

**Павленко Алла Анатоліївна** — викладач кафедри харчових технологій, Дніпровський державний аграрно-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49000; +38 (097) 240-91-24; aavsa@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7580-3612

**INFORMATION ABOUT THE AUTHORS**

**Pivovarov O. A.** — D. Sc. in Engineering, Professor, Professor of the Department of food technology, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, 49000; +38 (097) 342-46-60; apivo@ua.fm; ORCID: 0000-0003-0520-171X

**Pavlenko A. A.** — Teacher of the Department of food technology, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, 49000; +38 (097) 240-91-24; aavsa@ukr.net; ORCID: 0000-0002-7580-3612



<http://doi.org/10.35668/2520-6524-2023-2-07>

УДК 662.7+665.6

**О. В. ТЕРТИШНА**, д-р техн. наук, проф.

**К. О. ЗАМІКУЛА**, аспірант

**О. О. ТЕРТИШНИЙ**, канд. техн. наук, доц.

## ВПЛИВ РОСЛИННИХ ПРИСАДОК НА ФЛОКУЛЯЦІЮ АСФАЛЬТЕНІВ У НАФТОВИХ ДИСПЕРСНИХ СИСТЕМАХ

**Резюме.** У статті розглянуто наявні інгібітори флокуляції асфальтенів у нафтових дисперсних системах — нафторозчинні поверхнево-активні речовини різної природи. Запропоновано використання в ролі інгібіторів флокуляції поверхнево-активних речовин рослинного походження — фосфатидного концентрату та натрію сульфосукцинату. Досліджено процес флокуляції асфальтенів на модельних сумішах асфальтенів різної концентрації з толуолом та осадниками, а також вплив запропонованих інгібіторів на агрегативну стійкість сумішей. Фотоколориметричним методом визначено точку початку флокуляції (точку онсет) кожної суміші.

**Ключові слова:** нафтові дисперсні системи, асфальтени, інгібітори флокуляції, точка онсет.

### ВСТУП

Асфальтени як найбільш полярна фракція нафти виявляють значну поверхневу активність. Прогнозування фазової поведінки асфальтенів у нафтових дисперсних системах є актуальною проблемою для нафтової промисловості, особливо зараз, коли спостерігається стійка тенденція зростання обсягів переробки важкої нафти, що характеризується їх високим вмістом. При концентруванні асфальтенових розчинів і зміні температури, з'являються асоціати, які структурують нафтові системи — нафта стає більш в'язкою. Також від кількості асфальтенів у нафті залежать її реологічні властивості. Формування відкладів на робочих поверхнях вик-

ликає проблемні ситуації в нафтотехнологічних процесах.

У нафтових дисперсних системах (НДС) асфальтенові частки є структуроутворювальними елементами і головним компонентом дисперсної фази. Композиційні зміни дисперсного середовища впливають на внутрішню структуру дисперсної системи. Процес флокуляції асфальтенів означає втрату системою кінетичної стійкості [1].

Знання про вплив важких асфальтенових сполук у робочих умовах процесів транспортування та переробки нафти надасть можливість із високою точністю моделювати процеси утворення асфальтенів і запобігати утворенню відкладів.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Транспортування, зберігання та переробка нафтової сировини з високим вмістом важких компонентів, зокрема асфальтенів, може спричинити серйозні проблеми в роботі технологічного обладнання та призвести до забруднення навколишнього середовища через утворення асфальто-смоло-парафінових відкладів (АСПВ) на стінках технологічного обладнання.

## АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Розробка та застосування диспергаторних присадок та інгібіторів флокуляції асфальтенів є перспективним засобом запобігання утворенню АСПВ. Існує серія досліджень, згідно з якими механізм дії інгібіторів утворення АСПВ пояснюється взаємодією молекул інгібітора з молекулами асфальтенів, що входять до складу АСПВ та сприяють зниженню сил когезії [2–4].

У дослідженнях щодо створення інгібіторів утворення АСПВ переважає напрям використання синтетичних індивідуальних нафторозчинних сополімерів або поверхнево-активних речовин (ПАР): сополімерів етилену з вінілацетатом [2], цетилпіридин-хлориду [3], ді- та трикарданоксіамінів [4].

У працях [5–8] в ролі інгібіторів процесу флокуляції асфальтенів досліджено дію син-

тетичних ПАР неіоногенного (нонілфенол) та аніонного (додецилбензолсульфоокислота) походження.

Альтернативним напрямом розробки інгібіторів утворення АСПВ є використання природних ПАР та отриманих із рослинної сировини [9; 10].

Використання ПАР з рослинної сировини як інгібіторів утворення АСПВ для запобігання флокуляції асфальтенів, а також аналіз їхньої ефективності на цей момент потребує подальшого поглибленого вивчення.

