УДК 550.372

А.А.МИЛЛЕР, *канд. техн. наук, доцент, andreymiller@yandex.ru*
Национальный минерально-сырьевой университет «Горный», Санкт-Петербург
А.В.МИЛЛЕР, *канд. геол-минерал. наук, geo22@list.ru*
С.В.СТЕПАНОВ, *ведущий инженер, geo22@list.ru*
В.Г.СУДНИЧНИКОВ, *ведущий инженер, geo22@list.ru*
Е.М.МУРЗАКОВ, *ведущий конструктор, geo22@list.ru*
О.М.КАЗАКОВА, *старший научный сотрудник, geo22@list.ru*
ОАО НПП «ВНИИГИС», г.Октябрьский, Башкортостан

A.A.MILLER, *PhD in eng. sc., associate professor, andreymiller@yandex.ru*
National Mineral Resources University (*Mining University*), *Saint Petersburg*
A.V.MILLER, *PhD in geol. & min. sc., geo22@list.ru*
S.V.STEPANOV, *leading engineer, geo22@list.ru*
V.G.SUDNICHNIKOV, *leading engineer, geo22@list.ru*
E.M.MURZAKOV, *leading design engineer, geo22@list.ru*
O.M.KAZAKOVA, *senior research assistant, geo22@list.ru*
OJSC NPP «VNIIGIS», Oktyabrskiy, Bashkortostan

ОБСЛЕДОВАНИЕ ОБСАДНЫХ КОЛОНН НЕФТЕГАЗОВЫХ СКВАЖИН МЕТОДОМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЙ ДЕФЕКТОСКОПИИ

Разработанные во ВНИИГИС приборы электромагнитной дефектоскопии позволяют изучать состояние колонны нефтегазовых скважин без подъема насосно-компрессорной трубы (приборы малого диаметра ЭМДС-ТМ-42) и проводить углубленное обследование состояния колонны прибором большого диаметра с прижимными зондами (ЭМДС-С). Приведены примеры работ в Омане, России и Китае по обследованию скважин на предмет обнаружения дефектов и подтверждения наличия сверлящей перфорации.

***Ключевые слова*:** нефтяные и газовые скважины, электромагнитная дефектоскопия, дефекты колонны, сверлящая перфорация, ЭМДС-ТМ-42, ЭМДС-С.

INSPECTION OF OIL AND GAS WELLS CASING BY THE METHOD OF ELECTROMAGNETIC FLAW DETECTION

Logging tools for electromagnetic flaw detection, developed in VNIIGIS, provide inspecting well conditions with and without (EMDS-TM-42 tools) lifting of compressor tubing. In case of inspecting with lifting of tubing (EMDS-S tool) we can observe holes, made by drilling perforation tool. Examples of logging investigations in Russia, Oman and China are presented.

***Key words*:** oil and gas bore hole, electromagnetic flaw detection, drilling perforation, EMDS-TM-42, EMDS-S.

Электромагнитная дефектоскопия является важной составной частью комплекса геофизических методов изучения технического состояния скважин. Дефектоскопия с отечественными приборами ЭМДС-ТМ-42 активно используется геофизическими предприятиями в России, странах СНГ, а также в Китае, Германии, Ираке, Кувейте, Омане. На ряде предприятий в Западной Сибири, в Татарстане и Башкортостане для

детального обследования скважин применяется также сканирующий дефектоскоп ЭМДС-С. С помощью электромагнитной дефектоскопии оценивают возможность дальнейшей эксплуатации колонн, необходимость их ремонта, выбирают оптимальные методы ремонта*.

