

Исследование механизма действия депрессорно-диспергирующих присадок в дизельном топливе

© Тубельцева* Анна Дмитриевна, Иванова** Людмила Вячеславовна, Качалкина Анна Михайловна, Магадов Валерий Рашидович, Лапин Андрей Игоревич
РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. Ленинский пр-т, 65, корп. 1.
г. Москва, 119991. Россия. Тел.: +7 (499) 507-84-11. E-mail: ivanova.l@gubkin.ru

*Ведущий направление; **Поддерживающий переписку

Ключевые слова: дизельное топливо, депрессорно-диспергирующие присадки, механизм действия присадок, тангенс угла диэлектрических потерь, поверхностное натяжение.

Аннотация

Приведены результаты исследования механизма действия в дизельном топливе композиций, включающих два разных депрессора на основе сополимера этилена и винилацетата (EVA) и диспергаторы, представляющие собой полифункциональные азотсодержащие соединения с различными углеводородными радикалами. Для выяснения механизма действия композиций депрессорно-диспергирующих присадок (ДДП) проанализированы: углеводородный состав топлива, молекулярные характеристики депрессоров (с помощью ЯМР ¹H и ИК-спектроскопии), электрофизические (тангенс угла диэлектрических потерь) и поверхностно-активные свойства образцов топлива, содержащих только депрессорные присадки и композиции ДДП с разными диспергаторами парафина. В качестве диспергаторов испытаны синтезированные в работе полифункциональные азотсодержащие соединения с длиной алкенильной цепи C₀-C₂₄. Показано, что диспергаторы являются более поляризуемыми соединениями по сравнению с депрессорами и их диэлектрические свойства возрастают с понижением температуры. Проведено сопоставление функциональных свойств композиций, содержащих разные депрессоры и разные диспергаторы с их электрофизическими и поверхностно-активными свойствами в исследуемом топливе. Показано, что показатель «депрессия ПТФ» не коррелирует с показателем «седиментационная устойчивость при холодном хранении». Предложен механизм действия ДДП в дизельном топливе, основанный на физическом взаимодействии депрессора и диспергатора за счет полярных сил при температурах, предшествующих температуре начала кристаллизации с образованием предзародышевых комплексов, которые выступают в качестве матрицы для дальнейшей кристаллизации парафинов. Выдвинуто предположение, что влияние длины алкенильного радикала в диспергаторе на эффективность его действия связано с возможностью образования комплекса в депрессором при температурах выше температуры начала кристаллизации.

Выходные данные для цитирования русскоязычной печатной версии статьи:

Исследование механизма действия депрессорно-диспергирующих присадок в дизельном топливе.

Тубельцева А.Д., Иванова Л.В., Качалкина А.М., Магадов В.Р., Лапин А.И. *Бутлеровские сообщения*.

2026. Т.85. №3. С.114-123. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114

Выходные данные для цитирования русскоязычной электронной версии статьи:

Исследование механизма действия депрессорно-диспергирующих присадок в дизельном топливе.

Тубельцева А.Д., Иванова Л.В., Качалкина А.М., Магадов В.Р., Лапин А.И. *Бутлеровские сообщения А*.

2026. Т.12. №1. Id.13. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114/ROI-jbc-RA/26-12-1-13

The output for citing the English online version of the article:

Anna D. Tubeltseva, Lyudmila V. Ivanova, Anna M. Kachalkina, Valery R. Magadov, Andrey I. Lapin. Study of the mechanism of action of depressant-dispersant additives in diesel fuel. *Butlerov Communications A*. **2026.** Vol.12. No.1. Id.13. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114/ROI-jbc-A/26-12-1-13

Литература

- [1] Бердникова А. А., Машнич, В. В., Павлова, А. А., Мамец, А. С. Влияние углеводородного состава на воспламеняемость дизельных топлив с учетом межмолекулярных взаимодействий. *Безопасный Север-чистая Арктика*. **2022.** С. 84-87. [A.A. Berdnikova, V.V. Mashnich, A.A. Pavlova, A.S. Mamets. Influence of hydrocarbon composition on the ignitability of diesel fuels taking into account intermolecular interactions. *Safe North-Clean Arctic*. **2022.** P. 84-87. (Russian)]

