

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.185-194>

EDN QKWNFF

УДК 665.622.43.066.6

Исследование деэмульгаторов с целью повышения эффективности добычи нефти в карбонатных коллекторах

Газизов Н.Р.

ГБОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет» -

«Высшая школа нефти», Альметьевск, Россия

Research of the demulsifiers in order to increase the efficiency of oil production in carbonate reservoirs

N.R. Gazizov

Almetyevsk State University of Technology – Higher Petroleum School, Almetyevsk, Russia

E-mail: gazizov.2002@mail.ru

Аннотация. В работе представлены результаты лабораторных исследований по определению эффективности деэмульгаторов на примере искусственных водонефтяных эмульсий с нефтью турнейского яруса нижнего карбона. В результате сравнения двух реагентов было установлено, что для данных проб наиболее эффективным оказался деэмульгатор на основе неионогенных поверхностно-активных веществ (НПАВ) ДЭ-1. Он отличается от реагента с ИПАВ (ДЭ-2) более низким удельным расходом, растворимостью как в воде, так и в нефти, что позволяет применять его в прямых и обратных эмульсиях, а также отсутствием реакции с солями и кислотами. Вопрос дальнейшего изучения эффективности деэмульгаторов для разрушения эмульсий остается актуальным, так как на заключительных этапах разработки часто возникают различные осложнения, которые можно предотвратить с помощью лабораторных исследований.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, нефть, деэмульгатор, устойчивость эмульсии, поверхностно-активное вещество (ПАВ), обезвоживание, микроскопические исследования, осложнения нефтедобычи, эмульгация нефти, дисперсность

Для цитирования: Газизов Н.Р. Исследование деэмульгаторов с целью повышения эффективности добычи нефти в карбонатных коллекторах // Нефтяная провинция.-2025.-№1(41).-С. 185-194. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.185-194>. - EDN QKWNFF

Abstract. The article presents the results of laboratory studies to determine the efficiency of demulsifiers using artificial water-in-oil emulsions with oil from the Tournaisian stage of the Lower Carboniferous as an example. As a result of comparing the two reagents, it was found that the demulsifier based on nonionic surfactants (NIS) DE-1 was the most efficient for these samples. It differs from the reagent with NIS (DE-2) in its lower specific consumption, solubility in both water and oil, which allows it to be used in direct and inverse emulsions, and the absence of reaction with salts and acids. The issue of further studying the efficiency of demulsifiers for breaking emulsions remains relevant, since various complications often arise at the final stages of development, which can be prevented with the help of laboratory studies.

Key words: *water-in-oil emulsion, oil, demulsifier, emulsion stability, surface-active substance (surfactant), dehydration, microscopic studies, complications of oil production, oil emulsification, dispersity*

For citation: N.R. Gazizov Issledovaniye deemul'gatorov s tsel'yu povysheniya effektivnosti dobychi nefi v karbonatnykh kollektorakh [Research of the demulsifiers in order to increase the efficiency of oil production in carbonate reservoirs]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(41), 2025. pp. 185-194. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.185-194>. EDN QKWNFF (in Russian)

Введение

В настоящее время большинство нефтяных месторождений России находятся на заключительном этапе разработки. На этом этапе часто возникают различные осложнения при добыче нефти, что существенно усложняет процесс [1-4]. Одной из основных проблем является образование водонефтяных эмульсий, что связано с высоким уровнем обводненности продукции скважин. По мере истощения пластов содержание воды в добываемой нефти возрастает, что приводит к ухудшению качества сырья и снижению эффективности переработки. Разрушение таких эмульсий требует применения специальных технологий и реагентов, что делает задачу обеспечения бесперебойной добычи и переработки нефти все более сложной.

