Э.В. Шакирова, М.В. Семькин, А.А. Александров, Н.В. Брыжеватых

(Иркутский национальный исследовательский технический университет, г. Иркутск, Российская Федерация)

СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ПО ПОДБОРУ ДЕЭМУЛЬГАТОРОВ ПРИ ОБЕЗВОЖИВАНИИ НЕФТЕЙ ВОСТОЧНОЙ СИБИРИ

Elvira V. Shakirova, Mikhail V. Semykin, Aleksandr A. Aleksandrov,
Nikita V. Bryzhevatykh (Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation)

MODERN METHODS FOR THE SELECTION OF EFFECTIVE DEMULGATORS FOR OIL DEHYDRATION IN EASTERN SIBERIA

Введение

Нефтепромысловая подготовка углеводородов является одной из самых актуальных задач при разработке нефтяных месторождений. Глубина обезвоживания и обессоливания нефти значительно зависит от температуры эмульсии, процесса взаимодействия деэмульгатора и результата их смешения.

Цели и задачи

Целью работы является проведение экспериментов по подбору деэмульгаторов для нефтей Восточной Сибири. В исследовании приняли участие нефти Даниловского, Ичединского месторождений и деэмульгаторы: СНПХ 4802, ДИН 4Е.

Методы

С помощью отстаивания в цилиндрах (Bottle test) проанализированы показатели процесса обезвоживания водонефтяных эмульсий. Для поддержания температурного режима полученные водонефтяные эмульсии разливались в цилиндры объемом 100 мл и помещались в термостат. Каждые 15 мин фиксировались показания по количеству отстоявшейся воды.

Background

Oilfield preparation of hydrocarbons is one of the most urgent tasks in the development of oil fields. The depth of dehydration and desalination of oil significantly depends on the temperature of the emulsion, the process of interaction of the demulsifier and the result of their mixing.

Aims and Objectives

The aim of the work is to conduct experiments on the selection of demulsifiers for oils of Eastern Siberia. The research involved oils from the Danilovskoye and Ichedinskoye fields and demulsifiers: SNPKh 4802, DIN 4E.

Methods

Using sedimentation in cylinders (Bottle test), the indicators of the dehydration process of oil-water emulsions were analyzed. To maintain the temperature regime, the obtained oil-water emulsions were poured into cylinders with a volume of 100 ml and placed in a thermostat. Every 15 min, readings were recorded for the amount of settled water.

Исследованные физико-химические показатели деэмульгаторов способствовали выявлению наиболее эффективных для каждого месторождения. Эксперименты были продолжены на приборе Lumifuge, где полученные результаты были подтверждены. Полученные графики Даниловской и Ичëдинской эмульсии с добавлением деэмульгаторов свидетельствует о том, что произошло отделение воды и образовалось две фазы: нефть - вода.

Результаты

Анализ влияния деэмульгаторов на процессы обезвоживания на примере нефтей Восточной Сибири показал, что при добавлении деэмульгатора время завершения процесса сокращается в 2 раза, наблюдается практически полное отделение воды. Обоснован выбор оптимальных параметров процесса деэмульгирования исследуемых нефтей: расход деэмульгатора, температура, интенсивность перемешивания.

The investigated physical and chemical parameters of demulsifiers contributed to the identification of the most effective for each field. The experiments were continued on the Lumifuge instrument, where the results were confirmed. The obtained graphs of the Danilovskaya and Ichyodinskaya emulsions with the addition of demulsifiers indicate that the separation of water has occurred and two phases have formed: oil - water.

Results

An analysis of the effect of demulsifiers on dehydration processes using the example of oils from Eastern Siberia showed that with the addition of a demulsifier, the completion time of the process is reduced by 2 times, and almost complete separation of water is observed. The choice of the optimal parameters of the demulsification process of the studied oils is substantiated: the consumption of the demulsifier, the temperature, the intensity of mixing.

Ключевые слова: Восточная Сибирь; нефтяная эмульсия; деэмульгатор; месторождение; Lumifuge

Keywords: Eastern Siberia; oil emulsion; demulsifier; field; Lumifuge

Введение

В настоящее время основная масса нефти добывается при помощи заводнения продуктивных пластов, что влечет за собой определенные проблемы в виде появления водонефтяной эмульсии. Устойчивость таких эмульсий, в первую очередь, зависит от наличия в нефти природных эмульгаторов, таких как асфальтены, смолы, парафины, соли нафтеновых кислот и тяжелых металлов, порфирины и их окиси, а также от минерализации пластовых вод. Они создают на границе раздела фаз вода - нефть прочные адсорбционные слои [1-4].

