

УДК 550.8

Е.П. Лапина

*Институт геофизики им. С.И. Субботина НАН Украины,
просп. Акад. Палладина, 32, Киев 03680, Украина,
e-mail: lapina-lena@ukr.net*

НЕКОТОРЫЕ МЕТОДИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ПРИ РЕШЕНИИ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ МАГНИТОМЕТРИИ

Для проведения качественной интерпретации на основании решения обратной трехмерной задачи важен выбор модели начального приближения при первичной обработке исходных магнитометрических данных. Адекватно выбранная первоначальная модель позволит осуществить детальный качественный анализ и затем перейти к количественной интерпретации.

Ключевые слова: обратная задача, аналитическая аппроксимация, магнитное поле, класс трехмерных материальных стержней, геологический объект, вектор интенсивности намагничивания, качественная интерпретация.

В теории и практике интерпретации потенциальных полей основное внимание уделяется правильному выбору метода или комплекса методов, технике проведения работ и рациональной, высококачественной методике. Современное состояние методов и компьютерных технологий для интерпретации гравитационного и магнитного полей во многом определяется работами таких известных ученых: В.И. Аронова, Ю.А. Блоха, Е.Г. Булаха, В.Н. Глазнева, Г.Я. Голиздры, В.М. Гордина, А.С. Долгаля, А.И. Кобрунова, А.К. Маловичко, В.И. Старостенко, В.Н. Страхова, А.Н. Тихонова, А.В. Цирульского и многих других исследователей.

Настоящая работа посвящена некоторым вопросам проведения качественного анализа исходного магнитного поля и методике выбора модели начального приближения по наблюдаемому магнитному полю.

Пусть однородно намагниченные массы, сосредоточенные в некоторой односвязной области $D_j, j = 1, 2, \dots, jk$, обуславливают в точках земной поверхности аномальное магнитное поле. В этом поле выбрано n точек и сформирован массив данных

$$U_{\text{исх}}(x_i, y_i, z_i) = U_{\text{исх}}(i), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

Под функцией $U_{\text{исх}}(i)$ будем понимать аномальное магнитное поле

$$\mathbf{T}_n(x_i, y_i, z_i) = \mathbf{T}_n(i) = T_x(i)\mathbf{i} + T_y(i)\mathbf{j} + T_z(i)\mathbf{k}, \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

В интерпретационном процессе задействована скалярная функция вертикальная составляющая напряженности магнитного поля:

$$Zn(i) = Tn_z(i), \quad i = 1, 2, \dots, n.$$

При анализе исходного аномального поля изучаются априорные данные о строении района исследований, составляется модель начального приближения. В нашем случае интерпретационная задача решается в классе стержневых тел [1–3]. Каждое элементарное тело состоит из трех взаимно перпендикулярных материальных стержней. Точка пересечения стержней является центром симметрии тела. Каждый стержень вытянут по направлению координатной оси. Для аномального магнитного поля общая геологическая модель, состоящая из совокупности стержней, определена последовательностью параметров:

$$P = \left\{ m, (c_x, c_y, h)_j; (2t_x, 2t_y, 2t_z)_j; (I_x, I_y, I_z)_j \right\}, \quad j = 1, 2, \dots, m,$$

где m – количество элементарных тел; (c_x, c_y, h) – центры тяжести тел; $(2t_x, 2t_y, 2t_z)$ – длины стержней; (I_x, I_y, I_z) – составляющие вектора интенсивности намагничивания стержневых масс.

На основании решения аппроксимационной задачи в классе стержневых тел проведен численный эксперимент. Было установлено, что экстремальные значения аномального поля Tn_z (рис. 1) соответствуют геометрическим центрам возмущающих геологических объектов. Густота изолиний локальных аномалий наблюдаемого поля (рис. 1) указывает на различную глубину расположения возмущающих объектов и на величину составляющих вектора интенсивности намагничивания. Для того чтобы лучше разобраться в этом вопросе, проведем небольшое исследование. Выберем один локальный объект и вычислим теоретическое поле $T_z t$ на основании решения прямой трехмерной задачи в классе стержневых тел, при различных значениях глубины залегания аномального тела h и вертикальной составляющей вектора интенсивности намагничивания I_z , при этом $I_x = I_y = \text{const}$. Центр тяжести возмущающего объекта имеет координаты: $c_x = 6$ км, $c_y = 4$ км, глубина залегания h будет принимать

