

На правах рукописи

Умняев Вячеслав Геннадьевич

**РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ
ИЗ СКВАЖИН С ЦЕЛЬЮ ПОВЫШЕНИЯ
КОНДЕНСАТООТДАЧИ ПЛАСТА**

Специальность 25.00.16

Горнопромышленная и нефтегазопромысловая геология,
геофизика, маркшейдерское дело и геометрия недр

АВТОРЕФЕРАТ
диссертации на соискание учёной степени
кандидата технических наук

Ухта – 2013 г.

Диссертация выполнена на кафедре «Геофизические методы, геоинформационные технологии и системы» ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет»

Научный руководитель: **Василий Александрович Зыков**
- кандидат геолого-минералогических наук, доцент, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», советник директора по научной работе Проектного института нефти и газа

Официальные оппоненты: **Владимир Орович Некучаев**
- доктор физико-математических наук, профессор, ФГБОУ ВПО «Ухтинский государственный технический университет», заведующий кафедрой физики

Вениамин Викторович Дрягин
- кандидат технических наук,
ООО НПФ «Интенсоник», директор

Ведущая организация: ОАО «ВНИПИ взрывгеофизика»
(г. Раменское МО)

Защита состоится «16» мая 2013 года в 10-00 часов на заседании диссертационного совета Д 212.291.01 при Ухтинском государственном техническом университете по адресу: 169300, г. Ухта Республики Коми, ул. Первомайская, 13.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Ухтинского государственного технического университета.

Автореферат разослан «___» апреля 2013 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета Д 212.291.01,
кандидат технических наук, профессор

Н.М. Уляшева

Общая характеристика работы

Актуальность работы. Нефтегазоконденсатные месторождения (НГКМ) ТПП с высоким содержанием конденсата к настоящему времени вступили в завершающую стадию отбора запасов или близки к этому состоянию. При разработке месторождений УВ газоконденсатного типа с высоким начальным содержанием конденсата (фракции C_{5+}) наиболее сложной проблемой является достижение достаточно высоких коэффициентов конденсатоотдачи пласта. Практика разработки показывает, что на месторождениях с содержанием в пластовой смеси C_{5+} более 250-300 г/м³, как правило, удаётся отобрать не более 30-40% этой фракции. В результате основная масса начальных запасов высокомолекулярных УВ образует неизвлекаемые пластовые потери. Так, только в недрах Вуктыльского НГКМ к концу разработки на режиме истощения (единственном, применяющемся до последнего времени в отечественной газопромысловой практике) пластовые потери конденсата составляют около 100 млн. тонн. Для газодобывающей отрасли РК крайне актуальной является проблема повышения конденсатоотдачи пластов и увеличения продуктивности малодебитных газоконденсатных скважин с аномально низкой пластовой энергией на многих НГКМ: Вуктыльском, Югидском, Печоро-Кожвинском, Западно-Соплесском и др. Одной из причин снижения продуктивности скважин является накопление ретроградного конденсата в призабойной зоне пласта (ПЗП). Восстановление продуктивности большинства скважин может быть достигнуто обработкой их ПЗП за счёт удаления ретроградного конденсата и увеличения проницаемости по газу. В связи с этим существует объективная потребность использования современных методов воздействия на пласт и ПЗП, позволяющих повысить коэффициенты извлечения жидких УВ (попутно и газа), причём таких методов, которые технически несложно реализовать при относительно невысоких пластовых давлениях и минимальных финансовых и материальных затратах.

В решении аналогичных задач по очистке (декольматации) призабойных зон скважин на нефтяных объектах в последние годы весьма неплохо зарекомендовали себя методы и технологии акустического воздействия (АВ). Однако серьёзное научное обоснование и практический опыт применения этих технологий в газоконденсатных скважинах фактически отсутствует.

Цель работы

Научное обоснование и практическое применение технологий увеличения конденсатоотдачи пласта на основе методов акустического воздействия из скважин.

Основные задачи исследований

1. Изучение этапов развития и оценка современного уровня методики, технологий и аппаратуры акустической стимуляции продуктивных пластов.

2. Обобщение и критический анализ опыта применения акустических методов для решения технологических задач стимулирования продуктивности скважин месторождений Тимано-Печорской провинции.

3. Разработка, адаптация к геолого-физическим условиям Тимано-Печорской провинции и опробование методик акустического стимулирования продуктивности скважин.

4. Анализ полученных результатов и выработка практических рекомендаций по внедрению акустических методов, методических руководств и дальнейшему технико-технологическому совершенствованию акустических методов.

Научная новизна

1. Установлены критерии применимости технологий АВ для нефтегазоконденсатных месторождений: Вуктыльского, Югидского, Печоро-Кожвинского, Западно-Соплесского.

2. Обнаружено, что акустическое воздействие из скважины на газоконденсатный пласт может привести к увеличению извлечения не только жидких УВ, но попутно и газа.

Основные защищаемые положения

1. Успешная реализация и эффективность работ по АВ возможны при условии выбора объекта обработки на основе анализа геолого-геофизической, технологической и промысловой информации по конкретной скважине.

2. Аппаратура отечественного производства по энергетическим, температурным и технологическим параметрам позволяет решать задачи повышения производительности скважин, в том числе в условиях залегания пластов на глубине свыше 3000 м.

3. Применение технологии акустического воздействия на пласт газоконденсатных скважин месторождений Республики Коми позволяет получить увеличение извлечения не только жидких УВ, но попутно и газа.

Практическая значимость

Разработанная и адаптированная к условиям Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции технология акустического воздействия на продуктивные пласты позволяет:

- увеличить газоконденсатоотдачу продуктивных пластов;
- стабилизировать сырьевую базу Сосногорского газоперерабатывающего завода;
- существенно снизить экологическую нагрузку на недра и окружающую среду;
- значительно продлить период активного функционирования всей социально-производственной инфраструктуры газодобывающего комплекса и отдельных населённых пунктов.

Личный вклад автора

Все основные результаты, представленные в диссертации, получены автором лично. Опытно-промышленные работы по опробованию, адаптации и внедрению технологии акустического воздействия на пласт в скважинах

Вуктыльского, Югидского, Печоро-Кожвинского и Западно-Соплесского НГКМ проводились под руководством автора в качестве технического руководителя работ и при непосредственном его участии.

Реализация и апробация работы

Основные результаты диссертации докладывались и обсуждались на ежегодных научных семинарах кафедры «Геофизические методы, геоинформационные технологии и системы» (ГМИС) Ухтинского государственного технического университета (УГТУ); на ежегодных научно-технических конференциях преподавателей и сотрудников УГТУ (г. Ухта, 1999, 2001, 2003, 2004, 2007, 2008, 2010, 2011 г.г.); на Международной конференции «Новые идеи в науках о Земле» (г. Москва, 2001 г.); на первой Всероссийской геофизической конференции-ярмарке «Техноэкогеофизика – новые технологии извлечения минерально-сырьевых ресурсов в XXI веке» (г. Ухта, 2002 г.); на Всероссийской конференции «Большая нефть: реалии, проблемы, перспективы» (г. Ухта, 2003 г.); на 35-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского: «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей» (г. Ухта, 2008 г.), на Межрегиональной научно-технической конференции «Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов» (г. Ухта, 2010 г.).

Публикации

По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, в том числе 2 работы в изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объём работы.

Диссертация состоит из введения, четырёх глав, заключения, библиографического списка из 206 наименований, содержит 185 страниц текста, включая 26 рисунков и 19 таблиц.

