

ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПРИЗАБОЙНУЮ ЗОНУ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

<https://doi.org/10.5281/zenodo.10809646>

Д.Г.Азизова

доцент кафедры "Нефтегазовое дело"

Каршинского инженерно-экономического института.

Узбекистан г. Карши,

Аннотация

В статье анализируют механизмы акустического воздействия на призабойную зону пласта (ПЗП). В статье представлен анализ опытно-промысловых испытаний (ОПИ) ультразвуковой (УЗ) технологии и оборудования, проведённых на нефтяных скважинах, для увеличения продуктивности низкодебитных скважин.

Одной из проблем нефтегазового комплекса НГК всех страны является низкий коэффициент извлечения нефти (КИН). Большое число простаивающих скважин, рост доли залежей с тяжёлыми и высоковязкими нефтями, уменьшение дебитов скважин свидетельствуют о низкой эффективности применяемых технологий извлечения нефти.

Ключевые слова

акустического воздействия, ультразвуковой технологии, плотность и вязкость флюида, порода пласта, проницаемость, пористость

Annotation

The article analyzes the mechanisms of acoustic impact on the bottomhole formation zone (BZZ). The article presents an analysis of pilot field tests (EPT) of ultrasonic (US) technology and equipment carried out on oil wells to increase the productivity of low-yield wells.

One of the problems of the country's oil and gas complex is the low oil recovery factor (ORF). A large number of idle wells, an increase in the proportion of deposits with heavy and highly viscous oils, and a decrease in well flow rates indicate the low efficiency of the applied oil extraction technologies.

Key words

acoustic impact, ultrasonic technology, fluid density and viscosity, formation rock, permeability, porosity.

Одним из наиболее перспективных методов увеличения дебита скважин является акустическое воздействие, в частности в УЗ диапазоне. Причем,

эффективность данного метода можно существенно повысить путем математического моделирования физических процессов в ПЗП, сопровождающих акустическое воздействие, разработки современной аппаратуры, правильного подбора скважин-кандидатов и масштабного проведения опытно-промышленные испытания на месторождениях.

Механизмы акустического воздействия на призабойную зону пласта

В связи со сложностью и разнообразием объектов воздействия на ПЗП, механизмы протекающих в пласте процессов по-прежнему неясны: пласт может быть насыщен водой, газом, лёгкой, высоковязкой или тяжёлой нефтью; снижение дебита связано с парафинизацией ПЗП, ее заилением, отложением мелких глинистых частиц, содержащихся в фильтрате промывочной жидкости, с засорением перфорационных отверстий и т. д. Как правило, воздействие имеет комплексный характер, хотя тот или иной эффект играет преобладающую роль в конкретных скважинах.

Обобщая анализ проведённых лабораторных экспериментов и модельных расчётов физических процессов, можно отметить следующие механизмы, ответственные за наблюдаемое улучшение фильтрации нефти в пористых средах в УЗ поле:

- происходит увеличение относительной проницаемости фаз;
- возникающие нелинейные акустические эффекты в порах (кавитация, акустические течения, звуковое давление) уменьшают действие капиллярных сил из-за разрушения поверхностных плёнок и увеличивают скорость фильтрации флюида;
- уменьшается поверхностное натяжение, плотность и вязкость флюида вследствие УЗ нагрева;
- происходит перистальтическое движение флюида вследствие механической вибрации стенок пор, посредством которого жидкость "сжимается" в соседние поры;
- начинается микро эмульгирование нефти в присутствии природных или введённых поверхностно-активных веществ (ПАВ), повышается растворимость ПАВ и уменьшение его адсорбции;
- происходит слияние капель масла из-за сил Бьеркнеса;
- увеличивается проницаемость горных пород и пористость из-за деформации пор, происходит очистка перфорационных каналов и пор коллектора от АСПО и других включений, уменьшение скин-эффекта;

• возникновение внутри поровой конвекции приводит к изменению теплопроводности насыщенных флюидами сред и, как следствие, повышению продуктивности скважин;

• увеличение звукового давления (интенсивности) уменьшает сдвиговую вязкость флюида, что приводит к увеличению скорости его фильтрации;

• сон капиллярный эффект.

В каждом конкретном случае технологическая компоновка УЗ аппаратуры в скважинах зависела от следующих факторов:

• анализ технологического режима работы скважины-кандидата за прошедший период от начала эксплуатации;

• изучение плотности и состава жидкости глушения при ремонтах;

• изучались все виды воздействия на ПЗП скважины-кандидата за весь период эксплуатации (физические, химические, акустические и т. д.) и результаты этих воздействий на параметры работы скважины;

• на основании данных о пластовом давлении и режимах работы соседних скважин с аналогичным геологическим строением оценивалось влияние пластового давления на снижение дебита скважины-кандидата;

• устанавливалась основная причина снижения дебита за период эксплуатации.

