

DOI: [https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2\(40\)-377-384](https://doi.org/10.25140/2411-5363-2025-2(40)-377-384)

УДК 622.276.72

Олег Миронович Шищак¹, Петро Іванович Топільницький¹¹аспірант кафедри технології переробки нафти і газу

Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна)

E-mail: oleh.m.shyshchak@lpnu.ua. ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-7377-8373>. Researcher ID: [GDW-9915-2022](https://orcid.org/0009-0007-7377-8373)²доцент кафедри технології переробки нафти і газу

Національний університет “Львівська політехніка” (Львів, Україна)

E-mail: petro.i.topilnytskyi@lpnu.ua. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7770-2567>. Researcher ID: [R-5271-2017](https://orcid.org/0000-0002-7770-2567)
Scopus ID: 56256147400

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДЕПРЕСОРА НА РЕОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ НАФТ ЗАХІДНОГО РЕГІОНУ УКРАЇНИ

Для покращення транспортability властивостей високопарафіністих нафт Долинського і Бориславського родовищ досліджено їхні реологічні властивості у разі додавання промислового депресора Dodiflow 5236 (фірма Clariant, Швейцарія). За допомогою ротарійного віскозиметра визначено динамічну в'язкість і напруження зсуву чистих нафт і нафт з депресорами. Встановлено, що додавання Dodiflow 5236 покращує реологічні властивості досліджуваних високопарафіністих нафт. Їхня динамічна в'язкість зменшується в 6-7 разів, а напруження зсуву – у 6-6,5 раза.

Ключові слова: транспортування нафти; депресорні добавки; високопарафініста нафта.

Рис.: 2. Табл.: 2. Бібл.: 15.

Актуальність теми дослідження. Нафти з аномальними фізико-хімічними властивостями, до яких належать високопарафіністи нафти західного регіону України, мають досить високі значення реологічних параметрів і температури застигання. Це створює труднощі при їх перекачуванні нафтопроводами та зберіганні в резервуарах, особливо в холодну пору року [1; 2]. Тому надзвичайно важливим є пошук і створення таких умов, за яких перекачування і зберігання будуть економічно вигідними та безпечними.

Постановка проблеми. Вплив депресорів на реологічні властивості високопарафіністих нафт має індивідуальний характер, а отже, для забезпечення максимальної ефективності їх транспортування необхідно експериментально визначати реологічні параметри для кожного конкретного випадку із забезпеченням відповідних технологічних умов.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Способи транспортування високопарафіністих і високов'язких нафт, які базуються на різних способах покращення реологічних характеристик і залежних від них транспортability властивостей нафт, розглядаються в багатьох роботах [2-5]. До них належать:

- перекачування з підігрівом (“гаряче” перекачування);
- перекачування із супутнім підігрівом;
- після термообробки;
- змішування нафти з розріджувачем;
- використання депресорів.

Однак кожен зі способів має певні недоліки.

Перекачування з підігрівом є найбільш відомим і дослідженим способом. Основною проблемою при його застосуванні є великі витрати тепла на підігрів нафти, втрати тепла в довкілля і значний перепад температур на початку і в кінці ділянки нафтопроводу, що викликає відкладення парафіну на внутрішніх стінках.

При термообробці нагрівання нафти до 90 °C сприяє розчиненню твердих парафінів, присутніх в її складі [5]. Подальше охолодження із заданою швидкістю призводить до зниження температури застигання і в'язкості. Проте використання цього методу пов'язане з додатковими витратами на пункти термообробки та значною витратою часу на охолодження нафти.

При дослідженні високов'язкої долинської нафти встановлено, що її реологічні властивості суттєво залежать від температури її підігріву перед закачуванням у нафтопровід [6].

У результатах дослідження [7] стосовно впливу термообробки на реологічні і транспортні властивості цієї ж нафти зазначено, що проблемою при перекачуванні з розріджувачами (малов'язка нафта, газовий конденсат, дизельне паливо) є зміна фізико-хімічних властивостей вихідної нафти, оскільки частка розріджувача може сягати в деяких випадках 70 %.

Застосування депресорів найчастіше виявляється оптимальним і перспективним способом покращення реологічних властивостей нафти, висока в'язкість яких зумовлена значним вмістом парафінів. Депресори не тільки знижують температуру застигання, кількість відкладів на стінках, а значить і енерговитрати на перекачування, але й дозволяють зменшити кількість насосних і теплових станцій при проектуванні нових трубопроводів [4].