**Мета статті** полягає в тому, щоб визначити ефективність дії ПАР рослинного походження, його групового складу на процес флокуляції асфальтенів і встановити закономірності процесу.

## МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктом дослідження є асфальтени, виділені з первинних АСПВ асфальтенової природи нафти типу BLEND, та модельні суміші асфальтенів із толуолом та осадниками, в якості яких обрано н-гексан або н-гептан. Характеристику АСПВ наведено в **табл. 1** [10].

Асфальтени виділялися методом осадження н-алканами [11], дотримуючись рекомендацій чинного стандарту ASTM D 6560-00/IP 143 "Стандартний метод виділення асфальтенів (фракції, нерозчинної в гептані) з нафти і нафтопродуктів".

Оцінювання дисперсного стану асфальтенів та їх схильності до виділення дисперсних часток проводили визначенням точки початку флокуляції асфальтенів (точки онсет) в модельних сумішах, які склалися з толуолу, що виступав як розчинник. У ролі осадника використовували н-гексан або н-гептан.

Характеристика розчинника та осадників наведені в **табл. 2**.

Точку онсет визначали як мінімальну кількість компонента-осадника, що є необхідною для початку осадження асфальтенів у розчині.

Модельні розчини асфальтенів готували в толуолі. Зразки асфальтенів зважували на аналітичних вагах. Наважку (0,02, 0,03, 0,06 та 0,15 г) розчиняли у 10 мл толуолу при кімнатній температурі та перемішували. Приготовлені розчини витримували в щільно закритій ємності для запо-

Таблиця 1

### Характеристика АСПВ

Показники	Значення
Органічна частина, % мас.	94,90
Неорганічні речовини, % мас.	1,83
Густина, г/см <sup>3</sup>	0,94
Температура плавлення, °С	46
Смоли, % мас.	14,12
Асфальтени, % мас.	18,45
Парафіни, % мас.	24,92
Вміст механічних домішок, % мас.	3,27

Таблиця 2

### Характеристика розчинника та осаджувачів

Розчинник/осаджувачі	Густина, г/см <sup>3</sup>	Молекулярна маса, г/моль	Кваліфікація
толуол	0,867	92,14	ХЧ
н-гексан	0,660	86,18	
н-гептан	0,684	100,21	

бігання випаровуванню толуолу протягом 12 годин до повного розчинення наважки.

У процесі дослідження фіксували кількість осадника, необхідного для ініціації випадіння асфальтенів. До зразків розчину асфальтенів у толуолі до розчину додавали порції осаджувача зі швидкістю 0,2 мл/хв при постійному перемішуванні. Швидкість етапів експерименту підбирали на підставі рекомендацій ASTM D6703-01 щодо процедури визначення початкової точки флокуляції асфальтенів у розчині [12].

Визначення точки онсет проводили відстеженням зміни оптичної густини розчину на фіксованій довжині хвилі, залежно від збільшення кількості осаджувача в системі. Експеримент у видимій області спектра з використанням фотоелектричного фотометра КФК-3. Характеристики приладу представлено в **табл. 3**.

У процесі додавання осаджувача оптична густина вихідного зразка спочатку падала внаслідок “розведення” до досягнення моменту флокуляції асфальтенів — точки онсет. Оптична густина зростала завдяки генерації часток асфальтенів. Однак додавання осаджувача не було істинним розведенням, оскільки кожна його нова порція рухала систему в бік формування частинок асфальтенів і склад бінарного розчину постійно змінювався, що впливало на інтенсивність аналітичного сигналу.

Точку онсет представляли як молярну частку толуолу  $\gamma$  в суміші:

$$\gamma = \frac{X_T}{X_T + X_P} = \frac{1 - X_P}{X_T + X_P} \quad (1)$$

де  $X_T$  і  $X_P$  — кількість молей толуолу і осадника (гексана або гептана) в об’ємі.

Довжина кювети становила 1,0 мм. Усі експерименти проведені за температури 20 °С.

Для затримки флокуляції у важких нафтових системах застосували органічно-розчинні

поверхнево-активні речовини — натрію сульфосукцинат на основі моно- та дигліцеридів жирних кислот і фосфатидний концентрат, синтезовані з екологічно безпечних відходів виробництва ріпакової та соняшникової олій, які біорозкладаються та асимілюються природною біосистемою [9].

Для визначення точки онсет модельних сумішей, які містять ПАР, за вищенаведеною методикою були приготовані зразки, у яких роль розчинника виконувала суміш 95 % мас. толуолу та 5 % мас. кожної з ПАР. Фосфатидний концентрат попередньо подрібнювали.