Известно, что главным показателем водонефтяной эмульсии является ее устойчивость. Она бывает двух типов – кинетическая и агрегативная. Первая отвечает за способность системы противостоять оседанию или всплыванию частиц дисперсной фазы, вторая – это способность глобул дисперсной фазы сохранять первоначальный размер при их столкновении друг

с другом. На устойчивость эмульсии влияют различные причины, в данной работе рассматривался фактор применения химреагентов на основе кислот в большом количестве [5-6, 9-10]. Данная ситуация может возникнуть, если после обработки призабойной зоны в скважине осталась часть непрореагировавшей кислоты и результатом взаимодействия кислоты со скважинной продукцией будет образование высокодисперсных водонефтяных эмульсий, которые могут привести: к запечатыванию фильтрационных каналов пласта; к усложнению переработки скважинной продукции, к повышенному износу оборудования.

Вариантов борьбы с образованием ВНЭ множество, в работе рассматривалось использование химического реагента – деэмульгатора. Перед промышленным использованием деэмульгатора проводятся испытания на предмет определения эффективности данного реагента для конкретных условий эксплуатации [7].

Был проведен сравнительный анализ двух деэмульгаторов - на основе неионогенных ПАВ – ДЭ-1, и на основе ионогенных ПАВ – ДЭ-2. Эффективность деэмульгаторов определялась по методике «BOTTLE TEST» [8]. Данная методика позволяет быстро и достоверно определить эффективность разрушения эмульсий по таким показателям как: динамика разрушения эмульсии; качество выделяющейся воды; качество раздела фаз нефть-вода; остаточное содержание воды в отстоявшейся нефти. Исследования проводились на искусственных эмульсиях, нефть была отобрана из турнейского яруса нижнего карбона месторождения X. Выбор пал именно на данные условия, так как за последние несколько лет на данном месторождении было проведено 15 обработок призабойной зоны скважины – все ОПЗ были на основе кислотных составов – при этом процент обводненности продукции вырос и на данный момент составляет 68%. Всего было замешано 8 проб искусственной эмульсии с различной обводненностью. В пер-

вые пять проб был дозирован деэмульгатор ДЭ-1, в остальные – деэмульгатор ДЭ-2. Исследования были проведены в лаборатории «Взаимовлияния технологий и проблем добычи высоковязких нефтей и природных битумов» на кафедре РиЭНГМ АГТУ ВШН.



ВНЭ-1

ВНЭ-2

ВНЭ-3

ВНЭ-4

ВНЭ-5



ВНЭ-6



ВНЭ-7



ВНЭ-8

Рис. 1. Лабораторные исследования эффективности деэмульгаторов

Все результаты исследований представлены в таблице 1.

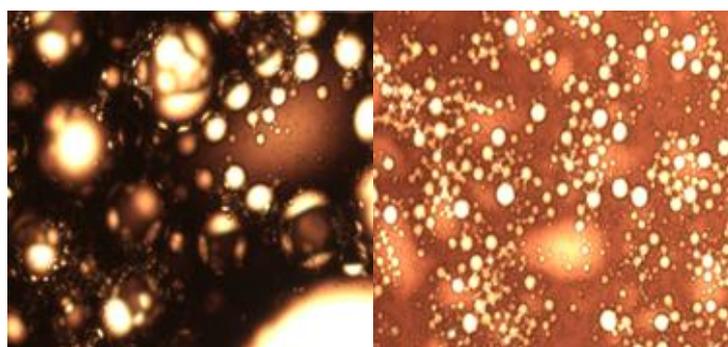
Таблица 1

Результаты исследований

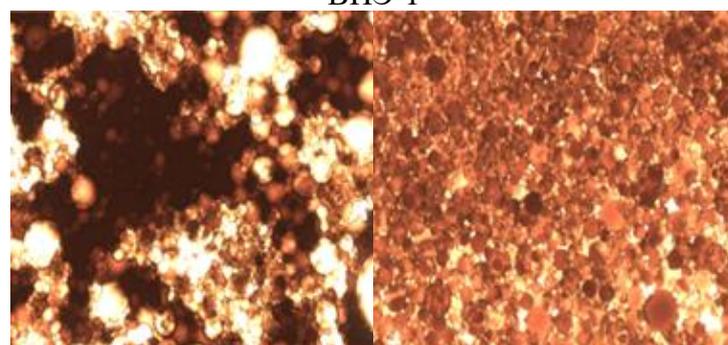
№	Обводненность, %	Объем отделившейся воды, мл	Уровень промежу- точного слоя, мл.	Процент отделив- шейся воды, %
ВНЭ-1	25	4	16	16
ВНЭ-2	70	65	0	96
ВНЭ-3	65	36	100	55
ВНЭ-4	75	57	100	76
ВНЭ-5	85	74	100	87
ВНЭ-6	65	30	100	46
ВНЭ-7	75	21	100	28
ВНЭ-8	85	73	86	86

