

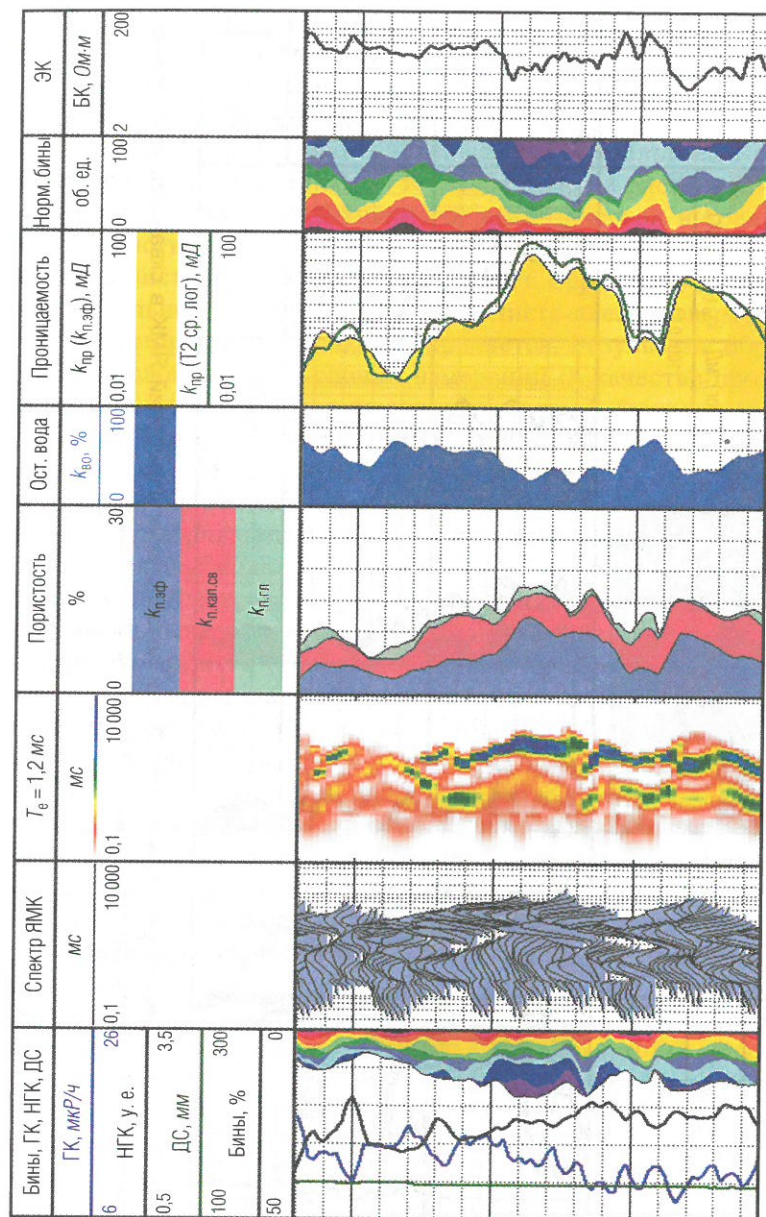


Рис. 3. Пример результатов ЯМК в песчано-глинистом разрезе

В целом, полученные результаты показывают, что новый тонкий прибор ЯМК производства ООО “Нефтегазгеофизика” удовлетворяет требованиям геофизической практики и пригоден к проведению исследований в разнообразных геолого-технологических условиях. Опыт применения прибора указывает на его эффективность и информативность полученных данных.

ЛИТЕРАТУРА

1. Патент № 2181901 РФ. Способ каротажа с использованием ядерно-магнитного резонанса и устройство для его осуществления / Е. М. Митюшин, В. Ю. Барляев, Р. Т. Хаматдинов. 2002.
2. Патент № 7075298 США. Method and Apparatus for Well Logging Using NMR with a Long Conductive Rare-Earth Magnet and Excitation Compensation in the Area of the Long Magnet / E. M. Mityushin, R. T. Khamatdinov, V. J. Barlyayev. 2006.

