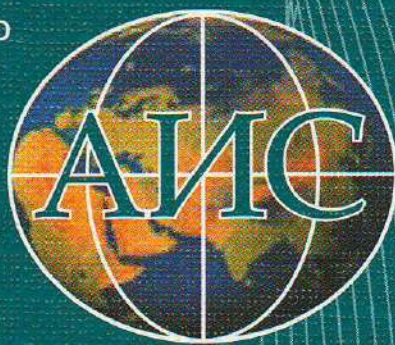


МЕЖДУНАРОДНАЯ АССОЦИАЦИЯ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОГО  
И ДЕЛОВОГО СОТРУДНИЧЕСТВА ПО ГЕОФИЗИЧЕСКИМ  
ИССЛЕДОВАНИЯМ И РАБОТАМ В СКВАЖИНАХ

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 550.837

В. Ф. Вячина, Д. М. Миниханов  
ООО НПФ "АМК ГОРИЗОНТ"

## АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ МНОГОЗОНДОВОГО МЕТОДА БОКОВОГО КАРОТАЖА

Приведен алгоритм, где учтены изменения диаметра скважины и наличие зоны проникновения буровой жидкости в пласт. На практическом примере показаны результаты обработки данных бокового каротажа в скважине с понижающей зоной проникновения.

*Ключевые слова:* боковой электрический каротаж, горизонтальная скважина, автономный прибор, зона проникновения, палетка.

В составе АМК "ГОРИЗОНТ" реализован многозондовый метод бокового каротажа, который позволяет проводить исследования скважин в различных геолого-технических условиях:

- диаметр скважин – от 120 до 295 мм;
- удельное электрическое сопротивление (УЭС) промывочной жидкости – от 0,01 до 5 Ом·м;
- УЭС пород – от 0,2 до 10 000 Ом·м.

На результаты бокового каротажа в основном оказывают влияние следующие параметры:

- диаметр скважины;
- диаметр проникновения промывочной жидкости в пласт;
- УЭС промывочной жидкости;
- УЭС зоны проникновения промывочной жидкости в пласт;
- УЭС пород пласта.

Для учета этих параметров в скважинном приборе АМК "ГОРИЗОНТ", кроме резистивиметра, используются еще шесть разноглубинных зондов бокового каротажа (самый короткий зонд ВК1 длиной 0,5 м, самый длинный – ВК6 длиной 1,75 м).

Для расчета УЭС породы была создана программа обработки полученных данных.

При загрузке исходных данных сила тока и потенциал переводятся из числовых единиц в физические величины с использованием метрологических данных. После преобразования вычисляются кажущиеся сопротивления (КС) по каждому зонду. Полученные данные



КС записываются в отдельном файле вместе со значениями глубин, к которым они относятся. Этот файл используется при дальнейшей обработке для нахождения УЭС пород.

Удельное сопротивление пласта определяется исходя из решения прямой задачи бокового каротажа, то есть подбираются такие оптимальные значения параметров окружающей среды, чтобы рассчитанные значения КС совпадали с данными, полученными в результате исследования скважины. На практике это означает, что рассчитанные палетки должны накладываться на облака точек с данными измерений бокового каротажа, причем среднеквадратичное отклонение точек облака от палетки должно быть минимальным.

Теоретические палетки для КС рассчитываются по следующей формуле:

$$\rho_p = \rho_s K, \quad (1)$$

где  $K$  – коэффициент, учитывающий параметры скважины (УЭС породы, параметры зоны проникновения, диаметр скважины);  $\rho_s$  – сопротивление бурового раствора.

На рис. 1 показаны несколько палеток, рассчитанных для зонда ВК1 при разных диаметрах скважины.

