

УДК 550.832.74

Б. В. Рудяк, О. М. Снежко, Ю. Л. Шеин
ООО “Нефтегазгеофизика”

ОПРОБОВАНИЕ АВТОНОМНОГО ПРИБОРА ДВУХЗОНДОВОГО БОКОВОГО КАРОТАЖА БК-35А В ГОРИЗОНТАЛЬНЫХ СКВАЖИНАХ

Приведены результаты опробования автономного прибора двухзондового бокового каротажа БК-35А в горизонтальных интервалах боковых стволов скважин, заполненных высокоминерализованной промывочной жидкостью. Показано, что по кривым кажущегося сопротивления (КС) длинного и короткого зондов бокового каротажа уверенно выделяются пласты с зоной понижающего проникновения и оцениваются их электрические параметры.

Ключевые слова: двухзондовый боковой электрокаротаж, зона проникновения, автономный прибор, горизонтальная скважина, высокоминерализованная промывочная жидкость.

В настоящее время большинство боковых стволов, пологих и горизонтальных скважин бурятся с применением высокоминерализованной промывочной жидкости (ПЖ), а исследования с целью выделения проницаемых интервалов и определения их электрических параметров проводятся автономными приборами электромагнитного каротажа (ЭМК), такими как ВИКИЗ, 5ИК-А-90, ЭКМА-90Г, 4ИК-48А, спускаемыми на бурильных трубах. На показания зондов ЭМК, особенно коротких, в условиях применения высокоминерализованных ПЖ большое влияние оказывает кавернозность ствола скважин, приводящая к появлению на диаграммах ИК и ВИКИЗ специфических осцилляций. При пересчете в единицы удельного электрического сопротивления (УЭС) амплитуда этих осцилляций тем больше, чем выше значение УЭС изучаемого разреза, поскольку в этом случае вклад в регистрируемый сигнал от скважины может быть в несколько раз больше вклада от разреза. Поэтому при заполнении скважин высокоминерализованной ПЖ данные ЭМК в разрезах, представленных пластами, имеющими значения УЭС более 20–50 Ом·м, часто являются неинформативными. В таких условиях более эффективен боковой каротаж (БК).

В ООО “Нефтегазгеофизика” разработан и серийно изготавливается автономный прибор бокового каротажа БК-35А [2], включающий

два разноглубинных зонда – длинный БК-3 и короткий БК-5 – и предусматривающий регистрацию кривой естественных потенциалов ПС. Данный прибор является самостоятельным, а соединительное устройство на концах прибора позволяет состыковывать его с другими приборами комплекса серийных автономных приборов ООО “Нефтегазгеофизика” [2].

Для сопоставления радиальной глубинности зондов аппаратуры БК-35А с другими зондами бокового каротажа приведены оценки их радиусов исследования, полученные по псевдогеометрическим факторам зоны проникновения (табл. 1).

Таблица 1

Радиусы исследования зондов БК-3 и БК-5
($d_c = 200$ мм; $\rho_c = 1,0$ Ом·м)

Прибор	Зонд	Радиус исследования $R_{1/2}$, м	
		Повышающее проникновение $\rho_{\Pi} = 10$ Ом·м, $\rho_{3\Pi} = 100$ Ом·м	Понижающее проникновение $\rho_{\Pi} = 100$ Ом·м, $\rho_{3\Pi} = 10$ Ом·м
БК-35А (автономный)	БК-3	0,77	0,68
	БК-5	0,34	0,28
БК-35 (на кабеле)	БК-3	0,79	0,73
	БК-5	0,40	0,35
АБКТ	БК-3	0,71	0,63
ЭК-1Т	БК-3	0,82	0,78
ЭК-73ПЛ	БК-3	0,70	0,60

Радиальные псевдогеометрические факторы зоны проникновения $G^*(R)$ зондов БК определялись из соотношения

$$\rho_{\kappa}^{(3)}(\rho_c, \rho_{3\Pi}, \rho_{\Pi}, d_c, R) = G^*(R) \cdot \rho_{\kappa}^{(2)}(\rho_c, \rho_{3\Pi}, d_c) + (1 - G^*(R)) \cdot \rho_{\kappa}^{(2)}(\rho_c, \rho_{\Pi}, d_c),$$

где ρ_c , $\rho_{3\Pi}$, ρ_{Π} – сопротивление ПЖ, зоны проникновения и неизменной части пласта соответственно; d_c – диаметр скважины;

R – радиус зоны проникновения; $\rho_k^{(3)}(\rho_c, \rho_{зп}, \rho_{п}, d_c, R)$ – кажущееся сопротивление зонда в трехслойной модели; $\rho_k^{(2)}(\rho_c, \rho_{зп}, d_c)$, $\rho_k^{(2)}(\rho_c, \rho_{п}, d_c)$ – кажущиеся сопротивления зонда в двухслойных моделях с соответствующими значениями параметров моделей. За глубинность исследования зонда в радиальном направлении принималась величина радиуса зоны проникновения, при которой ее псевдогеометрический фактор равен 0,5, то есть из условия $G^*(R_{1/2}) = 0,5$.

