

March 2024

RESEARCH OF THE EFFECTIVENESS OF OIL DEMULSIFIERS OF JARKURGON FIELD UNDER STATIC CONDITIONS

Masud KARIMOV

Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan, angel99-92@mail.ru

Gulnora JURAEVA

Karshi Institute of Engineering and Economics, Karshi, Uzbekistan, angel99-92@mail.ru

Ilkhom ABDIRAHIMOV

Karshi Institute of Engineering and Economics, Karshi, Uzbekistan, abdirahimov.ilhom@mail.ru

Follow this and additional works at: <https://cce.researchcommons.org/journal>

Recommended Citation

KARIMOV, Masud; JURAEVA, Gulnora; and ABDIRAHIMOV, Ilkhom (2024) "RESEARCH OF THE EFFECTIVENESS OF OIL DEMULSIFIERS OF JARKURGON FIELD UNDER STATIC CONDITIONS," *CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING*: Vol. 2022: No. 4, Article 16.

DOI: 10.34920/cce202245

Available at: <https://cce.researchcommons.org/journal/vol2022/iss4/16>

This Article is brought to you for free and open access by Chemistry and Chemical Engineering. It has been accepted for inclusion in CHEMISTRY AND CHEMICAL ENGINEERING by an authorized editor of Chemistry and Chemical Engineering. For more information, please contact zuchra_kadirova@yahoo.com.

RESEARCH OF THE EFFECTIVENESS OF OIL DEMULSIFIERS OF JARKURGON FIELD UNDER STATIC CONDITIONS

Masud KARIMOV¹ (angel99-92@mail.ru), Gulnora JURAEVA² (angel99-92@mail.ru),
Ilhom ABDIRAHIMOV² (abdirahimov.ilhom@mail.ru)

¹Tashkent Scientific Research Institute of Chemical Technology, Tashkent, Uzbekistan

²Karshi Institute of Engineering and Economics, Karshi, Uzbekistan

The aim of the work is to synthesize a demulsifier and determine its effectiveness in testing oil from the Zharkurgon field under static conditions. Hydrolyzed polyacrylonitrile was used to synthesize the demulsifier (DE-5). Under laboratory conditions, tests were carried out to determine the effectiveness of the synthesized demulsifier in the process of destruction of a stable water-oil emulsion of oil from the Zharkurgon field under static conditions. Good results on desalting and dehydration of typical oil were obtained using DE-5 in an amount of 30–40 g/t. With salt content of 505 mg/l in the oil, it was possible to desalt oil to 91.1%, with salt content of 775 and 1438 mg/l to 57.7 and 69.3% only. Increasing the demulsifier consumption above 40 g/t reduces the residual salt content insignificantly, leaving it rather high (35–51 mg/l). The use of a demulsifier makes it possible to obtain oil with a salt content of 14 mg/l at a consumption of DE-5 in an amount of 20 g/t and 10% wash water.

Keywords: oil-water emulsions, dispersed phase, demulsifiers, ethanolamines, odorants, organic compounds, cationic, anion-active substances

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ НЕФТИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЖАРКУРГОН В СТАТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

Masud KARIMOV¹ ((karimov.mas'ud@mail.ru), Gulnora DJURAEVA² (gulnoradjurayeva60@mail.ru),
Ilhom ABDIRAHIMOV² (abdirahimov.ilhom@mail.ru).

¹Ташкентский научно-исследовательский институт химической технологии, Ташкент, Узбекистан

²Каршинский инженерно-экономический институт, Карши, Узбекистан

Целью работы является синтез деэмульгатора и определение его эффективности при испытаниях нефти месторождения Жаркургон в статических условиях. Для синтеза деэмульгатора (ДЭ-5) использован гидролизированный полиакрилонитрил. В лабораторных условиях проведены испытания по определению эффективности синтезированного деэмульгатора в процессе разрушения устойчивой водонефтяной эмульсии нефти месторождения Жаркургон в статических условиях. Хорошие результаты по обессоливанию и обезвоживанию типовой нефти получены при использовании ДЭ-5 в количестве 30–40 г/т. При содержании солей 505 мг/л нефти удалось обессолить нефть на 91,1%, при содержании солей 775 и 1438 мг/л только лишь на 57,7 и 69,3%. Увеличение расхода деэмульгатора выше 40 г/т несущественно уменьшает остаточное содержание солей, оставляя его достаточно высоким (35–51 мг/л). Применение деэмульгатора позволяет получить нефть с содержанием солей 14 мг/л при расходе ДЭ-5 в количестве 20 г/т и 10% промывной воды.