По итогам исследований можно отметить пробы ВНЭ-2 и ВНЭ-8, так как они отмечаются наивысшим процентом отделившейся воды. Стоит отметить, что, сравнивая два реагента, можно сделать вывод, что реагент на основе НПАВ показал эффективность выше, чем реагент на основе ИПАВ, так как в пробе ВНЭ-2 отсутствует промежуточный слой, в отличие от ВНЭ - 8. Промежуточный слой является одним из основных осложняющих факторов при переработке водонефтяных эмульсий.

Также были проведены микроскопические исследования до и после дозирования деэмульгатора рис. 1, 2.



ВНЭ-1



ВНЭ-2

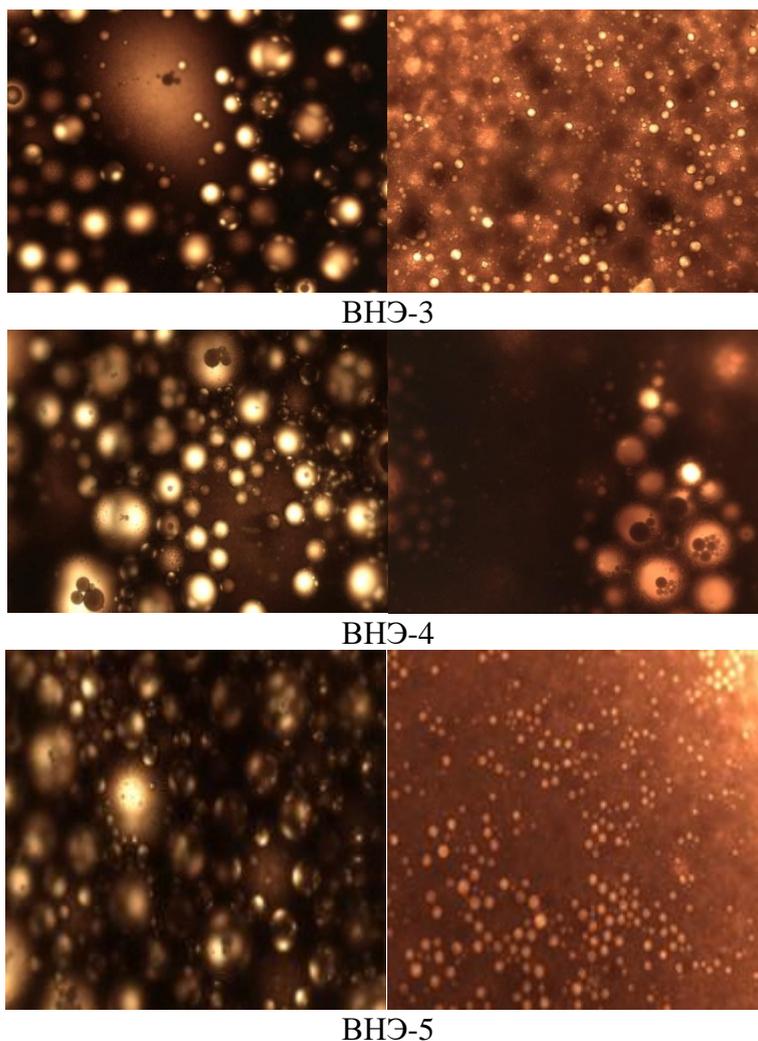
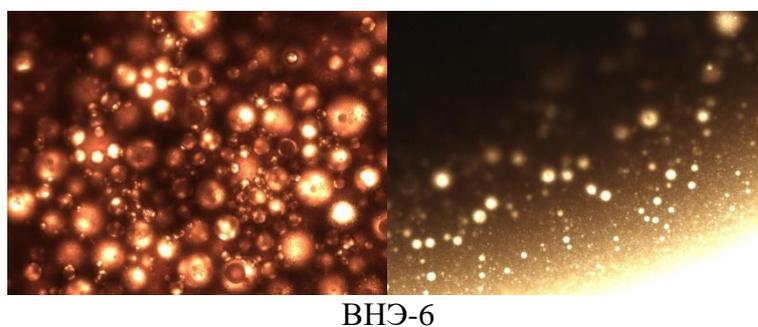


