

Информационные сообщения

*В. А. Велижанин, В. А. Сергеев, И. Ю. Степанов,
А. А. Волнухина, А. Н. Антонов, А. С. Варыхалов
ООО “Нефтегазгеофизика”*

АВТОНОМНАЯ СПЕКТРОМЕТРИЧЕСКАЯ АППАРАТУРА ЛИТОЛОГО-ПЛОТНОСТНОГО ГАММА-ГАММА-КАРОТАЖА

Изложены основные технические характеристики автономной аппаратуры литолого-плотностного гамма-гамма-каротажа АПРК-ЗГГКЛП-108, приведены основные данные прибора, представлены результаты скважинных испытаний.

Ключевые слова: автономная аппаратура, литолого-плотностной гамма-гамма-каротаж, горизонтальные и наклонные скважины.

В ООО “Нефтегазгеофизика” в течение 2010–2013 гг. была выполнена разработка автономной аппаратуры литолого-плотностного гамма-гамма-каротажа. Первый вариант аппаратуры с шифром АПРК-ЗГГКЛП-102 был выполнен в неприжимном исполнении. Ориентация прибора в скважине осуществлялась за счет смещенного центра тяжести зондовой установки и наличия шаровых соединений с обоих концов скважинного снаряда. Для улучшения характеристик ориентации прибора в скважине диаметр шаровых соединений был несколько больше диаметра скважинного прибора, что обеспечивало более свободное вращение прибора вокруг своей оси. Полезность данной конструкции была ранее опробована и подтверждена при испытаниях аппаратуры АПРК-6ГГКП-108 [1]. Скважинный прибор был оснащен зондовой установкой ЗГГКЛП: малый и большой зонды были выполнены в интегральном исполнении, средний зонд – спектрометрический. Кроме того, зондовая установка аппаратуры содержала два акустических датчика для оценки толщины зазора между прибором

и стенкой скважины. Аппаратура была рассчитана на исследования в сильнонаклонных (более $30\text{--}35^\circ$) и в горизонтальных скважинах диаметром более 120 мм.

Первые замеры данной аппаратурой были выполнены в скважинах S-образной конструкции с зенитным углом менее 25° . Замеры выполнялись в связке с другими приборами (НК, ИК, БК, АК-профилемер и др.), при этом прибор литолого-плотностного каротажа располагался в верхней части связки в окружении приборов с центраторами (отклонителями). Несмотря на правильную ориентацию прибора в скважине, во всех выполненных замерах расстояние между зондом и стенкой скважины (по данным акустических датчиков) было не менее 10 мм, изменяясь в диапазоне 15–25 мм. Это объясняется большой массой аппаратуры, располагавшейся ниже прибора АПРК-ЗГГКЛП-102, которая при малых углах наклона скважины создает большое осевое усилие при подъеме инструмента. При наличии в составе связки приборов с отклонителями указанное осевое усилие приводит к отрыву от стенки скважины приборов меньшего (по сравнению с отклонителями) диаметра. Пример оценки расстояния между зондом и стенкой скважины по данным акустических датчиков в одной из скважин номинальным диаметром 216 мм с установленными на ряде приборов отклонителями диаметром 190 мм приведен на рис. 1. Как следует из записи на рис. 1, расстояние между рабочей поверхностью зонда ЗГГКЛП и стенкой скважины нигде не превысило 45 мм – максимального в указанных условиях проведения каротажа.

Ясно, что при толщинах промежуточной среды более 10 мм на результаты измерения плотности и особенно индекса фотоэлектрического поглощения уже заметное влияние оказывают плотность и состав промывочной жидкости. Рассчитывать, что прибор АПРК-ЗГГКЛП-102 будут устанавливать в нижней части связки либо писать отдельным спуском, также было нельзя. Поэтому следующим вариантом исполнения автономной аппаратуры литолого-плотностного гамма-гамма-каротажа была выбрана прижимная модификация – АПРК-ЗГГКЛП-108. Использовать неуправляемое прижимное устройство в автономной плотностной аппаратуре было предложено А. Г. Тихоновым. Устройство было опробовано на приборах АПРК-БГГКП-102 в тресте “Сургутнефтегеофизика” и окончательно реализовано в автономной аппаратуре плотностного гамма-гамма-каротажа 2ГГКП-А-108 в ООО “Нефтегазгеофизика” (Р. Т. Хаматдинов и др.).