Ефективність ПАР оцінювали за формулою:

$$\eta = \frac{\gamma_0 - \gamma}{\gamma_0} \cdot 100\% \quad (2)$$

де  $\gamma_0$  і  $\gamma$  — точки онсет при використанні в ролі розчинника толуолу та толуолу з ПАР.

### РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ

На **рис. 1** представлено результати експерименту з вибору довжини хвилі (700 нм, 740 нм, 750 нм) для вимірювань точки онсет на залежностях оптичної густини від мольної частки толуолу в модельній системі.

Аналіз **рис. 1** показав, що мінімум оптичної густини найбільш чітко спостерігається на 750 нм, тому цю довжину хвилі обрано для подальших експериментів.

Точка онсет фіксувалася при  $\gamma = 0,413$  відповідно до **формули (1)**. Після початку флокуляції асфальтенів, оптична густина зростає за рахунок розсіювання на новостворених частинках.

Графіки зміни оптичної густини для толуольних розчинів асфальтенів у діапазоні концентрацій 2, 3, 6 та 15 г/л при титруванні гептаном/гексаном представлені на **рис. 2, 3**.

Зі зростанням концентрації асфальтенів у толуольних розчинах зменшується кількість

Таблиця 3

Технічна специфікація та експериментальні параметри фотоелектричного фотометра КФК-3

Параметр	Значення
Спектральний діапазон, нм	315–990
Спектральний інтервал, нм	не більше 5
Межа основної абсолютної похибки установки довжини хвилі, нм	3
Межа допустимого значення середнього квадратичного відхилення випадкової складової основної абсолютної похибки при вимірюванні оптичної густини, не більше	0,003
Джерело випромінювання	лампа галогенна КГМ 12-10-2

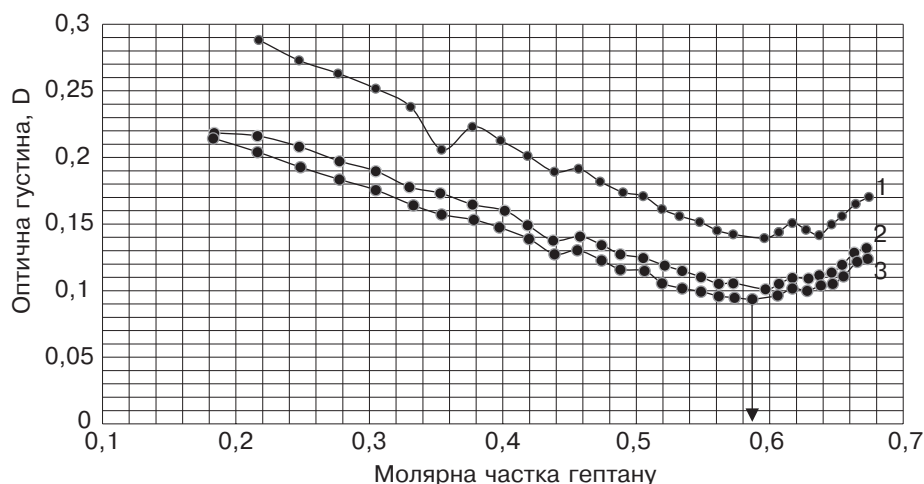
осадника, що є необхідним для початку процесу їх випадіння. При малих концентраціях асфальтени ефективно розчинені в толуолі, а для початку процесу флокуляції необхідними є великі кількості осадника. При зростанні концентрації — осадника потрібно менше.

Результати визначення точки онсет для розчину 15 г/л асфальтенів у толуолі, а також для розчинів, які містили 5 % мас. кожного з ПАР наведені на **рис. 4, 5**.

З **рис. 4, 5** зрозуміло, що додавання ПАР рослинного походження зміщує точку онсет у бік менших концентрацій толуолу в суміші з

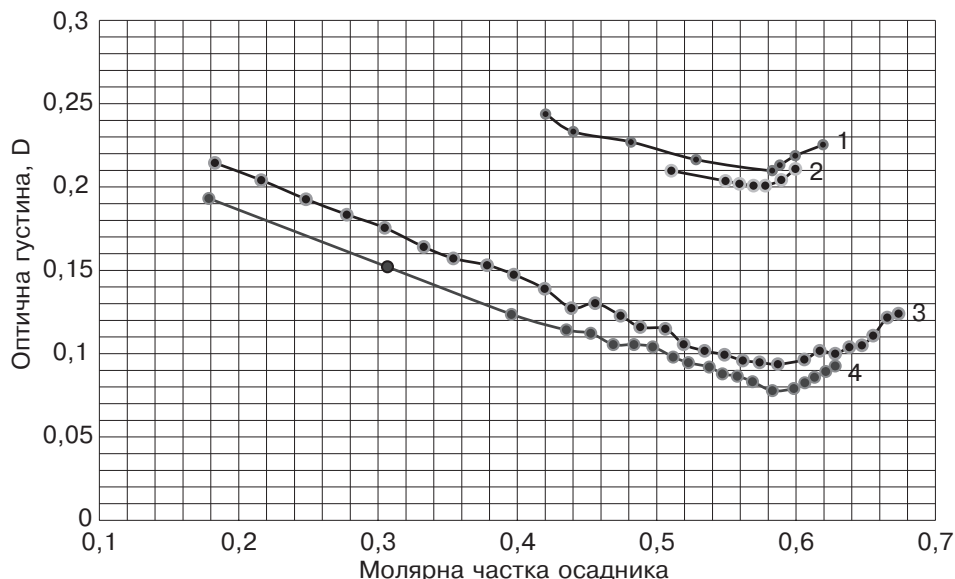
осадником, а отже, перешкоджає флокуляції асфальтенів. Додавання фосфатидного концентрату виявилось більш ефективним у порівнянні з натрію сульфосукцинатом (0,379 та 0,403 мольних часток толуолу в суміші з гексаном; 0,365 та 0,393 мольних часток толуолу в суміші з гексаном відповідно).