- [2] Савеленко В. Д. и др. Анализ рынка топливных присадок в России и перспективы импортозамещения. *НефтеГазоХимия*. **2023**. 2. С.12-19. DOI: 10.24412/2310-8266-2023-2-12-19 [V.D. Savelenko, et al. Analysis of the fuel additives market in Russia and prospects for import substitution. *OilGasChemistry*. **2023**. 2. P.12-19. (Russian)]
- [3] Камешков А.В., Гайле А.А. Получение дизельных топлив с улучшенными низкотемпературными свойствами (Обзор). *Известия СПбГТИ(ТУ). Химия и химическая технология. Органический синтез и биотехнология*. **2015**. 29. С.49-60. DOI: 10.15217/issn1998984-9.2015.29.49 [A.V. Kameshkov, A.A. Gaile Production of diesel fuels with improved low-temperature properties (Review). *Izvestiya SPbGTI(TU). Chemistry and Chemical Technology. Organic Synthesis and Biotechnology*. **2015**. 29. P.49-60. (Russian)]
- [4] Машнич В.В., Бердникова А.А., Павлова А.А., Майлин М.В., Гринько А.А., Францина Е.В. Влияние углеводородного состава на низкотемпературные свойства дизельных топлив в присутствии депрессорной присадки. *Труды Российского государственного университета нефти и газа имени И.М. Губкина*. **2022**. 3(308). С.169-182. DOI: 10.33285/2073-9028-2022-3(308)-169-182 [V.V. Mashnich, A.A. Berdnikova, A.A. Pavlova, M.V. Mailin, A.A. Grinko, E.V. Frantsina Influence of hydrocarbon composition on the low-temperature properties of diesel fuels in the presence of a pour point depressant. *Proceedings of the Gubkin Russian State University of Oil and Gas*. **2022**. 3(308). P.169-182. (Russian)]
- [5] Яковлев Н.С., Агаев С.Г. Влияние физико-химических свойств депрессорных присадок на их эффективность в дизельных топливах. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. **2022**. 12. 4 (43). С.612-619. DOI: 10.21285/2227-2925-2022-12-4-612-619 [N.S. Yakovlev, S.G. Agaev. Influence of physicochemical properties of pour point depressants on their efficiency in diesel fuels. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. **2022**. 12. 4(43). P.612-619. (Russian)]
- [6] Y. Morozova, et al. The Effect of individual hydrocarbons in the composition of diesel fuel on the effectiveness of depressant additives. *Inventions*. **2024**. 9(4). P.83. DOI:10.3390/inventions9040083
- [7] M. Majlin, et al. Mathematical modeling of additive concentration forecasting for low temperature diesel fuel characteristics improvement. *Petroleum & Coal*. **2023**. 65(1). P.33.
- [8] Тубельцева А.Д., Иванова Л.В., Лисечко О.А. Синтез и исследование функциональных свойств азотсодержащих производных алкенилсукциновой кислоты в дизельных топливах разного состава. *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. **2025**. 15. 1(52). С.119-127. DOI: 10.21285/achb.962 [A.D. Tubeltseva, L.V. Ivanova, O.A. Lisechko. Synthesis and study of the functional properties of nitrogen-containing alkenylsuccinic acid derivatives in diesel fuels of various compositions. *Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*. **2025**. 15. 1(52). P.119-127. (Russian)]
- [9] Карташевич А.Н., Кызласов Е.А. Улучшение показателей дизельного топлива с использованием присадок. *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*. **2025**. 2. С.134-140. [A.N. Kartashevich, E.A. Kyzlasov Improvement of diesel fuel performance using additives. *Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy*. **2025**. 2. P.134-140. (Russian)]
- [10] Кузьменко М.Ф., Давлетшин А.Р., Кузьменко Ф.Ф., Хамзин Ю.А., Шириязданов Р.Р., Хайрудинов И.Р., Рахимов М.Н. Синтез дисперсантов на основе алкенилсукцинимидов для обеспечения соответствия моторных масел современным экологическим и эксплуатационным требованиям. *Иноватика и экспертиза: научные труды*. **2015**. 2. С.80-91. [M.F. Kuzmenko, A.R. Davletshin, F.F. Kuzmenko, Yu.A. Khamzin, R.R. Shiriyazdanov, I.R. Khairudinov, M.N. Rakhimov. Synthesis of alkenylsuccinimide-based dispersants to ensure compliance of engine oils with modern environmental and operational requirements. *Innovatics and Expert Examination: Scientific Works*. **2015**. 2. P.80-91. (Russian)]
- [11] Siddiq A., et al. Gamma radiation-induced grafting of poly (butyl acrylate) onto ethylene vinyl acetate copolymer for improved crude oil flowability. *Scientific Reports*. **2024**. 14(1). С.8863.
- [12] Тархов Л.Г., Пепеляев С.Н., Рябов А.В. Исследование влияния углеводородного состава дизельных фракций на эффективность действия депрессорно-диспергирующей присадки. *Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Химическая технология и биотехнология*. **2009**. 9. С.162-169. [L.G. Tarkhov, S.N. Pepelyaev, A.V. Ryabov. Study of the influence of the hydrocarbon composition of diesel fractions on the effectiveness of a cold flow improver. *Bulletin of the Perm National Research Polytechnic University. Chemical Technology and Biotechnology*. **2009**. 9. P.162-169. (Russian)].
- [13] Y. Lu, X. Han. n-Alkane distributions, wax settling levels, and responses to flow improvers in diesel distillations. *Petroleum Science and Technology*. **2014**. 32(17). P.2109-2114. DOI: 10.1080/10916466.2012.746710
- [14] Claudia M.G. de Souza, Maria B. Ines. Tavares NMR Study of commercial poly(ethylene-Co-vinyl acetate). *Polymer Testing. Elsevier*. **1998**. 17(8). P.533-541.
- [15] Ahmed Siddiq, Mohamed M. Ghobashy, Abu-bakr A. A. M. El-Adasy, Ashraf M. Ashmawy. Gamma radiation-induced grafting of poly(butyl acrylate) onto ethylene vinyl acetate copolymer for improved crude oil flowability. *Scientific Reports*. **2024**. 14(1). P.8863.
- [16] W.Z. Xu, P.A. Charpentier. FTIR study measuring the monomer reactivity ratios for ethylene-vinyl acetate polymerization in supercritical CO₂. *Industrial & Engineering Chemistry Research*. **2009**. 48(3). P.1384-1390.

