

**МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО И ДЕЛОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА
ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАБОТАМ В СКВАЖИНАХ (АИС)**

приглашает организации, предприятия, компании, фирмы,
заводы топливно-энергетического, рудного и гидроресурсного профиля,
коллективы исследователей в области наук о Земле
вступить в члены АИС

**АИС – ПЕРВАЯ ОБЩЕСТВЕННАЯ
ГЕОФИЗИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ в СССР,**
учреждена 60 ведущими предприятиями в октябре 1989 г.,
зарегистрирована в июне 1990 г.

**НАША ЗАДАЧА – ПОВЫШЕНИЕ УРОВНЯ, ЭФФЕКТИВНОСТИ,
КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ГИРС ЧЛЕНОВ АИС**

- АИС**
- **ИНФОРМИРУЕТ** по всем аспектам ГИРС
 - **СПОСОБСТВУЕТ** контактам заказчиков, производителей ГИРС, приборостроителей и ученых
 - **ПРОВОДИТ** конференции, семинары, «Деловые клубы»
 - **ИЗДАЕТ** НТВ «Каротажник»
 - **ИЗДАЕТ** книги по тематике ГИРС

246 ОРГАНИЗАЦИЙ России, Азербайджана, Беларуси, Великобритании, Вьетнама, Казахстана, Китая, Кыргызстана, Туркменистана, Узбекистана, Украины – ЧЛЕНЫ АИС, из них около 100 производителей ГИРС, около 40 заказчиков ГИРС, более 70 инновационных предприятий, 28 заводов-изготовителей средств ГИРС, 34 кафедры вузов шести стран

По Вашему запросу мы направим Вам подробную информацию об АИС и условиях вступления в организацию

**МЕСТО ВАШЕЙ
ОРГАНИЗАЦИИ
В МЕЖДУНАРОДНОЙ
АССОЦИАЦИИ "АИС"
ВАКАНТНО!**

Обращайтесь!
Пишите!
Звоните!

Юридический адрес:
170100, Россия, г. Тверь,
ул. Новоторжская, 12

Почтовый адрес:
170100, г. Тверь,
Главпочтамт, а/я 206
Международная Ассоциация "АИС"
Тел/факс (4822) 700-693
E-mail: ais@tvcom.ru
Web-сайт: www.karotazhnik.ru

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Н. С. Березовский

Члены редакционной
коллегии:

Ю. И. Кузнецов
(научный редактор)
Р. В. Бурлюк
(отв. секретарь-редактор)
С. В. Ларева
(редактор)
А. Н. Бижанов
А. М. Блюменцев
Р. А. Валиуллин
И. Н. Гайворонский
Ф. Х. Еникеева
В. Ю. Зайченко
В. И. Иванников
Л. Е. Кнеллер
Н. Г. Козыряцкий
В. Ф. Козяр
А. К. Коньсов
К. Н. Копеев
М. Д. Красножон
В. В. Лаптев
Э. Е. Лукьянов
А. В. Липилин
А. В. Малинин
Т. Н. Нестерова
Г. А. Павленко
В. Г. Фоменко
С. И. Шленкин
М. И. Эпов
Г. Г. Яценко

Издательство "АИС"

Россия, 170100, г. Тверь,
ул. Новоторжская, 126
Лицензия ЛР № 030838
от 29 июня 1998 г.

Свидетельство № 017581
от 29 июня 1998 г.

Индекс Роспечати – 82015.
ISSN 1810-5599.

Подписано в печать 21.01.2009.
Формат 60/84 1/16.

Печать офсетная.
Усл. печ. л. 9,5. Уч.-изд. л. 9,5.
Тираж 1800. Зак. № 85.

Компьютерная верстка, макет
ООО "Издательство "Триада".
Отпечатано в филиале ОАО "ТОТ"
Ржевская типография.

