

Н. Л. Миронцов

Способ устранения Гронинг-эффекта и эффекта экранирования при двойном боковом каротаже

(Представлено академиком НАН Украины В. И. Старостенко)

Запропоновано засіб позбавлення від Гронінг-ефекту та ефекту екранування при подвійному бічному каротажі, який засновано на зміні режимів живлення, виміру та введення двох додаткових електродів у зондову частину апаратури. Показано, що ці зміни значно зменшують вплив вмісних пластів на результат каротажу. Наведено приклад порівняння синтетичних кривих класичного подвійного каротажу та запропонованої апаратури.

Электрический каротаж (ЭК) — один из основных методов геофизического исследования скважин, ориентированный на определение геоэлектрических параметров модели разреза [1–3]. При этом ЭК является незаменимым методом для определения таких параметров, поскольку другие методы геоэлектрики (индукционный каротаж, высокочастотное индукционное каротажное изопараметрическое зондирование, электромагнитный каротаж) имеют существенные ограничения по диапазону измеряемых величин или условиям проведения каротажных работ [4–6].

Одно из основных требований геофизического исследования скважин: достаточное пространственное разрешение для точного определения параметров продуктивных пластов, пересеченных скважиной [1–3]. В этой связи к аппаратуре ЭК выдвигают требования повышенной вертикальной (вдоль оси скважины) разрешающей способности и достаточной дифференцированности исследования удельного электрического сопротивления (УЭС) вдоль пласта (по нормали к оси скважины). Для удовлетворения требования высокого вертикального разрешения принято использовать так называемую аппаратуру бокового каротажа (БК) [7]; для удовлетворения требования достаточной детализации исследования вдоль пласта скважины используют многозондовую аппаратуру ЭК [8]; для одновременного удовлетворения обоих требований используют аппаратуру многозондового бокового каротажа [9–12].

Следует отметить, что для достижения максимальной глубины исследования продуктивных пластов применяют принципы, аналогичные принципу, реализованному в приборе трехэлектродного БК [7] (рис. 1). А именно, путем поддержания одинакового потенциала всех электродов зондовой части относительно бесконечно удаленного, создаются условия, при которых вертикальная компонента вектора плотности тока равна нулю. Однако такой принцип основан на предположении, что обратный токовый электрод действительно расположен на бесконечности и именно в этом случае ток, эмитируемый центральным электродом, “стекает” строго в пласт. На практике реализовать расположение обратного токового электрода на бесконечности не удается в силу конструктивных ограничений и при принятых подходах к созданию аппаратуры ЭК его располагают на расстоянии 20–25 м от зондовой части. Кроме того, фактически этот электрод не является точечным, а имеет конечную длину. Такие особенности отличают реальную аппаратуру от “идеальных” условий, рассматриваемых в классических работах [1–3, 7].

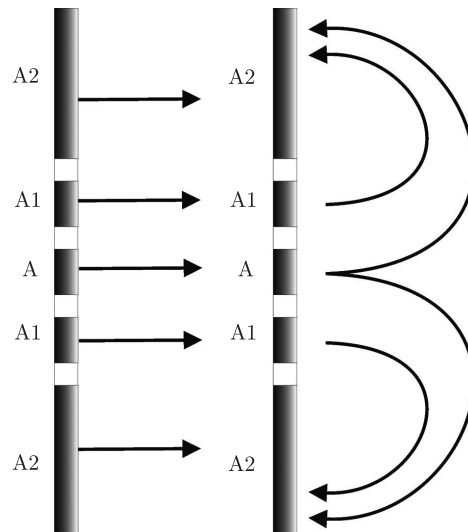


Рис. 1. Схема двойного БК. Схематически указаны линии тока при двух различных режимах питания