Ключевые слова: водонефтяные эмульсии, дисперсная фаза, деэмульгаторы, этаноламины, одоранты, органических соединений, катионоактивный, анионоактивный веществ

JARQO'RG'ON NEFTI DEMULGATORLARINING STATIK SHAROITLARDAMAMARADORLIGINI O'RGANISH

Mas'ud KARIMOV¹ (karimov.mas'ud@mail.ru), Gulnora JO'RAEVA² (gulnoradjurayeva60@mail.ru),
Ilhom ABDIRAHIMOV² (abdirahimov.ilhom@mail.ru)

¹Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy tadqiqot instituti, Toshkent, O'zbekiston

²Qarshi muhandislik-iqtisodiyot instituti, Qarshi, O'zbekiston

Ishdan maqsad demulgatorni sintez qilish va uning Jarqo'rg'on konidan olingan neftni statik sharoitda sinash samaradorligini aniqlashdan iborat. Demulsifikatorni (DE-5) sintez qilish uchun gidrolizlangan poliakrilonitril ishlatilgan. Laboratoriya sharoitida Jarqo'rg'on konidan olingan neftning barqaror suv-neft emulsiyasini statik sharoitda yo'q qilish jarayonida sintezlangan demulsifikatorning samaradorligini aniqlash bo'yicha sinovlar o'tkazildi. 30-40 g / t miqdorida DE-5 yordamida odatdagi yog'ni tuzsizlantirish va suvsizlantirish bo'yicha yaxshi natijalarga erishildi. Tuz miqdori 505 mg/l bo'lgan neftni 91,1% ga, tuz miqdori 775 va 1438 mg/l bo'lsa, faqat 57,7 va 69,3% ga tuzsizlantirish mumkin edi. Demulsifikator iste'molini 40 g / t dan ortiq oshirish qoldiq tuz miqdorini sezilarli darajada kamaytiradi va uni ancha yuqori (35-51 mg / l) qoldiradi. Demulsifikatordan foydalanish DE-5 iste'moli 20 g / t miqdorida va 10% yuvish suvida 14 mg / l tuzli moy olish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: neft-suv emulsiyalari, dispers faza, demulgatorlar, etanolaminlar, hidlovchilar, organik birikmalar, kation, anion-aktiv moddalar

DOI: 10.34920/ccc202245

Введение

В Стратегии действий по дальнейшему развитию Республики Узбекистан определены важные задачи, направленные на «Освоение производства совершенно новых видов продукции и технологий, на этой основе обеспечить производство конкурентоспособной отечественной продукции на внешнем и внутреннем рынках». Они играют важную роль в замене дефицитных компонентов местным

сырьем – многотоннажным и побочными продуктами химической промышленности.

Предложено развитие исследований по технологии производства органических соединений, таких как деэмульгаторы, этаноламины и одоранты, а также разработка нового эффективного деэмульгатора с использованием химической модификации и технологии получения многокомпонентных одорантов.

Основной проблемой процесса подготовки нефти к переработке является разрушение образующихся устойчивых эмульсий.

Водонефтяные эмульсии – это широкая область, вследствие поступления к забою скважины подстилающей воды или той воды, которая закачивается в пласт для поддержания давления, в нефти появляется вода. При движении нефти и пластовой воды по трубопроводам и стволу скважины и их взаимного перемешивания происходит дробление, в результате чего образуются водонефтяные эмульсии. Эмульсия представляет собой смесь двух взаимно нерастворимых жидкостей, одна из которых диспергирована в другой в виде мелких капелек (глобул) [1].

Исследования [2-3] показывают, что множественные эмульсии в отличие от эмульсий обратного и прямого типа содержат большое количество механических примесей. Дисперсная фаза (вода) таких эмульсий сама является эмульсией, в которой содержатся частицы другой фазы (частицы нефти). Множественные эмульсии в основном относятся к так называемым «ловушечным» водонефтяным эмульсиям, которые образуются в процессе подготовки нефти на промыслах/или на ЭЛОУ НПЗ [4].