В огляді [8] детально проаналізовано ефективність і обмеження існуючих типів депресорів, розглянуто проблеми, з якими стикається нафтовидобувна і нафтопереробна промисловість під час транспортування високопарафіністих нафт, наведено перспективні напрями наступних досліджень.

Механізму впливу депресорів на транспортні властивості високопарафіністих нафт присвячені роботи багатьох дослідників [9-11]. У роботах зазначено, що властивості кожного типу нафти унікальні, і тому для досягнення оптимальних результатів необхідно проводити моніторинг якості кожної індивідуальної нафти після введення депресорів, оскільки можуть виникати непередбачені реакції або відхилення від загальної тенденції. Крім того, підбір оптимальних додатків для кожного конкретного випадку є складним завданням, яке вимагає досліджень і експериментів [12].

Виділення недосліджених частин загальної проблеми. Проведений аналіз останніх публікацій показав, що попри значну кількість публікацій стосовно проблем транспортування високопарафіністих нафт, дослідження реологічної поведінки нафт західного регіону України в присутності депресорних додатків практично не проводились.

Метою статті є дослідження впливу депресора Dodiflow 5236 виробництва фірми Clariant на реологічні властивості Долинської і Бориславської нафт з родовищ західного регіону України.

Виклад основного матеріалу. Попередньо нами було визначено, що для нафт Долина і Борислав додаток Dodiflow 5236 виявив найвищу депресорну ефективність з-поміж інших досліджуваних додатків [13]. Тому визначення реологічних властивостей нафт проводили без і з додаванням цього депресора.

Дослідження проводили з використанням віскозиметра Rheomat-30 (Contraves AG, Швейцарія). Це ротаційний віскозиметр, який використовується для визначення в'язкості матеріалів в діапазоні від 0,1 до $4 \cdot 10^5$ Па·с у діапазоні градієнта швидкостей від 0 до 452 с^{-1} . Він обладнаний адаптером ротаційного типу з коаксіальними циліндрами (вимірювальна система CM409.484, що складається з циліндра діаметром 25 мм і камери діаметром 23,8 мм, загальним об'ємом 40 см^3), циркуляційним термостатом УН-8 фірми MLW (Німеччина), і оснащений спеціальною протічною коміркою. Діапазон робочих температур $20-95^\circ\text{C}$ (термостатуюча рідина – демінералізована вода).

Перед проведенням експерименту всі деталі вимірювального приладу промивали розчинником (ізопропіловий спирт, уайт-спірит, бензин тощо). Після цього заповнювали його досліджуваним матеріалом. Маса зразка досліджуваної нафти становила 3,5 г. Включали двигун і проводили перемішування матеріалу протягом 10 хвилин при вибраній швидкості обертання. Після цього вимірювали кут обертання (α) внутрішнього конуса вимірювального приладу з досліджуваним матеріалом за різних значень градієнтів швидкості деформації. Результат вимірювання кута α регулювали на блоці вимірювання через 1 хв. Після вмикання відповідної швидкості обертання. За результат приймали середнє арифметичне значення двох послідовних визначень. Час стабілізації показу 30 с.

Динамічну (ефективну) в'язкість (η , Па·с) визначали за формулою (1):

$$\eta = \eta_{\text{rep}} \cdot \alpha, \quad (1)$$

де η_{rep} – в'язкість, яка відповідає положенню перемикача приладу при напруженні зсуву для відповідної вимірювальної системи, Па·с; α – показ на шкалі приладу, %, який відповідає куту обертання внутрішнього конуса вимірювального приладу з досліджуваним матеріалом.

Напруження зсуву (τ , Па) визначали зі співвідношення (2):

$$\tau = \eta \cdot D_{\text{rep}}, \quad (2)$$

де D_{rep} – швидкість зсуву, яка відповідає положенню перемикача приладу при напруженні зсуву для відповідної вимірювальної системи, с⁻¹.

Дослідження проводили в інтервалі швидкостей зсуву 0,06-452 с⁻¹. Температурний діапазон становив 0-20 °С. Цей температурний інтервал корелюється з реальною температурою нафти в трубопроводі за несприятливих умов.

Витрата депресора становила 1000 ppm, оскільки за такої концентрації температура застигання досліджуваних нафт знизилась до -1...-2 °С з +19 °С для нафти Долина і з +17 °С для нафти Борислав [13], що є достатнім для перекачування нафти в будь-яку пору року.