Аналогічно були визначені точки онсет при додаванні ПАР для концентрацій АСПВ 2, 3 та 6 г/л. Результати вимірювання концентраційної залежності моменту випадіння асфальтенів при використанні різних розчинників та осадників представлено на **рис. 6**.



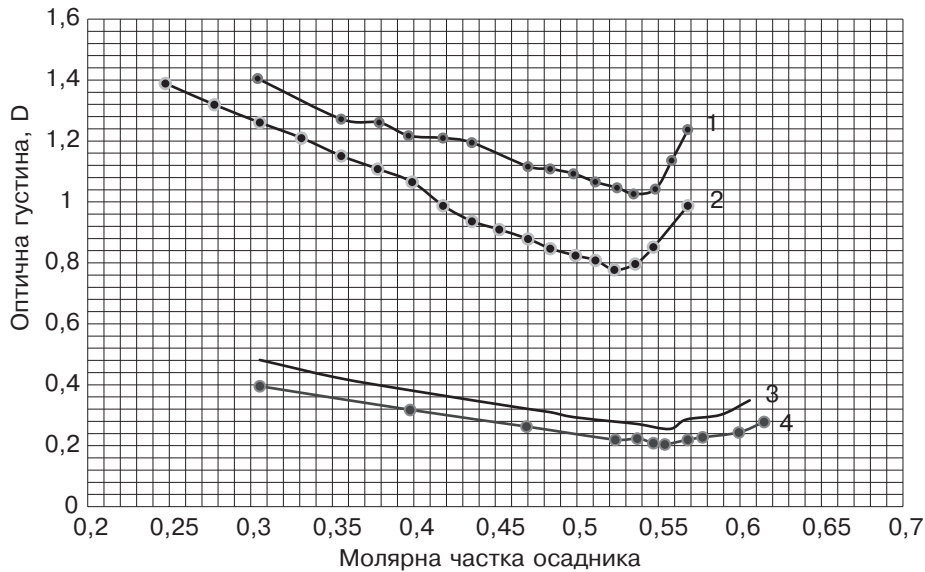
**Рис. 1.** Графік кривих оптичної густини при титруванні асфальтенів у розчині толуолі

**Примітка:** криві оптичної густини на довжинах хвиль: при титруванні асфальтенів в толуолі при концентрації 2 г/л н-гептаном: 1) 700 нм; 2) 740 нм; 3) 750 нм.



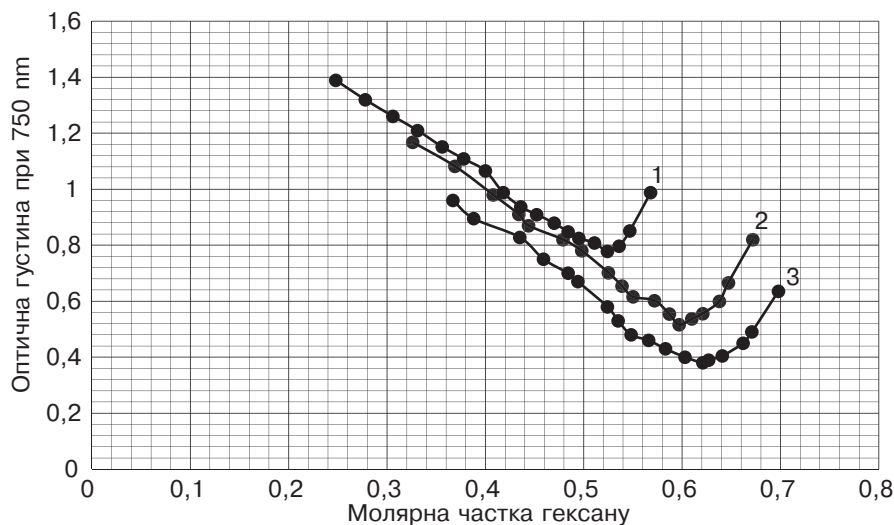
**Рис. 2.** Графік змін оптичної густини для розчинів асфальтенів у толуолі

**Примітка:** зміни оптичної густини на довжині хвилі 750 нм для розчинів асфальтенів у толуолі в діапазоні концентрацій 2 і 3 г/л при титруванні гептаном або гексаном: 1) 3 г/л, н-гексан; 2) 3 г/л, н-гептан; 3) 2 г/л, н-гептан; 4) 2 г/л, н-гексан.



