

ШИЩАК МАКСИМ

Національний університет "Львівська політехніка"

<https://orcid.org/0009-0002-0860-3896>e-mail: maksym.m.shyshchak@lpnu.ua**ТОПІЛЬНИЦЬКИЙ ПЕТРО**<https://orcid.org/0000-0002-7770-2567>e-mail: petro.i.topilnytskyi@lpnu.ua

АНТИКОРОЗІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ ДЕЕМУЛЬГАТОРІВ ДЛЯ ВАЖКИХ НАФТ

В роботі наведено результати досліджень антикорозійних властивостей розроблених композицій промислових деемульгаторів серії Dissolvan на прикладі Бугруватської нафти, для яких встановлено, що вони зменшують швидкість корозії в 1,6-2,3 рази і виявляють захисний ефект на рівні 35-57%.

Ключові слова: важкі нафти, захисний ефект, інгібуюча здатність, швидкість корозії.

SHYSHCHAK MAKSYM**TOPILNYTSKYI PETRO**

Lviv Polytechnic National University

ANTI-CORROSION PROPERTIES OF HEAVY OIL DEMULSIFIERS

One of the biggest challenges faced by the oil refining industry in the production, transportation, and processing of oil is the formation of oil-water emulsions and corrosion of oilfield equipment and pipelines caused by the impact of produced and transported media. This article presents the results of studies of the anticorrosive properties of the authors' compositions of demulsifiers of the Dissolvan series manufactured by Clariant (Switzerland), which are designed to separate water-oil emulsions and are widely used in the oil industry. However, their effectiveness for heavy oils from Ukrainian fields has not been studied. For the study, we used heavy oil from the Bugrurvatske field with a water content of 16 % by weight and a salt content of 12500 mg/l. Four of the twelve developed compositions were selected to determine the effect of demulsifiers on corrosion, which showed the highest degree of dehydration and demineralization in previous studies. The anticorrosive properties of the compositions were evaluated by the gravimetric method. It has been experimentally established that all the studied compositions reduce the corrosion rate and have a protective effect. Depending on the composition and the ratio of the components in it, corrosion processes are slowed down by 1.6-2.3 times, and the protective effect is within the range of 35-57%. The composition containing Dissolvan 3245, Dissolvan 4411, Dissolvan 5252, and Dissolvan 4064 demulsifiers showed the highest protective effect, and the lowest effect showed the industrial demulsifier Dissolvan 2830. The data obtained indicate the acute relevance of scientific research aimed at developing new effective reagents that can reduce losses from reagent shortages in the current economic environment. The results can be used for the reasonable development of a set of measures to increase production, rational transportation, and ways of further processing heavy oils from Ukrainian fields.

Keywords: heavy oils, protective effect, inhibitory ability, corrosion rate.

Стаття надійшла до редакції / Received 27.03.2025

Прийнята до друку / Accepted 16.04.2025

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Деемульгатори та інгібітори корозії - це хімічні реагенти, які використовують на нафтовидобувних родовищах для вирішення поширених проблем зневоднення нафти та корозії обладнання під час експлуатації. Вода, яка міститься в нафті, і разом з тим розчинені в ній солі, викликають корозію металу апаратури технологічного устаткування. Сира нафта сама по собі не є корозійно-активною, але нафта, що видобувається з геологічних резервуарів, супроводжується різною кількістю води, мінеральних солей, механічних домішок і кислих газів, які стають безпосередньою причиною корозії, яка може викликати низку проблем [1]. Управління цілісністю трубопроводу є життєво важливим для сталого видобутку. Серед усіх загроз виходу з ладу трубопроводів, корозія є значною і, за деякими даними, становить до 50%. Автори статті [2] фокусуються на корозійних ризиках, що виникають через внутрішні середовища, які контактують зі стінкою труби. Оскільки нафто- і газопроводи відіграють ключову роль у безпечному та ефективному постачанні енергоресурсів по всьому світу, оцінка швидкості та глибини корозії в трубопроводах має важливе значення для прогнозування ймовірності їх виходу з ладу [1]. Хімічна деемульгація – це процес дестабілізації захисних міжфазних шарів за допомогою хімічних речовин, що призводить до швидшого розпаду емульсії. Як економічно вигідний і ефективний метод зневоднення нафтових емульсій часто використовують хімічні деемульгатори [3]. Таким чином глибоке зневоднення та знесолення нафти дають змогу запобігати проявам багатьох небажаних процесів, в тому числі, корозії виробничих потужностей, а також зменшити витрати на перекачування або транспортування нафти танкерами чи трубопроводами.