Одержані експериментальні дані показали, що в діапазоні низьких температур (нижче 10 °С) нафти Долина і Борислав поведуть себе як неньютонівські рідини, про що свідчать залежності напруження зсуву від градієнта швидкості зсуву. При додаванні депресорів ці ж нафти виявляють властивості в'язкопластичної рідини. Такі дані узгоджуються з результатами інших дослідників [6; 7; 14; 15].

Реологічні характеристики, одержані при температурі дослідження 10 °С, наведені в табл. 1 і 2 для нафт Долина і Борислав, відповідно, а їхня графічна інтерпретація представлена на рис. 1 і 2.

Таблиця 1 – Реологічні дослідження нафти Долина без і з депресором Dodiflow 5236

$D_{\text{rep}},$ с ⁻¹	$\eta_{\text{rep}},$ Па·с	$\alpha, \%$		$\eta, \text{Па} \cdot \text{с}$		$\tau, \text{Па}$	
		без депресора	з депресором	без депресора	з депресором	без депресора	з депресором
0,527	2,125	0,8	0,1	1,7	0,2125	0,8959	0,1119
0,717	1,562	0,85	0,12	1,3277	0,1874	0,9520	0,1344
0,973	1,151	0,9	0,15	1,0359	0,1727	1,0079	0,1680
1,32	0,848	1,0	0,2	0,848	0,1696	1,1194	0,2239
1,80	0,622	1,25	0,25	0,7775	0,1555	1,3995	0,2799
2,45	0,457	1,25	0,3	0,5713	0,1371	1,4000	0,3359
3,32	0,337	1,35	0,5	0,4550	0,1685	1,5106	0,5594
4,52	0,248	1,35	0,5	0,3348	0,124	1,5133	0,5605
6,15	0,182	1,5	0,55	0,273	0,1001	1,6790	0,6156
8,35	0,134	1,55	0,6	0,2077	0,0804	1,7343	0,6713
11,35	0,0987	1,6	0,6	0,1579	0,0592	1,7921	0,6721
15,4	0,0727	1,7	0,65	0,1236	0,0473	1,9034	0,7277
21,0	0,0533	1,75	0,7	0,0933	0,0371	1,9593	0,7835
28,5	0,0393	1,75	0,7	0,0688	0,0275	1,9608	0,7840
38,7	0,0289	1,8	0,75	0,0520	0,0217	2,0132	0,8388
52,7	0,0213	1,8	0,75	0,0383	0,01598	2,0184	0,8419
71,7	0,0156	1,85	0,8	0,0289	0,0125	2,0721	0,8948
97,3	0,0115	2,0	0,8	0,023	0,0092	2,2379	0,8952
132	0,00848	2,0	0,8	0,01696	0,0068	2,2387	0,8955
180	0,00622	2,25	0,85	0,01400	0,0053	2,5200	0,9517
245	0,00457	2,5	0,9	0,01143	0,0041	2,8004	1,0077
332	0,00337	3,0	0,95	0,01011	0,0032	3,3565	1,0629
452	0,00248	3,25	1,0	0,0081	0,00248	3,6612	1,1210

Джерело: розроблено авторами.

