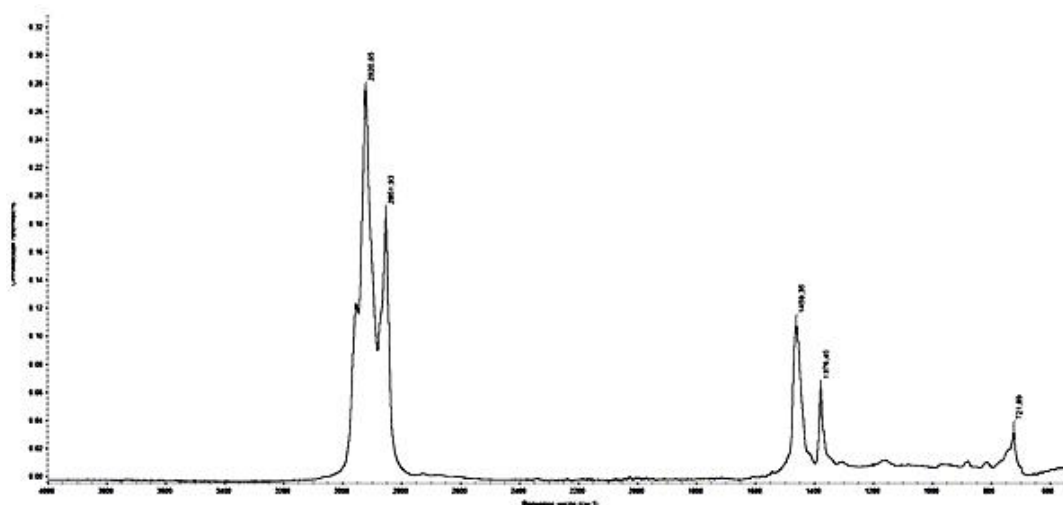


Рис. 2. ІЧ-спектр очищеної моторної оливи NORMA 15W-40 за наявності 10 % мас. карбоксиметилцелюлози

Аналіз записаного ІЧ-спектра очищеної моторної оливи NORMA 15W-40 за наявності 10 % мас. карбоксиметилцелюлози підтвердив відсутність смуги поглинання гідроксильної групи при 3210–3450 см^{-1} . Інтенсивність смуг поглинання карбоксильних груп також зменшилась в області 1810–1625 см^{-1} , що підтверджує результат зменшення значення кислотного числа.

Отримані нами результати проведених досліджень підтверджують успішність застосу-

вання КМЦ як коагулянта для очищення відпрацьованих обводнених моторних оливи.

Як відомо, SLES – це аніонний поверхнево-активний агент, який широко застосовують у косметичних засобах, мийних розчинах та промислових емульсіях.

Вивчення впливу кількості SLES на процес очищення обводненої BMMO NORMA 15W-40 здійснювали за вище поданої методикою, а отримані результати досліджень подано у табл. 3

Таблиця 3

Вплив кількості SLES на експлуатаційні властивості очищеної оливи NORMA 15W-40

SLES, % мас.	Кінематична в'язкість, $\text{мм}^2/\text{с}$		Індекс в'язкості	Вміст води, %	Кислотне число, мг КОН/г	Вміст мех. дом., %
	50 °C	100 °C				
0	68,72	14,77	100	1,50	2,31	0,041
5	77,41	17,75	130	0,65	2,39	0,037
10	88,51	18,95	135	0,58	2,40	0,036
20	67,75	14,27	123	сліди	2,38	0,031

Примітки: температура процесу – 80 °C, тривалість – 30 хв.

Аналізуючи отримані результати, подані у табл. 3, встановлено, що найменший вміст води у відпрацьованій оливі досягнуто при застосуванні 20 % мас. коагулянту. Зокрема, при 20 % мас SLES відбувається незначне зменшення вмісту механічних домішок. Однак використання SLES як коагулянта не знижує кислотність оливи.

Зростання значень кінематичної в'язкості оливи із збільшенням кількості SLES, на нашу думку, можна пояснити тим, що молекули коагулянту утворюють більш структуровані агрегати, такі як міцели та гідрогелі. Ці структури можуть призвести до збільшення в'язкості, оскільки вони створюють більш зв'язану та стабільну мережу між оливною та водною фазами. Такі структури можуть значно збільшити стійкість емульсії і змінити її реологічні властивості [15]. Водночас із зростанням концентрації SLES підвищує стійкість оливної емульсії до фазового розшарування. Очевидно, це пов'язано з тим, що молекули коагулянта здатні утримувати оливу та воду у стабільному стані, що, у свою чергу, може збільшити значення кінематичної в'язкості, оскільки всі компоненти утримуються разом у стабільній емульсії.