Аналіз досліджень та публікацій

В літературі представлена величезна кількість робіт стосовно досліджень ефективних деемульгаторів для розділення нафто-водних емульсій [4-6] та інгібіторів корозії [7-9] для різних типів нафт. Про позитивну роль сирової нафти на гальмування процесів корозії зазначається в роботах [10, 11]. Автори звертають увагу, що ідея використання сирової нафти для зменшення корозії трубопроводів при видобутку нафти набула значного значення у боротьбі з агресивною корозією CO_2 та H_2S , що є цінним для оцінки корозійного ризику і правильного вибору матеріалів для трубопроводів [11]. Проте досліджень стосовно антикорозійних властивостей самих деемульгаторів є дуже обмежена кількість [12-14]. Аббасов та ін. [12] розробили багатофункціональний деемульгатор з використанням поліефіру та солі органічної кислоти, який має також властивості інгібітора корозії. М.Абдуллаєв [13] синтезував композицію на основі гомогенної суміші поліетиленполіаміну з каніфоллю та метанолом, яка має низьку вартість, характеризується простотою та легкістю приготування. Від багатьох відомих деемульгаторів запропонована композиція відрізняється простотою приготування, високою ефективністю, і забезпечує достатньо високі результати навіть при невеликій витраті порівняно з відомими деемульгаторами. Зазначається, що запропонована композиція також може бути використана як інгібітор корозії. В роботі [14] автори наголошують, що розроблені ними деемульгатори у кількості 700 г/т не тільки зменшують кількість води в нафті до 0,01-0,02% мас., але й виявляють 96-98% захисний ефект.

Застосування композиційних сполук в більшості випадків є ефективнішим, ніж використання будь-якої сполуки в чистому вигляді. Синергетичний ефект взаємодії між відповідними деемульгаторами забезпечує значно кращу продуктивність, ніж незалежні деемульгатори [15]. Комерційно доступні деемульгатори використовували для досліджень в ряді робіт, проте їх ефективність для українських нафт практично не вивчалась. Публікацій, які б стосувались досліджень антикорозійних властивостей композицій деемульгаторів для важких нафт, авторами не знайдено. Тому нами попередньо було розроблено серію композицій з використанням промислових деемульгаторів Dissolvan (фірма Clariant, Швейцарія) і досліджено їх ефективність для зневоднення важких нафт українських родовищ. Чотири з дванадцяти розроблених композицій, які виявили найвищий ступінь зневоднення і демінералізації, було відібрано для подальших досліджень і розглядаються в цій статті.

Формулювання цілей статті

Метою роботи є: дослідження впливу розроблених композицій промислових деемульгаторів серії Dissolvan на інгібування процесу корозії у важкій нафті Бугруватського родовища.

Виклад основного матеріалу

Оскільки вміст води, хлористих солей і механічних домішок у нафті, що надходить на переробку, є основною причиною виникнення цілого ряду проблем, включаючи погіршення якості одержуваних продуктів, труднощі з транспортуванням, корозію трубопроводів і апаратури, підвищення загальної вартості виробництва, для досліджень було вибрано Бугруватську нафту, в якій високий вміст води (16% мас.), солей (12500 мг/л) і механічних домішок (0,16% мас.). Для зменшення в'язкості і підвищення ефективності зневоднення нафти розріджували важким газовим конденсатом (30% мас.).

Ефективність інгібуючої дії деемульгаторів визначали гравіметричним методом. Для досліджень використовували металеві пластини площею 30 см², виготовлені зі сталі Ст20. Хімічний склад сталі приведений в таблиці 1. Пластину витримували в середовищі досліджуваної нафти при перемішуванні з додаванням 100 ppm кожної з чотирьох композицій деемульгатора. Склад композицій та їх деемульгуюча ефективність приведені в таблиці 2. Дослідження з нафтою без додавання деемульгатора проводились для порівняння. Час перебування пластини в досліджуваному середовищі становив 3 год., температура випробувань становила 50°C, 60°C і 70°C.