Благодарности

Существенную помощь в теоретических исследованиях и содействие в вопросах методологического характера оказал академик РАН, доктор физико-математических наук, профессор Кобрунов А. И., за что автор выражает ему особую признательность.

Автор считает приятным долгом выразить глубокую благодарность научному руководителю, кандидату геолого-минералогических наук, доценту В. А. Зыкову за методическую помощь и руководство при работе автора над диссертацией.

Автор благодарен доктору геолого-минералогических наук, профессору А. И. Дьяконову за моральную поддержку и полезные советы, кандидату физико-математических наук И. А. Зудову и кандидату технических наук В.Д. Паршину за методическую помощь.

Автор выражает благодарность коллективам кафедры ГМИС УГТУ, геологической службы Вуктыльского ГПУ, коллегам по ПФ «Вуктылгазгеофизика», лично доктору геолого-минералогических наук В. Г.

Фоменко и доктору технических наук, профессору И. Н. Гайворонскому за дружескую и профессиональную поддержку.

Основное содержание работы

Во введении изложена актуальность тематики диссертационной работы, цель работы, основные задачи исследований, научная новизна, основные защищаемые положения, практическая значимость работы, личный вклад автора, реализация и апробация работы, объем публикаций по теме диссертации, структура и объем работы.

В первой главе «Этапы эволюции и анализ эффективности воздействия акустических полей на продуктивные пласты нефтяных месторождений» с позиции современных достижений в науке и технике изложены теоретические и прикладные результаты исследований научно-исследовательскими и проектно-конструкторскими предприятиями.

На основе важнейших характеристик колебательных систем, к которым относятся: *резонансная частота, механический импеданс и добротность*, в нефтепромысловой геофизике создана акустическая излучающая система, включающая акустический генератор с регулируемым диапазоном частот и мощностью акустического поля (ГУ), который соединяется с помощью бронированного геофизического кабеля с акустическим излучателем (АИ).

Структурная схема типовой акустической излучающей системы приведена на рисунке 1.

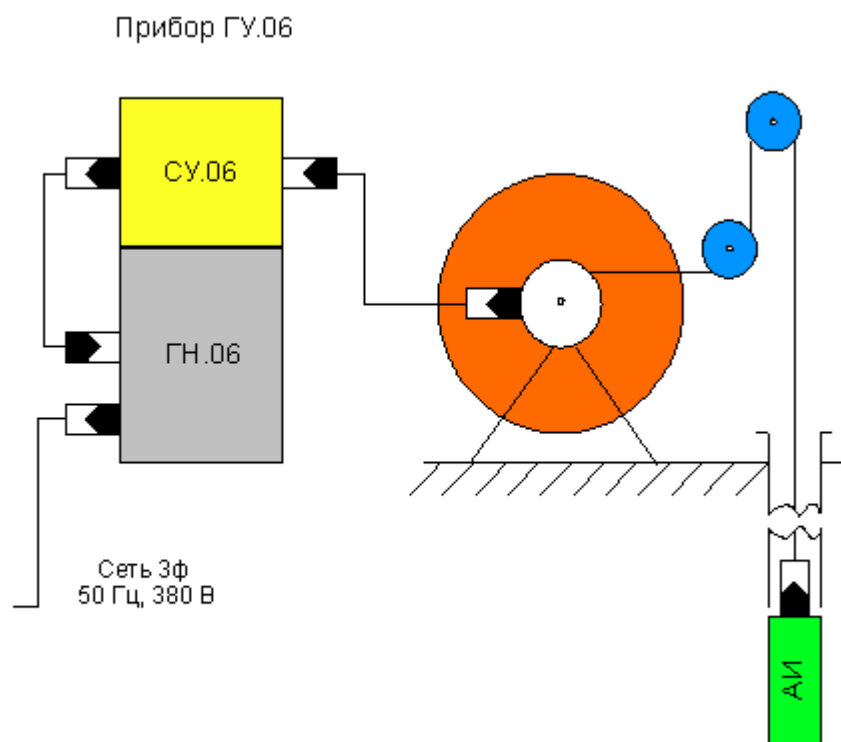


Рисунок 1 - Структурная схема акустической излучающей системы

В конце 80-х годов XX столетия для целей акустического воздействия (АВ) стали использовать наработки по аппаратуре гидроакустических комплексов Военно-морского флота: мощные пьезокерамические преобразователи различных типов и конфигураций, малогабаритные и высокоэффективные передающие тракты. Это позволило осуществить управляемое АВ в широком диапазоне частот, мощностей, спектральных и пространственных характеристик акустических сигналов. В 90-х годах XX столетия гидроакустические преобразователи и передающие тракты заняли приоритетные позиции как инструмент акустического воздействия в процессах интенсификации и реабилитации эксплуатационных скважин различного назначения.

В ЦНИИ «Морфизприбор» (г. Санкт-Петербург) были разработаны и апробированы в промышленных условиях акустические комплексы нового поколения, в состав которых входят генераторы типа ГУ-03 – ГУ-06 и акустические излучатели АИ-1, АИ-2 и АИ-3М.

Совместное использование двух излучателей позволяет задействовать диапазон технологических частот от 11 кГц до 30 кГц, при этом удельная акустическая мощность цилиндрической волны, приведённая к стенке обсадной колонны скважины диаметром 146 мм достигает величины 2 Вт/см² для аппаратуры АИ-1 и 0,6 Вт/см² для АИ-3М. Акустический комплекс АИС-3 позволяет методически, в три этапа, оказывать на продуктивный пласт ультразвуковое воздействие для ближней (0,3-0,5 м), средней (0,5-3,0 м) и дальней (более 3,0 м) зон пласта от оси скважины.

Метод ультразвуковой интенсификации скважин прошёл проверку на месторождениях Западной Сибири, Татарстана, Удмуртии, Белоруссии, Туркмении и Республики Коми. Подтверждён положительный эффект, как на добывающих, фонтанирующих нефтяных, нефтегазоконденсатных, нагнетательных, так и на артезианских скважинах питьевой воды.

Положительные результаты воздействия акустического поля на продуктивный пласт возникают в процессе воздействия упругих колебаний на горную породу и сопровождаются большим числом вторичных эффектов, имеющих различную физическую природу, разную зависимость от интенсивности и частоты колебаний. К вторичным физическим воздействиям акустического поля на продуктивный пласт относят: *механические и капиллярные эффекты, увеличение теплопроводности, фазовые переходы*, под действием которых происходит изменение фильтрационных процессов.

Анализ механизмов акустической интенсификации притоков углеводородов из продуктивных пластов при различных геолого-технических условиях показывает преимущества применения АВ: низкая энергоёмкость, высокая экологическая чистота, отсутствие вредного влияния на геологическую структуру пластов и химический состав пластового флюида, простота применения в полевых условиях, возможность использования других технологий и методов интенсификации до и после АВ.

Во второй главе «Особенности применения метода акустического воздействия на нефтяные объекты Тимано-Печорской провинции» автором выявлены и исследованы внешние факторы, ставшие причиной отсутствия положительного эффекта при воздействии акустического поля на нефтепромысловые объекты длительно разрабатываемых нефтяных месторождений юга Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции.

Акустический метод имеет ряд физических особенностей воздействия на продуктивные пласты, поэтому прежде чем его использовать на нефтегазоконденсатных месторождениях ТПП, был проведён комплекс работ на нефтяных месторождениях (НМ). Практической апробации АВ по этим двум направлениям и посвящена настоящая работа.

Ниже приведена краткая геолого-промысловая характеристика обрабатываемых скважин нефтяных месторождений.