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО “Нефтегазгеофизика” и рекомендована к публикации*

УДК 550.832

*А. С. Варыхалов, А. С. Мухин, В. В. Рыбаков, М. Г. Буяльский
ООО “Нефтегазгеофизика”
Р. Р. Куйбышев
ЗАО НПФ “ГИТАС”*

АППАРАТУРНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН

Представлены результаты разработки комплекса аппаратуры (связки приборов) акустического телевизора (АСТ) и магнитоимпульсной дефектоскопии (МИД-СК-100).

Ключевые слова: скважина, дефектоскопия, магнитоскопия, акустический телевизор.

Разработанный совместно ООО “Нефтегазгеофизика” и ЗАО НПФ “ГИТАС” комплекс аппаратуры представляет собой связку приборов – акустического телевизора (АСТ) и прибора магнитоимпульсной

дефектоскопии (МИД-СК-100). Приборы способны работать как раздельно, так и совместно в составе единого аппаратурного комплекса (далее просто комплекс).

Комплекс создавался с целью получения максимального количества данных для контроля технического состояния обсадной колонны. Фактически приборы, работающие на разных физических принципах, дополняют друг друга и подтверждают или отрицают наличие разного рода дефектов. Комплекс решает следующие задачи:

- определение линейных размеров внутреннего сечения обсадных труб, толщины первой и второй колонны;
- оценку качества сцепления обсадных труб первой колонны с цементным камнем;
- выявление и разделение дефектов на внутренней и наружной поверхности стенки обсадной трубы: отверстия, трещины, утоньшения, деформации.

Магнитоимпульсная дефектоскопия реализована в варианте верхнего (проходного) модуля, модуль акустического телевизора – концевой.

Передача данных осуществляется по цифровому протоколу Манчестер-2 со скоростью 100 кбод. Комплекс работает с регистратором “Каскад”, программное обеспечение которого обеспечивает регистрацию данных в формате LIS и обработку полученной информации. Скорость записи с шагом опроса 20 см составляет 200–220 м/ч. Используется стандартный трехжильный кабель длиной не более 7000 м.

Акустический сканер-телевизор обеспечивает получение данных для определения акустических свойств стенки скважины методом отраженных волн на прямом луче (метод эхо-сигнала). Измерения производятся путем обработки данных, содержащихся в волновых картинах отражений, вызванных импульсными посылками электроакустического преобразователя, непрерывно вращающегося вокруг оси прибора.

Преобразователь выполнен из специальной пьезокерамики, обладает низкой добротностью и возбуждает короткий акустический импульс (2–3 периода). Для цементометрии используется преобразователь с резонансной частотой 380 кГц, для получения видеоизображения – 1000 кГц. Измерение скорости упругих колебаний в промысловой жидкости осуществляется дополнительным преобразователем, установленным на фиксированном расстоянии от отражателя.

Модуль акустического телевизора снабжен тремя сменными головками диаметрами 76, 85 и 145 мм для измерений в колоннах разного диаметра.

Аппаратура МИД-СК позволяет исследовать колонну с указанием дефектов и зон коррозии с представлением количественных диаграмм или таблиц осредненной толщины колонны по окружности в миллиметрах, а также разделять дефекты колонны по секторам. Работа прибора МИД-СК основана на изучении вихревого электромагнитного поля, возбуждаемого генераторной катушкой, которая помещена внутри системы обсадных и насосно-компрессорных труб. Временное разделение сигналов позволяет производить зондирование многоколонных конструкций. Это осуществляется выбором длительности электромагнитного импульса, паузы, во время которой регистрируют информацию, и конструкции зондовой установки. Характер переходных процессов в колонне определяется толщиной стенок (m), диаметром колонны (d), удельной электрической проводимостью (σ) и магнитной проницаемостью металла (μ). Проведение магнитоимпульсной дефектоскопии-толщинометрии стальных труб в условиях одно- и двухколонных конструкций не требует специальных подготовительных мероприятий на скважине, в том числе демонтажа НКТ, что является экономически выгодным. Регистрация сигнала требует проведения одного спуска-подъема аппаратуры [3].

