

Проект № 18-31-20037\18 от 10 октября 2018 г.

«Разработка реологических моделей поведения высоковязких тяжелых нефтей, подвергнутых ультразвуковому воздействию, и численное моделирование на их основе»

Руководитель – Кадыйров А.И.

В рамках реализации проекта выполнен комплекс экспериментальных исследований реологического поведения тяжелых высоковязких нефтей после ультразвуковой обработки. Исследовано десять различных по физико-химическому составу образцов нефти из месторождений Республики Татарстан (Зычешашское, Арзамасское, Первомайское, Кзыл-Тау и Контузлинское, а также месторождения Новошешминского района Республики Татарстан). Экспериментальные исследования реологических свойств выполнены с помощью приобретенного за счет средств настоящего гранта реометра Physica MCR 102 (рис. 1). Озвучивание образцов нефти было осуществлено с частотой от 18 до 24 кГц, мощностью воздействия до 1000 Вт и продолжительностью от 1 до 20 мин. На основе полученных экспериментальных данных найдены параметры реологических моделей Кутателадзе-Хабахпашевой и Фан-Тьен-Таннера, как функции от частоты, мощности и продолжительности УЗ. При этом наименьшая погрешность между экспериментальными данными и данными, полученными на основе выбранных реологических моделей, соответствует модели Кутателадзе-Хабахпашевой.



Рисунок 1 – Реометр Physica MCR 102

Установлено, что вязкость озвученной нефти после хранения в закрытом сосуде в темном шкафу в течение 24 часов увеличивается по отношению к исходной нефти (контрольные измерения вязкости при температуре 293К). Аналогичная зависимость выявлена для термически обработанной нефти. Уменьшение вязкости после ультразвуковой обработки в основном обусловлено термическим эффектом (температура сырой нефти возрастает после ультразвуковой обработки). На примере исследованных образцов сырой нефти получено, что ультразвуковая обработка не оказывает существенного влияния на температуру застывания нефти.

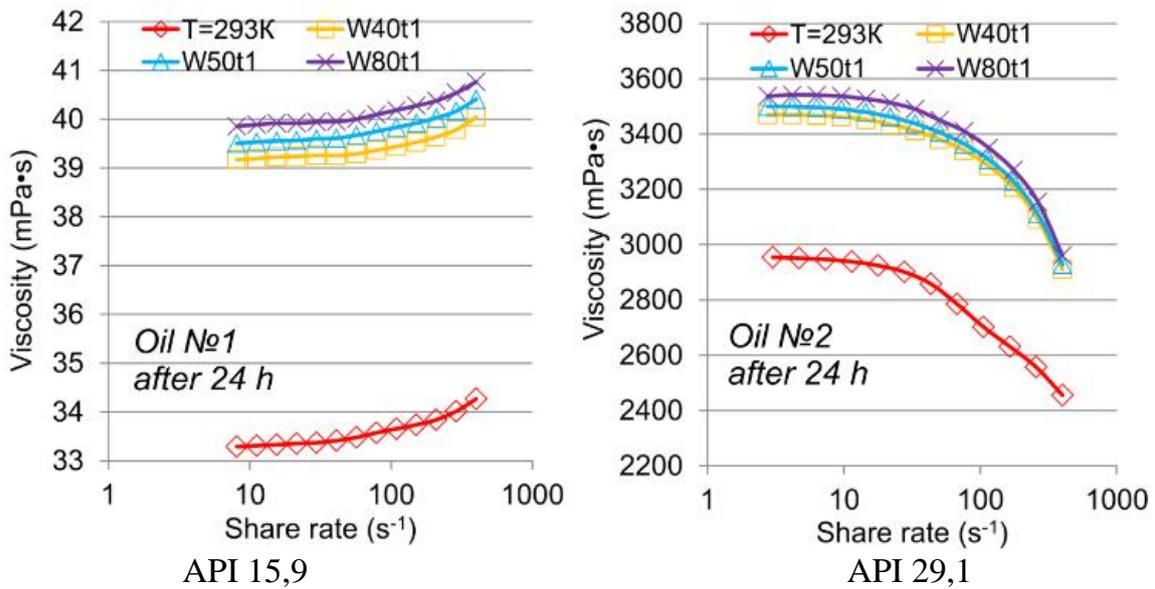


Рисунок 2 – Зависимость вязкости от скорости сдвига для образцов нефти Новошешминского месторождения (Россия, РТ) при температуре 293 К.

Установлено, что ультразвуковая обработка нефти приводит к увеличению энергии активации вязкого течения, но не более чем на 6,6%, для образцов сырой нефти ряда месторождений Республики Татарстан (рис. 3а). Полученные экспериментальные данные свидетельствуют о том, что все исследованные образцы нефти обладают реопексными свойствами, которые уменьшаются или практически исчезают после ультразвуковой обработки (рис.3б).