Кыртаельское НМ. Скважины №№ 202, 233, 246. Коллекторами нефти служат песчаники старооскольского горизонта живетского яруса среднего девона на глубинах 2500-2600 м. Нефть лёгкая и маловязкая, обладает высоким газосодержанием и большой усадкой. Дегазированная нефть лёгкая, малосернистая, высокопарафиновая (содержание парафинов 16,6%). Скважины низкодебитные (2-4 м³/сут). Механизированная эксплуатация осуществляется с применением штанговых насосов (ШГН).

Восточно-Савиноборское НМ (открыто в 1962 г.). Скважины №№ 6, 400, 401, 402, 403. Коллекторами служат девонские песчаники. Пористость 13-17%, проницаемость 23-30 мД. Нефти живетских и пашийских отложений лёгкие и маловязкие, имеют большое количество растворённого газа, в 1,5 раза превышающее газосодержание средней нефти, парафиновые, (содержание парафинов 2,4-2,7%). Скважины низкодебитные (до 5 м³/сут). Механизированная эксплуатация осуществляется с применением ШГН.

Северо-Савиноборское НМ (открыто в 1964 г.). Скважины №№ 172, 173, 303. Коллекторами нефти служат песчаники верхнего и среднего девона, имеющие пористость 14-17%. Проницаемость 30-120 мД. Нефти лёгкие, маловязкие, с повышенным газосодержанием, парафиновые (содержание парафинов 2,4-2,8%). Скважины низкодебитные (до 3 м³/сут). Механизированная эксплуатация осуществляется с применением ШГН.

Западно-Тэбукское НМ (эксплуатируется с 1961г.). Скважины №№ 86, 354, 431, 623. Основными коллекторами нефти являются песчаники эйфельского яруса среднего девона, кварцевые мелко- и среднезернистые, хорошо выдержанные по площади и мощности, с одинаковыми коллекторскими свойствами: эффективная пористость 18%, проницаемость 450 мД. Нефть парафиновая (содержание парафинов 2,2-3,3%), обладает высоким газосодержанием, низкой вязкостью. Скважины низкодебитные (3-5 м³/сут). Механизированная эксплуатация осуществляется с применением ШГН.

Пашнинское НМ (эксплуатируется с 1970 г.). Скважина № 811. Коллекторами нефти пермских отложений служат карбонатные отложения,

залегаящие на глубине 970-1050 м и имеющие пористость 14,2%, проницаемость 16 мД. Нефть тяжёлая, вязкая, с очень низким газовым фактором, парафиновая (содержание парафинов 1,7%). Скважина низкодебитная (6 м³/сут). Механизированная эксплуатация осуществляется с применением ШГН.

Низкая эффективность (практически нулевой результат) применения АВ на месторождениях ОАО «Тэбукнефть» обусловлена рядом факторов, определяемых физическими и технологическими требованиями к применению АВ в геолого-промысловых условиях эксплуатации объекта воздействия, а именно:

- отсутствие или незначительная степень кольтации ПЗП к моменту проведения обработки;
- выпадение в ПЗП вязких или высокоплотных кольтантов характеризующихся высокой степенью сцепления с поверхностью горных пород и фильтровыми элементами скважины;
- технологические задержки освоения скважин (после проведения АВ) и вынос из ПЗП и ствола скважины загрязняющих компонентов;
- в нефтегазовых скважинах успешное использование и достоверность оценки эффективности применения методов АВ значительно осложнены факторами двух- или трёхкомпонентного насыщения (нефть, газ, вода) продуктивных отложений и их совместной фильтрацией в породах-коллекторах. Данные факторы наиболее активно проявляются в процессе эксплуатации неоднородных по разрезу объектов.

В период 2006-2009 г.г. на скважинах, эксплуатируемых ЗАО «Печоранефтегаз», проводились опытные и промышленные работы (ОПР) по АВ. Для выполнения работ применялось оборудование нового поколения, разработанное и изготовленное в ООО «Завод высоковольтных электронных компонентов» («ЗВЭК «Прогресс»»), г. Ухта).

Всего с применением оборудования ООО «ЗВЭК «Прогресс»» обработано 22 скважины на 11 месторождениях.

Северо-Ираельское НМ (открыто в 1999 г.). Скважина № 501, обработанная методом АВ 25 февраля 2007 года одной из первых в серии тестовых обработок по заказу ЗАО «Печоранефтегаз», является «чемпионом» по продолжительности положительного эффекта после АВ, который длится до настоящего времени. При этом стабильный эффект достигнут на карбонатном коллекторе, а затраты на обработку окупались на пятые сутки работы скважины после АВ (за счёт реализации дополнительных объёмов нефти). До АВ работа скважины отличалась резким падением дебита, не смотря на ранее применяемый комплекс технологических мероприятий.

Динамика добычи нефти до и после АВ на скважине № 501 Северо-Ираельского НМ представлена на рисунке 2.

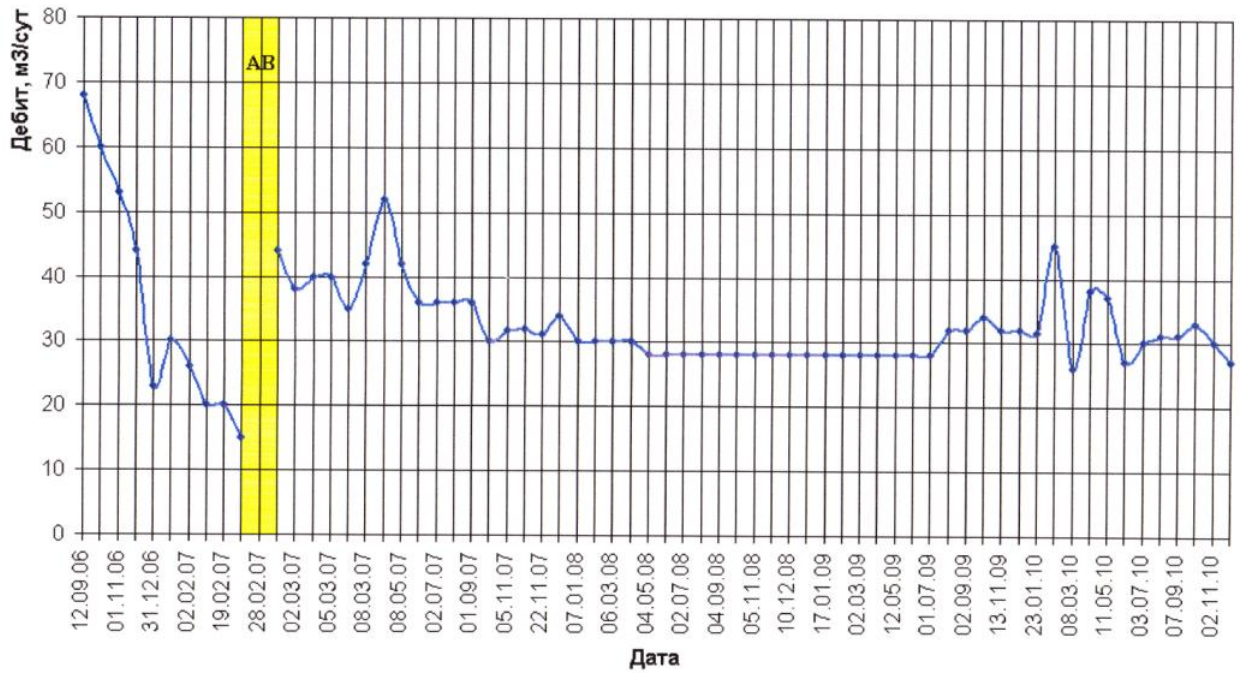


Рисунок 2 - Динамика добычи нефти до и после АВ на скважине № 501 Северо-Израильского нефтяного месторождения

