

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НОВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА УСТОЙЧИВУЮ НЕФТЯНУЮ ЭМУЛЬСИЮ

З. А. АБДУЛЛАЕВА

*Азербайджанский государственный университет нефти и промышленности,
Баку, Азербайджан*

Аннотация. *В работе исследовано влияние новой композиции AZ-3 на разрушение устойчивых водонефтяных эмульсий, образующихся в высоковязких нефтях месторождений Булла-Дениз, Балахан и Сураханы. Композиция была синтезирована из местного сырья и испытана при температурах 30, 40 и 50 °С в концентрациях 150–350 ррт. Экспериментальные результаты показали, что увеличение температуры и дозы реагента существенно повышает эффективность деэмульсации, ускоряет разделение фаз и снижает содержание воды в эмульсиях до 0,03–0,1 %. Выявлено, что композиция AZ-3 демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с индивидуальными деэмульгаторами и обеспечивает рост выхода нефти на всех исследованных объектах. Наилучшие показатели достигнуты при 50 °С и концентрации 350 ррт, что подтверждает перспективность AZ-3 для промышленной подготовки аномально-свойственных нефтей к транспортировке.*

Ключевые слова: *нефтяные эмульсии, деэмульсация, композиция AZ-3, водонефтяные смеси, высокая плотность эмульсий, эффективность реагентов.*

В настоящее время нефти, добываемые из скважин в развитых странах, а также в нашей республике, характеризуются высоким содержанием асфальтенов, смол, парафинов, хлоридных солей и механических примесей. Именно по этой причине нефти с таким составом и аномальными свойствами образуют с пластовой водой устойчивые по агрегативным и кинетическим показателям водонефтяные эмульсии. Следует отметить, что такие устойчивые водонефтяные эмульсии практически невозможно разделить традиционными методами. Поэтому нефтяные исследователи и ученые ведут работы по совершенствованию существующих технологий и созданию научных основ новых технологий для деэмульсации эмульсий, формирующихся в аномально-свойственных нефтях.

В современный период, в связи с ростом добычи высоковязких нефтей, которые образуют устойчивые водонефтяные эмульсии, а также с тем, что при их подготовке к транспортировке внутренние поверхности установок и оборудования подвергаются электрохимической коррозии, возникает необходимость разработки новых композиционных составов с multifunctional свойствами и высокой эффективностью действия, а также изучения их свойств прежде всего в лабораторных условиях.

Проведенный анализ многочисленных литературных источников показал, что индивидуальные деэмульгаторы обладают низкой эффективностью при разрушении высокоустойчивых водонефтяных эмульсий. Современные научные исследования показывают, что композиционные составы оказывают значительно более эффективное воздействие по сравнению с индивидуальными деэмульгаторами.

Таким образом, учитывая изложенное выше, целью данной работы являлось проведение исследований по подготовке аномально-свойственных нефтей к транспортировке, создание большого количества новых композиций преимущественно из местного сырья и изучение их свойств для определения экономически наиболее эффективных. При этом основное внимание

в исследовании было уделено многофункциональности новой композиции, ее способности обеспечивать высокий эффект при низких температурах и в малых дозировках. Среди большого числа композиций, приготовленных в лабораторных условиях из одно- и разно целевых реагентов, наилучшие результаты показала композиция, условное наименование, компонентный состав и соотношение компонентов которой приведены в таблице 1 [1–8].

Таблица 1. –Условное наименование и компонентный состав композиций

№	Условное наименование композиции	Состав композиции	Соотношение компонентов
1	AZ-3	BAF-1 + Госсипол + Ацетон	14 : 21 : 1

В качестве объекта исследования были выбраны нефтяные образцы месторождений Булла-Дениз с обводненностью 30%, Балахан с обводненностью 34% и Сураханы с обводненностью 32%. Процесс деэмульсации этих нефтей с применением новой композиции марки AZ-3 проводился в течение двух часов при температурах 30, 40 и 50 °С. Следует отметить, что в ходе эксперимента использовались концентрации композиции AZ-3 в пределах 150, 200, 250, 300 и 350 ppm (см. таблицы 2–4).