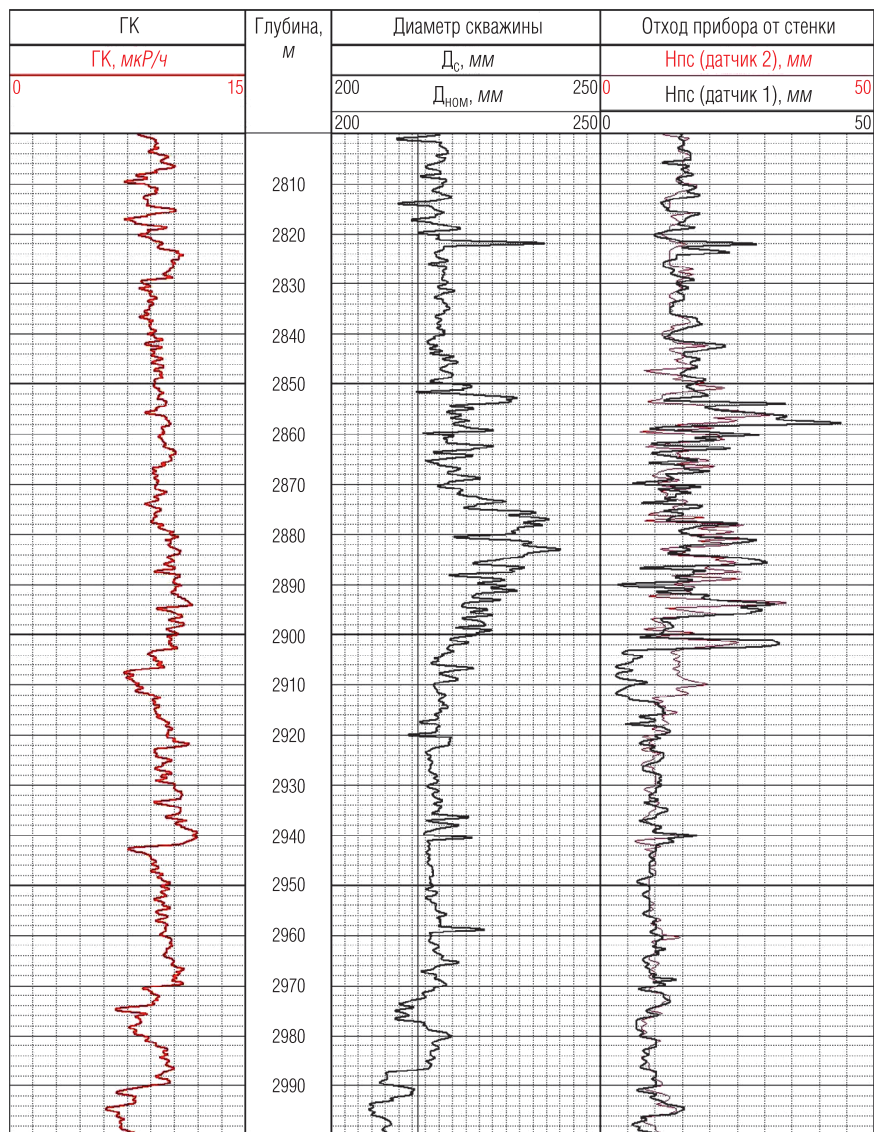


Рис. 1. Пример оценки расстояний между зондом и стенкой скважины по данным акустических датчиков. Аппаратура АПРК-ЗГГКПП-102

Аналогичная конструкция прижимного устройства использована и в приборе АПРК-ЗГГКЛП-108, который также, как и аппаратура АПРК-ЗГГКЛП-102, оснащен зондовой установкой ЗГГКЛП: малый и большой зонды в интегральном исполнении, средний зонд – спектрометрический, 512-канальный. Средний зонд содержит встроенный гамма-источник Cs-137 активностью менее 5 кБк. Кроме того, зондовая установка аппаратуры содержит один акустический датчик для оценки толщины промежуточной среды между прибором и стенкой скважины. Достаточность одного акустического датчика показала пробная эксплуатация предыдущей версии аппаратуры (рис. 1). Технические характеристики аппаратуры АПРК-ЗГГКЛП-108 приведены в таблице.