Рис. 2. Микрофотографии проб до и после дозирования деэмульгатора ДЭ-1

Можно отметить пробы ВНЭ-1, ВНЭ-2 и ВНЭ-5, так как после применения деэмульгатора у большинства частиц дисперсной фазы отсутствует бронирующая оболочка и глобулы стремятся к увеличению размеров и дальнейшему оседанию.



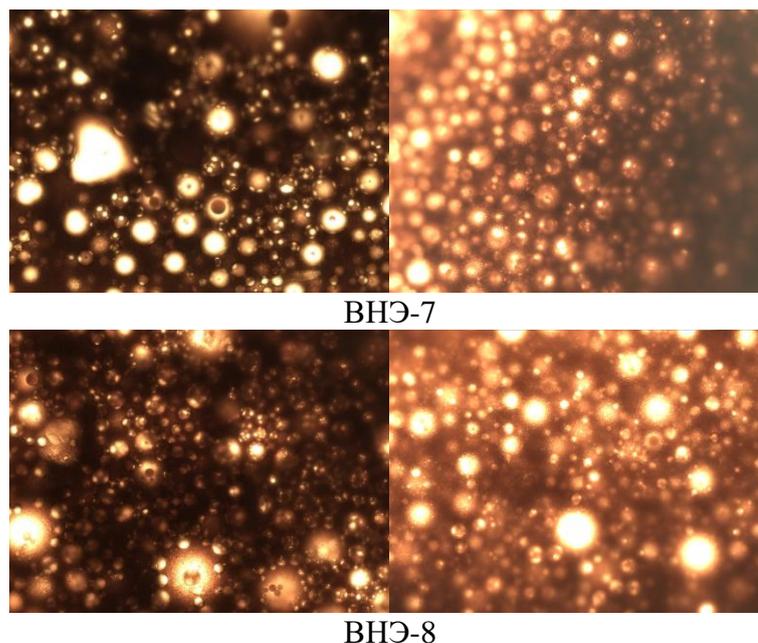


Рис. 3. Микрофотографии проб до и после дозирования деэмульгатора ДЭ-2

Среди проб с деэмульгатором ДЭ-2 выделяется лишь проба ВНЭ-8 – большинство глобул дисперсной фазы стремятся к коалесценции и седиментации, про пробы ВНЭ-6 и ВНЭ-7 такого сказать нельзя. На микрофотографии после применения реагента видно, что у проб ВНЭ-6 и ВНЭ-8 отсутствует бронирующая оболочка, что будет способствовать сливанию капель и отделению воды от нефти.

Подводя итог, можно сделать вывод, что в ходе сравнительного анализа двух деэмульгаторов реагент на основе неионогенных поверхностно-активных веществ оказался лучше: после применения деэмульгатора на трех из пяти проб глобулы дисперсной фазы, грубодисперсные в большинстве своем, не имеют бронирующего слоя. Отмечу пробу ВНЭ-2 с обводненностью 70%, деэмульгатор эффективно сработал – отделил максимальный процент воды среди всех экспериментов, в пробе отсутствует промежуточный слой. Как видно деэмульгатор ДЭ-1 на основе НПАВ лучшего всего сработал на пробе с обводненностью 70%, что близко к текущей обводненности исследуемого месторождения, поэтому можно рекомендовать данный деэмульгатор для дальнейших экспериментов с промысловой эмульсией,

при успешных экспериментах можно применять данный реагент на данном месторождении.