Таблиця 1

Хімічний склад сталі, % мас.

C	Si	Mn	P	S	Cr	Cu	Ni	Fe
0,17-0,24	0,17-0,37	0,35-0,65	≤0,035	≤0,040	≤0,25	≤0,30	≤0,30	≈98

...

Таблиця 2

Склад деемульгуючих композицій та їх ефективність

№ композиції	Склад композиції		Ступінь зневоднення, %	Ступінь демінералізації, %
	Компонент	Кількість, % мас.		
1	Д-3245	10	93,8	98,8
	Д-4411	30		
	Д-5252	10		
	Ізопропанол	30		
	Вода	20		

Продовження таблиці 2

№ композиції	Компонент	Кількість, % мас.	Ступінь зневоднення, %	Ступінь демінералізації, %
2	Д-3245	35	93,3	98,2
	Д-4006	15		
	Суміш ксилолів	40		
	Ізопропанол	10		
3	Д-3245	6	94,5	99,0
	Д-4411	40		
	Д-5252	5		
	Суміш ксилолів	39		
	Ізопропанол	10		
4	Д-2830	100	89,6	93,4

...

Швидкість корозії K [г/(м²·год)] визначали як відношення втрати маси пластини внаслідок корозії до площі поверхні пластини за певний період:

$$K = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau}, \quad (1)$$

де Δm – зменшення маси металевої пластини внаслідок корозії, г; τ – час проведення експерименту, год; S – площа поверхні досліджуваної пластини, м²:

Кількісна оцінка впливу деемульгатора на швидкість корозійного процесу характеризується захисним ефектом Z , який розраховувався як відношення різниці швидкостей корозії металу в нафті без деемульгатора і з деемульгатором до швидкості корозії металу в середовищі без інгібітора, виражене у відсотках:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100, \quad (2)$$

де K_0 – швидкість корозії металу в нафті без деемульгатора, K – швидкість корозії металу після додавання деемульгатора.

Отримані результати визначення антикорозійних властивостей представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Антикорозійні властивості композицій деемульгаторів (витрата 100 ppm, час 3 год.)

Середовище (№ композиції відповідно до таблиці 2)	Швидкість корозії K , г/(м ² ·год)			Захисний ефект Z , %		
	50°C	60°C	70°C	50°C	60°C	70°C
Бугруватська нафта без деемульгатора	2,82	3,16	4,05	–	–	–
Нафта + комп. 1	1,45	1,54	2,02	48	51	50
Нафта + комп. 2	1,41	1,58	2,08	50	50	49
Нафта + комп. 3	1,20	1,34	1,84	57	57	54
Нафта + комп. 4	1,75	1,96	2,64	38	38	35

...

Як і було очікувано, підвищення температури з 50°C до 70°C призводить до збільшення швидкості корозії як для чистої нафти, так і нафти з композиціями деемульгаторів. За всіх температур досліджувані композиції деемульгаторів не тільки зменшують швидкість корозії в $\approx 1,5$ -2 рази, що свідчить про гальмування корозійних процесів цими деемульгаторами, але навіть виявляють захисний ефект. Цікаво, що для композиції 1, яка містить деемульгатори Д-3245, Д-4411, Д-5252, ізопропанол і воду у своєму складі, захисний ефект зростає на 2-3% з підвищенням температури досліджень від 50°C до 60 °C. Для всіх інших композицій в цьому інтервалі температур захисний ефект практично не змінюється. При підвищенні температури досліджень до 70°C величина Z зменшується на 1-3%.

Найкращі захисні властивості за всіх температур спостерігаються для композиції 3, яка містить деемульгатори Д-3245, Д-4411, Д-5252 і Д-4064 ($Z = 54$ -57%). Швидкість корозії при застосуванні такої композиції зменшилась в $\approx 2,3$ рази. Деемульгатори, які входять до складу композиції 3, є оксидильованими і оксипропілованими блокполімерами з діпоксидними групами. Слід зазначити, що ця ж композиція виявила і найвищий ступінь зневоднення та демінералізації (94,5% і 99%, відповідно, див. табл. 2).

