

ПРОЯВЛЕНИЕ ЛОКАЛЬНОЙ НЕОДНОРОДНОСТИ В ВАРИАНТЕ ЗОНДИРОВАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ НОВОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПАРАМЕТРА

Журавлёва Р.Б. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Аннотация. Теоретические расчёты изменения электропроводности по профилям, секущим неоднородность, показывают, что наличие локальной неоднородности в структуре уверенно выявляется.

THE REVEALING OF LOCAL DISCONTINUITY IN THE VARIANT OF SOUNDING WITH USE OF A NEW INFORMATION PARAMETER

Zhouravliova R.B. – Institute of Geophysics UB of RAS, Yekaterinburg

Abstract. Theoretical calculations of electrical conductivity change along the profiles, crossing discontinuity, show that the presence of the local discontinuity in structure is revealed with confidence.

В работах [1–3] на примере различного типа слоистых структур были показаны более высокие информационные возможности варианта зондирования с использованием нового информационного параметра:

$$\begin{aligned}
 G &= (1 + \varkappa r) e^{-\varkappa r} = \\
 &= \operatorname{Re} G + i \operatorname{Im} G = \\
 &= \begin{cases} (3e_{jz} - h_{zz})/2 & \text{ВМД} \\ (3h_{ze} - h_{zz})/2 & \text{ВМД+ГЭД} \\ 3 - (3h_{xx} + h_{zz})/2 & \text{ВМД+ГМД} \end{cases} \quad (1)
 \end{aligned}$$

Здесь $e_{\varphi z}$, h_{zz} – электромагнитные числа в поле вертикального магнитного диполя (ВМД), h_{ze} – в поле горизонтального электрического диполя (ГЭД), h_{xx} – в поле горизонтального магнитного диполя (ГМД) с моментом вдоль оси x ;

$\varkappa = \sqrt{i\omega\mu_0 / \rho}$ – волновое число, ρ – удельное сопротивление однородного полупространства, $\omega = 2\pi f$ – круговая частота, $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$ – магнитная проницаемость немагнитной среды, r – разнос (расстояние между генераторным и приёмным датчиками).

Интересно было посмотреть, как в таком варианте зондирования проявится локальная неоднородность. Для расчёта полей в присутствии локальной неоднородности были использованы программы А.Н. Ратушняка [5]. Рассчитано поле, возбуждаемое вертикальным магнитным диполем, помещённым в начало координат, в присутствии погруженного в однородное полупространство параллелепипеда размером $X \cdot Y \cdot Z = 10 \cdot 100 \cdot 50$ м³, с координатами центра $X_{\text{ц}} = 50$ м, $Y_{\text{ц}} = 0$ м, $Z_{\text{ц}} = -50$ м (рис. 1).

Расчёт полей по [5] выполнен на центральном профиле $y=0$, а также на про-

филях $y=20$; 40; 60 м на частотах $f=312$, 625, 1250, 2500, 5000 гц. Удельное сопротивление однородного полупространства (среда) $\rho_{cp} = 1000$ Ом·м, а удельное сопротивление локальной неоднородности (тело) $\rho_m = 10$ Ом·м.

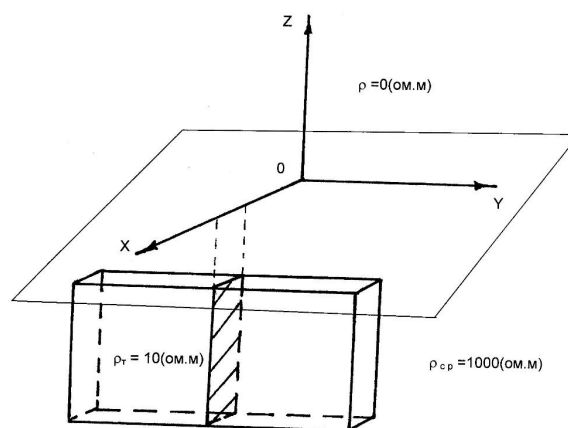


Рис. 1. Модель 3^х-мерной неоднородности в однородном полупространстве

По результатам расчёта компонент поля с использованием (1) вычислена величина $|G|$; по этой величине, используя табулированную однозначную зависимость $|G|$ от параметра однородного полупространства $\rho_{одн} = (kr)_{одн} e^{i\pi/4}$ с помощью разработанной нами программы 5-точечной интерполяции по схеме Лагранжа для каждой частоты и разноса $r = \sqrt{x^2 + y^2}$ определён параметр $(kr)_{одн}$ и рассчитана удельная электропроводность эквивалентного однородного полупространства в каждой точке профилей