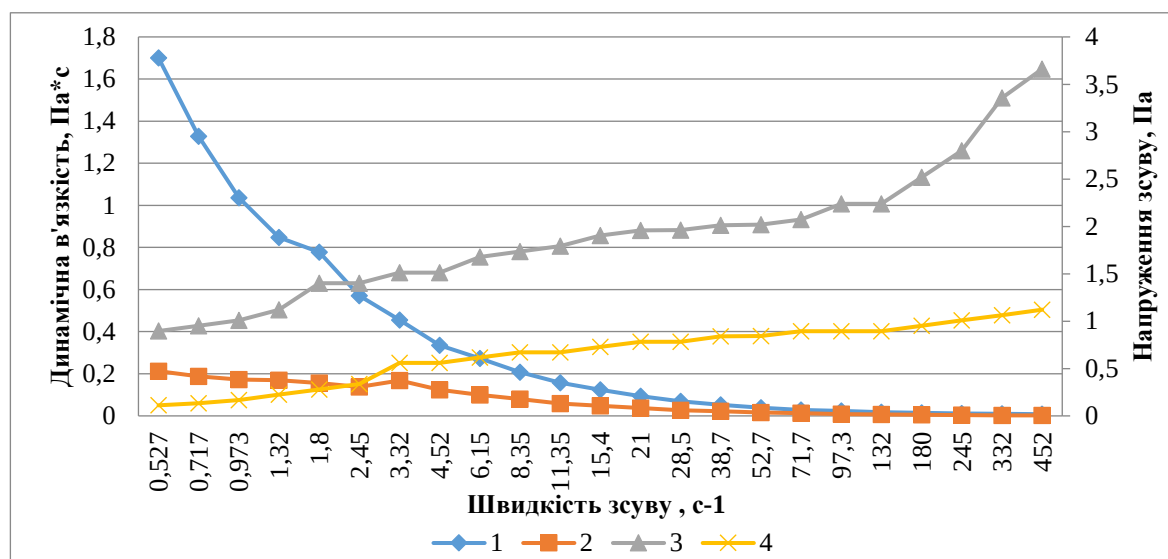


Рис. 1. Залежність динамічної в'язкості (1, 2) і напруження зсуву (3, 4) від швидкості зсуву для нафти Долина без депресора (1, 3) і з додаванням Dodiflow 5236 (2, 4)
Джерело: розроблено авторами.

Аналіз отриманих залежностей динамічної в'язкості й напруження зсуву від швидкості зсуву дає змогу стверджувати, що в початковий момент запуску приладу ($D_{\text{тер}} = 0,973 \text{ с}^{-1}$), тобто момент початку руйнування парафінової структури, спостерігається відчутний вплив депресора на реологічні властивості нафти Долина. Значення і динамічної в'язкості, і напруження зсуву нафти при додаванні Dodiflow 5236 зменшились в 6 разів, з $1,0359 \text{ Па}\cdot\text{с}$ до $0,1727 \text{ Па}\cdot\text{с}$, і з $1,0079 \text{ Па}$ до $0,1680 \text{ Па}$, відповідно. При подальшому збільшенні швидкості зсуву різниця у величинах реологічних параметрів нафти з депресором і без нього стає меншою. При швидкості 452 с^{-1} значення динамічної в'язкості та напруження зсуву для нафти з депресором зменшуються приблизно втричі порівняно з величинами, одержаними для чистої нафти.

Оскільки у присутності депресора Dodiflow 5236 температура застигання нафти Борислав знижувалась приблизно настільки ж, як і температура застигання нафти Долина [13], у її реологічній поведінці очікувалась аналогічна тенденція. Одержані експериментальні результати, представлені в табл. 2 і рис. 2, підтвердили позитивний вплив додавання депресора на основні реологічні параметри.

Таблиця 2 – Реологічні дослідження нафти Борислав без і з депресором Dodiflow 5236

$D_{\text{тер}}, \text{с}^{-1}$	$\eta_{\text{тер}}, \text{Па}\cdot\text{с}$	$\alpha, \%$		$\eta, \text{Па}\cdot\text{с}$		$\tau, \text{Па}$	
		без депресора	з депресором	без депресора	з депресором	без депресора	з депресором
1	2	3	4	5	6	7	8
0,527	2,125	0,55	0,06	1,1687	0,1275	0,6159	0,0672
0,717	1,562	0,6	0,08	0,9372	0,1250	0,6720	0,0896
0,973	1,151	0,65	0,10	0,7481	0,1102	0,7279	0,1120
1,32	0,848	0,7	0,13	0,5936	0,1092	0,7835	0,1455
1,80	0,622	0,8	0,17	0,4976	0,1057	0,8957	0,1903
2,45	0,457	0,9	0,22	0,4113	0,1005	1,0077	0,2462
3,32	0,337	0,95	0,28	0,3201	0,0944	1,0627	0,3134
4,52	0,248	0,95	0,32	0,2356	0,0793	1,0649	0,3584
6,15	0,182	1,05	0,41	0,1911	0,0746	1,1753	0,4588
8,35	0,134	1,15	0,46	0,1541	0,0616	1,2867	0,5144
11,35	0,0987	1,15	0,47	0,1135	0,0464	1,2882	0,5266
15,4	0,0727	1,2	0,49	0,0872	0,0356	1,3429	0,5482

