

## АКУСТИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЗП СКВАЖИН

**Аннотация:** В последние годы широкое применение нашли различные физико-механические методы волнового воздействия с целью восстановления продуктивности скважин. В данной статье рассмотрен один из таких методов, акустический метод.

**Ключевые слова:** акустический метод, акустического воздействия, скважина, флюид, вязкость.

**Summary:** In recent years broad application was found by various physico-mechanical methods of wave influence for the purpose of restoration of efficiency of wells. In this article one of such methods, an acoustic method is considered.

**Key words:** acoustic method, acoustic influence, well, fluid, viscosity.

В комплексе современных МУН и ИДН все более значимое место приобретают геофизические методы. Их характерной особенностью является то, что все они в качестве «рабочего агента» воздействия на пласт используют не вещество, а физические поля разной природы, а также используют оборудование, аппаратуру и технологии, практически не отличающиеся от традиционных для геофизических исследований и работ в скважинах. В этой группе (геофизическая) сегодня наиболее развитыми в теоретическом и аппаратурно-технологическом аспектах, особенно при воздействии на пласт и ПЗП из скважин, являются методы акустического воздействия, среди них – акустические в ультразвуковом диапазоне.

Технология акустического воздействия (АВ) заключается в обработке пластов коллекторов (в открытом стволе, в интервале фильтра или перфорации) мощным ультразвуковым (высокочастотным) полем с целью восстановления их фильтрационных свойств.

Обработка осуществляется поточно (с разрешением 0,5-1,0 м), либо с медленным колебательным перемещением в интервале, избирательно по принципу «профиль притока – профиль стимуляции» (места и количество стоянок излучателя).

При взаимодействии акустического поля с фазами горных пород достигается увеличение их проницаемости, благодаря изменениям структуры пустотного пространства, разрушение минеральных солеотложений, акустической дегазации и снижения вязкости нефти, вовлечения в разработку низкопроницаемых и закольматированных пропластков пород продуктивного пласта.

Рассмотрим процессы, протекающие в нефти и пласте при акустическом воздействии. Под «свободной» понимаем нефть, не контактирующую с поверхностью твердой фазы. Эффект наблюдался экспериментально в акустическом поле интенсивностью 8-100 кВт/м<sup>2</sup>.

Для экспериментов использовался ультразвуковой генератор TS4M1, волноводно-излучающая система, рассчитанная на 23.5 кГц и имеющая рабочую излучающую поверхность 6.6 см<sup>2</sup>, схема установки показана на рис.1. Изменения реологических свойств нефти проводились на вязкозиметре SX-80.

- 1 – Ультразвуковой генератор
- 2 – Магнитоэлектрический преобразователь
- 3 – Герметичный реактор для УЗ обработки
- 4 – Волноводная система
- 5 – Обрабатываемая нефть
- 6 – Баллон со сжатым газом для создания давления в реакторе

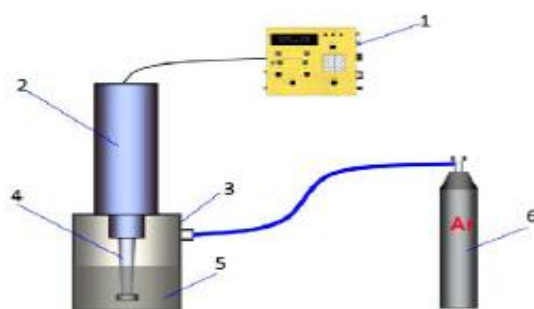


Рис.1. Установка для ультразвуковой обработки нефтепродуктов

Исследовались изменения вязкости нефти после УЗ обработки в течение 3 мин при подводимой мощности от генератора 1 кВт. Во избежание влияния теплового воздействия ультразвука (УЗ), обрабатываемая проба находилась в водяной бане [1].

Эксперименты показали, что непосредственно после УЗ обработки наблюдалось заметное уменьшение вязкости нефти, однако в течение 48 часов после обработки наблюдалась релаксация, в результате которой значения вязкости вновь приближались к своему исходному значению. Такое уменьшение вязкости нефти, безусловно, оказывает влияние на процессы, происходящие в призабойной зоне скважины при УЗ обработке. Снижение вязкости объясняется разрушением циклических структур в обрабатываемой нефти под действием ультразвуковых колебаний. График изменения вязкости в течение 48 часов после проведения УЗ обработки, рис.2.

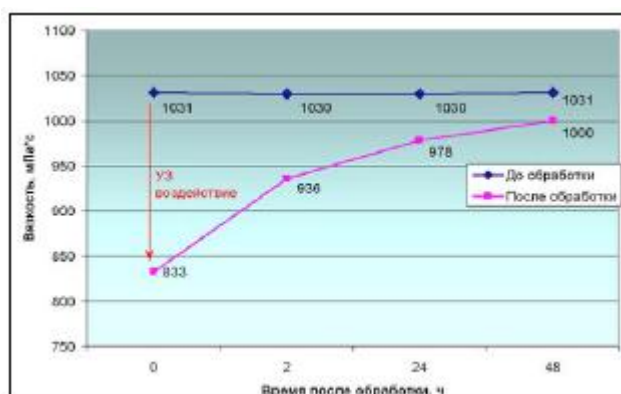


Рис.2. Изменения вязкости нефти в течение 48 часов после УЗО

При ультразвуковой обработке (УЗО) происходит заметный нагрев нефти, вызванный диссипацией акустической энергии. К тому же, эффективность работы скважинных магнитострикционных излучателей не превышает 50 %, что при малых дебитах, характерных для обрабатываемых скважин, приводит к значительному разогреву корпуса прибора. Важным эффектом, имеющим место при ультразвуковом воздействии, является увеличение теплопроводности пород.

