УДК 550.837

Е.Ю.ЕРМОЛИН, *аспирант, ermolin_stud@list.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет)
О.ИНГЕРОВ, *вице-президент компании «PHOENIX GEOPHYSICS», alingerov@phoenix.com,*
Компания «PHOENIX GEOPHYSICS», Торонто, Канада

E.U.ERMOLIN, *post-graduate student, ermolin_stud@list.ru*
Saint Petersburg State Mining Institute (*Technical University*)
O.INGEROV, *vice-president of «PHOENIX GEOPHYSICS» LTD alingerov@phoenix.com,*
«PHOENIX GEOPHYSICS» LTD, Toronto, Canada

ОЦЕНКА ГЛУБИНЫ ЗАЛЕГАНИЯ ДВУМЕРНЫХ ЭЛЕКТРОПРОВОДНИКОВ ИЗОМЕТРИЧЕСКОГО СЕЧЕНИЯ ПО ОСОБЫМ ТОЧКАМ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТИППЕРА

В работе представлен анализ взаимосвязей глубины залегания двумерных проводящих тел с особыми точками частотных характеристик магнитовариационных параметров типпера. Как показали исследования, глубина залегания геометрического центра в рассматриваемом сечении тесно связана с расстоянием между двумя симметричными положительными экстремумами и значениями их амплитуд. Установленные зависимости могут быть использованы как при проектировании поисковых работ, так и при оценке параметров обнаруженных рудных объектов на стадии экспресс-интерпретации полученных данных.

Ключевые слова: типпрер, индукционный вектор, двумерные тела.

THE DEPTH ESTIMATION OF 2D CONDUCTIVE ISOMETRICAL BODIES BY SINGULAR POINTS AT THE TIPPER FREQUENCY CHARACTERISTIC

The relation between parameters of 2D anomaly body and features of vertical sections of tipper amplitude are considered in this paper. According to investigations the depth of center, top and bottom of conductive body is connected with geometrical distance between two symmetrically located positive extremes in tipper pseudo-sections. In addition the tipper amplitude in extremes decreases on account of increasing depth of anomalous body. The described regularities can be used for MT projects planning and quantitative estimation of anomalous body parameters using tipper pseudo-section constructed from field data.

Key words: tipper, induction arrows, two dimensional structures.

В последние годы благодаря промышленному выпуску прецизионных треног для точной установки на полевых пунктах датчиков магнитных компонент электромагнитного (ЕМ) поля Земли, а также появлению эффективных программ редактирования данных обработки полевых записей магнитовариационных наблюдений, заметно повысилась точность определения параметров отклика среды на электромагнитное воздействие, вычисляемых по магнитным компонентам ЕМ поля (H_x, H_y, H_z, типпер, индукционный вектор).

И.И.Ракитянским на основании результатов трехмерного моделирования (3D) магнитовариационных функций отклика от проводящих объектов было показано что частотные характеристики Типпера и индукционного вектора зависят от глубины его залегания [1]. Для двумерных объектов этим исследователем на основании физического и двумерного (2D) математического моделирования было

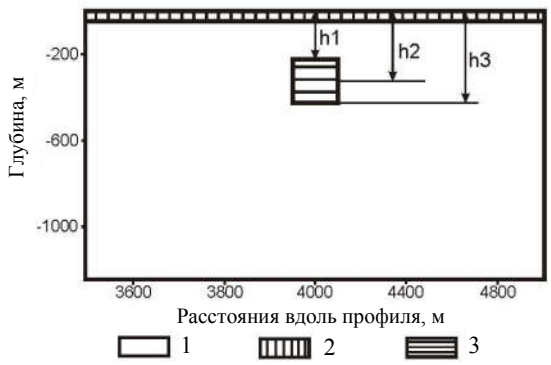


Рис. 1. Параметры двумерного тела, положенного в основу расчета магнитовариационной функции отклика

1 – вмещающая среда с сопротивлением 3000 Ом·м;
2 – кора выветривания с сопротивлением 100 Ом·м;
3 – аномальное проводящее тело 200 × 200 м

показано, что по частоте максимума магнитных компонент поля может быть определена относительная суммарная продольная проводимость сечения тела G [2]. Исследованиями О. Ингерова было показано, что по характеристикам вертикальных разрезов типпера можно различить форму сечения аномального 2D тела и оценить угол падения [3]. Этим автором приведены примеры успешного решения геологических задач с использованием индукционных векторов на различных частотах. Так, в работе [4] аргументирована принципиальная возможность установления графических и аналитических зависимостей между характеристиками аномалий вертикальных разрезов амплитуды типпера и параметрами аномальных проводящих тел.