© Издательство "АИС", 2009



**Научно-технический
вестник**

Год издания восемнадцатый

КАРОТАЖНИК

Выпуск 1 (178)

ТВЕРЬ
2009

УДК 550.832.44

В. Г. Умняев, А. В. Скобелев
 ПФ "Вуктылгазгеофизика" ООО "Газпром геофизика"
Г. П. Зимин
 ООО "Сибургеоком"
В. А. Зыков
 Ухтинский государственный технический университет

РЕЗУЛЬТАТЫ АКУСТИЧЕСКОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЛАСТЫ НЕФТЯНЫХ, ГАЗОВЫХ И ГАЗОКОНДЕНСАТНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ТИМАНО-ПЕЧОРСКОЙ НЕФТЕГАЗОНОСНОЙ ПРОВИНЦИИ

Показана эффективность метода акустического воздействия (АВ) по поддержанию работоспособности добывающих скважин Вуктыльского и Югидского нефтегазоконденсатных месторождений (НГКМ).

Ключевые слова: скважина, пласт, газоконденсат, акустическое воздействие.

Актуальной проблемой при эксплуатации нефтегазоконденсатных месторождений являются повышение конденсатоотдачи пластов, увеличение продуктивности малодебитных скважин и вовлечение в разработку объектов с трудноизвлекаемыми запасами углеводородов. Применяемые на месторождениях Тимано-Печорской провинции (ТПП) традиционные "вещественные" методы искусственного воздействия на продуктивные пласты так или иначе связаны со значительными финансовыми и материальными затратами, требуют развитой и мощной производственной инфраструктуры и строго регламентированных геолого-технических условий. Кроме того, по мере выработки продуктивных пластов и ужесточения требований экологической безопасности при эксплуатации недр возрастает роль "бездефектных" (с точки зрения ущерба естественному состоянию пласта) и "слабых" (менее металлоемких и энергосберегающих) технологичных, но в то же время эффективных способов воздействия на пласт.

В настоящее время известен только один комплекс этих методов, базирующихся на использовании физических полей различной природы: магнитного, электрического и электромагнитного, упругих коле-

баний и т. д., представляющих по сути геофизические (бесконтактные, дистанционные) контролируемые технологии "полевого" воздействия, которые было предложено [3] объединить в самостоятельное научно-прикладное направление геофизики – техноэкогеофизику (ТЭГ).

Сегодня на базе наиболее прогрессивного из этих методов – акустического – созданы технологии, которые имеют набор таких важных показателей, как увеличение дебита непосредственно после обработки, достаточная длительность эффекта, возможность применения технологии без остановки скважины, отсутствие риска ухудшения показателей скважины, экологичность и др. *Эти технологии неплохо зарекомендовали себя на нефтяных скважинах, но опыт их использования на газоконденсатных объектах крайне мал.* Следует отметить, что пока не построено единой и полной теории акустического воздействия (АВ) на продуктивные пласты, поэтому значительное внимание при исследованиях этих процессов уделяется анализу результатов опытно-промышленных работ (ОПР) на скважинах. В 2004–2005 гг. такие работы выполнялись на одной скважине Югидского, трех скважинах Печоро-Кожвинского, двух – Вуктыльского НГКМ. В августе-октябре 2007 г. работы выполнялись на одной скважине Югидского и двух скважинах Вуктыльского НГКМ.

Исторически сложилось так, что эти месторождения по объективным причинам разрабатывались без поддержания пластового давления. В то же время эксплуатация объектов такого типа без использования специальных методов приводит к значительным потерям продукта в пласте (газообразных и особенно жидких углеводородов), являющегося ценным сырьем для газобензинового и нефтехимического производства. По этой причине для таких месторождений на завершающей стадии разработки актуальным становится вопрос практической реализации методов повышения газоконденсатоотдачи пласта. Активное воздействие на газоконденсатный пласт, как правило, приводит к увеличению конденсатоотдачи, а в некоторых случаях и к газоотдаче залежи.

Ниже приводится краткая геологическая характеристика месторождений, в эксплуатационных скважинах которых проводились работы по интенсификации притоков углеводородов с помощью акустического воздействия в 2007 г.