Устойчивость – это самый важный показатель для водонефтяных эмульсий, т.е. способность системы не разрушаться на две фазы в течение длительного периода. [5]. Способность образовывать эмульсию прямого или обратного типа П.А. Ребиндер предложил характеризовать следующей величиной:

$$\gamma = \tau_B / \tau_H \cdot v_H / v_B$$

где τ_B , τ_H — время существования капелек воды и нефти; v_B , v_H — объемы воды и нефти. Как следует из данной формулы увеличение показателя γ приводит к образованию эмульсии обратного типа (В/Н), а его уменьшение — к образованию эмульсии Н/В [2].

Необходимо отметить, что образование эмульсий не происходит при перемешивании несмешивающихся жидкостей (например, при перемешивании чистой воды и чистой нефти эмульсия не образуется). Их образование возможно, когда в системе присутствует третье вещество — называемое эмульгатором [6].

Основным фактором устойчивости концентрированных эмульсий согласно представлениям П.А. Ребиндера является образование

адсорбционного слоя с высокой структурной вязкостью на поверхности капелек воды и является структурно-механическим барьером, препятствующим коалесценции капелек [2, 7, 8]. Этот структурно-механический барьер по работам А.Б. Таубмана связан с образованием на границе раздела сложных надмолекулярных структур в формемного слойной фазовой пленки ультра микроэмульсии (УМЭ), обладающей гелеобразными свойствами [9]. Для нефтяных эмульсий В/Н, т.е. объект нашего рассмотрения, наиболее близка к теории структурно-механического барьера, где устойчивость эмульсий определяется образованием на поверхности глобул дисперсной фазы адсорбционных оболочек высокой структурной вязкостью, которая состоит из смол, асфальтенов, солей нафтеновых кислот, микрокристаллов парафинов и других коллоидно-растворимых веществ, которые принято считать природными эмульгаторами [2, 10].

На стойкость эмульсий также значительное влияние оказывают такие факторы, как физико-химические свойства (плотность, вязкость и т.д.), температура и дисперсность систем.

В нефтяной промышленности, нефтяные эмульсии должны быть разделены почти полностью до того, как нефть транспортируют и перерабатывают далее на НПЗ. Существует несколько способов разрушения эмульсий, а принцип каждого метода заключается в противодействии одному или нескольким стабилизирующим факторам, позволяющим флокуляцию, слияние и осаждение капелек воды [11]. Существующие методы могут быть классифицированы как: механические (центрифугирование, фильтрация и т.д.), термические (подогрев эмульсий и промывка горячей водой с последующим отстаиванием), химические (применение химических деэмульгаторов при обработке эмульсий) и электрические (применение электрического поля, способствующего коалесценции) [12].

Оптимальное разрушение эмульсии с помощью деэмульгатора требует:

Правильного выбора деэмульгатора для данной эмульсии.

Адекватного количества химического вещества.

Адекватного перемешивания химического вещества в эмульсии.

Достаточного времени пребывания в отстойниках (или в электродегидраторах) для осаждения капель воды.

Применения тепла или других методов разрушения.

Необходимо отметить, что механизм образования и типы водонефтяных эмульсий, их устойчивость и влияние природных эмульгаторов и твердых частиц, способы разрушения водонефтяных эмульсий и т.д. упоминается достаточно много в работах зарубежных авторов, в том числе, в следующей работе [13].

В последние годы, с каждым днём растёт доля добытых тяжелой и высоковязкой нефти. Подготовка такой нефти достаточно сложная (из-за высоких показателей плотности и вязкости, и наличия больших количеств механических примесей) и требует применения высокоэффективных реагентов-деэмульгаторов с высокой деэмульгирующей активностью разрушения.

Деэмульгаторы разделяют на следующие основные типы: блок-сополимеры на основе окисей этилена и пропилена, алкилфенольные, уретановые и гиперразветвленные полимеры. Они, как правило, специфичны для разрушения каких-либо конкретных эмульсий и могут быть совершенно неэффективными при разрушении других эмульсий.

Механизмы разрушения эмульсии деэмульгаторами обсуждались во многих работах. Единственное ясное обобщение относительно деэмульгаторов заключается в том, что они обладают высокой молекулярной массой (по сравнению с природными эмульгаторами), и при использовании в качестве деэмульгирующих агентов вытесняют данные природные стабилизаторы, присутствующие на межфазной пленке вокруг капель воды [14].

