

УДК 622(470.631)
DOI 10.17513/use.38403

ПРИРОДА ОБРАТНО НАМАГНИЧЕННЫХ ГОРНЫХ ПОРОД КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Урусова Б.И., Хатуаев Я.У., Чочуев Дж.Б.

ФГБОУ ВО «Карачаево-Черкесский государственный университет имени У.Д. Алиева»,
Карачаевск, e-mail: urusova50@mail.ru.

В настоящей работе рассмотрены экспериментальные исследования: природа обратно намагниченных горных андезитобазальтовых пород, чтобы объяснить происхождение геомагнитного поля Земли и для решения проблемных вопросов в области тектоники и стратиграфии. Для этого были применены следующие методы: термомангнитный, минералогический и локальный спектральный анализы. В горных породах имеются магнитные материалы с неодинаковыми магнитными свойствами и направлениями. В качестве необходимого условия для того, чтобы была первичная термоостаточная намагниченность, надо иметь постоянное магнитное поле. Наблюдаются постоянства – J_n образца андезитобазальта, которые не играют роль для восстановления геомагнетизма. Исследуемые образцы горных пород сильно изменены от первоначального состава, причём прямо намагниченные горные породы имеют на порядок меньше, чем обратно намагниченные образцы. В исследованных образцах магнитная руда составляла ~8% от общей массы. Получено, что за начальную намагниченность андезитобазальта отвечает магнетит и гематит, а в противоположном направлении намагниченности – титаномагнетит. Горные андезитобазальтовые породы содержат вторичный магнит и обратную намагниченность, которая со временем не меняется. Из этих условий следует, что природа образования обратной намагниченности является основой геомагнетизма.

Ключевые слова: горные породы, андезитобазальт, намагниченность, температура Кюри, геомагнетизм, обратная намагниченность.

THE NATURE OF REVERSELY MAGNETIZED MOUNTAIN ORES OF KARACHAY-CHERKESSIA (NORTH CAUCASUS)

Urusova B.I., Khatuaev Ya.U., Chochuev J.B.

Karachay-Cherkess State University named after U.D. Aliyev, Karachayevsk,
e-mail: urusova50@mail.ru

In this paper, experimental studies are considered: the nature of reversely magnetized rocks andesite -basalt, to explain the origin of the Earth's geomagnetic field and to solve problematic issues in the field of tectonics and stratigraphy. For this, the following methods were used: thermomagnetic, mineralogical and local spectral analysis. Magnetic minerals in the studied rocks have different magnetic properties and are constant to the magnetic field in different directions. Magnetic constancy is one of the necessary conditions for the existence of primary thermoremanent magnetization. Also, there is a constancy of J_n the andesite -basalt sample, which does not play a role in the restoration of the original geomagnetic field. Andesite-basalt rock is strongly altered from the original composition, and directly magnetized rocks contain an order of magnitude less magnetic minerals than reversely magnetized samples. In the studied samples, magnetic ore constituted ~8% of the total mass. It was found that magnetite and hematite are initially responsible for the direct magnetization of andesite -basalt, and titanomagnetite is responsible for the reverse magnetization. Andesite-basalt rocks contain a secondary magnet and have a stable reverse magnetization.

Keywords: Rocks, magnetic magnetization, Curie temperature, geomagnetism, reverse magnetization.

Введение

Обратная магнитная намагниченность горных пород является основой для объяснения геомагнетизма и отвечает за его образование [1].

Если рассматривать палеомагнитные свойства, то они основаны на дипольной природе магнитного поля Земли и физике обратного намагничивания горных пород [2]. Происхождение основного магнитного поля Земли остается нерешенной проблемой, хотя она и рассматривалась в форме магнитогидродинамической гипотезы магнитного поля Земли [3].

Свойства магнитной памяти частиц магнитных минералов позволяют изучать величину направления магнитного поля Земли.

На сегодняшний день не могут найти ответ на вопрос о едином механизме изменения намагниченности горных пород на обратную, подобно магнитному полю Земли [4; 5].

Вторичные магнитные минералы могут образоваться в горных породах при выполнении следующих условий:

- 1) есть магнитный минерал;
- 2) есть степень сохранности;
- 3) от структуры поведения горной породы [6].