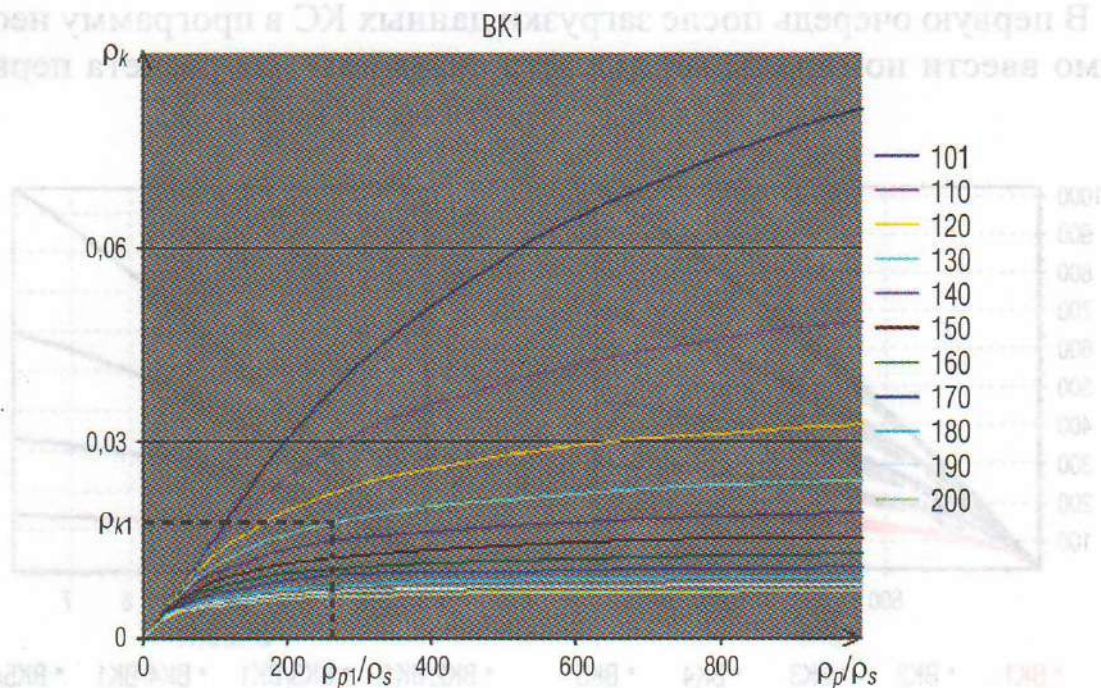


Рис. 1. Совокупность палеток для различных диаметров скважины



Определение УЭС пород производится с использованием палеток путем интерполяции по методу Лангранжа. Для каждого значения  $\rho_{k1}$  с использованием палетки, рассчитанной для номинального диаметра скважины, вычисляется  $\rho_p/\rho_s$ , а затем соответствующее значение УЭС породы. По остальным зондам производится аналогичная обработка.

Отметим, что с использованием указанных палеток можно вычислять электрические сопротивления породы только при известном значении УЭС бурового раствора.

Для облегчения подбора параметров скважины и визуализации процесса подбора параметров в программу были введены два типа палеток (рис. 2). Они связывают между собой данные, полученные по всем зондам бокового каротажа, с теоретическими палетками, рассчитанными с введенными параметрами скважины.

На первой группе палеток (рис. 2, а) отображены зависимости данных КС по первым 5 зондам относительно данных КС самого длинного (шестого) зонда. Согласно формуле на эти палетки оказывают влияние УЭС бурового раствора и коэффициент, учитывающий параметры окружающей среды в скважине. В отличие от нее, на палетки, отображенные на рис. 2, б, УЭС бурового раствора не оказывает влияния, так как на них отображаются зависимости отношений данных КС зондов.

