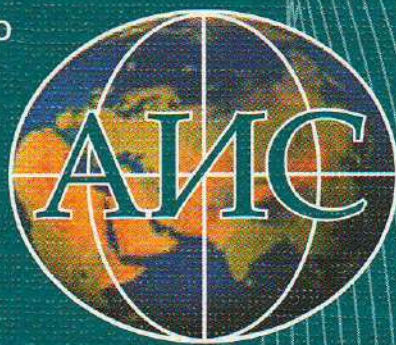


МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО
И ДЕЛОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ
ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАБОТАМ В СКВАЖИНАХ

ISSN 1810-5599



3

(237)



ООО НПФ «АМК ГОРИЗОНТ»
15 лет

КАРОТАЖНИК

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ВЕСТНИК

ТВЕРЬ 2014

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

Главный редактор
Н. С. Березовский

Зам. гл. редактора,
научный редактор
Ю. И. Кузнецов, д. г.-м. н., проф.

Отв. редактор С. В. Ларева

Редактор И. В. Шункова

Члены редакционной коллегии:

Ю. Н. Бармаков, д. т. н., проф.

Я. Н. Басин, д. т. н., проф. (США)

А. М. Блюменцев, д. т. н., проф.

А. Ф. Боярчук, к. г.-м. н.

Р. А. Валиуллин, д. т. н., проф.

В. А. Велижанин, к. т. н.

И. Н. Гайворонский, д. т. н., проф.

С. А. Дудаев, д. т. н.

Ф. Х. Еникеева, д. т. н.

В. Ю. Зайченко, д. г.-м. н.

В. И. Иванников, д. т. н., проф.

Л. Е. Кнеллер, д. т. н., проф.

Н. Г. Козыряцкий, к. т. н.

В. Ф. Козяр, д. т. н., проф.

А. К. Коньсов, д. т. н. (Казахстан)

М. Д. Красножон, д. геол. н.

(Украина)

А. А. Кременецкий, д. г.-м. н., проф.

О. Л. Кузнецов, д. т. н., проф.

Э. Е. Лукьянов, д. т. н.

А. В. Малинин, к. г.-м. н.

Ф. П. Митрофанов, д. г.-м. н.,

проф., академик РАН

А. А. Молчанов, д. т. н., проф.

Т. Н. Нестерова, к. т. н.

Г. А. Павленко, к. т. н.

В. А. Трофимов, д. г.-м. н., проф.

В. Г. Фоменко, д. г.-м. н., проф.

Р. Т. Хаматдинов, д. т. н., проф.

М. И. Эпов, д. т. н., проф.,

академик РАН

Г. Г. Яценко, д. г.-м. н.

Издательство "АИС"

Россия, 170041, г. Тверь,
ул. Зинаиды Коноплянниковой,
д. 17, корп. 1

Лицензия ЛР № 030838

от 29 июня 1998 г.

Свидетельство ПИ № 77-36891

от 20 июля 2009 г.

Индекс Роспечати – 82015.

ISSN 1810-5599.

Подписано в печать 3.03.2014.

Формат 60/84 1/16. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 10,5. Уч.-изд. л. 10,5.

Тираж 1130. Зак. № 1444.

Компьютерная верстка, макет

ООО "Издательство "Триада".

Отпечатано в ООО "Тверская
фабрика печати".

© Издательство "АИС", 2014



Научно-технический вестник

(рецензируемое издание)

Год издания двадцать третий

КАРОТАЖНИК

Выпуск 3 (237)

Посвящен 15-летию

ООО НПФ "АМК ГОРИЗОНТ"

ТВЕРЬ
2014

УДК 550.832.5

*Н. М. Зараменских, Л. Г. Леготин, А. М. Султанов,
В. Я. Ибрагимов, Д. Р. Магановетдинов
ООО НПФ "АМК ГОРИЗОНТ"*

РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НЕЙТРОННОГО КАРОТАЖА С ЗОНДАМИ НА БУРИЛЬНЫХ ТРУБАХ

Показано, что на результаты исследований горизонтальных скважин зондами нейтронного каротажа значительное влияние оказывают диаметр скважины, минерализация пластового флюида, отрыв прибора от стенки кавернозной скважины. На основании модельных работ получены оценки влияния диаметра скважины и промежуточной зоны для случая высокоминерализованных буровых растворов.