Закінчення табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8
21,0	0,0533	1,25	0,51	0,0666	0,0272	1,3986	0,5712
28,5	0,0393	1,25	0,53	0,0491	0,0208	1,3993	0,5928
38,7	0,0289	1,3	0,55	0,0376	0,0159	1,4551	0,6151
52,7	0,0213	1,3	0,56	0,0277	0,01193	1,4598	0,6286
71,7	0,0156	1,35	0,59	0,0211	0,0092	1,5100	0,6599
97,3	0,0115	1,45	0,61	0,0167	0,0070	1,6249	0,6825
132	0,00848	1,5	0,65	0,0127	0,0055	1,6790	0,7276
180	0,00622	1,55	0,65	0,0096	0,0040	1,7354	0,7277
245	0,00457	1,6	0,68	0,0073	0,0031	1,7914	0,7614
332	0,00337	2,0	0,70	0,0067	0,0023	2,2244	0,7832
452	0,00248	2,25	0,75	0,0058	0,0019	2,6216	0,8407

Джерело: розроблено авторами.

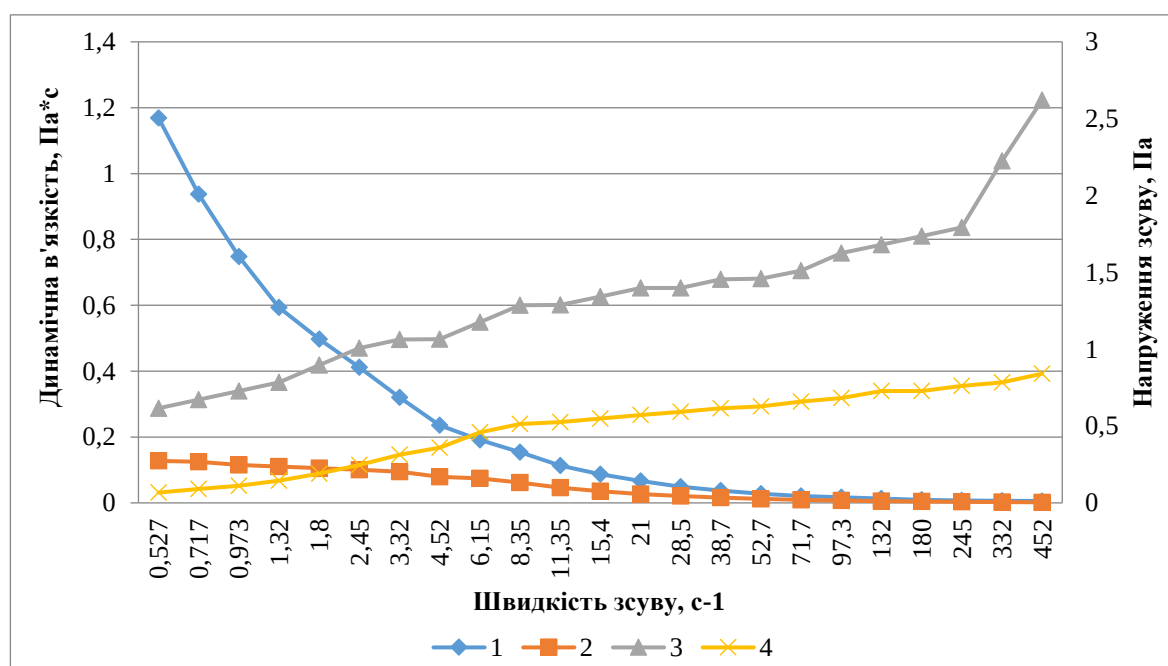


Рис. 2. Залежність динамічної в'язкості (1, 2) і напруження зсуву (3, 4) від швидкості зсуву для нафти Борислав без депресора (1, 3) і з додаванням Dodiflow 5236 (2, 4)
Джерело: розроблено авторами.

У початковий момент запуску приладу значення динамічної в'язкості нафти при додаванні Dodiflow 5236 зменшились приблизно в 7 разів, з 0,7481 Па·с до 0,11102 Па·с, а напруження зсуву з 0,7279 Па до 0,112 Па, тобто в 6,5 раза. При швидкості 452 с⁻¹, як і для нафти Долина, значення динамічної в'язкості та напруження зсуву зменшуються втричі.

Як видно з експериментальних даних, додавання депресора Dodiflow 5236 в кількості 1000 ppm зменшує внутрішні напруження обох досліджуваних нафт, особливо в момент початку перекачування. Це особливо важливо, якщо є ймовірність періодичної зупинки нафтопроводу, заповненого високопарафіністою нафтою, тому що зменшить пускові тиски та істотно знизить можливість виникнення нештатних аварійних ситуацій при подальшому запуску.