В первую очередь после загрузки данных КС в программу необходимо ввести номинальный диаметр скважины для расчета первона-

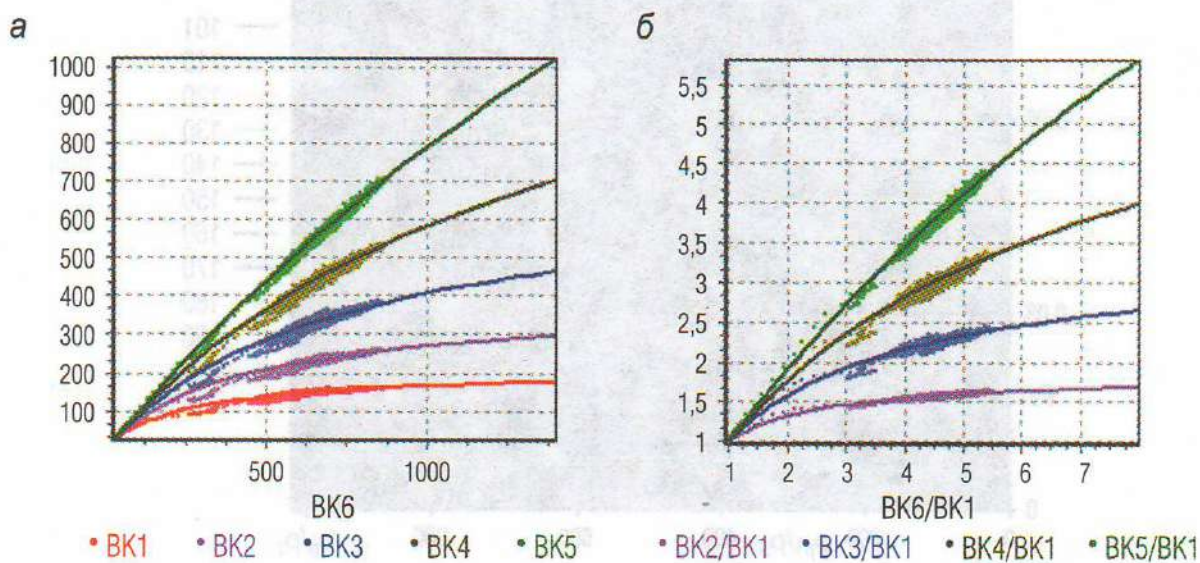


Рис. 2. Палеточные зависимости для зондов бокового каротажа



чальных палеток (рис. 1). После этого необходимо найти коэффициент  $K$  и УЭС бурового раствора из формулы (1). Для этого выделяется участок с наибольшим сопротивлением породы, вследствие чего коэффициент  $K$  из формулы (1) подбирается максимально точно. После того как выделили участок для настройки палеток, в приборе подбирается значение сопротивления заземления для вычисленных значений кажущихся сопротивлений, так как измерение сопротивления заземления технически затруднено (оно зависит от компоновки прибора, типа переводников, состава комплекса и т. д.). Для этого в программном обеспечении реализована возможность автоматической и ручной подборки сопротивления заземления. В результате подбора сопротивления заземления палетки на рис. 2, б должны наложиться на облако точек кажущихся сопротивлений выделенного участка с минимальным среднеквадратичным отклонением. Это свидетельствует о том, что сопротивление заземления подобрано корректно. После того как по палеткам на рис. 2, б определено сопротивление заземления, необходимо подобрать УЭС бурового раствора по палеткам на рис. 2, а, причем палетки должны отклоняться от облака точек данных с минимальным среднеквадратичным отклонением. В результате подбора оптимальных параметров палетки должны выглядеть как показано на рис. 2.

На рис. 2 показано, как теоретические палетки накладываются на основное облако точек данных, полученных от скважинного прибора, однако присутствуют области облака точек, которые не попадают на палетки. Это свидетельствует о том, что в скважине присутствуют участки с зоной проникновения бурового раствора в пласт или на некоторых участках скважины реальный диаметр скважины отличается от номинального диаметра.

При наличии данных профилемера необходимо пересчитать КС всех зондов по данным реального диаметра скважины, а затем в интервалах, где кривые КС расходятся, повторно произвести расчет параметров зоны проникновения.

При понижающей зоне проникновения значения более короткого зонда ВК1 уменьшаются в большей степени, чем показания остальных зондов, в связи с этим поле точек кросс-плота смещается влево относительно палетки, рассчитанной для номинального диаметра скважины (рис. 3).