Из табл. 1 следует, что длинный зонд БК-3 аппаратуры БК-35А имеет радиус исследования лишь немного меньший, чем у кабельных приборов БК-35 и ЭК-1Т (на 3–6% при повышающем и 7–13% при понижающем проникновении). Радиус исследования короткого зонда БК-5 прибора БК-35А и при повышающем, и при понижающем проникновении меньше, чем у кабельной модификации прибора БК-35 на 15 и 20% соответственно. Это означает, что длинный зонд аппаратуры БК-35А по радиусу исследования близок к традиционным зондам БК-3, но из-за большей разницы в радиальной глубинности зондов БК-3 и БК-5 аппаратура БК-35А имеет несколько лучшие методические возможности при выделении коллекторов по сравнению с кабельным вариантом прибора БК-35. Вертикальное разрешение рассмотренных зондов БК-3 и БК-5 практически одинаково, поскольку в основном оно определяется длиной центрального электрода, равной для всех упомянутых зондов 0,15 м.

В апреле–мае 2008 г. в районе работ ООО “Когалымнефтегеофизика” в боковых стволах трех скважин автономным прибором БК-35А был проведен каротаж при следующих условиях:

- номинальные диаметры скважин равны 124 и 143 мм;
- УЭС ПЖ находилось в пределах 0,04–0,06 Ом·м;
- протяженность горизонтального участка (когда зенитный угол больше 85°) составляла 170–180 м при общей длине ствола, равной 3130–3400 м.

На первом этапе выполнялся каротаж приборами на кабеле ЭК-73ПЛ и ИКЗ-2, причем интервал исследования ограничивался глубиной, на которой зенитный угол достигал 63°. Затем проводились исследования автономными приборами. Каротаж прибором БК-35А осуществлялся по всему открытому стволу скважины, а автономными приборами ВИКИЗ или ЭКМА-90Г – в более пологой части ствола, когда зенитный угол превышал 37°. Поскольку исследования

автономными приборами осуществлялись не позже, чем через двое суток после исследований приборами на кабеле, оценка качества всех имеющихся данных БК и ЭМК проводилась совместно.

При обработке диаграмм БК и ЭМК использовались данные автономного акустического профиломера АСПГ-100, скважинного (приборы на кабеле) или лабораторного резистивиметров. Из данных профилометрии следует, что диаметр скважины в пластах проницаемых песчаников близок к номинальному. Пласты глин часто осложнены кавернами с диаметрами, превышающими номинальный на 13–45 мм, и значительными желобами, разница между максимальными и минимальными значениями в которых составляет 10–30 мм. Вскрытая мощность пластов, в которых пробурена горизонтальная часть ствола скважины, рассчитанная с учетом абсолютных глубин (по данным инклинометрии), составляет 1–4 м. Проникновение фильтра ПЖ в нефтенасыщенные и водонасыщенные интервалы, представленные полимиктовыми песчаниками, имеет понижающий характер.

Вся обработка данных БК и ЭМК проведена с помощью программы LogWin-ЭК [1], в которой обработка данных зондов БК-3, БК-5 аппаратуры БК-35А реализована наиболее полно. Эта программа, в частности, включает в себя следующие процедуры:

- поточечная обработка с целью устранения влияния скважины;
- оценка качества (выявление систематических погрешностей измерений);
- поплавовая обработка с целью определения значений УЭС пласта и промытой зоны и относительного диаметра зоны проникновения;
- поточечная оценка электрических параметров пластов по данным зондов БК-3, БК-5 аппаратуры БК-35А и зонда БМК.

В последней процедуре используется интерпретационная модель пласта неограниченной мощности. При обработке в каждой точке заданного интервала определяются УЭС неизменной части пласта, промытой зоны и относительная глубина зоны проникновения (D/d). Для уменьшения области эквивалентности имеется возможность задания диапазона искомых значений D/d и априорных значений УЭС промытой зоны.