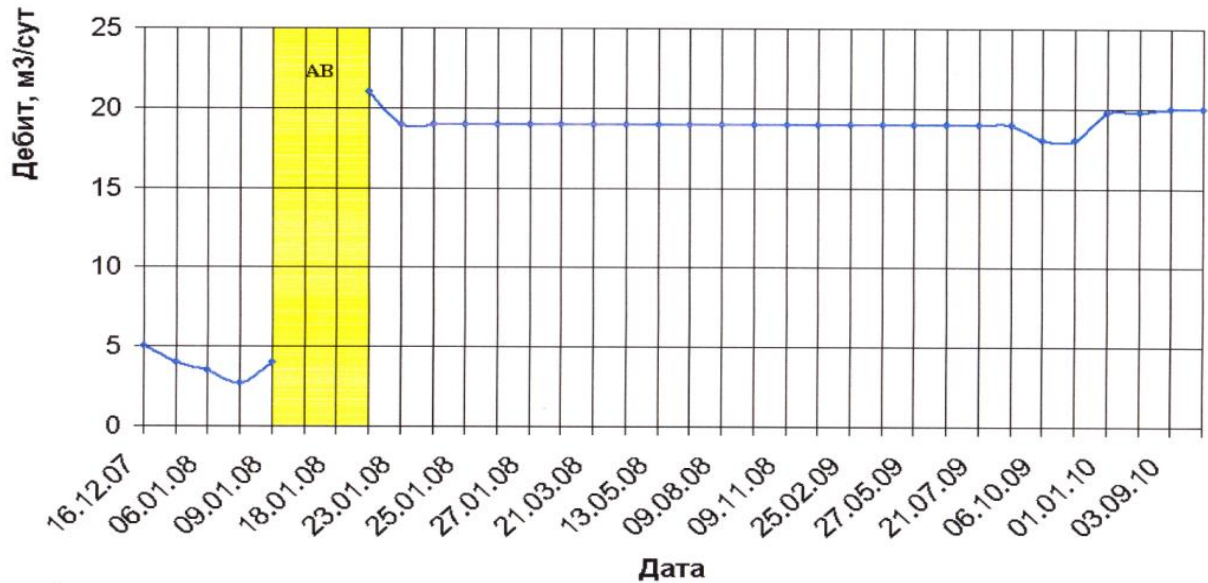


Рисунок 3 - Динамика добычи нефти до и после АВ на скважине № 130 Сотчемьюского НМ

Сотчемьюское НМ (открыто в 1990 г.). Скважина № 130 является абсолютным лидером в серии ультразвуковых обработок для ЗАО «Печоранефтегаз» в отношении показателя увеличения дебита – 4,5 раза (450%). При этом скважина отличается большой стабильностью работы (с некоторым увеличением процента обводнённости с течением времени) при продолжающемся впечатляющем эффекте более 2-х лет.

Динамика добычи нефти до и после АВ на скважине № 130 Сотчемьюского НМ представлена на рисунке 3.

В результате проведенного анализа автор пришел к заключению, что при подготовке к проведению работ по АВ необходимо выполнить тщательный анализ всей истории эксплуатации скважины, включая информацию о конструкции скважины, режимах работы скважины за весь период эксплуатации, особенно, за предшествующий работам по АВ, а также характеристику нефтегазонасыщенной части пласта (пористость, проницаемость, тип коллектора, интервалы перфорации, дебит, профиль притока, состав добываемого флюида по работающему интервалу, пластовое и забойное давление).

В третьей главе «Методика и технология акустического воздействия для газоконденсатных объектов Тимано-Печорской провинции» изложены результаты исследований по акустической обработке призабойной зоны продуктивных пластов.

Акустическая стимуляция скважин представляет собой современный высокотехнологичный, безреагентный (по существу геофизический) метод управляемого и избирательного воздействия на пласт для интенсификации притоков из продуктивных интервалов скважин. Эффективность его применения на конкретных объектах зависит от научно-технического обоснования и степени адаптирования технологии под конкретные же условия.

Учитывая геолого-промысловые факторы, снижающие продуктивность эксплуатационных скважин, автором на основе ОПР на нефтяных скважинах Тимано-Печорской провинции была адаптирована и опробована технология АВ на продуктивные пласты газоконденсатных объектов провинции. В период с сентября 2004 г. по октябрь 2009 г. проводились ОПР по АВ в скважинах №№ 52, 64 Югидского НГКМ, № 104 (дважды), № 108 (дважды), № 105 Печорокожвинского НГКМ, №№ 74, 95 Западно-Соплесского НГКМ, №№ 177, 277, 41, 250 Вуктыльского НГКМ. Всего выполнено 13 скважинно-операций.

Целью проведения работ была очистка призабойной зоны пластов от кольматантов и загрязняющих веществ и, как следствие, качественное улучшение гидродинамической связи системы скважина-пласт.

Оценка эффективности применения АВ заключается в сопоставлении полученных параметров работы скважины по результатам комплексных исследований, проведенных до АВ и после АВ (продуктивности, мощности работающих интервалов, дебитов газа и жидкости, физико-химических свойств добываемых флюидов).

Работы выполнялись силами партии геофизических исследований скважин ПФ «Вуктылгазгеофизика». В ходе подготовки к проведению работ были оценены и опробованы технические характеристики скважинного гидроакустического оборудования нового поколения. Определяющими критериями выбора являлись следующие параметры:

- соответствие термобаростойкости и габаритов скважинных приборов геолого-техническим условиям проведения работ;

- согласование оборудования АВ со стандартным геофизическим оборудованием;
- серийность изготовления и/или наличие практического опыта применения аппаратурно-технологических комплексов.

В ходе ОПР использовалось гидроакустическое оборудование: пьезокерамические преобразователи, определяемые по потоку мощности акустического поля, габаритам скважинных приборов, согласованию системы «генератор-кабель-излучатель».

Это гидроакустическое оборудование позволило оперативно проводить обработку пластов в скважинах глубиной до 3925 м, в том числе и через НКТ, т. е. без остановки работы скважин. В ходе ОПР применялись мобильная малогабаритная аппаратура АИС-3, разработанная ЦНИИ «Морфизприбор» совместно с ООО «Сибургеосервис» (г. Москва) и аппаратурно-технологический комплекс «Геоакустик», разработанный ООО «ЗВЭК «Прогресс»» (г. Ухта, Республика Коми).

Комплект акустической излучающей системы АИС-3 представлен на рисунке 4.

Испытание технологии АВ выполнялось согласно плану работ, согласованного с Заказчиком после уточнения интервалов АВ по данным геофизических исследований.

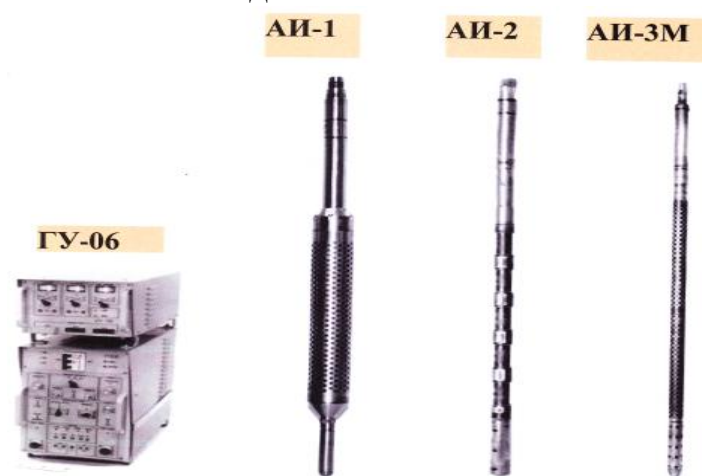


Рисунок 4 - Комплект акустической излучающей системы АИС-3

Компоновка и размещение технологического оборудования по акустическому воздействию на продуктивные пласты показаны на рисунке 5.