Повышение эффективности в нефтепромысловой подготовке углеводородов является одной из самых актуальных проблем при разработке нефтяных месторождений. Одним

из основных этапов промысловой подготовки нефти является процесс обезвоживания, который осуществляется в результате разрушения водонефтяной эмульсии, по большей части с применением термохимических процессов, таких как воздействие температуры и специальных деэмульгаторов. Со временем, по мере разработки нефтяного месторождения, состав и свойства добываемых эмульсий меняются. Подробное изучение физико-химических свойств нефти и ее отдельных компонентов позволяет получить более полное представление о реологии и снизить энергозатраты в системе промыслового сбора [5-8].

Материалы и методы

Значительное содержание природных эмульгаторов в нефти различных месторож-

дений придает им своеобразное отличие друг от друга как по реологическим показателям, так и индивидуальностью компонентного состава (таблица 1) [9].

Таблица 1. Физико-химические характеристики нефтей

Показатели	Нефть	
	Даниловская	Ичединская
Плотность при 20 °С, кг/м ³	849,0	808,5
Кинематическая вязкость при 20 °С, м ² /с	20,92	9,64
Содержание серы, % масс.	0,399	0,164
Углеводородный состав отбензиненной нефти, % масс.		
- парафино-нафтеновые	61,2	71,3
- ароматических углеводородов	31,0	25,2
- массовое содержание смол	7,4	3,5
- массовое содержание асфальтенов	0,4	-
Массовая концентрация хлористых солей, мг/дм ³	5986,5	2518,5
Массовая доля механических примесей, % масс.	0,0040	0,0048

В исследовании участвовали нефти месторождений: Ичединского нефтегазоконденсатного месторождения (НГКМ) и Даниловского НГКМ.

Опыты выполнены с добавлением деэмульгаторов: ДИН-4Е, СНПХ 4802.

Расход используемых деэмульгаторов определялся из расчета 30 г/т нефти.

Помимо этого, для наглядности, были проделаны опыты и без добавления деэмульгаторов.

Цель данного исследования - изучить процесс обезвоживания водонефтяных эмульсий при температурах 25 °С и 50 °С.

Создавались искусственные эмульсии с добавлением пластовой воды осинского горизонта в объемном содержании 30 об. %.

Полученные смеси объемом 100 мл были помещены в коническую колбу объемом 200 мл. Далее для обеспечения дисперсности эмульсий каждая смесь в течении 20 мин перемешивалась на разных скоростях при помощи лопастной мешалки Ofite. Полученные водонефтяные эмульсии были разлиты в цилиндры и помещены в термостат, чтобы обеспечить поддержание температурного режима. Далее через каждые 15 мин на протяжении 120 мин были зафиксированы значения отстоявшейся воды.

Полученные результаты приведены на рисунках 1 и 2 соответственно.

Следующим этапом исследования стал анализ стабильности водонефтяных эмульсий с помощью анализатора эффективности дисперсных систем Lumifuge.

Прибор представляет аналитическую центрифугу с встроенным в центробежную плоскость источником инфракрасного излучения.

Принцип действия основан на записи профилей пропускания образцов по всей длине кюветы.

В режиме реального времени можно наблюдать за кинетикой различных процессов, происходящих в дисперсной системе (седиментация, коалесценция, флокуляция и др.). Они отображаются на графике и позволяют описывать информацию о частицах.

Поведение при разделении отдельных образцов можно сравнивать и детально анализировать, отслеживать форму и последовательность изменения профилей пропускания в любой части дисперсной системы.

Рисунок 1. Эмульсия Даниловского месторождения с добавлением и без добавления деэмульгатора

Рисунок 2. Эмульсия Ичединского месторождения с добавлением и без добавления деэмульгатора

Одновременно можно анализировать до 8 различных образцов при температуре от 0 °С до 60 °С. Преимуществом данного метода является то, что кинетические процессы могут быть изучены в ускоренных условиях. Как правило, чем стабильней дисперсная система, тем выше диспергируемость частиц и меньше скорость их оседания и осветления. Проанализированы образцы стабильности данных эмульсий при 200 об/мин при температуре 25 °С, light factor 0,25 [10-12].

Результаты исследования и их анализ

В результате анализа результатов обезвоживания эмульсии Даниловского ме-

сторождения (рисунки 3, 4) можно сделать вывод, что наиболее эффективно проявил себя деэмульгатор СНПХ 4802 при 25 °С.