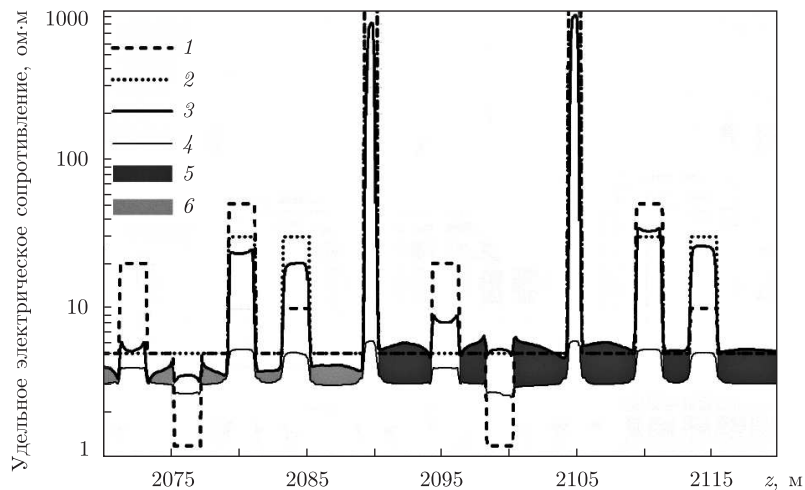


Рис. 2. Каротажные диаграммы классического двойного БК: 1 — УЭС нетронутой части пласта; 2 — УЭС зоны проникновения; 3 — КС большого зонда; 4 — КС малого зонда; 5 — область Гронинг-эффекта и эффекта экранирования; 6 — область только эффекта экранирования

Приведенные отличия приводят к возникновению Гронинг-эффекта (Groningen effect) [10]: наличие высокоомной прослойки (в том числе и пренебрежимо малой, с точки зрения интерпретации) между обратным токовым электродом и зондовой частью может приводить к существенным искажениям результата измерения. Кроме того, влияние на исследование пласта ограниченной мощности оказывают и вмещающие породы (эффект “экранирования”). Как следствие, плотные, непродуктивные пласты при интерпретации могут быть объективно идентифицированы как пласты-коллекторы. На рис. 2 приведены синтетические каротажные диаграммы двухзондового БК (БК 7/9) [10, 13] для условий Днепровско-Донецкой впадины. На данном примере видно, что плотные пропластки, разделяющие пласты-коллекторы, также выделяются как коллекторы (кривые двух разноглубинных зондов БК показывают различные значения).

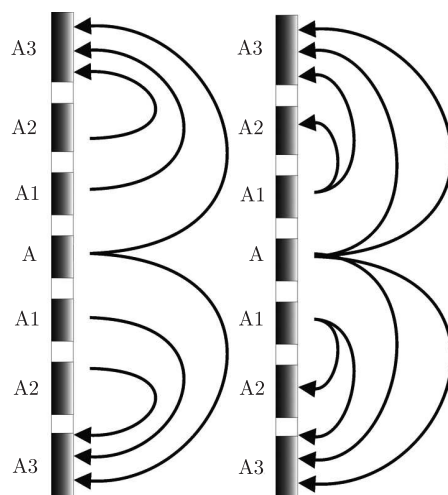


Рис. 3. Схема предложенного двойного БК. Схематически указаны линии тока при двух различных режимах питания

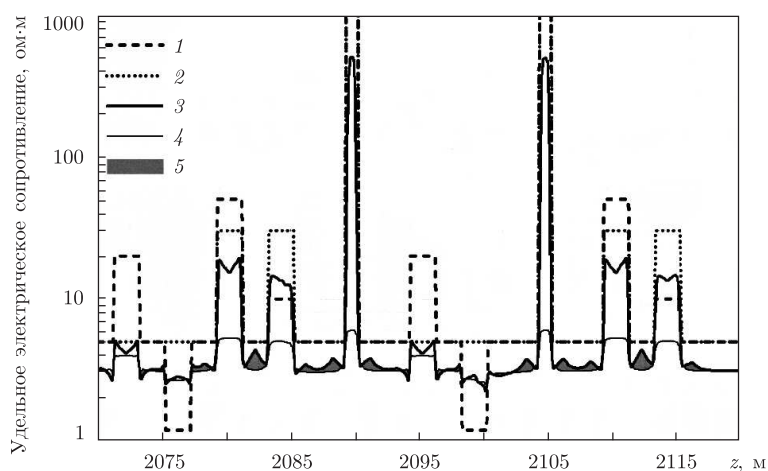


Рис. 4. Каротажные диаграммы предлагаемого двойного БК: 1 — УЭС нетронутой части пласта; 2 — УЭС зоны проникновения; 3 — КС большого зонда; 4 — КС малого зонда; 5 — интервалы, в которых Гронинг-эффект и эффект экранирования отсутствуют

Покажем, как конструктивно можно избежать этой проблемы. Внесем три изменения в традиционный подход: каждый из экранных электродов А2 разделим на два; режим, при котором необходим удаленный электрод, исключим; все электроды будут разделены минимальными изоляторами ($\approx 0,1$ м в отличие от $\approx 0,5$ м у МЭК-Ф) (рис. 3). На рис. 4 приведены каротажные кривые предлагаемой аппаратуры двойного БК. В ней предполагается два режима питания: в первом — прямым токовым электродом будет А, А1, А2, а обратным — А3; во втором — А, А1 и А2, А3 соответственно. Данный пример хорошо иллюстрирует возможность устранения Гронинг-эффекта и минимизации эффекта экранирования (последний сопоставим с граничным эффектом при пересечении зондом границы двух пластов различного УЭС [3]).

