

Обработка данных акустических приборов более сложных чем 3-элементный зонд, например, компенсированных 4-элементных зондов, сводится к раздельной обработке составляющих их 3-элементных зондов с последующим комплексированием результатов. В упомянутом случае это получение компенсированных кривых как среднеарифметических по двум 3-элементным зондам.

За дополнительной информацией о программном комплексе Acoustic Waves можно обращаться по электронной почте skras@tgph.ru.

Получена 30.01.07

УДК 550.832.552

*В. А. Велижанин, А. В. Емельянов,
Р. Т. Хаматдинов, В. Г. Черменский
ООО "Нефтегазгеофизика"
А. Г. Тихонов
Трест "Сургутнефтегазгеофизика"*

АВТОНОМНЫЙ ПРИБОР ПЛОТНОСТНОГО ГАММА-ГАММА-КАРОТАЖА ДЛЯ ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ И СИЛЬНОНАКЛОННЫХ СКВАЖИН

Дано описание нового прибора ГГК-П. Приведены результаты его испытаний в реальных условиях.

Для определения плотности горных пород в горизонтальных и сильнонаклонных скважинах в ООО "Нефтегазгеофизика" разработан автономный прибор плотностного гамма-гамма-каротажа (АПРК-ГГК-90). Основные технические характеристики прибора приведены в табл.

Конструктивно прибор выполнен в стальном корпусе диаметром 90 мм, в зондовой части диаметр равен 108 мм. Зондовая установка состоит из трех пар детекторов, развернутых относительно друг друга на 120 град. Прибор предназначен для проведения ГИС в сква-

Таблица
Основные технические характеристики прибора

Диапазон измерения, г/см^3	1,7–3,0
Предел допускаемой относительной погрешности измерений, %	$\pm 1,5$
Максимальный диаметр прибора, мм	108
Длина прибора, мм	2570
Масса прибора, кг	Не более 120
Максимальная рабочая температура, $^{\circ}\text{C}$	120
Максимальное рабочее давление, МПа	80
Диаметр исследуемых скважин, мм	120–180
Максимальная скорость каротажа, м/ч	800
Время непрерывной работы в режиме записи, ч	10
Источник гамма-излучения	Цезий-137 активностью от $6,65 \times 10^9$ Бк
Детекторы гамма-излучения, мм	CsI(Na) 25×60

жинах при зенитном угле не менее 15 град. Прижим прибора к стенке скважины обеспечивается в этом случае собственным весом прибора. Данная конструкция прибора представляется авторам значительно менее опасной в аварийном плане при доставке прибора на буровом инструменте в горизонтальный участок ствола скважины, чем применение конструкции с механическим прижимным устройством. Прибор доставляется в интервал каротажа на буровом инструменте. Конструкция обоих концов прибора обеспечивает возможность вертикальной сборки на устье скважины связки приборов данной серии. Кроме того, конструкция головки прибора обеспечивает возможность изгиба оси до 5 град, что важно при прохождении участков скважины с интенсивным набором кривизны ствола скважины, а также возможность вращения прибора относительно его продольной оси. Такое конструктивное решение обеспечивает лучшее прилегание зондовой части прибора к стенке скважины на горизонтальном участке. Для присоединения к буровому

инструменту используется специальный переводник. Рекомендуемая скорость каротажа – 200 м/ч.

Осенью 2006 г. на базе ОАО “Сургутнефтегаз” при тесном сотрудничестве и непосредственном участии сотрудников треста “Сургутнефтегеофизика” были проведены производственные испытания прибора АПРК-ГГК-90. Первоначально работоспособность прибора была проверена на контрольно-поверочной скважине с углом наклона не более 3–5 град. Для упрощения работ доставка прибора в интервал проведения каротажа выполнялась на каротажном кабеле, к которому прибор присоединялся только механически через специальный переводник. Питание прибора и регистрация каротажных данных при этом проводились в автономном режиме. Для оценки качества полученных данных в этой же скважине была проведена запись широко распространенным прибором плотностного гамма-гамма-каротажа СГП-73П. Сравнение полученной двумя приборами плотности породы показало хорошую сходимость.

На следующем этапе испытания были продолжены в двух скважинах Ватлорского и Северо-Лабатьюганского месторождений. Обе скважины имели номинальный диаметр 216 мм, что превышает максимально допустимый диаметр для данного прибора. Кроме того, максимальный зенитный угол обеих скважин не превышал 11–12 град, что также находится вне диапазона условий применения испытываемой аппаратуры плотностного каротажа. Однако в скважинах меньшего диаметра и большего угла наклона с открытым от устья стволом работы кабельными приборами плотностного гамма-гамма-каротажа в тресте “Сургутнефтегеофизика” не проводятся и, следовательно, полученные автономной аппаратурой результаты было бы не с чем сравнивать. Поэтому для обеспечения возможности сравнения данных, полученных автономной аппаратурой, с данными обычных приборов плотностного гамма-гамма-каротажа СГП-2 либо СГП-73 были выбраны две вышеупомянутые скважины. Для отработки методики применения прибора и более качественного сравнения данных, полученных разными приборами, были исследованы достаточно большие интервалы (протяженностью более 1000 м) с зенитным углом не менее 5 град.