Зниження значень кінематичної в'язкості та вмісту води за 20 % мас. SLES, на наш погляд, можна пояснити тим, що коагулянт при достатньо високих концентраціях може дестабілізувати

емульсію, змушуючи фазу оливи і води розшаровуватися. Якщо концентрація SLES досить висока, він може впливати на структуру молекул, що утримують водну фазу (стабільні мікроструктури або міцели). Внаслідок цього водна фаза може бути виведена й емульсія почне розшаровуватися. Водночас, за високої концентрації (20 % мас. і більше), SLES може спричинити утворення міцел або гелеподібних структур, що дозволяють зібрати воду в окрему фазу. Це сприятиме відокремленню води від оливи, полегшуючи її видалення [16, 17]. Однак зростання концентрації коагулянта призведе до зростання вартості процесу очищення обводнених BMMO.

Для очищеної моторної оливи NORMA 15W-40 за наявності 20 % мас. SLES був записаний ІЧ-спектр, який зображений на рис. 3.

Порівнюючи ІЧ-спектр очищеної у присутності 20 % мас. SLES мінеральної моторної оливи NORMA 15W-40 із вище зображеними ІЧ-спектрами очищеної оливи іншими коагулянтами, можна помітити наявність деформаційних коливань в області смуги поглинання 1150 см^{-1} , які відсутні на вище зображених спектрах очищеної оливи. Така смуга коливань характерна для етерів з асиметричними валентними коливаннями С-О-С зв'язку, що свідчить про те, що лаурет сульфат натрію залишився у вуглеводневому складі оливи.

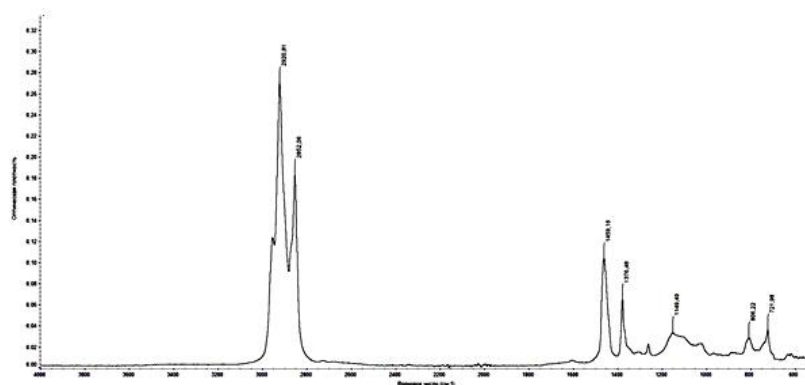


Рис. 3. ІЧ-спектр очищеної моторної оливи NORMA 15W-40 за наявності 20 % мас. SLES

На основі результатів, поданих табл. 3, можна констатувати, що SLES є ефективним для зневоднення обводнених моторних олих у кількостях, більших за 20 % мас., що призводить до зростання вартості процесу коагуляції.

Кокамідопропілбетаїн – це амфотерна поверхнево-активна речовина. Використовують як підсилювач піни у шампунях, у косметичці як емульгатор, згущувач, антистатик в кондиціонерах для волосся, проявляє антисептичні властивості.

На основі проведених раніше досліджень доведено, що кокамідопропілбетаїн ефективно діє як “зелений” демульгатор, сприяючи відокремленню водної фази від нафтових емульсій [18, 19]. Наприклад, у дослідженні, присвяченому обробці сирової нафтової емульсії, було встановлено, що кокамідопропілбетаїн забезпечує високу ефективності відокремлення води від нафтової емульсії [20].

Вивчення впливу кількості кокамідопропілбетаїну на процес очищення обводненої ВММО NORMA 15W-40 здійснювали за мето-

диною, описаною вище, а отримані результати досліджень подано у табл. 4.