Целью данной работы является: объяснить природу обратно намагниченных горных андезитобазальтовых пород, магнитного поля Земли, решение задач в области тектоники и стратиграфии путем экспериментального изучения свойств андезитобазальта.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной задачи авторами в период с 2020 по 2024 г. проводились исследования в лаборатории спектроскопии физико-математического факультета КЧГУ имени У.Д. Алиева.

Методом спектрального анализа определяли элементный состав горных андези-

тобазальтовых пород, для этого была собрана экспериментальная установка на основе спектрометра ДФС-24 с возбуждением от лазера ЛГ-75. Оптическая схема приведена на рисунке 1.

Полученный элементный состав в анализируемой пробе дается авторами (рис. 2).

А при изучении свойств обратно намагниченных образцов андезитобазальта авторы использовали следующие методы: 1) терромагнитный; 2) локальный спектральный анализ; 3) J_n – измеряли при малых магнитных полях разного направления [7].

Результаты исследования величин: J_n , I° , D° , $T^\circ C$ и обсуждения приведены в таблице.

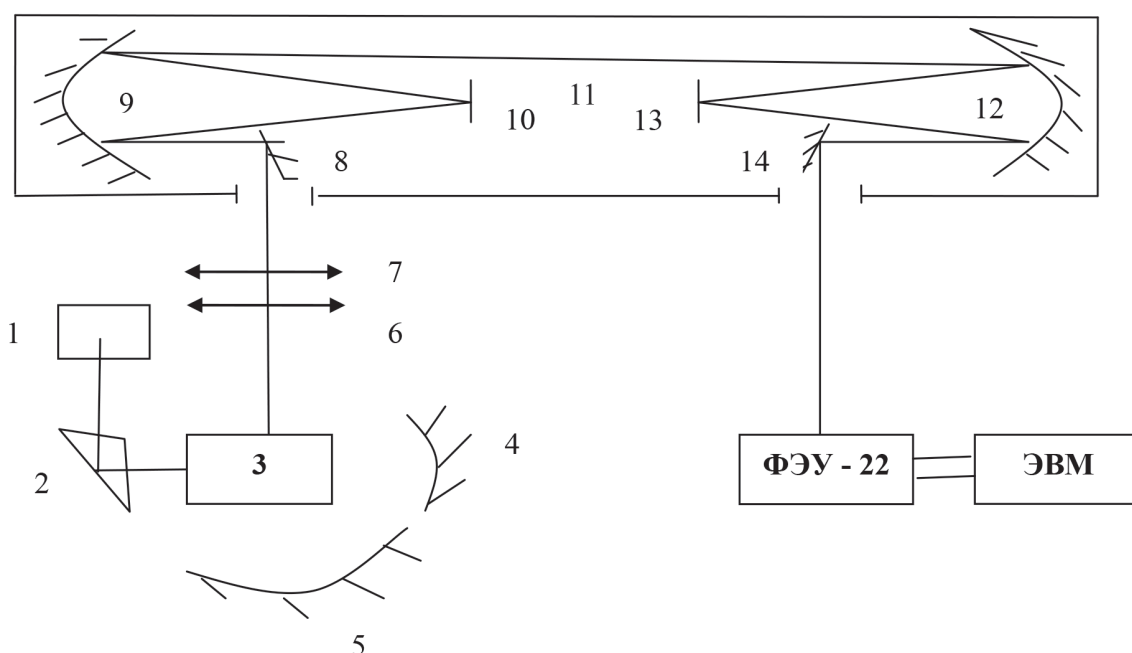


Рис. 1. Оптическая схема установки:
1 – излучаемый лазер, 2 – поворотная призма, 3 – кювета,
4, 5, 9, 12 – параболические зеркала, 6, 7 – линзы, 8 – поворотное зеркало,
10, 13 – дифракционные решетки, 11 – промежуточная щель,
14 – поворотное зеркало, 15 – фотоумножитель, 16 – ЭВМ

Магнитные свойства стабильно намагниченных горных пород андезитобазальта

п/п	Название породы	$J_n \cdot 10^{-6}$	I°	D°	$T^\circ C$	Стабильность J_n по H_n
1	андезитобазальт (нижний поток)	800	-38	110	550	
2	-	550	-38	110	550	стабилен
3	-	580	-39	105	540	
4	андезитобазальт (наверху)	1760	-29	150	560	стабилен

Источник: составлено авторами.

