



УДК 622.276.1/4

ИЗУЧЕНИЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РЕОЛОГИЧЕСКОГО ПОВЕДЕНИЯ ВЫСОКОВЯЗКОЙ НЕФТИ НУРЛАТСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

ONVESTIGATION OF REGULARITIES OF RHEOLOGICAL BEHAVIOR OF HIGH-VISCOSITY OIL OF NURLATSKOE OILFIELD

Мустафина Альбина Наилевна
студент,
Альметьевский государственный
нефтяной институт
albinamust1997@mail.ru

Гумерова Диляра Магсумзяновна
старший преподаватель кафедры
разработка и эксплуатация
нефтяных и газовых месторождений,
Альметьевский государственный
нефтяной институт
gumerova.dilyara2011@yandex.ru

Аннотация. В связи с сокращением активных запасов легкой нефти, с каждым годом все больше становится актуальным решение о вводе в разработку месторождения высоковязких нефтей. Возникает необходимость изучения свойств высоковязких нефтей с целью совершенствования технологий повышения нефтеизвлечения пласта. Изучением реологических свойств высоковязких нефтей занимались А.Х. Мирзаджанзаде, В.В. Девликамов, З.А. Хабибуллин, И.М. Аметов, Л.М. Ружин и др., но, в силу ряда причин, проведение обширных исследований было приостановлено в середине 90-х годов. В связи с этим возникло некоторое отставание в области изучения высоковязких нефтей [1]. В статье приведены результаты исследования реологических свойств высоковязкой нефти Нурлатского месторождения в зависимости от градиента сдвига.

Ключевые слова: высоковязкая нефть, неньютоновская жидкость, реологические исследования, динамическая вязкость, градиент сдвига.

Mustafina Albina Nailevna
Student,
Almetyevsk State Oil Institute
albinamust1997@mail.ru

Gumerova Dilyara Magsumzyanovna
Senior Lecturer of the Development
and exploitation of oil and gas fields,
Almetyevsk State Oil Institute
gumerova.dilyara2011@yandex.ru

Annotation. In view of the reduction of proved oil resources, every year becomes relevant to developing of oilfields with high-viscosity oil. Thus, there is a need to investigate properties of high-viscosity oil in order to improve EOR (Enhanced Oil Recovery) technologies. A. Kh. Mirzajanzade, V.V. Devlikamov, Z.A. Khabibullin, I.M. Ametov, L.M. Ruzin and others investigated the rheological properties of high-viscosity oil, but for a number of reasons, extensive investigations was suspended in middle of 1990s. In this regard, it caused a backlog in the research of high-viscosity oil [1]. In article presents the results of investigation of the rheological properties of high-viscosity oil of Nurlatskoe oilfield relatively to speed gradient.

Keywords: high-viscosity oil, non-Newtonian fluid, rheological investigations, dynamic viscosity, speed gradient, shear stress.

Нурлатское месторождение было введено в разработку в 1975 году. Промышленно нефтеносными являются карбонатные отложения верейского, башкирского возрастов среднего карбона, бобриковского, турнейского возрастов нижнего карбона и кыновского горизонта верхнего девона. Месторождение находится на начальной стадии разработки, однако, ее эксплуатация осложняется тем, что добываемая нефть относится к тяжелым ($920\text{--}1100\text{ кг/м}^3$), высокосернистым (1,7–4,6 %), парафинистым (3–4,3 %), высокосмолистым (15–25 %), высоковязким (от 100 и более мПа·с) в отложениях карбона [2].

Актуальность изучения реологических свойств нефти заключается в том, что они в значительной мере определяют показатели разработки эксплуатационного объекта, а именно: темпы отбора нефти, устойчивость и характер движения фронта вытеснения нефти водой или газом, и, как следствие, конечную нефтеотдачу.

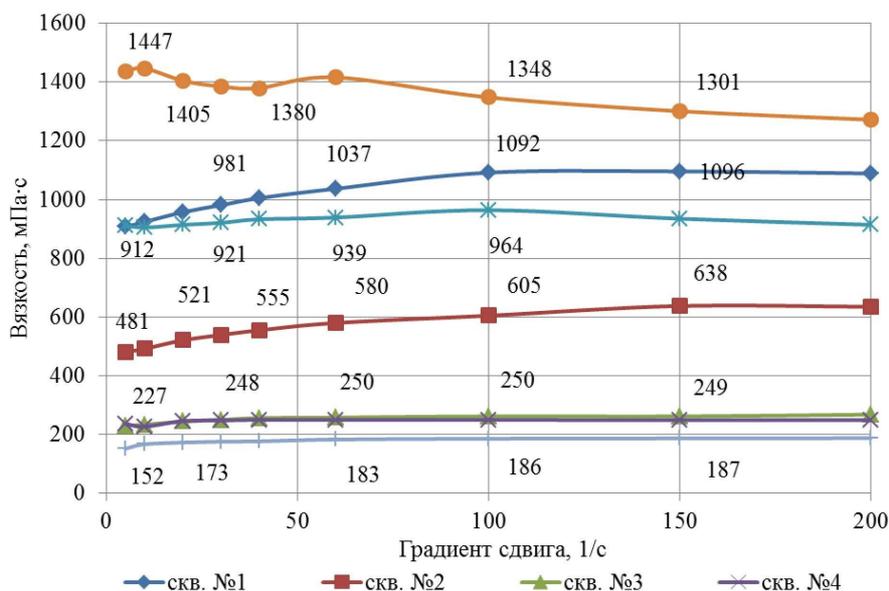
Исследования реологических свойств нефти подразумевают изучение закономерностей её поведения под действием деформационных усилий. Из многих параметров, характеризующих реологические свойства, на практике чаще всего используется сведения о вязкости нефти. Это обусловлено тем, что вязкость наряду с проницаемостью коллектора определяет фильтрационное сопротивление и, следовательно, дебиты нефти, плотность размещения добывающих скважин, масштабы применения методов воздействия с целью повышения нефтеизвлечения пластов [3].