Аналізуючи результати, які подані у табл. 4, можемо стверджувати, що із збільшенням кількості СОА відбувається незначне зростання значення кислотного числа та зниження вмісту механічних домішок. Практично повне вилучення вмісту емульгованої води в обводненій ВММО відбувається при використанні 5 % мас. СОА. Водночас із збільшенням кількості коагулянта відбувається зниження значень кінематичної в'язкості та ІВ. Механізм вилучення води з оливних емульсій за допомогою кокамідопропілбетаїну базується на його амфотерних поверхнево-активних властивостях, що дозволяють ефективно руйнувати стабільну міжфазну плівку між водною та оливною фазами. Після ослаблення захисної плівки водні краплі зливаються одна з одною, утворюючи більші краплі. Надалі більші краплі води утворюють окрему фазу, яка легко відділяється від оливи за допомогою відстоювання або центрифугування.

Таблиця 4

Вплив кількості СОА на експлуатаційні властивості очищеної оливи NORMA 15W-40

СОА, % мас.	Кінематична в'язкість, мм ² /с		Індекс в'язкості	Вміст води, %	Кислотне число, мг КОН/г	Вміст мех. дом., %
	50 °С	100 °С				
0	68,72	14,77	100	1,5	2,31	0,041
5	61,28	12,74	98	сліди	2,30	0,040
10	60,43	11,67	90	сліди	2,32	0,038
20	64,74	10,89	85	сліди	2,35	0,036

Примітки: температура процесу – 80 °С, тривалість – 30 хв.

Для підтвердження отриманих результатів нами був записаний ІЧ-спектр зневодненої ВММО при використанні 10 % мас. СОА (рис. 4). Його аналіз підтвердив наявність кисневмісних сполук

старіння оливи: органічних кислот, спиртів, альдегідів, кетонів, етерів та відсутність смуг поглинання гідроксильних груп, що підтверджує вилучення емульгованої води з ВММО.

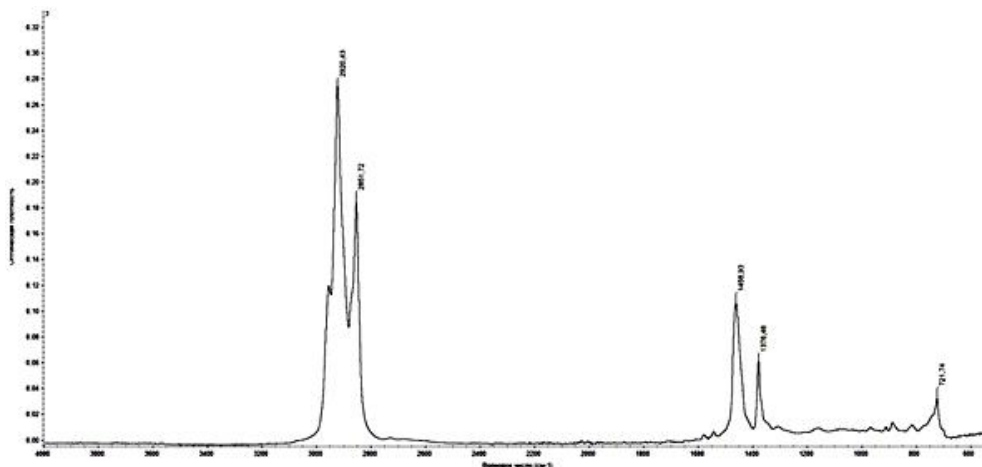


Рис. 4. ІЧ-спектр очищеної моторної оливи NORMA 15 W-40 за наявності 10 % мас. СОА

Отримані нами результати дозволяють констатувати, що використання різних за природою коагулянтів не впливає на якісний склад вуглеводневої частини очищуваної оливи. Водночас відсутність смуг коливань в записаних ІЧ-спектрах в області $3400\text{--}3200\text{ см}^{-1}$ свідчить про відсутність гідроксильних груп, що доводить про успішність процесу коагуляції обводнених відпрацьованих мінеральних моторних оливи.

Висновки

Вивчено вплив кількості крохмалю на процес коагуляції обводненої мінеральної моторної оливи NORMA 15W-40. Встановлено, що за $80\text{ }^{\circ}\text{C}$, тривалості 30 хв та 10 % мас. коагулянта відбувається практично повне вилучення емульгованої води з вуглеводного складу оливи, зменшення вмісту механічних домішок та незначне покращення в'язкісно-температурних властивостей оливи, що підтверджено дослідним та ІЧ-спектральним методами аналізу.