Подбор режима испытаний авторы осуществляли сравнивая объемы воды, выделившейся после термоотстоя. При термоотстое, как правило, эмульсия разрушается частично, но при I и II подборках режима работы при термоотстое эмульсия не разрушается, что говорит об очень стойкой эмульсии тяжелой нефти. При III подборе режима испытаний эмульсия при термоотстое разрушается и степень разрушения составляет 18-35% об. [15].

Для проявления высокой эффективности деэмульгатора, он должен растворяться только в непрерывной нефтяной фазе, т.е. быть

нефтерастворимым (содержание нефти в сточной воде после слияния капель воды и их отделения должно быть очень минимальным), обладать высокой скоростью адсорбции на раздела фаз и равномерно распределяться в нефтяной фазе [16]. Кроме того, деэмульгатор должен быть достаточно стабильным во время хранения или использования, должен быть экономически эффективным и иметь возможность также эффективно подвергать обработке сырые нефти более, чем одного типа.

Месторождения Западный Тошли находится в Касанском районе Кашкадарьинской области относится к нефтям среднего удельного веса, смолистым, парафинистым, а по углеводородному ряду к метано-нафтеновому типу. Газосодержание нефти - 17,2 м³/т, объемный коэффициент - 1,10, в пластовых условиях нефть имеет вязкость 4,7 МПа·с, давление насыщения - 3,8 МПа, удельный вес - 827 кг/м³. Воды высокоминерализованные, состав - хлоридонатриевый, плотность - 1007 кг/м³, общая минерализация - от 1,7 до 4,044 г/л, начальное пластовое давление - 12,5 МПа, начальная температура 70 °С. Залежь разрабатывается при упруговодонапорном режиме [17].

Осуществлены работы, в результате которых получен эффективный деэмульгатор для разрушения очень стойких, трудно-разрушаемых эмульсий, т.е. тяжелой нефти месторождения Западного Тошли, которые применяются на промышленных установках.

Деэмульгаторы, предназначенные для внедрения на объектах добычи, сбора, подготовки и транспорта углеводородного сырья месторождения Тошли, были испытаны в лабораторных условиях. Деэмульгаторы являются многотипными, пригодны для разрушения различных типов водонефтяных эмульсий. Представляют собой композиционные составы на основе поверхностно-активных веществ, растворенных в органических растворителях. Испытуемый деэмульгатор представляет собой композиционный состав на основе блок-сополимеров окиси этилена и предназначен для обезвоживания и обессоливания нефтяных эмульсий в процессе сбора и подготовки нефти на промыслах [18].

Наличие в Узбекистане месторождений с различными свойствами нефти делает актуальным расширение класса используемых деэмульгаторов.

Целью работы является синтез деэмульгатора и определение его эффективности при испытаниях нефти месторождения Жаркургон в статических условиях.

Методы исследований

Для синтеза деэмульгатора (ДЭ-5) использован гидролизованный полиакрилонитрил. Был проведен гидролиз полиакрилонитрила полностью до образования COONa групп, но в структуре полученного продукта присутствует – CONH₂. Затем была проведена нейтрализация полученного гидролизованного полиакрилонитрила до pH 8-9 соляной кислотой. При этом образуются –COOH группы, которые легко реагируют с окисью этилена.

В лабораторных условиях проведены испытания по определению эффективности синтезированного деэмульгатора в процессе разрушения устойчивой водонефтяной эмульсии нефти месторождения Жаркургон в статических условиях. Эффективность образцов деэмульгаторов была подтверждена испытаниями, проведенными «Бутылочным методом».

Эффективность деэмульгаторов оценивали сравнивая объемы воды, получившейся из эмульсии, в течение одного часа термоотстоя при 70 °С, а также проводя сравнения объемов

выделившейся воды из эмульсии и промежуточного эмульсионного слоя в ходе последующего центрифугирования.

Для оценки эффективности деэмульгаторов осуществляли путём подбора при разной скорости смешения нефти с водой на эталонном деэмульгаторе Кемеликс 3307Х.

ИК спектры получены на ИК-Фурье спектрометре IRAffinity-1S (Shimadzu).

