

УДК 550.832.75:550.8.05

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УДЕЛЬНОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОЛЛЕКТОРОВ ПО ДАННЫМ ПЯТИЗОНДОВОГО ИНДУКЦИОННОГО КАРОТАЖА

Дворкин В.И.<sup>1</sup>, Морозова Е.А., Лаздин А.Р.

ОАО НПФ «Геофизика»  
e-mail: <sup>1</sup> dvorkin@npf-geofizika.ru

**Аннотация.** Рассмотрена процедура деконволюции кривых многозондового индукционного каротажа (ИК). Показано, что расчет синтетических кривых ИК с заданными вертикальным и радиальным разрешением позволяет повысить точность определения удельного электросопротивления (УЭС) коллекторов и достоверность интерпретации

**Ключевые слова:** индукционный каротаж, многозондовые установки, обработка данных, синтетические зонды, деконволюция

Определение удельного электрического сопротивления (УЭС) пластов в бурящихся нефтегазовых скважинах методами электрометрии является одной из самых актуальных задач настоящего времени. В связи с тем, что бурение скважин для извлечения углеводородного сырья ведется в особых технологических условиях на сложных геологических объектах, возникает необходимость постоянного усовершенствования имеющейся для этих целей аппаратуры и сопровождающего программного обеспечения. От точности определения УЭС пластов будет зависеть эффективность выделения интервалов продуктивных коллекторов, способных отдавать нефть или газ.

В состав комплексной аппаратуры АМК «МАГИС-2», разработанной для исследования скважин, выходящих из бурения, входит прибор пятизондового индукционного каротажа (5ИК-80), содержащий пять трех-катушечных зондов различной длины (ИК03; ИК05; ИК07; ИК10; ИК14), работающих на одной частоте 50 кГц.

Многозондовые установки ИК позволяют измерять радиальный градиент электропроводности в разрезе скважины и рассчитывать геоэлектрические характеристики пересеченных пластов количественно, без привлечения дополнительной априорной информации. Учет искажающих показания факторов осуществляется на основе математического моделирования тонкослоистой среды с проникновением.

Совместная обработка данных нескольких зондов индукционного каротажа, имеющих различные вертикальные и радиальные характеристики, с целью точного определения УЭС незатронутой проникновением части пласта и параметров самой зоны проникновения (ЗП) требует приведение их к единой разрешаю-

щей способности. Для этого используется методика построения синтетических зондов на основе применения аппарата обратной фильтрации. При этом получают кривую распределения удельной электрической проводимости (УЭП) по глубине, усредненную в пределах цилиндрического слоя, радиус которого определяется радиальной характеристикой соответствующего зонда.

Для оценки влияния вмещающих пород на показания зондов 5ИК-80 в тонкослоистом разрезе применялась процедура деконволюции [1 - 3]:

$$\sigma_c = \sum_{i=1}^N h_{ji} \sigma_{k_j}(z - d_i), \quad (1)$$

где  $\sigma_c$  – кривая синтетического зонда заданного разрешения;  $\sigma_k$  – кривая физического зонда;  $h_i$  – коэффициент фильтра;  $i$  – количество точек фильтра;  $j$  – номер зонда;  $d_i$  – расстояние от середины зонда до  $i$ -й точки.

И по прямой задаче для типовых моделей и коэффициентов фильтра  $h_i$  рассчитывались кривые синтетических зондов. Радиальные характеристики синтетических зондов определялись по формуле:

$$G_c(r) = \sum_{i=1}^5 W_i G_i(r), \quad (2)$$

где  $G_c$ ,  $G_i$  – геометрический фактор синтетического зонда и реального зонда, соответственно;  $W_i$  – весовая функция;  $i$  – номер физического зонда,

На рис. 2 приведены два семейства синтетических зондов для аппаратуры 5ИК-80 с вертикальным разрешением 0,5 и 0,8 м, соответственно. На рис. 3 приведено сопоставление радиальных характеристик синтетических и реальных зондов.

Несмотря на достигнутое значительное улучшение характеристик зондов ИК, расчет фильтров (аналитических выражений) с приемлемой точностью является не только достаточно сложной математической задачей, но и требует адаптации к конкретным геологическим условиям.

Обработка данных 5ИК-80 может выполняться в автономной программе DVI, разработанной совместно с авторами А.П. Потаповым (ВНИИГИС), или в интегрированной системе ПРАЙМ.

Анализ результатов обработки скважинных исследований показывает, что построение синтетических зондов ИК позволяет повысить точность определения УЭС и достоверность интерпретации, особенно в тонкослоистом разрезе.