На рис. 2 приведены основные зависимости АПРК-ЗГГКЛП-108 для плотностного и фотоэлектрического каналов.

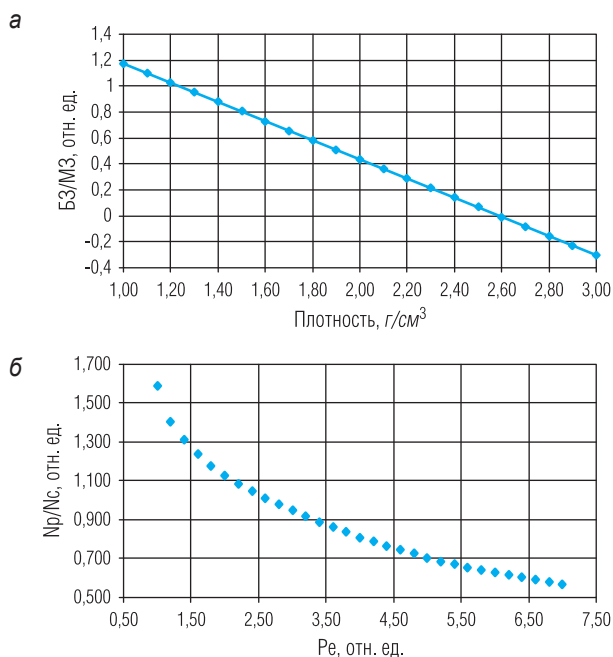


Рис. 2. Основные зависимости аппаратуры АПРК-ЗГГКЛП-108:

а – основная зависимость плотностного канала аппаратуры для $Re = 2,66$; б – основная зависимость литологического канала аппаратуры для $\rho_{э\text{кв}} = 2,59 \text{ г/см}^3$

Таблица

Основные технические характеристики прибора АПРК-ЗГГКЛП-108

Технические данные и основные параметры	Значение параметра
Диапазон измерения объемной плотности горных пород, г/см^3	От 1,7 до 3,0
Допускаемая основная относительная погрешность измерения плотности, %	$\pm 1,5$ в диапазоне 1,7–2,0 г/см^3 $\pm 1,2$ в диапазоне 2,0–3,0 г/см^3
Диапазон измерения индекса фотоэлектрического поглощения, <i>барн/электрон</i>	От 1,5 до 6,0
Допускаемая основная погрешность измерения индекса фотоэлектрического поглощения, <i>барн/электрон</i>	$\pm 0,2$ в диапазоне $< 2,5$ $\pm 0,25$ в диапазоне 2,5–5 $\pm 0,3$ в диапазоне $> 5,0$
Вертикальное разрешение, <i>см</i>	40
Длина, <i>мм</i>	2880
Максимальный диаметр, <i>мм</i>	108
Масса, <i>кг</i> , не более	130
Питание прибора от блока аккумуляторного: напряжение питания, <i>В</i> номинальная емкость, <i>Ач</i>	12 7
Диапазон температуры окружающей среды рабочих условий применения за исключением блока питания аккумуляторного, $^{\circ}\text{C}$	От -5 до $+120$
Верхнее значение гидростатического давления рабочих условий применения, <i>МПа</i>	80
Диаметр исследуемых скважины, <i>мм</i>	От 120 до 300
Положение в скважине	Прижат к стенке
Гарантированное время непрерывной работы в режиме измерений, <i>ч</i>	10

Аппаратура АПРК-ЗГГКЛП-108 обеспечена также необходимыми палетками и алгоритмами учета влияния плотности на оценку индекса фотоэлектрического поглощения, и наоборот, индекса фотоэлектрического поглощения на оценку плотности породы. Наличие акустического датчика позволяет контролировать качество прижатия зонда к стенке скважины, а также учитывать влияние промежуточной среды (при ее наличии) в расчете плотности породы и индекса фотоэлектрического поглощения.