- [17] T. Izutsu, D. Odaka, M. Komatsu, Y. Ohki, M. Mizuno, Y. Nakamura, N. Chiwata. A new method for estimating the content of vinyl acetate in ethylene-vinyl acetate copolymer. *IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation*. **2016**. 23(3). С.1260-1265.
- [18] Anna D. Tubeltseva, Lyudmila V. Ivanova, Anna M. Kachalkina, Valery R. Magadov, Andrey I. Lapin. Study of the mechanism of action of depressant-dispersant additives in diesel fuel. *Butlerov Communications A*. **2026**. Vol.12. No.1. Id.13. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114/ROI-jbc-A/26-12-1-13
- [19] Исследование механизма действия депрессорно-диспергирующих присадок в дизельном топливе. Тубельцева А.Д., Иванова Л.В., Качалкина А.М., Магадов В.Р., Лапин А.И. *Бутлеровские сообщения А*. **2026**. Т.12. №1. Id.13. DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114/ROI-jbc-RA/26-12-1-13

The English version of the article has been published in the international edition of the journal

Butlerov Communications A
Advances in Organic Chemistry & Technologies

The Reference Object Identifier – ROI-jbc-A/26-12-1-13

The Digital Object Identifier – DOI: 10.37952/ROI-jbc-01/26-85-3-114/ROI-jbc-A/26-12-1-13

Study of the mechanism of action of depressant-dispersant additives in diesel fuel

**Anna D. Tubeltseva,^{*†} Lyudmila V. Ivanova,* Anna M. Kachalkina,
Valery R. Magadov, Andrey I. Lapin**

*Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University). Lenin Ave., 65, Bldg. 1.
Moscow, 119991. Russia. Phone: +7 (499) 507-84-11. E-mail: ivanova.l@gubkin.ru*

^{*}Supervising author; [†]Corresponding author

Keywords: diesel fuel, pour point depressant additives, mechanism of action of additives, dielectric loss tangent, surface tension.

Abstract

The results of a study on the mechanism of action of compositions in diesel fuel are presented. These compositions include two different depressors based on ethylene-vinyl acetate (EVA) copolymers and dispersants, which are polyfunctional nitrogen-containing compounds with various hydrocarbon radicals. To clarify the mechanism of action of the cold flow improver (CFI) compositions, several factors were analyzed: the hydrocarbon composition of the fuel, the molecular characteristics of the flow improvers (*via* ¹H NMR and IR spectroscopy), and the electrophysical (dielectric loss tangent) and surface-active properties of the fuel samples containing only depressors or CFI compositions with different wax dispersants. Polyfunctional nitrogen-containing compounds with an alkenyl chain length of C₀ to C₂₄ synthesized in this study were tested as dispersants. It is shown that the dispersants are more polar compounds compared to the flow improvers, and their dielectric properties increase with decreasing temperature. The functional properties of compositions containing different flow improvers and various dispersants were compared with their electrophysical and surface-active properties in the fuel under study. It is demonstrated that the "CFPP depression" parameter does not correlate with "sedimentation stability during cold storage." A mechanism for the action of CFIs in diesel fuel is proposed, based on the physical interaction between the depressor and the dispersant due to polar forces at temperatures preceding the onset of crystallization. This interaction results in the formation of pre-nucleation complexes that serve as a template for further wax crystallization. It is suggested that the influence of the alkenyl radical length in the dispersant on its performance is related to the possibility of complex formation with the flow improver at temperatures above the wax appearance temperature (WAT).