Вуктыльское нефтегазоконденсатное месторождение относится к типу массивно-пластовых с большим этажом нефтеносности. Основ-

ная залежь приурочена к карбонатным отложениям нижнепермско-каменноугольного возраста. Характерная особенность продуктивной толщи – преобладание в ней карбонатных пород и значительная невыдержанность коллекторских свойств. Начальное пластовое давление, приведенное к отметке -3025 м, составляло $36,3$ МПа, пластовая температура $+61$ °С, начальное содержание конденсата – 360 г/м³. Текущее пластовое давление колеблется от $2,95$ до $4,0$ МПа, температура осталась без изменений, отмечается снижение содержания конденсата до $44,91$ г/м³. Месторождение введено в эксплуатацию в 1968 г., в настоящее время находится на завершающей стадии разработки и характеризуется высокой выработанностью запасов газа, поэтому крайне актуальной является проблема повышения конденсатоотдачи пластов, эксплуатируемых на истощение, и увеличения продуктивности малодебитных газоконденсатных скважин с аномально низкой пластовой энергией. При разработке газоконденсатных месторождений часть конденсата накапливается в призабойной зоне и в стволе скважины. Скопившийся на забое конденсат образует жидкую пробку, которая играет роль забойного штуцера и приводит к уменьшению производительности скважины. При разработке на истощение извлечение конденсата из залежей с высоким начальным его содержанием (360 г/м³), как правило, невелико (30 – 35%), остальное количество жидких углеводородов остается в пласте. Дополнительное извлечение конденсата может быть получено с применением активного воздействия на пласт. В мировой практике разработка таких месторождений осуществляется, как правило, с использованием сайклинг-процесса, то есть поддержания пластового давления путем возврата отсепарированного газа в пласт.

С целью продления периода доразработки Вуктыльского месторождения, возможности извлечения ретроградного конденсата, поддержания пластового давления производится закачка в пласт “сухого” тюменского газа.

Югидское НГКМ. Продуктивность установлена в отложениях старооскольского надгоризонта среднего девона и в джьерско-тиманско-саргаевских песчаниках верхнего девона. Месторождение имеет очень сложное геологическое строение: высокоамплитудными нарушениями оно разделено на три крупных блока (северо-западный, центральный и юго-восточный), которые в свою очередь многочисленными разноориентированными нарушениями различных амплитуд разбиты на

более мелкие блоки. Выделены залежи в старооскольских отложениях среднего девона (ранее относимых к верхнеэфельскому горизонту), в отложениях джьерского и тиманско-саргаевского горизонтов верхнего девона. Блоковое строение залежи нашло отражение в различных гипсометрических отметках газонефтяного контакта (ГНК) и ВНК. Тектонические нарушения по залежи характеризуются различными экранирующими свойствами: от газогидродинамической связи до полной изоляции, что подтверждается замерами барических условий. Залежи классифицируются как пластовые, сводовые, стратиграфически и тектонически экранированные. В целом продуктивные старооскольские песчаники характеризуются хорошими коллекторскими свойствами. Джьерские и тиманско-саргаевские отложения имеют линзовидное строение и обладают ухудшенными фильтрационно-емкостными свойствами. Начальное пластовое давление на отметке -3180 м составляло $34,9$ МПа, температура $+68$ °С. Текущее пластовое давление в среднем составляет $24,3$ МПа. Месторождение эксплуатируется без поддержания пластового давления.

Цель выполненных работ заключалась в апробировании и выборе оптимального для геолого-технических условий нефтегазоконденсатных месторождений ТПП аппаратного комплекса и технологии контролируемого акустического воздействия на пласт из скважин для решения геолого-промысловой задачи повышения газоконденсатоотдачи. Для выполнения работ по акустическому воздействию применялись две модификации аппаратуры: АВ-1, АВ-2 на каротажном кабеле, что позволило проводить работы, используя технику и технологию работ по геофизическому исследованию действующих скважин, регламентируемых соответствующими нормативными документами.

АВ-1. Скважинный ультразвуковой генератор УЗГС-42 (разработка ПФ “Ставропольгазгеофизика” ООО “Газпром геофизика”), предназначенный для возбуждения акустических колебаний в магнито-стрикционных излучателях. Имеющийся телеметрический канал позволяет контролировать изменения гидростатического давления в скважине в промежутках времени между циклами воздействия.