Таблица 2. – Деэмульсация водонефтяных эмульсий при 30 °С в присутствии композиции AZ-3

№	Концентрация реагента, ppm	Состав эмульсии, %		Уменьшение содержания воды, %	Увеличение содержания нефти, %
		Нефть	Вода		
		<i>Була-Дениз</i>		–	–
1	–		30.0	–	–
2	150	91.7	8.3	72.33	31.0
3	200	93.6	6.4	78.67	33.71
4	250	97.2	2.8	90.67	38.86
5	300	98.3	1.7	94.33	40.43
6	350	99.6	0.4	98.67	42.29
		<i>Балаханы</i>			
1	–		34.0	–	–
2	150	84.2	15.8	53.53	27.58
3	200	86.5	13.5	60.29	31.06
4	250	92.4	7.6	77.65	40.00
5	300	95.2	4.8	85.88	44.24
6	350	97.4	2.6	92.35	47.58
		<i>Сураханы</i>			
1	–	68.0	32.0	–	–
2	150	84.2	15.8	50.63	23.82
3	200	90.8	9.2	71.25	33.53
4	250	92.4	7.6	76.25	35.88
5	300	95.1	4.9	84.69	39.85
6	350	98.6	1.4	95.63	45.00

Эксперименты по деэмульсации водонефтяных эмульсий месторождений Булла-Дениз, Балахан и Сураханы при температуре 30 °С с применением композиции AZ-3 в различных концентрациях, представленные в таблице 2, показали, что данный реагент обладает высокой

эффективностью при разделении фаз эмульсий. Результаты исследований доказали, что с увеличением концентрации AZ-3 интенсивность выделения воды из эмульсий возрастает, а содержание нефти в эмульсионной фазе увеличивается. Для образцов месторождения Булла-Дениз первоначальное содержание воды составляло 30 %. При увеличении дозы AZ-3 от 150 ppm до 350 ppm степень снижения воды возросла с 72,33 % до 98,67 %, тогда как прирост нефти составил от 31,0 % до 42,29 %. Эти результаты показывают, что композиция AZ-3 эффективно снижает поверхностное натяжение даже в относительно устойчивых эмульсиях, подобных Булла-Дениз, обеспечивая практически полное разделение фаз. В образцах из месторождения Балахан исходное содержание воды составляло 34 %. При повышении концентрации реагента степень снижения воды достигла 92,35 %, а прирост нефти – 47,58 %. Для Балаханской нефти в действие AZ-3 проявилось особенно ярко, что выразилось в более высоком выделении нефти. Наилучшие показатели роста нефтяной фазы в этом случае объясняются химическими и дисперсными характеристиками эмульсии.

Образцов месторождения Сураханы исходное содержание воды составляло 32 %. По мере увеличения концентрации AZ-3 уровень выделения воды достиг 95,63 %, а прирост нефти – 45,00 %. Эти данные подтверждают высокую чувствительность эмульсий Сураханы к действию AZ-3 и эффективное разрушение их структурной стабильности. Сравнительный анализ показал, что по максимальному снижению содержания воды лучшие результаты продемонстрировала нефть Булла-Дениз, тогда как по приросту нефти – месторождение Балахан. Эмульсии Сураханы в целом показали высокую эффективность по обоим параметрам. Эти различия обусловлены геологическими и химическими особенностями конкретных месторождений.

В заключение можно отметить, что композиция AZ-3 при 30 °C является высокоэффективным деэмульгатором для всех исследованных эмульсий. Ее эффективность зависит не только от концентрации, но и от происхождения и структурных свойств эмульсии. Таким образом, практическое применение AZ-3 может иметь важное значение для снижения потерь при добыче нефти, повышения технологической эффективности и оптимизации управления водонефтяными системами.