Рассмотрим результаты обследования скважин на одном из нефтяных месторождений Омана. Верхняя часть разреза здесь сложена высокопроницаемыми рыхлыми известняками. По этой причине бурение верхнего интервала скважины происходит практически с полной потерей бурового раствора, и при цементировании не удается поднять цемент за колонной. Техническая обсадная колонна диаметром 340 мм подвергается интенсивной коррозии под воздействием кислородсодержащих вод, что может привести к потере герметичности. А поскольку межтрубное пространство также не заполнено цементом, коррозия может затрагивать и эксплуатационную колонну диаметром 245 мм. В задачу электромагнитной дефектоскопии входит раздельное выявление и оценка степени проявления коррозии в эксплуатационной и технической колоннах, так как развитие коррозии в эксплуатационной колонне значительно опаснее при дальнейшей эксплуатации скважины. Программа интерпретации, вычисляющая толщину стенок обеих колонн и выполняющая автоматическое построение плана изолиний сигнала и схему конструкции скважины, использует для разделения дефектов во внутренней и наружной трубах различный вид аномалий кривых в зависимости от задержки, т.е. от времени измерения сигнала после выключения зондирующего импульса тока. Дефекты внутренней трубы видны уже на самых ранних задержках, а дефекты наружной трубы начинают проявляться на более поздних.

В марте 2011 г. на расстоянии 8 м от устья одной из нагнетательных скважин образовался грифон. Нагнетаемая под большим давлением вода вырвалась на поверхность. Скважину остановили, попытались ремонтировать, но буровой инструмент не проходил глубже 96 м, что указывало на повреждение стенок колонны. Чтобы разобраться в причинах и механизме прорыва воды, провели электромагнитную дефектоскопию. Результаты дефектоскопии показаны на рис.1.

На рис.1 под шифром T_245 и T_340 показана толщина стенки соответственно колонн внешним диаметром 245 и 340 мм в миллиметрах (результат интерпретации); кривые A1, A5 и A9 – значения ЭДС спада зонда А (большого осевого) на временах 7; 17 и 31 мс, все в условных единицах (единица аналого-цифрового преобразователя (АЦП) соответствует 4,88 мВ).

В верхнем аномальном интервале 32-86 м наблюдается общее понижение уровня, локальные минимумы при большой задержке (кривые A5 и A9) и максимумы кривых или отсутствие аномалий при малой задержке A1. В соответствии с результатами теоретических расчетов и модельными измерениями, такое поведение кривых однозначно указывает на то, что коррозия повредила только внешнюю колонну и не затронула внутреннюю колонну. Уменьшение толщины стенок колонны диаметром 340 мм, осредненное по окружности, достигает 20 %. Напротив, в нижней аномалии на глубине 96 м весьма интенсивные локальные минимумы кривых наблюдаются уже на ранних задержках, и, значит, глубокая коррозия вплоть до

*Патент 2330276 (РФ), МПК G01N27/82. Способ электромагнитной дефектоскопии обсадных колонн в скважине и электромагнитный дефектоскоп для его реализации / А.А.Миллер, В.К.Теплухин, А.В.Миллер, Е.М.Мурзаков, С.В.Степанов, В.Г.Судничников, А.В.Судничников. Опубл. 27.07.2007. Бюл. № 21.

RF Patent 2330276, G01N27/82. Mean of electromagnetic search of flaw in borehole casing and electromagnetic logging tool for it / A.A.Miller, V.K.Teplukhin, A.V.Miller, E.M.Murzakov, S.V.Stepanov, V.G.Sudnichnikov, A.V.Sudnichnikov. Publ. 27.07.2007. Bul. № 21.

Опробование электромагнитной диагностики обсадных колонн и насосно-компрессорных труб аппаратурой ЭМДС-ТМ-42ТС на нефтяных объектах Китая / В.К.Теплухин, А.А.Миллер, А.В.Миллер, А.В.Судничников, В.Г.Судничников С.В.Степанов. // НТВ «Каротажник». Тверь: Изд-во АИС. 2010. Вып.4 (193). С.13-23.

Teplukhin V.K., Miller A.V., Miller A.A., Sudnichnikov A.V., Sudnichnikov V.G., Stepanov S.V. Test of electromagnetic flaw search logging tool EMDS-TM-42TS for casing and tubing research on China oil fields // NTV «Karotazhnik». Tver: AIS publishing house. 2010. Iss.4 (193). P.13-23.