В качестве примера обработки данных 5ИК (рис. 3) приведена скважина, пробуренная на юрские отложения. После проведения процедуры деконволюции кривых и учета радиальной составляющей, были получены следующие положительные результаты: инт. 1 характеризуется понижающим проникновением и содержит нефть, а не воду, как было бы получено по обработке реальных кривых ИК; инт. 2 не является коллектором, в нем отсутствует зона проникновения; инт. 3 однозначно характеризуется как водонасыщенный с повышающей ЗП.

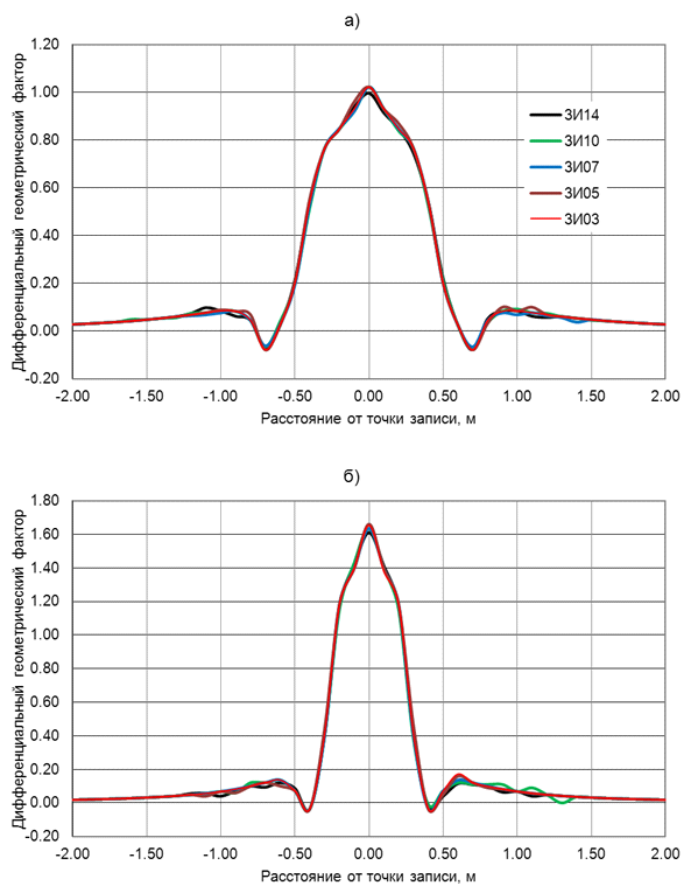


Рис. 1. Вертикальные характеристики синтетических зондов с разрешением:  
а) 0,8 м; б) 0,5 м