АВ-2. Акустическая излучающая система АИС-3 (разработка ООО “Сибургеоком”), укомплектованная скважинными приборами АИ-2 диаметром 42 мм, АИ-3М – 57 мм и АИ-1 – 107 мм. Акустические мощности соответственно АИ-2 – 1 кВт, АИ-3М и АИ-1 – 5 кВт. Ак-

тивная часть скважинного снаряда, включающая гирлянду секционированных пьезокерамических колец, преобразует электрический сигнал рабочего диапазона частот в радиальные колебания, которые в виде цилиндрической волны воздействуют на призабойную зону пласта (ПЗП). Совместное использование двух излучателей позволяет задействовать диапазон технологических частот от 11 до 30 кГц, при этом удельная акустическая мощность цилиндрической волны, приведенная к стенке обсадной колонны скважины диаметром 146 мм, будет достигать 2 Вт/см² для АИ-1 и 0,6 Вт/см² для АИ-3М.

Используемые модификации аппаратуры АВ различаются по типу излучателя: магнотриксционный (УЗГС-42) и пьезокерамический (АИС-3). Но в обоих случаях используется режим параметрического возбуждения двухчастотным сигналом (параметр). При этом частоты f_1 и f_2 устанавливаются в районе f_p , а разностная (параметрическая) частота $F = (f_1 - f_2)$ устанавливается в диапазоне (0,2–2,0) кГц из условия максимального инициирования макрорезонансных структур средних и дальних зон выработки. Таким образом, параметрическая волна обладает большей проникающей способностью и может вызывать различные акустические явления не только в ближней (0,3–0,5 м), но и в средней (0,5–3,0 м), и в дальней (более 3 м) зонах от оси скважины.

С целью повышения конденсатоотдачи в скважинах Югидского и Вуктыльского НГКМ выполнялось акустическое воздействие в течение часа на каждой точке на пласты-коллекторы, выделенные по результатам обработки ГИС.

Анализ результатов исследований скв. 41, 250 Вуктыльского и скв. 64 Югидского НГКМ показал положительный эффект акустического воздействия, выражающийся в увеличении притока конденсатонефтяных компонентов. Наибольший эффект получен на скв. 64 Югидская: увеличение дебита конденсата почти в 2 раза – с 8 до 12,3 м³/сут.

В табл. приведены некоторые результаты выполненных ОПР по внедрению технологии акустического воздействия на ПЗП в газоконденсатных скважинах Вуктыльского газопромыслового управления (ВГПУ).

Кривые восстановления давления (КВД), зарегистрированные в скв. 104, 108 Печоро-Кожвинские и обработанные по методике Полларда для трещиновато-пористых коллекторов, показали, что до обработки 90% энергии пласта терялось в призабойной зоне, после

Таблица

Эффективность акустического воздействия по скважинам ВГПУ

Показатели эксплуатации	До АВ	После АВ	Прирост, %
Вуктыльское НГКМ, скв. 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, скв. 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, скв. 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, скв. 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, скв. 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, скв. 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, скв. 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, скв. 64			
Дебит собственного газа, тыс м ³ /сут	5,0	21,5	+330,0
Дебит конденсата, м ³ /сут	4,5	11,5	+155,55

обработки – 61%. По результатам газоконденсатных исследований зафиксировано изменение цвета и физико-химических свойств конденсата: увеличилась плотность конденсата, молекулярная масса, температура начала кипения и температура выкипания. Спектральный анализ конденсата показал, что после акустического воздействия в скв. 41 Вуктыльская в углеводородном составе наблюдалось уменьшение концентрации метановых соединений наряду с увеличением асфальтосмолистых соединений; в скв. 64 Югидская углеводородный состав не претерпел изменений. Применение технологии АВ привело к снижению порога гидродинамической неподвижности ретроградных компонентов или к поступлению высокомолекулярных углеводородных флюидов из ранее закольматированных зон залежи, что и привело к качественным изменениям состава конденсата. Влияние акустического воздействия проявляется в повышении дебита скважин и снижении потерь в призабойной зоне. Были определены два критерия для подбора кандидатов для АВ:

- скважины после капитального ремонта (бурения);
- наличие в них значительного скин-эффекта (потери большой доли пластовой энергии в ПЗП).

По выполненному комплексу газодинамических исследований сделаны следующие выводы:

Геологические и гидродинамические условия нефтегазоконденсатных месторождений, на которых проводилось акустическое воздействие, имеют существенные различия, соответственно необходимо иметь достаточное количество проведенных экспериментов в скважинах с акустическим воздействием на призабойную зону пластов для того, чтобы можно было объективно оценить эффективность проведенных работ.

