

## **Загадочная магнитная аномалия в пади Барун-Хал (Приольхонье, Западное Прибайкалье)**

*Н. О. Кожевников*

Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука СО РАН, г. Новосибирск,  
Российская Федерация  
\*e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

**Аннотация.** Падь Брун-Хал располагается в Приольхонье, северо-западнее поселка Черноруд. С конца 70-х гг. падь и окружающая ее территория является объектом геофизических исследований. В самой пади, на одном из участков, где проводилась магнитная съемка, наряду с линейными были выделены изометричные в плане аномалии магнитного поля, природа которых остается невыясненной. Особенно необычной является отрицательная магнитная аномалия с амплитудой более 1200 нТл и шириной около 50м. Согласно результатам моделирования, аномалия вызвана вертикальным, отрицательно намагниченным стержнем или тонким цилиндром, верхняя и нижняя кромки которого расположены на глубине 17м и 50м, соответственно. Предположительно, аномалиеобразующий объект представлен штоком магматических пород, внедрившихся во вмещающие породы, когда полярность геомагнитного поля была отрицательной.

**Ключевые слова:** Приольхонье, магнитные аномалии

## **Puzzling magnetic anomaly in the Barun-Khal valley (Olkhon region, western Gisbaikalia)**

*N. O. Kozhevnikov*

Trofimuk Institute of Petroleum Geology and Geophysics SB RAS, Novosibirsk, Russian  
Federation  
\*e-mail: KozhevnikovNO@ipgg.sbras.ru

**Abstract.** The Brun-Khal valley is in the Olkhon region, northwest of the village of Chernorud. Since the end of the 70s. the valley and its surroundings has been studied with geophysical methods. During magnetic survey in the central part of the valley, some round-shaped magnetic anomalies were mapped the nature of which remains unclear. Especially unusual is a negative magnetic anomaly with an amplitude of more than 1200 nT and a width of about 50m. According to the simulation, the anomaly is caused by a vertical, negatively magnetized rod or a thin cylinder, the upper and lower edges of which are located at a depth of 17m and 50m, respectively. Presumably, the anomaly is due to a stock of igneous rocks that intruded into host rocks when the polarity of the geomagnetic field was negative.

**Keywords:** Olkhon region, magnetic anomalies

### ***Введение***

Падь Барун-Хал находится в Приольхонье, северо-западнее пос. Черноруд (рис. 1). В самой пади, примерно в километре от ее устья расположена база учебных геолого-геофизических практик ИРННТУ.

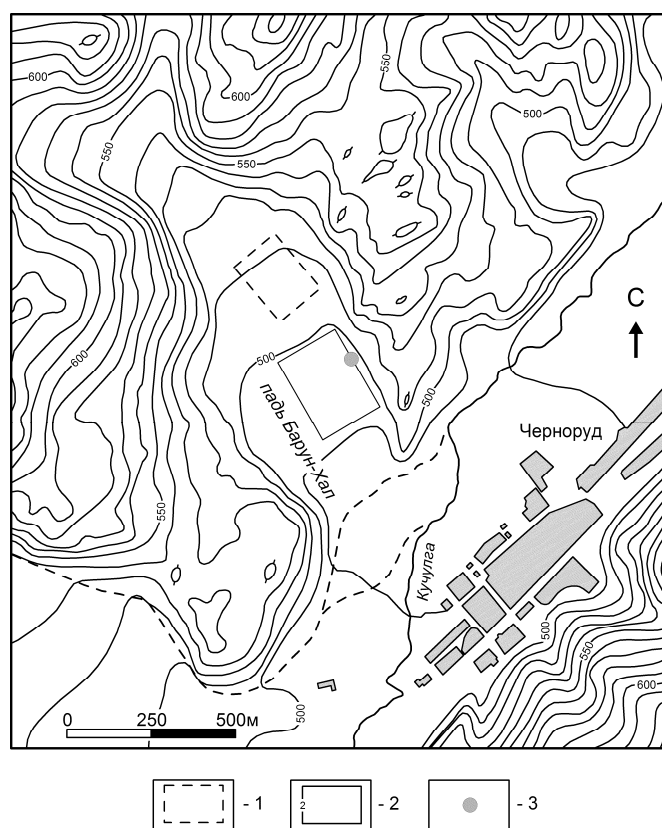


Рис. 1. Поселок Черноруд и падь Барун-Хал:

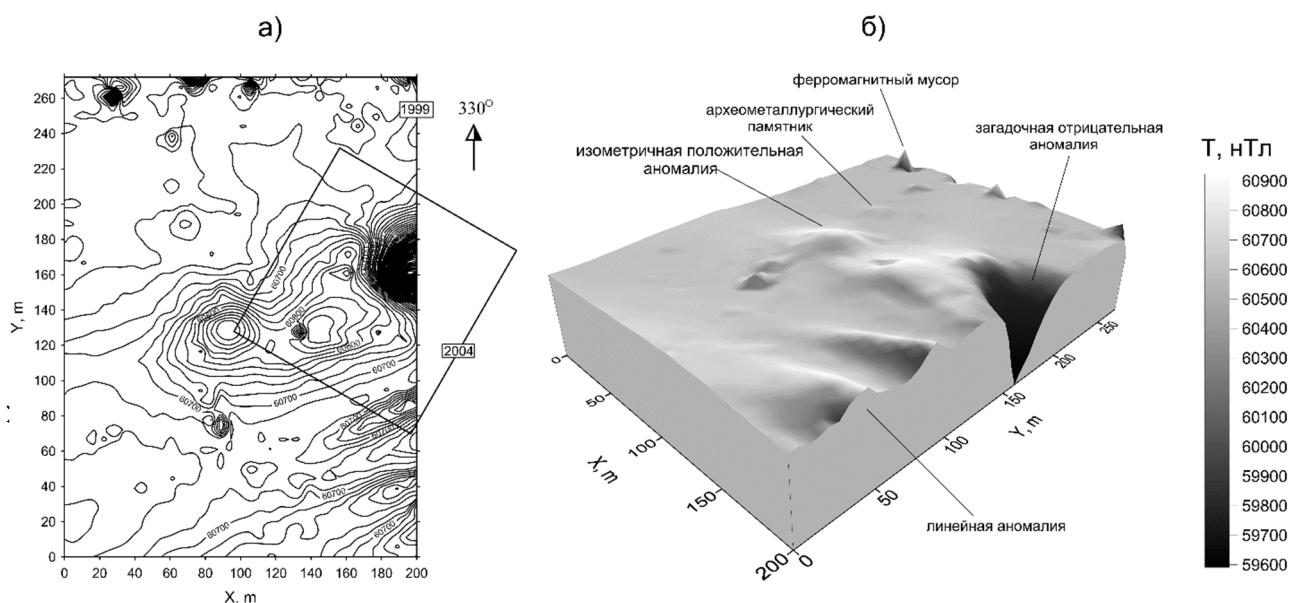
- 1 – территория базы практик ИРНТУ; 2 - контур участка геофизических съемок;  
3 – отрицательная магнитная аномалия большой амплитуды.

Борта пади сложены породами Ольхонского метаморфического комплекса: мраморами, кальцифирами, гнейсами, пироксеново-карбонатными кристаллическими сланцами, кварцитами, амфиболитами и мигматитами [1]. Падь представляет собой долину с плоским днищем, перекрытым современными отложениями толщиной от единиц до первых десятков метров.

Наряду с учебными практиками в самой долине и ее окрестностях проводились научные геофизические исследования. В 1997 г. в устье пади был открыт памятник древней металлургии железа Барун-Хал II [2]. Это открытие инициировало проведение археогеофизических съемок территории, прилегающей к памятнику. В 1999 г. на участке размером 200м × 270м (см. рис. 1), расположенном между северо-восточной границей территории, относимой к комплексу Барун-Хал II, и базой учебных геолого-геофизических практик, была проведена рекогносцировочная магнитная съемка [3]. Измерения выполнены по сети 4м x 4м с протонным магнитометром ММП203 при высоте датчика 2 м. Интенсивность и размеры одной из магнитных аномалий указывали на ее возможную связь с объектом древней металлургии. Последующая детализация аномалии привела к открытию памятника древней металлургии Барун-Хал III [3]. Кроме археометаллургической аномалии здесь же были обнаружены необычные магнитные аномалии, природа которых остается невыясненной.

## Результаты магнитной съемки на участке 200м x 270м

На рис. 2 показаны карта изолиний (рис. 2а) и трехмерное изображение (рис. 2б) модуля напряженности магнитного поля.