Акустический излучатель АИ-3М размещён в стволе скважины № 41 Вуктыльского НГКМ и на геофизическом кабеле КГЗ×1,5-7-130 доставлен в интервал обработки. Устье скважины обвязано шлюзовым оборудованием, через которое проводятся все технологические операции. При помощи аппаратурного комплекса, размещенного в кузове каротажного подъёмника ПКС-5, осуществляется управление процессом АВ и контроль качества выполняемых операций.

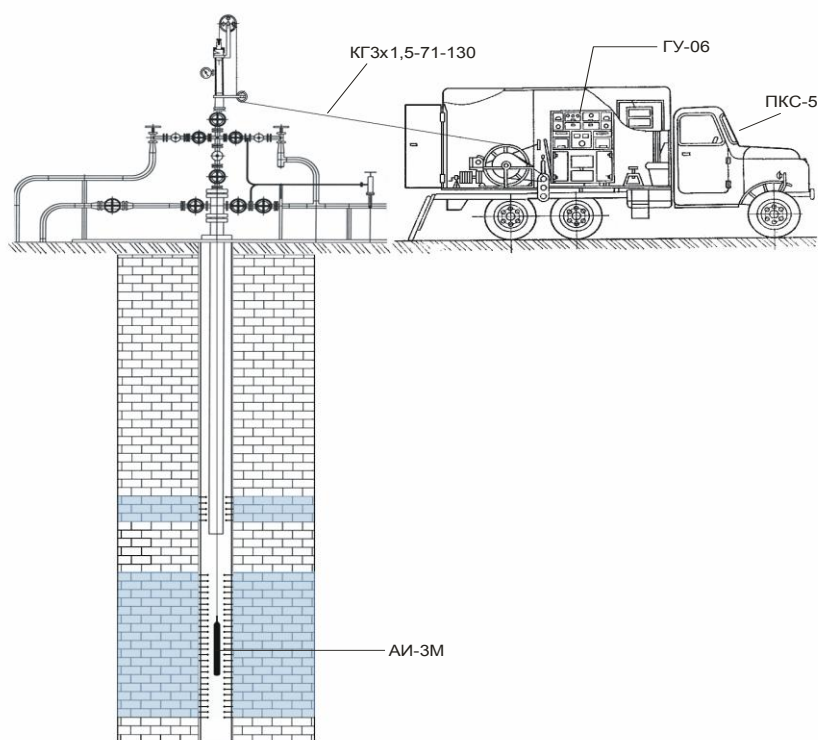


Рисунок 5 - Схема размещения оборудования при проведении АВ в скважине № 41 Вуктыльского НГКМ

В таблице 1 приведены показатели эффективности АВ на пласты в скважинах Вуктыльского НГКМ, Печоро-Кожвинского НГКМ, Западно-Соплесского НГКМ и Югидского НГКМ.

Таблица 1 - Эффективность акустического воздействия по скважинам НГКМ

Показатели эксплуатации	До АВ	После АВ	Прирост, %
Вуктыльское НГКМ, скважина № 177			
Дебит попутного газа, тыс. м ³ /сут	11,00	12,50	+13,64
Дебит конденсата, м ³ /сут	1,50	5,00	+233,33
Вуктыльское НГКМ, скважина № 277			
Дебит попутного газа, тыс. м ³ /сут	8,5,0	10,00	+17,64
Дебит конденсата, м ³ /сут	9,00	14,00	+26,66
Вуктыльское НГКМ, скважина 41 –УКПГ-2			
Дебит собственного газа, тыс. м ³ /сут	22,63	23,85	+5,39
Дебит конденсата, м ³ /сут	0,13	0,25	+92,3
Вуктыльское НГКМ, скважина 250 –УКПГ-2			
Дебит собственного газа, тыс. м ³ /сут	5,5	8,48	+54,34
Дебит конденсата, м ³ /сут	0,22	5,55	+152,27
Печоро-Кожвинское НГКМ, скважина № 104			
Дебит попутного газа, тыс. м ³ /сут	29,50	29,70	+0,68
Дебит конденсата, м ³ /сут	5,87	7,72	+31,50
Печоро-Кожвинское НГКМ, скважина № 108			

Дебит попутного газа, тыс. м ³ /сут	58,30	69,70	+19,55
Дебит конденсата, м ³ /сут	22,45	26,55	+18,26
Западно-Соплесское НГКМ, скважина № 95			
Дебит собственного газа, тыс. м ³ /сут	13,00	14,00	+7,69
Дебит конденсата, м ³ /сут	0,63	1,30	+106,35
Югидское НГКМ, скважина № 64			
Дебит конденсата, м ³ /сут	8	12,3	+53,75

На рисунке 6 представлена динамика добычи конденсата до и после АВ на скважине № 64 Югидского НГКМ.

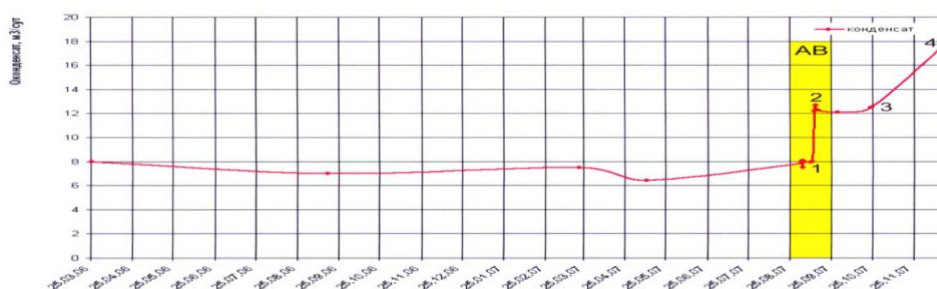


Рисунок 6 - Динамика добычи конденсата до и после АВ на скважине № 64 Югидского НГКМ.

На рисунке 7 представлена динамика добычи газа и конденсата до и после АВ на скважине № 250 Вуктыльского НГКМ.

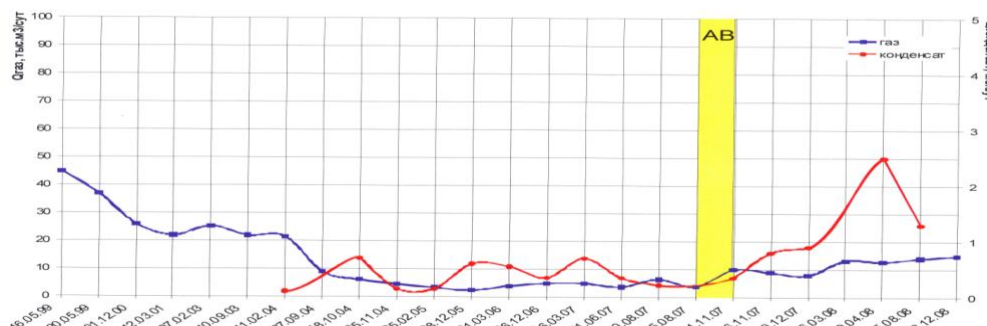


Рисунок 7 - Динамика добычи конденсата и газа до и после АВ на скважине № 250 Вуктыльского НГКМ

На рисунках 8 и 9 представлены результаты работ по АВ в скважинах № 41 и № 250 Вуктыльского НГКМ.