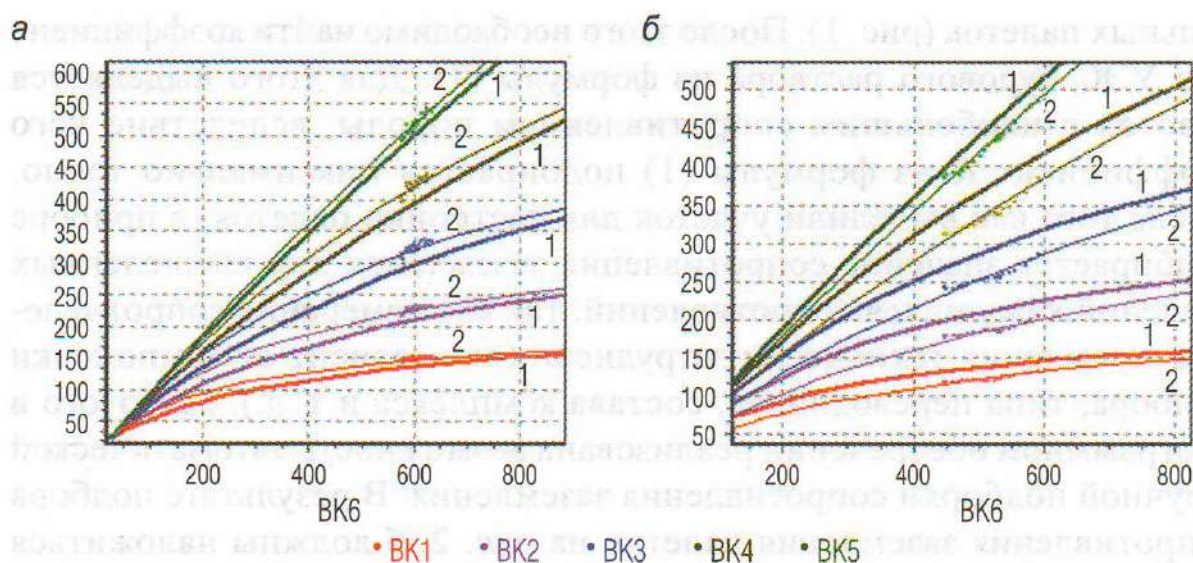


Рис. 3. Палеточные зависимости для зондов бокового каротажа при наличии зоны проникновения:

а – понижающая зона проникновения; б – повышающая зона проникновения. Шифр кривых: 1 – палетки, рассчитанные для номинального диаметра скважины; 2 – палетки, рассчитанные с учетом параметров зоны проникновения

При повышающей зоне проникновения значения более короткого зонда ВК1 возрастают в большей степени, чем значения ВК2 ... ВК6. В связи с этим поле точек кросс-плота смещается вправо относительно палетки, рассчитанной для номинального диаметра скважины. В обоих случаях будет наблюдаться расхождение кривых ВК1 ... ВК6. Если подобрать правильные значения параметров зоны проникновения, то рассчитанные теоретические палетки наложатся на поле точек, после чего можно будет корректно определить УЭС пласта.

На рис. 4 приведены результаты обработки данных бокового каротажа при наличии понижающей зоны проникновения.

На первой диаграмме приведен расчет УЭС пород в скважине по номинальному диаметру. На второй диаграмме показан расчет УЭС пород с учетом профиля скважины, полученного по данным профилемера. На ней присутствуют участки скважины, где рассчитанные кривые УЭС пород расходятся. Это свидетельствует о том, что на этих участках скважины присутствует зона проникновения бурового раствора в пласт. Каждый из этих интервалов обрабатывается отдельно, и для них подбираются оптимальные параметры зоны проникновения.



