

К ВОПРОСУ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАПРАВЛЕНИЯ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ ТЕЛ ПО МАГНИТНЫМ АНОМАЛИЯМ

Д. С. МИКОВ

В статье приводятся формулы и пример практического определения направления намагниченности двух сближенных тел шаровой формы по теоретически вычисленной аномалии.

Форма магнитных аномалий, создаваемых возмущающими геологическими телами, как известно, зависит в сильной степени не только от формы тел, но и от направления намагниченности их. Последняя векторно складывается из остаточной и индукционной намагниченности и зависит от направления остаточной намагниченности возмущающих тел, от направления полного вектора магнитного поля Земли в районе исследований, от пространственной ориентировки тел относительно магнитного меридиана и от относительной формы самих возмущающих тел.

В качестве примера об изменении формы аномалий от направления намагниченности укажем лишь на то, что для всяких двумерных тел при изменении направления намагниченности на 90° (с вертикального на горизонтальное или вообще с наклонного на другое наклонное), вертикальная и горизонтальная проекции аномального магнитного поля изменяются так сильно, что кривая Z приобретает форму H , а кривая H — форму Z .

Поэтому всякое изменение направления намагниченности тел даже на величину 10 — 20° будет давать существенное изменение формы магнитных аномалий. Если не определять и не учитывать истинное направление намагниченности возмущающих объектов и принимать его, как часто делают, всегда вертикальным, то при интерпретации таких аномалий можно получить большие ошибки.

Все это показывает, что для правильной геологической интерпретации магнитных аномалий необходимо определять направление намагниченности каждого возмущающего объекта. Кроме того, отметим, что для целей определения формы и параметров тел важнее знать направление намагниченности, чем величину интенсивности его, так как последняя изменяет только интенсивность аномалий, а направление намагниченности существенным образом изменяет и интенсивность, и форму создаваемых аномалий. Поэтому без учета направления намагниченности по Z и H в отдельности принципиально невозможно определить форму возмущающего тела.

Направление намагниченности возмущающих тел можно определять путем исследования ориентированных образцов этих тел и путем изучения создаваемых ими аномалий.

Первый путь наиболее известен, но трудоемкий, требует исследования большого числа образцов, взятых из разных частей тела. Если же возмущающий объект еще не вскрыт разведочными выработками, то применить его не представляется возможным.

Для определения направления намагниченности тел по создаваемым ими аномалиям можно использовать несколько способов. В одних способах используются комплексные магнитные и гравитационные измерения, а в других способах — только свойства одних магнитных аномалий.

В случае вертикального намагничивания двумерных тел проекции магнитного поля Z и H , как известно, во всех точках аномалии будут соответственно пропорциональны (подобны) градиентам гравитационного поля тех же тел V_{Δ} и V_{zs} . Для трехмерных тел произвольной формы такая же пропорциональность (подобие) полей существует между составляющими магнитного поля X , Y и Z и соответствующими градиентами гравитационного поля V_{xz} , V_{yz} и V_{zz} . Поэтому если такое подобие в полях соблюдается, то возмущающий объект можно считать намагниченным вертикально. В случае же наклонного намагничивания указанные подобия в полях будут отсутствовать, и направление намагниченности тел в таких случаях можно определить из следующих соотношений (1):

для двумерных тел

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{ZV_{zs} - HV_{\Delta}}{HV_{zs} + ZV_{\Delta}}, \quad (1)$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\int \tilde{Z} dx}{\int \tilde{H} dx}, \quad (2)$$

$$\sin\gamma = \frac{2(-Z)}{(+Z)} - 1,$$

$$\cos\gamma = \frac{2(+H)}{(-H)} - 1, \quad (3)$$

и для тел произвольной формы

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{M_z}, \quad \operatorname{tg}A = \frac{M_y}{M_x}, \quad (4)$$