Далее искусственные эмульсии с деэмульгаторами помещали в кюветы прибора Lumifuge.

С помощью центрифугирования в течение 16 мин данные пробы перемешивались.

По истечению опыта были получены следующие графики (рисунки 5 и 6).

Анализируя эмульсию Ичединского месторождения (рисунки 5 и 6), видно, что хорошо сработал ДИН 4Е при 25 °С.

Рисунок 3. Эмульсия Даниловского месторождения с добавлением деэмульгатора СНПХ 4802

Рисунок 4. Эмульсия Даниловского месторождения с добавлением деэмульгатора ДИН-4Е

Рисунок 5. Эмульсия Ичединского месторождения с добавлением деэмульгатора ДИН-4Е

Рисунок 6. Эмульсия Ичединского месторождения с добавлением дезэмульгатора СНПХ 4802

Выводы

Показано, что при центрифугировании эмульсии обезвоживаются при температуре (25 °С), добавление дезэмульгатора позволяет сократить время отстаивания для различных режимов перемешивания.

Полученные в лабораторных условиях методы обезвоживания нефти, которые были представлены в работе, могут быть применены при подготовке проб обезвоженной нефти для дальнейших исследований физико-

химических свойств. Анализ влияния дезэмульгаторов на процессы обезвоживания на примере нефтей Восточной Сибири показал, что при добавлении дезэмульгатора время завершения процесса сокращается в 2 раза, наблюдается практически полное отделение воды.

Для того, чтобы окончательно принять решение о применении данных дезэмульгаторов на месторождении, необходимы опытно-промышленные испытания.

Список литературы

1. Семыкин М.В, Шакирова Э.В. Исследование по подбору эффективных дезэмульгаторов при обезвоживании нефтей Восточной Сибири // 60 лет снимкам обратной стороны Луны: сб. тр. науч.-практ. конф. Иркутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. С. 76-81.
2. Добржанская Ю.А, Белозерова О.В, Шакирова Э.В. Исследование свойств нефти анализатором LUMIFUGE // Перспективы развития технологии переработки углеводородных и минеральных ресурсов материалы: матер. IX Всеросс. науч.-практ. конф. с международ. участием. Ир-

References

1. Semykin M.V, Shakirova E.V. Issledovanie po podboru effektivnykh deemul'gatorov pri obezvozhivanii neftei Vostochnoi Sibiri [Research on the Selection of Effective Demulsifiers for Dehydration of Oils in Eastern Siberia]. *Sbornik trudov nauchno-prakticheskoi konferentsii «60 let snimkam obratnoi storony Luny»* [Proceedings of the Scientific-Practical Conference «60 Years of Pictures of the Far Side of the Moon»]. Irkutsk, Irkutskii natsional'nyi issledovatel'skii tekhnicheskii universitet Publ., 2019, pp. 76-81. [in Russian].
2. Dobrzhanskaya Yu.A, Belozerova O.V, Shakirova E.V. Issledovanie svoistv nefti analizatorom

кутск: Иркутский национальный исследовательский технический университет, 2019. С. 163-166.

3. Gaisina L.M., Mikhailovskaya I.M., Khairullina N.G., Pilipenko L.M., Shakirova E.V. Features of the Formation of the Corporate Identity of the Staff // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2015. Vol. 12. No. 3. P. 2543-2555. DOI: 10.13005/bbra/1934.

4. Averkina E.V., Shakirova E.V. Specifics of Drilling Wells in the Abnormally-High-Pressure Rock Beds in the Oil-and-Gas Fields of Eastern Siberia // *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2019. Vol. 229. Article Number 012032. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/229/1/012032> (дата обращения: 19.03.2020). DOI: 10.1088/1755-1315/229/1/012032.

5. Ламбин А.И., Иванишин В.М., Сираев Р.У., Аверкина Е.В., Шакирова Э.В., Коротков А.В. Исследование влияния состава эмульсионных буровых растворов на их показатели // *Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. 2015. № 4 (53). С. 58-66.

6. Шакирова Э.В., Аверкина Е.В., Сабиров Т.Р., Перышкина К.О. Применение нефти в качестве смазочной добавки в буровом растворе (на примере Ярактинского нефтегазоконденсатного месторождения) // *Нефтегазовое дело*. 2018. Т. 16. № 2. С. 12-19. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-2-12-19.

