

Исследование микроструктуры устьевых проб нефтей с высокой вязкостью Калмаюрковского месторождения

А.Ю. Дмитриева

к.т.н., зав. каф.¹

alina_dmitrieva_1971@inbox.ru

¹ХТОМ Бугульминского филиала ФГБОУ ВПО «КНИТУ», Бугульма, Россия

Объектом исследования являются устьевые пробы нефтей с аномально высокой вязкостью Калмаюрковского месторождения Самарской области (ООО «Татнефть-Самара»). В процессе работы проводились экспериментальные исследования по определению основных физико-химических свойств высоковязкой нефти, а также микрофотосъемка компонентов этих проб. В статье представлены теоретические аспекты, экспериментальные данные и их обсуждение в части объяснения аномальных реологических и механических свойств подобных нефтей.

Материалы и методы

Инvertированный металлографический микроскоп марки «ХJM700».

Ключевые слова

высокая вязкость, нефть, физико-химические свойства, микроскопия, реология

Большинство крупных месторождений Республики Татарстан (РТ) вступило в позднюю стадию разработки [1]. Из нефтяных месторождений РТ уже добыто более 4 млрд. т нефти. Из года в год повышается доля активных запасов нефти. В РТ [2] отобрано более 93% активных и 45,5% трудноизвлекаемых запасов. К последним относятся запасы в тех залежах, которые разрабатываются низкими темпами при естественном режиме и традиционных методах заводнения [2].

В связи с разработкой крупных месторождений парафинистых нефтей с использованием законтурного и внутриконтурного заводнения возник вопрос об изменении свойств нефти в пористой среде и скважинах при охлаждении и выделении из нее растворенного газа. Охлаждение нефти до температуры ниже температуры насыщения парафином сопровождается образованием пространственных структур, вследствие чего нефть приобретает структурно-механические свойства. Вязкость подобных нефтей оказывается непостоянной, зависящей от напряжения сдвига. Аномалии вязкости особенно заметны при малых скоростях сдвига. Такие нефти называются аномальными, имея в виду нарушения закона Ньютона при течении их с малыми скоростями [3].

Часть трудноизвлекаемых запасов сосредоточена в залежах вязкой нефти (ВН), сверхвязкой нефти (СВН) и битумов (Б), а также в карбонатных и низкопроницаемых терригенных коллекторах.

Разработка трудноизвлекаемых запасов характеризуется низким коэффициентом извлечения нефти (КИН). Так, для залежей ВН в карбонатных коллекторах КИН не превышает 15%, для залежей СВН при заводнении — 8–10%, при циклическом воздействии

паром — 25% [4].

Актуальны и необходимы комплексные исследования физико-химических свойств аномальной нефти, научные обоснования новых подходов в области разработки подобных месторождений, а также новых технологий добычи высоковязкой нефти с учетом возможности снижения структурно-механической вязкости нефти. Для этого должен быть создан банк данных, содержащий максимальное количество сведений о физико-химических и реологических свойствах исследуемых нефтей.

В качестве объекта исследования использовались устьевые пробы нефти Калмаюрковского месторождения Самарской области (ООО «Татнефть-Самара»).

Определение основных физико-химических свойств нефти проводили по соответствующим ГОСТам. Полученные результаты представлены в таб. 1.

Анализируя полученные результаты, можно отметить следующее: высокая вязкость исследуемой нефти обусловлена практическим отсутствием фракции до 200°C и высоким содержанием асфальтеносмолистых веществ (АСВ); последние могут образовывать структурную сетку из агломератов высокомолекулярных асфальтенов и смол. Для конкретизации были проведены специальные исследования.

Для проведения исследований микроструктуры устьевых проб нефти использовался инvertированный металлографический микроскоп марки «ХJM700», по типу средств измерений который входит в комплексы аппаратно-программного анализа изображений NEXSYS ImageExpert. Принцип действия комплексов ImageExpert основан на получении изображений структуры

№ п/п	Показатель	Значение показателя	ГОСТ, методика
1	Плотность, кг/м ³	0,97	3900-85
2	Зольность, % (массовая доля)	0,288	1461-75
3	Массовая доля фракции до 200°C, %	1,226	2177-99
4	Массовая доля механических примесей, %	1,1	6370-83
5	Массовая доля воды, %	1,23	2477-65
6	Кинематическая вязкость, мм ² /с (t=36,3°C)	3233,13	33-2000
7	Массовая доля асфальтеносмолистых веществ (АСВ), %	25,29	«Холодный» способ Гольде
8	Массовая доля асфальтенов, %	22,43	