Дещо нижчий захисний ефект ($Z = 48$ -51%) продемонстрували композиції 1 і 2, які також в своєму складі містять оксидильовані та оксипропіловані блокполімери, тільки з іншим співвідношенням компонентів. Введення зазначених композицій до Бугруватської нафти зменшує швидкість корозії при 60°C з 3,16 г/(м²·год) до 1,54-1,58 г/(м²·год).

Композиція 4 фактично є умовною композицією. Це товарна форма деемульгатора Dissolvan 2830, який являє собою суміш нейногенних поверхнево-активних речовин, розчинених у суміші метанолу та ксилолу. В Україні його використовують в промислових масштабах, в тому числі в системі

підготовки нафтових емульсій Охтирської групи родовищ НГВУ «Охтирканафтогаз» [16]. Застосування цього деемульгатора ефективне не тільки для розділення нафтових емульсій, але й дозволяє зменшити швидкість корозії в 1,5-1,6 рази. Його захисний ефект становить 35-38%.

Оскільки деемульгатори володіють ще і мийними властивостями, вони змивають із внутрішніх стінок труб не тільки плівку нафти, але і захисну плівку адсорбованого на них інгібітора корозії. З іншої сторони, деякі інгібітори корозії виявляють емульгуючі властивості, тому їх додавання в систему погіршує процес відділення води від нафти [17]. Якщо ці інгібітори знижують міжфазний натяг між водною та нафтовою фазами, або збільшують гідрофільність емульсії, це може ускладнити ефективне руйнування емульсії деемульгатором, що потенційно вимагає більших доз деемульгатора для адекватного розділення.

Висновки з даного дослідження

і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

Наведено результати експериментальних досліджень антикорозійних властивостей розроблених композицій комерційно-доступних деемульгаторів серії Dissolvan, виробництва фірми Clariant, Швейцарія. Показано, що додавання розроблених композицій на основі оксидильованих і оксипропілованих блокполімерів з дієпоксидними групами, а також нейногенного промислового деемульгатора Dissolvan-2830 до важкої нафти Бугруватського родовища зменшує швидкість корозії приблизно в півтора-два рази. Окрім цього, розроблені композиції виявляють захисний ефект в інтервалі 35-57%. Найвищий захисний ефект виявила композиція, яка містить в своєму складі деемульгатори Д-3245, Д-4411, Д-5252 і Д-4064, найменший – промисловий деемульгатор Д-2830. Оскільки зневоднення нафти має велике значення з точки зору вдосконалення технології переробки нафти та зменшення витрат на її транспортування, подальші дослідження інгібуючої дії деемульгаторів будуть перспективними і цінними для оцінки корозійного ризику.

Література

1. Khakzad S. / Probabilistic failure assessment of oil pipelines due to internal corrosion / S. Khakzad, M. Yang, A. Lohi, N. Khakzad // Process safety progress. – 2022. – vol. 41, no. 4. – P. 793–803. – DOI: <https://doi.org/10.1002/prs.12364>.
2. Askari M. / Comprehensive review on internal corrosion and cracking of oil and gas pipelines / M. Askari, M. Aliofkhazraei, S. Afroukhteh // Journal of natural gas science and engineering. – 2019. – vol. 71. – P. 102971. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2019.102971>.
3. Hadi A. A. / Chemical demulsification techniques in oil refineries: A review. / A. A. Hadi, A. A. Ali // [Materials Today Proceedings](#). – 2022. – [vol. 53, no. 1](#). – P. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.297>.
4. Faisal W. / A critical review of the development and demulsification processes applied for oil recovery from oil in water emulsions / W. Faisal, F. Almomani // Chemosphere. – 2022. – vol. 291, part 3. – P. 133099. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133099>.
5. Abed S. M. / Oil emulsions and the different recent demulsification techniques in the petroleum industry - A review / S. M. Abed, N. H. Abdurahman, R. M. Yunus, H. A. Abdulbari, S. Akbari // 1st ProSES Symposium IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – vol. 702. – P. 012060. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/702/1/0120601>.
6. Ma J. / Comprehensive review on stability and demulsification of unconventional heavy oil-water emulsions / J. Ma, M. Yao, Y. Yang, X. Zhang // Journal of molecular liquids. – 2022. – vol. 350. – P. 118510. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118510>.
7. Tamalmani K. / Review on corrosion inhibitors for oil and gas corrosion issues / K. Tamalmani, H. Husin // Applied science. – 2020. – vol. 10, no. 10. – P. 3389. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10103389>.
8. Arya A. K. / Corrosion inhibitors in oil and gas industry - a critical review / A. K. Arya, Jain, R., Bisht, S. // Tailored functional materials / ed. by K. Mukherjee, R. K. Layek, D. De. – Springer, 2022. – P. 355-369. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-2572-6_27.
9. Topilnytskyy P. / Production of corrosion inhibitors for oil refining equipment using natural components / P. Topilnytskyy, V. Romanchuk, T. Yarmola // Chemistry & chemical technology. – 2018. – vol. 12, no. 3. – P. 400-404. DOI: <https://doi.org/10.23939/chcht12.03.400>.
10. Silva C. A. / Impact of Crude Oil Emulsion on Pipeline Corrosion / C. A. Silva, D. R. N. Filho, M. H. A. Zanin, Z. Panossian // Journal of petrochemical engineering. – 2021. – vol. 1, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.36959/901/249>.
11. Wang Z. M. / Corrosion of multiphase flow pipelines: the impact of crude oil / Z. M. Wang, Zhang J. // Corrosion reviews. – 2016. – vol. 34, no. 1-2. – P. 17–40. DOI: <https://doi.org/10.1515/corrrev-2015-0053>.
12. Abbasov V. M. / Creation and research of composite compounds (Khazar-24 demulsifier) for oil dehydration and oil demineralization in laboratory and industrial environments / V. M. Abbasov, S. M. Abbaszade, T. A. Ismayilov, E. Sh. Abdullayev, R. A. Jafarova // Processes of petrochemistry and oil refining. – 2014. – vol 15, no. 4. – P. 332–337.