На рис. 1 представлена сравнительная диаграмма записи приборами АПРК-ГГК-90 и СГП-2 на участке скважины с достаточно ровными стенками (кавернограмма скважины приведена в треке глуби-

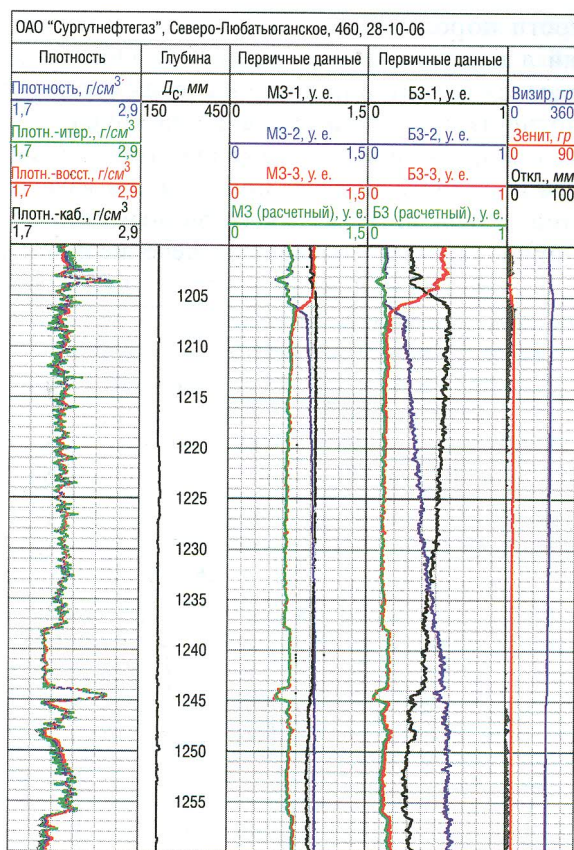


Рис. 1. Сравнительная диаграмма записи приборами АПРК-ГГК-90 и СГП-2 на участке с ровным стволом скважины

ны). Для прибора АПРК-ГГК-90 показаны первичные данные короткого и длинного зондов в условных единицах для каждой из трех пар. По данным установленного в прибор трехосного акселерометра были также определены зенитный угол и угол поворота прибора. Так как в общем случае положение прибора относительно стенки скважины может быть произвольным, то для определения плотности породы используются данные всех трех пар зондов. Для опреде-

ления плотности породы используются два алгоритма расчета – итерационный и восстановления показаний. Оба алгоритма существенно опираются на интерпретационные зависимости показаний зондов от плотности породы и бурового раствора, диаметра скважины, положения прибора в стволе скважины и т. д. За результирующее значение плотности породы принимается взвешенное значение плотностей, полученных двумя указанными выше способами. Алгоритмы обработки и палеточное обеспечение продолжают уточ-

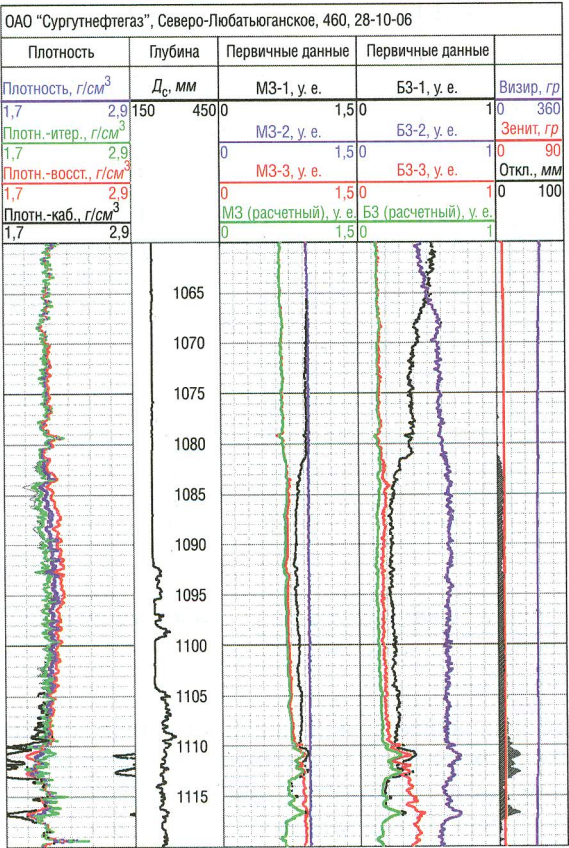


Рис. 2. Сравнительная диаграмма записи приборами АПРК-ГГК-90 и СГП-2 на кавернозном участке ствола скважины

няться. При этих же расчетах по данным всех трех пар зондов оценивается отход зондовой части прибора от стенки скважины (серая кривая в правом треке).

В первом треке показаны плотности породы, полученные двумя различными алгоритмами (зеленая и красная кривые). На участках, где отсутствуют каверны и зенитный угол более 5° , эти значения достаточно близки. За плотность породы, определяемую прибором АПРК-ГГК-90, принимаем среднее из этих значений (синяя кривая). Для сравнения в этом же треке приведена плотность, определенная по данным прибора СГП-2. Хорошо видно, что при отсутствии каверн и при хорошем прилегании прибора к стенке скважины совпадение плотностей, полученных приборами АПРК-ГГК-90 и СГП-2, хорошее. Отход прибора от стенки скважины вызван малым зенитным углом на интервале каротажа, а также техническими условиями проведения каротажа. По результатам данных испытаний сделаны соответствующие выводы, и сейчас конструкция прибора дорабатывается с целью уменьшения влияния технических условий на прилегание прибора к стенке скважины.

На рис. 2 показан пример записи при наличии каверн. Видно, что при этом сходимость данных значительно ухудшается, что и следовало ожидать.

С учетом полученных результатов проводится разработка прибора плотностного гамма-гамма-каротажа для диаметра скважины 216 мм и более.

Выводы

1. В 2006 г. в ООО «Нефтегазгеофизика» разработан и успешно прошел скважинные испытания автономный прибор плотностного гамма-гамма-каротажа для скважин диаметром 120–180 мм АПРК-ГГК-90.
2. Для созданной зондовой установки разработаны методики метрологии и определения плотности горных пород.

Получена 26.01.07