Интерпретационные модели, используемые в перечисленных процедурах, предназначены для обработки данных, полученных в вертикальных скважинах. В них не учитывается специфика наклон-

ного и горизонтального стволов – существенная осевая асимметрия зоны проникновения, непараллельность оси анизотропии и оси скважины, особенности влияния вмещающих пород. Результаты, полученные при такой обработке на горизонтальных и наклонных участках скважин, могут иметь дополнительные погрешности, обусловленные отмеченной неадекватностью интерпретационных моделей. По этой причине опорные пласты для оценки качества выбирались на участках скважин, по возможности близких к вертикальным (величина зенитного угла α находилась в диапазоне от 30 до 48°). Оценка качества данных БК-35А проводилась совместно с данными БК и ИКЗ-2, зарегистрированными приборами на кабеле, и с данными автономных приборов ВИКИЗ или ЭКМА-90Г. В непроницаемых интервалах визуально оценивалась сходимость кривых КС, исправленных за влияние скважины. Попластовая оценка качества проводилась по всем имеющимся данным комплекса зондов БК, ЭМК, полученным в одном или двух однородных непроницаемых пластах (глинах), с УЭС, равным 3–6 Ом·м. Данные коротких зондов ВИКИЗ при попластовой оценке качества и попластовой обработке не использовались, поскольку они осложнены значительными осцилляциями. В результате поточечной и попластовой оценки качества было установлено, что данные БК-35А зарегистрированы без существенных искажений (табл. 2).

После оценки качества проводилась совместная попластовая обработка данных БК и ЭМК, полученных в проницаемых интервалах этой же части разреза (при $30^\circ \leq \alpha \leq 48^\circ$). При этом наблюдались близкие значения фактических и расчетных показаний зондов (уровень соответствия в пределах 0,23–0,50), что является косвенным подтверждением правильности проведенной оценки качества. Пример поточечной (поправка за скважину) и совместной попластовой обработки данных ИКЗ-2, БК (ЭК-73ПЛ, БК-35А), ВИКИЗ, проведенной в процессе оценки качества в скв. 1, приведен на рис. 1.

Диаграммы, полученные при поточечной обработке, были использованы для выделения интервалов с зоной проникновения, признаком которых является наличие закономерного изменения УЭС в радиальном направлении. Результаты выделения интервалов с зоной проникновения по данным БК-35А сопоставлялись с результатами, полученными по данным ИКЗ-2 (на кабеле) и данным автономных приборов ВИКИЗ и ЭКМА-90Г. Такое сопоставление показало, что в

Таблица 2
Результаты совместной полластовой обработки данных БК, ИК и ВИКИЗ
в программе LogWin-ЭК

Кровля, м	Подшва, м	Н, м	Зенит. угол, град	Н _{ЭК} , м	Приборы на кабеле				Автономные приборы				Результаты интерпретации						
					ЭК-73П	ИКЗ-2				БК-35А		ВИКИЗ		ЭКМА-90Г		P _{ЭК} Ом·м	ΔP _{ЭК} Ом·м	P _{ИКЗ} Ом·м	W D/d
						БК-3, Ом·м	3ИО,5 мСм/м	3ИО,85 мСм/м	3И1,26 мСм/м	3И2,05 мСм/м	БК-3, Ом·м	БК-5, Ом·м	ИК3, град	ИК4, град	ИК5, град				
Скв. 1; d _к = 124 мм; ρ _с = 0,044 Ом·м																			
2583,8	2587,6	3,8	30	3,4	5,4	169	152	131	100	5,8	6			5	0,2		1 0,42		
2595,2	2597	1,8	33	1,5	3	258	192	148	107	3,3	2,5			4,2	0,44	1,7	6 0,5		
2610,4	2612,6	2,2	37	1,8	3,6	215	171	144	98	3,7	3,2			4,6	0,42	2,3	6,1 0,48		
2650,2	2653	2,8	45	1,9	6,5	140	128	113	90	6,8	6,9	14,8	15,3	6	0,21		1 0,35		
3155	3165,8	10,8	89	0,05						7,4	5,1	14	13,6	7,7	0,79	3,9	6,5 0,41		
3170	3175,4	5,4	90	0,04						7,3	4,9	14,3	14,1	7,2	0,75	4,2	6,5 0,52		
3191	3194,4	3,4	90	0,03						9,5	6,9	10,7	10,2	11,6	1,12	3,4	5,2 0,45		
3194,4	3199,6	5,2	90	0,04						9,4	6,8	12,7	10,9	11,3	1,32	3,8	7,5 0,72		
3199,6	3205,6	6	90	0,07						8,9	6,6	12,1	11,5	10,4	1,08	3,9	6,4 0,48		
Скв. 2; d _к = 124 мм; ρ _с = 0,06 Ом·м																			
2405,8	2408,8	3	35	2,5	3,3	287	240	193	129	3,2	3,3			3	0,11		1 0,48		
2410,4	2420,2	9,8	36	7,9	1,8	517	343	247	144	1,8	1,2			2,3	0,29	0,9	7,3 0,36		