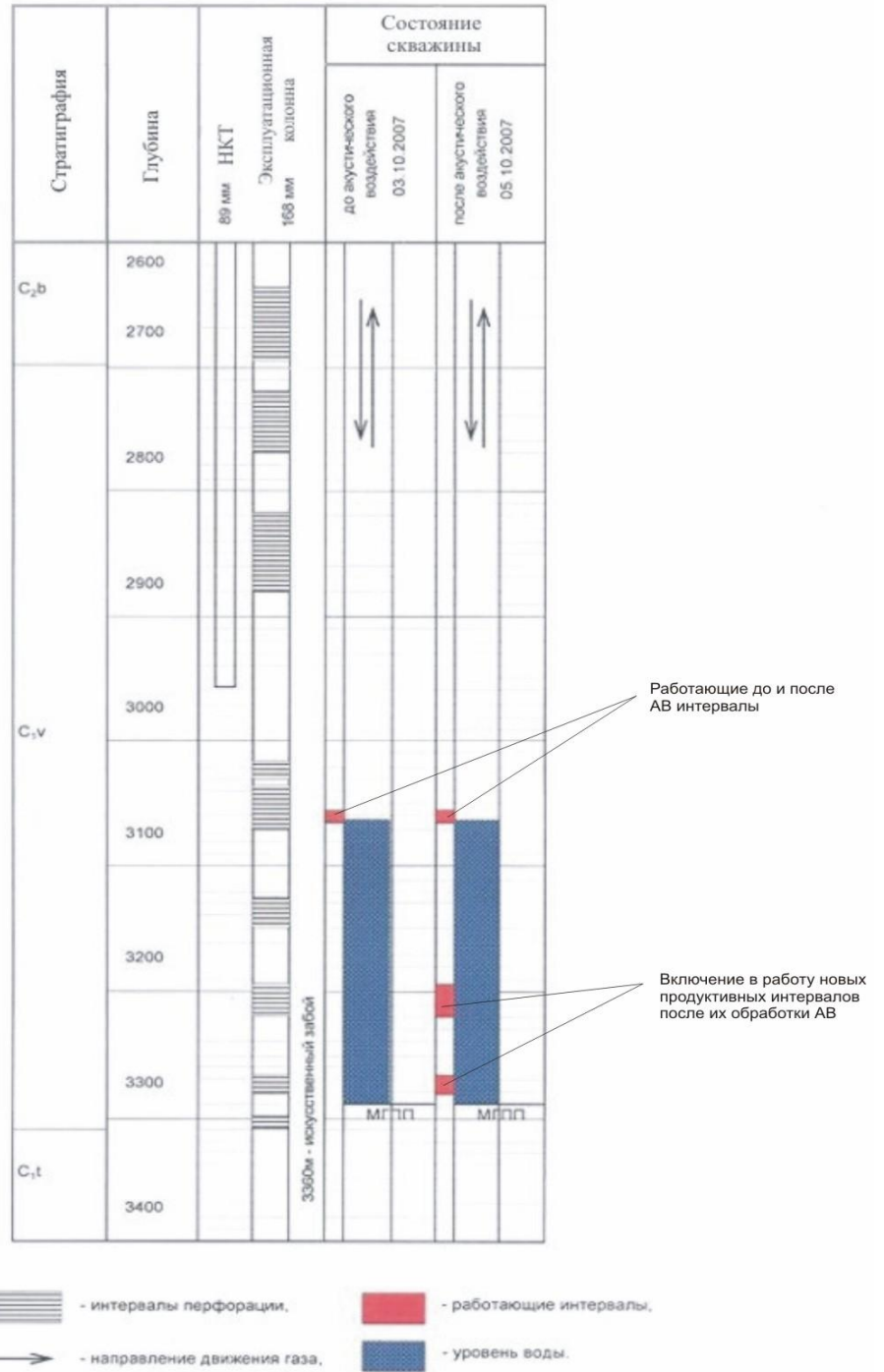


Рисунок 8 - Результаты работ по АВ в скважине № 41 Вуктыльского НГКМ

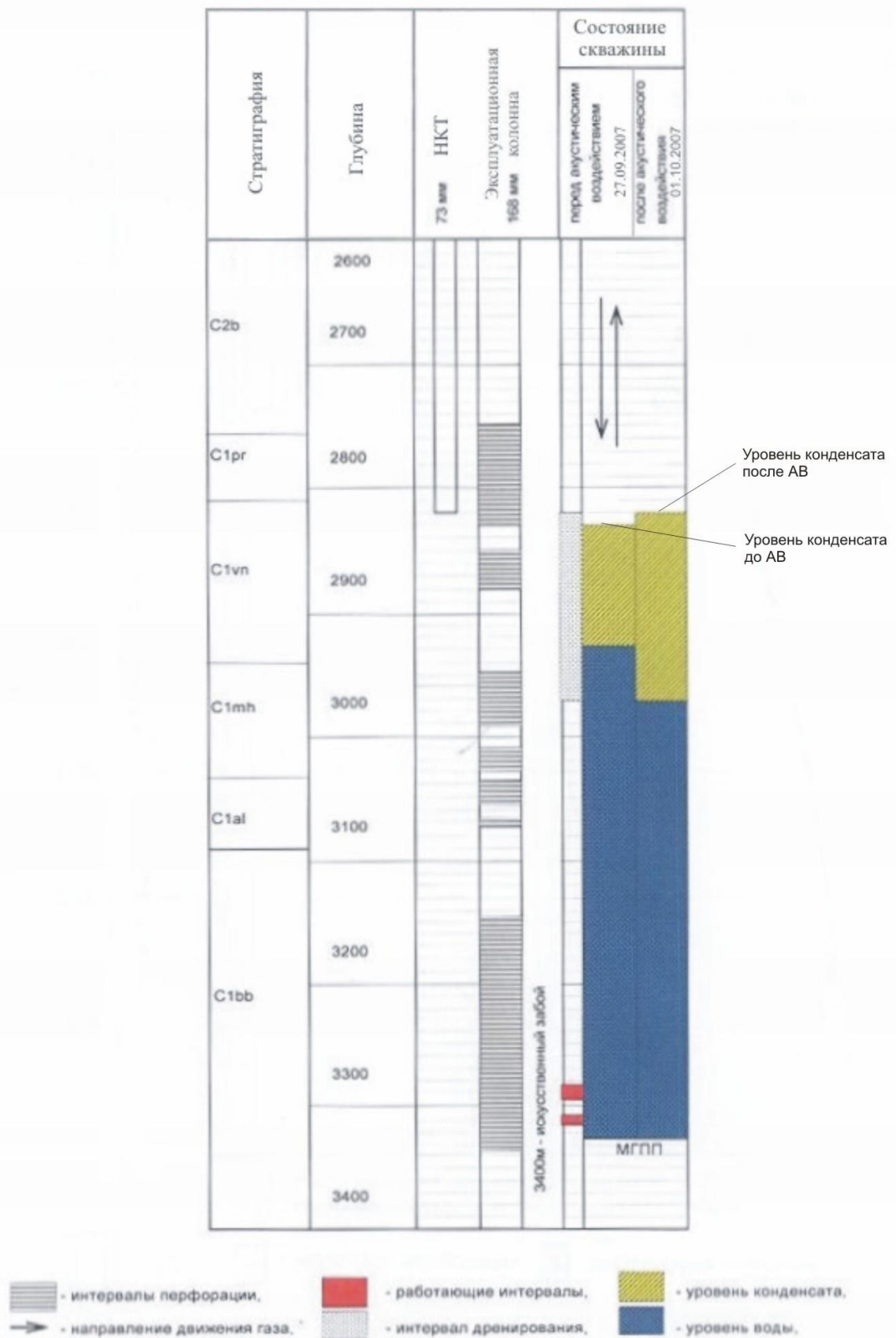


Рисунок 9 - Результаты работ по АВ в скважине № 250 Вуктыльского НГКМ

В результате проведения ОПР с применением технологии АВ на пласт:

1. Произошло увеличение интенсивности притока из работающих интервалов.