Ключевые слова: нейтронный каротаж, автономные комплексы, минерализованные растворы, горизонтальные скважины, кавернозность.

Увеличение объемов бурения боковых и горизонтальных стволов скважин и необходимость проведения в них геофизических исследований привели к появлению альтернативных кабельному варианту способов доставки скважинных приборов в интервал исследований. Одним из таких способов является каротаж на бурильных трубах, главное достоинство которого – возможность проведения исследований практически при любом техническом состоянии скважины. К недостаткам способа следует отнести влияние на показания зондов, включая и зонды нейтронного каротажа, диаметра скважины, каверн, шлама, плотности бурового раствора и его минерализации, искривления траектории ствола (рис. 1).

Потребовалось оценить влияние перечисленных факторов и разработать алгоритмы их учета. Заметим, что в рассматриваемом способе доставки приборов в исследуемый интервал измерительные зонды являются частью жесткой конструкции из бурильных труб, причем ее конечной частью (рис. 1). Жесткая конструкция “бурильные трубы – скважинный прибор” обеспечивает прижим прибора к стенке наклонной скважины только в интервалах номинального диаметра, где лежит труба. В любом кавернозном интервале будет реализовываться геометрия “отклонение прибора от стенки скважины”, поскольку

длина бурильной трубы заведомо превышает самые протяженные кавернозные участки. Поэтому актуальность учета геометрического фактора при ГИС на бурильных трубах и при использовании высокоминерализованных буровых растворов по сравнению с кабельными вариантами существенно усиливается.