Таб. 1 — Физико-химические свойства нефти из скважины №238 (устьевая проба)



Рис. 1 — Микроскопия проб нефти (увеличение 500 крат)

поверхности объекта в заданном масштабе при помощи оптического прибора, их фиксации цифровой видеокамерой и последующем анализе изображений в персональной электронно-вычислительной машине (ПЭВМ) с помощью программного обеспечения NEXSYS ImageExpert (рис.1).

Как видно на рис. 1, наблюдается большое количество твердых фракций — конгломератов различных геометрических размеров, неправильные формы большинства которых свидетельствуют об отсутствии твердых минеральных солей.

После обработки нативной пробы нефти органическим растворителем (н-гексан) установлен факт исчезновения мелких конгломератов и существенно уменьшаются в размерах крупные, что свидетельствует о процессе растворения твердых алканов (парафинов).

Выделенные механические примеси по соответствующему ГОСТу изображены на рис. 2.

На рисунках отчетливо видны кристаллы полупрозрачные гранецентрированной правильной кубической формы, подтверждающие их принадлежность к солям. Кубическая форма кристаллов характерна для хлоридов, что подтверждается их высокой гигроскопичностью. Отсутствие окраски кристаллов также характерно для хлоридов щелочных или щелочноземельных металлов. При контакте с водой происходит частичное растворение кристаллов с уменьшением геометрических размеров и приобретением овальных форм.

На рис. 3 образцов золы видны аморфные темные конгломераты оксидов металлов, вероятно, ванадия, никеля, железа. Бесцветные прозрачные кристаллы можно отнести к классу солей.

По холодному методу Гольде были выделены асфальтены из анализируемых проб нефти (рис. 4).

Высокое содержание асфальтенов в виде крупных конгломератов является одной из причин аномальной вязкости нефти.

Известно, что в молекуле асфальтенов располагаются друг над другом конденсированные ароматические кольца, которые соединяются между собой насыщенными углеводородными цепочками или нафтеновыми

структурами. Алифатические и нафтеновые группы связывают между собой ароматические кольца, которые притягиваются за счет полярных сил. В растворителях с достаточно полярными молекулами, например в смолах, ароматических углеводородах, которые способны увеличивать силы притяжения между ароматическими конденсированными кольцами асфальтенов, последние будут пептизироваться. Наоборот, в неполярных растворителях, например в парафиновых углеводородах, асфальтены будут ассоциироваться. В результате ассоциации возрастают силы притяжения полярных ароматических колец. Таким образом, степень дисперсности асфальтенов сильно зависит от свойств окружающей среды [5].

Смолы и ароматические углеводороды, обладающие большей полярностью, чем парафиновые углеводороды, адсорбируются группами молекул, составляющих частицы асфальтенов и образуют сольватный слой вокруг асфальтеновой частицы. Частицы асфальтенов составляют ядро мицеллы. Мицелла стабилизируется нейтральными смолами, адсорбированными на поверхности ядра. Ядро образовано материалом с

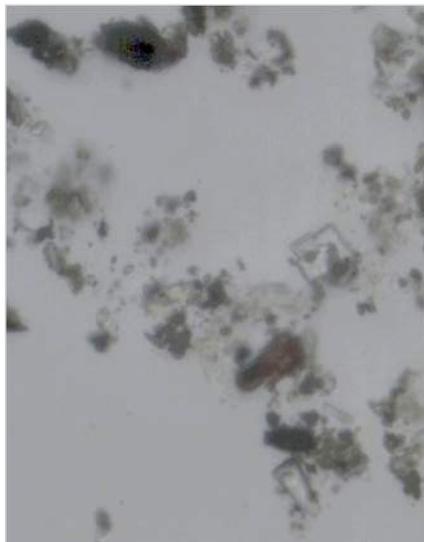


Рис. 3 — Микроскопия золы (увеличение 800 крат)