где Z , H , V_{Δ} и V_{zs} проекции аномального магнитного поля и градиенты гравитационного поля, измеренные в одной и той же точке аномалии;

γ — угол вектора намагниченности тела с вертикалью;

$(+Z)$, $(-Z)$, $(+H)$ и $(-H)$ — абсолютные значения наибольших площадей, ограничиваемых положительными и отрицательными ветвями графиков Z и H с осью абсцисс;

A — азимут плоскости намагничивания тела, считаемый от оси x ; M_x , M_y , M_z — проекции полного наклонного магнитного момента тела M на координатные оси, определяемые по аномалии вычислением следующих интегралов

$$\begin{aligned} M_x &= -0,159 \int_0 \tilde{Z} x ds \\ M_y &= -0,159 \int_0 \tilde{Z} y ds \\ M_z &= -0,159 \int_0 \tilde{X} x ds = -0,159 \int_0 \tilde{Y} y ds \\ M &= \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + M_z^2} \end{aligned} \quad (5)$$

Указанные приемы определения направления намагниченности двумерных тел нами были опробованы на большом числе теоретических и практических примеров. При этом формулы (3) хотя и являются точными только для двумерных тел с круговым сечением, но пользоваться ими практически можно во всех случаях, когда относительная вытянутость формы поперечного сечения возмущающего тела в каком-либо направлении не превышает трех-четырёхкратного отношения.

Практически возможность определения направления намагниченности тел произвольной формы по формулам (5) нами была проверена на специальном теоретическом примере. В качестве аномалии было взято суммарное магнитное поле двух сближенных, параллельно намагниченных, одинаковых шаров с проекциями магнитных моментов $M_x = M_z = 1 \cdot 10^8$ СГС и $M_y = 0,333 \cdot 10^8$ СГС, расположенных на одинаковой глубине 100 м, но в разных местах плана — в точках C_1 и C_2 (рис. 1). Вычисление каждой проекции поля X , Y и Z от каждого ша-