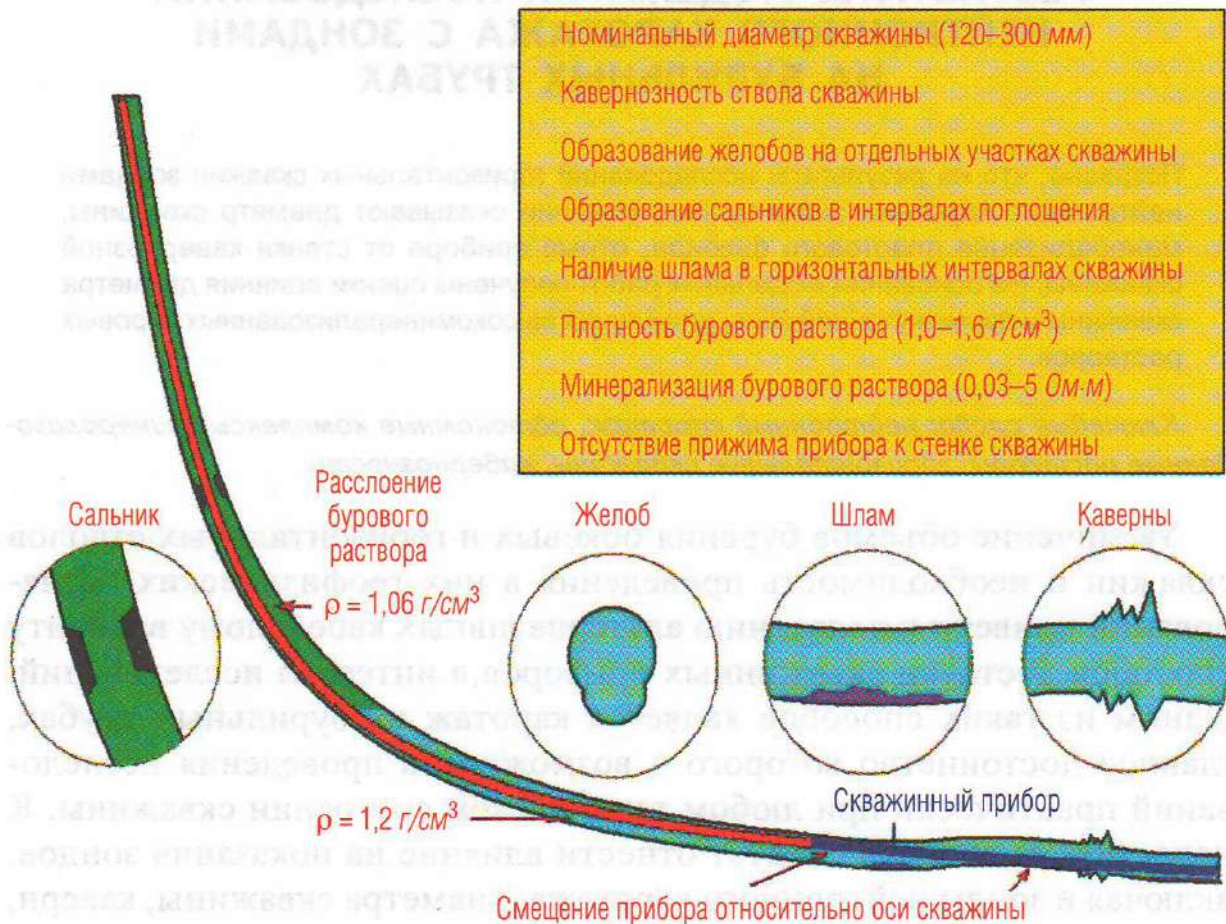


Рис. 1. Факторы, влияющие на результаты нейтронного каротажа при исследовании горизонтальных скважин приборами на бурильных трубах

Для оценки погрешностей, связанных с влиянием вышеперечисленных факторов на показания зондов ННК, был проведен цикл измерений в моделях пористости при заполнении скважины как пресной, так и минерализованной водой. Использован автономный модуль 2ННК–НГК из состава комплексного прибора “ГОРИЗОНТ-90” с зондом, аналогичным зонду СРК. Основное конструктивное отличие используемых зондов от обычных (СРК) заключается в толщине ох-

ранного кожуха, которая в автономном приборе примерно в полтора раза больше. Влияние промежуточной зоны между зондом и стенкой скважины изучалось путем измерений в моделях с прижатым и центрированным в скважине прибором.

Результаты исследований приведены на рис. 2–4. На рис. 2 даны показания зондов прибора РК (2ННК-Т-НГК) в зависимости от коэффициента пористости моделей и диаметра скважин при заполнении скважин пресной водой. Влияние кавернозности имитировалось изменением расстояния между прибором и стенкой скважины. Влияние отрыва прибора от стенки скважины при заполнении пресной водой на показания зондов ННК-НГК и погрешность в оценке пористости в этом случае показаны на рис. 3, на котором видно, что мало изменяющаяся погрешность в показаниях зондов отмечается при локализации прибора ближе к центру скважины.

Следовательно, если проводить измерения с центрированным прибором и использовать соответствующие палетки, влияние расцентровки прибора на показания зондов будет существенно меньше, чем в геометрии “прибор у стенки скважины”, поскольку в последнем случае даже незначительный отход прибора от стенки приводит к резкому росту погрешности.