На юго-востоке участка наблюдаются линейные аномалии СВ простирания, совпадающего с простиранием основных геологических структур района. Эти аномалии создаются крутопадающими пластами пород с повышенной намагниченностью. Амплитуда аномалий уменьшается, а их ширина возрастает в ЮЗ направлении, по мере приближения к правому борту долины. Причина этого заключается в том, что поперечный профиль долины не симметричен: толщина современных рыхлых отложений, перекрывающих круто падающие пласты коренных породы, возрастает по мере приближения к правому борту долины. Здесь трассируется активный разлом, по которому происходит опускание правого борта долины.

В центре участка выделены изометричные в плане аномалии, в совокупности образующих квазилинейную структуру СВ простирания. Две из них положительные, тогда как аномалия, расположенная на северо-восточной границе участка - отрицательная, причем с очень большой амплитудой. Здесь же выделена положительная слабоинтенсивная аномалия, источником которой является археометаллургический комплекс Барун-Хал III.

Юго-западный фланг участка спокоен в магнитном отношении, тогда как северо-западный фланг характеризуется наличием интенсивных локальных аномалий от ферромагнитного мусора, количество которых увеличивается по мере приближения к территории базы практик.

### ***Отрицательная аномалия большой интенсивности: характеристика и интерпретация***

Обнаруженная в 1999 г. отрицательная аномалия высокой интенсивности кардинально отличается от магнитных аномалий, ранее выделенных в пади Ба-

рун-Хал и ее окрестностях. Это инициировало проведение в 2004 г. дополнительной магнитной съемки на участке размером 120м x 120м (рис. 2). Измерения выполнялись по сети 4м x 4м, высота датчика магнитометра составляла 2м, профили были ориентированы с севера на юг. Результаты съемки показаны на рис. 3 в виде карты изолиний и графика амплитуды магнитного поля по профилю АВ, проходящему через центр аномалии.

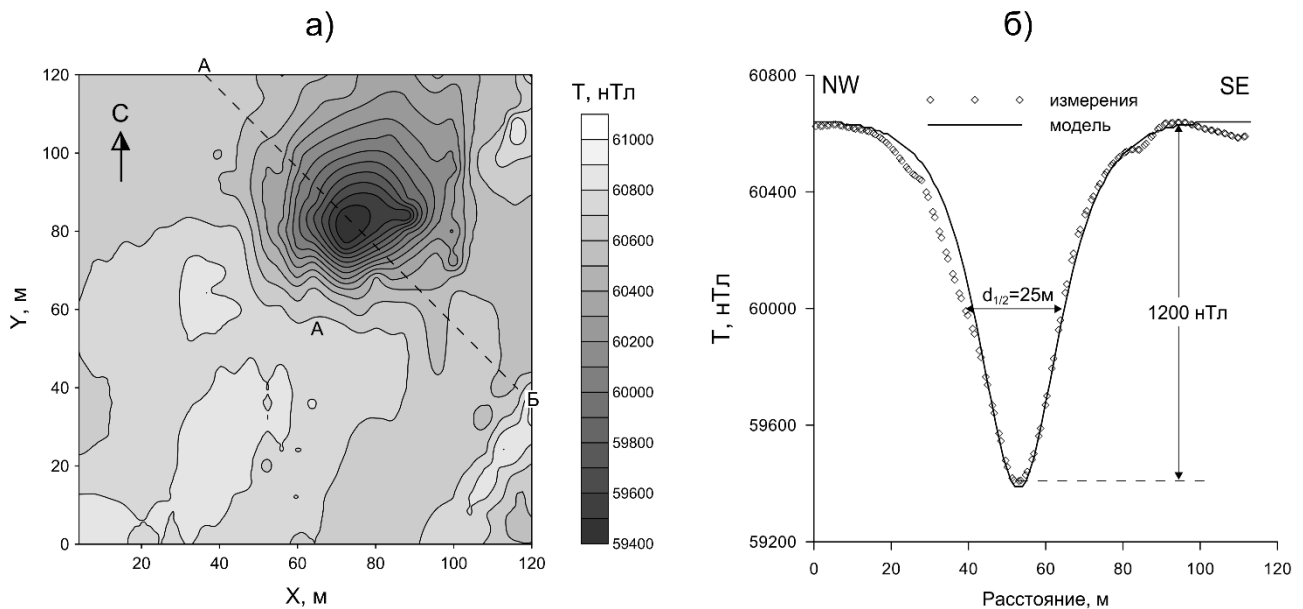


Рис. 3. Результаты магнитной съемки 2004 г.: карта изолиний (а) и графики модуля магнитного поля по профилю А-Б (б). Амплитуда отрицательной аномалии составляет  $1.2 \cdot 10^3$  нТл, ширина на уровне полумаксимума 25 м.