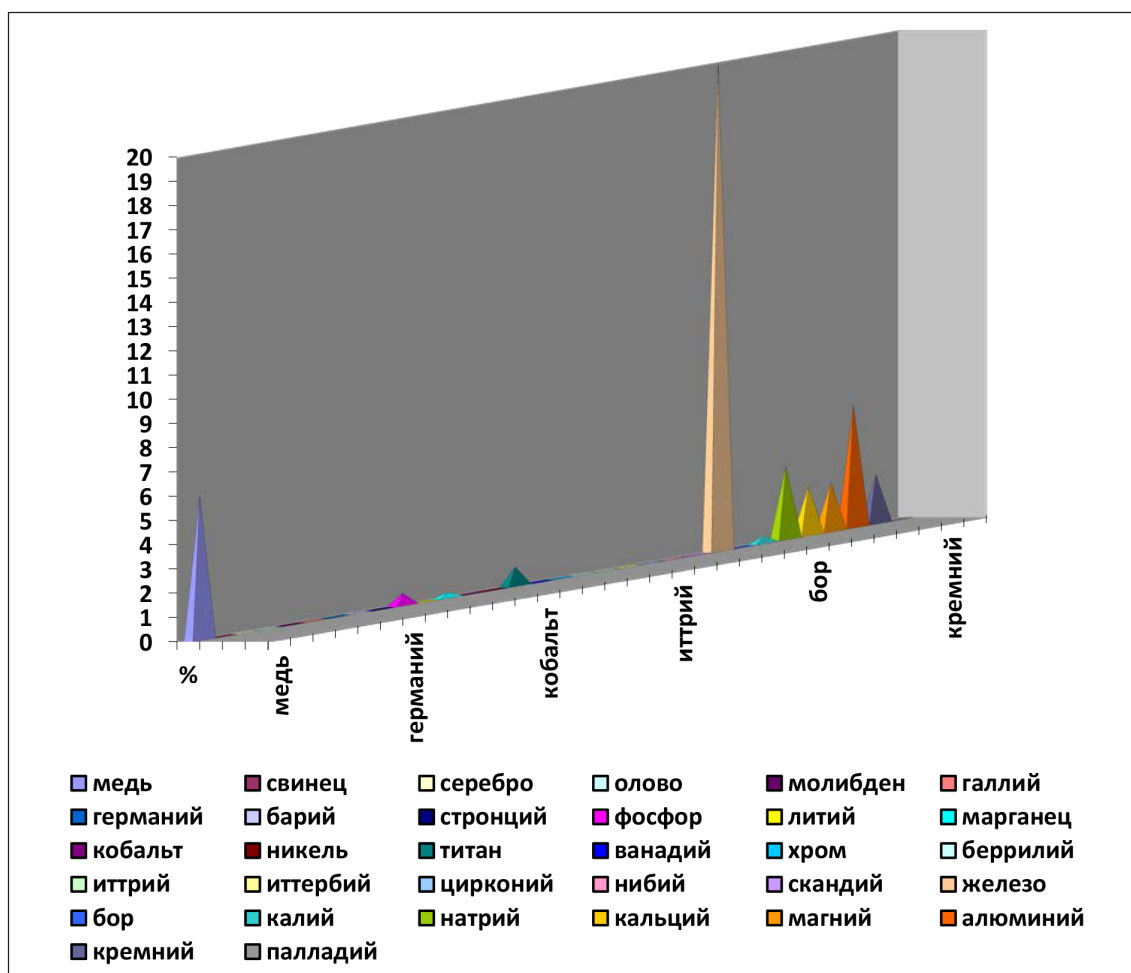
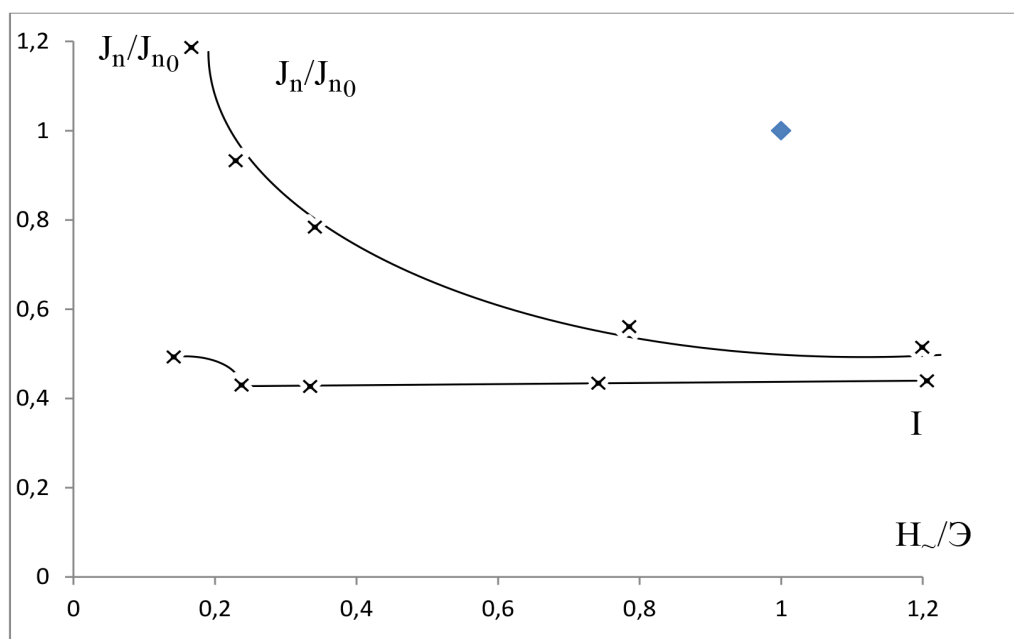


