

Мехдизаде М.В.

Магистрант

*Научный руководитель: Доц. Богопольски В.О., к.т.н.
Азербайджанский Государственный Университет Нефти и
Промышленности*

МЕТОДЫ УЛЬТРАЗВУКОВОГО И ТЕПЛОВОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ВЫСОКОВЯЗКИЕ НЕФТИ.

Аннотация: В данной статье приводятся альтернативные способы добычи высоковязких нефтей при помощи ультразвукового метода, который считается одним из инновационных методов воздействия на реологические свойства тяжелых высоковязких нефтей ультразвуковой обработкой. Ультразвуковая обработка позволяет снизить вязкость сырой нефти и, следовательно, снизить затраты на ее добычу и соответственно транспортировку.

Разработан экспериментальный метод, где экспериментальная часть исследования проводилась на реометре Physica MCR 102. а длительность ультразвукового воздействия на вязкость исходных нефтей изучалась в течение 20 часов. Кроме того, были исследованы реологические характеристики обработанной нефти после ее естественного охлаждения. до 293 К. Результаты сравниваются с аналогичными результатами при термическом воздействии на пласт.

Ключевые слова: тепловое воздействие, ультразвуковое воздействие, высоковязкие нефти вязкость.

Mehdizade M. V.,

Master's student
Research supervisor: V.Bogopolsky
Azerbaijan State Oil and Industry University

METHODS OF ULTRASONIC AND THERMAL TREATMENT ON HIGH-VISCOSITY OILS.

Abstract: This article presents alternative methods for the production of high-viscosity oils using the ultrasonic method, which is considered one of the innovative methods for influencing the rheological properties of heavy high-viscosity oils by ultrasonic treatment. Ultrasonic processing makes it possible to reduce the viscosity of crude oil and, consequently, to reduce the cost of its extraction and, accordingly, transportation.

An experimental method has been developed, where the experimental part of the study was carried out on a Physica MCR 102 rheometer, and the duration of ultrasonic exposure to the viscosity of the original oils was studied for 20 hours. In addition, the rheological characteristics of the treated oil after its natural cooling were investigated. up to 293 K. The results are compared with similar results during thermal treatment of the formation.

Key words: thermal effect, ultrasonic effect, high-viscosity oil viscosity.

В странах с холодным климатом добыча и последующая транспортировка нефти и нефтепродуктов представляет собой сложную и

комплексную задачу. По мере увеличения добычи нефти, объемов ее транспортировки и переработки доля высоковязкой нефти в общем объеме неуклонно растет. В связи с этим возникают трудности при добыче и транспортировке нефти столь высокой вязкости, которые обусловлены их аномальным реологическим поведением (флюиды Бингама).

Нефть с высоким содержанием парафинов при низких температурах проявляет ярко выраженные неньютоновские (вязкопластические, вязкоупругие, тиксотропные) свойства; без их учета невозможно организовать рациональную эксплуатацию скважин. Снижение вязкости и трения - две основные проблемы для ученых. Решение этих проблем позволит снизить себестоимость эксплуатации высоковязкой нефти. К методам снижения вязкости относятся нагрев, ультразвуковая обработка, эмульгирование нефти в воде. Нагрев сырой нефти позволяет значительно снизить вязкость нефти при эксплуатации, так как вязкость нефти зависит от температуры. Одним из преимуществ этого метода является снижение количества добавок и интенсивности образования газогидратных пробок внутри трубопровода.

Ультразвуковая обработка является наиболее эффективным методом регулирования реологических свойств тяжелых высоковязких нефтей как с технологической, так и с эколого-экономической точек зрения. Для повышения нефтеотдачи большое внимание привлекают ультразвуковые технологии из-за их меньшей стоимости, простоты использования и отсутствия загрязнения пласта. Технология показала улучшение показателей добычи нефти на объектах, эксплуатируемых в России и Китае. Например, эксперименты с использованием образцов тяжелой нефти месторождения Шэнли (Китай) показывают, что ультразвуковая обработка позволяет снизить вязкость до 85 %, что способствует увеличению добычи нефти.

В работе установлено, что ультразвуковая обработка позволяет

увеличить добычу нефти на 50 % и даже больше в некоторых случаях в скважинах с проницаемостью более 20 мД и пористостью более 15 %.

При ультразвуковой обработке одновременно действуют два механизма: распад асфальтенов и соединение свободных радикалов с образованием новых асфальтенов. Оптимальной продолжительностью ультразвуковой обработки является время, при котором скорость образования равна скорости распада, которая определяется для каждой нефти индивидуально. Имеются работы, описывающие ультразвуковую обработку нефти и нефтепродуктов при малых значениях мощности: 20 Вт, 10–60 Вт, 75 Вт, 150 Вт.