Окончание табл. 2

Приборы на кабеле				Автономные приборы							Результаты интерпретации									
Кровля, м	Подова, м	Н, м	Зенит. угол, град	Н _д , м	ЭК-7ЭП	ИКЗ-2				БК-35А	ВИКИЗ				ЭКМА-90Г	P _н Ом·м	ΔP _н Ом·м	P _{нз} Ом·м	D/D	W
						БК-3, Ом·м	3И0.5, мСм/м	3И1.26, мСм/м	3И2.05, мСм/м		БК-3, Ом·м	БК-5, Ом·м	ИК3, град	ИК4, град						
2545	2547,8	2,8	43	2	4,6	233	195	159	115	4,2	4				3,8	0,15		1	0,65	
2988	2999,4	11,4	90	0,09						3	2,2			294	4,1	0,44	1,6	6	0,79	
2999,4	3010,6	11,2	90	0,03						3,1	2,3			279	4,3	0,48	1,7	6,1	0,75	
3010,6	3018,2	7,6	90	0,04						2,8	2			310	3,8	0,41	1,4	5,8	0,72	

Скв. 3; d_н = 143 мм; P_с = 0,041 Ом·м

2754	2760,2	6,2	48	4,1						5,7	5,5	16,1	15,9	16,8			5,1	0,29		1	0,24
3116,4	3120,2	3,8	79	0,7						326	313						305	101		1	0,05
313197,4	3203,2	5,8	85	0,5						5,9	4,8	16,1	15,2	16,2			5,3	0,38	4,2	2,5	0,45
33203,2	3212,6	9,4	86	0,7						4,6	3,4	17,9	17,7	18,1			4,5	0,4	2,7	4	0,35
33212,6	3220,4	7,8	86	0,5						4,1	2,8	20,6	19,4	19,6			3,9	0,41	2,4	5,4	0,38
33220,4	3227,8	7,4	88	0,4						4,4	3,3	17,6	17,5	18,5			4,4	0,35	2,6	3,4	0,4
3266	3274,4	8,4	92	0,2						4	2,8	20,1	19,5	19,6			3,9	0,37	2,3	4,7	0,32

Скв. 3; $d_k = 143$ мм; $\rho_c = 0,041$ Ом·м

2754	2760,2	6,2	48	4,1						5,7	5,5	16,1	15,9	16,8	5,1	0,29		1	0,24
3116,4	3120,2	3,8	79	0,7						326	313				305	101		1	0,05
3197,4	3203,2	5,8	85	0,5						5,9	4,8	16,1	15,2	16,2	5,3	0,38	4,2	2,5	0,45
3203,2	3212,6	9,4	86	0,7						4,6	3,4	17,9	17,7	18,1	4,5	0,4	2,7	4	0,35
3212,6	3220,4	7,8	86	0,5						4,1	2,8	20,6	19,4	19,6	3,9	0,41	2,4	5,4	0,38
3220,4	3227,8	7,4	88	0,4						4,4	3,3	17,6	17,5	18,5	4,4	0,35	2,6	3,4	0,4
3266	3274,4	8,4	92	0,2						4	2,8	20,1	19,5	19,6	3,9	0,37	2,3	4,7	0,32

Примечание. ΔP_n – абсолютная погрешность определения ρ_n ; W – уровень соответствия (параметр, характеризующий соотношение между предполагаемыми погрешностями измерений (заложенными в задаче) и расхождением результатов измерений и расчетных показаний зондов).

