

Н. Л. Миронцов

## Импульсный боковой каротаж с повышенным пространственным разрешением

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

*Запропоновано принцип імпульсного живлення приладу трьохелектродного бічного каротажу, що дозволяє без змін геометрії зонда отримати апаратуру, яка за своїми характеристиками відповідає багатозондовій апаратурі бічного каротажу (теоретично нескінченної кількості зондів з різною глибиною дослідження та високої вертикальної роздільної здатності), і тим самим детально досліджувати радіальний (відносно осі свердловини), просторовий розподіл питомого електричного опору породи.*

Для решения задачи определения удельного электрического сопротивления (УЭС) пласта высокого вертикального разрешения (в цилиндрической системе координат) и исключения влияния величины УЭС бурового раствора скважины применяют ставшим классическим метод трехэлектродного зонда бокового каротажа БК-3 [1]. Однако для решения задачи восстановления радиального распределения УЭС одного зонда БК-3 недостаточно, поэтому в данном случае его применяют совместно с аппаратурой бокового каротажного зондирования (БКЗ) и аппаратурой индукционного каротажа (ИК) [2]. В настоящем сообщении предлагается метод, позволяющий путем простого изменения режима питания и измерения зондом БК-3 восстанавливать радиальное распределение УЭС пласта без привлечения аппаратуры БКЗ и ИК с существенно более высоким вертикальным разрешением, чем в применяемых методах [3].

На рис. 1 изображена принципиальная классическая схема зонда БК-3 [1]. Высокое вертикальное разрешение достигается поддержанием нулевой разности потенциалов между электродами At, A, Ab (расстояние между парами электродов A — At и A — Ab равно 0,10–0,15 м; длина электрода A 0,10–0,15 м, а электродов At и Ab 1,3–1,5 м), отделенными изоляторами малой длины. Таким образом, вертикальная составляющая вектора плотности

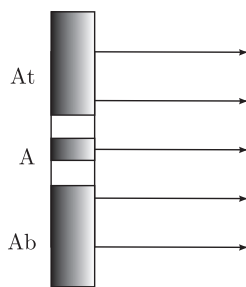


Рис. 1. Схематическое изображение геометрии аппаратуры БК-3 и линий тока в среде при  $\Delta U = 0$

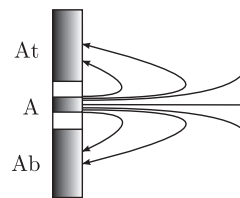


Рис. 2. Схематическое изображение геометрии аппаратуры БК-И и линий тока в среде  $\Delta U \neq 0$

тока, “стекающего” с электрода А, равна нулю, и следовательно, измеряемое кажущееся сопротивление (КС):

$$\tilde{\rho} = K \frac{U}{I} \quad (1)$$

(здесь  $K$  — коэффициент зонда [4, 5];  $U$  — измеряемая разность потенциалов между электродами At, A, Ab и “обратным”, расположенным теоретически на бесконечности;  $I$  — заданный ток электрода А) наиболее полно описывает характеристики проводимости пласта, без учета влияния соседних (вмещающих) пластов и величины УЭС бурового раствора [6].

Идея предлагаемого метода БК-И состоит в изменении отношения потенциала “экранных” электродов At и Ab по отношению к потенциалу “центрального” электрода А в каждой точке измерения (координата нахождения зонда в скважине) с одновременным измерением силы тока между А, At и А, Ab. В момент равенства потенциалов “экранных” и “центрального” электродов измеряем КС, соответствующее КС классического метода БК-З, а в остальные моменты при неравенстве этих потенциалов — за счет изменения траектории линий тока (часть тока будет перетекать между “центральным” и “экранными” электродами) — будет изменяться и глубина исследования в зависимости от разницы потенциалов А и At, Ab (рис. 2). Т. е., измеряя ток при различной разности потенциалов  $U_i^A - U_i^{Ab,At}$  ( $U_i^A$  — потенциал электрода А;  $U_i^{Ab,At}$  — величина потенциала электродов At и Ab одновременно, так как конструктивно они соединены низкоомной шиной, поэтому считается, что их потенциалы относительно бесконечно удаленной точки равны), мы тем самым будем определять КС различно удаленных от зонда участков среды:

$$\tilde{\rho}_i = K_i \frac{U_i^A - U_i^{Ab,At}}{I_i},$$

где  $\rho_i$  — КС;  $I_i$  — сила тока, протекающего между А и At, Ab для  $i$ -го измерения (геометрический фактор  $K_i$  также будет отличаться для каждого значения  $U_i^A - U_i^{Ab,At}$ , так как будут изменяться траектории линий тока). Заметим, что вопрос влияния неравенства потенциалов “центрального” и “экранных” электродов на результат измерения КС в свое время был проанализирован (например, в статье [7]), однако такое влияние рассматривалось исключительно как источник погрешности определения УЭС пласта.