Целью данной работы было исследование реологических свойств образцов нефти Новошешминского месторождения (Республика Татарстан, Россия) после ультразвуковой и термической обработки. Термическую обработку проводили для анализа влияния температурного фактора, возникающего при ультразвуковой обработке. Кроме того, исследовано изменение вязкости образцов через 24 ч после ультразвуковой и термической обработки.

Материалы и методы

Были использованы два образца сырой нефти со следующими характеристиками (таблица 1).

Sample	API	Content, %					Water, %
		Light Fractions	Saturated + Aromatic	Non-Polar Resin	Polar Resin	Asphaltene	
Crude oil No. 1	29.1	15.7	60.8	15.1	5.5	2.9	-
Crude oil No. 2	15.9	8.9	55.5	17.3	6.2	12.1	2.0

Таблица 1. Компонентный состав проб нефти

Содержание воды в пробах определяли по методу Дина–Штарка. Содержание компонентов в пробах нефти определяют по стандартным

методикам. Легкие фракции отделялись от нефтей перегонкой при атмосферном давлении до 200 °С. Разделение безасфальтовой нефти на масла и смолы производилось жидкостно-адсорбционной колоночной хроматографией на силикагеле с последовательным элюированием смесью растворителей: н-гексан + четыреххлористый углерод (3:1); бензол (элюат – неполярная смола) и изопропиловый спирт + бензол (1:1).

Методы.

Предварительный температурный контроль проб нефти.

Температура является одним из основных факторов, влияющих на вязкость сырой нефти. Влияние ультразвука на вязкость сырой нефти меньше при более высокой температуре и больше при более низкой температуре. Поэтому исходные пробы сырой нефти объемом 120 мл каждая термостатировали в течение 30 мин в термостате при температуре 295 К. в работе использована процедура предварительной обработки нефти.

Затем проводились контрольные замеры температуры и массы образцов. Температуру измеряли с помощью вискозиметра, снабженного зондом для измерения температуры. Вес образца измеряли на весах. Пробы масла с отклонением температуры менее 0,2 К и отклонением массы менее 0,1 г допускались к ультразвуковой и термической обработке.

Ультразвуковая обработка

Ультразвуковую обработку проб нефти проводили на ультразвуковой установке УЗТА-0,2/22-ОНМС. Зонд вводили непосредственно в центр стакана и примерно на 3/4 глубины образца нефти. Мощность и продолжительность воздействия составляли 80 Вт, 100 Вт и 160 Вт.

Стакан с образцом масла помещали в термоячейку из теплоизоляционного материала для минимизации потерь тепла при ультразвуковой обработке. После завершения процедуры обработки температуру измеряли с помощью вискозиметра, снабженного зондом для измерения температуры. Далее, по мере отбора проб для эксперимента, стакан с маслом продолжали термостатировать. После четырех часов термостатирования оставшийся объем масла сливают в стеклянную емкость с герметичной крышкой и оставляют на сутки в защищенном от света месте.

Термическая обработка

Результаты исследования показывают, что вязкость жидкостей уменьшается под действием ультразвука, что можно объяснить нагревом и кавитацией в жидкости.

Измеряли температуру масла после ультразвуковой обработки, термостат ВТ-8 устанавливали на измеряемую температуру, 120 мл исходной пробы нефти маркировали в химический стакан и опечатывали в термостате. Продолжительность термостатирования составляла 30 мин. Кривая вязкость-скорость сдвига была измерена и сравнена с кривой масла, обработанного ультразвуком; результаты экспериментов были проанализированы для получения разницы между ультразвуком и нагревом.

Результаты и обсуждение

На рис. 3 представлены кривые течения исходных образцов нефти (№ 1 и № 2, см. табл. 1) при температуре 293 К. Экспериментальные данные показали, что реологическое поведение нефти № 1 характеризуется Ньютоновским поведением ($\tau(\dot{\gamma}) = 33.74\dot{\gamma}$, $R^2 = 0,999$), а образец нефти № 2 обладает псевдопластическими свойствами и удовлетворительно описывается степенной моделью ($\tau(\dot{\gamma}) = 3,1132 \dot{\gamma}$, $R^2 = 0,996$).

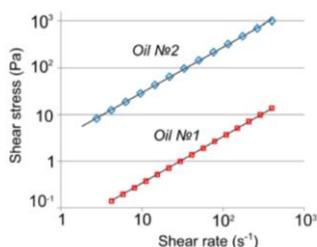


Рис. 3. Зависимость напряжения сдвига от скорости сдвига ($T = 293$ К).

Анализ сравнительного эксперимента.

Влияние ультразвуковой обработки на вязкость образцов нефти № 1 и № 2 изучали при обработке в течение 1 мин. Мощность ультразвуковой обработки варьировалась: 80 Вт, 100 Вт и 160 Вт.