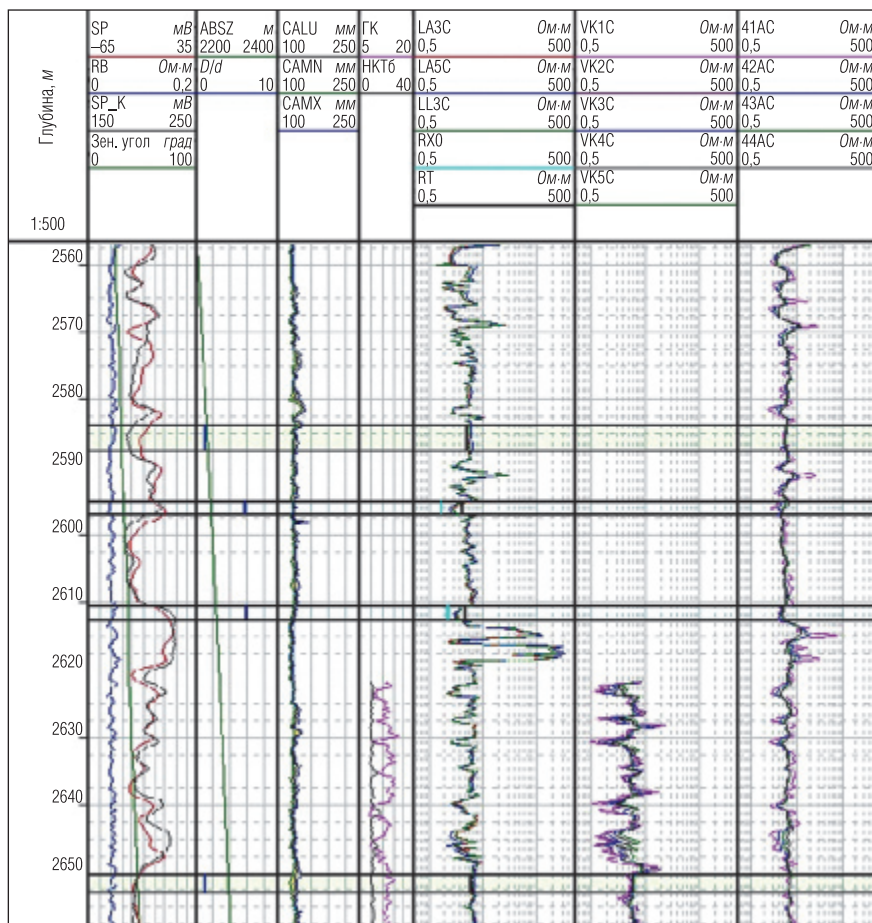


Рис. 1. Пример поточечной и поплавковой обработки данных автономных приборов БК-35А, ВИКИЗ и приборов на кабеле ИКЗ-2, ЭК-73ПЛ (БК), проведенной в процессе оценки качества, и пример записи кривой ПС приборами БК-35А и ЭК-73ПЛ:

Скв. 1 ($d_n = 124 \text{ мм}$; $\rho_c = 0,044 \text{ Ом-м}$): LA3C, LA5C – значения КС зондов БК-3, БК-5 прибора БК-35А, исправленные за влияние скважины; LL3C, RB – значения КС зонда БК-3, исправленные за влияние скважины и УЭС ПЖ по данным прибора ЭК-73ПЛ; SP, SP_K – кривые естественных потенциалов, зарегистрированные проборами БК-35А и ЭК-73ПЛ; 41AC, 42AC, 43AC, 44AC – значения КС активных составляющих зондов ЗИО-5;

ЗИ0,85; ЗИ1,26; ЗИ2,05 прибора ИКЗ-2, исправленные за влияние скважины; VK1C, VK2C, VK3C, VK4C, VK5C – значения КС зондов ВИКИЗ, исправленные за влияние скважины; RT, RX0, D/d – значения УЭС пласта и промытой зоны и относительный диаметр зоны проникновения, определенные по данным БК-35А, ЭК-73ПЛ, ИКЗ-2, ВИКИЗ; CALU, CAMN, CAMX – значения среднего, максимального и минимального диаметров скважины по данным автономного акустического профилемера АСПГ-100; зеленым и голубым цветом выделены опорные (непроницаемые) пласты и пласты с зоной проникновения соответственно

рассматриваемых геолого-технических условиях на всем протяжении бокового ствола скважины данные БК-35А позволяют достаточно уверенно решать эту задачу, поскольку расхождение между кривыми КС зондов БК-3 и БК-5, исправленными за влияние скважины, в пластах с зоной понижающего проникновения составляет 10–25% (рис. 1–3). Более того, в условиях, когда данные ИК и ВИКИЗ искажены осцилляциями, выделение пластов с зоной проникновения по данным БК-35А производится гораздо более надежно. Также надежно с использованием данных БК-35А решаются задачи расчленения разреза и определения УЭС пластов баженовской свиты (интервал 3014,0–3128,6 м). Поскольку диаграммы зондов ИК и ВИКИЗ в данном случае не являются информативными, упомянутые задачи при значениях УЭС, превышающих 80–100 Ом·м, решаются только по данным БК-35А (рис. 2).

Попластовая обработка данных БК-35А, зарегистрированных в непроницаемых песчаниках горизонтальной части скважины ($85^\circ \leq \alpha \leq 92^\circ$), проводилась по той же методике, что и в вертикальной части, совместно с данными ВИКИЗ или ЭКМА-90Г. Отличительной особенностью являлось то, что при обработке весьма протяженных однородных интервалов (5–11,4 м) абсолютные глубины границ этих интервалов отличаются незначительно, поэтому и рассчитанные по ним мощности (H_A) весьма малы (намного меньше, чем в верхней части ствола скважины) и составляют 0,03–0,7 м (табл. 2). Как и в верхней части разреза, при попластовой обработке не были использованы диаграммы коротких зондов ИК и ВИКИЗ, которые в горизонтальной части скважины подвержены наиболее сильным осцилляциям, являющимся помехой не только при выделении пластов с зоной проникновения, но и при снятии отсчетов для попластовой обработки (рис. 2, 3). В то же время в этих условиях кривые КС зондов БК-35А зарегистрированы без искажений, по ним уверенно выделяются пласты с зоной проникновения и снимаются отсчеты для попластовой обработки.