Оскільки полімерні добавки впливають на морфологію кристалів, у наших попередніх дослідженнях [13] була доведена доцільність введення депресора в нафту при температурі, вищій за температуру плавлення парафінів, присутніх у її складі. На нашу думку,

за такої температури кристали парафіну, які утворюють стійку кристалічну ґратку за низьких температур, переходять у дисперсний стан, і тому можуть зв'язуватись із молекулами депресора. Таким чином кристалічна ґратка парафіну втрачає здатність для структуроутворення. Парафіни разом із депресором рухаються в потоці нафти в дисперсному стані із суттєво зниженою в'язкістю.

Отже, використання досліджуваних депресорів, за умов дотримання технології їх введення, дозволить суттєво зменшити гідравлічний опір трубопроводу, а отже, і енергетичні втрати в системі. Очевидно, кристали парафіну в присутності молекул депресора набувають інших форм, розмірів і властивостей, втрачається чи послаблюється їхня властивість взаємодіяти між собою, будувати просторову структуру. Внаслідок цього нафта набуває нових властивостей: знижується температура застигання, покращуються реологічні параметри, зона прояву структурних властивостей зсувається в область від'ємних температур.

Висновки. Визначення унікальних властивостей кожного типу нафти та їх взаємодія з депресорами важливе для розроблення стратегії зберігання та транспортування нафти, щоб уникнути негативних наслідків для якості продукту та ефективності його використання. У роботі досліджено реологічні параметри нафт Долина і Борислав без депресорів і з додаванням їх. Встановлено, що додавання депресора Dodiflow 5236 у кількості 1000 ppm зменшує динамічну в'язкість в 6 разів для нафти Долина, і в 7 разів для нафти Борислав. При цьому початкове напруження зсуву також зменшується, в 6-6,5 раза для обох досліджуваних нафт. Таке покращення реологічних властивостей, за умови дотримання технології введення депресорів, дозволить забезпечити оптимальну ефективність та довговічність системи транспортування нафти.

Список використаних джерел

1. Ibrahim, R. I., Odah, M. K., & Al-Mufti, A. (2019). An overview on the recent techniques for improving the flowability of crude oil in pipelines. *IOP conference series: materials science and engineering*, 579(1), 012054. IOP Publishing.
2. Ratnakar R. K., Pandian S., Mary H., & Choksi H. (2024). Flow assurance methods for transporting heavy and waxy crude oils via pipelines without chemical additive intervention. *Petroleum Research*, 10(1), 204-215. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2024.07.005>.
3. Chala, G., Sulaiman, S., & Japper-Jaafar, A. (2018). Flow start-up and transportation of waxy crude oil in pipelines-A review. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2017.11.008>.
4. Kumar, A. (2023). Perspectives of flow assurance problems in oil and gas production: A mini-review. *Energy & Fuels*, 37(12), 8142–8159. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c00843>.
5. Zhu, H., Lei, Y., Yu, P., Li, C., Yang, F., Yao, B. et al. (2024). Wax deposition during the transportation of waxy crude oil: Mechanisms, influencing factors, modeling, and outlook. *Energy & Fuels*, 38(11), 9131-9152. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c04687>.
6. Яновський, С. Р., Середюк, М. Д., & Пилипів Л. Д. (2008). Дослідження впливу температури підігрівання долиньської нафти на її реологічні властивості. *Науковий вісник ІФНТУНГ*, 1(17), 82-91.
7. Пилипів Л. Д. (2015). Дослідження впливу термообробки високов'язкої долиньської нафти на її реологічні та транспортабельні властивості. *Нафтогазова галузь України*. 1, 18-20.
8. Ala, B. S. K., & Daraboina, N. (2024). Chemical management for wax deposition: Recent developments and future prospects. *Energy Fuels*, 38(13), 11437–11454. <http://dx.doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c01371>.
9. Jovanović, S., Tolmač, J., Prvulovic, S., Markovic M., Lavolic B., & Tolmač, D. (2021). Analyzing the processing of high paraffin oils by addition of modifiers of rheological properties. *34th International Congress on Process Industry*. 34(1), 113-118. <http://dx.doi.org/10.24094/ptk.021.34.1.113>.

