

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОФИЗИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ АНОМАЛЬНЫХ ЖИДКОСТЕЙ

Мамедова Г.И.

*Азербайджанская государственная нефтяная академия,
кафедра «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений»
petrotech@azeuro.net*

В статье рассмотрены вопросы влияния на реофизические свойства нефтей асфальтено-смолистых и парафинистых включений при нестационарных режимах течения в системе «пласт-скважина», в которой наблюдается эффект ННН (неоднородность, нелинейность и неравновесность).

Исследованиями, проведенными с высокопарафинистыми нефтями, установлено, что равновесное состояние между скоростью сдвига и напряжением устанавливается не мгновенно. Напряжение сдвига релаксирует в течение достаточно долгого времени, продолжительностью до нескольких часов.

Анализ колебаний технологических показателей работы скважин, продуцирующих неньютоновскую нефть, показал, что пластовая система может быть представлена в виде сложной структуры, подверженной различного рода воздействиям, что и подтверждается флуктуационным характером. Это необходимо учитывать при проведении различного вида регулирования различных процессов разработки месторождений и добычи нефти.

Ключевые слова: высокопарафинистые нефти, скорость сдвига, неньютоновские нефти, разработка месторождений, асфальтено-смолистые отложения

Релаксационные свойства нефтей играют важную роль при расчете и регулировании различных технологических параметров в процессах добычи, сбора и транспорта нефтей. Особенно отчетливо наблюдается влияние на реофизические свойства нефтей асфальтено-смолистых и парафинистых включений при нестационарных режимах течения в системе «пласт-скважина», в которой наблюдается эффект ННН (неоднородность, нелинейность и неравновесность).

Эффективность методов повышения отборов пластовых флюидов зачастую тесно связана с изменением реофизических характеристик в зависимости от термобарического состояния пластовой системы. Статья посвящена некоторым аспектам поведения гетерогенных систем в зависимости от внешних условий и компонентного состава самих флюидов.

С этой целью на кафедре «Разработка и эксплуатация нефтяных месторождений» Азербайджанской государственной нефтяной академии был проведен целый ряд экспериментальных исследований по выявлению характерных реологических особенностей поведения гетерогенных систем.

Для решения поставленной задачи был проведен цикл экспериментов на ротационном вискозиметре «Реотест-2».

Методика экспериментирования предусматривает помещение определенного объема жидкости между двумя коаксиальными цилиндрами прибора, один из которых подвижен, и при определенных угловых скоростях сдвига по показанию информационной шкалы определяются значения касательного напряжения сдвига τ (дин/см²) и эффективной вязкости $\eta_{эф}$ (сПз). Конечным результатом эксперимента является получение зависимостей $\eta_{эф} = \eta_{эф}(\gamma)$, по виду и описанию которых делается соответствующее заключение [1].

При изучении релаксационного поведения неньютоновских нефтей экспериментальная задача состоит в определении зависимостей между напряжением, временем деформации и режимом нагружения. Одним из методов исследования релаксационных свойств жидкости является изменение касательного напряжения жидкости во времени.

Исследованиями, проведенными с высокопарафинистыми нефтями, установлено, что равновесное состояние между скоростью сдвига и напряжением устанавливается не мгновенно. Напряжение сдвига релаксирует в течение достаточно долгого интервала времени, продолжительностью до нескольких часов.

Ниже приведены результаты ротавискозиметрических экспериментальных исследований. В качестве модели среды была использована нефть месторождения «Гум Дениз», характеризующаяся большим содержанием смол (12 %), асфальтенов (8 %) и парафина (до 7 %).

Методика экспериментов заключалась в определении характерных особенностей поведения показателя эффективной вязкости $\eta_{эф}(t)$ при постоянстве угловой скорости вращения ($\gamma = 243 \text{ C}^{-1}$), рис. 1.

Как видно из рис. 1, механическое воздействие на исследуемую гетерогенную систему приводит к переходу ее из неньютоновского состояния в ньютоновское.