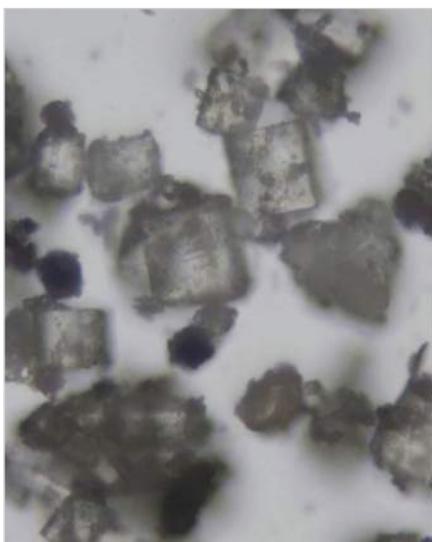


Рис. 2 — Микроскопия механических примесей (увеличение 800 крат)

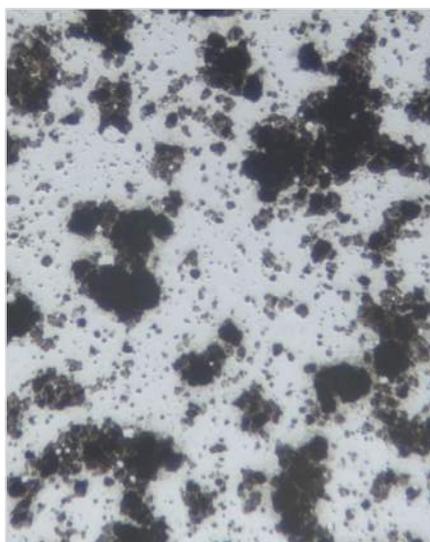


Рис. 4 — Микроскопия асфальтенов (увеличение 500 крат)

ОСОБЫЕ ПРИЦЕПЫ ДЛЯ МОБИЛЬНЫХ БУРОВЫХ УСТАНОВОК

ООО «Сибирь Трейлер Инжиниринг» — предприятие по производству автомобильных прицепов и полуприцепов для различных отраслей экономики. В номенклатуре предприятия более 500 видов различной спецтехники (тралы, самосвальные, бортовые и т.д.). Но особое место в производственной программе предприятия занимают шасси для монтажа различного оборудования мобильных буровых установок. Уже серийно поставляются шасси для вышко-лебёдочного блока МБУ-125 предприятию «Идель Нефтемаш» г. Ишимбай. Ведётся работа по поставке шасси для МБУ-125 и МБУ-200 для всех предприятий России, производящих МБУ.



Также серийно выпускается семейство шасси 99403 для циркуляционных систем очистки буровых растворов для большинства предприятий-производителей этих агрегатов для МБУ в Ижевске, Краснодаре и т.д. Производятся шасси для монтажа насосных блоков для МБУ для предприятий в Перми и Екатеринбурге.

Большая номенклатура производится для монтажа оборудования для нефтегазового сервиса — цистерны, пропантовозы и т.д.

Изделия ООО «Сибирь Трейлер Инжиниринг» производятся на современном оборудовании и с применением комплектующих от лучших фирм России и Европы.

Возможности завода и инжиниринга ООО «Сибирь Трейлер Инжиниринг» позволяют решать любые задачи для нефтегазовой отрасли.



625014, г. Тюмень,
ул. Пермякова, д. 1 стр. 5, оф. 304.
(3452) 56-65-05
tral@bk.ru
sibir-trailer.ru

наибольшей молекулярной массой и наиболее ароматичным по строению. Вокруг ядра располагается материал меньшей молекулярной массы и менее ароматичный. Происходит постепенный переход к алифатическим компонентам нефти. Четкой границы между мицеллой и окружающей средой нет. Основной стабилизирующий фактор — сольватная оболочка вокруг мицеллы, что подтверждается способностью асфальтенов самопроизвольно диспергироваться в ароматических углеводородах.

Итоги

В результате исследований установлено, что анализируемые пробы практически не содержат фракций до 200°C; большое содержание асфальтеномолистых веществ (АСВ) обуславливает высокую вязкость и структурированность флюида.

Выводы

Для разрушения подобной структурированной нефти, что даст эффект по снижению вязкости, можно использовать следующие

базовые и модифицированные технологии:

1. Добавка нефтерастворимых ПАВ и полимеров.
2. Тепловая обработка.
3. Добавка недорогих растворителей, например отходов и побочных продуктов нефтепереработки и нефтехимии.
4. Применение ультразвуковой обработки или их сочетание с химическими (комбинация технологий).