В настоящее время при бурении все больше используются безглинистые высокоминерализованные полимерные буровые растворы. Поэтому были проведены аналогичные исследования по оценке их влияния на показания прибора РК при центрированном и прижатом к стенке скважины приборе РК. В качестве минерализованного раствора использована пластовая девонская вода плотностью $1,18 \text{ г/см}^3$, имеющая электрическое сопротивление $0,05 \text{ Ом}\cdot\text{м}$. Результаты моделирования и поправки за изменение геометрии измерений приведены на рис. 4. Как и следовало ожидать, в скважинах большого диаметра перемещение прибора к центру скважины может привести к погрешности измерения пористости, превышающей номинальное измеряемое значение. В скважинах, имеющих сложный профиль ствола, высока вероятность того, что связка приборов в отдельные моменты может быть центрирована, как это видно из стилизованного рис. 1. Поэтому полученные погрешности являются предельными для высокоминерализованных буровых растворов.

Пример эффективности внесения поправок за минерализацию промывочной жидкости в данные ННК-НГК приведен на рис. 5.

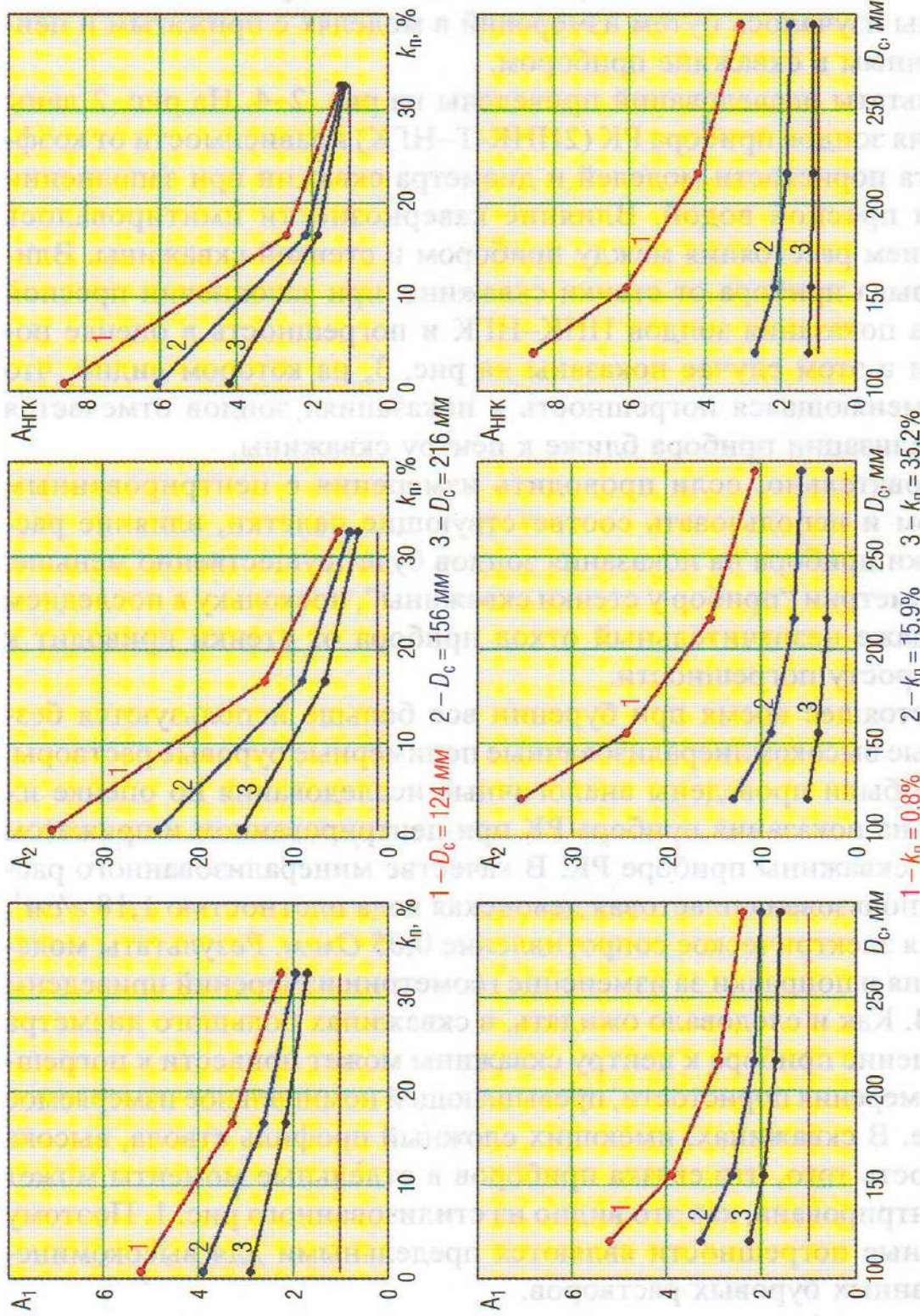


Рис. 2. Зависимости показаний зондов ННК-25, ННК-50, НГК от пористости пласта и диаметра скважины: А₁, А₂, А_{НГК} – нормированные на показания в воде интенсивности счета малого и большого зондов ННК и НГК соответственно