Рис. 2. Элементный состав горных андезитобазальтовых пород

Рис. 3. Размагничивание под действием H_z , образца (1) (табл.)
Источник: составлено авторами

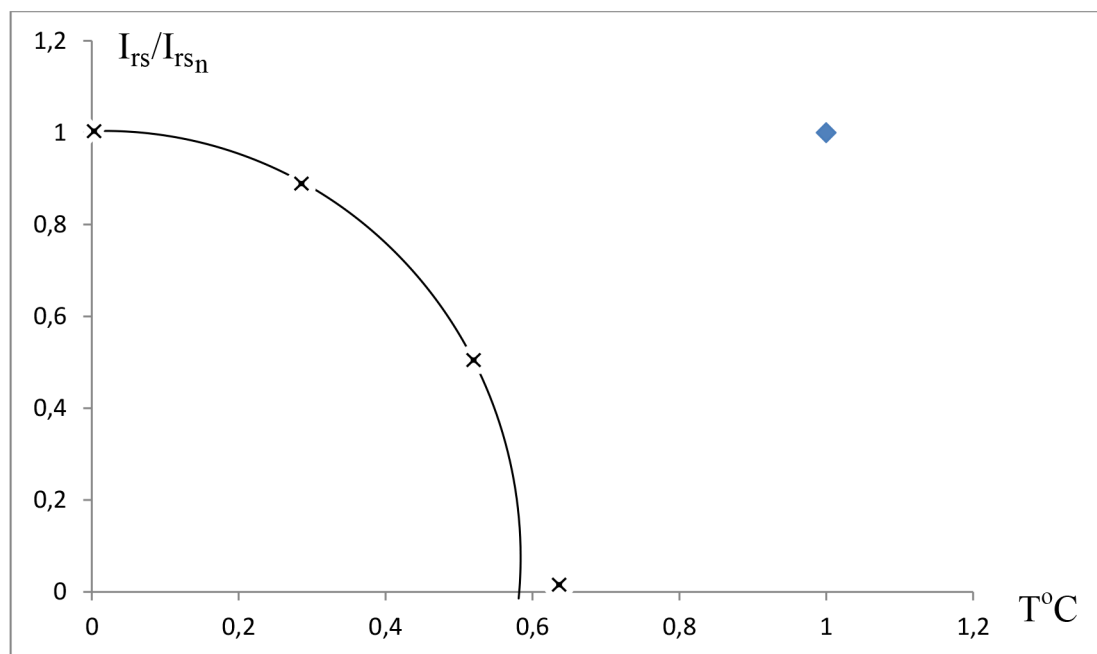


Рис. 4. Кривая $J_{rs}(T)$ образца (2) (табл.)
Источник: составлено авторами

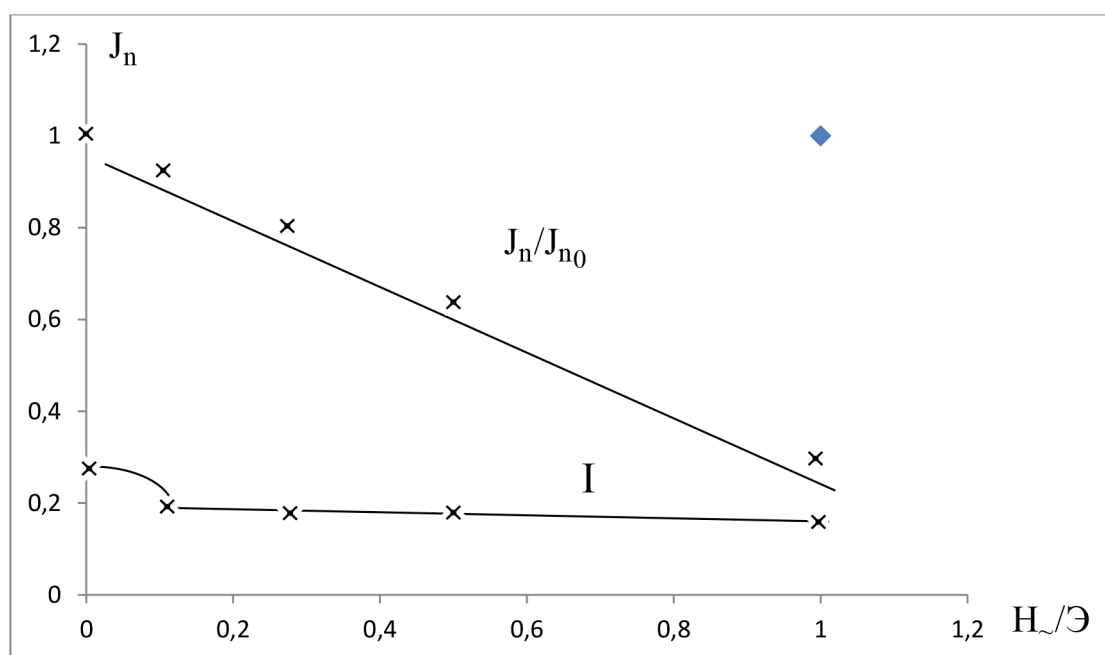


Рис. 5. Размагничивание под действием H образца (3) (табл.)
Источник: составлено авторами

Из рисунка 3 следует, что размагничивания в магнитном поле H , для обратно намагниченного образца андезитобазальт – образец (1), (рис. 2):

а) мощность обратной намагниченной распространяется до ~ 60 м;

б) величина I° находилась в районе от -38° до -29° , при этом температура Кюри находилась в интервале от 540° до 560°C .

На рисунке 4 авторами приведены кривые обратно намагниченного образца – (2) андезитобазальт: а) магнитно стабильна;

б) величина $-I^\circ$ меняется от -38° до -29° .

На рисунке 5 представлены кривые размагничивания по $H_{\sim}$, где температура Кюри находится в интервале $540^\circ - 560^\circ$.

Далее на рисунках 6 и 7 представлены кривые $-J_{rs}(T)$ размагничивание под действием $H_{\sim}$.

Горные андезитобазальтовые породы в своем составе имеют вторичный магнит с постоянной обратной намагниченностью и с различными магнитными свойствами.

Магнитная стабильность является одним из необходимых условий для первичной термоостаточной намагниченности.