На основе анализа литературных данных [7, 8, 14] и результатов ОПИ были определены критерии, которым должны удовлетворять характеристики пластовой нефти и геофизические характеристики скважины-кандидата для проведения испытаний УЗ оборудования и технологии (табл. 2).

ТАБЛИЦА 1. Требования к скважинам-кандидатам для ультразвуковой обработки

Параметр	Значение
<i>Пласт</i>	
Порода пласта	Песчаник
Проницаемость, мкм ²	Более 0,25
Пористость, %	Более 20
Глинистость, %	Не более 15
Минимальная толщина перфорированного пропластка, м	3 м
Число пропластков в интервале перфорации;	Не более 10
Текущая нефтенасыщенность пластов, %	Более 50
Температура на забое скважины, °С	10...135
Давление на забое скважины, атм	40...400 атм.
Пластовое давление	Выше давления

	насыщения нефти газом на 15...20 %
<i>Нефть, пластовая жидкость</i>	
Динамическая вязкость в пластовых условиях, мПа×с	Не более 25
Температура начала кристаллизации парафина	Меньше температуры на забое скважины и пластовой температуры
Отсутствие газовой фазы в пласте жидкости	
<i>По параметрам работы добывающих скважин</i>	
Текущий дебит, м ³ /сут	Не менее 3
Текущая обводнённость, %	Не более 75
Падение дебита за последние 1-2 года, не связанное с падением пластового давления или какими- либо техническими причинами	В 2 раза и более
<i>По параметрам работы нагнетательных скважин</i>	
Текущая приемистость, м ³ /сут	Не менее 20
Падение приемистости за последние 1-2 года, не связанное с какими-либо техническими причинами	В 2 раза и более
Давление закачки	Не менее проектного

Ультразвуковой скважинный комплекс

С учётом собственного опыта работ и анализа недостатков существующих акустических оборудования и технологий при поддержке Фонда скважин разрабатывается комплекс звуковой стимуляции и технологии (методы) его применения, которые обеспечивают максимальный эффект при интенсификации добычи нефти акустическим методом. В состав Комплекса входит: модуль питания и управления (МПУ), скважинный акустический прибор (САП), комплексный геофизический скважинный прибор (ГФСП) вспомогательное оборудование.

Модуль питания и управления

МПУ предназначен для:

- обеспечения электропитания скважинных приборов;
- генерирования ультразвуковых и импульсных сигналов;
- управления КВС в автоматическом и ручном режиме;
- наглядное отображение процессов работы комплекса по мнемосхемам;
- визуальный контроль за параметрами оборудования;
- контроль и диагностику технического состояния комплекса;
- звуковую и цветовую сигнализацию тревог и аварийных событий;

- регистрацию и архивирование режимов и параметров работы КВС, параметров скважины и действий операторов;
- распечатку протоколов работы комплекса;
- передачу информации в режиме реального времени по модемной связи на диспетчерский пункт.

УЗ генератор МПУ построен на современной элементной базе – с использованием IGBT т и мощных высоковольтных полевых транзисторов, имеет малые габариты и малый вес, что позволяет наиболее рациональным образом использовать пространство лабораторного отсека геофизического подъёмника.

МПУ имеет следующие основные характеристики:

- рабочая частота в диапазоне, кГц 14,0 - 30,0
- КПД генерации ультразвука, % 96;
- частота импульсов, Гц 1 - 10
- напряжение на выходе, В 100 - 1200
- активное сопротивление нагрузки с учетом кабеля, Ом 5 - 50
- Электропитание от сети

В зависимости от решаемых задач разрабатываются три модификации МПУ:

1. для работы на месторождениях лёгкой и средней нефти – потребляемая мощность 5-10 кВт;
2. для работы на месторождениях тяжёлой нефти – 20-30 кВт;
3. для работы на горизонтальных скважинах – 60-100 кВт.

Управление работой МПУ осуществляет промышленный компьютер с цветным сенсорным экраном, расположенным на передней панели. В компьютер записана программа, позволяющая осуществлять управление всеми функциями комплекса. Сенсорный экран позволяет отображать на мнемосхемах основные параметры технологического процесса, а также управлять Комплексом (рис. 1).



РИС. 1. Модуль питания и управления Комплексом

МПУ позволит:

- осуществлять контроль за состоянием работоспособности ультразвукового оборудования, стационарно установленного на нефтяных скважинах, и при необходимости оперативно изменять режимы его работы;
- оказывать помощь и осуществлять контроль за действиями специалистов геофизических партий, а также вносить корректировку в принимаемые ими решения при проведении звуковой стимуляции;
- постоянно совершенствовать используемое оборудование благодаря возможности оперативного сбора статистических материалов по результативности проводимых работ и внесения необходимых изменений в конструкцию приборов и технологию работ для повышения эффективности и надёжности МЗВ;
- повышать квалификацию специалистов благодаря возможности анализа его ошибочных действий по объективным показателям;
- соответствовать современным трендам в области нефтегазодобычи – создание «интеллектуальных» скважин;
- обеспечить открытость и прозрачность технологий и результатов МЗВ для заказчика.

