

DOI: <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.195-203>

EDN QMFSNT

УДК 665.622.43.066.6

Анализ эффективности применения деэмульгаторов для разрушения водонефтяных эмульсий

Исмагилова К.М.

ГБОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет» -

«Высшая школа нефти», Альметьевск, Россия

Analysis of the efficiency of using demulsifiers for breaking water-oil emulsions

K.M. Ismagilova

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

E-mail: kamilla.ismagilova.2002@mail.ru

Аннотация. В данной работе рассматривается одна из актуальных проблем нефтедобычи — образование водонефтяных эмульсий. В настоящее время существуют различные методы борьбы с ними. Наиболее распространенным является химический метод, который заключается в применении деэмульгаторов. Эффективность данного метода зависит от подбора наиболее оптимального и экономически выгодного реагента. В ходе лабораторных исследований различных типов деэмульгаторов выявлено, что водорастворимый деэмульгатор более эффективен при разрушении высокообводненных эмульсий. Результаты подтверждены полученными данными в ходе экспериментов и статистическими расчетами.

Ключевые слова: водонефтяная эмульсия, нефть, деэмульгатор, поверхностно-активные вещества, деэмульсация, промежуточный слой, технологическая эффективность, бронирующая оболочка, глобулы воды, устойчивость эмульсии

Для цитирования: Исмагилова К.М. Анализ эффективности применения деэмульгаторов для разрушения водонефтяных эмульсий // Нефтяная провинция.-2025.-№1(41).-С. 195-203. - DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.195-203>. - EDN QMFSNT

Abstract. This work addresses one of the pressing issues in oil production — the formation of water-oil emulsions. Currently, there are various methods of dealing with them. The

most common is the chemical method, which consists in the use of demulsifiers. The effectiveness of this method depends on the selection of the most optimal and cost-effective reagent. In the course of laboratory studies of various types of demulsifiers, it was found that a water-soluble demulsifier is more effective at destroying highly hydrated emulsions. The results are confirmed by experimental data and statistical calculations.

Key words: *water-oil emulsion, oil, demulsifier, surfactants, demulsification, intermediate layer, technological efficiency, protective shell, globules of water, stability of the emulsion*

For citation: K.M. Ismagilova Analiz effektivnosti primeneniya deemulgatorov dlya razrusheniya vodoneftyanykh emulsiy [Analysis of the efficiency of using demulsifiers for breaking water-oil emulsions]. Neftyanaya Provintsiya, No. 1(41), 2025. pp. 195-203. DOI <https://doi.org/10.25689/NP.2025.1.195-203>. EDN QMFSNT (in Russian)

Введение

На данный момент одной из наиболее актуальных проблем в нефтяной отрасли является высокая обводненность продукции на многих разрабатываемых месторождениях. Большинство крупных месторождений имеют обводненность более 80 %, что связано с применением методов заводнения для повышения нефтеотдачи.

В процессе добычи и переработки нефти, которая перемещается вместе с пластовой водой, формируются стойкие нефтяные эмульсии с большим количеством воды [1]. Образование эмульсий влечёт за собой значительные экономические потери из-за сложностей при перекачке, образования промежуточного слоя в установках первичной переработки нефти, резервуарах, а также из-за воды и присутствующих в ней механических частиц, которые вызывают коррозию и повреждение оборудования.

Вступление нефтяных месторождений в позднюю стадию разработки характеризуется значительным обводнением пластов и продукции скважин [2]. Образование водонефтяных эмульсий обусловлено такими факторами, как смешение нефти и воды в пласте и по стволу скважины, интенсивное гидродинамическое воздействие рабочих элементов электропогружных и штанговых насосов, турбулизация потока в скважинном оборудовании и выделение газа из нефти при её подъёме на поверхность.

Эмульсии – дисперсные системы двух жидкостей, не растворимых или малорастворимых друг в друге, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капелек (глобул). Диспергированная жидкость является дисперсионной фазой, а жидкость, в которой она находится, называется дисперсионной средой [3].

Условно можно выделить 4 группы методов разрушения нефтяных эмульсий: механические; химические; электрические; термические [4].

К механическим методам относят центрифугирование, отстаивание и фильтрацию.

Термические методы обезвоживания нефти основаны на нагреве водонефтяной эмульсии до определённой температуры (45 – 80°C).