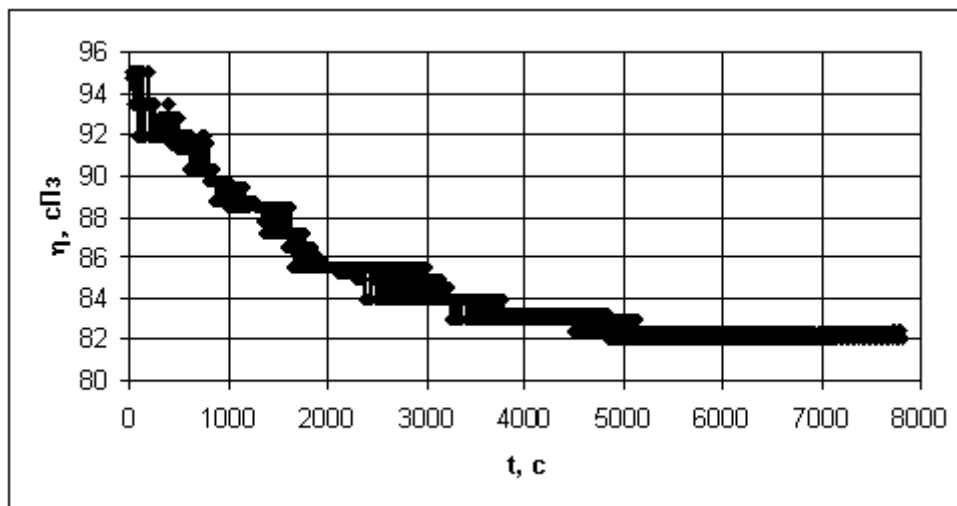


Рисунок 1. Динамика эффективной вязкости нефти $\eta = \eta(t)$

В результате экспериментов для эмульсионных нефтей месторождения Сураханы были получены зависимости напряжения сдвига от скорости сдвига $\dot{\gamma}$ как при увеличении, так и в обратном порядке, при различных температурах. Анализ этих зависимостей показал, что исследуемая нефть обладает ярко выраженными вязкоупругими и незначительными тиксотропными свойствами. При увеличении температуры неньютоновские свойства уменьшаются, а при температуре 313 К не обнаруживаются. Проявление эффекта Вейссенберга также подтверждает наличие вязко-упругих свойств у данной нефти. В [2] аналогичный результат был получен для нефтей Ширванского месторождения, характеризующихся высоким содержанием асфальтено-смолистых и парафинистых включений.

Экспериментальные исследования, проведенные с тяжелыми нефтями показали, что для описания процессов развития касательных напряжений при постоянной и длительной деформации, недостаточно одного времени релаксации, необходим спектр времен релаксации [3] – амплитудно-частотные характеристики колебательного процесса динамики поведения системы. На основе результатов исследований выявлен различный диапазон амплитудно-частотных характеристик колебательного процесса динамики показателя η , что, по-видимому, связано с изменением внутренних структурно-механических свойств, приведшее к разрушению системы [4 - 5].

Анализ гистограммы распределения колебаний и спектральный анализ (рис. 2 - 3) показали наличие фликкер-шума при механическом воздействии на исследуемую среду. При этом фрактальные показатели составили $\beta = -0,47$ и $H = 0,41$.

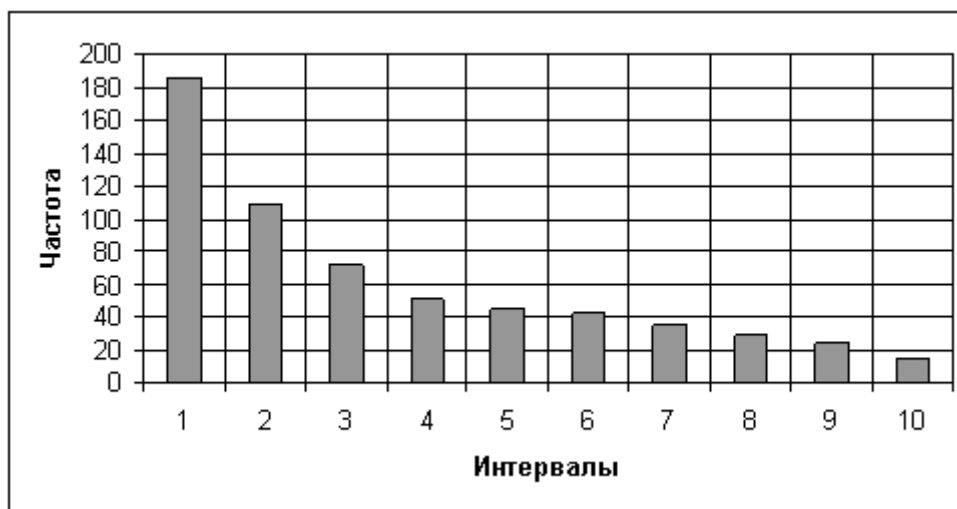


Рисунок 2. Гистограмма распределения колебаний показателей эффективной вязкости нефти