Таблица 3. – Деэмульсация водонефтяных эмульсий при 40 °C в присутствии композиции AZ-3

№	Концентрация реагента, ppm	Состав эмульсии, %		Уменьшение содержания воды, %	Увеличение содержания нефти, %
		Нефть	Вода		
1	2	3	4	5	6
		<i>Булла-Дениз</i>			
1	-	70.0	30.0	-	-
2	150	93.7	6.3	79.00	33.86
3	200	96.2	3.8	87.33	37.43
4	250	98.5	1.5	95.00	40.71
5	300	99.1	0.9	97.00	41.57
6	350	99.9	0.1	99.67	42.71
		<i>Балаханы</i>			
1	-	66.0	34.0	-	-
2	150	88.8	11.2	67.06	34.55
3	200	91.3	8.7	74.41	38.33
4	250	94.6	5.4	84.12	43.33
5	300	97.2	2.8	91.76	47.27
6	350	99.0	1.0	97.06	50.00

Окончание таблицы 3

1	2	3	4	5	6
		Сураханы			
1	-	68.0	32.0	-	-
2	150	90.3	9.7	69.69	32.79
3	200	92.8	7.2	77.50	36.47
4	250	95.9	4.1	87.19	40.88
5	300	98.2	1.8	94.38	44.41
6	350	99.7	0.3	99.06	46.62

Как видно из таблицы 3, в эмульсии, полученной из месторождения Булла-Дениз, первоначально содержалось 70 % нефти и 30 % воды. Применение композиции AZ-3 в различных концентрациях (150–350 ppm) привело к заметному снижению содержания воды и существенному увеличению доли нефти. Так, при концентрации 150 ppm степень снижения воды составила 79,00 %, а увеличение нефти – 33,86 %. С ростом концентрации эффективность разрушения эмульсии возрастала: при 350 ppm количество воды снизилось до 0,1 %, что соответствует 99,67 % выделения воды. Прирост нефти при этом достиг 42,71 %. Эти результаты показывают, что при температуре 40 °С композиция AZ-3 проявляет очень высокие деэмульгирующие свойства в эмульсиях Булла-Дениз. Повышение температуры усиливает поверхностную активность молекул AZ-3, способствуя снижению межфазного натяжения. В эмульсии месторождения Балахан, первоначально содержащей 66 % нефти и 34 % воды, также наблюдалось эффективное разделение фаз при применении AZ-3. При 150 ppm степень снижения воды составила 67,06 %, а увеличение нефти – 34,55 %. С ростом концентрации эффективность возрастала: при 250 ppm количество воды уменьшилось до 5,4 %, что соответствует 84,12 % деэмульсации. При максимальной концентрации – 350 ppm – содержание воды снизилось до 1,0 %, что соответствует 97,06 % выделения воды, а увеличение нефти достигло 50,00 %, что является наибольшим показателем среди всех месторождений. Таким образом, установлено, что композиция AZ-3 обеспечивает более выраженное выделение нефти в эмульсиях Балахан, что можно объяснить особенностями структуры эмульсии и влиянием компонентов реагента на ее состав.

Эмульсия месторождения Сураханы первоначально содержала 68 % нефти и 32 % воды. Композиция AZ-3 также продемонстрировала здесь высокую эффективность. При 150 ppm степень снижения воды составила 69,69 %, а увеличение нефти – 32,79 %. С увеличением концентрации наблюдался пропорциональный рост эффективности. При 300 ppm содержание воды снизилось до 1,8 %, нефти – увеличилось до 98,2 %, что соответствует 94,38 % выделения воды и 44,41 % прироста нефти. Наиболее выраженный эффект отмечен при 350 ppm: содержание воды снизилось до 0,3 %, что соответствует 99,06 % выделения воды, а восстановление нефти составило 46,62 %. Образцы Сураханы показали сбалансированный и устойчивый рост показателей как по выделению воды, так и по увеличению нефти, что свидетельствует о стабильной адсорбции AZ-3 в сложных средах.

Результаты экспериментов показывают, что при 40 °С композиция AZ-3 обладает высокой деэмульгирующей активностью для всех исследованных месторождений, хотя между ними наблюдаются различия. В образцах Булла-Дениз зафиксировано максимальное выделение воды – 99,67 %. В образцах Балахан достигнуто максимальное выделение нефти – 50 %. Эмульсии Сураханы продемонстрировали сбалансированные и эффективные результаты по обоим параметрам. Эти показатели подтверждают, что композиция AZ-3 обладает комплексным механизмом действия – способностью одновременно снижать поверхностное натяжение и разрушать дисперсные фазы. Повышение температуры до 40 °С усилило кинетическую активность

реагента и подвижность капель в эмульсии, нарушив ее стабильность и ускорив процесс разделения фаз.