Результаты и обсуждение

Результаты по обессоливанию и обезвоживанию типовой нефти получены при использовании ДЭ-5 (табл. 1). Степень обессоливания и обезвоживания зависит, в первую очередь, от первоначального содержания солей и воды в нефти. Так, при содержании солей 505 мг/л нефти удается обессолить нефть на 91,1%, при содержании солей 775 и 1438 мг/л только лишь на 57,7 и 69,3%. Увеличение расхода деэмульгатора выше 40 г/т несущественно уменьшает остаточное содержание солей, оставляя его достаточно высоким (35-51 мг/л). Применение деэмульгатора позволяет получить нефть с содержанием солей 14 мг/л при расходе ДЭ-5 в количестве 20 г/т и 10% промывной воды. Хорошие результаты по обессоливанию и обезвоживанию типовой нефти могут быть получены

Таблица 1

Результаты обессоливания и обезвоживания нефти

| Исходная нефть | | Деэмульгатор | Количество деэмульгатора, г/т | Содержание после | | Удалено | |
|---|---------|--------------|-------------------------------|------------------|---------|----------|--------------------|
| соль, мг/л | вода, % | | | солей, мг/л | воды, % | солей, % | воды, % к исходной |
| Обессоливание термохимическое при 60 °С | | | | | | | |
| 505 | 3,26 | ДЭ-5 | 20 | 45,0 | 0,25 | 91,1 | 92,4 |
| 1438 | 5,20 | ДЭ-5 | 20 | 441,0 | 1,90 | 69,3 | 63,2 |
| 775 | 4,00 | ДЭ-5 | 20 | 327,9 | 1,85 | 57,7 | 53,8 |
| 505 | 3,26 | ДЭ-5 | 30 | 5,6 | 0,54 | 98,9 | 83,4 |
| 1438 | 5,20 | ДЭ-5 | 30 | 441,0 | 1,95 | 69,4 | 62,5 |
| 775 | 4,00 | ДЭ-5 | 30 | 170,5 | 1,00 | 78,0 | 75,0 |
| 775 | 4,00 | ДЭ-5 | 40 | 59,6 | 0,42 | 92,3 | 89,5 |
| 775 | 4,00 | ДЭ-5 | 50 | 51,6 | 0,42 | 93,5 | 89,5 |
| 505 | 3,26 | ДЭ-5 | 0 | 147,0 | 1,19 | 70,9 | 63,5 |
| 1108 | 4,60 | ДЭ-5 | 30 | 1066,0 | 4,00 | 4,0 | 12,8 |
| 775 | 4,00 | ДЭ-5 | 30 | 95,7 | 0,60 | 87,8 | 85,0 |

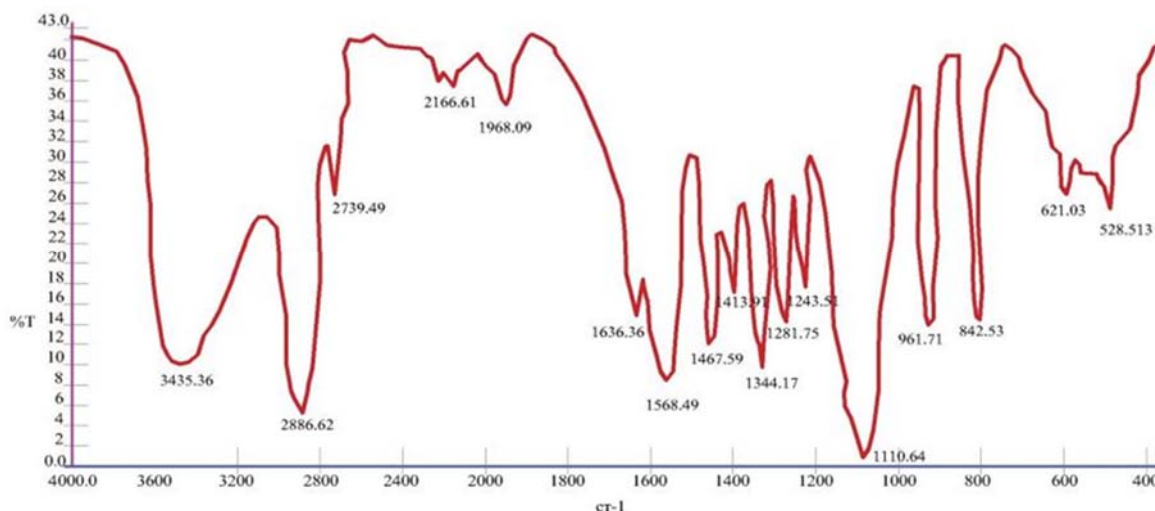
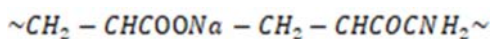


Рисунок 1. ИК спектр полученного деэмульгатора ДЭ-5.