$$\sigma_k = (kr)_{одн}^2 / (\omega\mu_0 r^2). \quad (2)$$

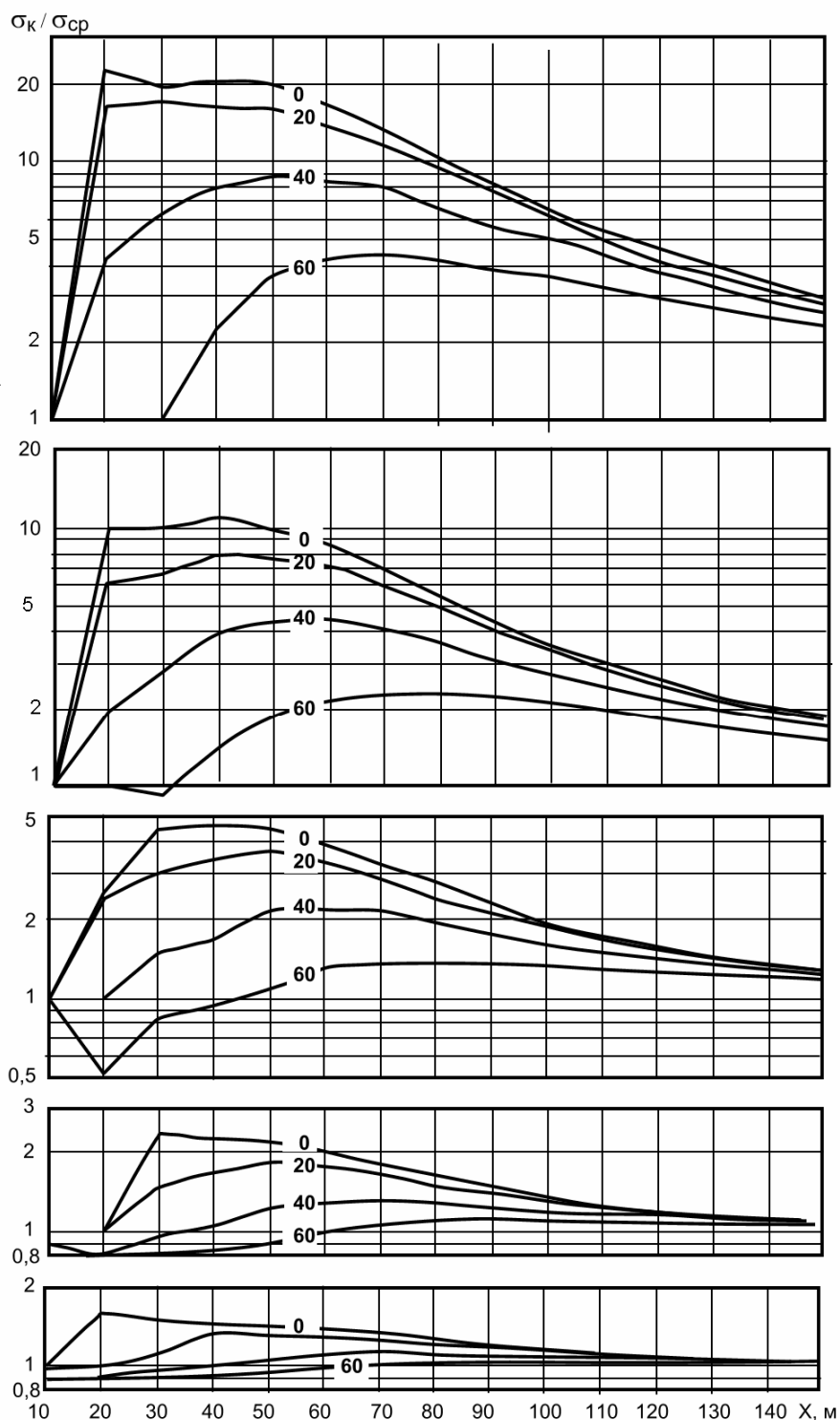


Рис. 2. Результаты расчёта σ_k / σ_{cp} от x по профилям $y=0; 20; 40; 60$ м на ряде частот