Электрические методы основаны на принципе разрушения эмульсий путем обработки их магнитным или электрическим полями, в которых происходит перераспределение электрических зарядов, и в результате эмульсия расслаивается на нефть и воду [5].

Химические методы разрушения эмульсий заключаются в применении специальных реагентов – деэмульгаторов – и является самым эффективным методом разрушения нефтяных эмульсий.

Деэмульгаторы представляют собой ПАВ, которые, концентрируясь на поверхности раздела фаз, вызывают снижение поверхностного (межфазного) натяжения. Поверхностная активность деэмульгатора должна быть существенно больше, чем у природных эмульгаторов [6].

Также в промышленной практике применяется совместное использование различных методов, например, термохимического, который является самым эффективным и заключается в воздействии температуры и специальных деэмульгаторов [7].

Были проведены исследования двух деэмульгаторов – водорастворимого и нефтерастворимого. Для этого были подготовлены 8 проб искусственной эмульсии с различной обводненностью по методике «Bottle

test» [1, 2]; дозировка деэмульгатора составила 100 г/т. В пробы № 1–5 был добавлен ДЭ-1 (водорастворимый), в пробы № 6–8 – ДЭ-2 (нефтерастворимый). Ниже представлен внешний вид проб водонефтяных эмульсий до и после применения реагентов.

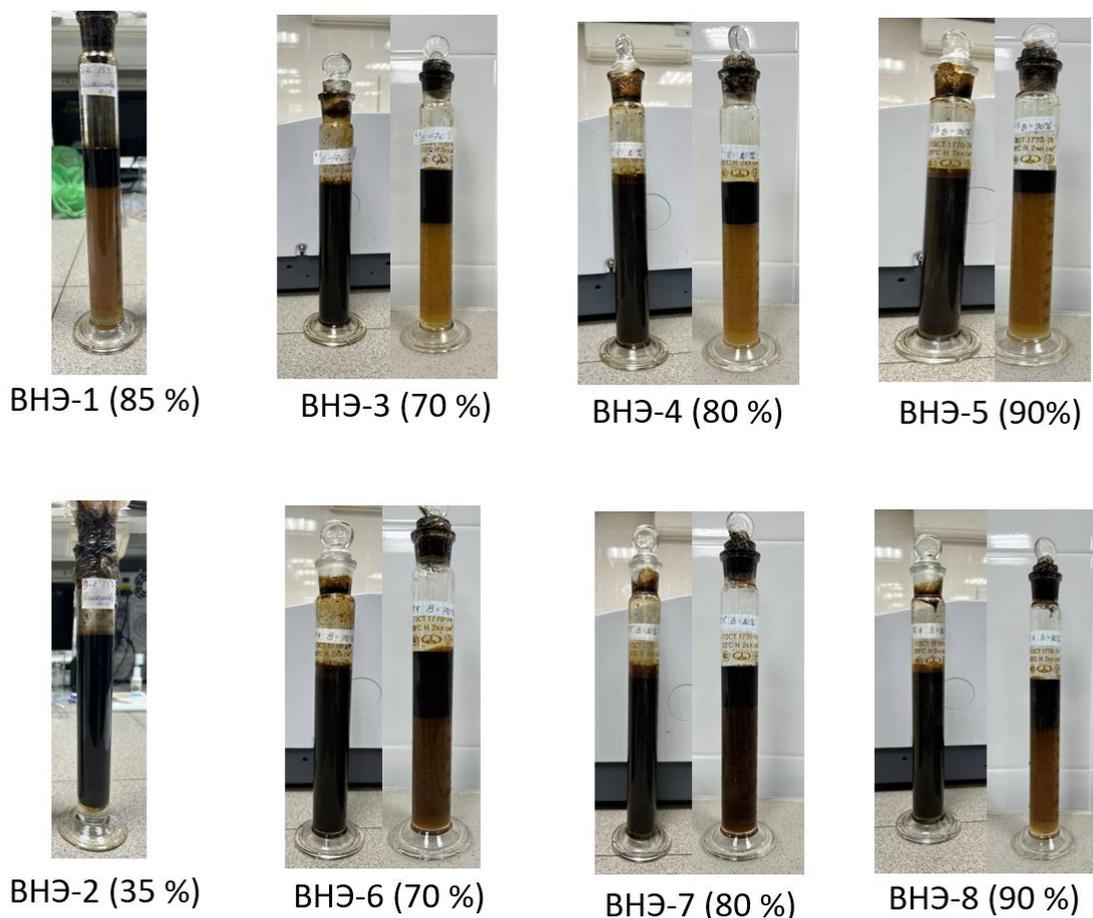


Рис. 1. Пробы водонефтяных эмульсий до и после применения деэмульгаторов

По полученным результатам проб № 1 и № 2 было выявлено, что реагент ДЭ-1 проявляет свою деэмульгирующую активность лучше в эмульсиях с большей обводненностью. Причиной может служить тот факт, что деэмульгатор относится к водорастворимым ПАВ.