На рисунках 4 показаны результаты. Здесь У30 – зависимость вязкости от скорости сдвига, построенная непосредственно после УЗ обработки, У31 – через 1 ч, У32 – через 2 ч, У33 – через 3 часа, У3 24ч – через сутки после УЗ обработки. Исследовано влияние термической обработки на вязкость нефти при температуре, достигаемой при ультразвуковой обработке образцов. При обработке образца масла № 1 температура достигала 303,9 К, 305,9 К и 310,3 К при интенсивности 6,65 Вт/см², 9,75 Вт/см² и 13,76 Вт/см² соответственно. Сравнение кривых вязкости в зависимости от скорости сдвига после ультразвуковой и термической обработки показало, что снижение вязкости образца масла достигается повышением температуры.

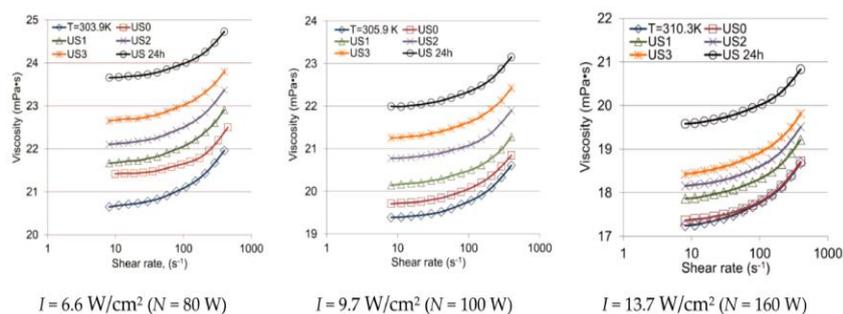


Рис. 4. Зависимость вязкости от скорости сдвига (образец нефти №1).

Как показал эксперимент, вязкость обработанной нефти со временем увеличивается и достигает наибольшего значения через 24 ч. При обработке образца масла № 2 температура достигала 301 К, 303,4 К и 312 К при интенсивности 4,6 Вт/см², 9,0 Вт/см², 13,1 Вт/см² соответственно.

Выводы

В ходе экспериментальных исследований влияния ультразвуковой и термической обработки на реологические свойства двух образцов нефти Новошешминского месторождения (Россия) были получены следующие результаты:

1. Интенсивность ультразвуковой обработки зависит от исходных реологических свойств сырой нефти. Увеличение вязкости исходной нефти затрудняет конвективное перемешивание слоев из-за кавитации, а нагрев жидкости локализуется вблизи поверхности источника ультразвука. Все это приводит к снижению интенсивности ультразвуковой обработки.
2. Вязкость образца нефти № 1 снижается на 20 % при интенсивности ультразвуковой обработки 13,76 Вт/см². Термическая обработка более эффективна, чем ультразвуковая, при интенсивности воздействия до 13,76 Вт/см². При увеличении интенсивности ультразвуковой

обработки механизм снижения вязкости масла, обработанного ультразвуком, обусловлен только тепловым эффектом.

3. Вязкость проб нефти во всех рассмотренных случаях увеличивается через 24 ч после ультразвуковой и термической обработки.

Использованные источники:

1. El-Dalatony, M.M.; Jeon, B.H.; Salama, E.S.; Eraky, M.; Kim, W.B.. Occurrence and Characterization of Para Wax Formed in Developing Wells and Pipelines. *Energies* 2019, 12, 967.
2. Kazantsev, O.A.; Volkova, G.I.; Prozorova, I.V.; Litvinets, I.V.; Orekhov, D.V.; Samodurova, S.I.; Kamorin, D.M.; Moikin, A.A.; Medzhibovskii, A.S. Poly(alkyl (meth)acrylate) depressants for paraffin oils. *Pet. Chem.* 2016, 56, 68–72.
3. Livinus, A.; Yeung, H.; Lao, L.Y. Restart time correlation for core annular flow in pipeline lubrication of high-viscous oil. *J. Pet. Explor. Prod. Technol.* 2017, 7, 293–302.
4. Crivelaro, K.C.O.; Damacena, Y.T.; Andrade, T.H.F.; Lima, A.G.B.; Neto, S.R.F. Numerical simulation of heavy oil flows in pipes using the core-annular flow technique. *Comput. Methods Multiph. Flow V* 2009, 63, 193–203.
5. Gadelha, A.J.F.; Neto, S.R.F.; Lima, A.G.B. Thermo-Hydrodynamics of Core-Annular Flow of Water, Heavy Oil Using CFX. *Adv. Chem. Eng. Sci.* 2013, 3, 37–45.
6. Найбаков Н.К., Гарушев А.Р. Тепловые методы разработки нефтяных месторождений. – М., Недра, 1988, 79 с.