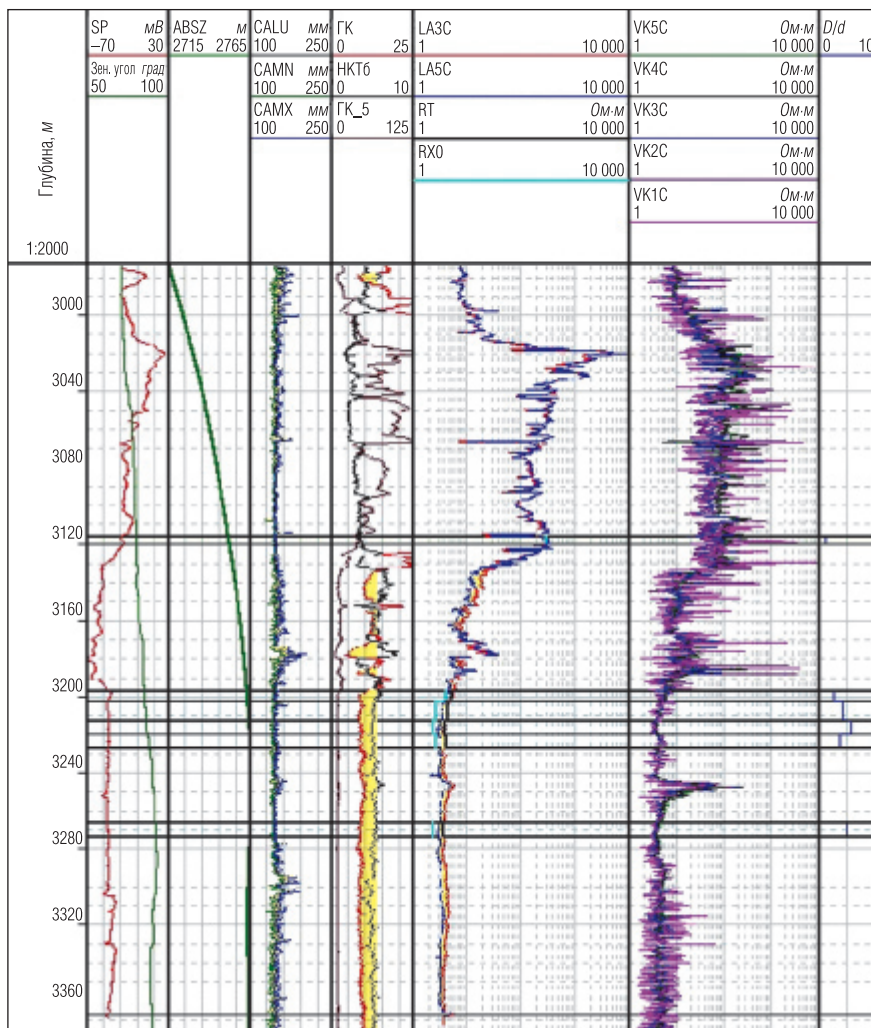


Рис. 2. Пример поточечной и поплавовой обработки данных автономных приборов БК-35А, ВИКИЗ, проведенной в пластах с высоким УЭС и в горизонтальной части ствола:

Скв. 3 ($d_n = 143 \text{ мм}$; $\rho_c = 0,041 \text{ Ом}\cdot\text{м}$): LA3C, LA5C – значения КС зондов БК-3, БК-5 прибора БК-35А, исправленные за влияние скважины; SP – кривая естественных

потенциалов, зарегистрированная пробормом БК-35А; VK1C, VK2C, VK3C, VK4C, VK5C – значения КС зондов ВИКИЗ, исправленные за влияние скважины; RT, RX0, D/d – значения УЭС пласта и промытой зоны и относительный диаметр зоны проникновения, определенные по данным БК-35А, ВИКИЗ; CALU, CAMN, CAMX – значения среднего, максимального и минимального диаметров скважины по данным автономного акустического профиломера АСПГ-100; зеленым и голубым цветом выделены непроницаемые пласты и пласты с зоной проникновения соответственно