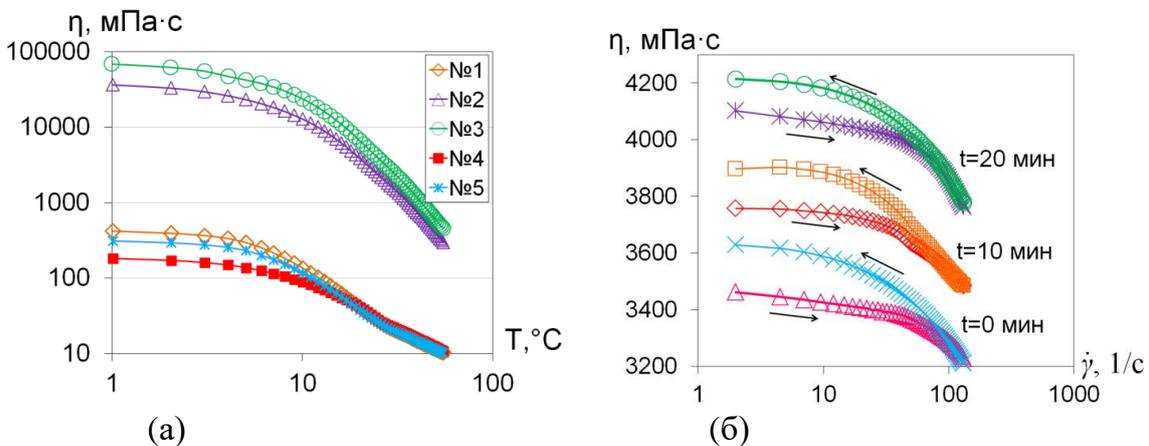


Рисунок 3а – Зависимость вязкости сырой нефти от температуры для пяти образцов сырой нефти;

Рисунок 3б – Реологические кривые прямого и обратного хода после ультразвуковой обработки для образца с API 29,1

Установлено, что для нефти с вязкостью от 3000 до 4000 мПа·с наблюдается градиент температуры по высоте цилиндрического сосуда. Для нефти с малой вязкостью от 29 до 30 мПа·с после УЗ наблюдался равномерный прогрев во всем объеме. Выявленный градиент температуры сохраняется в широком диапазоне мощности УЗ и продолжительности воздействия (рис. 4).

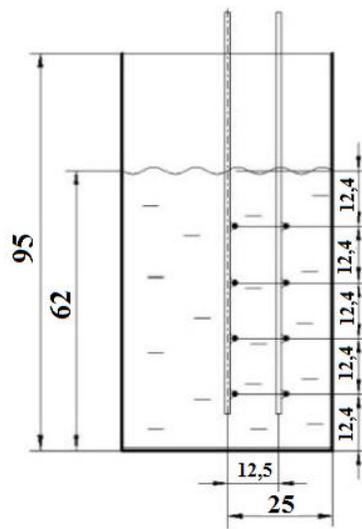


Рисунок 4 – Исследование влияния УЗ на распределение температуры нефти

Разработанные реологические модели в части учета влияния ультразвукового воздействия могут быть успешно использованы для математического моделирования процессов добычи, транспортировки и хранения сырой нефти (рис. 5).



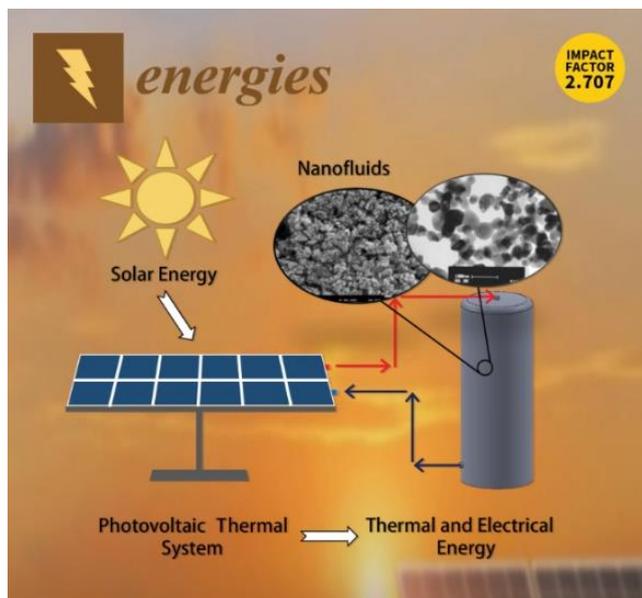
Рисунок 5 – Ультразвуковая обработка при добыче и транспортировке нефти

Результаты исследований были представлены на следующих конференциях: 73-я Международная молодежная научная конференция «Нефть и газ – 2019» (Москва, 22-25 апреля 2019г.), XXXV Сибирский теплофизический семинар (Новосибирск, 27-29 августа 2019 г.), Международная научно-техническая конференция «Smart Energy Systems 2019» (Казань, 18-20 сентября 2019 г.).

Результаты проекта опубликованы в журналах: *Energies* (WoS; SCOPUS Q1, IF=0,61), *Journal of Physics: Conference Series* (WoS; SCOPUS Q3, IF=0,22), *E3S Web of Conferences* (WoS; SCOPUS IF=0,17), *Энергобезопасность и энергосбережение* (РИНЦ IF=0,304) и в сборнике тезисов докладов 73-ей Международной молодежной научной конференции «Нефть и газ – 2019».



JOURNAL OF PHYSICS: CONFERENCE SERIES



E3S Web of Conferences

Volume 124 (2019)

International Scientific and Technical Conference Smart Energy Systems 2019 (SES-2019)