**Рис. 3.** Графік зміни оптичної густини для толуольних розчинів асфальтенів

**Примітка:** зміни оптичної густини на довжині хвилі 750 нм для толуольних розчинів асфальтенів у діапазоні концентрацій 6 і 15 г/л при титруванні гептаном або гексаном: 1) 15 г/л, н-гептан; 2) 15 г/л, н-гексан; 3) 6 г/л, н-гептан; 4) 6 г/л, н-гексан.



**Рис. 4.** Графік визначення точки онсет розчинів АСПВ в сумішах розчинник/н-гексан

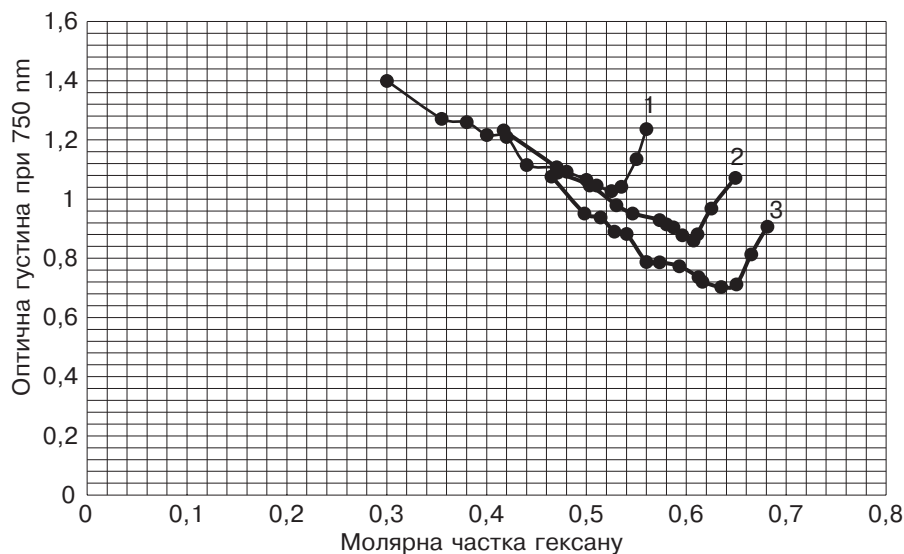
**Примітка:** визначення точки онсет розчинів АСПВ в сумішах розчинник/н-гексан, де розчинник: 1) толуол, 2) толуол + 5 % сульфосукцината натрію; 3) толуол + 5 % фосфатидного концентрату.

З рис. 6 видно, що точка онсет для концентрації асфальтенів 2 г/л при осадженні гептаном настає за молярної частки толуолу 0,413 і 0,417 при осадженні гексаном. Точка онсет для концентрації асфальтенів 3 г/л фіксується за молярної частки толуолу 0,422 з гептаном і 0,425 з гексаном. Онсет для концентрації 6 г/л розчину спостерігається за молярної частки толуолу 0,443 для гептану і 0,446 для гексану. Для концентрації 15 г/л розчину онсет настає за молярної частки толуолу 0,465 в разі використання гептану і 0,477 — у разі гексану.

Для обраних зразків асфальтенів, титрування н-гептаном призводить до затримки онсет у порівнянні з гексаном.