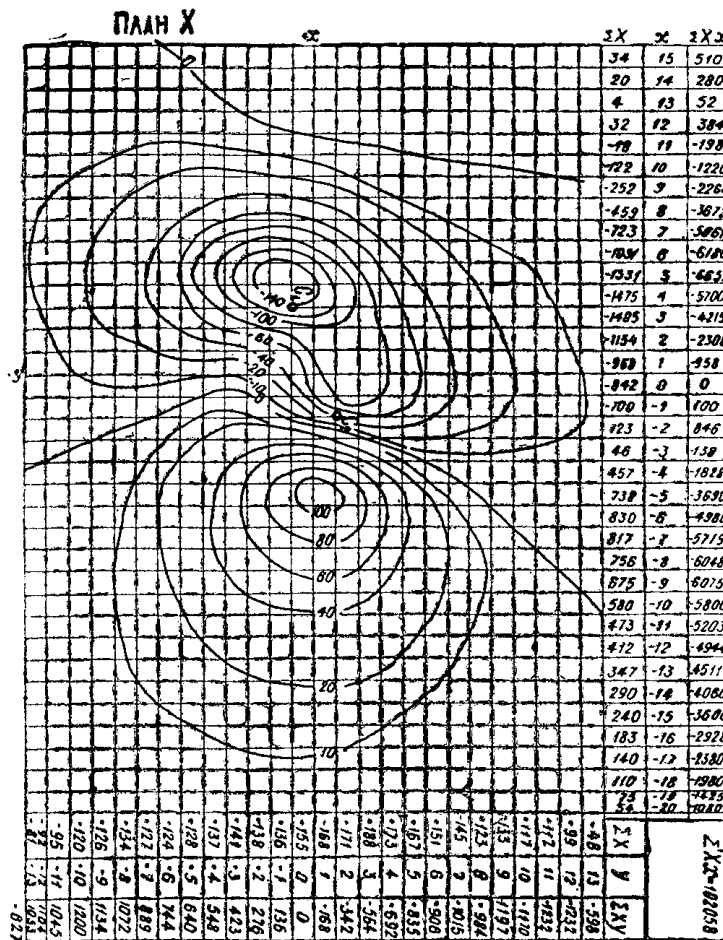


Рис. 1. План проекции X поля двух шаровых тел, намагниченных наклонно, и вычисление интеграла $\int X_x ds = -102058$. (Для упрощения рисунка цифровые значения поля в вершинах каждого квадратика плана не написаны). ΣX — сумма значений X по горизонтальным рядам; x — координата для данного ряда от выбранного начала координат; Xx — произведения ΣX на координату x для данного ряда, а ΣXx , т. е. величина интеграла $\int X_x ds$ — для всего плана; ds — на плане = 1 см^2 ; C_1 и C_2 — центры шаровых тел. Значения X — в гаммах.

ра достаточно детально выполнено было по формулам, приведенным нами в книге [1].

После вычислений проекций поля от каждого шара путем сложения их были получены суммарные планы X , Y и Z составляющих от обоих шаровых тел, намагниченных, согласно принятым данным, в плоскости с азимутом

$$A = \arctg \frac{M_y}{M_x} = 18^\circ 25'$$

$$\text{и под углом к вертикали } \gamma = \arctg \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{M_z} = 46^\circ 24' \dots \quad (6)$$

Вычисленные по аномалиям в пределах планов (рис. 1, 2) значения интегралов получились

$$\int' Zxds = -83360 \cdot 10^{-6};$$

$$\int' Zyds = -27431 \cdot 10^{-6};$$

$$\int' Xxds = -102058 \cdot 10^{-6}.$$

Учитывая масштаб плана (1:2000) после перевода их в систему СГС было получено

$$\int Zxds = -83360 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^3 = -668 \cdot 10^6 \text{ СГС},$$

$$\int Zyds = -27431 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^3 = -219 \cdot 10^6 \text{ СГС},$$

$$\int Xxds = -102058 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^3 = -815 \cdot 10^6 \text{ СГС},$$

$$\int Yyds = -95295 \cdot 10^{-6} \cdot 2000^3 = -765 \cdot 10^6 \text{ СГС}.$$

По этим значениям, согласно формулам (5), были вычислены проекции суммарных магнитных моментов от двух шаровых тел

$$M_x = -0,159 \int Zxds = 1,06 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_y = -0,159 \int Zyds = 0,35 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_z = -0,159 \int Xxds = 1,30 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_z = -0,159 \int Yyds = 1,22 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_z \text{ среднее} = 1,26 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

а для одного шара эти значения будут

$$M_x = 0,53 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_y = 0,175 \cdot 10^8 \text{ СГС},$$

$$M_z = 0,63 \cdot 10^8 \text{ СГС}.$$

Далее, вычислением по формулам (6) были получены азимут плоскости намагничения и угол вектора намагниченности с вертикалью

$$\operatorname{tg} A = \frac{M_y}{M_x} = 0,33 \text{ или } A = 18^\circ 20',$$

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\sqrt{M_x^2 + M_y^2}}{M_z} = 0,89 \text{ или } \gamma = 41^\circ 40'$$

вместо принятых при расчете аномалии $A = 18^\circ 25'$ и $\gamma = 46^\circ 24'$.