Таблица 4. – Деэмульсация водонефтяных эмульсий при 50 °С в присутствии композиции AZ-3

№	Концентрация реагента, ppm	Состав эмульсии, %		Уменьшение содержания воды, %	Увеличение содержания нефти, %
		Нефть	Вода		
		<i>Була-Дениз</i>		–	–
1	–	70.0	30.0	–	–
2	150	96.3	3.7	87.67	37.57
3	200	98.6	1.4	95.33	40.86
4	250	99.7	0.3	99.00	42.43
5	300	99.94	0.06	99.80	42.77
6	350	99.97	0.03	99.90	42.81
		<i>Балаханы</i>			
1	–	66.0	34.0	–	–
2	150	93.6	6.4	81.18	41.82
3	200	95.1	4.9	85.59	44.24
4	250	97.3	2.7	92.06	47.42
5	300	99.6	0.4	98.82	50.91
6	350	99.9	0.1	99.71	51.36
		<i>Сураханы</i>			
1	–	68.0	32.0	–	–
2	150	95.7	4.3	86.56	40.59
3	200	97.9	2.1	93.44	43.97
4	250	99.5	0.5	98.44	46.32
5	300	99.91	0.09	99.72	46.93
6	350	99.94	0.06	99.81	46.97

Результаты исследований, представленные в таблице 4, показывают, что деэмульсация водонефтяных эмульсий при температуре 50 °С с применением композиции AZ-3 обеспечивает наивысшие и наиболее оптимальные показатели среди всей серии экспериментов. Повышение температуры до 50 °С ослабляет внутреннюю структуру эмульсии и одновременно усиливает поверхностную активность реагента AZ-3. Это приводит к снижению межфазного натяжения до минимума и создает условия для максимального разрушения эмульсий.

В эмульсиях, отобранных из месторождения Булла-Дениз, исходное содержание воды составляло 30 %. При концентрации реагента 350 ppm степень снижения воды достигла 99,90 %, а увеличение нефти – 42,81 %. Этот результат свидетельствует о практически полной деэмульсации. Даже микроскопические капли воды были отделены, что подтверждает высокую поверхностно-активную способность композиции AZ-3. Настолько высокий уровень выделения воды имеет большое значение для улучшения конечного качества продукта.

В эмульсиях месторождения Балахан наблюдалось иное преимущество. Хотя степень выделения воды составила 99,71 %, увеличение нефти достигло 51,36 %, что является наивысшим показателем среди всех исследованных месторождений. Для эмульсий типа Балахан оптимальное воздействие AZ-3 доказывает его пригодность для промышленного применения, обеспечивая извлечение нефти без потерь и на максимально возможном уровне.

Эмульсии месторождения Сураханы также продемонстрировали столь же высокие и стабильные результаты. При концентрации 350 ppm степень выделения воды составила 99,81 %, а увеличение нефти – 46,97 %. Преимущество образцов Сураханы заключается в том, что разделение водной и нефтяной фаз происходит равномерно и сбалансированно. Это указывает на эффективную адсорбцию реагента на компонентах системы и полное разрушение стабильности эмульсии.

В целом полученные результаты показывают, что температура 50 °C создает оптимальные условия для максимальной активности композиции AZ-3. В этих условиях под воздействием реагента происходит практически полное разделение водной и нефтяной фаз, а стабильность эмульсий нарушается наиболее эффективно. Эти данные имеют важное научное и технологическое значение, поскольку обеспечивают достижение максимального качества продукта при минимальном расходе реагента.