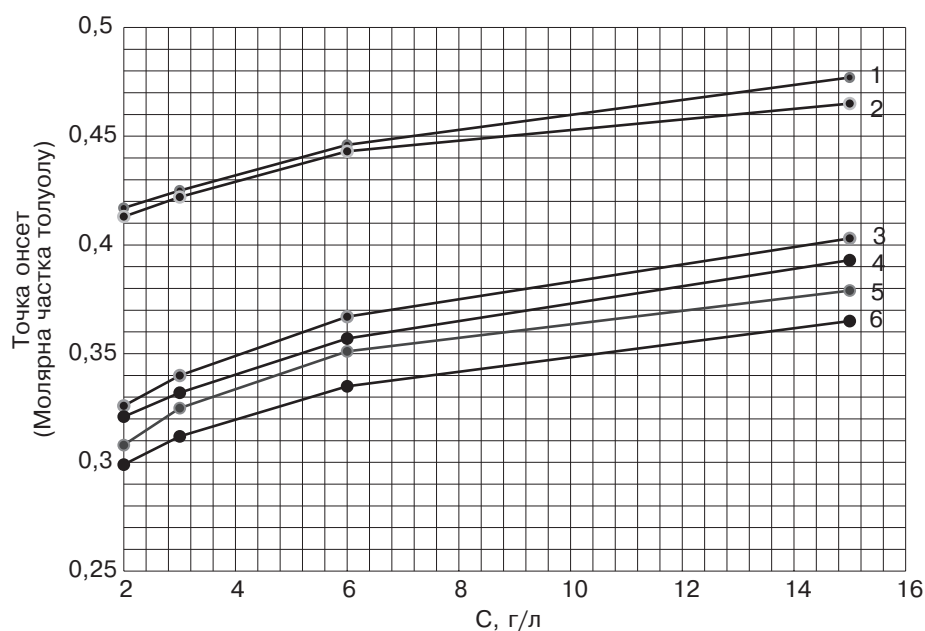
У момент онсет асфальтенів значення мольних часток толуолу в системі становлять від 0,417 до 0,477 в разі титрування гексаном (2 і 15 г/л), а при титруванні гептаном точки онсет, для того ж діапазону концентрацій, лежать нижче і становлять від 0,413 до 0,465.

Для обраних зразків асфальтенів, титрування н-гептаном призводить до затримки онсет у порівнянні з гексаном. Також з рис. 6 зрозуміло,



**Рис. 5.** Графік визначення точки онсет розчинів асфальтенів у сумішах розчинник/н-гептан

**Примітка:** визначення точки онсет розчинів асфальтенів в сумішах розчинник/н-гептан, де розчинник: 1) толуол; 2) толуол + 5 % сульфосукцинату натрію; 3) толуол + 5 % фосфатидного концентрату.



**Рис. 6.** Графік концентраційної залежності початку флокуляції асфальтенів у модельних сумішах

**Примітка:** концентраційної залежності початку флокуляції асфальтенів у модельних сумішах: 1) толуол-гексан; 2) толуол-гептан; 3) (толуол+сульфосукцинат натрію)-гексан; 4) (толуол+сульфосукцинат натрію)-гептан; 5) (толуол+фосфатидний концентрат)-гексан; 6) (толуол+фосфатидний концентрат)-гептан.

що при додаванні ПАР до розчинів із різними концентраціями асфальтенів зберігаються описані вище закономірності: по всьому діапазону концентрацій асфальтенів спостерігається зміщення точки онсет у бік менших концентрацій толуолу, причому фосфатидний концентрат показав більшу ефективність у порівнянні з натрію сульфосукцинатом (для концентрації асфальтенів 15 г/л 20,5 % та 15,5 % при осадженні гекса-

ном і 21,5 % та 15,5 % при осадженні гептаном відповідно), водночас н-гексан виявився сильнішим осадником у порівнянні з н-гептаном.

## ВИСНОВКИ

1. Експериментально визначено початок флокуляції (точка онсет) асфальтенів у модельних системах методом фіксації оптичної густини на довжині хвилі 750 нм.

2. Оцінено вплив ПАР рослинного походження на процес флокуляції асфальтенів. Представлений підхід дав змогу оцінити зміни розподілу компонентів бінарного розчину (толуол і осадник) асфальтенів у момент втрати ними агрегаційної стабільності або на початковій стадії випадання асфальтенів (онсет).

3. Доведено ефективність застосування натрію сульфосукцинату та природних фосфатидів як інгібіторів процесу флокуляції асфальтенів, яка зумовлена високою полярністю зв'язків сульфатної та фосфатної груп, що пояснюється високою поверхневою активністю цих класів сполук.