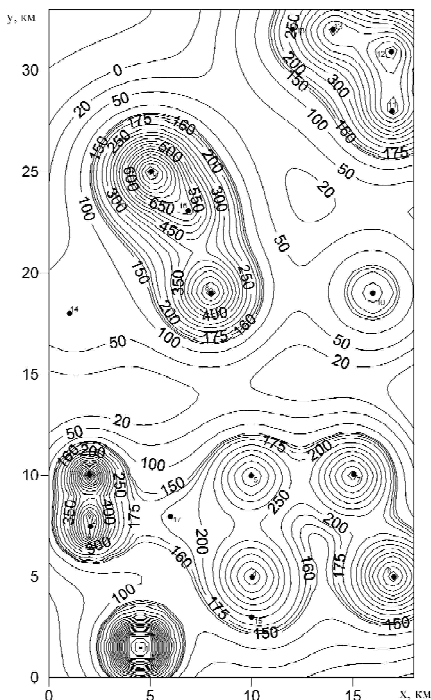


Рис. 1. Исходное магнитное поле, представленное вертикальной составляющей Tn_z , нТл, напряженности магнитного поля

значения от 1 до 5 км, вертикальная составляющая вектора интенсивности намагничения равна $I_z = 1000$ нТл.

На рис. 2 представлены графики аномальных полей на профиле $y = 4$ км, обусловленные локальным объектом, расположенным на различных глубинах. Рисунок 2 очень хорошо иллюстрирует тот факт, что чем глубже расположен возмущающий объект, тем меньше численные значения максимума кривой и больше влияние объекта на асимптотические области.

На рис. 3 проиллюстрированы результаты вычисления теоретического поля $T_z t$ на профиле $y = 4$ км при глубине расположения объекта $h = 1$ км, при этом вертикальная составляющая вектора интенсивности намагничения I_z изменяется и принимает значения от 1000 до 5000 нТл поочередно. В этом случае численные значения максимума кривой увеличиваются и уменьшается влияние объекта на асимптотические облас-

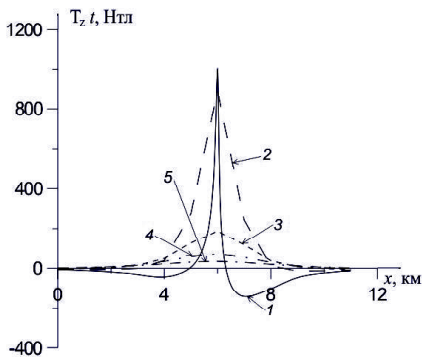


Рис. 2. Графики магнитного поля, представленного вертикальной составляющей вектора напряженности $T_z t$, обусловленные геологическим объектом, расположенным на различных глубинах: 1 – $h = 1$ км; 2 – $h = 2$ км; 3 – $h = 3$ км; 4 – $h = 4$ км; 5 – $h = 1$ км

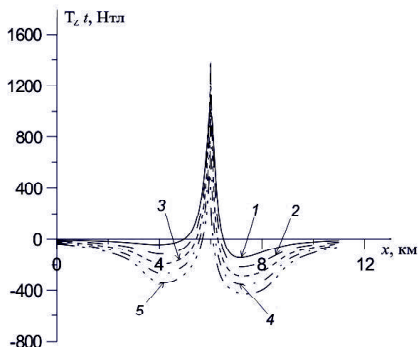


Рис. 3. Графики магнитного поля, представленного вертикальной составляющей вектора напряженности $T_z t$, обусловленные геологическим объектом, расположенным на глубине $h = 1$ км, и принимающим различные значения вертикальной составляющей вектора интенсивности намагниченности: 1 – $I_z = 1000$ нТл; 2 – $I_z = 2000$ нТл; 3 – $I_z = 3000$ нТл; 4 – $I_z = 4000$ нТл; 5 – $I_z = 5000$ нТл

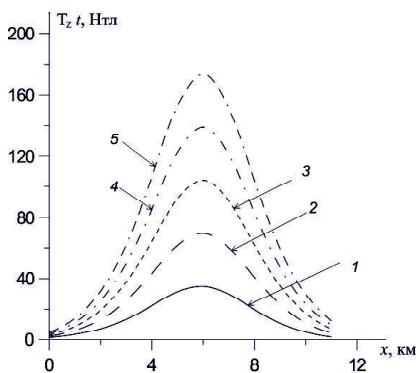


Рис. 4. Графики магнитного поля представленного вертикальной составляющей вектора напряженности $T_z t$, обусловленные геологическим объектом, расположенным на глубине $h = 5$ км, и принимающим различные значения вертикальной составляющей вектора интенсивности намагниченности: 1 – $I_z = 1000$ нТл; 2 – $I_z = 2000$ нТл; 3 – $I_z = 3000$ нТл; 4 – $I_z = 4000$ нТл; 5 – $I_z = 5000$ нТл

ти аномалии. Если расположить возмущающий объект на глубине $h = 5$ км, то будем наблюдать эффект глубинности и увеличение значения вертикальной составляющей вектора интенсивности намагничивания. Значение аномального поля в точке экстремума и уровень аномальной кривой будут увеличиваться (рис. 4).