В итоге применение композиции AZ-3 в концентрации 350 ppm при температуре 50 °C во всех исследованных месторождениях продемонстрировало высокую эффективность и обеспечило полное разрушение эмульсий. Полученные результаты позволяют обоснованно рекомендовать широкое промышленное использование композиции AZ-3.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. С повышением температуры и концентрации реагента деэмульгирующее действие композиции AZ-3 резко возрастает. Проведенные эксперименты показали, что увеличение температуры с 30 °C до 50 °C ослабляет внутреннюю структуру эмульсий и усиливает поверхностную активность реагента AZ-3. Это приводит к снижению межфазного натяжения, ускорению коалесценции (слияния) водных капель и полному разрушению эмульсий. При всех исследованных месторождениях максимальные результаты были достигнуты при 50 °C: степень снижения воды составила до 99,9 %, а увеличение нефти находилось в диапазоне 42,8–51,4 %. Эти данные подтверждают высокую активность композиции AZ-3 под воздействием температуры и свидетельствуют о том, что ее оптимальный режим действия формируется при температуре около 50 °C.

2. Эффективность деэмульгирующего воздействия композиции AZ-3 зависит от происхождения нефти и структурных особенностей эмульсий. Сравнительный анализ показал, что в эмульсиях месторождения Булла-Дениз наблюдалось максимальное выделение воды (99,90 %), в образцах Балахан – наибольшее увеличение нефти (51,36 %), тогда как эмульсии Сураханы продемонстрировали сбалансированные и стабильные результаты по обоим параметрам (99,81 % и 46,97 % соответственно). Эти различия объясняются геохимическим составом месторождений, степенью дисперсности эмульсий и полярными свойствами фаз.

3. Композиция AZ-3 может быть оценена как высокоэффективный потенциальный деэмульгатор для промышленного применения. Исследования доказали, что при концентрации 350 ppm реагент AZ-3 обеспечивает практически полное разделение фаз во всех изученных нефтяных образцах. Степень выделения воды составляла 98–99,9 %, а увеличение нефти – 42–51 %. Эти результаты подтверждают способность реагента к устойчивой адсорбции на фазовых границах и эффективному снижению поверхностного натяжения. Применение композиции AZ-3 открывает значительные промышленные перспективы в области снижения потерь при добыче нефти, повышения качества продукции и оптимизации технологических процессов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Zou J., Patiguli Y., Chen J., Alimila A., Zhao B., Hou J. "Study on Demulsification Technology of Heavy Oil Blended in Xinjiang Oilfield." *Processes*, 11(2), 2023, art. 409. [mdpi.com](https://doi.org/10.3390/pr11020409)
2. K. Azizollah. "Increasing the Efficiency of Demulsification Treatment in Petroleum Industry Using a Multicomponent Demulsifier Package." *Neftehimia*, Vol 63, No 3, 2023, pp. 338-353. [edgcccjournal.org](https://doi.org/10.26907/2542-2702.2023.3.338-353)

3. Rajan H., Yusuf N.R., Mohsim D.F., Halim N.H. Bt. "Chemical Demulsification of Oil-in-Water Emulsion from Gas Condensate Field." *Substantia*, 7(2), 2023, pp. 7-19. riviste.fupress.net
4. Jiang S., Li Q., Ma Q., Xu B., Zou T. "Efficient Demulsification Performance of Emulsified Condensate Oil by Hyperbranched Low-Temperature Demulsifiers." *Molecules*, 28(22), 2023, art. 7524. mdpi.com
5. Topilnytskyy P., Shyshchak M., Skorokhoda V., Torskyi V. "Demulsification Methods for Heavy Crude Oil Emulsions. A Review." *JCCT*, Vol 18, No 2, 2024, pp. 270-283. science.lpnu.ua
6. Ochilov A.A., Abdikamalova A.B., Salixanova D.S., Uzakbaev K.A. "Analysis of the Process of Breaking Down Water-Oil Emulsions of Heavy Oils Using the Developed Local Demulsifier." *European Journal of Technical and Natural Sciences*, 2024, No 3-4, pp. 21-26. ppublishing.org
7. "Research and Application Progress of Crude Oil Demulsification Technology." *Processes*, 12(10), 2024, art. 2292. mdpi.com
8. "Petroleum Emulsion Stability and Separation Strategies: A Comprehensive Review." *ChemEngineering*, 9(5), 2025, art. 113.