ны при использовании ДЭ-5 в количестве 30-40 г/т.

Полученный ИК спектр деэмульгатора ДЭ-5 представлен на рисунке 1. Полосы поглощения, проявляющиеся в области $1550-1610\text{ см}^{-1}$, характерны для асимметрических валентных колебаний функциональных групп – COONa . У функциональной группы – COONa имеются полосы поглощения, характерные для симметрических валентных колебаний в области 1400 см^{-1} .

Кроме того, проявляющиеся полосы поглощения в области $3000-3200\text{ см}^{-1}$ показывают, что в структуре сырья имеются функциональные группы – CONH_2 . Исходя из ИК спектра можно сказать, что в структуре сырья имеются, в основном, следующие функциональные группы:



Полосы поглощения, проявляющиеся в области $1550-1610\text{ см}^{-1}$, характерны для асим-

метрических валентных колебаний функциональных групп – COONa . Данные функциональные группы в реакцию с окисью этилена не вступили [19].

По результатам данной серии экспериментов, можно сделать вывод, что увеличение содержания воды в нефтяной эмульсии способствует деэмульсации, так как эффективная дозировка снижается [8].

Однако необходимо отметить, что для каждого конкретного месторождения следует ожидать специфичного вида уравнения и кривой зависимости эффективной дозировки от содержания воды.

Оценку эффективности деэмульгаторов осуществляли, сравнивая объемы выделившейся из эмульсии в течение одного часа термоотстоя воды (рис. 2).

Анализируя представленные на рисунке 2 графические данные, видно, что целесообразным и экономически выгодным является режим

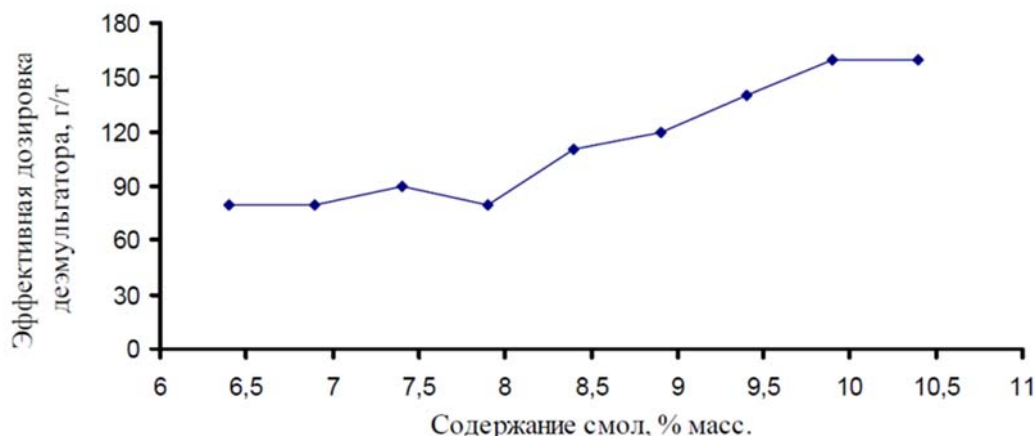


Рисунок 2. Зависимость эффективной дозировки деэмульгатора от содержания смол.

10 сек. интенсивности смешения нефти с водой, при котором деэмульгатор проявляет высокую степень разрушения эмульсии тяжелой высоковязкой нефти. Поэтому для дальнейших испытаний эффективности деэмульгаторов была использована интенсивность смешения нефти с водой на 10 сек.