При обобщении результатов обработки данных БК-35А и ЭМК, зарегистрированных в горизонтальной части рассматриваемых скважин, было установлено, что значение УЭС пластов проницаемых песчаников, имеющих различный характер насыщения, находится в пределах 3,8–11,6 *Ом·м*. Проникновение фильтрата ПЖ в пласты-коллекторы всегда является понижающим, а значение УЭС промытой зоны составляет 1,4–4,2 *Ом·м*. Результаты определения величины относительного диаметра зоны проникновения ($D/d = 2,5–7,5$) не всегда надежны из-за невысокой контрастности понижающего проникновения ($\rho_{\text{зп}}/\rho_{\text{п}} = 0,3–0,8$), характерного для данных геолого-технических условий. Уровень соответствия фактических и расчетных показаний в горизонтальной части скважин несколько больше, чем при зенитном угле в диапазоне $30^\circ \leq \alpha \leq 48^\circ$, но и здесь его значения находятся в допустимых пределах (0,32–0,79). Вероятно, это увеличение связано с недостаточно корректным учетом влияния вмещающих пород и с влиянием анизотропии пластов, которая, как известно, завышает показания зондов ЭМК [3].

Оценка УЭС неизменной части разреза по данным БК-35А в поточечном режиме из-за отсутствия данных бокового микрокаротажа проводилась с привлечением априорных данных о значениях $\rho_{\text{пз}}$ и D/d . Кривая $\rho_{\text{пз}}$ была рассчитана во всех проницаемых интервалах через параметр пористости, а интервал возможных значений D/d предполагался равным 2–7, поскольку в данной скважине максимальное значение параметра D/d , полученное при поплавковой обработке, равно 7. Результаты такой экспресс-оценки УЭС разреза, вскрытого в горизонтальной части бокового ствола скв. 1, приведены на рис. 3. Расхождения между значениями УЭС пластов, определенными в режиме поточечной обработки только данных БК-35А и в результате поплавковой обработки данных комплекса БК-35А и ВИКИЗ, достигают 25% (рис. 3).

Диаграммы КС зондов БК-3 и БК-5, исправленные за влияние скважины, в трех непроницаемых прослоях, вскрытых скв. 3 в