Таблица 1

Результаты исследований

№	Обводненность, %	Объем отделившейся воды, мл.	Объем промежуточного слоя, мл.	Процент отделившейся воды, %
ВНЭ-1	85	79	0	92,94
ВНЭ-2	35	5	30	14,29
ВНЭ-3	70	66	1	94,29
ВНЭ-4	80	77	2	96,25
ВНЭ-5	90	88	1	97,78
ВНЭ-6	70	65	8	92,86
ВНЭ-7	80	76	1	95,00
ВНЭ-8	90	68	27	75,56

С целью анализа эффективности водорастворимого и нефтерастворимого деэмульгаторов были проведены эксперименты на образцах водонефтяной эмульсии с обводненностями 70, 80 и 90 % (пробы №№ 3-8). Помимо замера объема выделившейся воды, визуально было оценено её качество, а также объем образовавшегося промежуточного слоя, который является важным показателем эффективности деэмульгатора. Можно отметить следующее: ДЭ-1 показал лучшую эффективность во всех пробах, чем ДЭ-2, который способствовал образованию значительного промежуточного слоя в пробах с обводненностью 70 и 90 %, а также загрязнению отделившейся свободной воды.

Образование промежуточного слоя в пробах, где дозировался ДЭ-2, также подтверждается по результатам расчета ПК «NEXSYS ImageExpert» и микрофотографий водонефтяных эмульсий. В образцах № 6 и 8 данный деэмульгатор способствовал дроблению крупных глобул воды на более мелкие и образованию у капель толстых бронирующих оболочек, что оказывает значительное влияние на устойчивость эмульсии и образование промежуточного слоя. Причиной может служить то, что реагент является нефтерастворимым.

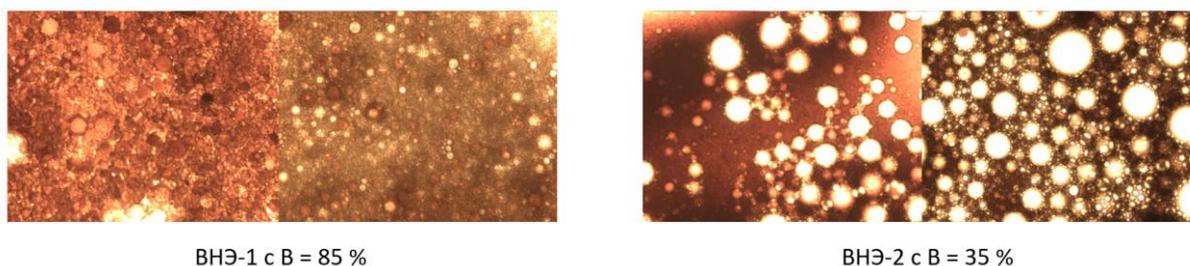


Рис. 2. Микроскопические фотографии промежуточного слоя проб № 1 и 2 до и после применения деэмульгатора

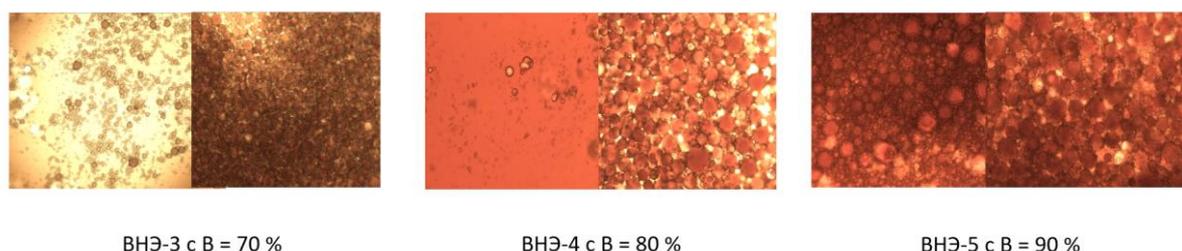


Рис. 3. Микроскопические фотографии промежуточного слоя проб № 3, 4 и 5 до и после применения деэмульгатора