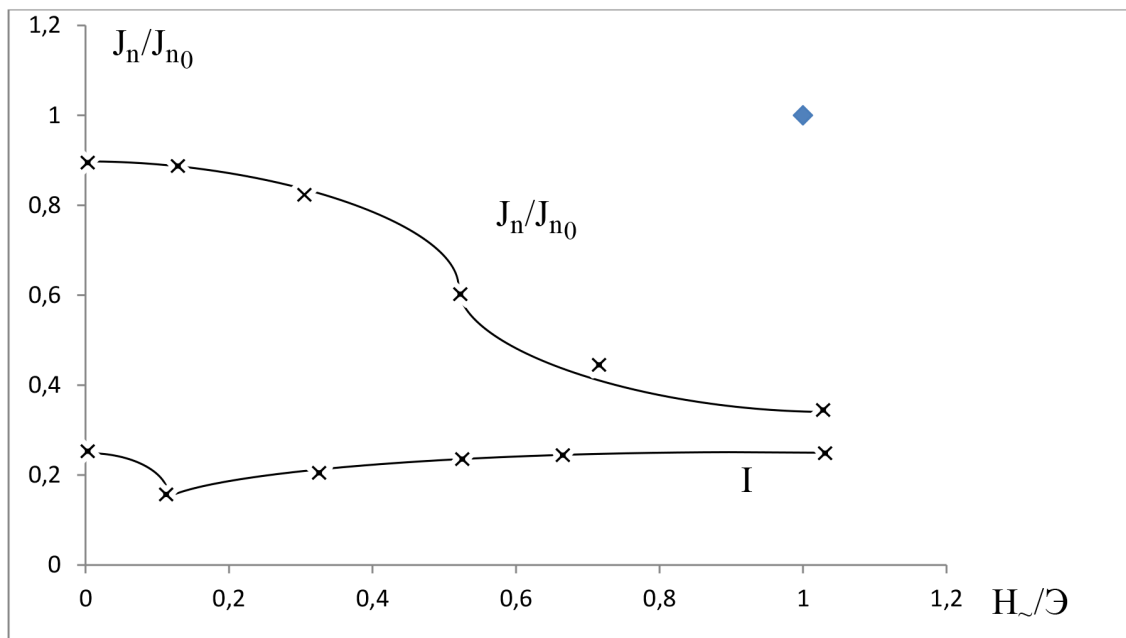


Рис. 6. Размагничивание под действием $-H_{\sim}$ образца (4) – андезитобазальт
Источник: составлено авторами

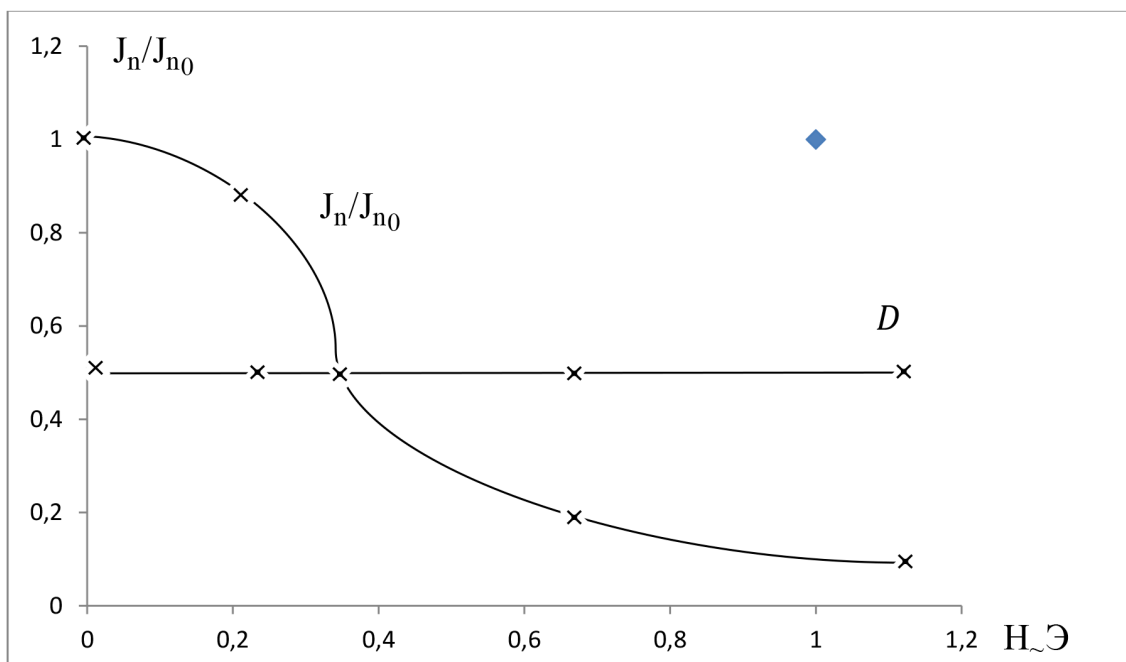


Рис. 7. Размагничивание под действием $-H_{\sim}$
Источник: составлено авторами

Хотя стабильность J_n образца андезитобазальта можно не учитывать для восстановления первоначального геомагнитного поля.