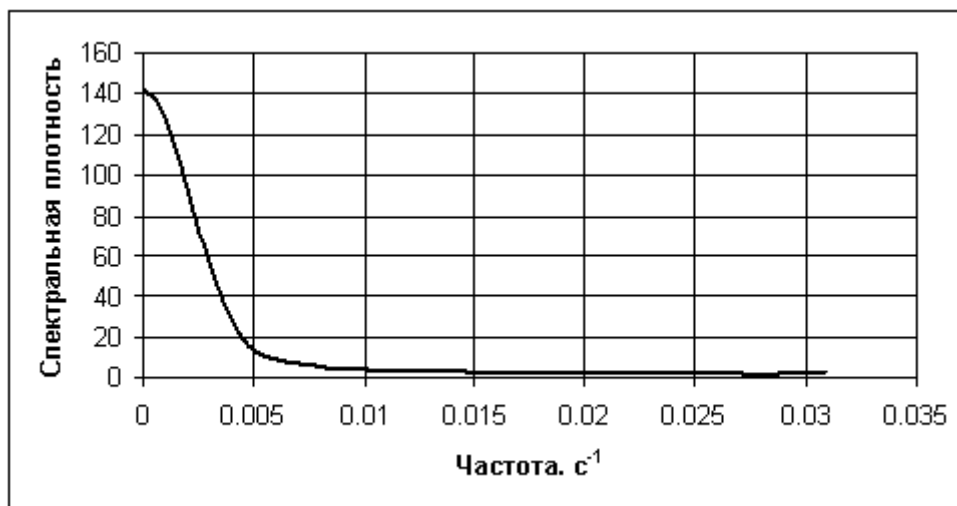


Рисунок 3. Спектральная плотность колебаний показателей эффективной вязкости нефти

Смена амплитудно-частотных характеристик колебательного процесса свидетельствует о нарушении внутренней структуры гетерогенной системы и, как следствие, изменение реологических показателей. При фрактальных показателях

$-1 < \beta < 2$ и $0 < H < 0,5$ можно диагностировать переход системы из одного состояния в другое.

В пластовых условиях продуктивный нефтяной горизонт залегает над водоносным, а также находится в поровом объеме в виде реликтовых вод. Совместные движения нефти и воды в призабойной зоне пласта по стволу скважины и системе сбора приводят к их смешиванию с образованием эмульсии различной дисперсности и стабильности.

С позиций склонности к эмульгированию по физико-химическим свойствам нефти могут быть классифицированы на 4 класса: легкая нефть, средней плотности нефть, парафинистая нефть и высокосмолистая нефть.

Парафинистая нефть отличается склонностью удерживать эмульсионную воду в своей кристаллической решетке, поэтому дополнительным условием при разрушении эмульсий, образованных данным классом нефти, является расплавление этой решетки ($T_m = 54 - 57$ °С); высокосмолистая нефть плохо смешивается с водой при обычной температуре, однако образует сложную эмульсионную систему.

Таким образом, отмеченное предопределяет изучение характерных особенностей реофизических свойств сложных гетерогенных систем в зависимости от термобарического состояния системы «пласт-скважина», знание которых необходимо при регулировании и принятии решения по выбору режимов работы скважин.

Литература

1. Мукук К.В. Элементы гидравлики релаксирующих аномальных систем. Ташкент: Фан, 1980. - 115 с.
2. Мирзаджанзаде А.Х., Ковалев А.Г., Зайцев Ю.В. Особенности эксплуатации месторождений аномальных нефтей. М.: Недра, 1972. - 200с.
3. Мирзаджанзаде А.Х., Хасанов М.Н., Бахтизин Р.Н. «Моделирование процессов нефтегазодобычи», Москва, Ижевск, 2004. - 368 с.
4. Шрёдер М. Фракталы, хаос, степенные законы, М.: Мир, 2001. - 528 с.
5. Николис П., Пригожин И. Самоорганизация в неравновесных системах. М.: Мир, 1979. -378 с.