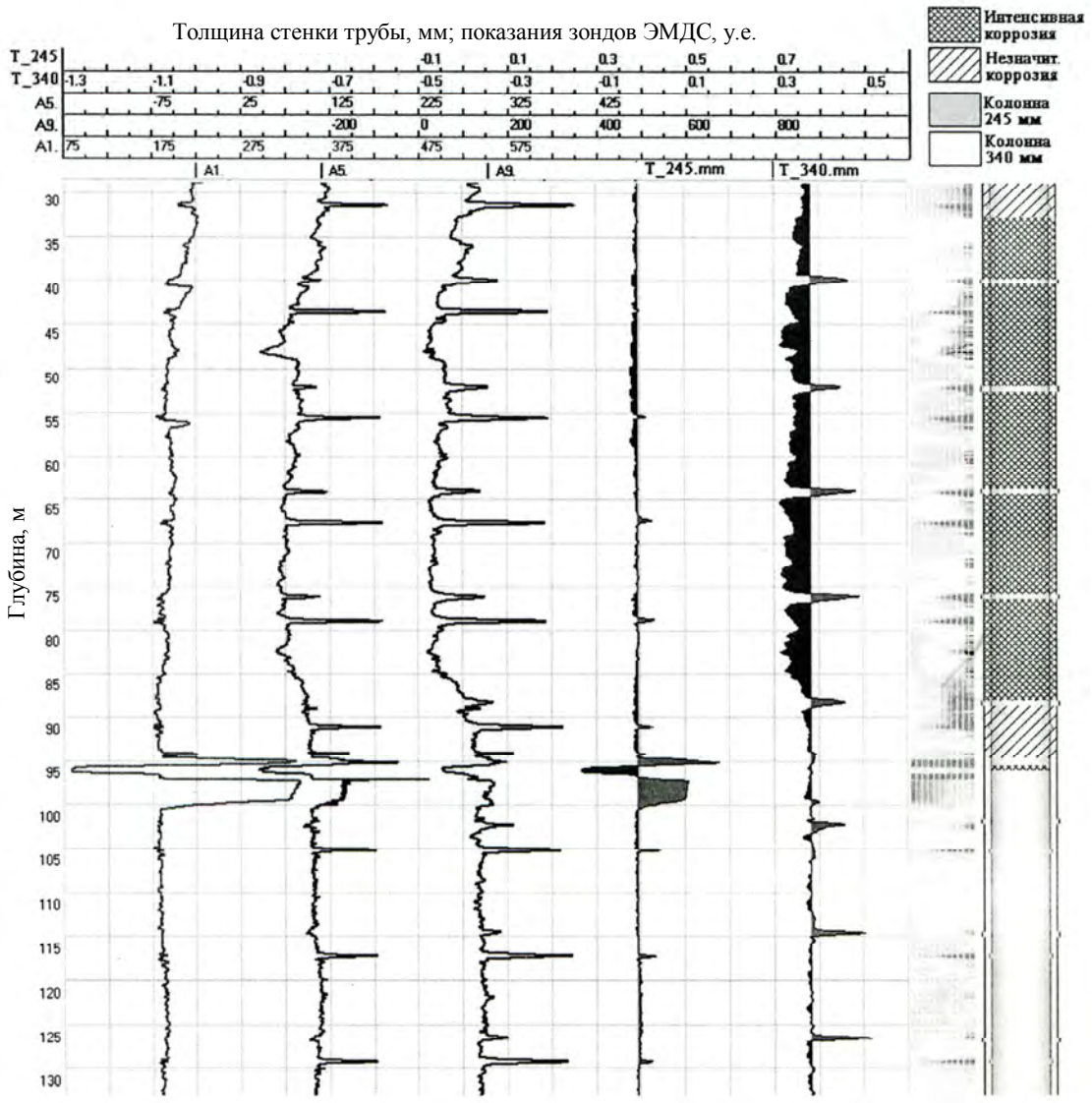


Рис. 1. Разрушение стенок внутренней колонны 245 мм на глубине 96 м и интенсивное коррозионное повреждение внешней колонны 340 мм в интервале 32-88 м по данным дефектоскопии с прибором ЭМДС-ТМ-42

обширного сквозного дефекта развивается в эксплуатационной колонне диаметром 245 мм.

В другой скважине (рис.2) обнаружены проявления относительно слабого повреждения стенок на начальном этапе развития коррозии: средняя толщина стенок эксплуатационной колонны диаметром 245 мм уменьшилась не более чем на 10 %, а толщина стенок технической колонны – на 5 % и менее.

