

УДК 550.3

ГЕОФИЗИКА

Д. С. Григорян

Об оценке запасов железорудных месторождений по данным магнитной съемки

(Представлено академиком АН Армянской ССР А. Г. Назаровым 15/VI 1978)

Исследование возможностей использования данных магниторазведки для оценки запасов магнетитовых месторождений имеет большое теоретическое и практическое значение. Это связано с тем, что данные магниторазведки, дополняя результаты геологического опробования между горными выработками, позволяют в принципе получить более правильную оценку запасов на том или ином этапе разведки. Особенно важное практическое значение имеют данные магниторазведки на этапе предварительной оценки запасов, когда месторождение покрыто редкой сетью горных выработок.

Оценка запасов руды на основе данных наземной крупномасштабной съемки аномалии ΔZ магнитного поля сводится к оценке объема руды из равенства (1):

$$V_p = \frac{M - J_b \cdot V}{J_p - J_b}, \quad (1)$$

где: M — магнитный момент всей возмущающей массы месторождения;
 J_p , J_b — соответственно средняя эффективная интенсивность намагни-
 чення руды и измененных, магнитных вмещающих пород
 месторождения;

V — объем всей возмущающей массы месторождения.

Величина M магнитного момента в принципе вполне определяется значениями наблюдаемой аномалии.

Известен ряд формул (2-4), при помощи которых можно по аномальному магнитному полю вычислить магнитный момент возмущающего объекта. Однако данные алгоритмы построены при некоторых упрощениях, не позволяющих достаточно обоснованно применять их в общем случае для рельефа любой сложности. Кроме этого описанные ранее методы опираются на предположении об однородной намагниченности возмущающей массы.

Предлагаемый в настоящей работе алгоритм для вычисления магнитного момента построен для сложных горных условий, в случае неоднородной намагниченности, когда возмущающая масса состоит из участков намагниченных в разной степени, но направление вектора интенсивности намагничения J для всех точек возмущающей массы близок к вертикальному ⁽⁵⁾.

По заданному рельефу поверхности наблюдения и аномалии ΔZ приближенно вычисляется аномальный магнитный потенциал на рельефе. Потенциал этот интерпретируется, как потенциал некоторого простого слоя на рельефе с массой, равной искомому магнитному моменту.

Интегро-дифференциальное уравнение относительно магнитного потенциала на множестве точек поверхности наблюдения S имеет вид:

$$U(\bar{\xi}, \bar{\eta}, \bar{z}) = \frac{1}{2\pi} \iint_{S_{xy}} \left(U \frac{(\bar{\xi} - \xi)p + (\bar{\eta} - \eta)q - (\bar{z} - z)}{r_s^3} - \frac{\partial U}{\partial x} \frac{p}{r_s} - \frac{\partial U}{\partial y} \frac{q}{r_s} \right) d\xi d\eta + \frac{1}{2\pi} \iint_{S_{xy}} \frac{\Delta Z}{r_s} d\xi d\eta, \quad (2)$$

где: S_{xy} — проекция поверхности S , заданной функцией $z = f(x, y)$, на координатную плоскость XOY , $p = \frac{\partial f}{\partial x}$, $q = \frac{\partial f}{\partial y}$,

$$r_s = \sqrt{(\bar{\xi} - \xi)^2 + (\bar{\eta} - \eta)^2 + (\bar{z} - z)^2}.$$

В соответствии с принятой нами интерпретацией магнитный потенциал представляется в виде:

$$U = \frac{\partial}{\partial z} \iint_s \frac{\rho}{r} ds,$$

откуда

$$\rho(\bar{\xi}, \bar{\eta}, \bar{z}) = -\frac{1}{2\pi} \iint_s \rho \frac{z - \bar{z}}{[(\bar{\xi} - \xi)^2 + (\bar{\eta} - \eta)^2 + (\bar{z} - z)^2]^{3/2}} ds - \frac{\sqrt{1 + p^2 + q^2}}{2\pi} U(\bar{\xi}, \bar{\eta}, \bar{z}). \quad (3)$$

Искомая величина магнитного момента определяется формулой:

$$M = \iint_s \rho ds. \quad (4)$$

Численное решение уравнений (2), (3), (4) можно провести следующим образом. Ограничим область S_{xy} некоторым прямоугольником со сторонами параллельными координатным осям X, Y . Размеры прямоугольника выберем такими, чтобы вне его аномальное поле ΔZ было

практически равно нулю. Покроем прямоугольник сеткой одинаковых элементарных квадратов $\Delta S_{i,j}$ ($i=1, \dots, m$; $j=1, \dots, n$), с длиной стороны Δ . Интегрирование по области $S_{\text{пов}}$ сведем к сумме интегралов по элементарным областям ΔS , для которых неизвестные значения $(U)_{i,j}$, $(\rho)_{i,j}$, соответствующие их центрам (x_i, y_j) , возьмем в качестве средних, вынося их за знаки интегралов.