Список литературы

1. Ахмадуллин Б.Г., Мирсаатов О.М., Гуськова И.А. Исследование условий формирования водонефтяных эмульсий в пластовых условиях [Текст] / И.А. Гуськова, Б.Г. Ахмадуллин, О.М. Мирсаатов // Материалы научной сессии учёных Альметьевского государственного нефтяного института. – 2015. – № 1. – С. 45-48.
2. Сахабутдинов Р.З., Губайдуллин Ф.Р., Исмагилов И.Х., Космачева Т.Ф. Особенности формирования и разрушения водонефтяных эмульсий на поздней стадии разработки нефтяных месторождений. [Текст] / Сахабутдинов Р.З., Губайдуллин Ф.Р., Исмагилов И.Х., Космачева Т.Ф. // М.: ОАО «ВНИИОЭНГ», 2005. – 324 с.
3. Афанасьев, С.В. Инновационные способы разделения водонефтяных эмульсий и переработки нефтешламов [Текст] / С.В. Афанасьев // Neftegaz.ru. – 2023. – №5. – С. 24-30.
4. Мустафина А.Н., Хаярова Д.Р. Лабораторные исследования и сравнительная оценка технологической эффективности деэмульгаторов для предотвращения образования водонефтяных эмульсий [Текст] / А. Н. Мустафина, Д. Р. Хаярова // Булатовские чтения. – 2018. – Т. 2-2. – С. 42-45. – EDN XWIMBV.
5. Гуськова И.А., Хаярова Д.Р., Гайфуллин Т.Л., Закиров Р.Р. Оценка и прогнозирование технологических рисков образования эмульсионных систем при проведении кислотных гидроразрывов пласта [Текст] / И. А. Гуськова, Д. Р. Хаярова, Т. Л. Гайфуллин, Р. Р. Закиров // Нефтяное хозяйство. – 2023. – № 3. – С. 48-53. – DOI 10.24887/0028-2448-2023-3-48-53. – EDN EWNZAP.
6. Гуськова И.А., Хаярова Д.Р. Применение деэмульгаторов при проведении кислотных ГРП [Текст] / И. А. Гуськова, Д. Р. Хаярова // Достижения, проблемы и перспективы развития нефтегазовой отрасли: Сборник материалов VII Международной научно-практической конференции, Альметьевск, 12 декабря 2022 года. – Альметьевск: Альметьевский государственный нефтяной институт, 2022. – С. 25-31. – EDN ESBYEA.
7. Исмагилова К. М., Газизов Н.Р. О принципах реализации входного контроля качества реагентов-деэмульгаторов [Текст] / К. М. Исмагилова, Н. Р. Газизов // Булатовские чтения. – 2024. – Т. 1. – С. 178-180. – EDN NGVXYQ.
8. СТ-07.1-00-00-02. Порядок проведения лабораторных и опытно-промышленных испытаний химических реагентов для применения в процессах добычи и подготовки нефти и газа. 2013. – 83 с.
9. Ganeeva Y.M., Yusupova T.N., Barskaya E.E., Valiullova A.Kh., Okhotnikova E.S., Morozov V.I., Davletshina L.F. (2020). The composition of acid/oil interface in acid oil emulsions. *Petroleum Science*, 17(5), 1345–1355. <https://doi.org/10.1007/s12182-020-00447-9>
10. Kondratyuk, A. A., Karpenko, I. N., & Konovalov, V. V. (2021). Intensification of the process of decomposition of oil-water emulsions stabilized with hydrochloric acid. *E3S Web Conf.*, 266. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126601021>

References

1. Akhmadullin B.G., Mirsayetov O.M., Guskova I.A. Issledovaniye usloviy formirovaniya vodoneftyanykh emul'siy v plastovykh usloviyakh [Study of conditions of formation of water-oil emulsions in reservoir conditions]. *Almetyevsk: Proceedings of the scientific session of scientists of the Almetyevsk State Oil Institute*, 2015, No. 1, pp. 45-48. (in Russian)