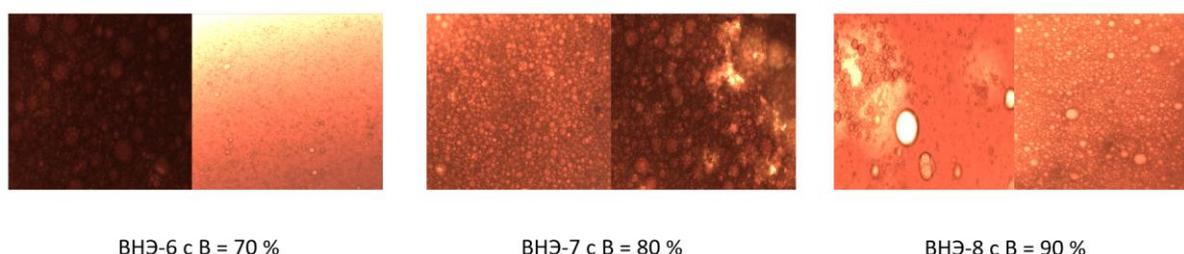


Рис. 4. Микроскопические фотографии промежуточного слоя проб № 6, 7 и 8 до и после применения деэмульгатора

Также были рассчитаны статистические параметры, по которым можно сделать вывод о малых отклонениях в результатах проведенных измерений. Для каждой пробы до и после применения была создана выборка, по которой были рассчитаны метрики, представленные ниже в табл. 2 и 3.

Таким образом, по результатам выполненных исследований отмечено, что деэмульгатор ДЭ-1 эффективен для использования на высокообводненных скважинах, что особенно актуально для большинства месторождений Республики Татарстан. ДЭ-2 в условиях большого содержания воды был менее эффективным, способствовал образованию промежуточного слоя.

Таблица 2

Результаты статистического анализа проб №№1-4

Параметры	Номер пробы							
	1		2		3		4	
	До	После	До	После	До	После	До	После
Средневзвешенное значение диаметра глобул x , мкм	45,37	38,96	73,62	77,05	15,44	30,64	19,58	43,80
Среднее квадратическое отклонение диаметра σ , мкм	18,39	14,15	33,59	27,79	6,22	9,74	16,12	24,03
Дисперсия D	338,31	200,15	1128,2	772,5	38,64	94,89	259,9	577,32
Предельная ошибка среднего значения диаметра при $\beta=0,95$	5,23	4,02	9,55	7,9	1,77	2,77	4,58	6,83
Объем выборки, N_1	262	202	478	396	89	139	230	342

Таблица 3

Результаты статистического анализа проб № 5-8

Параметры	Номер пробы							
	5		6		7		8	
	До	После	До	После	До	После	До	После
Средневзвешенное значение диаметра глобул x , мкм	30,19	42,16	29,56	14,40	32,69	28,15	23,46	20,49
Среднее квадратическое отклонение диаметра σ , мкм	18,50	21,48	19,98	6,71	22,55	9,09	14,85	11,37
Дисперсия D	342,09	461,30	399,14	45,07	508,28	82,57	220,42	129,21
Предельная ошибка среднего значения диаметра при $\beta=0,95$	5,26	6,11	5,68	1,91	6,41	2,58	4,22	3,23
Объем выборки, N_1	263	306	284	96	321	130	212	162

Полученные в лабораторных условиях результаты, представленные в работе, могут быть применены для дальнейших исследований физико-химических свойств водонефтяных эмульсий с целью повышения эффективности подготовки проб обезвоженной нефти в системе нефтедобычи.