13. Abdullayev M. G. / New composition for demulsification in downhole conditions / M. G. Abdullayev // SOCAR proceedings special. – 2024. – no. 1. – P. 102–106. DOI: <https://doi.org/10.5510/OGP2024SI101007>.
14. Gurbanov G. R. / Enhancing demulsification efficiency and corrosion protection in oil industry: a study of novel compositions / G. R. Gurbanov, A. V. Gasimzade // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii. – 2024. – no. 2, P. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2024-153-2-18-25>.
15. Topilnytskyi P. / Demulsification methods for heavy crude oil emulsions. A review / P. Topilnytskyi, M. Shyshchak, V. Skorokhoda, V. Torskyi // Chemistry & chemical technology. – 2024. –vol. 18, no. 2, P. 270–283. <https://doi.org/10.23939/chcht18.02.270>.
16. Нетіпа В. І. / Підготовка нафтових емульсій із підвищеним вмістом механічних домішок та стабілізаторів / В. І. Нетіпа, Б. Л. Литвин // Нафтогазова галузь України. – 2015. – № 4. – С. 39–42.
17. Чумак О. П. Дослідження впливу інгібітору корозії на утворення емульсій при підготовці і переробці нафти / О. П. Чумак, А. М. Узлова, І. О. Лаврова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : тези доп. 29-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2021, [18-20 травня 2021 р.] : у 5 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : Планета-Прінт, 2021. – 264 с. URL <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73722>

