

# ДВУМЕРНАЯ ИНВЕРСИЯ ДАННЫХ МЕТОДА ВЫЗВАННОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ ВО ВРЕМЕННОЙ ОБЛАСТИ

Каминский А.Е.<sup>1</sup>, Лухманов В.Л.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>-ЗАО “КГЭ Астра”, Санкт-Петербург, kaminae@yandex.ru

Проблемам интерпретации данных метода вызванной поляризации (ВП) посвящено множество работ в России и за ее пределами. Теоретические основы метода были заложены еще во второй половине двадцатого века [Комаров, 1976, Семенов, 1960, Кормильцев, 1976, Seigel, 1962]. Многочисленные успехи полевых экспериментов способствовали быстрому внедрению метода в производственную практику рудной геофизики.

Развитие аппаратно-технической базы, на фоне постоянного усложнения решаемых задач в последние десятилетия, привело к появлению новых методик электроразведки, таких как электротомография. Несмотря на то, что электротомография ВП сравнительно недавно применяется в России, к настоящему моменту накоплен достаточный объем материалов, позволяющий сделать вывод о высокой эффективности данной методики при решении задач рудной геофизики.

В данной работе мы остановимся на проблемах интерпретации данных ВП в рудной геофизике. Измерения в этом случае обычно получают классическим способом – во временной области. Типичным подходом к интерпретации таких данных является обработка каждой временной задержки отдельно или интегрального параметра (заряжаемость, кажущаяся поляризуемость) на базе теории постоянного тока. В первом варианте отсутствует функциональная связь между параметрами соседних временных окон, во втором результаты достаточно грубы и практически не содержит информации о характере спада ВП.

Для решения данной проблемы предлагается алгоритм решения двумерной прямой и обратной задачи метода ВП во временной области. На базе данного алгоритма разработана программа, позволяющая рассчитывать спады ВП для сложных геоэлектрических разрезов и восстанавливать параметры среды.

При решении прямой задачи используется математический аппарат метода конечных элементов, дающий лучшие результаты по сравнению с сеточными методами [Dey&Morrison, 1979].

Удельное сопротивление заменяется наиболее популярным частотно-зависимым аналогом Cole-Cole.

$$\rho'(\omega) = \rho_0 \cdot \left( 1 - \frac{\eta}{100} \left( 1 - \frac{1}{1 - (i\omega\tau)^c} \right) \right)$$

При моделировании поля точечного источника среда разбивается сетью треугольных ячеек с различными комплексными сопротивлениями. Поведение комплексного потенциала внутри ячейки аппроксимируется линейной базисной функцией.

$$N(x, z) = \frac{(a + bx + cz)}{2A}$$

Поле точечного источника внутри двумерной среды имеет трехмерную структуру. Воспользовавшись преобразованием Фурье, решение задачи можно перевести в область пространственных частот.

$$\frac{\partial}{\partial x} \left( \sigma' \frac{\partial \phi(\omega)}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left( \sigma' \frac{\partial \phi(\omega)}{\partial z} \right) - \lambda^2 \sigma' \phi(\omega) = -I \delta(x) \delta(z)$$

$$\frac{\partial \phi(\omega)}{\partial n} + \nu \cdot \phi(\omega) = 0$$

где  $\phi(\omega)$  – спектральный потенциал,  $\lambda$  - пространственная частота,  $I$  - значение силы тока,  $\sigma$  – комплексная электропроводность среды,  $\delta$  - дельта функция Дирака.

Последующее решение для набора пространственных частот и применение обратного Фурье преобразования к полученным значениям спектрального потенциала дает искомые значения комплексного потенциала  $U(\omega)$  точечного источника для определенной частоты.

Знание частотного спектра  $U(\omega)$  позволяет посредством преобразования Фурье

$$U(t) = \frac{1}{2\pi} \int_{-\infty}^{\infty} U(\omega) \frac{e^{-i\omega t}}{-i\omega} d\omega = \frac{2}{\pi} \int_0^{\infty} \text{Re} U(\omega) \frac{\sin \omega t}{\omega} d\omega$$

получить решение во временной области.

Для преобразования Фурье строится числовой фильтр. Традиционно для построения таких фильтров используются пары функций  $\frac{\omega}{1 + \omega^2} \leftrightarrow e^{-t}$ .

Разработанный алгоритм опробован на различных модельных и полевых материалах.

Основной трудностью при интерпретации данных является сильная корреляция между параметрами элемента. Для решения данной проблемы параметры следует инвертировать последовательно, т.к. при подборе всех параметров одновременно возникает высокая вероятность получения ложных аномалий.

При инверсии мы использовали следующий алгоритм:

1. На первом этапе подбирается геоэлектрический разрез удельных сопротивлений по данным напряжения в импульсе. Сопротивлениям задаются пределы изменения (5-10%).

2. Далее производится совместная инверсия удельных сопротивлений (в заданных пределах) и поляризуемостей для напряжений в импульсе и интегрального параметра спада – заряжаемости. Поляризуемостям задаются пределы изменения (5-10%)
3. На завершающем этапе производится корректировка всех параметров для постоянного напряжения и спада. В большинстве случаев параметр  $C$  не подбирался.

Полученные результаты свидетельствуют о высокой эффективности данного подхода при интерпретации данных ВП, полученных во временной области. Следует подчеркнуть, что возможность надежного восстановления параметров ВП, таких как постоянная времени, открывает перед интерпретатором новые возможности при истолковании результатов.

### **Список литературы**

1. Комаров В. А. О связи временных параметров вызванной поляризации с размером поляризуемых тел. Методы разведочной геофизики. 1976. Методы разведочной геофизики. 26., с. 109 -114.
2. Кормильцев В. В.. О вызванной поляризации песчано-глинистых пород. Аппаратура и метод вызванной поляризации с измерением скорости спада. 1976. УНЦ АН СССР. с. 41 -68.
3. Семенов М. В. Об использовании скважин при работах методом вызванной поляризации. Методика и техника разведки. 1960. № 23. с. 77 -86. (ОНТИ ВИТР).
4. Dey, A. & Morrison, H.F. Resistivity modeling for arbitrarily shaped three-dimensional structure. Geophysics. 1979. Geophysics 44, 753–780.
5. Seigel H. Induced polarization and its role in mineral exploration. Canadian Min. Metall. Bull., 1962. v. 55, N 600, p. 242 -249.