Эффективность каждого из вышеперечисленных технологических подходов должны показать дальнейшие опытно-промышленные и научно-исследовательские работы.

Список используемой литературы:

1. Америкханов М.И. Автореф. дисс. канд. техн. наук, "ТатНИПИнефть" ОАО "Татнефть", Бугульма, 2008. 25 с.
2. Галеев Р.Г. Повышение выработки трудноизвлекаемых запасов углеводородного сырья. М., 1997. 352 с.

3. Дмитриева А.Ю., Залитова М.В., Старшов М.И., Мусабилов М.Х. Исследование основных причин образования вязких (аномальных) нефтей // Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 6. С. 254–257.

4. Хамитзянов И.Н., Ибатуллин Р.Р., Фазлыев Р.Т. Новейшие технологии оптимизации систем разработки и эксплуатации нефтяных месторождений в ОАО «Татнефть». О перспективах разработки карбонатных коллекторов и новые технологии увеличения коэффициента извлечения нефти (г. Лениногорск, 26 апреля 2007 года). К.: Идель-Пресс, 2007. С. 18–31.

5. Дмитриева А.Ю., Мусабилов М.Х., Залитова М.В. Исследование микроструктуры высоковязких нефтей // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2014. №5. С. 19–24.

Study the microstructure of the estuarine samples of high viscosity oil of Kalmayurovsky field

UDC 544.777:622.276

Author:

Alina Yu. Dmitrieva — candidate of technical Sciences, head of department¹; alina_dmitrieva_1971@inbox.ru

¹department of chemical technology of organic materials,

Bugulma branch of Kazan national research technological University, Bugulma, Russian Federation

Abstract

The object of the study is wellhead oil samples with abnormally high viscosity of Kalmayurovsky field Samara Region ("Tatneft-Samara"). In the process carried out experimental work to determine the basic physical and chemical properties of high-viscosity oil, and photomicrography components of these samples. The paper presents the theoretical aspects of the experimental data and discussion in part explain the anomalous rheological and mechanical properties of these oils.

Materials and methods

For studies was used inverted metallographic microscope brand

«XJM700», according to the type of measuring instruments which is included in the hardware-software image analysis NEXSYS ImageExpert.

Results

The studies found that the tested samples contain virtually no fractions to 200°C; great content of asfaltenosmolistyh substances (DIA) causes high viscosity fluid and structured.

Conclusions

For the destruction of such structured oil that gives effect to reduce the viscosity can be used following modified and basic technologies:

1. Addition of a surfactant and oil soluble polymers.
 2. The heat treatment.
 3. The addition of inexpensive solvents, such as waste and by-products of oil refining and petrochemical industries.
 4. The use of ultrasonic treatment or a combination of chemical (the combination of technologies).
- The effectiveness of each of these technological approaches should show further commercial development and research work.

Keywords

high viscosity oil, the physico-chemical properties, microscopy, rheology

References

1. Amirhanov M.I. Author. dis. cand. tehn. Sciences, "TatNIPIneft" "Tatneft" Bugulma 2008, 25 p.
2. Galeev R.G. *Povyshenie vyrabotki trudnoizvlekaemykh zasposov uglvodородного syr'ya* [Increased production of hard hydrocarbon reserves]. Moscow, 1997, 352 p.
3. Dmitrieva A.Yu., Zalitova M.V., Starshov M.I., Musabirov M.Kh.

Issledovanie osnovnykh prichin obrazovaniya vyazkikh (anomal'nykh) neftey [Research of primary causes of viscous (abnormal) oil formation]. Bulletin of Kazan Technological University, 2014, issue 6, pp. 254–257.

4. Hamitzyanov I.N., Ibatullin R.R., Fazlyev R.T. The latest technology to optimize system design and operation of oil fields in "Tatneft". On the prospects of the development

of carbonate reservoirs and new technologies to increase oil recovery (Leninogorsk, 26 April 2007). Kazan: Idel-Press, 2007. pp. 18–31.

5. Dmitrieva A. Yu., Musabirov M. Kh., Zalitova M.V. *Issledovanie mikrostruktury vysokovyazkikh neftey* [Research of the microstructure of high-viscosity oil]. *Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa*, 2014, issue 5, pp. 19–24.