References

1. Khakzad S. / Probabilistic failure assessment of oil pipelines due to internal corrosion / S. Khakzad, M. Yang, A. Lohi, N. Khakzad // Process safety progress. – 2022. – vol. 41, no. 4. – P. 793–803. – DOI: <https://doi.org/10.1002/prs.12364>.
2. Askari M. / Comprehensive review on internal corrosion and cracking of oil and gas pipelines / M. Askari, M. Aliofkhazraei, S. Afroukhteh // Journal of natural gas science and engineering. – 2019. – vol. 71. – P. 102971. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2019.102971>.
3. Hadi A. A. / Chemical demulsification techniques in oil refineries: A review. / A. A. Hadi, A. A. Ali // [Materials Today Proceedings](https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.297). – 2022. – vol. 53, no. 1. – P. 58–64. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.12.297>.
4. Faisal W. / A critical review of the development and demulsification processes applied for oil recovery from oil in water emulsions / W. Faisal, F. Almomani // Chemosphere. – 2022. – vol. 291, part 3. – P. 133099. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.133099>.
5. Abed S. M. / Oil emulsions and the different recent demulsification techniques in the petroleum industry - A review / S. M. Abed, N. H. Abdurahman, R. M. Yunus, H. A. Abdulbari, S. Akbari // 1st ProSES Symposium IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. – 2019. – vol. 702. – P. 012060. DOI: <https://doi.org/10.1088/1757-899X/702/1/012060>.
6. Ma J. / Comprehensive review on stability and demulsification of unconventional heavy oil-water emulsions / J. Ma, M. Yao, Y. Yang, X. Zhang // Journal of molecular liquids. – 2022. – vol. 350. – P. 118510. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2022.118510>.
7. Tamalmani K. / Review on corrosion inhibitors for oil and gas corrosion issues / K. Tamalmani, H. Husin // Applied science. – 2020. – vol. 10, no. 10. – P. 3389. DOI: <https://doi.org/10.3390/app10103389>.
8. Arya A. K. / Corrosion inhibitors in oil and gas industry - a critical review / A. K. Arya, Jain, R., Bisht, S. // Tailored functional materials / ed. by K. Mukherjee, R. K. Layek, D. De. – Springer, 2022. – P. 355–369. DOI: https://doi.org/10.1007/978-981-19-2572-6_27.
9. Topilnytskyi P. / Production of corrosion inhibitors for oil refining equipment using natural components / P. Topilnytskyi, V. Romanchuk, T. Yarmola // Chemistry & chemical technology. – 2018. – vol. 12, no. 3. – P. 400–404. DOI: <https://doi.org/10.23939/chcht12.03.400>.
10. Silva C. A. / Impact of Crude Oil Emulsion on Pipeline Corrosion / C. A. Silva, D. R. N. Filho, M. H. A. Zanin, Z. Panossian // Journal of petrochemical engineering. – 2021. – vol. 1, no. 1. DOI: <https://doi.org/10.36959/901/249>.
11. Wang Z. M. / Corrosion of multiphase flow pipelines: the impact of crude oil / Z. M. Wang, Zhang J. // Corrosion reviews. – 2016. – vol. 34, no. 1-2. – P. 17–40. DOI: <https://doi.org/10.1515/corrrev-2015-0053>.
12. Abbasov V. M. / Creation and research of composite compounds (Khazar-24 demulsifier) for oil dehydration and oil demineralization in laboratory and industrial environments / V. M. Abbasov, S. M. Abbaszade, T. A. Ismayilov, E. Sh. Abdullayev, R. A. Jafarova // Processes of petrochemistry and oil refining. – 2014. – vol 15, no. 4. – P. 332–337.
13. Abdullayev M. G. / New composition for demulsification in downhole conditions / M. G. Abdullayev // SOCAR proceedings special. – 2024. – no. 1. – P. 102–106. DOI: <https://doi.org/10.5510/OGP2024SI101007>.
14. Gurbanov G. R. / Enhancing demulsification efficiency and corrosion protection in oil industry: a study of novel compositions / G. R. Gurbanov, A. V. Gasimzade // Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii. – 2024. – no. 2, P. 18–25. DOI: <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2024-153-2-18-25>.
15. Topilnytskyi P. / Demulsification methods for heavy crude oil emulsions. A review / P. Topilnytskyi, M. Shyshchak, V. Skorokhoda, V. Torskyi // Chemistry & chemical technology. – 2024. –vol. 18, no. 2, P. 270–283. <https://doi.org/10.23939/chcht18.02.270>.
16. Нетіпа В. І. / Підготовка нафтових емульсій із підвищеним вмістом механічних домішок та стабілізаторів / В. І. Нетіпа, Б. Л. Литвин // Нафтогазова галузь України. – 2015. – № 4. – С. 39–42.
17. Чумак О. П. Дослідження впливу інгібітору корозії на утворення емульсії при підготовці і переробці нафти / О. П. Чумак, А. М. Узлова, І. О. Лаврова // Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я = Information technologies: science, engineering, technology, education, health : тези доп. 29-ї міжнар. наук.-практ. конф. MicroCAD–2021, [18-20 травня 2021 р.] : у 5 ч. Ч. 2 / ред. Є. І. Сокол. – Харків : Планета-Прінт, 2021. – 264 с. URL <https://repository.kpi.kharkov.ua/handle/KhPI-Press/73722>