На рис.2 под шифром T_245 и T_340 показана толщина стенки соответственно колонн внешним диаметром 245 и 340 мм в миллиметрах (результат интерпретации); кривая С3 – значения ЭДС спада зонда С (малого осевого) на времени 3 мс; А2, А7 и А9 – значения ЭДС спада зонда А (большого осевого) на временах 8; 20 и 31 мс, все в условных единицах (единица АЦП соответствует 4,88 мВ).

Таким образом, глубина проникновения коррозии в обеих колоннах в настоящее время относительно невелика, что позволяет пока эксплуатировать эту скважину без проведения ремонта, в отличие от предыдущей скважины. Однако требуется периодическое повторение дефектоскопии, чтобы своевременно заметить критическое состояние колонны и организовать ремонт, не допуская потери герметичности.

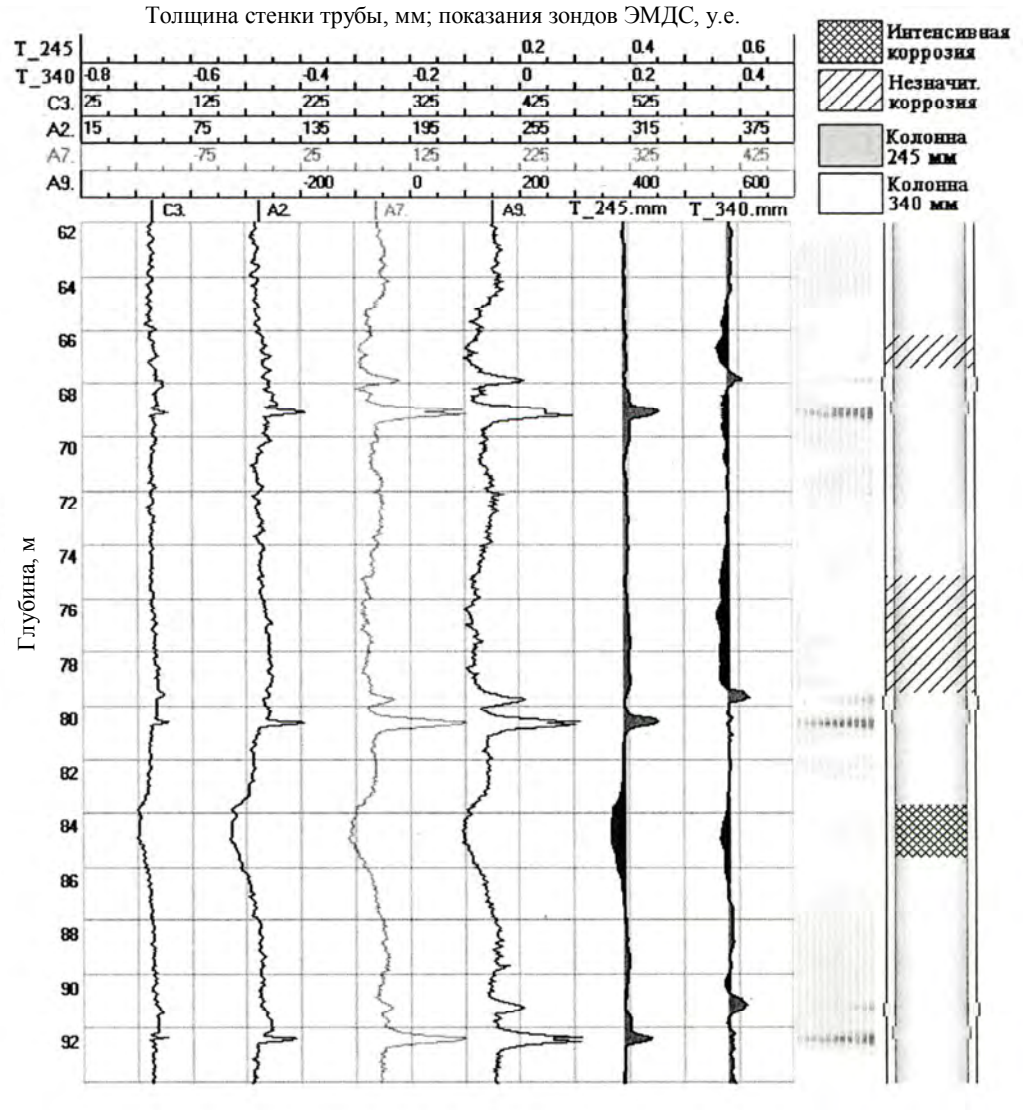


Рис.2. Начальное проявление коррозии внутренней колонны 245 мм в нижнем интервале и внешней колонны 340 мм в двух верхних интервалах