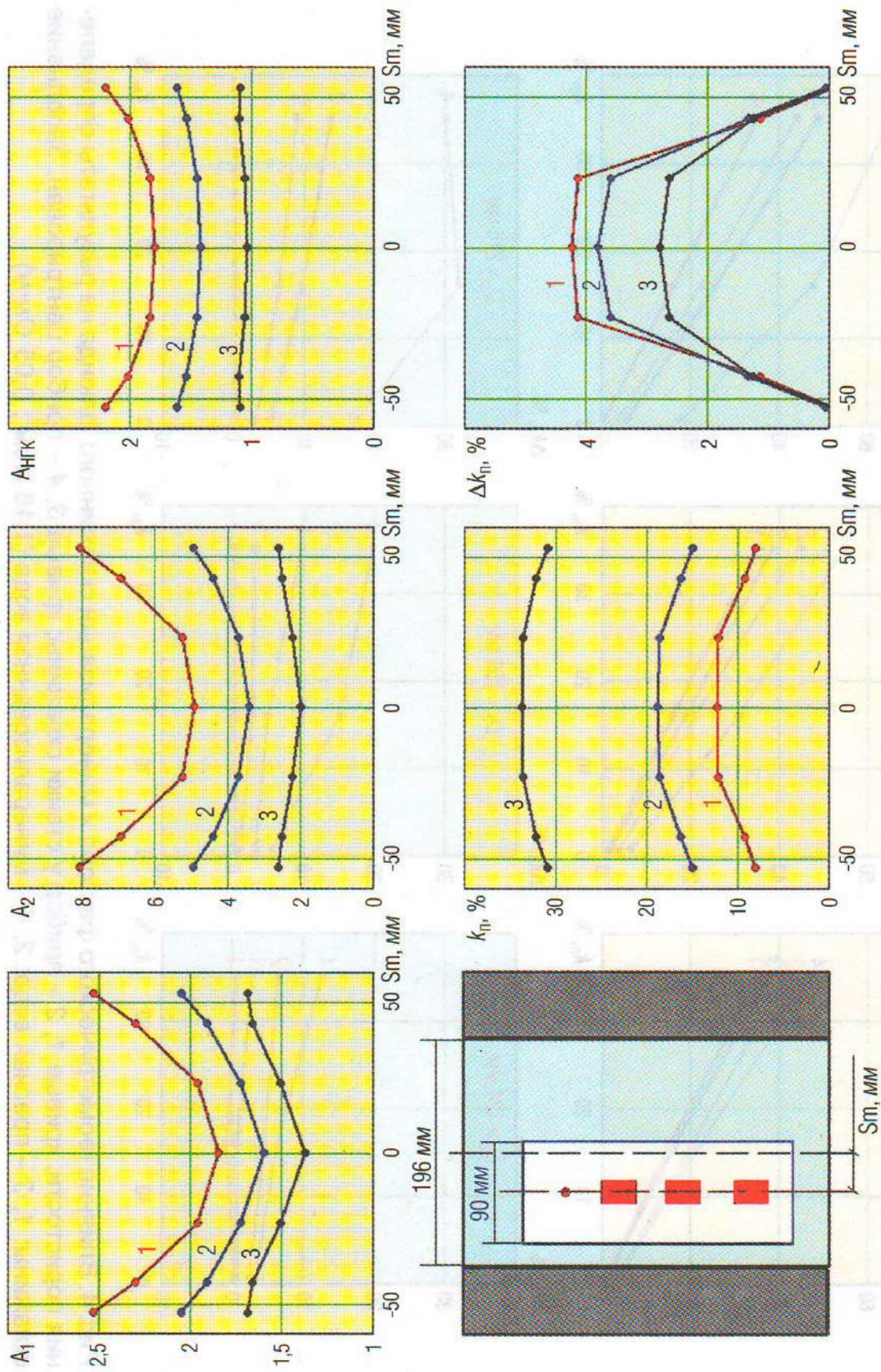


Рис. 3. Влияние промежуточного слоя, расположенного между прибором и стенкой скважины, на показания зондов 2ННК-Т, НГК. Пористость моделей: 1 – 8%; 2 – 15%; 3 – 31%