Из минералогических экспериментов следует, что горная порода сильно изменена от первоначального состава, причём прямо намагниченные горные породы содержат магнитных минералов меньше, чем обратно намагниченные образцы. В исследованных образцах магнитная руда ~ 8% от общей массы и состоит из мелкозернистого первичного магнетита. Определив направление намагниченности, можно определить геомагнитное поле и возраст горной породы.

На рисунке 7 представлены результаты размагничивания под действием переменного магнитного поля. Видно, что в начале под действием магнитного поля идет частичное размагничивание начальной величины — J_n .

Примененные методы дали возможность установить, что за прямую намагниченность андезитобазальта изначально отвечают магнетит и гематит, а для обратной намагниченности — титаномагнетит.

Необходимое условие для образования обратной намагниченности в горных породах — чтобы были магнитные минералы с различными магнитными свойствами.

Заключение

Экспериментальные исследования позволяют нам сделать выводы о природе обратно намагниченных образцов андезитобазальта в горных породах.

Андезитобазальт в основном представляет собой гранулированные магниты и обладает постоянной прямой и обратной намагниченностью.

Андезитобазальтовые породы со временем меняются от исходного положения.

Если сравнить породы прямой и обратной намагниченности, то у последнего больше содержание магнитных минералов. Обратная намагниченность андезитобазальта стабильна в области температур до 550 °С.

В состав исследуемых образцов входят титановые магнетиты в виде боксита, которые обладают постоянной обратной намагниченностью.

Прямая намагниченность горных пород в рассматриваемом районе обусловлена основной намагниченностью и гематитом, в то время как обратная намагниченность обусловлена температурой Кюри от 540° до 560 °С.

Поскольку величина магнитного поля увеличивается, и оно взаимодействует со вторичным магнитным материалом, противоположное магнитное направление остается постоянным. Установлена дипольная природа магнитного поля Земли и полярная зависимость намагниченности андезитобазальта и других горных пород от состава магнитных минералов.

Андезитобазальт с различными магнитными свойствами обладает обратной намагниченностью, что является основной проблемой геомагнетизма.

На основании полученных результатов можно решить определенные проблемы, связанные с географическим районом Земли, его структурой, а также задачи в области тектоники.

Список литературы

1. Урусова Б.И., Лайпанов У.М., Узденов Ш. Х. Комплексное изучение стабильно прямо и обратно намагниченных горных пород Карачаево-Черкесии (Северный Кавказ) // Успехи современного естествознания. 2024. № 1. С. 58-63. DOI: 10.17513/use.38208.
2. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. СПб.: Горное дело, 2014. 368 с.
3. Carrasco J.P., Osete M.L., Torta J.M., Santis A. De. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeological and lava flow data // Earth and Planetary Science Letters. 2014. P. 98-109.
4. Лаптев Ю.В., Яковлев А.М., Титов Р.С. Методика геометризации качественных характеристик Гусевгорского месторождения титаномагнетитовых руд // Проблемы недропользования. 2014. № 2. С. 174-184. URL: <https://trud.igdur.ru/edition/2/28> (дата обращения: 15.02.2025).
5. Serbin E.D., Perov V.N., Kostin V.N. Non-Contact Measurement of the Dynamic Magnetostriction Parameters of Ferromagnets // Diagnostics, Resource and Mechanics of materials and structures. 2023. Is. 6. P. 1211-12 31. DOI: 10.17804/2410-9908.2023.6.121-131.
6. Makowska K., Piotrowski L., Kowalewski Z.L. Prediction of the Mechanical Properties of P91 Steel by Means of Magneto-acoustic Emission and Acoustic Birefringence // Journal of Nondestructive Evaluation. 2017. Vol. 3. № 43. P. 1-10. DOI: 10.1007/s109210 – 170421 – 9.
7. Проценко И.Г., Брусенцов Ю.А., Филатов И.С. Определение структурных факторов, влияющих на параметры постоянных магнитов, с помощью магнитоакустической эмиссии // Вестник ТГТУ. 2015. Т. 21. № 3. С. 519-525. DOI: 10.17277/ vestnik. 2015.03.