4. Вуглеводнева частина з одним або двома радикалами жирних кислот різної молекулярної маси і ступеня ненасиченості забезпечує присадкам міцне закріплення на поверхні частинок асфальтенів і створює щільні захисні шари з великою кількістю функціональних груп — амідних, карбоксильних і фосфатидних.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ahmadi M. Challenges and future of chemical assisted heavy oil recovery processes / M. Ahmadi, Z. Chen // *Advances in Colloid and Interface Science*. — 2019. — No. 23. — 102081. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102081>.
2. Ren Y. Preparation and Evaluation of Modified Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer as Pour Point Depressant and Flow Improver for Jiangnan Crude Oil / Y. Ren, Z. Chen, H. Du, L. Fang, X. Zhang // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. — 2017. — No. 56 (39). — P. 11161–11166. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02929>.
3. Kwon E. H. Effect of alkyl chain length of ionic surfactants on selective removal of asphaltene from oil sand bitumen / Eun Hee Kwon, Kang Seok Go, Nam Sun Nho, Kwang Ho Kim // *Energy & Fuels*. — 2018. — No. 32 (9). — P. 9304–9313. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01933>.
4. Atta A. M. Demulsification of heavy crude oil using new nonionic cardanol surfactants / A. M. Atta, M. M. S. Abdullah, H. A. Al-Lohedan, A. O. Ezzat // *Journal of Molecular Liquids*. — 2018. — No. 252. — P. 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.154>.
5. Balestrin L. B. da S. Direct Assessment of Inhibitor and Solvent Effects on the Deposition Mechanism of Asphaltenes in a Brazilian Crude Oil / L. B. da S. Balestrin, R. D. Francisco, C. A. Bertran, M. B. Cardoso, W. Loh // *Energy & Fuels*. — 2019. — No. 33 (6). — P. 4748–4757. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00043>.
6. Chen C. Study of asphaltene dispersion and removal for high-asphaltene oil wells / C. Chen et al. // *Petroleum Sci*. — 2012. — No. 9 (4). — P. 551–557. <https://doi.org/10.1007/s12182-012-0242-5>.
7. Marcano F. Understanding the Kinetics of Asphaltene Precipitation from Crude Oils / F. Marcano, L. G. Moura, F. M. Cardoso, P. T. Rosa. — Michigan : The University of Michigan, 2015.
8. Al-Sahhaf T. A. Retardation of asphaltene precipitation by addition of toluene, resins, deasphalted oil and surfactants / T. A. Al-Sahhaf, M. A. Fahim, A. S. Elkilani // *Fluid Phase Equilibria*. — 2022. —

No. 194. — P. 1045–1057. [https://doi.org/10.1016/s0378-3812\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/s0378-3812(01)00702-6).

9. Тертишна О. В. Синтез і випробування присадок рослинного походження / О. В. Тертишна, К. О. Замікула, В. В. Поліщук, К. М. Сухий // *Питання хімії та хімічної технології*. — 2022. — № 3. — С. 83–91.
10. Tertyshna O. V. Kinetics of dissolution of asphalt-resin-paraffin deposits when adding dispersing agents / O. V. Tertyshna, K. O. Zamikula, K. M. Sukhyu, M. V. Toropin, K. S. Burmistrov // *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii*. — 2022. — No. 4. — P. 84–91. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-143-4-84-91>.
11. Тертишна О. В. Розвиток наукових основ ресурсозберігаючої технології переробки нафти: дис. ... д-ра техн. наук: 05.17.07 / О. В. Тертишна. — Дніпро, 2021. — 352 с.
12. Safieva J. O. Composition of asphaltene solvate shell at precipitation onset conditions and estimation of average aggregate sizes in model oils / J. O. Safieva, V. V. Likhatsky, V. M. Filatov, R. Z. Syunyaev // *Energy & Fuels*. — 2010. — No. 24 (4). — P. 2266–2274. <https://doi.org/10.1021/ef900901w>.

#### REFERENCES

1. Ahmadi, M., & Chen, Z. (2019). Challenges and future of chemical assisted heavy oil recovery processes. *Advances in Colloid and Interface Science*, 23, 102081. <https://doi.org/10.1016/j.cis.2019.102081>.
2. Ren, Y., Chen, Z., Du, H., Fang, L., & Zhang, X. (2017). Preparation and Evaluation of Modified Ethylene-Vinyl Acetate Copolymer as Pour Point Depressant and Flow Improver for Jiangnan Crude Oil. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 56 (39), 11161–11166. <https://doi.org/10.1021/acs.iecr.7b02929>.
3. Kwon, E. H., Go, K. S., Nho, N.-S., & Kim, K. H. (2018). Effect of alkyl chain length of ionic surfactants on selective removal of asphaltene from oil sand bitumen. *Energy & Fuels*, 32 (9), 9304–9313. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.8b01933>.
4. Atta, A. M., Abdullah, M. M. S., Al-Lohedan, H. A., & Ezzat, A. O. (2018). Demulsification of heavy crude oil using new nonionic cardanol surfactants. *Journal of Molecular Liquids*, 252, 311–320. <https://doi.org/10.1016/j.molliq.2017.12.154>.
5. Balestrin, L. B. da S., Francisco, R. D., Bertran, C. A., Cardoso, M. B., & Loh, W. (2019). Direct Assessment of Inhibitor and Solvent Effects on the Deposition Mechanism of Asphaltenes in a Brazilian Crude Oil. *Energy & Fuels*, 33(6), 4748–4757. <https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00043>.
6. Chen, C., et al. (2012). Study of asphaltene dispersion and removal for high-asphaltene oil wells. *Petroleum Sci*, 9 (4), 551–557. <https://doi.org/10.1007/s12182-012-0242-5>.
7. Marcano, F., Moura, L. G., Cardoso, F. M., & Rosa, P. T. (2015). *Understanding the Kinetics of Asphaltene Precipitation from Crude Oils*. The University of Michigan.
8. Al-Sahhaf, T. A., Fahim, M. A., & Elkilani, A. S. (2002). Retardation of asphaltene precipitation by addition of toluene, resins, deasphalted oil and surfactants. *Fluid Phase Equilibria*, 194, 1045–1057. [https://doi.org/10.1016/s0378-3812\(01\)00702-6](https://doi.org/10.1016/s0378-3812(01)00702-6).
9. Tertyshna, O. V., Zamikula, K. O., Polishchuk, V. V., & Sukhyi, K. M. (2022). Syntez i vyprobuvannya prysadok roslynnoho pokhodzhennia. [Synthesis and testing of additives of plant origin]. *Pytannia khimii*