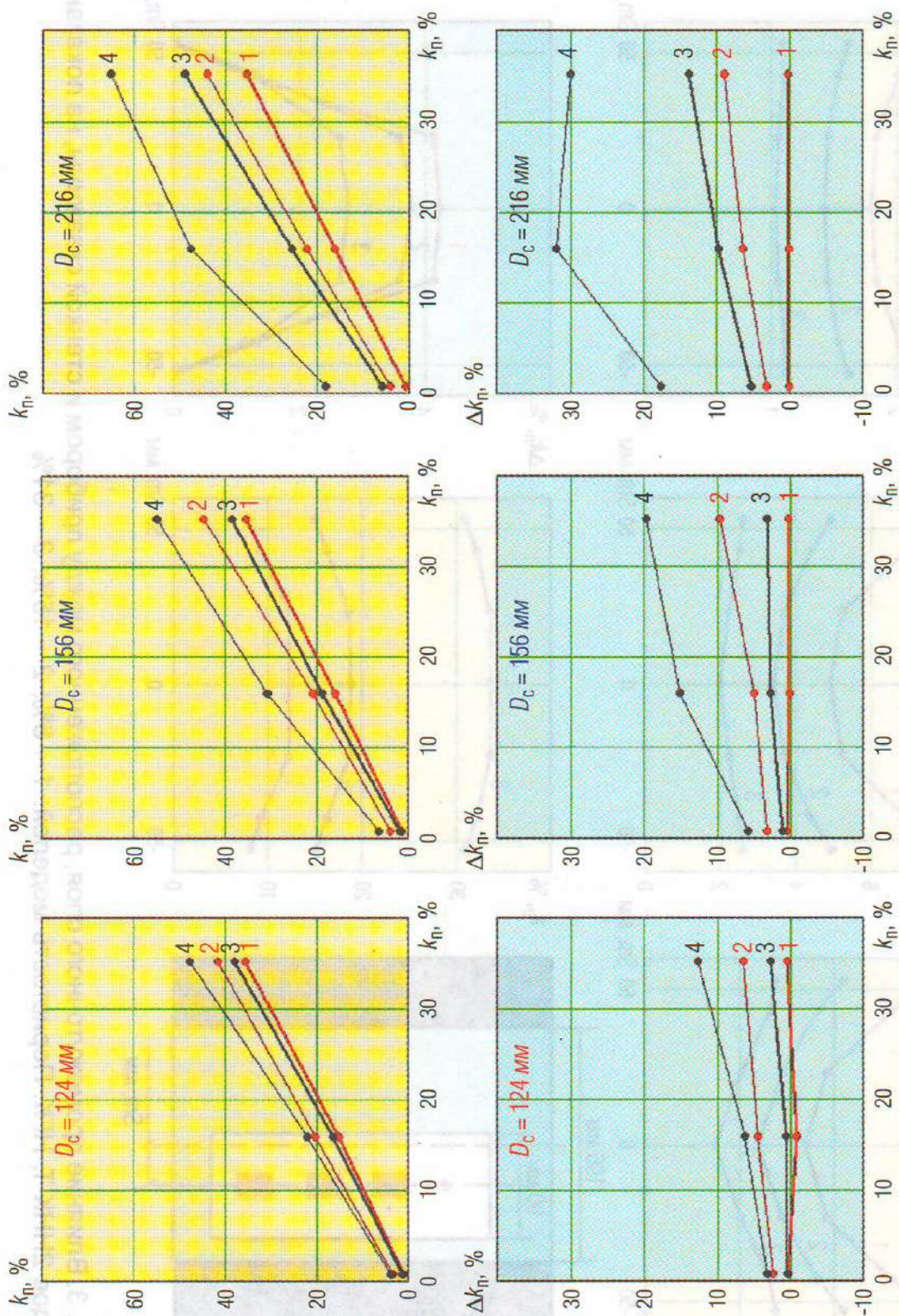


Рис. 4. Влияние геометрического фактора и минерализации скважинного флюида на результаты определения пористости: кривые 1, 2 – прибор у стенки скважины; кривые 3, 4 – прибор центрирован. Заполнение скважины: 1, 3 – пресная вода; 2, 4 – минерализованная вода ($1,18 \text{ г/см}^3$; $0,05 \text{ Ом}\cdot\text{м}$)