На стадии строительства скважин электромагнитная дефектоскопия помогает выявить повреждения обсадных колонн бурильными трубами, определить положение и форму дефектов, что весьма важно для успешной ликвидации аварий. Рассмотрим пример исследований глубокой скважины в Китае. Для проходки глубоких горизонтов верхний интервал скважины был обсажен колонной диаметром 245 мм. Но при очередном спуске буровой инструмент остановился на глубине около 3600 м, что заставило предположить смятие колонны. Было решено расширить проходное отверстие с помощью фрезерования. Оказалось, что после этого колонна потеряла герметичность.

Чтобы планировать дальнейшие действия, были проведены геофизические исследования расходомером и комплексным прибором, содержащим российский модуль электромагнитной дефектоскопии ЭМДС-ТМ-42М и китайский модуль многорычажного профилемера DDS89B-20.

Интенсивные аномалии наблюденных кривых всех зондов дефектоскопа (рис.3) указывали на наличие серьезного повреждения колонны на глубине 3597-3598,2 м.

На рис.3 под шифром Th,mm показана толщина стенки колонны внешним диаметром 245 в миллиметрах (результат интерпретации); кривая С2 – значения ЭДС

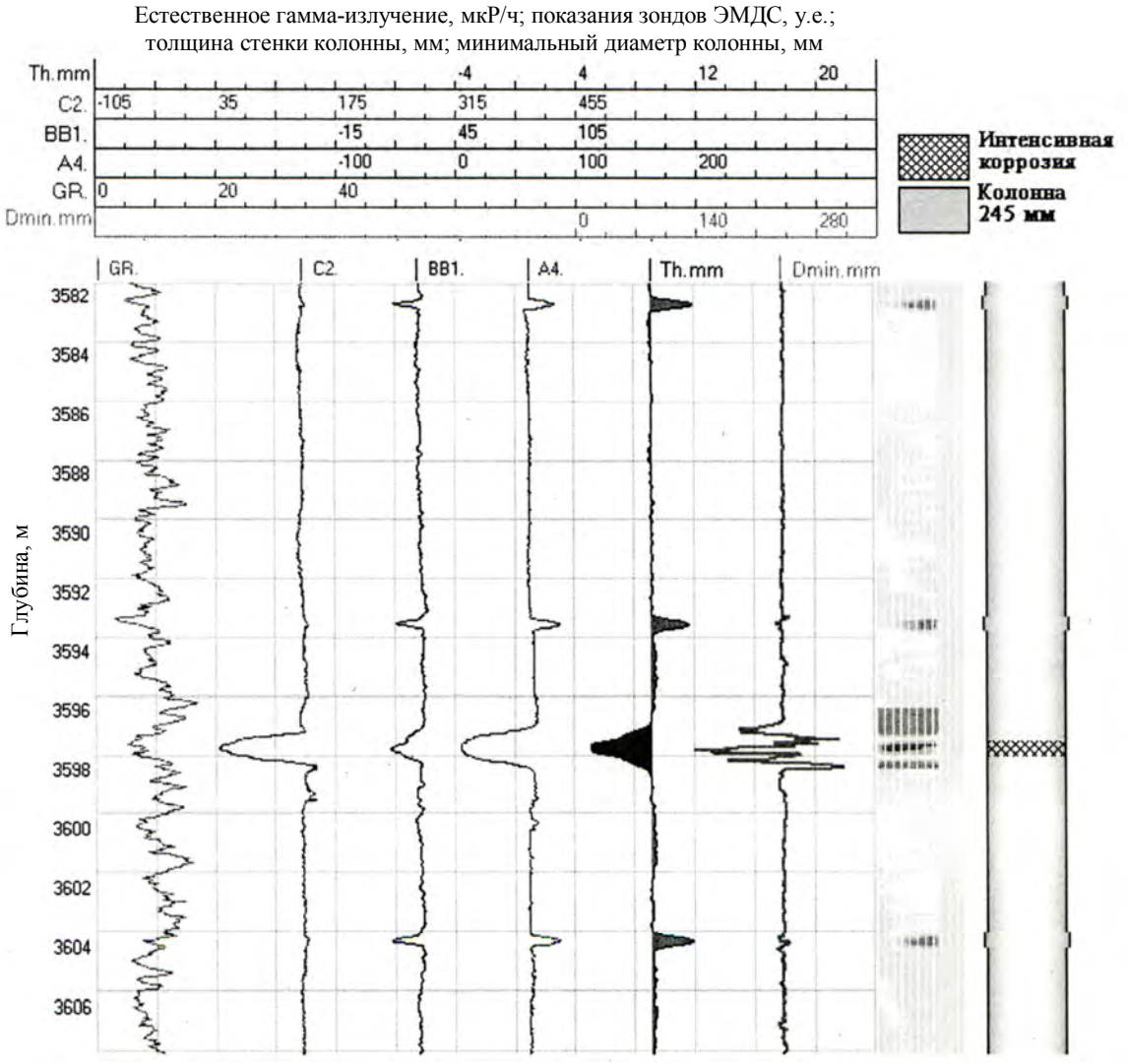


Рис.3. Наблюденные кривые, кривая толщины стенки, план изолиний сигнала, схема конструкции колонны по данным дефектоскопа ЭМДС-ТМ-42 и минимальный внутренний диаметр по данным профилемера DDS89B-20