Настройка энергетической шкалы спектрометрического канала аппаратуры при ее включении, а также удержание энергетической шкалы в процессе каротажа, выполняется по пику 662 кэВ реперного источника Cs-137, встроенного в сцинтилляционный кристалл NaI(Tl). Для выполнения настройки энергетической шкалы аппаратуры АПРК-ЗГГКЛП-108 в память прибора записывается калибровочная зависимость значения высокого напряжения на ФЭУ от температуры детектора, обеспечивающая постоянство положения пика 662 кэВ на энергетической шкале спектрометра в соответствии с положением данного пика в калибровочном спектре, также записанного в память прибора при выполнении базовой калибровки аппаратуры. При включении аппаратуры предварительно выполняется измерение температуры детектора и лишь затем, в соответствии с измеренной температурой и калибровочной зависимостью, выставляется высокое напряжение на ФЭУ. В дальнейшем прибор, автоматически отслеживая изменение положения реперного пика 662 кэВ в аппаратурном спектре, выполняет стабилизацию энергетической шкалы, изменяя высокое напряжение на ФЭУ. Алгоритм стабилизации обеспечивает удержание энергетической шкалы спектрометра по линии 662 кэВ с погрешностью не более 15 кэВ при частоте корректировки один раз в 30 с .

На рис. 3 и 4 приведены примеры результатов каротажа аппаратурой АПРК-ЗГГКЛП-108 и технического контроля качества измерений по результатам повторного замера. На рис. 5 приведен пример записи аппаратурой АПРК-ЗГГКЛП-108 с оценкой точности удержания энергетической шкалы спектрометра в процессе каротажа. Погрешность удержания энергетической шкалы не превышает 12 кэВ по линии 662 кэВ , что обеспечивает в дальнейшем привязку к энергетической шкале калибровочного спектра с погрешностью не более 1 кэВ в литологическом окне.

Калибровка плотностного канала аппаратуры выполняется по одноточечной схеме, фотоэлектрического канала – по двухточечной схеме. Для контроля калибровки аппаратуры, а также уточнения ее калибровочных параметров, дополнительно используются две калибровочные точки.

Прибор АПРК-ЗГГКЛП-108 оснащен комплектом стандартного (для ООО “Нефтегазгеофизика”) наземного оборудования, которое обеспечивает связь прибора с компьютером, зарядку аккумуляторных батарей и питание прибора от внешнего источника напряжением $+12\text{ В}$.