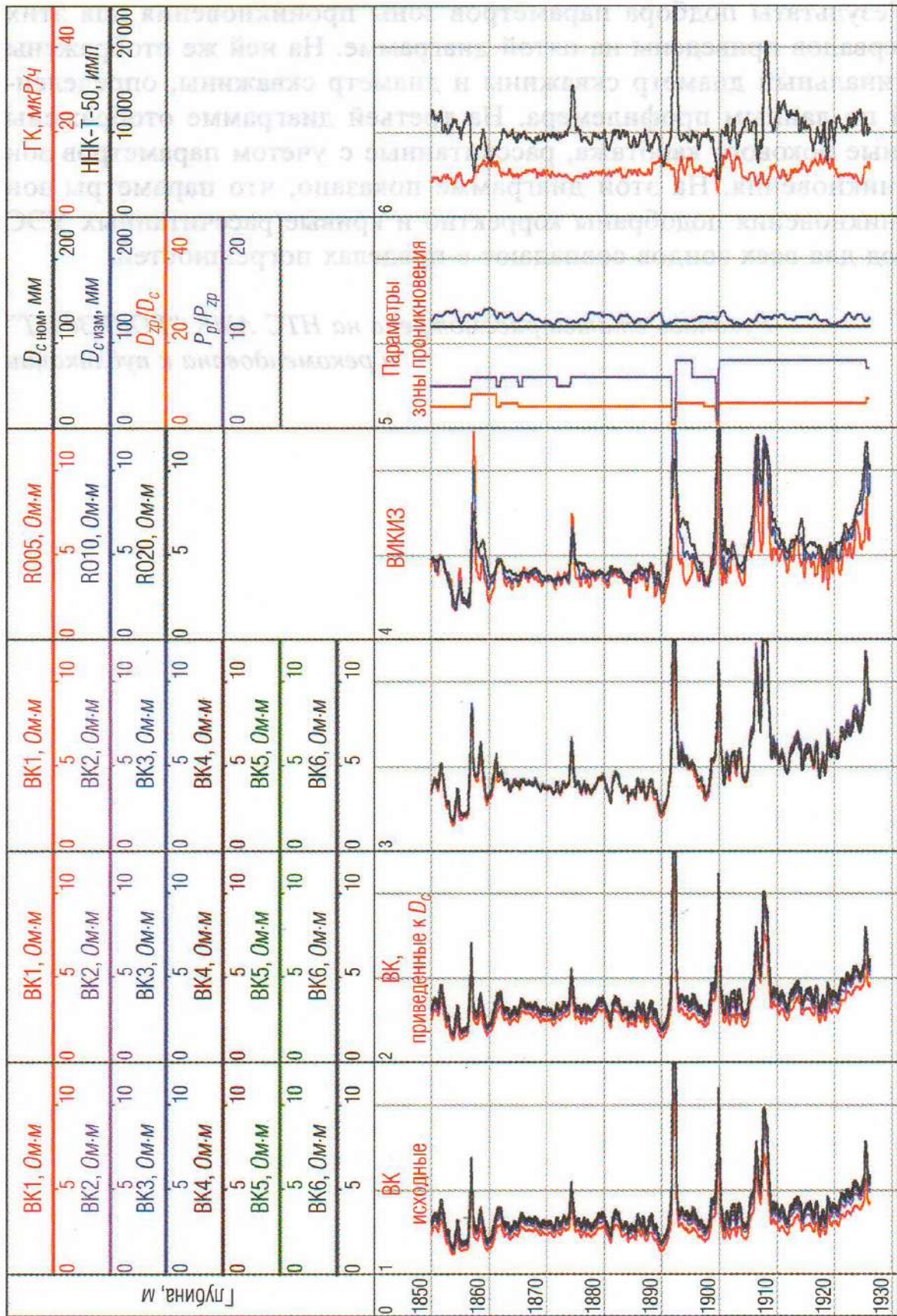
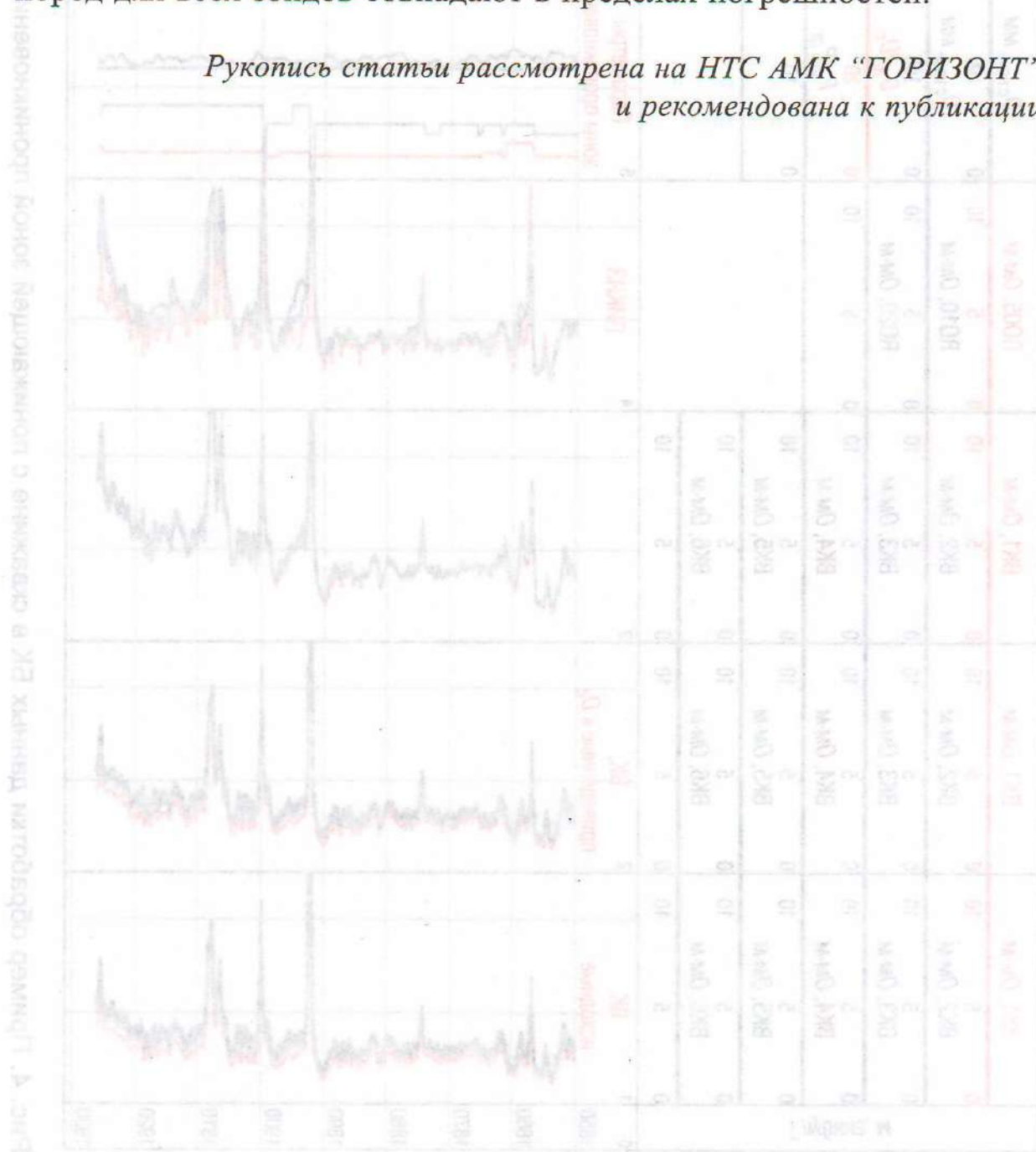


Рис. 4. Пример обработки данных БК в скважине с понижающей зоной проникновения



Результаты подбора параметров зоны проникновения для этих интервалов приведены на пятой диаграмме. На ней же отображены номинальный диаметр скважины и диаметр скважины, определенный по данным профилемера. На третьей диаграмме отображены данные бокового каротажа, рассчитанные с учетом параметров зон проникновения. На этой диаграмме показано, что параметры зон проникновения подобраны корректно и кривые рассчитанных УЭС пород для всех зондов совпадают в пределах погрешностей.

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



БИС 4' УЭС пород бокового каротажа БК в скважине с зонкующей зоной проникновения