2. Включены в работу, ранее выделенные, но бездействующие интервалы.

3. Произошло изменение углеводородного состава конденсата, который обогатился высококипящими углеводородными соединениями в каждом классе.

4. Применение технологии АВ привело к снижению порога гидродинамической неподвижности ретроградных компонентов или к поступлению высокомолекулярных углеводородных флюидов из ранее закольматированных зон пласта, что и привело к качественным изменениям состава конденсата. Срок действия эффекта составляет период более одного года.

5. Акустические волны, генерируемые ультразвуковым скважинным излучателем, во внешней среде испытывают поглощение и формируют в околоскважинном пространстве распределенный тепловой источник. Вследствие этого происходит прогрев ПЗП и увеличение температуры углеводородного пластового флюида, а это в свою очередь приводит к изменению равновесной концентрации примеси, растворению твердой тяжелой фракции, очистке поровых каналов и восстановлению или улучшению фильтрации.

Таким образом, адаптация к залежам НГКМ ТПП и промысловая апробация технологии АВ позволяет рекомендовать её для решения актуальных задач по восстановлению продуктивных характеристик пласта и интенсификации притока углеводородов в ствол скважины:

- после капитального ремонта и других регламентных работ;
- проводить очистку ПЗП от выпавших компонентов конденсата, особенно на месторождениях с большим содержанием конденсата и большими потерями давления в ПЗП;
- проводить очистку ПЗП от выпавших АСПО, вызванных охлаждением забоя при регламентных работах или при длительной эксплуатации скважины;
- при комбинированном воздействии на пласт с применением кислотной обработки и обработки ПЗП различными растворителями. При таком способе воздействия на пласт механизм очистки и восстановления проницаемости ПЗП основан на комплексном воздействии нескольких физических эффектов: термоакустических полей в ультразвуковом диапазоне и растворения органо-минеральных загрязнений кислотой, а также путём смешивающегося вытеснения из призабойной зоны на забой углеводородной жидкости с помощью растворителя (пропан, ШФЛУ, лёгкий конденсат).

Метод АВ прост в реализации и рентабелен в финансовом отношении, что позволяет обрабатывать большое количество скважин за относительно короткий период.

В четвёртой главе «Методология акустического воздействия на продуктивные пласты нефтяных и газовых объектов (комплекс регламентирующих правил и критериев)» детально изложена методология выбора скважин-кандидатов для проведения АВ. Выбор объектов для проведения АВ является одним из главных условий его эффективного применения. Основой для этого служит анализ геолого-геофизической, технологической и промысловой информации.

В таблице 2 представлен перечень информации, необходимой для обоснования применения акустического воздействия.

Таблица 2 - Информация, необходимая для обоснования акустического воздействия на геологические объекты

1. Данные по скважине		
Месторождение	Альтитуда (стола ротора), <i>м</i>	Искусственный забой, <i>м</i>
Горизонт (пласт)	Год ввода в эксплуатацию	Текущий забой (по данным ГИС), <i>м</i>
№ скважины	Диаметр/глубина спуска эксплуатационной колонны, <i>мм/м</i>	Диаметр/глубина спуска НКТ, <i>мм/м</i>
Категория скважины	Максимальный угол наклона, <i>градус</i>	Интервалы перфорации, <i>м</i>
Текущее состояние скважины	Начальный ГВК, ВНК, <i>м</i>	Дебит всей жидкости (начальный/текущий), <i>м³/сут</i>
Начальное пластовое давление, <i>МПа</i>	Начальное забойное давление, <i>МПа</i>	Дебит нефти (начальный/текущий), <i>м³/сут</i>
Давление насыщения, <i>МПа</i>	Уровень жидкости статический, начальный, <i>м</i>	Дебит газа (начальный/текущий), <i>тыс. м³/сут</i>
Начальное устьевое давление, <i>МПа</i>	Дебит конденсата (начальный/текущий), <i>м³/сут</i>	Дебит воды (начальный/текущий), <i>м³/сут</i>
2. Параметры текущей эксплуатации (для газоконденсатных скважин)		
Графики эксплуатации скважины	Дебит своего газа, <i>тыс. м³/сут</i>	Дебит всей жидкости, <i>м³/сут</i>
Расход газа высокого давления (ГВД), <i>тыс. м³/сут</i>	Расход газа сепарации (ГС), <i>тыс. м³/сут</i>	Дебит пластовой воды, <i>м³/сут</i>

Давление на забое, МПа	При работе	Дебит конденсата, м ³ /сут	
	В статике (время статики)	Коэффициент продуктивности, тыс. м ³ /сут·МПа ²	
3. Характеристики продуктивного пласта			
Глубина залегания	$H_{отн}$, м	Нефте-газонасыщенная толщина	$h_{общ}$, м
	$H_{абс}$, м		$h_{эф}$, м
Тип насыщающего флюида		Нефте-газонасыщенность, %	
Коэффициент пористости, %		Коэффициент нефте-газоизвлечения текущий, %	
Начальная проницаемость, мД		Глинистость, %	
Текущая проницаемость, мД		Температура пласта, °С	
Тип коллектора (поровый, трещинный, трещинно-кавернозный)		Литология и геологический индекс пласта	
Гидропроводность пласта, мД·м/МПа·с			
4. Характеристики газа, конденсата, нефти			
Плотность нефти в пластовых условиях, кг/м ³		Динамическая вязкость нефти в пластовых условиях, МПа·с	
Плотность газа в пластовых условиях, кг/м ³		Содержание H ₂ S, масс	
Плотность конденсата в пластовых условиях, кг/м ³		Конденсатогазовый фактор, см ³ /м ³	
Содержание парафина, масс		Температура начала кристаллизации парафина, °С	
5. Данные промысловых, геофизических исследований и работ			
5.1. Результаты исследований технического состояния скважин			
Качество сцепления цементного кольца с обсадной колонной и пластом в интервале перфорации		Минимальное проходное отверстие подземного оборудования, мм	
Наличие межпластовых и заколонных перетоков		Зумпф скважины, м	
5.2. Данные газо- гидродинамических исследований (ГДИ)			
Уровень жидкости динамический (текущий), м		Уровень жидкости статический (текущий), м	
Текущее положение ВНК, м		Профиль притока (работающие интервалы), м	
Текущее пластовое давление, МПа		Текущее забойное давление, МПа	
Текущее устьевое давление, МПа		Текущее положение ГВК, водоконденсатного контакта, м	
Результаты КВД в начале эксплуатации скважины		Проницаемость призабойной зоны пласта/удалённой зоны пласта, мД	

	Скин-фактор
Результаты КВД в текущем году	Проницаемость призабойной зоны пласта/удалённой зоны пласта, <i>мД</i>
	Скин-фактор
5.3. Данные о вторичном вскрытии пласта и интенсификации притока	
Перфорация	Тип перфоратора
	Фазировка зарядов, <i>град</i>
	Плотность перфорации, <i>отв/м</i>
	Глубина канала, <i>мм</i> /Диаметр входного отверстия, <i>мм</i>
Интенсификация притока	Солянокислотная, глинокислотная обработка (объём раствора); Давление: P_H/P_K
	ГРП (объём раствора); Давление: P_H/P_K
	<u>Дополнительная перфорация:</u> Тип перфоратора; Плотность перфорации, <i>отв/м</i> ; Глубина канала, <i>мм</i> ; Фазировка зарядов, <i>град</i>
	Другие ГТМ, их характеристики

Как известно, любая технология, сколько бы универсальной она ни была, имеет свои объективные ограничения, т. е. физически, технологически и геологически обоснованные области применения (объекты, задачи) и условия применимости (конкретные геологические, термодинамические и др. параметры).