Сравнение каротажных диаграмм на рис. 2 и 4 показывает также, что с помощью предложенного способа верно выделяются низкоомные пласты как плотные, так и коллекторы.

Также из приведенного сравнения следует, что максимальная глубина такого исследования не уступает глубине исследования БК 7/9. В то же время предложенная аппаратура обладает высоким вертикальным разрешением и достаточной для решения обратной задачи дифференциацией исследования вдоль пласта. Кроме того, отсутствие удаленного обратного электрода позволяет использовать такую аппаратуру в горизонтально-наклонных скважинах.

Подобное моделирование и сравнение было проведено для типичных моделей разрезов Днепровско-Донецкой впадины [14]. На основании такого сравнения и приведенного примера были сделаны следующие выводы:

предложенный способ позволяет устранить Гронинг-эффект и эффект экранирования для двойного БК;

рассмотренная аппаратура, реализованная на его основе, позволяет с достаточной (в настоящее время) точностью выделять продуктивные пласты и исследовать их геоэлектрические параметры.

Автор выражает глубокую признательность акад. НАН Украины В. И. Старостенко, д-ру физ.-мат. наук В. Н. Шуману и канд. техн. наук Р. С. Челокьяну за высказанные замечания и внимание к работе.

1. Пирсон С. Дж. Справочник по интерпретации данных каротажа. – Москва: Недра, 1996. – 414 с.
2. Дебрант Р. Теория и интерпретация результатов геофизических методов исследования скважин. – Москва: Недра, 1972. – 288 с.
3. Дахнов В. Н. Интерпретация результатов геофизических исследований скважин. – Москва: Недра, 1972. – 368 с.
4. Плюснин М. И. Индукционный каротаж. – Москва: Недра, 1968. – 140 с.
5. *Технология* исследования нефтегазовых скважин на основе ВИКИЗ. Методическое руководство / Под. ред. М. И. Эпова, Ю. Н. Антонова. – Новосибирск: НИЦ ОИГГМ СО РАН; Изд-во СО РАН, 2000. – 121 с.
6. Эпов М. И., Глинских В. Н., Ульянов В. Н. Оценка характеристик пространственного разрешения систем индукционного и высокочастотного каротажа в терригенных разрезах западной Сибири // НТВ Каротажник. – 2001. – Вып. 81. – С. 19–57.
7. Ильинский В. М. Боковой каротаж. – Москва: Недра, 1971. – 144 с.
8. Горбик Г. К., Зундулевич С. М., Кулиничкович А. Е. Машинная интерпретация кривых БКЗ. – Москва: Недра, 1982. – 106 с.
9. Колосов А. Л. Прямые, смешанные и обратные задачи электрометрии скважин. – Киев: Наук. думка, 1985. – 196 с.
10. Anderson B. I. Modeling and inversion methods for the interpretation of resistivity logging tool response // Schlumberge print. – 2001. – P. 377.
11. Миронцов Н. Л. Решение прямых и обратных задач электрического и индукционного каротажа методом интегральных (полных) токов // Теоретичні та прикладні аспекти геоінформатики. – Київ, 2009. – С. 340–352.
12. Миронцов Н. Л. Некоторые аспекты использования многозондовой аппаратуры бокового каротажа // Тез. докл. Первой междунар. конф. “Актуальные проблемы электромагнитных зондирующих систем”. – Киев, 2009. – С. 8–9.
13. Бахова Н. И., Кашик А. С., Колосов А. Л., Челокьян Р. С. Методы конечных разностей и конечных элементов в геофизике. – Киев: Ин-т геофизики им. С. И. Субботина НАН Украины, 1999. – 316 с.
14. *Нафтогазоперспективні* об'єкти України. Нафтогазоносність та особливості літогеофізичної будови відкладів нижнього карбону і девону Дніпровсько-Донецької западини / Під. ред. І. І. Чебаненка, П. Ф. Гожики, Б. Л. Крупського, А. П. Толкунова, М. І. Євдошук. – Київ: Наук. думка, 2005. – 195 с.

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

Поступило в редакцию 23.06.2010

M. L. Myrontsov

A method of elimination of the Groningen and shielding effects at double lateral logging

A method to eliminate the Groningen effect and the shielding effect at the double lateral logging is proposed. The method is based on changing the power supply regime, the measurement, and introducing two additional electrodes in the probing part of an equipment. It is shown that these changes reduce considerably the influence of enclosing strata on results of logging. The example of comparison between the synthetic logging curves of the classical double lateral logging and ones obtained with the proposed equipment is given.