Остановимся на вопросе выбора значений разности потенциалов  $U_i$ , для которых происходит измерение. Очевидно, что в общем случае можно производить непрерывное измерение (для каждого положения зонда) и тогда получим фактически непрерывное сканирование радиального распределения УЭС околоскважинного пространства (от максимально удаленного по глубине, соответствующего глубине исследования БК-З, до минимального, соответствующего радиусу скважины), что фактически соответствует бесконечному числу зондов различной глубинности. Другими словами, для интервала времени  $\Delta t$ , на котором изменяется величина  $\Delta U = U_i^A - U_i^{Ab,At}$ , определим функцию:

$$\tilde{\rho}(\Delta U, \rho(\vec{r})) = K(\Delta U) \frac{\Delta U(T)}{I(\Delta U, \rho(\vec{r}))},$$

где  $\rho(\vec{r})$  — пространственное распределение УЭС среды;  $\vec{r}$  — радиус-вектор.

Проведенные расчеты показали, что для разного пространственного распределения УЭС среды наиболее информативными оказываются измерения для различных диапазонов значений  $\Delta U$ . Так, для пластов-коллекторов, соответствующих условиям Западной Сибири [8],

в зависимости от вида проникновения (если УЭС ближней зоны пласта больше УЭС дальней зоны, то проникновение называют “повышающим”, в обратном случае — “понижающим”) наиболее “информативными” будут измерения с разным значением  $\Delta U$ : для точного определения радиального распределения УЭС пласта при “повышающем” проникновении оказываются более информативными значения, близкие к нулю, при “понижающем” — большие значения  $\Delta U$ .

Конструктивно метод может быть реализован различными способами. Но, по-видимому, наиболее перспективным является предложенный главным конструктором проектов ОАО “Опытно-конструкторское бюро геофизического приборостроения” (Киев) И. В. Майстренко метод питания электродов конденсаторами.

*Автор выражает признательность за ценные замечания д-ру физ.-мат. наук В. Н. Шуману и канд. техн. наук Р. С. Челокьяну, а также И. Н. Савину, М. А. Олевскому, В. С. Месропяну за обсуждение возможности реализации метода импульсного бокового каротажа, начатое в 2002 г.*

1. Ильинский В. М. Боковой каротаж. – Москва: Недра, 1971. – 144 с.
2. Красножон М. Д. Компьютеризированная технология интерпретации материалов электрического каротажа // Науч. техн. вестн. “Каротажник”. – 2005. – № 130./131. – С. 27–52.
3. Anderson B. I. Modeling and inversion methods for the interpretation of resistivity logging tool response. – Paris: Schlumberge print, 2001. – 377 p.
4. Колосов А. Л. Решение задач электрометрии скважин на ЭВМ. – Киев: Наук. думка, 1977. – 148 с.
5. Миронцов М. Л. До розрахунку коефіцієнтів зондів електричного каротажу // Доп. НАН України. – 2003. – № 11. – С. 120–122.
6. Дажнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – Москва: Недра, 1972. – 368 с.
7. Чукин В. Т., Мельников А. Г., Шахмарданов Ш. Ш. О влиянии неравенства потенциалов электродов зонда на результаты трехэлектродного бокового каротажа // Приклад. геофизика. – 1976. – Вып. 39. – С. 75–82.
8. Эпов М. И., Глинских В. Н., Ульянов В. Н. Оценка характеристик пространственного разрешения систем индукционного и высокочастотного каротажа в терригенных разрезах Западной Сибири // Науч. техн. вестн. “Каротажник”. – 2001. – Вып. 81. – С. 19–57.

*Институт геофизики им. С. И. Субботина  
НАН Украины, Киев*

*Поступило в редакцию 22.10.2009*

**M. L. Myrontsov**

### **Pulse lateral logging with high spatial resolution**

*A new principle of pulse power supply of a device for three-electrode lateral logging is proposed. It allows one, without altering a probe geometry, to obtain an equipment with performance specifications corresponding to those of multiprobe lateral logging (theoretically the infinite number of probes with different logging depths and high vertical resolution) and so to investigate a radial, relatively to the hole axis, spatial distribution of the formation resistivity in detail.*