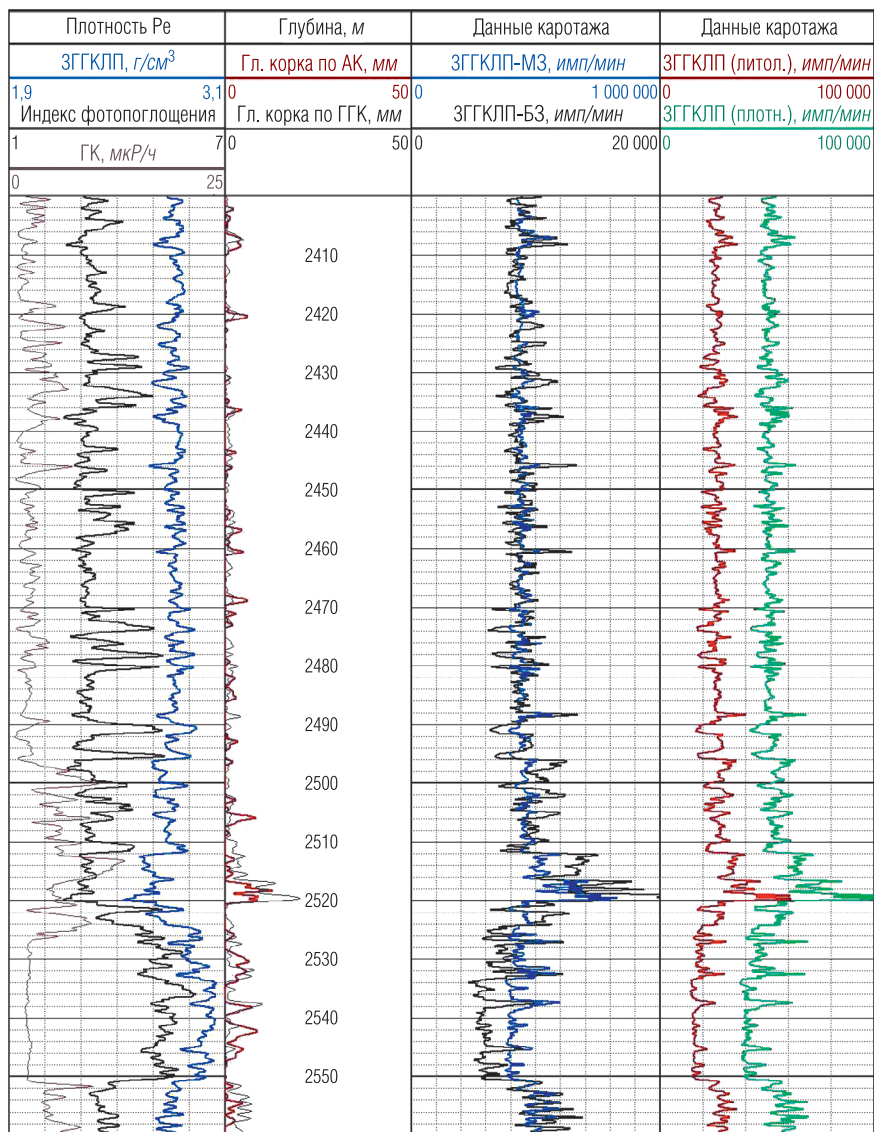


Рис. 3. Пример записи каротажа аппаратурой АПРК-ЗГГКЛП-108. Скорость каротажа ≈ 200 м/ч

