

УДК 550.832.7

Ю. Л. Шейн, *О. М. Снежко, Б. В. Рудяк, Л. И. Павлова*
 ООО «Нефтегазгеофизика»

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЛАСТОВ В НАКЛОННЫХ СКВАЖИНАХ С НЕОДНОРОДНЫМИ ВМЕЩАЮЩИМИ ПОРОДАМИ

Предложена методика определения продольного электрического сопротивления пластов, описано программное обеспечение, реализующее данную методику. Даны примеры обработки данных прибора 5ИК в наклонных скважинах.

Ключевые слова: электромагнитный каротаж, удельное электрическое сопротивление, обратная задача, неоднородные вмещающие породы, наклонная скважина.

В настоящее время в наклонных и в горизонтальных скважинах обработка данных зондов электромагнитного каротажа (ЭМК – ИК, ВИКИЗ) с целью определения удельного электрического сопротивления (УЭС) пластов, как правило, выполняется по программам и методикам, разработанным для вертикальных скважин. В результате определение УЭС продуктивных пластов при таком подходе может приводить к значительным неконтролируемым погрешностям и, как следствие, к ошибочным заключениям о характере насыщения коллекторов. Для решения этой проблемы была разработана методика определения УЭС пластов в наклонных скважинах по данным ЭМК, использующая программную реализацию обратной задачи для модели пласта ограниченной мощности без скважины с неоднородными вмещающими породами.

Ниже кратко изложена методика определения продольного электрического сопротивления пластов (ρ_n) по данным зондов прибора 5ИК-90А в наклонных скважинах с учетом зенитного угла наклона ствола скважины (α) и влияния неоднородных вмещающих пород, а также приведены примеры применения этой методики в модельных и реальных разрезах.

Решение обратной задачи (определение величины ρ_n) основано на поиске минимума целевой функции $\Phi(\rho_n)$:

$$\Phi(\rho_n) = \sum_{j=1}^{N_{\text{зонд}}} \sum_{i=1}^{N_z} \theta_i \cdot W^2(j, i), \quad (1)$$

где ρ_n – массив искомых значений истинных сопротивлений пластов;

$N_{\text{зонд}}$ – число зондов, участвующих в обработке; N_z – количество точек по оси Z выбранного интервала обработки, в которых выполнена запись зондами; θ_i – весовой множитель, характеризующий значимость вклада данной точки i в целевую функцию Φ ; $W(j, i)$ – величина невязки j -го зонда в i -й точке:

$$W(j, i) = \frac{\gamma_{k,j,i}^{\phi} - \gamma_{k,j,i}^r(\rho_n)}{\sqrt{(\Delta_j^{\text{mul}} \cdot \gamma_{k,j,i}^{\phi})^2 + (\Delta_j^{\text{add}})^2}}. \quad (2)$$

Здесь $\gamma_{k,j,i}^{\phi}$ – измеренное (фактическое) значение кажущейся электропроводности (КП) i -го зонда ИК в j -й точке; $\gamma_{k,j,i}^r(\rho_n)$ – соответствующее теоретическое значение КП, найденное посредством решения прямой задачи согласно [1, 2] в предположении, что угол α известен (рассчитывается по данным инклинометрии); Δ_j^{mul} , Δ_j^{add} – максимально допустимые значения мультипликативной и аддитивной составляющих погрешности измерений j -го зонда (для зондов ИК берутся $\Delta_j^{\text{mul}} = 0,05$, $\Delta_j^{\text{add}} = 5$ мСм/м, что соответствует максимально допустимым искажениям масштаба записи $\pm 5\%$ и сдвигов нуля ± 5 мСм/м).

Так как изучаемый пласт находится в неоднородных вмещающих породах с неизвестными сопротивлениями, то эти породы разбиваются на относительно однородные интервалы, а сама задача сводится к минимизации функции нескольких переменных (общее число неизвестных УЭС пластов). Поскольку число переменных, как правило, достаточно большое, а прямая задача в наклонной скважине [1, 2] для нескольких зондов ИК решается не очень быстро, то определение сопротивлений пласта и вмещающих может составлять несколько часов.

При решении прямой задачи [1, 2, 6, 7] используется модель непроницаемого пласта ограниченной мощности без скважины в неоднородных вмещающих породах, поэтому при решении обратной задачи следует брать фактические кривые кажущихся проводимостей зондов ИК, исправленные за влияние скважины. При этом сделано допущение, что ствол наклонной скважины пересекает пласты без зоны проникновения со строго горизонтальными границами. В случае обнаружения влияния на показания коротких зондов зоны проникновения в пласте-коллекторе они исключаются из обработки. По умолчанию коэффициенты анизотропии пласта и вмещающих полагаются равными 1,1, однако при наличии априорной информации их величины могут меняться.