Список литературы

1. Матиев К.И. Подбор эффективного деэмульгатора для разрушения водонефтяной эмульсии и исследования по определению совместимости с базовым деэмульгатором / К.И. Матиев, А.Д. Агазаде, М.Э. Алсафарова, А.Ф. Акберова // НАУЧНЫЕ ТРУДЫ НИПИ НЕФТЕГАЗ ГНКАР. — 2018. — № 1. — С. 75-82.
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. М.: ОАО «ВНИИОЭНГ». 2005. 324 с.
3. Левченко Д.Н. и др. Эмульсии нефти с водой и методы их разрушения / М., 1967. - 199 с.
4. Шишмина, Л.В. (ред.). Сбор и подготовка продукции нефтяных и газовых скважин: конспект лекций. Томский политехнический университет, 2016. 230 с.
5. Бортников А. Е. Некоторые результаты лабораторных экспериментов по разрушению водонефтяной эмульсии под воздействием равномерного электрического поля / Бортников А.Е., Кордик К.Е., Савиных А.В., Ницин А.С. // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. — 2013. — № 9. — С. 48-51.
6. Полежаева Н.И. Физикохимия нефтяных дисперсных систем. Нефтяные дисперсные структуры: учеб. пособие. СибГУ им. М. Ф. Решетнева. Красноярск, 2022. 94 с.
7. Позднышев Г.Н. Стабилизация и разрушение нефтяных эмульсий. М.: Недра, 1982. 156 с.

References

1. Matiev K.I., Agazade A.D., Alsafarova M.E., Akberova A.F. Podbor effektivnogo deemulgatora dlya razrusheniya vodoneftyanoi emul'sii i issledovaniya po opredeleniyu sovmeshtimosti s bazovym deemulgatorom [Selection of an effective demulsifier for breaking water-oil emulsion and studies to determine compatibility with the base demulsifier] // Nauchnye trudy NIPI Neftegaz GNKAR [Scientific Works of the NIPI NEFTEGAS SOCAR]. – 2018. – No. 1. – p. 75–82. (in Russian)
2. Sakhabutdinov R.Z., Gubaidullin F.R., Ismagilov I.Kh., Kosmacheva T.F. Osobennosti 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]. M.: ОАО «ВНИИОЭНГ» [Moscow: ОАО «ВНИИОЭНГ»]. 2005. 324 p. (in Russian)
3. Levchenko D.N. et al. Emul'sii nefiti s vodoy i metody ikh razrusheniya [Oil-water emulsions and methods of their destruction] / M., 1967. - 199 p. (in Russian)
4. Shishmina L.V. (ed.). Sbor i podgotovka produktsii neftyanykh i gazovykh skvazhin [Tekst] [Collection and preparation of oil and gas well products [Text]]: konspekt lektsiy. Tomskij politehnicheskij universitet [lecture notes. Tomsk Polytechnic University], 2016. 230 p. (in Russian)
5. Bortnikov A.E., Kordik K.E., Savinykh A.V., Nitsin A.S. Nekotorye rezul'taty laboratornykh eksperimentov po razrusheniyu vodoneftyanoi emul'sii pod vozdeystviem ravnomernogo elektricheskogo polya [Some results of laboratory experiments on the destruction of water-oil emulsion under the influence of a uniform electric field] // Geologiya, geofizika i razrabotka neftyanykh i gazovykh mestorozhdeniy [Geology, Geophysics and Development of Oil and Gas Fields]. — 2013. — No. 9. — pp. 48-51. (in Russian)
6. Polezhaeva N.I. Fizikokhimiya neftyanykh dispersnykh sistem. Neftyanye dispersnye struktury: ucheb. posobie [Physicochemistry of oil dispersed systems. Oil dispersed structures: textbook]. SibGU im. M. F. Reshetneva. Krasnoyarsk [SibSU named after M.F. Reshetnev. Krasnoyarsk], 2022. 94 p. (in Russian)

7. Pozdnyshev G.N. Stabilizatsiya i razrushenie neftyanykh emul'siy [Stabilization and destruction of oil emulsions]. M.: Nedra, 1982. 156 p. (in Russian)

Сведения об авторах

Исмагилова Камилла Марселевна, студент, ГБОУ ВО «Альметьевский государственный технологический университет» - «Высшая школа нефти»
Россия, 423462, Альметьевск, ул. Ленина, 2
E-mail: kamilla.ismagilova.2002@mail.ru

Authors

K.M. Ismagilova, student, Almeteyvsk State University of Technology – Higher Petroleum School
2, Lenina Str., Almeteyvsk, 423462, Russian Federation
E-mail: kamilla.ismagilova.2002@mail.ru

Статья поступила в редакцию 13.11.2024
Принята к публикации 21.03.2025
Опубликована 30.03.2025