Задачи и методика исследований. Авторы поставили перед собой задачу определения графических и аналитических зависимостей между характеристиками аномалий вертикальных разрезов амплитуды типпера и глубиной залегания 2-Д проводящих тел изометрической формы. Вертикальные разрезы типпера рассчитаны с использованием широко распространенной программы WinGLink. В качестве основной модели была выбрана 2-Д модель с квадратным сечением, размерами 200×200 м и удельным электрическим сопротивлением 4 Ом·м. Модель помещалась в высокоомную среду сопротивлением 3000 Ом·м. Кора выветривания коренных пород имитировалась верхним слоем мощностью 25 м и сопротивлением 100 Ом·м (рис.1).

Глубина залегания центра тела последовательно изменялась от 125 м до 775 м; удельное сопротивление вмещающей среды и аномального тела при этом оставались неизменными. Рассчитанные вертикальные разрезы типпера представлены на рис.2.

По этим разрезам определены расстояния между абсциссами двух максимумов (в метрах), значение периода в максимумах (в секундах) и амплитуда типпера в максимумах (в усл. единицах), построены графики зависимости с параметрами аномальных проводящих тел и подбираны функции, наилучшим образом описывающие полученные зависимости.

Анализ результатов моделирования. В результате выполненных экспериментов установлено, что с увеличением глубины залегания аномального проводящего тела значения периодов экстремальных значе-

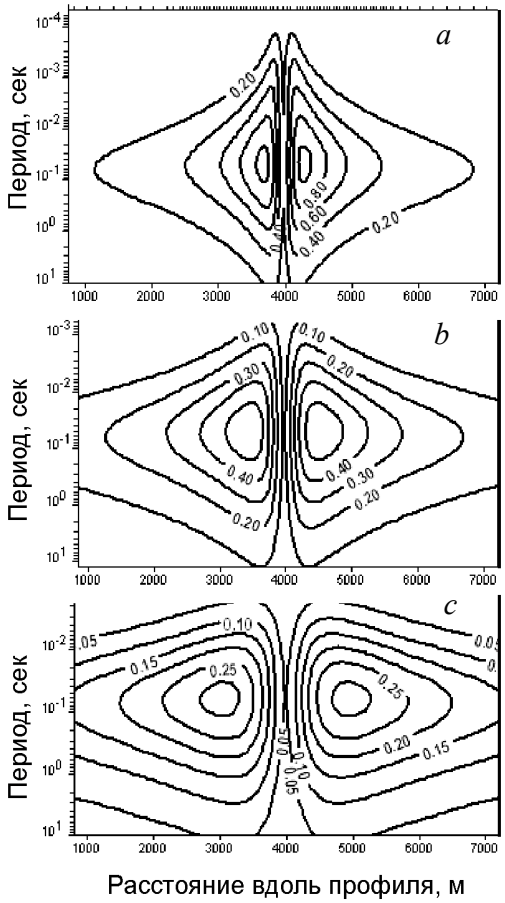


Рис.2. Вертикальные разрезы типпера, построенные для трех двумерных моделей с одинаковым значением суммарной продольной проводимости и различными значениями глубины залегания геометрического центра (h2):
a – 125 м; *b* – 325 м; *c* – 725 м