- ta khimichnoi tekhnologii. [Questions of chemistry and chemical technology]. 3, 83–91. [in Ukr.].*
10. Tertyshna, O. V., Zamikula, K. O., Sukhyy, K. M., & Toropin, K. S. (2022). Kinetics of dissolution of asphalt-resin-paraffin deposits when adding dispersing agents. *Voprosy khimii i khimicheskoi tekhnologii, 4*, 84–91. <https://doi.org/10.32434/0321-4095-2022-143-4-84-91>.
  11. Tertyshna, O. V. (2021). Rozvytok naukovykh osnov resursozberihaiuchoi tekhnologii pererobky nafty [Development of scientific foundations of resource-saving technology of oil processing]. *Doctor of Science thesis*. Dnipro. 352 p. [in Ukr.].
  12. Safieva, J. O., Likhatsky, V. V., Filatov, V. M., & Syunyaev, R. Z. (2010). Composition of asphaltene solvate shell at precipitation onset conditions and estimation of average aggregate sizes in model oils. *Energy&Fuels, 24* (4), 2266–2274. <https://doi.org/10.1021/ef900901w>.

**O. V. TERTYSHNA**, D. Sc. in Engineering, Professor

**K. O. ZAMIKULA**, Postgraduate Student

**O. O. TERTYSHNYI**, PhD in Engineering

### THE INFLUENCE OF VEGETABLE ADDITIVES ON THE FLOCCULATION OF ASPHALTENES IN OIL DISPERSED SYSTEMS

**Abstract.** *The study examines the existing asphaltene flocculation inhibitors in oil dispersed systems – oil-soluble surfactants of various nature. It is proposed to use cheap surfactants of vegetable origin as flocculation inhibitors – phosphate concentrate and sodium sulfosuccinate. The process of flocculation of asphaltenes on model mixtures of asphaltenes of different concentrations with toluene and precipitants, as well as the influence of the proposed inhibitors on the aggregative stability of the mixtures, was studied. The flocculation starting point (onset point) of each mixture was determined by the photocolometric method.*

**Keywords:** *oil dispersed systems, asphaltenes, flocculation inhibitors, onset point.*

#### ІНФОРМАЦІЯ ПРО АВТОРІВ

**Тертишна Олена Вікторівна** — д-р техн. наук, проф., Державний вищий навчальний заклад “Український державний хіміко-технологічний університет”, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (066) 224-93-66; elenateert@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3054-9291

**Замікула Костянтин Олександрович** — аспірант, Державний вищий навчальний заклад “Український державний хіміко-технологічний університет”, просп. Гагаріна, 8, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (096) 343-87-51; zamikula\_1994@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5139-6429

**Тертишний Олег Олександрович** — канд. техн. наук, доц., Дніпровський державний агро-економічний університет, вул. Сергія Єфремова, 25, м. Дніпро, Україна, 49005; +38 (066) 224-93-61; tertyshnyi.o.o@dsau.dp.ua; ORCID: 0000-0002-9315-6826

#### INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Tertyshna O. V.** — D. Sc. in Engineering, Professor, State institution of higher education “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharin Av., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (066) 224-93-66; elenateert@gmail.com; ORCID: 0000-0003-3054-9291

**Zamikula K. O.** — Postgraduate Student, State institution of higher education “Ukrainian State University of Chemical Technology”, 8, Naharin Av., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (096) 343-87-51; zamikula\_1994@ukr.net; ORCID: 0000-0001-5139-6429

**Tertyshnyi O. O.** — PhD in Engineering, Associate Professor, Dnipro State Agrarian and Economic University, 25, Serhiy Yefremov Str., Dnipro, Ukraine, 49005; +38 (066) 224-93-61; tertyshnyi.o.o@dsau.dp.ua; ORCID: 0000-0002-9315-6826