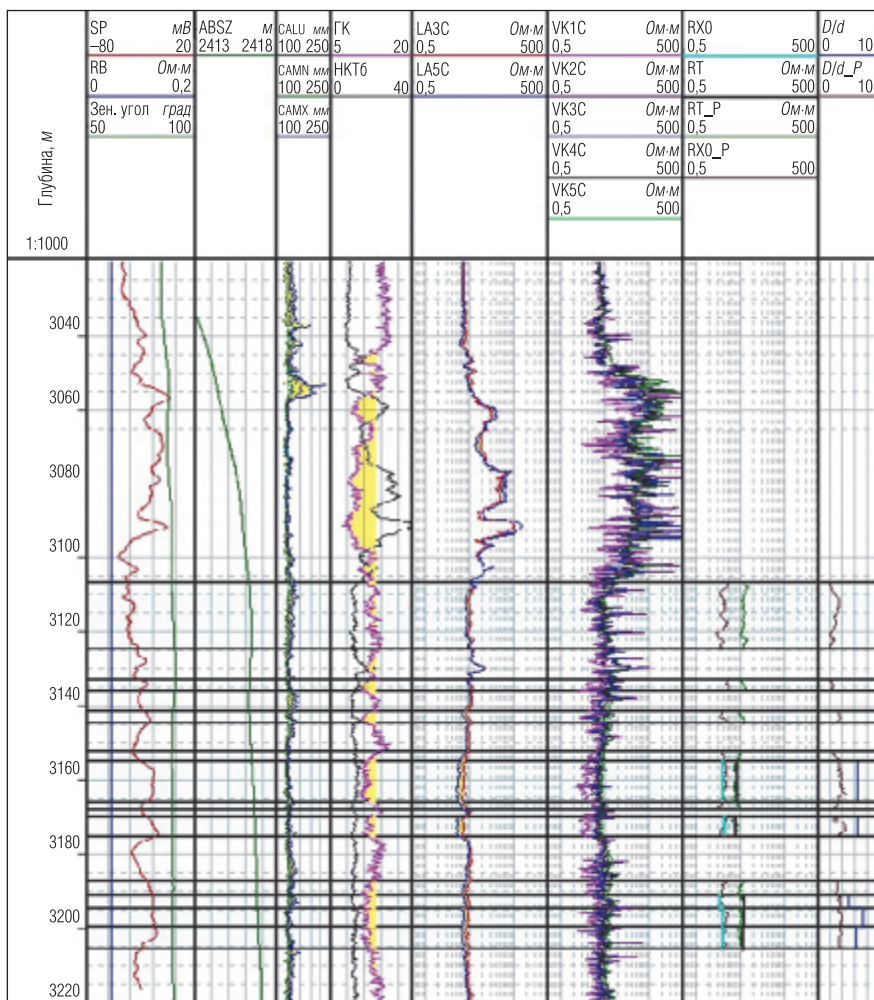


Рис. 3. Результаты определения электрических параметров пластов, вскрытых в горизонтальной части боковых стволов, в результате попластовой обработки данных БК-35А, ВИКИЗ и экспресс-оценки по данным БК-35А: Скв. 1 ($\alpha_n = 124$ мм; $\rho_c = 0,044$ Ом-м): LA3C, LA5C – значения КС зондов БК-3, БК-5 прибора БК-35А, исправленные за влияние скважины; SP – кривая естественных потенциалов, зарегистрированная проборм БК-35А; VK1C, VK2C, VK3C, VK4C,

VK5C – значения КС зондов ВИКИЗ, исправленные за влияние скважины; RT, RX0, D/d – значения УЭС пласта и промытой зоны и относительный диаметр зоны проникновения, определенные в попластовом режиме по данным БК-35А и ВИКИЗ; RT_P, RX0_P, DID_P – значения УЭС пласта и промытой зоны и относительный диаметр зоны проникновения, определенные в поточечном режиме по данным БК-35А; CALU, CAMN, CAMX – значения среднего, максимального и минимального диаметров скважины по данным автономного акустического профилемера АСПГ-100; голубым цветом выделены пласты с зоной проникновения

интервале 3018,4–3020,2 м, несмотря на высокие значения УЭС ($\rho_n = 3800\text{--}12\,000\text{ Ом}\cdot\text{м}$ или $\rho_n/\rho_c = 84\,000\text{--}260\,000$), имеют расхождения, не превышающие 30% (рис. 2). Отсутствие измерений другими зондами БК не позволяет подтвердить достоверность полученных показаний при столь высоких значениях УЭС пластов, однако эти результаты дают возможность оценить реальный диапазон измеряемых значений УЭС аппаратурой БК-35А.

Анализ качества результатов записи кривой ПС прибором БК-35А проводился посредством сравнения их с записями кривой ПС прибором на кабеле в верхней части скважин и с кривой ГК в горизонтальной ее части. На рис. 1 приведен пример записи кривой ПС прибором на кабеле ЭК-73ПЛ и автономным прибором БК-35А. Конфигурация кривых, записанных автономным прибором и прибором на кабеле, практически одинакова, а отличия в значениях аномалий не превышают 30%. В этой и других скважинах кривая ПС в целом отражает разрез, что подтверждается данными ПС, зарегистрированными прибором на кабеле и данными ГК, зарегистрированными автономным прибором (рис. 1–3). Несмотря на имеющиеся немногочисленные скачки, срывы и дребезг, требующие выявления причин их появления, был сделан вывод об удовлетворительном качестве записи кривой ПС.

Выводы

1. Записи КС и ПС зондами БК-3, БК-5 прибора БК-35А имеют хорошее качество.
2. По данным длинного БК-3 и короткого БК-5 зондов уверенно выделяются пласты-коллекторы, что подтверждается материалами ВИКИЗ, ЭКМА-90Г, ИКЗ-2.
3. Зонды БК-3 и БК-5 прибора БК-35А позволяют регистрировать диаграммы КС при высоких отношениях ρ_n/ρ_c (до 260 000).

4. В скважинах, заполненных высокоминерализованной ПЖ, метод БК обладает преимуществом перед методами ВИКИЗ и ИК, поскольку кривые КС зондов БК не осложнены значительными осцилляциями, характерными для кривых КС методов ЭМК.
5. Кривая ПС в целом отражает разрез, что подтверждается данными ПС, зарегистрированными приборами на кабеле и данными ГК.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шеин Ю. Л., Павлова Л. И., Рудяк Б. В., Снежко О. М. Определение геоэлектрических характеристик разреза в программе LogWin-ЭК // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2009. Вып. 5 (182). С. 89–100.
2. Хаматдинов Р. Т. Комплекс автономных приборов для исследования вертикальных и горизонтальных скважин // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2008. Вып. 10 (175). С. 3–16.
3. Электрическая анизотропия продуктивных пластов-коллекторов в горизонтальных скважинах Федоровского месторождения Западной Сибири / В. В. Вержбицкий, Б. В. Рудяк, О. М. Снежко, Ю. Л. Шеин, Н. К. Глебочева // НТВ "Каротажник". Тверь: Изд. АИС. 2005. Вып. 2. С. 9–23.