10. Guo, L., Xu, X., Lei, Y., Wang, L., Yu, P., & Xu, Q. (2022). Study on the viscoelastic-thixotropic characteristics of waxy crude oil based on stress loading. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208(A), 109159. <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109159>.
11. Li, B., Guo, Z., Du, M., Han, D., Han, J., Zheng, L., et al. (2024). Research status and outlook of mechanism, characterization, performance evaluation, and type of pour point depressants in waxy crude oil: A review. *Energy Fuels*, 38(9), 7480-7509. doi:10/1021/acs.energyfuels.3c04555.
12. Gurbanov H. R., & Gasimzade, A. V. (2023). Study of the combined effect of magnetic field and the addition of new composition on the rheological parameters of high paraffin oil. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*, 1, 11-17. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2023-146-1-11-17>.
13. Shyshchak, O. M., Topilnytskyi, P. I., & Skorokhoda, V. Y. (2024). Selection and study of depressant additives to improve the low-temperature properties of high waxy crude oils from the Western region of Ukraine. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 6, 129-135. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2024-157-6-129-135>.
14. Середюк, М. Д., & Григорський, С. Я. (2019). Гідродинамічний розрахунок нафтопроводу при транспортуванні нафти з неньютонівськими властивостями за низьких швидкостей зсуву. *Міжнародний науковий журнал «Інтернаука»*, 15(77), 99-105.
15. Andrade, D. E. V., & Negrão, C. O. R. (2025). Rheology of waxy oils: A critical review. *Applications in Engineering Science*, 21, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.apples.2024.100202>.

References

1. Ibrahim, R. I., Odah, M. K., & Al-Mufti, A. (2019). An overview on the recent techniques for improving the flowability of crude oil in pipelines. *IOP conference series: materials science and engineering*, 579(1), 012054. IOP Publishing.
2. Ratnakar R. K., Pandian S., Mary H., & Choksi H. (2024). Flow assurance methods for transporting heavy and waxy crude oils via pipelines without chemical additive intervention, *Petroleum Research*, 10(1), 204-215. <https://doi.org/10.1016/j.ptlrs.2024.07.005>.
3. Chala, G., Sulaiman, S., & Japper-Jaafar, A. (2018). Flow start-up and transportation of waxy crude oil in pipelines-A review. *Journal of Non-Newtonian Fluid Mechanics*, 251. <https://doi.org/10.1016/j.jnnfm.2017.11.008>.
4. Kumar, A. (2023). Perspectives of flow assurance problems in oil and gas production: A mini-review. *Energy & Fuels*, 37(12), 8142–8159. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c00843>.
5. Zhu, H., Lei, Y., Yu, P., Li, C., Yang, F., Yao, B. et al. (2024). Wax deposition during the transportation of waxy crude oil: Mechanisms, influencing factors, modeling, and outlook. *Energy & Fuels*, 38(11), 9131-9152. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.3c04687>.
6. Yanovskyi, S. R., Serediuk, M.D., & Pylypiv L.D. (2008). Doslidzhennia vplyvu temperatury pidihrivannia dolynskoi nafty na yii reolohichni vlastyvosti [Studies on the influence of the temperature of the extraction of Dolyna oil on its rheological properties]. *Naukovyi visnyk IFNTUNH – Scientific Bulletin of IFNTUNH*, 1(17), 82-91.
7. Pylypiv L. D. (2015). Doslidzhennia vplyvu termoobrobky vysokoviazkoi dolynskoi nafty na yii reolohichni ta transportabelni vlastyvosti [Studies on the impact of thermal treatment of high-viscosity Dolyna oil on its rheological and transport properties]. *Naftohazova haluz Ukrainy – Oil and Gas Industry of Ukraine*, 1, 18-20.
8. Ala, B. S. K., & Daraboina, N. (2024). Chemical Management for Wax Deposition: Recent Developments and Future Prospects. *Energy Fuels*, 38(13), 11437–11454. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.4c01371>.
9. Jovanović, S., Tolmač, J., Prvulovic, S., Markovic M., Lavolic B., & Tolmač, D. (2021). Analyzing the processing of high paraffin oils by addition of modifiers of rheological properties. *34th International Congress on Process Industry*, 34(1), 113-118. <https://doi.org/10.24094/ptk.021.34.1.113>.
10. Guo, L., Xu, X., Lei, Y., Wang, L., Yu, P., & Xu, Q. (2022). Study on the viscoelastic-thixotropic characteristics of waxy crude oil based on stress loading. *Journal of Petroleum Science and Engineering*, 208(A), 109159, <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2021.109159>.
11. Li, B., Guo, Z., Du, M., Han, D., Han, J., Zheng, L., et al. (2024). Research status and outlook of mechanism, characterization, performance evaluation, and type of pour point depressants in waxy crude oil: A review. *Energy Fuels*, 38(9), 7480-7509. doi:10/1021/acs.energyfuels.3c04555.