Поскольку теплопроводность в акустическом поле увеличивается, тепло более интенсивно передается в пласт, способствуя его дополнительному

разогреву. Так, нагрев в акустическом поле интенсивностью более 1 кВт/м и частотой 20-1500 кГц приводит к превышению температуры вдали от нагревателя по сравнению с обычным нагревом на 7-10 °С. Темп и радиус нагрева при этом возрастают.

Акустическая дегазация – еще один из эффектов, вызванных акустическим полем. Акустическая дегазация жидкости, находящейся при давлении, превышающем давление насыщения, связана, главным образом, с наличием в ней газовых пузырьков. Пульсации стенок пузырьков могут привести к их росту в результате, так называемой, выпрямленной диффузии. Пузырьки, достигшие определенного максимального размера, схлопываются, что приводит к возникновению ударных волн. Существует мнение, что рост пузырьков, пульсация их стенок и ударные волны, образующиеся при схлопывании, приводит к возникновению течений жидкости, способствующих перемешиванию и очистке пор, подвергшихся коагуляции. Установлено, однако, что явление выпрямленной диффузии (соответственно рост пузырьков и их схлопывание) возникает при достижении акустическим давлением некоторой пороговой величины. Чрезвычайно важно также то обстоятельство, что рост свободного газосодержания пластового флюида – его разгазирование, вызванное выпрямленной диффузией, может привести к резкому снижению фазовой проницаемости пласта по отношению к нефти, т.е. к существенному ухудшению коллекторских свойств залежи. Тем не менее, выпрямленная диффузия может, при определенных условиях, привести к росту нефтеизвлечения [4].

Дело в том, что в процессе работы излучателя разогревается скважинный флюид, что приводит к росту давления его насыщения и резкому снижению порога выпрямленной диффузии. К тому же непосредственно на поверхности акустического излучателя, т.е. в скважине, интенсивность поля на два и более порядка превышает его интенсивность в пласте. В результате может начаться дегазация скважинного флюида и, как следствие, постепенное снижение его плотности по стволу скважины. Возникающая при этом дополнительная депрессия на пласт может вызвать увеличение дебита. На рис.3. представлены

результаты расчетов распределения плотности акустической энергии в окрестности скважины. Постановка задачи соответствует точечному ультразвуковому источнику мощностью  $I = 1$  кВт на частоте 20 кГц, расположенному на оси флюидонаполненной скважины радиуса  $R = 8$  см. Параметры, характеризующие упругие свойства окружающей среды, а также свойства пластового и скважинного флюидов, для обеих моделей полностью совпадают.

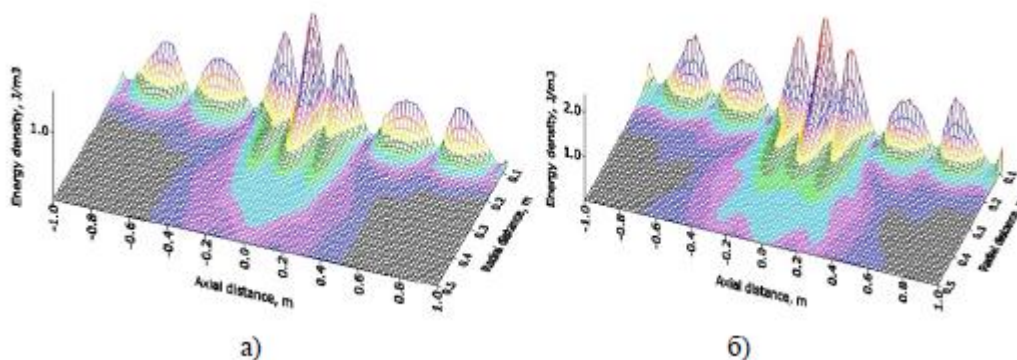


Рис.3. Распределение плотности акустической энергии для:  
а) упругая модель среды б) модель Био проницаемой среды с  $m=0,2$  и  $k=0,1$  Д

Значения пористости и проницаемости для среды Био составляют 20 % и 100 мД, соответственно. Видно, что распределение плотности акустической энергии, вычисленное для среды Био, по форме и масштабу (единицы Дж/м<sup>3</sup> в окрестности первого десятка сантиметров от скважины) практически полностью повторяет результат упругой модели с поглощением. Однако в силу разных физических механизмов, положенных в основу диссипации акустической энергии для упругой модели и модели Био, распределения плотности тепловых источников вблизи скважины для этих двух моделей существенно отличаются. В упругой среде диссипация энергии происходит в продольной и поперечной волне с выбранным для расчетов коэффициентом поглощения  $\alpha = 1$  м<sup>-1</sup> на 20 кГц. Интенсивное ультразвуковое поле наблюдалось по всему объему барокамеры.

**Заключение:** Таким образом, было показано, что ультразвуковое поле может эффективно воздействовать на пласт, способствуя восстановлению фильтрационных свойств, уменьшению вязкости нефти.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Газизов, А.А. Интенсификация добычи нефти в осложненных условиях / А.Ш. Газизов, М.М. Кабиров, Р.Г. Ханнанов. – Казань, 2008. – 5с.
2. Гиматудинов, Ш.К. Физика нефтяного и газового пласта / Ш.К. Гиматудинов, А.И. Ширковский. – М.: Недра, 1982. – 311с.
3. Ибрагимов, Л.Х. Интенсификация добычи нефти / Л.Х. Ибрагимов, И.Т. Мищенко. – М.: Нефть и газ, 1996. – 478с.
4. Стрекалов А.В., Ведменский А.М. Результаты лабораторных исследований процесса воздействия на нефтяной пласт физическими полями– Тюмень, 2018. – 82-83с.