Оставляя для рассмотрения дискретное множество точек поверхности S , соответствующее центрам элементарных квадратов $\Delta S_{i,j}$, формулы (2), (3), (4) для практического использования запишем в виде:

$$(U)_{i,j} = \frac{1}{4\pi\Delta} \sum_k \sum_l [2\Delta(U)_{k,e}(a_{k,e} + \beta_{k,e+1} + \gamma_{k+1,e} - \beta_{k-1,e} - \gamma_{k-1,e})] + \frac{1}{4\pi\Delta} \sum_k \sum_e (\Delta Z)_{k,e}(a_{k,e} + c_{k,e}), \quad (5)$$

где

$$a_{k,e} = \iint_{\Delta S_{k,e}} \frac{(\xi - \xi_l)p + (\eta - \eta_l)q - (z - z_{l,j})}{r_{l,j}^3} d\xi d\eta;$$

$$\beta_{k,e} = \iint_{\Delta S_{k,e}} \frac{p}{r_{l,j}} d\xi d\eta; \quad \gamma_{k,e} = \iint_{\Delta S_{k,e}} \frac{q}{r_{l,j}} d\xi d\eta; \quad a_{k,e} = (z_{k,e+1} - z_{k,e-1})\beta_{k,e} + (z_{k+1,e} - z_{k-1,e})\gamma_{k,e};$$

$$c_{k,e} = 2\Delta \iint_{\Delta S_{k,e}} \frac{1}{r_{l,j}} d\xi d\eta;$$

$$(\rho)_{i,j} = -\frac{1}{2\pi} \sum_k \sum_e \rho_{k,e} \cdot b_{k,e} - \frac{\sqrt{1+p_{k,e}^2+q_{k,e}^2}}{2\pi} (U)_{i,j}, \quad (6)$$

где $(U)_{i,j}$ — числа, полученные в результате решения системы уравнений (5).

$$M = \sum_k \sum_e \rho_{k,e} \cdot \sqrt{1+p_{k,e}^2+q_{k,e}^2} \cdot \Delta^2, \quad (7)$$

Системы уравнений (5), (6) могут быть эффективно решены методом итераций с помощью ЭВМ.

В отличие от магнитного момента определение величин средних эффективных намагниченностей руд J_p и вмещающих пород J_b принципиально невозможно только по наблюдаемому аномальному полю. Это объясняется неоднозначностью решения обратной задачи в случае, если о самом возмущающем объекте нет достаточных сведений. Практически решение задачи упрощается, так как всегда имеются дополнительные сведения об оцениваемом объекте. Эти сведения могут

быть получены различными путями: в результате измерения магнитных свойств образцов; методом аналогии, исходящим из геолого-геофизических соображений; путем построения модельных разрезов по отдельным разведочным линиям и т. д.

Мы решили эту задачу на примере Абовянского железорудного месторождения путем сопоставления данных по вертикальным опорным представительным геологическим разрезам аномалии ΔZ над ними (6).

Возмущающая масса состоит из зон, соответствующих различным геологическим типам. Средняя эффективная намагниченность для каждого типа определяется следующим образом:

$$J_j^j = \frac{\sum_{k=1}^{n_j} J_k^j V_k^j}{\sum_{k=1}^{n_j} V_k^j},$$

где J_j^j — средняя эффективная намагниченность для типа с номером j , n_j — число объемов V_k^j в суммарном объеме V^j , соответствующем типу j .

Исходя из геолого-геофизической характеристики месторождения аппроксимируем определенной моделью. Аномалия ΔZ от рассматриваемой модели в точках профиля наблюдений $(x, h(x))$ имеет вид:

$$\Delta Z(x, h(x)) = \sum_{j=1}^m \sum_{k=1}^{n_j} J_k^j \omega_k^j(x). \quad (8)$$

Если в левую часть равенства (8) подставить наблюдаемую аномалию ΔZ , то равенство (8) можно будет рассматривать как уравнение относительно величин J_k^j .

Объем V , входящий в выражение (1), можно вычислить по формуле $V = S \cdot H$, где: S — площадь аномалии ΔZ , входящая в вычисленный магнитный момент, H — глубина распространения возмущающей массы, которую надо выбрать таким образом, чтобы можно было пренебречь действием возмущающих масс, находящихся возможно глубже.

Описанный метод оценки запасов на основе вычисления магнитного момента месторождения и средних эффективных намагниченностей позволяет сократить объем разведочного бурения и дает значительную экономию государственных средств (1,8).

Институт геофизики и инженерной
сейсмологии Академии наук Армянской ССР

Երկաթահանքի պաշարների գնահատումն
ըստ մագնիսական հանույթի տվյալների

Աշխատանքում նկարագրված է երկաթահանքի պաշարների գնահատման
մեթոդը մագնիսական հանույթի տվյալներով բարդ ուղիների պայմաններում:

ЛИТЕРАТУРА — ԳՐԱԿԱՆՈՒԹՅՈՒՆ

- ¹ А. М. Полонский, Алгоритмы решений некоторых задач геофизики, Ереван, 1971.
² В. В. Колубакин, М. Н. Лалина, Обзор способов решения прямой и обратной задачи магнитной разведки, М., 1960. ³ А. М. Полонский, Труды СНИИГГИМС, вып. 62, 1967.
⁴ Д. С. Григорян, А. М. Полонский, «Известия АН Арм. ССР», Науки о Земле, 2, 1972. ⁵ Д. С. Григорян, А. М. Полонский, ДАН Арм. ССР, т. LX, № 1 (1975). ⁶ Д. С. Григорян, «Известия АН Арм. ССР», Науки о Земле, 2, 1973.