спада зонда С (малого осевого) на времени 2,5 мс, ВВ1 – значения ЭДС спада зонда ВВ (второго поперечного) на времени 9 мс, А4 – значения ЭДС спада зонда А (большого осевого) на времени 12 мс, все в условных единицах (единица АЦП соответствует 4,88 мВ); GR – интенсивность естественного гамма-излучения, мкР/ч; Dmin,mm – минимальный внутренний диаметр колонны, мм, по данным многорычажного профилемера.

Эффективная толщина стенок, осредненная по окружности, уменьшается примерно вдвое по сравнению с номинальной толщиной. Профилемер показал резкие изменения внутреннего диаметра колонны (кривая Dmin.mm). Более того, рычаги профилемера зацепили и подняли на поверхность куски разрушенной стенки колонны.

Таким образом, данные дефектоскопии и профилеметрии подтвердили смятие колонны и указали на разрушение стенки при фрезеровании в интервале 3597-3598,2 м. Возможным методом ремонта скважины представляется установка дополнительной колонны меньшего диаметра.

При строительстве и капитальном ремонте скважин, когда в скважине нет насосно-компрессорных труб, успешно используется сканирующий электромагнитный дефектоскоп ЭМДС-С. В частности, он решает задачу, недоступную другим электромагнитным дефектоскопам: выделить