Испытания комплекса проводились в метрологическом центре ОАО НПП “ВНИИГИС” на различных моделях, имитирующих различные дефекты в обсадных колоннах.

Ввиду большого объема полученных данных ограничимся рассмотрением одной модели в виде трубы длиной 6 м с наружным диаметром 146 мм и внутренним 130,4 мм с дефектами, представляющими собой отверстия разных диаметров и впадины разных диаметров и глубин.

На рис. 1 представлены конструкция модели и результаты ее исследования прибором МИД-СК (слева) и скважинным сканирующим акустическим модулем в режиме “Имиджер” (справа). На диаграмме по данным прибора АСТ в первой колонке представлена развертка стенки скважины, построенная по амплитудам отраженных сигналов, во второй колонке – развертка, построенная по внутренним радиусам. По данным обоих приборов уверенно выделяются отверстия и впадины диаметром от 30 до 50 мм.

По данным акустического сканера сквозные отверстия в модели отмечены сильным уменьшением сигнала вплоть до его пропадания. Впадины характеризуются меньшим ослаблением сигнала и его раздвоением, где ближняя часть сигнала является отражением от внутренней поверхности модели на границе с впадиной, а дальняя часть – отражением от дна впадины (рис. 2). По времени задержки между сигналами можно ориентировочно оценить глубину впадины. Для сигнала на рис. 2 задержка составляет 4,5 мкс, глубина впадины – 3,3 мм, что согласуется с данными о модели.

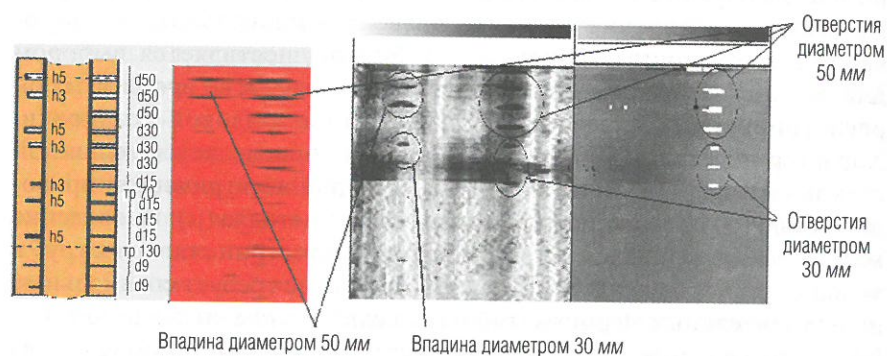


Рис. 1. Результат исследования модели № 34 магнитоимпульсным и акустическим модулями



Рис. 2. Сигнал, отраженный от впадины диаметром 50 мм, канал 27, оценочная глубина впадины 3,5 мм

Таким образом, при работе в комплексе приборы МИД-СК и АСТ взаимно подтверждают результаты измерений при выделении дефектов.

Для оценки возможностей определения качества цементирования проводились испытания комплекса в контрольно-проверочной скважине Бугульминской площади НТУ ООО «ТНГ-Групп». Глубина скважины 36,8 м, кондуктор спущен на глубину 17 м, центратор установлен на глубине 34 м.

На рис. 3 представлены результаты исследования прибором МИД-СК. С помощью прибора МИД получили глубину спуска кондуктора, положение муфтовых соединений и центраторов эксплуатационной колонны, ее толщину.

Прибор АСТ работал в режиме «Цементомер», скорость записи комплекса – 60 м/ч, акустический преобразователь – с резонансной частотой 380 кГц.

На рис. 4 представлены результаты обработки данных цементометрии прибора АСТ. Развертка в третьей колонке построена по данным измерений 30 каналов по периметру обсадной колонны. Коричневому цвету соответствует плотный контакт, синему – свободная колонна.

В качестве критерия оценки качества цементирования для формирования заключения используется индекс цементирования (BI – bond index), который имеет четыре градации сцепления цемента с колонной:

- отсутствие контакта – условие, когда среднее значение более 0,8;
- канал в цементе – условие, когда от 3 до 10 каналов подряд имеют значения показателей цементирования более 0,8;
- кавернозный цемент – условие, когда среднее значение более 0,8 и менее 0,2;
- плотный контакт – условие, когда среднее значение менее 0,2.