В экспериментах водонефтяная эмульсия подвергалась термохимической обработке в две стадии. Тем самими имитировались стадии предварительной подготовки нефти на нефтепромысле и окончательной - на НПЗ. На рисунке 3 и 4 приведена зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии, при различных расходных нормах для

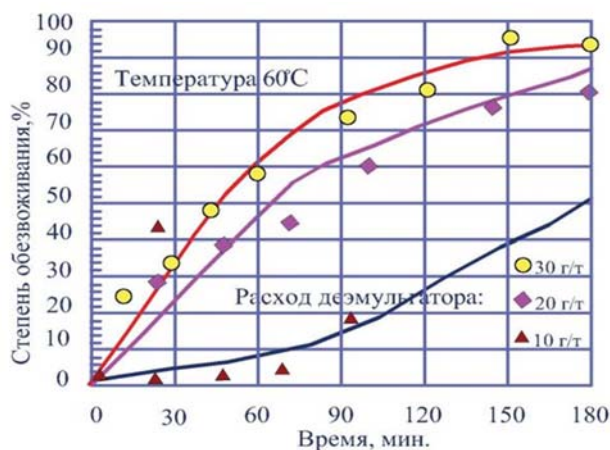


Рисунок 3. Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии для известного деэмульгатора Кемеликс 3307Х.

известного Кемеликс 3307Х и разработанного нами ДЭ-5 деэмульгаторов [20].

В результате проведенных экспериментов установлено, что на первой стадии термохимической обработки получена нефть, соответствующая первой группе подготовленной нефти. После повторной термохимической обработки при тех же условиях была получена нефть,

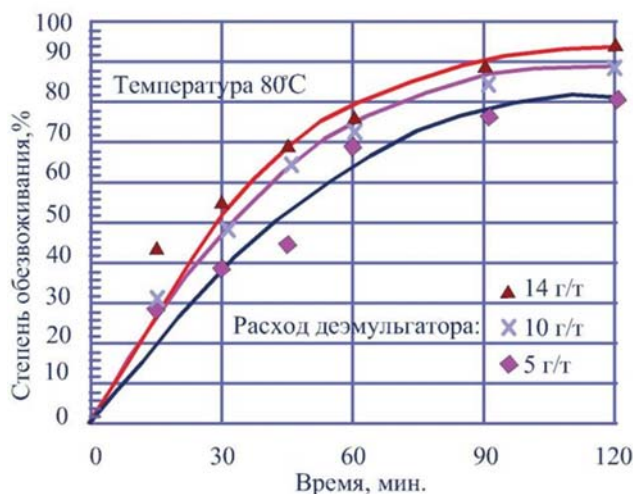


Рисунок 4. Зависимость степени обезвоживания нефти от времени разделения эмульсии для разработанного деэмульгатора ДЭ-5.

готовая к дальнейшей переработке на НПЗ.

Заключение

Проведены испытания определение эффективности синтезированного деэмульгатора ДЭ-5 в процессе разрушения устойчивой водонефтяной эмульсии нефти месторождения Жаркургон в статических условиях. Получены хорошие результаты по обессоливанию и обезвоживанию типовой нефти при использовании ДЭ-5 в количестве 30-40 г/т. При содержании солей 505 мг/л нефти удалось обессолить нефть на 91,1%, при содержании солей 775 и 1438 мг/л только лишь на 57,7 и 69,3%. Увеличение расхода деэмульгатора выше 40 г/т несущественно уменьшает остаточное содержание солей, оставляя его достаточно высоким (35-51 мг/л). Применение деэмульгатора позволяет получить нефть с содержанием солей 14 мг/л при расходе ДЭ-5 в количестве 20 г/т и 10% промывной воды.

REFERENCES

1. Eshmuratov B.B., Karimov M.U., Djalilov A.T. Study of the operational properties of the polycarboxylate demulsifiers. Perspectives of world science and education. Abstracts of XIII International Scientific and Practical Conference. Osaka, 2020, pp. 27-33.
2. *Inclusive Green Growth: The Pathway to Sustainable Development*. The World Bank, 2012. p. 2.
3. Lugovskoy C.A. *Razrabotka energosberegayushchey tekhnologii cinteza etanolaminov*. Avtoreferat kand. diss. [Development of an energy-saving technology for the synthesis of ethanolamines. PhD diss. abstract]. St. Petersburg, 2004. 145 c.
4. Yacakov Ye.A. *Icledovaniye svoystv izvestnogo (PC-N) i razrabotannogo deemul'gatorov dlya obezvozhvaniya i obeccolivaniya vodoneftyanykh emul'ciy* [Study of properties of known (PC-N) and developed demulsifiers for dehydration and desalination of water-oil emulsions]. *Neftegazovoye delo*, 2010, no. 2, pp. 1-13.
5. Eshmuratov B.B., Karimov M.U., Djalilov A.T. Synthesis and study of demulsifiers based on polycarboxylate ethers. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 2019, no. 5-6, pp. 77-82.
6. *Eco-innovation in Industry: Enabling Green Growth*. OECD, 2009, pp. 38-51.
7. Dosso Uey, Khutoryanskiy F.M., Sorush A., Andzhayev S.S., Yergina Ye.V. *Effektivnyy kompozitsionnyy deemul'gator dlya razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy s anomal'no vysokim soderzhanijem mekhprimesey* [An effective composite demulsifier for the destruction of oil-water emulsions with an abnormally high content of mechanical impurities]. *Neftepererabotka i neftekhimiya*, 2015, no. 9, pp. 3-8.
8. *Icledovaniye kinetiki ppothecca cinteza etanolaminov iz okici etilena i ammiaka*. Cvodnyy otchet GIPKH [Study of the kinetics of the synthesis of ethanolamines from ethylene oxide and ammonia. GIPH summary report]. St. Petersburg, 1991. 56 p.