Анализ результатов исследований скв. 41, 250 Вуктыльского и 64 Югидского НГКМ показал положительный результат акустического воздействия, выражающийся в увеличении притока конденсата. С целью установления продуктивности скважин после акустического воздействия следует проводить исследования с глубинными замерами забойного, пластовых давлений с записью КВД в течение не менее 12 ч. Для выяснения продолжительности эффекта от акустического воздействия на пласты-коллекторы в скважинах следует проводить замеры дебитов газа и конденсата, контроль компонентного состава и физико-химических свойств газа сепарации, конденсата и ГВД с

периодичностью 1 раз в 10 дней. По данным геофизических и газодинамических исследований (аппаратура ДИНА К8-42) установлено, что после акустического воздействия отмечалось повышение термобарических показателей наряду с увеличением мощности работающих интервалов.

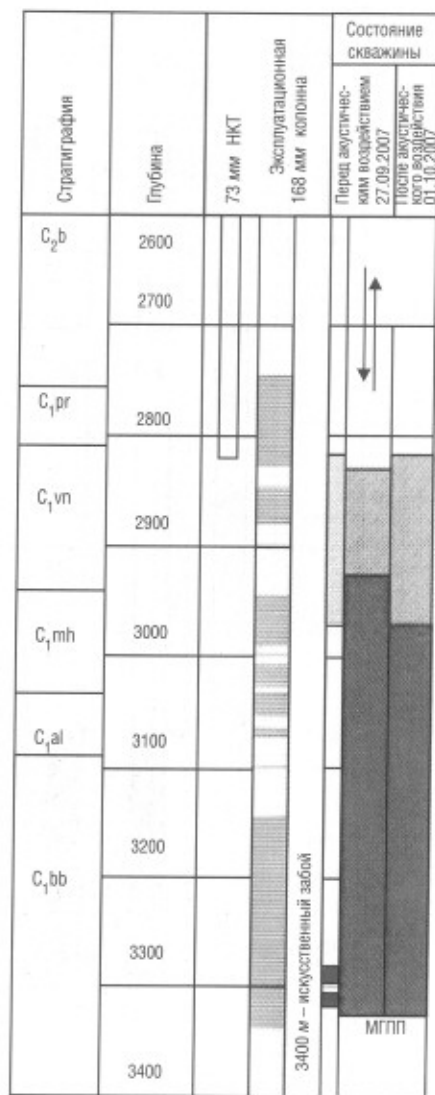
Как пример, на рис. 1 представлен обзорный планшет газодинамических исследований после акустического воздействия на скв. 64 Югидская.

Иллюстрации увеличений мощности работающих интервалов приведены на рис. 2, 3, 4.

Массовое применение метода АВ на скважинах НГКМ должно привести к положительным технологическим и социально-экономическим результатам, а именно: поддержанию работоспособности добывающих скважин; повышению их производительности; повышению конечной газоконденсатоотдачи пластов; стабилизации сырьевой базы Сосногорского ГПЗ; продлению периода активного функционирования всей социально-производственной инфраструктуры газодобывающего комплекса Вуктыльского района. Для этого необходимы в ближайшее время создание и апробация наиболее работоспособных методики и технологии на базе наиболее совершенной аппаратуры акустического воздействия применительно к условиям конкретных месторождений. В последние годы ряд фирм освоил выпуск акустических излучателей и генераторных устройств. Внедрение технологии акустического воздействия подтверждает экономическую эффективность и быстрый срок окупаемости аппаратуры АВ в течение 1 года эксплуатации при достаточном количестве скважинных операций. Сформирован рынок сбыта аппаратуры АВ и предложения услуг по акустической обработке скважин. При цене комплекта аппаратуры 1000–1200 тыс руб. стоимость скважинной операции составила 300–500 тыс руб., что обеспечивает устойчивую прибыль и дает возможность развивать это направление производства.