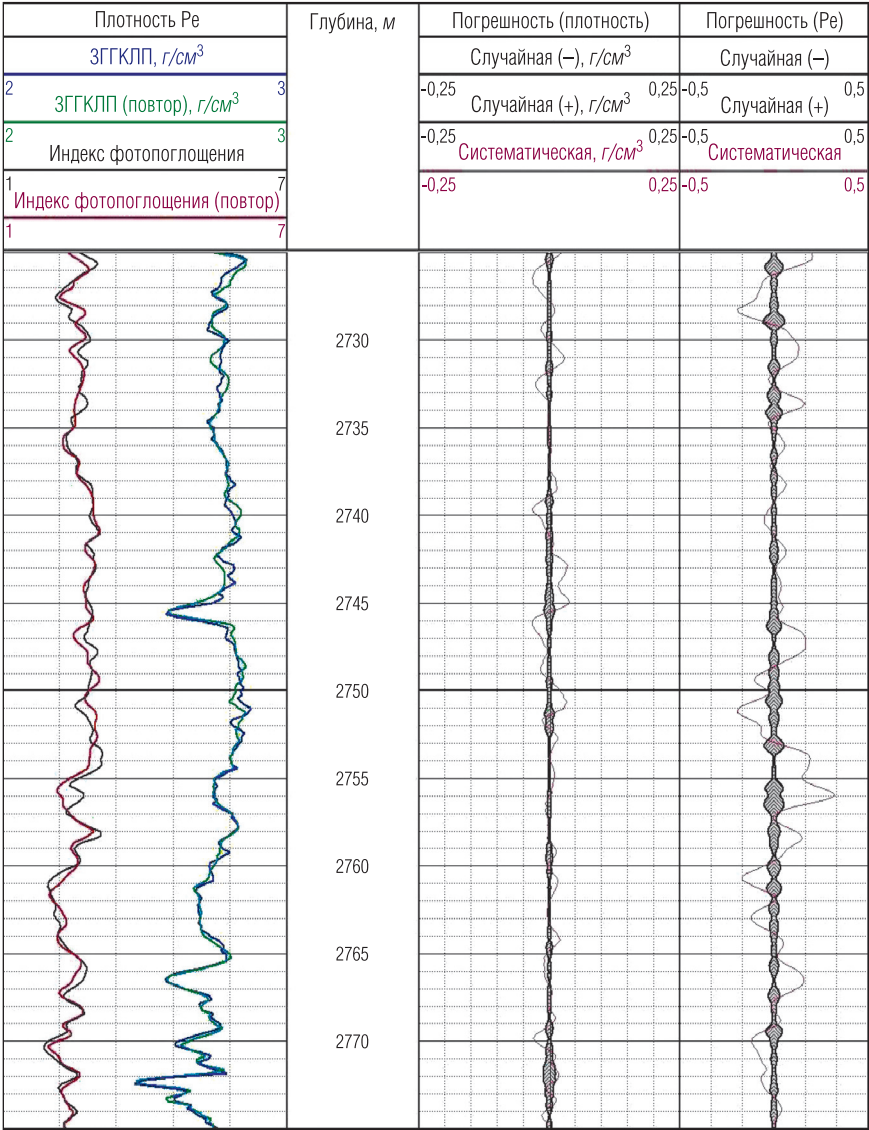


Рис. 4. Пример вывода результатов оценки технического качества каротажа по повторному замеру. Аппаратура АПРК-ЗГГКЛП-108

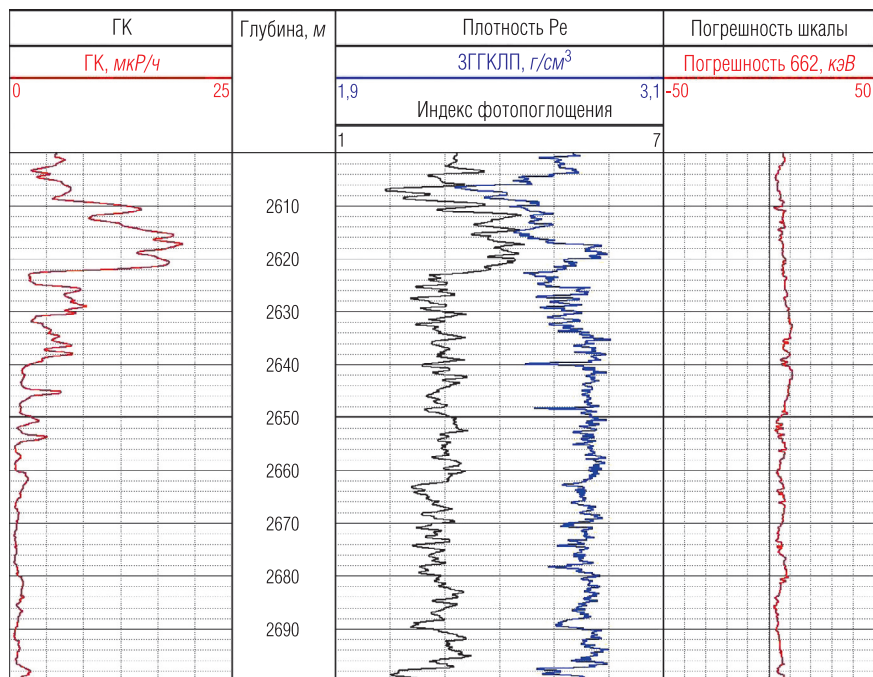


Рис. 5. Пример записи аппаратурой АПРК-ЗГГКЛП-108 с оценкой точности удержания энергетической шкалы спектрометра в процессе каротажа

Программный комплекс, работающий в операционной среде Microsoft Windows, обеспечивает тестирование и настройку прибора, базовую калибровку аппаратуры, подготовку прибора к каротажу, считывание полученной информации, привязку полученных данных к глубине и первичную обработку данных каротажа с получением плотности и индекса фотоэлектрического поглощения породы, а также расстояния от поверхности зонда до стенки скважины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Велижанин В. А., Емельянов А. В., Хаматдинов Р. Т., Черменский В. Г. Автономный прибор плотностного гамма-гамма каротажа для горизонтальных и сильнонаклонных скважин // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2007. Вып. 3. С. 74–79.