Таким образом, с помощью прибора АСТ получены внутренний профиль и толщина колонны и пространственное распределение сцепления цемента с колонной. Также надо отметить, что при плотном контакте цемента с колонной ее толщина вычисляется плохо и что прибор МИД является хорошим дополнением для прибора АСТ при расчете толщины.

Аппаратурно-методический комплекс МИД-СК-АСТ для оценки технического состояния эксплуатационных колонн скважин при работе прибора АСТ в режиме «Цементомер» позволяет за один спуско-подъем определять характер сцепления цемента с колонной, внутреннее сечение колонны и ее толщину и дефекты колонны.

Определение тех. состояния колонн (МИД-СК-100)
Скважина: КПС-1

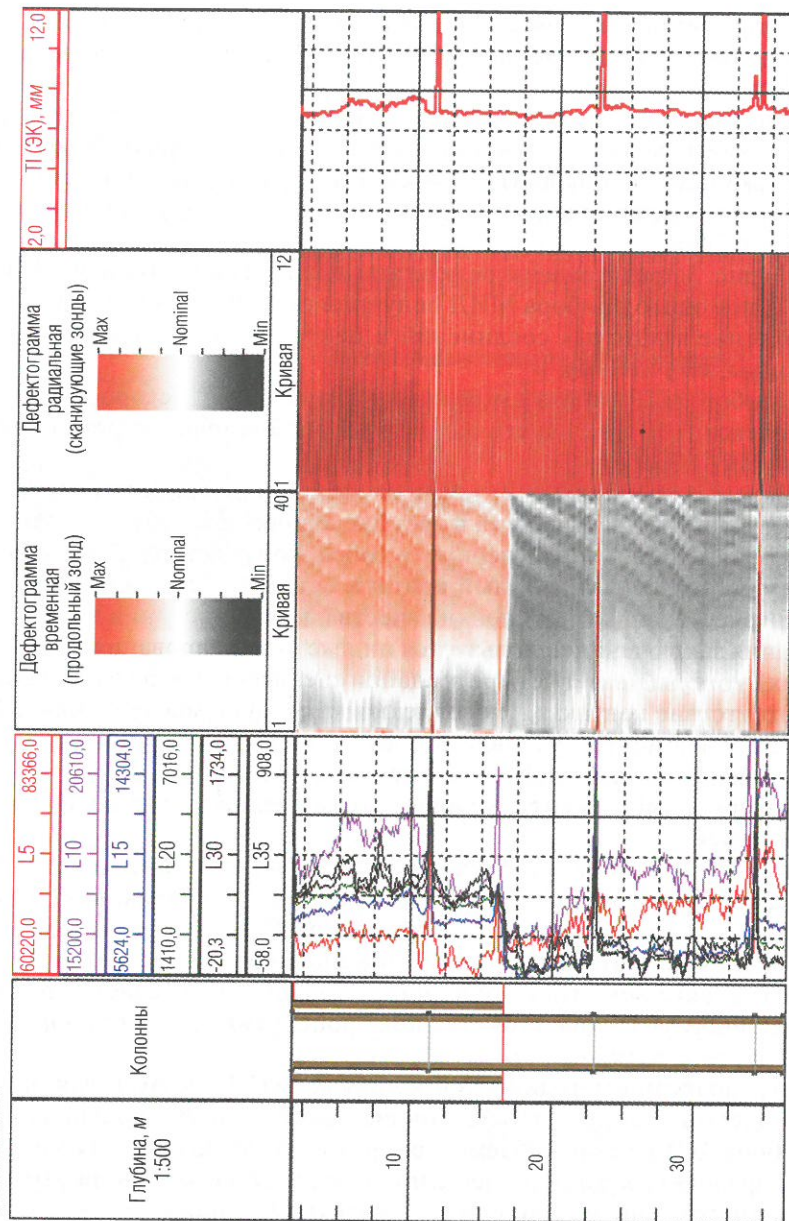


Рис. 3. Результат исследования скважины магнитоимпульсным модулем

Нефтегазгеофизика. Мелкая скважина с дефектами, 03.11.2015

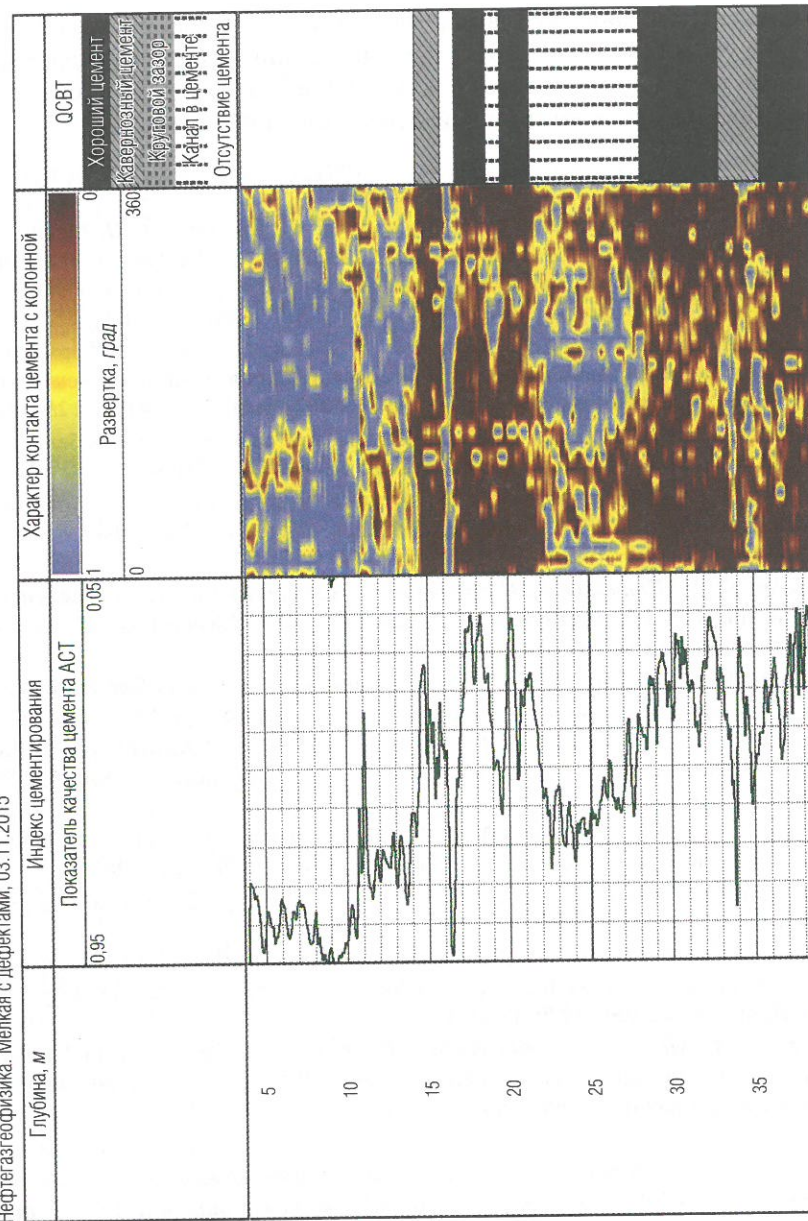


Рис. 4. Результат исследования скважины акустическим модулем в режиме "Цементометр"

При использовании АСТ в режиме “Имиджер” приборы комплекса взаимно уточняют и дополняют друг друга при выявлении дефектов колонны, а также дают возможность определять внутреннее сечение и видеоизображение внутренней поверхности колонны.

