

**РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ МАГНИТОТЕЛЛУРИЧЕСКОГО
ЗОНДИРОВАНИЯ В ГОРИЗОНТАЛЬНО-ОДНОРОДНОЙ
СЛОИСТОЙ СРЕДЕ С ДВУМЕРНОЙ
НЕОДНОРОДНОСТЬЮ**

Продан Анатолий Дмитриевич

Студент магистратуры

Казахстанский филиал МГУ имени М.В. Ломоносова, Астана, Казахстан

E-mail: anatolii.prodan.2001@gmail.com

Научный руководитель — Барашков Игорь Сергеевич

Работа посвящена применению метода интегральных уравнений для решения задачи магнитотеллурического зондирования (МТЗ), в которой поле возбуждается плоской волной, вертикально падающей на земную поверхность, для случая E -поляризации на основе теории магнитотеллурики. В случае E -поляризации согласно этой теории всё сводится к измерению поверхностного импеданса, то есть отношения тангенциальных компонент поля.

Из уравнений Максвелла сначала было получено дифференциальное уравнение для электрической компоненты E_x электромагнитного поля:

$$\Delta E_x + i\omega\mu\sigma(y, z) E_x = 0. \quad (1)$$

Затем на основе этого дифференциального уравнения было выведено интегральное уравнение для электрической компоненты E_x только по области неоднородности:

$$E_x(M) - \int_S G [\sigma_H(M^0) - \sigma_2(M^0)] E_x(M^0) dS_{M^0} = E_x^0(z). \quad (2)$$

Ядром этого интегрального уравнения является косинусное преобразование Фурье от фундаментальной функции слоистой среды. Затем были получены интегральные формулы пересчёта на поверхность Земли для электрической компоненты E_x и для магнитной компоненты H_y .

Чтобы упростить решение задачи, интегральное уравнение для электрической компоненты E_x было преобразовано в интегральное уравнение для аномального тока по области неоднородности. Формулы пересчёта электрического и магнитного полей на поверхности Земли при этом упростились. Благодаря этому упростилось и вычисление импеданса на поверхности Земли.

С использованием условий непрерывности на границах разрыва проводимости горизонтально-однородной слоистой среды $\sigma_C(z)$ были выведены формулы расчёта фундаментальной функции слоистой среды для источника в любом слое горизонтально-однородной слоистой среды.

Для численного решения интегрального уравнения область неоднородности разбивается на прямоугольные ячейки $S(j, l)$ с проводимостью $\sigma(j, l)$. После этого были получены аналитические формулы для интегралов от ядра интегрального уравнения по z и по y для отдельных ячеек прямоугольной сетки. Затем полученные выражения численно интегрируются по параметру косинусного преобразования Фурье и рассчитываются все элементы матрицы системы линейных алгебраических уравнений, к которой редуцируется интегральное уравнение. Эта система решается с помощью стандартной программы.

Литература

1. Dmitriev V. I. The Integral-Equation Method in Low-Frequency Electrodynamics of Nonhomogeneous Contrast // Computational Mathematics and Modeling. 2018. Vol. 29. P. 42–47.
2. Дмитриев В. И., Захаров Е. В. Метод интегральных уравнений в вычислительной электродинамике. — М.: МАКС Пресс, 2008. — 316 с.
3. Дмитриев В. И. Обратные задачи геофизики. — М.: МАКС Пресс, 2012. — 340 с.
4. Дмитриев В. И. Морские электромагнитные зондирования. — М.: АРГАМАК-МЕДИА, 2004. — 192 с.
5. Dmitriev V. I., Barashkov I. S. Numerical Analysis of the Integral Equation Method for the Computation of the Electromagnetic Field in a Nonhomogeneous Medium // Computational Mathematics and Modeling. 2019. Vol. 30, No. 1. P. 55–67.
6. Барашков И. С. Алгоритм решения обратной задачи магнитотеллурического зондирования с использованием метода интегральных уравнений для случая E-поляризации // Прикладная математика и информатика. Серия «Труды факультета ВМК МГУ им. М. В. Ломоносова». — М.: ООО «МАКС Пресс», 2024. Т. 75. С. 41–51.
7. Cagniard L. Basic theory of the magnetotelluric method // Geophysics. 1953. Vol. 18, No. 3. P. 605–635.