Скважинный акустический прибор

Согласно работам [3–9] требуемый диапазон рабочих частот излучения должен составлять 18...35 кГц при этом интенсивность излучения на поверхности излучателя должна составлять в радиальном направлении не менее 5...10 Вт/см².

В целях устранения недостатков существующих скважинных приборов и использования их преимуществ [16], была разработана конструкция излучателя, где стандартные пьезокольца диаметром 38 мм размещены

перпендикулярно его оси, собранными в пьезопакет. Два пьезопакета расположены независимо друг от друга и с поворотом 90° относительно друг друга. Благодаря такой конструкции основная энергия излучения пьезопакетов направлена в радиальном направлении. Из таких излучателей собирается скважинный акустический прибор (рис.2), все модули которого соединяются специальным эластичным соединением, причем к соединительной головке могут подключаться любые дополнительные приборы, например, геофизический. Подключение приборов на конце САП обеспечивается благодаря возможности пропускания сквозь него транзитных проводов [17, 18].



РИС. 2. Конструктивная схема скважинного акустического прибора

Прибор имеет следующие технические характеристики:

- Потребляемая мощность при длине 3 м, кВА, не более 5,0
- Диаметр прибора, мм 52
- Напряжение питания, В 400
- Резонансная частота, кГц 19 ± 1
- Частоты импульсного воздействия, Гц 1 – 10
- КПД излучения в радиальном направлении, % 85;

Модульная конструкция прибора позволяет сделать его любой длины, которая будет ограничиваться только возможностями каротажного кабеля. При работах в горизонтальных скважинах могут использоваться шлангокабель или колтубинг с электрокабелем. В этом случае скважинный прибор можно сделать длиной до 50 м.

Геофизический скважинный прибор

При проведении ОПИ на Самотлорском месторождении была опробована схема совместного спуска в скважину акустического и геофизического приборов.

Комплексный геофизический скважинный прибор (ГФСП) предназначен для осуществления привязки к зоне перфорации и осуществления контроля процесса обработки ПЗП с целью корректировки режимов обработки в реальном масштабе времени, что существенно повышает процент успешности операций. Возможность ГФСП обеспечивать привязку к зоне

перфорации сокращает время простоя скважины за счёт сокращения количества спускоподъёмных операций.

Применение ультразвукового скважинного комплекса

Разработанный комплекс звуковой стимуляции может применяться в любых технологических схемах, например, приведённых в работах [19]. В качестве базовой (типовой) схемы можно рассматривать схему, приведённую на рис. 3. В качестве дополнительного оборудования могут применяться индукционный нагреватель, электромагнитный или электрогидравлический излучатели, применение которых позволит существенно увеличить эффективность и успешность операций по очистке ПЗП за счёт получения синергетического эффекта.

Скважинные приборы комплекса спускаются в скважину, где последовательно проводятся операции по привязке приборов по стволу скважины, по снятию текущих параметров скважины, УЗ очистке пор пласта и перфорационных отверстий скважины.

Проанализировав опыт ОПИ с УЗО пластов, можно сделать следующие выводы:

а) Общий итог:

- успешность выполненных операций составила 80 %;
- число неуспешных операций – 13, из которых по объективным причинам – 10;
- средний прирост дебита нефти по скважинам 4,23 т/сут; наиболее успешными оказались УЗО пласта "рябчик".

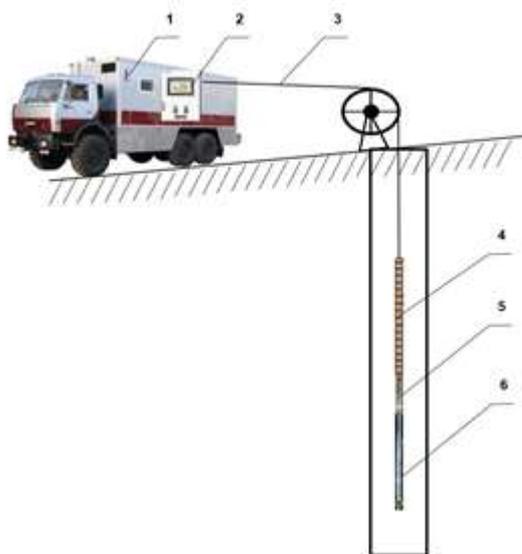


РИС. 3. Схема компоновки УЗ оборудования:

1 – каротажный подъёмник типа ПКС-5; 2 – комплекс питания и управления; 3 – каротажный кабель типа КГЗх1,5-70-150; 4 – скважинный акустический прибор; 5 – геофизический скважинный прибор; 6 – дополнительное оборудование.