7. Шакирова Э.В., Аверкина Е.В., Сабиров Т.Р. Влияние смазочных добавок на характеристики бурового раствора, применяемого при бурении скважин в Восточной Сибири // *Известия Сибирского отделения РАН. Геология, поиски и разведка рудных месторождений*. 2016. № 3 (56). С. 86-94. DOI: 10.21285/0130-108X-2016-56-3-86-94.

8. Махмудова М.М., Королева А.М., Шакирова Э.В., Ефименко Е.Л. Инвестиционная привлекательность Северного региона // *Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика*. 2016. № 1. С. 27-32.

9. Хайруллин В.А. Зенцов В.Н., Шакирова Э.В. Оценка экономического эффекта от внедрения новых конструктивных решений в строительстве // *Известия высших учебных заведений. Социология. Экономика. Политика*. 2015. № 1. С. 75-79.

10. Лебедева И.П., Добржанская Ю.А., Евсенок А.В., Шакирова Э.В., Буглов Н.А., Белозерова О.В. Исследование состава, свойств и кинетики обезвоживания нефтей Восточно-Сибирской нефтегазовой провинции // *Нефтяное хозяйство*. 2020. № 9. С. 63-67. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-9-63-67.

11. Белозерова О.В., Коваленко В.В., Шакирова Э.В. Исследование состава и свойств нефти Ичэдинского месторождения // *Известия вузов. Прикладная химия и биотехнология*. 2020. Т. 10. № 3 (34). С. 522-528. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-3-522-528.

12. Аверкина Е.В., Шакирова Э.В., Николаева М.Б., Климова А.А. Сравнительный анализ реагентов-ингибиторов набухания глинистыхложений, применяемых на месторождениях Вос-

LUMIFUGE [Oil Properties Study with LUMIFUGE Analyzer]. *Materialy IX Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem «Perspektivy razvitiya tekhnologii pererabotki uglevodorodnykh i mineral'nykh resursov materialy»* [Materials of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation «Prospects for the Development of Technology for the Processing of Hydrocarbon and Mineral Resources Materials»]. Irkutsk, Irkutskii natsional'nyi issledovatel'skii tekhnicheskii universitet Publ., 2019, pp. 163-166. [in Russian].

3. Gaisina L.M., Mikhailovskaya I.M., Khairullina N.G., Pilipenko L.M., Shakirova E.V. Features of the Formation of the Corporate Identity of the Staff. *Biosciences Biotechnology Research Asia*, 2015, Vol. 12, No. 3, pp. 2543-2555. DOI: 10.13005/bbra/1934.

4. Averkina E.V., Shakirova E.V. Specifics of Drilling Wells in the Abnormally-High-Pressure Rock Beds in the Oil-and-Gas Fields of Eastern Siberia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2019, Vol. 229, Article Number 012032. Available at: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/229/1/012032> (accessed 19.03.2020). DOI: 10.1088/1755-1315/229/1/012032.

5. Lambin A.I., Ivanishin V.M., Siraev R.U., Averkina E.V., Shakirova E.V., Korotkov A.V. Issledovanie vliyaniya sostava emul'sionnykh burovnykh rastvorov na ikh pokazateli [Study of the Effect of Emulsion Drilling Muds Composition on their Indicators]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii - Proceedings of the Siberian Department of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits*, 2015, No. 4 (53), pp. 58-66. [in Russian].

6. Shakirova E.V., Averkina E.V., Sabirov T.R., Peryshkina K.O. Primenenie nefiti v kachestve smazochnoi dobavki v burovom rastvore (na primere Yarakinskogo neftegazokondensatnogo mestorozhdeniya) [Use of Oil as Lubricant Additive in Drilling Mud Fluid (on the Example of the Yarakinsky Oil-Gas Condensate Field)]. *Neftgazovoe delo - Petroleum Engineering*, 2018, Vol. 16, No. 2, pp. 12-19. DOI: 10.17122/ngdelo-2018-2-12-19. [in Russian].

7. Shakirova E.V., Averkina E.V., Sabirov T.R. Vliyanie smazochnykh dobavok na kharakteristiki burovogo rastvora, primenyaemogo pri burenii skvazhin v Vostochnoi Sibiri [The Effect of Lubricating Additives on Characteristics of the Mud Used in Well-Drilling in Eastern Siberia]. *Izvestiya Sibirskogo otdeleniya RAEN. Geologiya, poiski i razvedka rudnykh mestorozhdenii - Proceedings of the Siberian Department of the Russian Academy of Natural Sciences. Geology, Exploration and Development of Mineral Deposits*, 2016, No. 3 (56), pp. 86-94. DOI: 10.21285/0130-108X-2016-56-3-86-94. [in Russian].