Вивчено вплив кількості карбоксиметилцелюлози на процес коагуляції обводненої мінеральної моторної оливи NORMA 15W-40. Доведено, що при 10 % мас. коагулянта відбувається повне вилучення емульгованої води з обводненої оливи, покращення значень в'язкісно-температурних властивостей, зменшення вмісту механічних домішок та зниження значення кислотного числа. Успішність перебігу процесу очищення

обводненої ВММО підтверджено ІЧ-спектральним методом аналізу.

Доведено вплив кількості лаурет сульфат натрію на процес коагуляції обводненої ВММО NORMA 15W-40. Встановлено, що для досягнення необхідного ступеня очищення обводненої оливи кількість коагулянта повинна бути не меншою, ніж 20 % мас. Водночас застосування такого коагулянта не впливає на пониження значення кислотного числа та зменшення кількості механічних домішок.

Встановлено можливість використання кокамідопропілбетаїну як коагулянта для очищення обводнених ВММО. Доведено, що у присутності 5 % мас. СОА відбувається майже повне вилучення вмісту емульгованої води в обводненій ВММО, незначне зниження вмісту механічних домішок та значень в'язкісно-температурних властивостей. Збільшення кількості коагулянта не впливає на значення кислотного числа оливи.

На основі отриманих результатів проведених дослідження можемо констатувати, що для очищення обводнених ВММО від емульгованої води та частини механічних домішок методом коагуляції найбільш доцільно як коагулянт використовувати карбоксиметилцелюлозу в кількості 10 % мас. за $80\text{ }^{\circ}\text{C}$ й тривалості процесу 30. Очищену від води ВММО доцільно скерувати на

комбіновані методи регенерації для повного відновлення її техніко-експлуатаційних властивостей та повернення у повторне використання в різних галузях промисловості.