9. Jyoti Botchu V.S, Baek, Seung Wook. Rheological Characterization of Ethanolamine Gel Propellants. *Journal of Energetic Materials*, 2015, vol. 34, no. 3, pp. 260-278. DOI:10.1080/07370652.2015.1061617
10. Khutoryanskiy F.M., Potapochkina I.I. Novyy nefteactvopimyy deemul'gator otechetvennogo ppoizvodctva [New oil-soluble demulsifier of domestic production]. *Mip nefteppoduktov*, 2003, no. 3. pp. 11-14.
11. Ismailov F.S. i dr. Deemul'gator [Demulsifier]. Patent RU, no. 2443754, 2010.
12. Ismoilov F.S. i dr. Deemul'gator [Demulsifier]. Patent RU, no. 2443754, 2010
13. Karlyus A.V. i dr. Sostav dlya razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy i zashchity neftepromyslovogo oborudovaniya ot korrozii i asfal'teno-smolo-parafinovykh otlozheniy. Patent RU, no. 2250247, 2003
14. Eshmuratov B.B., Karimov M.U., Djalilov A.T. Synthesis and study of Demulsifiers Based on hydrolyzed Polyacrylonitrile and Ethylene Oxide. *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*, 2019, vol. 6, no. 4, pp. 8750-8753.
15. Copush A. Prognozirovaniye tekhnologicheskikh parametpov protseccov obezvozhivaniya i obeccolivaniya tyazhelykh vycokovyazkikh neftey c primeneniym matematicheskogo modelirovaniya. Diccrtatsiya kand. tekhn. nauk [Prediction of technological parameters of dehydration and desalination of heavy high-viscosity oils using mathematical modeling. PhD diss.], Moscow, 2018. 132 p
16. Dosso Uey, Khutoryanskiy F.M., Sorush A., Andzhayev S.S., Yergina Ye.V. Effektivnyy kompozitsionnyy deemul'gator dlya razrusheniya vodoneftyanykh emul'siy s anomal'no vysokim sodержaniyem mekhprimesey [An effective composite demulsifier for the destruction of oil-water emulsions with an abnormally high content of mechanical impurities]. *Neftepererabotka i neftekhimiya*, 2015, no. 9, pp. 3-8.
17. Tekhnologicheskyy reglament na ekspluatatsiyu ustanovki podgotovki nefiti mestorozhdeniya Tashly [Technological regulations for the operation of the oil treatment unit of the Tashly field.]. Karshi, Nasaf Publ., 2007. 184 p.
18. Abdirakhimov I. Development of effective demulsifiers on the basis of local raw materials. *Universum: Tekhnicheskkiye nauki*, 2021, vol. 83, no. 2.
19. Skorik YU.A., Berezin A.S., Yekimov A.A. *Infrakrasnaya spektroskopiya* [Infrared spectroscopy]. St. Petersburg, SPKhFA Publ., 2012. 40 p.
20. Sorush A., Khutoryanskiy F.M., Bekhnaz C. Modelirovaniye elektroobessolivyushchey ustanovki dlya podgotovki tyazhelykh neftey [Modeling of an electric desalination plant for the preparation of heavy oils]. *Tekhnologii nefiti i gaza*, 2017, no. 1, pp. 3-9.