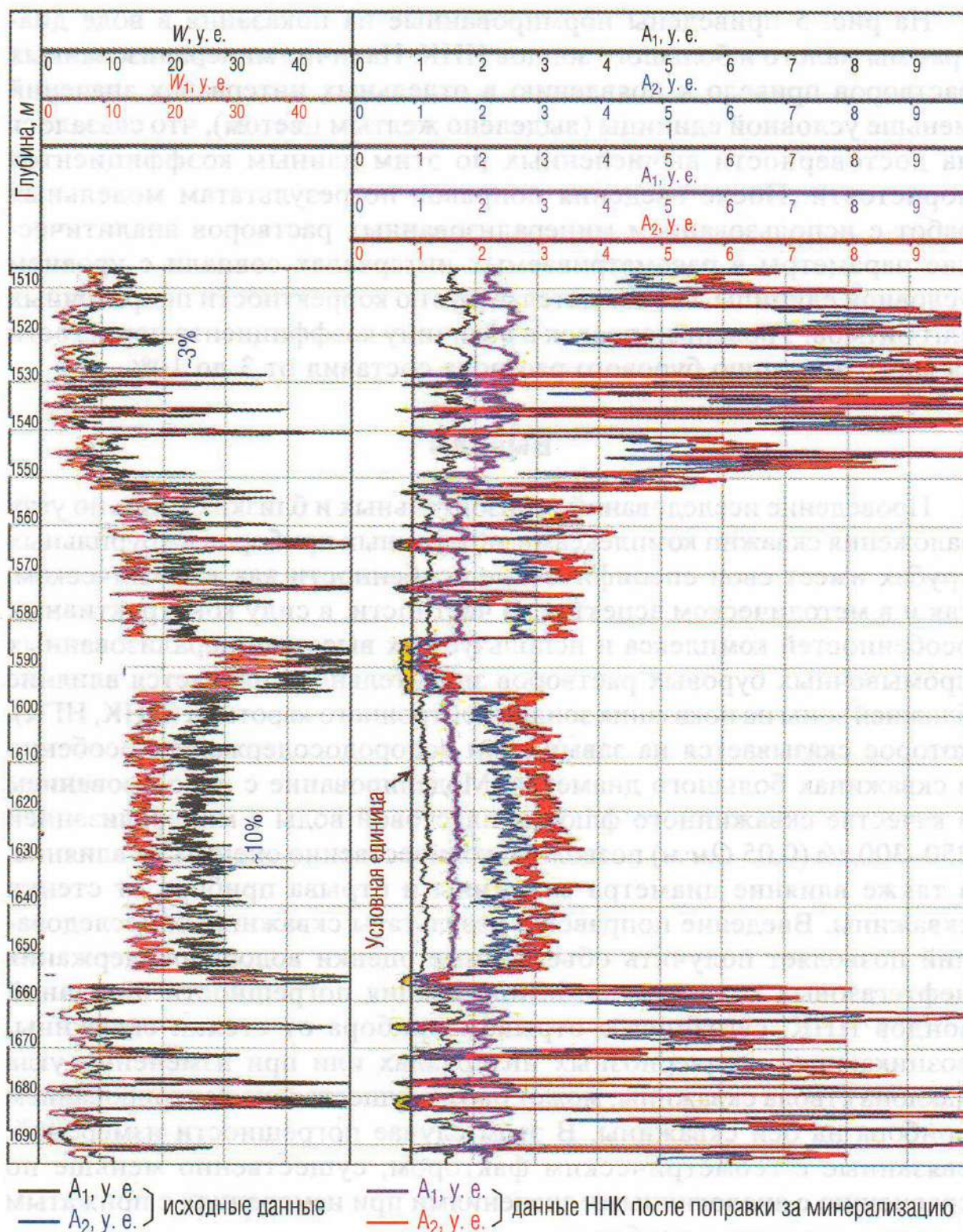


Рис. 5. Пример учета влияния минерализации на показания зондов 2НК-Т: w, w_1 – водородосодержание по данным НК-Т до и после внесения поправок за минерализацию бурового раствора соответственно

На рис. 5 приведены нормированные на показания в воде диаграммы малого и большого зондов ННК. Наличие минерализованных растворов привело к появлению в отдельных интервалах значений меньше условной единицы (выделено желтым цветом), что сказалось на достоверности вычисленных по этим данным коэффициентов пористости. После введения поправок по результатам модельных работ с использованием минерализованных растворов аналитические параметры в рассматриваемых интервалах совпали с уровнем условной единицы, что свидетельствует о корректности поправочных алгоритмов. Уровень поправок в величину коэффициента пористости за минерализацию бурового раствора составил от 3 до 10%.

Выводы

Проведение исследований горизонтальных и близких к ним по углу заложения скважин комплексами автономных приборов на бурильных трубах имеет свои специфические особенности как в техническом, так и в методическом аспектах. В частности, в силу конструктивных особенностей комплекса и используемых высокоминерализованных промывочных буровых растворов значительно усиливается влияние ближней зоны на показания зондов нейтронного каротажа (ННК, НГК), которое сказывается на завышении водородосодержания, особенно в скважинах большого диаметра. Моделирование с использованием в качестве скважинного флюида пластовой воды с минерализацией 250–300 г/л (0,05 Ом·м) позволило количественно оценить ее влияние, а также влияние диаметра скважины и отрыва прибора от стенки скважины. Введение поправок в результаты скважинных исследований позволяет получить объективные оценки водородосодержания нефтегазовых коллекторов. Минимизация погрешности показаний зондов ННК, связанная с отрывом прибора от стенки скважины, возникающая в кавернозных интервалах или при изменении угла наклона ствола скважины, может быть осуществлена центрированием прибора на оси скважины. В этом случае погрешности измерений, связанные с геометрическим фактором, существенно меньше по сравнению с аналогичными значениями при измерениях с прижатым к стенке скважины прибором.

Рукопись статьи рассмотрена на НТС АМК "ГОРИЗОНТ" и рекомендована к публикации