8. Makhmudova M.M., Koroleva A.M., Shakirova E.V., Efimenko E.L. Investitsionnaya privlekatel'nost' Severnogo regiona [Investment Attractiveness of the Northern Region]. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Sotsiologiya. Ekonomika. Politika - Proceedings of Higher Educa-*

точной Сибири // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. 2020. Т. 331. № 12. С. 138-145.

tional Institutions. Sociology. Economics. Politics, 2016, No. 1, pp. 27- 32. [in Russian].

9. Khaïrullin V.A. Zentsov V.N., Shakirova E.V. Otsenka ekonomicheskogo effekta ot vnedreniya novykh konstruktivnykh reshenii v stroitel'stve [Assessment of the Economic Effect of New Design Decisions Introduction in Construction]. *Izvestiya vysshih uchebnykh zavedenii. Sotsiologiya. Ekonomika. Politika - Proceedings of Higher Educational Institutions. Sociology. Economics. Politics*, 2015, No. 1, pp. 75-79. [in Russian].

10. Lebedeva I.P., Dobrzanskaya Yu.A., Evseenko A.V., Shakirova E.V., Buglov N.A., Belozerova O.V. Issledovanie sostava, svoistv i kinetiki obezvozhvaniya neftei Vostochno-Sibirskoi neftegazovoi provintsii [The Research of Composition, Properties and Dehydration Kinetics of Oils in the East Siberian Petroleum Province]. *Neftyanoe khozyaistvo - Oil Industry*, 2020, No. 9, pp. 63-67. DOI: 10.24887/0028-2448-2020-9-63-67. [in Russian].

11. Belozerova O.V., Kovalenko V.V., Shakirova E.V. Issledovanie sostava i svoistv nefti Ichedinskogo mestorozhdeniya [Study of the Composition and Properties of Crude Oil Mined at the Ichyodinskoye Field]. *Izvestiya vuzov. Prikladnaya khimiya i biotekhnologiya - Proceedings of Universities. Applied Chemistry and Biotechnology*, 2020, Vol. 10, No. 3 (34), pp. 522-528. DOI: 10.21285/2227-2925-2020-10-3-522-528. [in Russian].

12. Averkina E.V., Shakirova E.V., Nikolaeva M.B., Klimova A.A. Sravnitel'nyi analiz reagentov-ingibitorov nabukhaniya glinistykh otlozhenii, primenyaemykh na mestorozhdeniyakh Vostochnoi Sibiri [Comparative Analysis of Reagents-Inhibitors of Swelling of Clay Deposits Used in Eastern Siberia]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta. Inzhiniring georesursov - Bulletin of the Tomsk Polytechnic University. Geo Assets Engineering*, 2020, Vol. 331, No. 12, pp. 138-145. [in Russian].

Авторы

• Шакирова Эльвира Венеровна, канд. пед. наук
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
Доцент кафедры «Нефтегазовое дело»
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83
тел. (395) 240-52-78
e-mail: viva160@mail.ru

• Семькин Михаил Вячеславович
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
Студент кафедры «Нефтегазовое дело»
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83
e-mail: siemykin99@mail.ru

The Authors

• Shakirova Elvira V., Candidate
of Pedagogical Sciences
Irkutsk National Research Technical University
Assistant Professor of Oil and Gas Business
Department
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074,
Russian Federation
tel: (395) 240-52-78
e-mail: viva160@mail.ru

• Semykin Mikhail V.
Irkutsk National Research Technical University
Student of Oil and Gas Business Department
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074,
Russian Federation
e-mail: siemykin99@mail.ru

• Александров Александр Андреевич
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
Студент кафедры «Нефтегазовое дело»
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83
e-mail: kavabanga1999@mail.ru

• Aleksandrov Aleksandr A.
Irkutsk National Research Technical University
Student of Oil and Gas Business Department
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074,
Russian Federation
e-mail: kavabanga1999@mail.ru

• Брыжеватых Никита Викторович
Иркутский национальный исследовательский
технический университет
Студент кафедры «Нефтегазовое дело»
Российская Федерация, 664074, г. Иркутск,
ул. Лермонтова, 83
e-mail: brijevatykh.nikita@mail.ru

• Bryzhevatykh Nikita V.
Irkutsk National Research
Technical University
Student of Oil and Gas Business Department
83, Lermontov str., Irkutsk, 664074,
Russian Federation
e-mail: brijevatykh.nikita@mail.ru