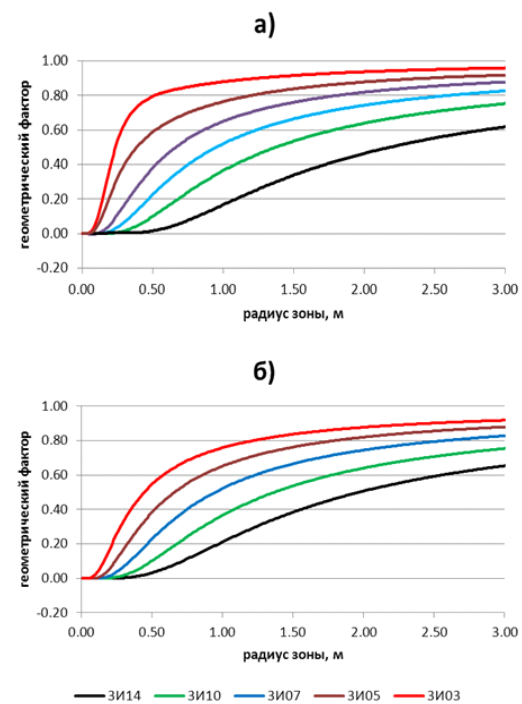


Рис. 2. Радиальные характеристики:  
а) синтетических зондов; б) реальных зондов

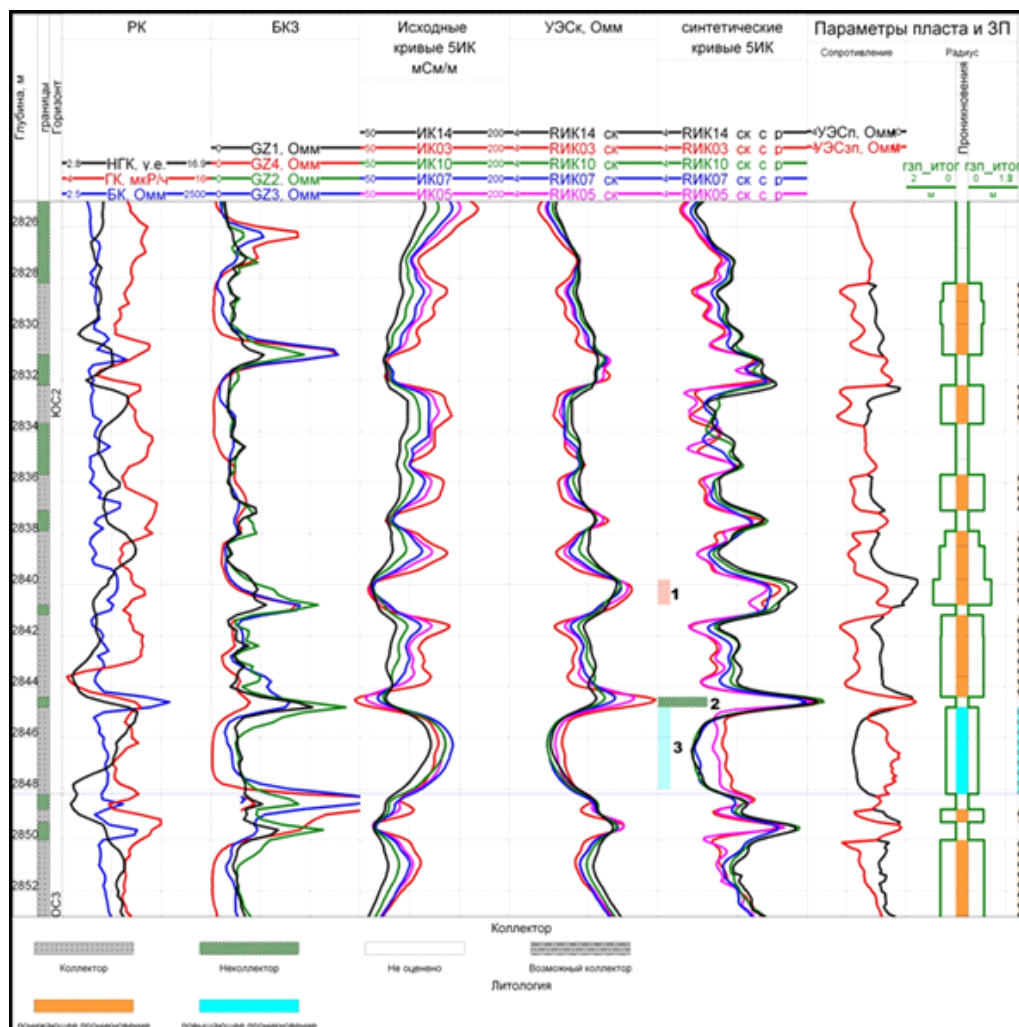


Рис. 3. Результаты исследования аппаратурой 5ИК

### Заключение

Применение синтетических кривых ИК с заданным вертикальным и радиальным разрешением позволяет надежно выделять проницаемые интервалы и способствует повышению точности определения УЭС коллекторов в тонкослойном разрезе.

### Литература

1. Потапов А.П., Кнеллер Л.Е. Решение прямой и обратной задач индукционного каротажа для сред с произвольным и дискретным распределением проводимости по глубине // Геология и геофизика. 1990. № 5. С. 122 - 130.
2. US Patent 6600995. High resolution array induction tool. Strickland R.W., Merchant G.A., Beste R.T., Babin K. Issued on July 29, 2003
3. Zhou Qiang. Log interpretation with fast induction log inversion // The Log Analyst. 1999. Volume 40. Number 6. PP. 479 - 484.

**FORMATION RESISTIVITY EVALUATION  
ACCORDING TO THE FIVE-SONDE INDUCTION LOGGING DATA**

V.I. Dvorkin, E.A. Morozova

*Ufa State Petroleum technological University, Ufa, Russia*

A.R. Lazdin

*OAO NPF "Geofizika", Ufa, Russia*

**Abstract.** *Deconvolution procedure of the multisonde induction logging curves is described. It is demonstrated, that synthetic induction logging curve calculations with the defined vertical and radial resolution enable to increase the reservoir electrical resistivity determination accuracy and interpretation reliability.*

**Keywords:** *induction logging, multi-array equipment, data processing, synthetic devices, deconvolution*

**References**

1. Potapov A.P., Kneller L.E. Reshenie pryamoi i obratnoi zadach induktsionnogo karotazha dlya sred s proizvol'nym i diskretnym raspredeleniem provodimosti po glubine (The solution of the direct and inverse problems of induction logging for media with arbitrary and discrete distribution of conductivity with depth), *Geologiya i geofizika*, 1990, Issue 5, pp. 122 - 130.
2. US Patent 6600995. High resolution array induction tool. Strickland R.W., Merchant G.A., Beste R.T., Babin K. Issued on July 29, 2003
3. Zhou Qiang. Log interpretation with fast induction log inversion, *The Log Analyst*, 1999, Volume 40, Number 6, pp. 479 - 484.