12. Gurbanov H. R. & Gasimzade, A. V. (2023). Study of the combined effect of magnetic field and the addition of new composition on the rheological parameters of high paraffin oil. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 1, 11-17. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2023-146-1-11-17>.

13. Shyshchak, O. M., Topilnytskyi, P. I., & Skorokhoda, V. Y. (2024). Selection and study of depressant additives to improve the low-temperature properties of high waxy crude oils from the Western region of Ukraine. *Voprosy Khimii i Khimicheskoi Tekhnologii*, 6, 129-135. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2024-157-6-129-135>.

14. Serediuk, M. D., & Hryhorskyi, S. Ya. (2019). Hidrodynamichniy rozrakhunok naftoprovodu pry transportuvanni nafty z neniutonivskymy vlastyvostiamy za nyzkykh shvydkosti zsuvu [Hydrodynamic calculation of oil pipelines for oil transportation with non-inductive properties at low shear rates]. *Mizhnarodnyi naukovyi zhurnal «Internauka» – International scientific journal “Internauka”*, 15(77), 99-105.

15. Andrade, D. E. V., & Negrão, C. O. R. (2025). Rheology of waxy oils: A critical review. *Applications in Engineering Science*, 21, 100202. <https://doi.org/10.1016/j.apples.2024.100202>.

Отримано 15.04.2025

UDC 622.276.72

Oleh Shyshchak¹, Petro Topilnytskyi¹

¹post-graduate student of the Department of Oil and Gas Processing
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: oleh.m.shyshchak@lpnu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0009-0007-7377-8373>. **Researcher ID:** [GDW-9915-2022](https://orcid.org/GDW-9915-2022)

²PhD in Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Oil and Gas Processing
Lviv Polytechnic National University (Lviv, Ukraine)

E-mail: petro.i.topilnytskyi@lpnu.ua. **ORCID:** <https://orcid.org/0000-0002-7770-2567>. **Researcher ID:** [R-5271-2017](https://orcid.org/R-5271-2017)
Scopus ID: [56256147400](https://orcid.org/56256147400)

STUDY ON EFFECT OF DEPRESSANT ON RHEOLOGICAL PROPERTIES OF OILS FROM THE WESTERN REGION OF UKRAINE

Facilitating high waxy oil transportation, the decrease in oil viscosity and the increase in the pipeline transmission capacity remain in the spotlight of researchers.

In the situation when development of some Ukrainian oil fields has either been suspended or even ceased to exist due to the Russian aggression, investigation of oils, which are produced in the western region of Ukraine and are primarily high waxy and high-viscosity oils, is of particular importance.

The analysis of recent studies shows that despite a variety of publications regarding transportation problems of high waxy oil, investigations of rheological behavior of oils from the western region of Ukraine in the presence of depressants actually have not been studied.

The effect of depressants on rheological properties of high waxy oil is individual, and therefore, to ensure maximum efficiency of oil transportation, it is necessary to experimentally determine rheological parameters for each specific case, adhering to corresponding operating conditions.

This article aims to study the effect of Dodiflow 5236 industrial depressant (Clariant, Switzerland) on rheological properties of Dolyna and Borislav oils from the western region of Ukraine.

In this work, rheological parameters of Dolyna and Borislav oils without depressant and in its presence were determined. Using the Rheomat-30 rotational viscometer, the dynamic viscosity and shear stress were determined. It was found that adding 1000 ppm of Dodiflow 5236 decreases the dynamic viscosity by 6 times for Dolyna oil and by 7 times for Borislav oil. At the same time, the initial shear stress is decreased by almost the same amount, by 6 times for Dolyna oil and by 6,5 times for Borislav oil.

Determining the unique properties of oils from the western region of Ukraine and their interactions with depressants are important for developing the strategy of oil storage and transportation to avoid negative impact on the product quality and efficiency of its use. The obtained results regarding improvement of rheological properties of Dolyna and Borislav oils when following the depressant introduction technology will allow ensuring optimal efficiency and avoiding many problems in the oil transportation system.

Keywords: oil transportation; depressant additive; high waxy oil.

Fig.: 2. **Table:** 2. **References:** 15.