Результаты расчётов представлены на рис. 2 в виде нормированных отношений $\sigma_k / \sigma_{cp} = 1000 \sigma_k$. Следует отметить, что наша ЭВМ не позволяла выполнить вычисления при достаточно большом числе локальных

объёмов, на которое следует разбить нашу неоднородность, нами было использовано при расчёте деление на $5 \cdot 5 \cdot 5 = 125$ элементарных блоков. Видно (рис. 2), что при малых разностях для большей надёжности ре-

зультатов следовало бы, по-видимому, увеличить число элементарных объёмов неоднородности. Учитывая сказанное, приведённые результаты следует рассматривать как «качественную» картину, считая наиболее представительными результаты расчётов для $x \geq 30$ м.

Возможности получения более полной информации о параметрах структуры и, главное, возможность привязки изменяющейся с изменением частоты или разноса удельной электропроводности к глубине изучались на основе анализа изменений амплитуды и фазы информационного параметра $G(1)$.

Для подбора волнового параметра $p_{ef} = Re(\alpha r)_{ef} + i Im(\alpha r)_{ef} = |\alpha r)_{ef}| e^{i\alpha}$ (3) такого, чтобы выполнялось соотношение (1) для ReG и ImG , была использована разработанная нами программа на основе метода итераций.

Далее следует перейти от модели эквивалентного однородного полупространства к модели эквивалентной 2^x -слойной среды и определить её характерные параметры ρ_1, h_1, ρ_2 . Для определения трёх параметров необходимо иметь 3 независимых измерения, а не 2 (амплитуда и фаза). В предположении, что мы не имеем сведений о параметрах структуры, мы приняли за удельную электропроводность σ_1 величину σ_k , определяемую по (2). Кроме того, воспользуемся давно высказанной идеей [4], что в довольно широком диапазоне частот удовлетворительно работает соотношение

$$\alpha_k = \alpha_1 / \frac{th}{cth} (\alpha_1 h_1 + ar \frac{th}{cth} \sqrt{\rho_2 / \rho_1}). \quad (4)$$

Обозначив

$$ZZ = p_{ef} / p_{одн} e^{i(\alpha - \pi/4)} = \frac{th}{cth} [\alpha_1 h_1 + ar \frac{th}{cth} \sqrt{\rho_2 / \rho_1}], \quad (5)$$

для нашей модели получим $|ZZ| < 1, \alpha < \pi/4$ и можем записать [2]:

$$\alpha_1 h_1 + ar \frac{th}{cth} \sqrt{\rho_2 / \rho_1} = 1/2 C \log((1+ZZ)/(1-ZZ)) = T = ReT + i ImT. \quad (6)$$

Учитывая, что $\alpha_1 h_1 = k_{одн} h_1 (1+i) / \sqrt{2} =$

$$= h_1 (1+i) / \delta,$$

где $\delta = r\sqrt{2} / (kr)_{одн}$ – глубина проникновения, можем записать

$$\begin{aligned} \rho_{2k} &= \rho_1 th^2 (ReT - ImT), \\ |h_{1ef}| &= |ImT| \cdot \delta \end{aligned} \quad (7)$$

Полученные результаты в виде карты изолиний $\sigma_{2k} / \sigma_{cp} = 1000 / \rho_{2k}$ от h_{1ef} по центральному профилю $y=0$ представлены на рис. 3.

Видно, что локальная неоднородность хорошо выявляется; положение её центра, правда, несколько смещено от истинного в сторону меньших разносов, но это, скорее всего, связано с погрешностями расчёта в области малых разносов. Существенно, что новый вариант зондирования на поверхности произвольной структуры позволяет надёжно выявить присутствие локальных неоднородностей и может быть успешно использован в практической электроразведке.