2. Sakhabutdinov R.Z., Gubaydullin F.R., Ismagilov I.KH., Kosmacheva T.F. Osoben-nosti formirovaniya i razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy na pozdney stadii razrabotki neftyanykh mestorozhdeniy [Features of formation and destruction of water-oil emulsions at the late stage of oil field development.]. Moscow: JSC VNIIOENG, 2005, 324 P. (in Russian)
3. Afanas'yev, S.V. Innovatsionnyye sposoby razdeleniya vodoneftyanykh emul'siy i pererabotki nefteshlamov [Innovative methods of separation of water-oil emulsions and processing of oil sludge]. Neftgaz.ru, 2023, No. 5, pp. 24-30. (in Russian)
4. Mustafina A.N., Khayarova D.R. Laboratornyye issledovaniya i sravnitel'naya otsenka tekhnologicheskoy effektivnosti deemul'gatorov dlya predotvrashcheniya obrazovaniya vodoneftyanykh emul'siy [Laboratory studies and comparative evaluation of technological efficiency of demulsifiers for prevent the formation of water-in-oil emulsions]. Bulatovskiye chteniya [Bulatov readings], 2018, V. 2-2, pp. 42-45. (in Russian)
5. Guskova I.A., Khayarova D.R., Gayfullin T.L., Zakirov R.R. Otsenka i prognozi-rovaniye tekhnologicheskikh riskov obrazovaniya emul'sionnykh sistem pri prove-denii kislotnykh gidrorazryvov plasta [Assessment and forecasting of technological risks of formation of emulsion systems during acid hydraulic fracturing]. Neftyanoye khozyaystvo [Oil industry], 2023, No. 3, pp. 48-53. (in Russian)
6. Guskova I.A., Khayarova D.R. Primeneniye deemul'gatorov pri provedenii kislotnykh GRP [Selection of surfactant compositions for development of technologies for stimulation of oil production in high-water produced reservoirs]. Almet'yevsk [Achievements, problems and prospects for the development of the oil and gas industry: Collection of materials from the VII International scientific and practical conference], 2022, pp. 25-31. (in Russian)
7. Ismagilova K. M., Gazizov N.R. O printsipakh realizatsii vkhodnogo kontrolya kachestva reagentov-deemul'gatorov [On the principles of implementation of input quality control of demulsifier reagents]. Krasnodar: Izd-vo «Yug» [Krasnodar: Limited Liability Company "Publishing House - South"], 2024, T.1, pp. 178-180. (in Russian)
8. ST-07.1-00-00-02. Poryadok provedeniya laboratornykh i opytno-promyslovykh ispytaniy khimicheskikh reagentov dlya primeneniya v protsessakh dobychi i podgotovki nefti i gaza [Procedure for conducting laboratory and pilot tests of chemical reagents for use in oil and gas production and preparation processes], 2013, 83 P. (in Russian)
9. Ganeeva Y.M., Yusupova T.N., Barskaya E.E., Valiullova A.Kh., Okhotnikova E.S., Morozov V.I., Davletshina L.F. (2020). The composition of acid/oil interface in acid oil emulsions. *Petroleum Science*, 17(5), 1345–1355. <https://doi.org/10.1007/s12182-020-00447-9> (in English)
10. Kondratyuk, A. A., Karpenko, I. N., & Konovalov, V. V. (2021). Intensification of the process of decomposition of oil-water emulsions stabilized with hydrochloric acid. *E3S Web Conf.*, 266. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202126601021> (in English)

Сведения об авторах

Газизов Наиль Рамилевич, студент гр. 74-13, ГБОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет» - «Высшая школа нефти»
Россия, 423458, Альметьевск, ул. Ленина, 2
E-mail: gazizov.2002@mail.ru

Authors

N.R. Gazizov, student, Almetьевsk State University of Technology – Higher Petroleum School
2, Lenin Str., Almetьевsk, 423458, Russian Federation
E-mail: gazizov.2002@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.11.2024
Принята к публикации 21.03.2025
Опубликована 30.03.2025