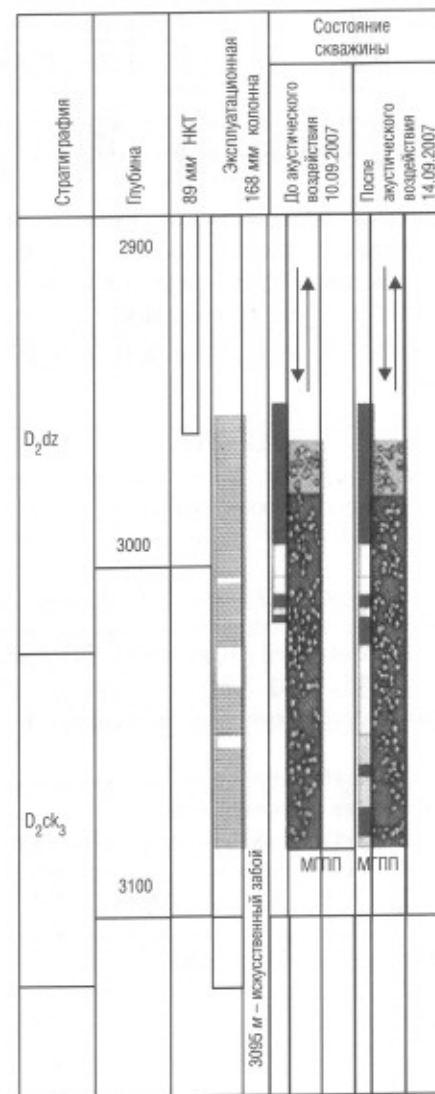
Анализ проведенных работ показал, что для достижения успешности акустического воздействия предприятию необходимо более тесное и целенаправленное сотрудничество с разработчиками аппаратуры и технологий АВ.

Одним из перспективных вариантов должно стать обращение к разработкам завода высоковольтных электронных компонентов “Прогресс” – геоакустическим комплексам “ГЕОАКУСТИК”. Комплект



интервалы перфорации → направление движения газа работающие интервалы
 интервал дренирования уровень конденсата уровень воды

Рис. 3. Результаты геофизических исследований скв. 250 Вуктыльского НГКМ



интервалы перфорации баротитруемый уровень конденсата работающий уровень воды
 работающие интервалы интервал дренирования направление движения газа

Рис. 4. Результаты геофизических исследований скв. 64 Югидского НГКМ

оборудования состоит из генератора и ультразвукового излучателя. Ультразвуковые трубчатые погружные излучатели (ИТП-35, ИТП-44, ИТП-75) в процессе обработки скважин опускаются в скважину на геофизическом грузонесущем кабеле. Для достижения эффекта используется силовой ультразвук частотой 20 кГц и мощностью от 600 до 3000 Вт.

ООО ЗВЭК “Прогресс” расположено в Ухтинском районе. Географическое положение завода дает возможность более оперативно и тщательно испытывать производимое оборудование в комплексе с эксплуатируемым ПФ “Вуктылгазгеофизика” каротажным оборудованием и на объектах ООО “Газпром переработка”, обслуживаемых этим предприятием.

ЛИТЕРАТУРА

1. Александров В. А., Железный В. Б., Казаков Ю. В., Островский Д. Б. Опыт и перспективы использования гидроакустических технологий для обработки и исследования скважин // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2003. Вып. 104. С. 23–34.
2. Бушер М. К., Александров В. А., Жуйков В. Б., Майоров В. А., Попов В. П. Об акустической обработке продуктивных пластов нефтяных скважин // Техноэкогеофизика – новые технологии извлечения минерально-сырьевых ресурсов в XXI веке. Ухта. 2002. С. 43–49.
3. Зыков В. А. О задачах и содержании техноэкогеофизики // Геофизика. 2003. № 2. С. 52–58.
4. Кошкур О. Н., Зыков В. А. Новое поколение скважинной акустической аппаратуры для воздействия на нефтяной пласт.
5. Умяев В. Г., Зыков В. А. Опыт использования технологии акустической интенсификации притока в скважинах нефтегазоконденсатных месторождений ТПП.
6. Юнусова Л. В. Отчет “Результаты исследований скважин 41, 250 Вуктыльского НГКМ и скв. 64 Югидского НГКМ” (ООО “ВНИИГАЗ” – “СеверНИПИ-газ”).

Получена 28.11.08