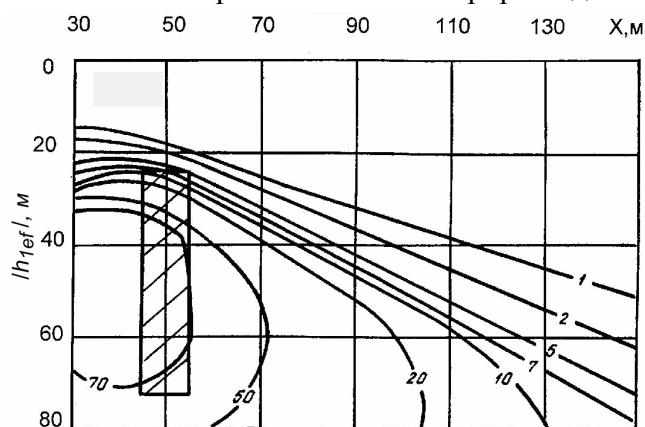


Рис. 3. Карта изолиний $\sigma_{2k} / \sigma_{cp} h_{1ef}$ на профиле $y=0$, проходящем над центром неоднородности; h_{1ef} определяется по (7)

Литература

1. Журавлёва Р.Б., Миронов Д.Г. Новый вариант зондирования с комплексированием измерений при магнитном и электрическом возбуждении поля // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электрических полей. Пермь: УрО РАН, 2005. С. 86–88.
2. Журавлёва Р.Б. Новый способ электромагнитных зондирования и его информационные возможности // Вопросы теории и практики геологической интерпретации гравитационных, магнитных и электриче-

ских полей. Екатеринбург, 2006. С. 114–117
3. Журавлёва Р.Б. Новый вариант зондирования с комплексированием измерений при возбуждении структуры вертикальным и горизонтальным магнитными диполями. // Уральский геофизический вестник, 2007. №2–3. С. 61–65.

4. Козулин Ю.Н. К теории частотного электромагнитного зондирования многослойных структур // Известия АН СССР. Серия геофизика, 1960. Вып. 8.

5. Ратушняк А.Н. Рассеяние гармонического ЭМ поля на 3D проводящих объектах. // Известия ВУЗов. Горный журнал, 2006. №1. С. 151–163.

МАГНИТОАКУСТИЧЕСКАЯ ЭМИССИЯ МАГНЕТИТОВЫХ РУД ПЕСЧАНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ (Средний Урал)

Иванченко В.С., Глухих И.И., Строкينا Л.Г., Хейнсон А.П. – Институт геофизики УрО РАН, Екатеринбург

Алешин К.Б. – Уральский государственный горный университет, Екатеринбург

Аннотация. В статье приведены результаты исследования магнитоакустической эмиссии образцов сульфидно-магнетитовых руд Песчанского месторождения (Средний Урал). По форме кривой сигналов магнитоакустической эмиссии при перемагничивании было выделено пять типов образцов. Для объяснения полученных результатов также были проведены минералогические исследования, термомагнитный анализ и изучены петли гистерезиса. Полученные результаты свидетельствуют, что сложный минералогический состав образца находит своё отражение в форме сигналов магнитоакустической эмиссии и позволили выделить несколько магнитных фаз, являющихся источником сигналов: магнетит, пирротин (моноклинный), тонковкрапленный, возможно затронутый процессами окисления магнетит, обратномагниченный пирротин.

MAGNETOACOUSTIC EMISSION OF MAGNETITE ORES OF THE PESCHANSK DEPOSIT (Middle Urals)

Ivanchenko V.S., Glukhikh I.I., Strokina L.G., Kheinson A.P. – Institute of geophysics, UB of RAS, Yekaterinburg

Aleshin K.B. – The Urals State Mining University, Yekaterinburg

Abstract. The results of investigation of magnetoacoustic emission of sulfide-magnetite ore samples of Peshansk deposit (middle Urals) are adduced. Five sample types were distinguished according to the form of magnetoacoustic emission signal curve at magnetic reversal. For explanation of the obtained results authors also conducted mineralogical researches, thermomagnetic analysis and studied hysteresis loops. The received results testify that complex mineralogical structure of a sample is reflected in the form of magnetoacoustic emission signals and allowed to distinguish several magnetic phases which are a source of signals: magnetite, pyrrhotine (monoclinic), thin disseminated magnetite, very likely affected by oxidation processes, reversely magnetized

Магнитоакустическая эмиссия (МАЭ) отражает особенности магнитной текстуры природных ферромагнетиков, которая обусловлена условиями их образования, а также влиянием последующих наложенных физико-химических процес-

сов (Глухих, Фоминых, 1970; Кудрявцева, 1988; Глухих, Иванченко, 1998).

На примере Естюнинского месторождения (Средний Урал) было показано отличие магнитоакустической эмиссии магнетитовых руд, образование которых свя-