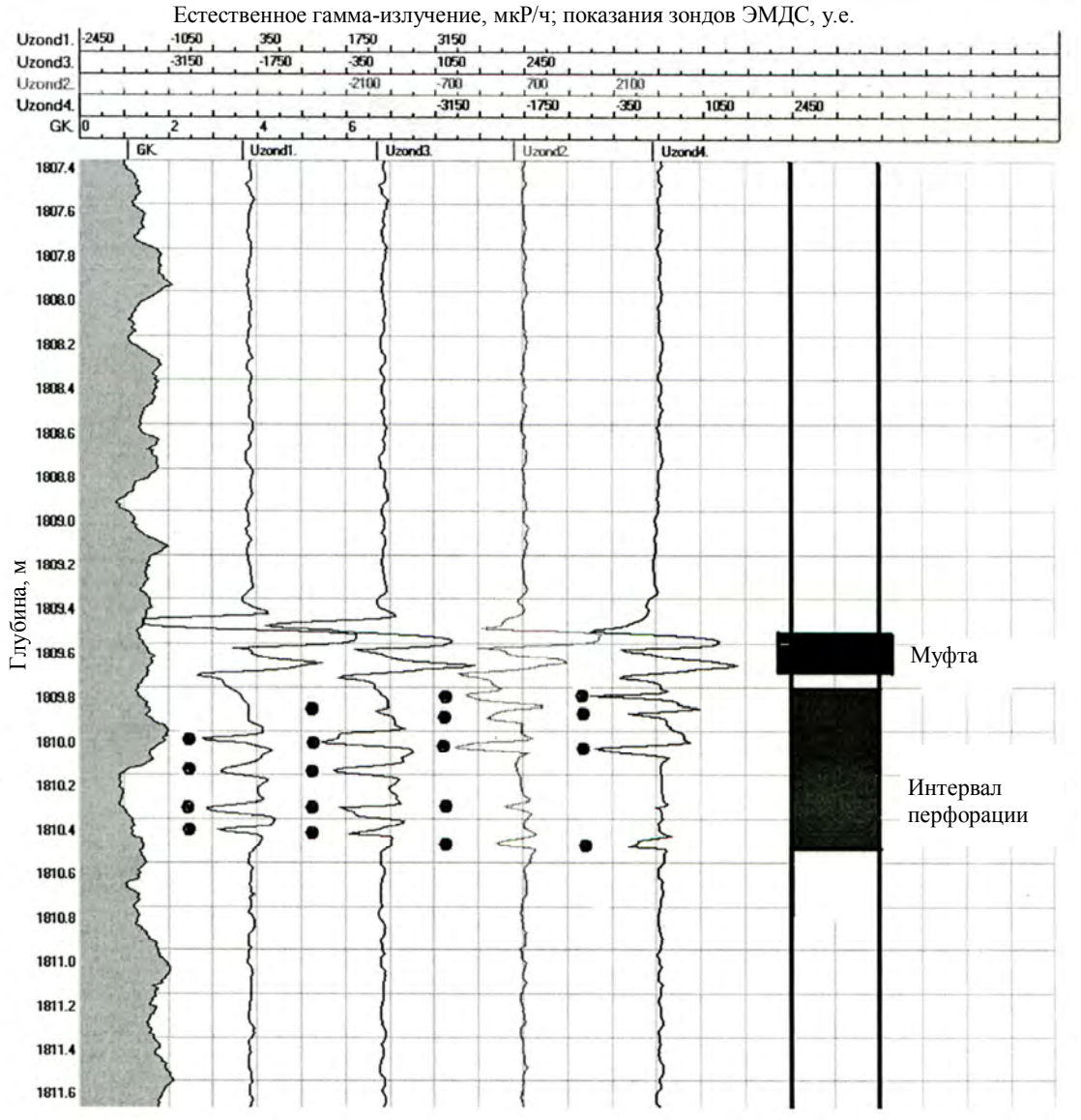


Рис.4. Контроль сверлящей перфорации сканирующим дефектоскопом ЭМДС-С

все отверстия сверлящей перфорации по отдельности, если только они расположены на расстоянии не меньше 10 см от соседних отверстий. Блок гамма-каротажа, установленный в дефектоскопе, позволяет произвести точную привязку интервала перфорации к разрезу.

На рис.4 показано, как с помощью дефектоскопа ЭМДС-С проверяется глубина и протяженность интервала сверлящей перфорации, количество и взаимное расположение отверстий по образующим колонны. В данном случае глубина и количество отверстий с удовлетворительной точностью соответствуют проектному заданию. Проектом предусматривалось разместить отверстия по четырем образующим колонны, и, как видно по данным каротажа ЭМДС-С, это полностью выполнено.

Однако основным назначением сканирующего дефектоскопа ЭМДС-С является детальное обследование состояния обсадной колонны. Прибор позволяет выявить не только интервалы коррозии, но и малые коррозионные язвы и отверстия, трещины, получить развертку толщины стенок колонны. На рис.5 показан пример весьма интенсивного проявления коррозии в нижнем интервале скважины. На развертке толщины стенок видно, что коррозия развивается не