Таким образом, по определению направления намагниченности получились весьма хорошие результаты, что указывает на возможность широкого практического использования этого метода на естественных локальных аномалиях. При этом отметим, что определение на-

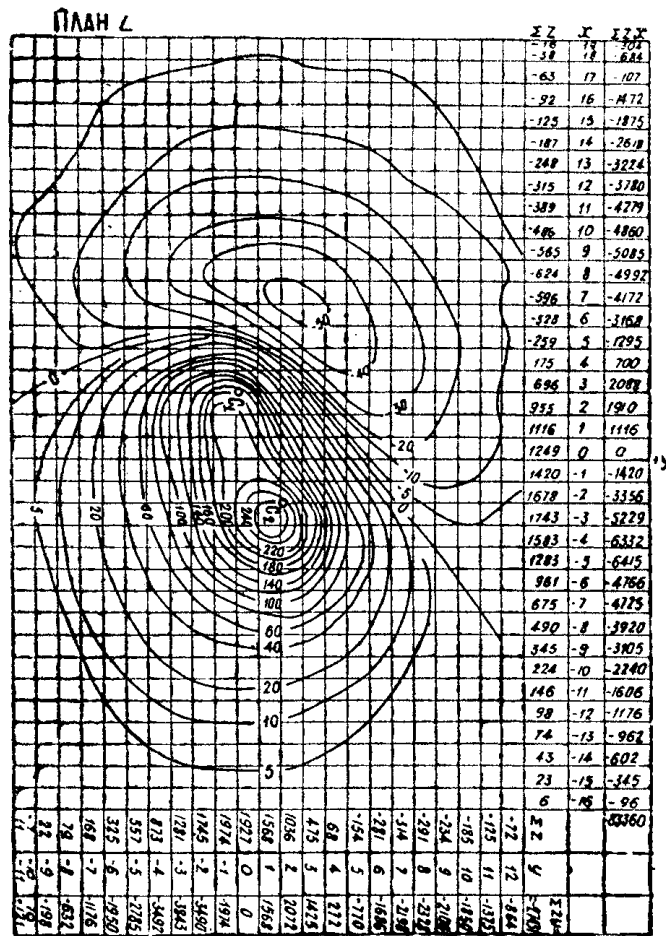


Рис. 2. План проекции Z поля двух шаровых тел, намагниченных наклонно, и вычисление интегралов $\int'Zxds = -83360$, $\int'Zyds = -27431$. (Для упрощения рисунка цифровые значения поля в вершинах каждого квадратика плана не написаны). ΣZ — суммы по горизонтальным и вертикальным рядам; x и y — координаты для рядов от выбранного начала координат, а ΣZx и ΣZy — их произведения; $\Sigma'Zx$ и $\Sigma'Zy$ — сумма произведений, т. е. $\int'Zxds$ и $\int'Zyds$ в пределах плана; ds — на плане = 1 см^2 ; C_1 и C_2 — центры шаровых тел. Значения Z в гаммах.

правления намагниченности нами получено без учета остаточных интегралов, так как неучет их, как указано было ранее (1), не дает больших погрешностей.

Значительно хуже без учета остаточных интегралов получились результаты по определению магнитных моментов. По сравнению с принятыми для вычислений они составили по M_x и M_y только 53% и по M_z только 63%.

Если произвести хотя бы приближенный учет остаточных интегралов, то результат можно значительно улучшить.

Вычисление интегралов по планам нами фактически произведено не в бесконечных пределах, а только в пределах значений поля, составляющих от максимальной напряженности аномалии 5—10%. Согласно исследованиям, величина подсчитанного интеграла для этих пределов будет составлять лишь 50—60% всего его значения в бесконечных пределах. Поэтому после учета поправки за остаточные инте-

гралы величина вычисленного по плану магнитного момента будет также близкой к заданной при вычислении аномалии.

По найденному магнитному моменту тела M , зная избыточную намагниченность тел (I) и удельный вес тела (d), можно далее вычислить объем тела v и количество рудной массы P по формулам

$$v = \frac{M}{I} \text{ и } P = vd.$$

Поэтому описанную здесь методику определения направления намагниченности локальных тел, их магнитных моментов, а также объемов и количества рудной массы, при интерпретации магнитных аномалий можно успешно применять.

ЛИТЕРАТУРА

1. Миков Д. С. Методы интерпретации магнитных аномалий. Издт. ТГУ, 1962.
-