Высоковязкая нефть, являясь неньютоновской жидкостью, характеризуется эффективной вязкостью. Эффективная вязкость есть некоторая условная характеристика, определяемая как отноше-



ние напряжения сдвига к градиенту скорости. Этот динамический параметр широко используют в реологии, и позволяет рассматривать неньютоновскую жидкость как системы с переменной вязкостью, которая зависит от градиента или напряжения сдвига [4].

С целью изучения свойств высоковязких нефтей проводились исследования реологических характеристик нефти карбонатных отложений со скважин Нурлатского месторождения на ротационном вискозиметре Rheotest RN 4.1. Отбирались пробы нефти со скважин № 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7. Определялась вязкость нефти при температуре 20 °С и при изменении градиента сдвига от 5 до 200 с⁻¹. На рисунке 1 приведены результаты исследований реологических свойств высоковязкой нефти.



№ скважины	1	2	3	4	5	6	7
Градиент сдвига, с ⁻¹	Динамическая вязкость, мПа·с						
5	907	481	230	237	912	1437	152
10	924	492	234	227	905	1447	167
20	957	521	244	246	914	1405	173
30	981	539	250	248	921	1385	176
40	1005	555	256	250	933	1380	177
60	1037	580	258	250	939	1416	183
100	1092	605	262	250	964	1348	186
150	1096	638	262	249	935	1301	187
200	1089	635	268	249	914	1272	188

Рисунок 1 – Результаты исследования влияния градиента сдвига на вязкость высоковязкой нефти

По данным КИС «АРМИТС» разброс значений по вязкости проб нефти со скважин составляет от 100 до 7000 мПа·с. Это может объясняться геологическими и структурными особенностями строения залежи, составом нефти.

Несмотря на различия по вязкости проб нефти в скважинах, тенденция изменения вязкости в зависимости от градиента сдвига одинакова. Анализируя представленные данные по исследованию реологического поведения высоковязкой нефти, можно сделать следующие выводы:

В основном, вязкость высоковязкой нефти возрастает с увеличением градиента сдвига, лишь на скважине № 6 наблюдается незначительное уменьшение вязкости;

При увеличении градиента сдвига от 0 до 60 с⁻¹ наблюдается увеличение вязкости в интервале от 1,5 % до 21 %;

В интервале изменения градиента сдвига от 60 до 200 с⁻¹ вязкость монотонно увеличивается в среднем на 5 %.

Сложность поведения нефтяных систем может быть связана с содержанием асфальто-смолистых веществ и парафиновых углеводородов. Образование в объеме нефти ассоциированных комплексов, обладающих механической прочностью, приводит к структурированию жидкости, в ре-



зультате чего в процессе движения начинает проявлять определенные реологические и структурно-механические свойства [5].

Образование структурированных систем из частиц смол и асфальтенов наблюдается при течи со сравнительными низкими градиентами сдвига. Поэтому при решении задач по фильтрации высоковязкой нефти и разработке Нурлатского месторождения с применением тепловых методов необходимо учитывать зависимость вязкости нефти от градиента сдвига в интервале низких значений – 0 до 60 с^{-1} .

Литература:

1. Рогачев М.К., Колонских А.В. Исследование вязкоупругих и тиксотропных свойств нефти Усинского месторождения // Нефтегазовое дело, 2009. – Т. 7. – № 1. – 37–42 с.
2. Муслимов Р.Х. Нефтегазоносность Республики Татарстан. Геология и разработка нефтяных месторождений. – Казань : Издательство «Фэн» Академии наук РТ, 2007. – Т. 2. – 534 с.
3. Никитин М.Н., Гладков П.Д., Колонских А.В., Петухов А.В., Михеев А.И. – Изучение реологических свойств тяжелой высоковязкой нефти Ярегского месторождения. – СПб., 2012. – 5 с.
4. Девликамов В.В., Хабибуллин З.А., Кабилов М.М. Аномальные нефти. – М. : Недра, 1975. – 168 с.
5. Кемалов А.Ф., Кемалов Р.А., Миннехузин Р.И., Мустафин Х.В. К вопросу снижения вязкости нефтей с использованием специальных реагентов растворителей и физико-химического воздействия на поток.

References:

1. Rogachyov M.K., Kolonsky of A.V. Issledovaniye of viscoelastic and tiksotropny properties of oil of the Usinsk field // Oil and gas business, 2009. – Т. 7. – No. 1. – 37–42 p.
2. Muslimov R.H. Oil-and-gas content of the Republic of Tatarstan. Geology and development of oil fields. – Kazan : Fen publishing house of Academy of Sciences of RT, 2007. – Т. 2. – 534 p.
3. Nikitin M.N., Gladkov P.D., Kolonsky A.V., Roosters A.V., Mikheyev A.I. – Studying of rheological properties of heavy high-viscosity oil of the Yaregsky field. – SPb., 2012. – 5 p.
4. Devlikamov V.V., Khabibulin Z.A., Kabirov of M.M. Anomalnye of oil. – M. : Nedra, 1975. – 168 p.
5. Kemalov A.F., Kemalov R.A., Minnekhuzin R.I., Mustafin H.V. To a question of decrease in viscosity nefty with use of special reagents of solvents and physical and chemical impact on a stream.