• Здесь сказывается преимущество ультразвуковой технологии в избирательности воздействия. До этого применялись в основном химические обработки, где кислота шла по наиболее проницаемым промытым участкам, поэтому часть пропластков не была включена в работу.

• необходимым условием для качественного проведения УЗО (особенно при низком пластовом давлении) является работа на депрессии, для выноса продуктов реакции (диспергированных продуктов засорения) из пласта в скважину, а лучше всего, на поверхность.

б) Среди использованных схем создания депрессии на пласт в сочетании с УЗО:

• свабиrowание является самым простым и наименее затратным из всех применяемых методов.

• наиболее предпочтительным методом создания депрессии на пласт является использование струйного насоса. Хотя данный метод более затратный по времени и стоимости, однако средняя продолжительность эффекта обработки скважин почти в 2 раза и более выше по сравнению с остальными методами.

с) ОПИ показали важность правильного подбора скважин для повышения эффективности и успешности УЗО, алгоритма подбора скважин и наличия специально подготовленных специалистов.

д) Опыт ОПИ позволил сформировать облик перспективного комплекса звуковой стимуляции, который обеспечит существенное увеличение эффективности акустических технологий и позволит им занять достойное место в ряду существующих методов интенсификации добычи нефти.

ЛИТЕРАТУРА

1. Азизова, Д. Г. (2023). АНАЛИЗ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПО УВЕЛИЧЕНИЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ НЕФТЯНИХ СКВАЖИН. MODELS AND METHODS FOR INCREASING THE EFFICIENCY OF INNOVATIVE RESEARCH, 2(24), 507-513.

2. Турдиев, Ш. Ш., Азизова, Д. Г., Орипова, Ш., & Хушвактов, Г. (2020). ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВЫ ЭФФЕКТИВНОГО ПРИМЕНЕНИЯ

ТЕРМИЧЕСКИХ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА ИЗВЛЕЧЕНИЯ НЕФТИ НА МЕСТОРОЖДЕНИЯХ УЗБЕКИСТАНА. In НАУКА И ТЕХНИКА. МИРОВЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ (pp. 160-168).

3. Азизова, Д. Г., & Орипова, Л. Н. (2023). ОСОБЕННОСТИ РАЗБУРИВАНИЯ РАДИАЛЬНОГО БУРЕНИЯ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ТРУДНО ДОБЫВАЕМЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ. Экономика и социум, (11 (114)-1), 528-534.

4. Аллакулов, П. Э., Азизова, Д. Г., Авляярова, Н. М., & Номозов, Б. Ю. (2021). Исследования по повышению углеводородоотдачи и прогнозирование показателей разработки месторождений природных газов при водонапорном режиме. Монография. Тошкент: Издательство, 15-22.

5. Азизова, Д. Г., Бадритдинова, Ф., Шарапов, А. А., Ёкубов, Ш. Н., & Сафаров, С. С. (2016). ПОВЫШЕНИЕ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОДСЧЕТА ЗАПАСОВ ГАЗА МЕТОДОМ ПАДЕНИЯ ДАВЛЕНИЯ ПРИ НЕДОСТАТОЧНОСТИ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ О ТЕКУЩЕМ ПЛАСТОВОМ ДАВЛЕНИИ. Web of Scholar, (8), 16-19.

6. Azizova, D. G. (2023). USE OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES IN GAS EXTRACTION EFFICIENCY FOUNDATION. Innovation: The journal of Social Sciences and Researches, 1(4), 5-8.

7. Sattorov, L., Nomozov, B., & Azizova, D. (2021). CHARACTERISTIC OF METHODS FOR INCREASING HYDROCARBON PRODUCTION OF GAS CONDENSATE AND GAS CONDENSATE OIL FIELDS. Norwegian Journal of Development of the International Science, (76-1), 40-43.

8. Sattorov, L., Azizova, D., Avlayarova, N., & Zhoniboev, S. (2021). RESEARCH OF THE TECHNOLOGY OF INCREASING HYDROCARBON EFFICIENCY OF GAS-CONDENSATE DEPOSITS WITH RESIDUAL OIL. Norwegian Journal of Development of the International Science, (75-1), 72-73.

9. Муллакаев М.С. Современное состояние проблемы извлечения нефти // Современная научная мысль. – 2013. – № 4. – С. 185–191.

10. Асадова, Х. Б., Авляярова, Н. М., & Азизова, Д. Г. (2016). Технологии Рационального Использования Природных Ресурсов Для Увеличения Компонентоотдачи. World science, 1(2 (6)), 36-39.