Опыт внедрения различных методов увеличения углеводородоотдачи пластов показывает, что их эффективность в значительной степени зависит от правильности выбора объекта воздействия, т. е. учета конкретных геолого-физических и технико-экономических аспектов внедрения метода. Поэтому особое значение имеет выработка методологии выбора объекта (месторождения, залежи и т. д.) и скважин-кандидатов, которые в существенной мере будут определять конкретную модификацию, конкретную задачу или задачи и параметры технологии. Это крайне важно, поскольку относится к категории решений, когда изначально не правильно выбранное направление неминуемо ведет к неверности всех последующих шагов.

В нашем случае определяющим фактором являются физико-геологические ограничения технологии, связанные с использованием ультразвука. Частотно-энергетические параметры ультразвука, а также физико-химические свойства флюидонасыщенного пласта таковы, что зона эффективного действия ультразвука ограничивается 2-3 метрами от стенки скважины, т.е. по существу это ПЗП. А совокупное действие ультразвука

будет, в конечном итоге сводиться к восстановлению фильтрационной способности ПЗП, вследствие ее декольматации.

Именно этим, прежде всего, следует руководствоваться, выбирая скважины-претенденты для проведения геолого-технологических мероприятий с помощью метода акустического воздействия.

Таким образом, уже на этапе выбора скважин-кандидатов необходимо иметь весомые основания и предпосылки к тому, что ухудшение работы скважины, выражающееся в снижении текущего дебита (продуктивности), связано с ухудшением фильтрационных и других свойств ПЗП. Только такая причина дает надежду, что акустическое воздействие с большой долей вероятности может оказаться успешным.

Анализ мирового опыта применения акустических обработок показывает, что все потенциальные объекты-скважины, а следовательно, и модификации технологии, можно условно разделить на 4 категории:

- 1) **пусковые** (предназначенные для первичного освоения скважин после завершения бурения и испытания, или после капитального ремонта, расконсервации и т. п.);
- 2) **реанимирующие** (предназначенные для практически неработающих скважин);
- 3) **стимулирующие** (предназначенные для скважин, дебиты которых существенно снизились по сравнению с начальными);
- 4) **корректирующие** (предназначенные для скважин работающих, но ниже своих потенциальных возможностей), которые можно назвать упреждающими или профилактическими.

Заключение

1. В результате проведённого комплекса теоретических, экспериментальных и промысловых исследований выявлены особенности применения акустического метода воздействия на продуктивные пласты в геолого-промысловых условиях нефтегазоконденсатных месторождений ТПП, учитывающие физическую природу и влияние акустического поля на флюидонасыщенную геосреду.

2. Впервые выполнено опытно-промышленное опробование технологии АВ на геологические объекты ТПП с положительным промысловым эффектом на скважинах нефтегазоконденсатных месторождений Республики Коми (Вуктыльского, Югидского, Печоро-Кожвинского, Западно-Соплесского) с применением двух типов аппаратуры отечественного производства в комплексе стандартного геофизического оборудования.

3. Изучены и сформулированы основные факторы, определяющие особенности и сложность реализации АВ на нефтегазоконденсатных месторождениях ТПП: карбонатный тип разреза, аномальные свойства нефтей на газоконденсатных месторождениях с нефтяной оторочкой

(высокопарафинистые), большая обводнённость пластов, аномально низкие пластовые давления.

4. Разработана методика и технология проведения работ на нефтегазоконденсатных месторождениях аппаратурой «АИС-3» и «Геоакустик».

5. Сформулированы рекомендации по дальнейшему внедрению технологий АВ на газоконденсатные объекты. Указаны направления аппаратурно-методического совершенствования технологии АВ на продуктивные пласты.

Список опубликованных работ по теме диссертации

Статьи в изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

1. *Умняев В. Г., Скобелев А. В., Зимин Г. П., Зыков В. А.* Результаты акустического воздействия на пласты нефтяных, газовых и газоконденсатных месторождений Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции // НТВ «Каротажник». – Тверь: ГЕРС, 2009. Вып. 1 (178). – С. 60-72.

2. *Умняев В. Г.* Анализ эффективности проведения акустического воздействия на нефтегазоконденсатных месторождениях Тимано-Печорской нефтегазоносной провинции. // НТВ «Каротажник». – Тверь: ГЕРС, 2012. Вып. 10 (220). – С. 63-73.

Статьи в других изданиях:

1. *Зыков В. А., Васенин Д. В., Умняев В. Г.* Новые задачи и возможности геофизики при эксплуатации месторождений углеводородов // Сборник «Геологические, геофизические и геохимические исследования юго-востока Русской плиты». – Саратов, 2001. – С. 65-66.

2. *Зыков В. А., Умняев В. Г., Васенин Д. В.* Синергетический подход в техноэкогеофизике // Новые идеи в науках о Земле / Материалы международной конференции. – Москва: РГГРУ, 2001. Т.2. – С.381.

3. *Зыков В. А., Умняев В. Г.* Классификация и состояние геофизических методов воздействия на пласт из скважин // Материалы научно-технической конференции / Сб. научных трудов УГТУ, № 6. – Ухта: УГТУ, 2002. – С. 82-86.

4. *Умняев В. Г., Зыков В. А.* Актуальность применения геотехнологий контролируемого геофизического воздействия на УВ пласты из скважин для промышленных и потенциальных объектов Республики Коми // Техноэкогеофизика – новые технологии извлечения минерально-сырьевых ресурсов в XXI веке / Материалы I Всероссийской геофизической конференции-ярмарки (1-5 октября 2002 г., г. Ухта). – Ухта: УГТУ, 2002. – С. 204-211.

5. *Зыков В. А., Умняев В. Г.* История применения и состояния технологий волнового воздействия геофизическими полями на нефтяные пласты // Сборник научных трудов УГТУ. – Ухта: УГТУ, 2003. – С. 51-55.

6. **Умняев В. Г., Зыков В. А.** Опыт использования технологии акустической интенсификации притока в скважинах нефтегазоконденсатных месторождений Тимано-Печорской провинции // Материалы 35-й сессии Международного семинара им. Д. Г. Успенского «Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей». – Ухта: УГТУ, 2008. – С. 311-314.

7. **Зыков В.А., Шарипов А.Ф., Кошкур О.Н., Умняев В.Г., Уляшев Е.В.** Возможности ультразвука в извлечении и утилизации газоконденсатных и газовых ресурсов // Рассохинские чтения: материалы межрегионального семинара (4-5 февраля 2010 года) / под ред. Н.Д. Цхадая. – Ухта: УГТУ, 2010. – С. 215-222.

8. **Зыков В. А., Шарипов А.Ф., Умняев В. Г.** К методологии выбора объектов и скважин-кандидатов для акустических (ультразвуковых) обработок ПЗП // Проблемы разработки и эксплуатации месторождений высоковязких нефтей и битумов: материалы межрегиональной научно-технической конференции (18-19 ноября 2010 г.) / под ред. Н.Д. Цхадая. – Ухта: УГТУ, 2010. – С. 118-122.