ЛИТЕРАТУРА

1. Даниленко В. Н., Даниленко В. В., Кнеллер Л. Е., Потапов А. П. Магнитоимпульсная дефектоскопия-толщинометрия скважин – эффективное средство информационного обеспечения контроля технического состояния обсадных колонн // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2005. Вып. 7 (134). С. 172–185.
2. Зубарев А. П., Аментьев Е. П., Одеров В. В., Венско С. А. и др. Информативность методов диагностики технического состояния эксплуатационных скважин ПХГ // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2000. Вып. 74 (134). С. 125–127.
3. Дефектоскоп-толщиномер магнитоимпульсный сканирующий кабельный МИД-СК-100. Руководство по эксплуатации. ЗАО НПФ “ГИТАС”.
4. Терехов О. В. Применение метода отраженных волн при оценке технического состояния скважин // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 8 (161). С. 56–59.
5. Терехов О. В., Стрелков В. И. Физическое моделирование по определению области применения акустического телевизора // НТВ “Каротажник”. Тверь: Изд. АИС. 2008. Вып. 7 (172). С. 65–70.
6. Broding R. A. Application of the Sonic Volumetric Scan Log to Cement Evaluation // SPWLA 25th Annual Logging Symposium Transactions (1984). Paper JJ.
7. Cathignat D., Sapozhnicov, and Theillere, Y. Comparison of Acoustic Fields Radiated from Piezoceramic and Piezocomposite Focused Radiators // JASA 105 (5). May 1999. P. 2612–2617.
8. Catala G., Stowe I., and Henry D. Method for Evaluation the Quality of Cement Surrounding the Casing of a Borehole. Патент США № 4 703 427. 1987.
9. Havira R. M. Ultrasonic Cement Bond Evaluation // SPWLA 23^d Annual Logging Symposium Transactions, 1982. Paper N.
10. Strozetski B. B., Hilliker D. J., and Oliver D. W. Theoretical and Experimental Development of the Ultrasonic Diplog System // SPWLA 30th Annual Logging Symposium Transactions, 1989. Paper I.
11. Tello L. N., Molder S. D., and Holland R. M. The Fourier Transform Applied to Cased-hole Ultrasonic Scanner Measurements // SPWLA 49th Annual Logging Symposium Transactions, 2008. Paper OO.

*Рукопись рассмотрена на научно-техническом совете
ООО “Нефтегазгеофизика” и рекомендована к публикации*

УДК 550.832

А. С. Варыхалов, В. В. Рыбаков, Н. Е. Пивоварова, А. С. Мухин
ООО “Нефтегазгеофизика”

ДЕФЕКТОСКОПИЯ ОБСАДНЫХ КОЛОНН С ТОЛЩИНОЙ СТЕНКИ БОЛЕЕ 10 мм АКУСТИЧЕСКИМ СКАНИРОВАНИЕМ

Представлены результаты разработки электроакустического преобразователя (метод акустического сканирования на отраженных волнах) для исследования обсадных колонн толщиной более 10 мм.

Ключевые слова: скважина, толщина колонны, электроакустический преобразователь, реверберация, акустический сканер, интерференция.

Одним из основных методов изучения технического состояния обсадных колонн нефтегазовых скважин является метод акустического сканирования. Акустический сканер-телевизор обеспечивает данные для определения толщины стенки обсадной трубы и плотности контакта трубы с цементным камнем. Интерпретация производится путем обработки данных, содержащихся в волновых картинах отражений, вызванных импульсными посылками электроакустического преобразователя, непрерывно вращающегося вокруг оси прибора. Чаще всего сканирование осуществляется методом отраженных волн на прямом луче (метод эхо-сигнала).

При облучении стальной трубы акустическим импульсом с ведущей частотой $F \approx V/2h$, (где h – толщина стенки трубы, V – скорость продольных колебаний в стали), возникает реверберация акустических колебаний. В результате сигнал отражений содержит пакет первого отражения на границе “труба – промысловая жидкость” и колебания реверберации в самой трубе. Ведущая частота последних зависит от толщины стенки трубы, а амплитуда и длительность – от плотности контакта трубы и цементного кольца. При плотном контакте реверберация минимальна, колебания имеют малую амплитуду и высокий декремент затухания.

Разработанный в 2004 г. и находящийся в эксплуатации в настоящее время сканер АСТ-1 имеет существенный недостаток, обусловленный узким диапазоном измерения толщины стенки в 6–10 мм и, следовательно, определения качества цементирования колонн, в то время