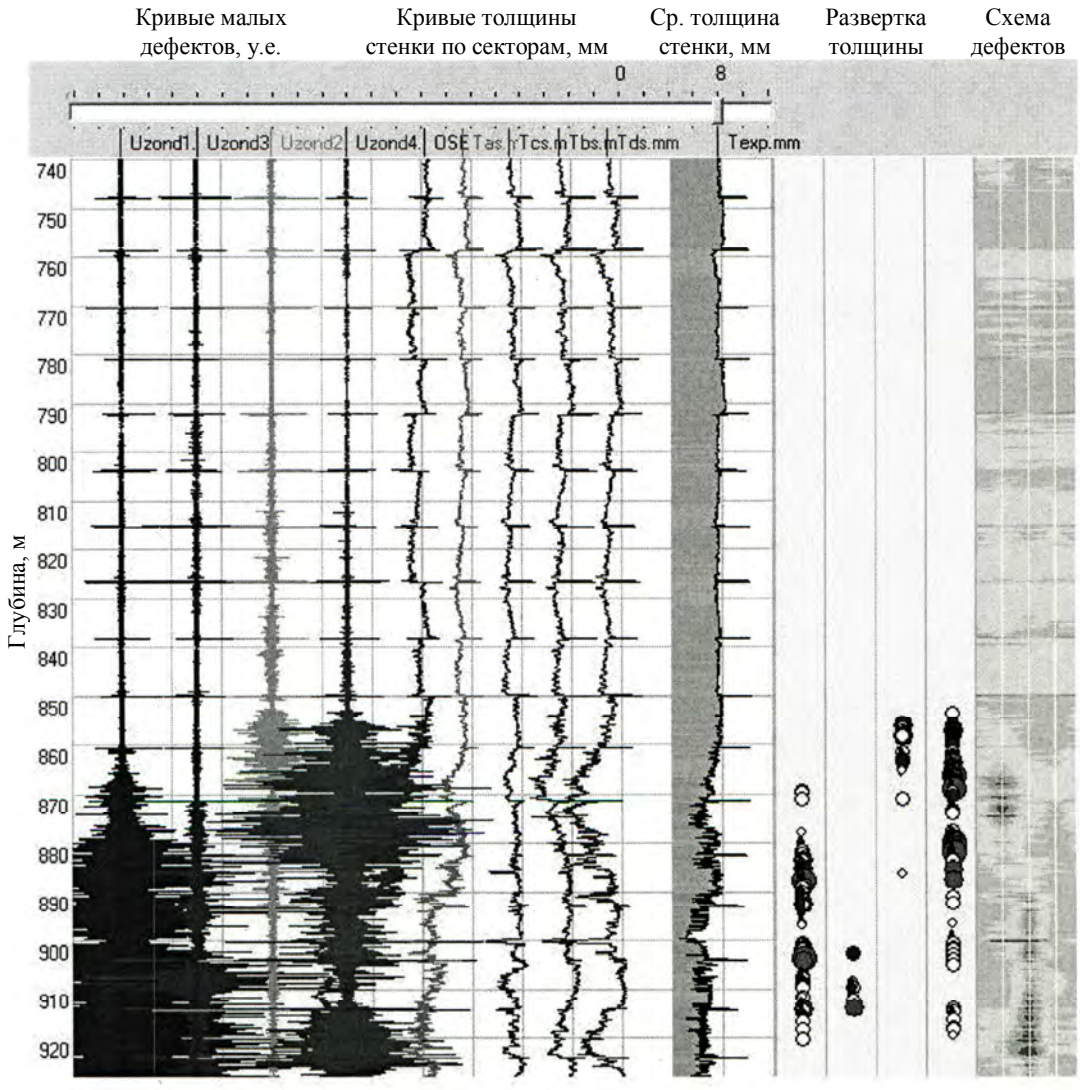


Рис.5. Интенсивная коррозия стенок колонны по данным сканирующего дефектоскопа ЭМДС-С

равномерно по окружности колоны, а поражает только некоторые секторы. Учитывая обширность и глубину поражения стенок, единственно возможным методом ремонта этой скважины представляется спуск дополнительной колонны меньшего диаметра.

Таким образом, метод электромагнитной дефектоскопии позволяет решать задачи обнаружения дефектов в колоннах нефтяных и газовых скважин, в том числе при многоколонной конструкции скважины, т.е. когда трубы образуют несколько концентрических слоев. При этом дефекты обнаруживаются как во внутренней трубе такой конструкции, так и во внешней. Сканирующий дефектоскоп ЭМДС-С с прижимными зондами позволяет обнаруживать отверстия сверлящей перфорации, что является уникальной характеристикой среди приборов подобного типа.