References

1. Hrynyshyn, O., Korchak, B., Chervinsky, T., Kochubei, V. (2017). Change in Properties of M-10DM Mineral Motor Oil After Its Using in the Diesel Engine. *Chemistry & Chemical Technology*, 11(3), 387–391. doi: 10.23939/chcht11.03.387.
2. Chervins'kyi, T. I., Hrynyshyn, O. B., Korchak, B. O. (2015). Reheneratsiya vidprats'ovanykh motornykh olyv u prysutnosti karbamidu. *Visnyk Natsional'noho universytetu "L'vivska politekhnika". Seriya: Khimiya, tekhnolohiya rechovyn ta yikh zastosuvannya*, 812, 158–163.
3. Korchak, B., Hrynyshyn, O., Chervinsky, T., Polyuzhin, I. (2018). Application of Vacuum Distillation for the Used Mineral Oils Recycling. *Chemistry & Chemical Technology*, 12(3), 365–371. doi: 10.23939/chcht12.03.365.
4. Kuznyetsova, O., Natreba, Z. (2015). Doslidzhennya starinnykh mineral'nykh hidravlichnykh olyv. I. Fraktsiynnyy sklad. *Tekhnolohycheskyy audyt y rezervy proyzvodstva*, 3/4(23), 64–68.
5. Korchak, B., Grynyshyn, O., Chervinsky, T., Shapoval, P., Nagursky, A. (2020). Thermooxidative Regeneration of Used Mineral Motor Oils. *Chemistry & Chemical Technology*, 14(1), 129–134. doi: 10.23939/chcht14.01.129.
6. Dominguez-Rosado, E., Pichtel, J. (2003). Chemical Characterization of Fresh, Used and Weathered Motor Oil Via GC/MS, NMR and FTIR Techniques. *Proceeding of Indiana Academy Science*, 112(2), 109–116.
7. Sánchez-Alvarracín, C., Criollo-Bravo, J., Albuja-Arias, D, García-Ávila, F., Pelaez-Samaniego, M. (2021). Characterization of Used Lubricant Oil in a Latin-American Medium-Size City and Analysis of Options for Its Regeneration. *Recycling*, 6(10), 1–22. doi: 10.3390/recycling6010010.
8. Anand Kumar Tripathi, Ravikrishnan Vinu. (2015). Characterization of Thermal Stability of Synthetic and Semi-Synthetic Engine Oils. *Lubricants*, 3(1), 54–79. doi:10.3390/lubricants3010054.
9. Zhirong Liang, Longfei Chen, Mohammed S. Alam, Soheil Zeraati Rezaei, Christopher Stark, Hongming Xu, Roy M. Harrison. (2018). Comprehensive chemical characterization of lubricating oils used in modern vehicular engines utilizing GC × GC-TOFMS. *Fuel* 220, 792–799. doi:10.1016/j.fuel.2017.11.142.
10. Chayka, O. H. (2007). *Ekotekhnolohiya utylizatsiyi vidprats'ovanykh olyv*. (Dys. kand. tekhn. nauk). Natsional'nyy universytet "L'vivska politekhnika", Lviv.
11. Karaulov, A., Khudolii, N. (2000). *Avtomobilnye Masla. Motornye i Transportnye. Assortiment i Primenenie*. Kyiv: Raduga.
12. Pelitli, V., Doğan, Ö., Köroğlu, H. (2017). Waste oil management: Analyses of waste oils from vehicle crankcases and gearboxes. *Global Journal of Environmental. Science. Management*, 3(1), 11–20. doi: 10.22034/gjesm.2017.03.01.002.
13. Pantelis, G. Nikolakopoulos, Stamatis Mavroudis and Anastasios Zavos. (2018). Lubrication Performance of Engine Commercial Oils with Different Performance Levels: The Effect of Engine Synthetic Oil Aging on Piston Ring Tribology under Real Engine Conditions. *Lubricants*, 6(4), 90–109. doi:10.3390/lubricants6040090.
14. Suberlyak, O. V., Yakovenko, T. T., Babakhanova, T. H., Tkhir, I. H. (2002) Atlas tekhnolohichnykh skhem vyrobnytstva polimeriv ta plastychnykh mas na yikh osnovi. L'viv: L'vivska politekhnika.
15. Rui Wang, Yi Feng, Yunqian Zhong, Yanzhao Zou, Mingjun Yang, Yucheng Liu, Ying Zhou. (2021). Enhancing Demulsification Performance for Oil–Water Separation through Encapsulating Ionic Liquids in the Pore of MIL-100(Fe). *Langmuir*, 37(27), 8232–8239. doi: 10.1021/acs.langmuir.1c00945
16. Ashwin Kumar Yegya Raman, Clint P. Aichele. (2018). Demulsification of Surfactant-Stabilized Water-in-Oil (Cyclohexane) Emulsions using Silica Nanoparticles. *Energy & Fuels*, 32(8), 8121–8130. doi: 10.1021/acs.energyfuels.8b01368
17. Pratik, S. Gotad, Abdol Hadi Mokarizadeh, Mesfin Tsige, Sadhan C. Jana. (2024). Understanding Separation of Oil–Water Emulsions by High Surface Area Polymer Gels Using Experimental and Simulation Techniques. *Langmuir*, 40(46), 24622–24633. doi: 10.1021/acs.langmuir.4c03496.
18. Wu, J., Xu, Y., Dabros, T., Hamza, H. (2003). Effect of Demulsifier Properties on Destabilization of Water-in-Oil Emulsion. *Energy Fuels*, 17(6), 1554–1559. doi: 10.1021/ef030113e.
19. Falode, O. A., Aduroja, O. Ch. (2015). Development of Local Demulsifier For Water. OilEmulsion Treatment. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Rese*, 24(1), 301–320.
20. Drochomirecki, J. M. (2023). *Application of Bio and Biobased Surfactants as Demulsifiers for Destabilization of Water in Crude Oil Emulsions*, SPE Annual Technical Conference and Exhibition. San Antonio, Texas, USA.

T. I. Червінський, О. А. Лебедь, П. І. Казимирів

T. I. Chervinskyi, O. A. Lebed, P. I. Kazymyryv

Lviv Polytechnic National University,
Department of Chemical Technology of Oil and Gas Processing

CLEANING OF WATERED USED MINERAL MOTOR OILS

The work studies the coagulation process of watered-down mineral motor oils in the presence of various coagulants. The influence of the nature and amount of coagulants on the technical and operational characteristics of purified motor oils is established. The successful removal of emulsified water from watered-down used mineral motor oils by the proposed coagulants is confirmed by experimental and IR spectroscopic analysis methods. Dehydrated used mineral motor oils can be successfully directed to combined methods of their regeneration.

Keywords: waste oil, oil regeneration, watered-down oils, coagulation, surfactants, IR spectrum.