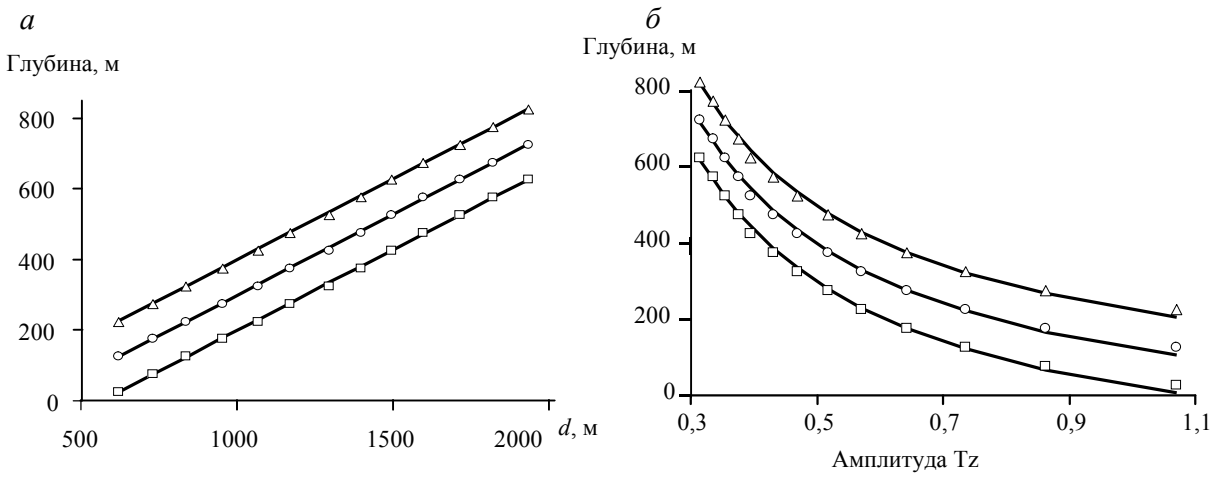


Рис.3. Обобщение результатов моделирования вертикальных разрезов типпера:
а – зависимость глубины залегания аномального тела от расстояния между двумя положительными экстремумами;
б – зависимость глубины залегания аномального тела от значения амплитуды типпера
в положительных экстремумах

ний амплитуды типпера не изменяются (при постоянном значении суммарной продольной проводимости). При этом расстояния между двумя положительными экстремумами на вертикальных разрезах типпера увеличиваются.

Результаты моделирования систематизированы авторами в форме графических зависимостей, представленных на рис.3, *а*.

Квадратами, кружками и треугольниками обозначены параметры верхней кромки, геометрического центра и нижней кромки теоретических моделей; линии – подобранные аналитические зависимости.

Выполненные построения позволили обосновать аналитическую зависимость, которая может быть использована для оценки глубины проводящего тела:

$$H_i = \alpha d - C_1, \qquad (1)$$

где H_i – глубина геометрического центра проводящего тела; d – расстояние между абсциссами максимумов на вертикальном разрезе амплитуды типпера, α – коэффициент пропорциональности ($\alpha = 0{,}46$), C_1 – константа ($C_1 = 154$).

Дополнительная оценка глубины залегания проводящего тела может быть выполнена по значениям амплитуд экстремальных значений разреза типпера (рис.3, *б*). Аналитическая зависимость изменения амплитуды экстремального значения типпера с изменением глубины аномального тела может быть выражена формулой:

$$H_i = \beta / A - C_1, \qquad (2)$$

где H_i – глубина до определенной части проводящего тела; A – максимальное значение типпера, β – коэффициент пропорциональности ($\beta = 274$), C_1 – константа ($C_1 = 154$).

Выводы

Выполненные модельные расчеты разрезов типпера для аномальных проводящих двумерных тел изометрического сечения показали тесную взаимосвязь между расчетными параметрами разрезов типпера и глубиной тела. Эти взаимосвязи обобщены виде аналитических и графических зависимостей.

Полученные результаты открывают возможности для оперативной оценки глубины залегания аномальных объектов по магнитовариационным данным.

REFERENCES

1. *Lam H.* et al. The response of perturbation and induction arrows to a three-dimensional buried anomaly // Geophysics 47, 1982. V.1. P.51-59.

2. *Rokityansky I.I.* Geoelectromagnetic Investigation of the Earth's Crust and mantle. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York, l982. 378 p.

3. *Ingerov O.* et al. Hi sensitivity EM prospecting technique based on measurement of three magnetic components of natural EM field. 19th IAGA WG Workshop on Electromagnetic Induction in the Earth, Beijing. 2008. P.965-970.

4. *Ingerov O.* et al. Non-grounded Surface Electroprospecting Technique., 70th EAGE annual Conference. 2009. Amsterdam.