Таким образом, можно сделать следующие выводы:

- 1) возмущающие объекты, расположенные неглубоко от земной поверхности, создают аномальные поля высоких порядков и имеют свойство быстро затухать с увеличением глубины расположения объекта;
- 2) аномальные источники, расположенные на большей глубине, создают аномальное поле меньших порядков и затухают медленнее с увеличением глубины расположения тел;
- 3) из анализа результатов решения задачи при различных значениях вертикальной составляющей вектора интенсивности намагничивания и различных глубинах расположения объекта следует, что аномаль-

Параметры модели начального приближения

№	c_x , км	c_y , км	h , км	t_z , км	I_z , нТл
1	1,5	4,5	4,95	4	2000
2	7,5	2	6	5	1000
3	10	2	5,9	5	1000
4	5	10	7	5	2000
5	10	10	7	5	2000
6	5	17	5,94	4	3000
7	10	15	5,95	4	2500
8	19	8	6,9	5	3000
9	25	5	6,95	5	4000
10	19	16	8	5	2500
11	28	17	7	5	2500
12	31	17	6,9	5	2500
13	32	14	6,9	5	2000
14	18	1	8,9	5,5	1500
15	3	11	7,9	5	1000
16	23	7	7	5	2000
17	8	6	7,95	4	3000
18	32	12	8,9	5,5	1500

Примечание: $t_x = t_y = 1$ км; $I_x = I_y = 1000$ нТл

ное поле более чувствительно к изменениям глубины расположения возмущающих объектов.

Описанные методические подходы могут использоваться для проведения качественного анализа на этапе первичной обработки исходных магнитометрических данных. По конфигурации аномального магнитного поля можно судить о глубинах расположения возмущающих объектов, а также приблизительно оценить геометрические параметры, что весьма важно для построения модели начального приближения. Созданное программно-алгоритмическое обеспечение включает в себя все описанные процедуры и вполне может быть использовано для решения практических задач магнитометрии [4].

Обратимся к нашему примеру. С учетом изложенного выше и результатов детального анализа исходного поля Tn_z (рис. 1) была построена модель начального приближения (см. таблицу), которая состоит из 18 элементарных источников, их центры тяжести отображены на рис. 1.

Описанная геологическая модель и наблюдаемое поле Tn_z (рис. 1) являются исходными данными для решения трехмерной обратной задачи.

Адекватно выбранная первоначальная модель позволит осуществить детальный качественный анализ, перейти к количественным расчетам и получить более полную информацию о геологическом строении района исследований.

1. Булах Е.Г. Обратные задачи магнитометрии в классе стержневых тел в связи с построением аналитической модели исходного поля / Е.Г. Булах, Е.П. Лапина // Геофиз. журн. – 2002. – Т. 24, № 4. – С. 60–70.
2. Булах Е.Г. К вопросу о построении аналитической модели внешнего магнитного поля / Е.Г. Булах, Е.П. Лапина // Геофиз. журн. – 2008. – Т. 30, № 2. – С. 42–50.
3. Булах Е.Г. Прямые и обратные задачи гравиметрии и магнитометрии / Е.Г. Булах. – Киев: Наук. думка, 2010. – 462 с.
4. Маркова М.Н. Практический опыт использования программного обеспечения, реализующего алгоритм аппроксимации потенциальных полей аналитической функцией, и решение обратных задач / М.Н. Маркова, Е.П. Лапина // Геоинформатика. – 2012. – № 2 (42). – С. 30–37.

Деякі методичні підходи до розв'язання обернених задач магнітометрії

О.П. Лапіна

Інститут геофізики ім. С.І. Субботіна НАН України, просп. Акад. Палладіна, 32, Київ 03680, Україна, e-mail: lapina-lena@ukr.net

Для проведення якісної інтерпретації на основі розв'язування оберненої тривимірної задачі важливим є вибір моделі початкового наближення за первинної обробки вихідних магнітометричних даних. Адекватний вибір початкової моделі дає змогу здійснити детальний якісний аналіз і перейти до кількісної інтерпретації.

Ключові слова: обернена задача, аналітична апроксимація, магнітне поле, клас тривимірних матеріальних стрижнів, геологічний об'єкт, вектор інтенсивності намагнічення, якісна інтерпретація.

Some methodological approaches to solving inverse problems of magnetometry

E.P. Lapina

Institute of Geophysics NAS of Ukraine, 32 Palladine Ave. Kyiv, 03680, Ukraine, e-mail: lapina-lena@ukr.net

For the qualitative interpretation on the basis of the decision of the three-dimensional inverse problem an important issue is the choice of the initial approximation model in the initial processing of observed magnetic data. Appropriately chosen initial model will allow a detailed qualitative analysis and then move on to quantitative interpretation.

Keywords: inverse problem, an analytical approximation, the magnetic field, a class of three-dimensional material rods, geological object, the vector of intensity of magnetization, qualitative interpretation.

Надійшла до редакції 05.06.2015 р.