Как видно на рис. 3а, в плане аномалия почти изометричная (рис. 3а), ее поперечные размеры составляют около 50м, амплитуда не менее  $1.2 \cdot 10^3$  нТл. На рис. 3 б приведен график модуля магнитного поля по профилю А-Б.

Аномалия похожа на создаваемую вертикально намагниченным стержнем или «тонким» цилиндром, нижняя кромка которого находится на большой глубине. Если предположить, что цилиндр намагничен вертикально, можно оценить глубину  $h$  до его верхней кромки [4]:  $h=0.65 \cdot d_{1/2}$ , где  $d_{1/2}$  – ширина аномалии на уровне полумаксимума. Согласно рис. 3а,  $d_{1/2}=25$ м, откуда  $h \approx 16$ м.

Поскольку аномалия отрицательная, суммарная намагниченность создающего ее объекта направлена против современного геомагнитного поля. Очевидно, в суммарную намагниченность объекта основной вклад вносит отрицательная остаточная намагниченность.

Намагниченность  $J$  тонкого, вертикально намагниченного цилиндра (в А/м) можно оценить по формуле [4]:  $J \approx Ah^2 / (\mu_0 S)$ , где  $A$  – амплитуда аномалии, Тл;  $S$  – площадь поперечного сечения цилиндра, м<sup>2</sup>;  $\mu_0 = 4\pi \cdot 10^{-7}$  Гн/м. Для кругового цилиндра диаметром 10м оценка по этой формуле дает  $J \approx 4$ А/м. Если диаметр цилиндра равен 20м,  $J \approx 1$ А/м.

Вместе с экспериментальным графиком на рис. 3б сплошной линией показан модельный для тонкого вертикального цилиндра, верхняя и нижняя кромки которого расположены на глубине 17м и 50м, соответственно. При расчетах было принято, что цилиндр намагничен вертикально,  $J \cdot S = 320 \text{ А} \cdot \text{м}$ . Как можно видеть, модель в виде тонкого, вертикального намагниченного цилиндра, удовлетворительно объясняет аномалию.

### *Заключение*

Интенсивная отрицательная аномалия (координаты центра: N53 00.534, E106 42.306) расположена в месте сочленения днища и левого борта долины. Осмотр местности в районе аномалии показал, что здесь имеется изометричное в плане поднятие диаметром около 15 - 20 м и с амплитудой менее метра.

Аномалия характеризуется необычным сочетанием параметров: 1) у нее изометричный контур; 2) большая амплитуда; 3) намагниченность аномалиеобразующего объекта отрицательная; 4) основной вклад в результирующую намагниченность вносит остаточная намагниченность.

Основываясь на имеющихся публикациях о геологии чернорудского участка [1], можно предположить, что аномалиеобразующий объект представлен штоком базитовых / ультрабазитовых пород, внедрившихся во вмещающие породы, когда полярность геомагнитного поля была отрицательной.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кочнев А.П. Ольхонский кристаллический комплекс. Проблемы геологии и минералогии Приольхонья: монография. Иркутск: ИрГТУ, 2007. – 252 с.
2. Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Kozhevnikov O.K. An accidental geophysical discovery of an Iron Age archaeological site on the western shore of Lake Baikal // Journal of Applied Geophysics. – 2001. – 47. – P. 107-122.
3. Kozhevnikov N.O., Kharinsky A.V., Snopkov S.V., Geophysical prospection and archaeological excavation of ancient iron smelting sites in the Barun-Khal valley on the western shore of Lake Baikal (Olkhon region, Siberia) // Archaeological Prospection. – 2019. – 26. – P. 103-119.
4. Инструкция по магниторазведке. – Л.: Недра, 1981. – 263 с.

© Н. О. Кожевников, 2022