

УДК 552

МЕХАНИЗМ ОБРАТНОЙ НАМАГНИЧЕННОСТИ ГОРНЫХ ПОРОД КАРАЧАЕВО-ЧЕРКЕССИИ (СЕВЕРНЫЙ КАВКАЗ)

Урусова Б.И., Болатчиева М.С.-Х.

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

В работе осуществлен комплексный подход для изучения механизма образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт. На образцах горных пород габбро-базальт, базальт был проведен спектральный анализ и баллистическим методом измерена естественная остаточная намагниченность в широком интервале температур при небольших магнитных полях. Определены индуцированная намагниченность – J и коэффициент пропорциональности – α . Показано, что механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт соответствует по характеру взаимодействия между подрешетками – магнитостатическому; обратная намагниченность в горных породах габбро-базальт и базальт возникает за счет минералов, обладающих различными магнитными свойствами, и зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и времени. В горных породах габбро-базальт и базальт механизм самообращения происходит при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зёрнами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы, которое возникает при усреднении значений в объеме горных пород габбро-базальт, базальт в магнитном поле. Получено, что при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт (соответственно 760 °К и 680 °К) происходит самообращение намагниченности, и при этом наблюдается слабое взаимодействие между фазами. Показано, что необходимыми и достаточными условиями при изучении механизма обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт являются: 1) первичность магнитных горных пород; 2) степень сохранности; 3) наличие структур распада и окисления; 4) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

Ключевые слова: горные породы, габбро-базальт, базальт, обратная и остаточная намагниченность, магнитное поле, температура, спектральный анализ, магнитостатический

THE MECHANISM OF REVERSE MAGNETIZATION OF ROCKS OF KARACHAY-CHERKESSIA (NORTH CAUCASUS)

Urusova B.I., Bolatchieva M.S.-X.

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

A comprehensive approach has been implemented to study the mechanism of reverse magnetization formation in gabbro-basalt and basalt rocks. Spectral analysis was carried out on samples of gabbro-basalt and basalt rocks and the natural residual magnetization was measured using a ballistic method in a wide temperature range with small magnetic fields. The induced magnetization – J and the proportionality coefficient – α are determined; it is shown that the mechanism of the processes of self-rotation of residual magnetization in rocks gabbro-basalt and basalt corresponds in nature to the interaction between sublattices-magnetostatic; reverse magnetization in gabbro-basalt and basalt rocks occurs due to minerals having different magnetic properties and depend on temperature, mechanical stress, chemical transformations, alternating magnetic field and time. In gabbro-basalt and basalt rocks, the self-rotation mechanism occurs when the first phase is magnetized in the demagnetizing field of the second phase. At the same time, the distance between the interspersed magnetic grains is not large, and correspond to the size of a single domain, which occurs when averaging values in the volume of rocks gabbro-basalt, basalt in a magnetic field. It was found that during the heat treatment of gabbro-basalt and basalt rocks, respectively: 760K and 680K, self-rotation of magnetization occurs and at the same time, weak interaction between phases is observed. It is shown that a necessary and sufficient condition for studying the mechanism of reverse magnetization in gabbro-basalt and basalt rocks are: 1) the primacy of magnetic rocks; 2) the degree of preservation; 3) the presence of decay and oxidation structures; 4) the presence and time of formation of secondary magnetic minerals.

Keywords: rocks, gabbro-basalt, basalt, reverse and residual magnetization, magnetic field, temperature, spectral analysis, magnetostatic

Естественная остаточная намагниченность горных пород очень сложна по своему характеру, так как горные породы, которые входят в состав земной коры, имеют как прямую, так и обратную намагниченность. Изучение механизма образования обратной намагниченности горных пород является одной из основных задач магнетизма.

При помощи обратной намагниченности горных пород можно объяснить инверсию главного геомагнитного поля. А также эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах.

При помощи магнитной памяти зерен горных пород можно охарактеризовать вели-

чину и направление геомагнитного поля земли в геологическом прошлом. Также можно изучить внутреннее строение Земли, процессов, происходящих в ядре и мантии Земли.

Поэтому представляет интерес исследовать механизм образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт Карачаево-Черкесии (Северный Кавказ).

Целью данной работы является комплексное изучение механизма образования обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт в широком интервале температур при небольших магнитных полях.

Данная работа является продолжением ранее нами опубликованной работы [1].

Материал и методы исследования

Для достижения поставленной цели измеряли намагниченность баллистическим методом и проводили спектральный анализ в горных породах габбро-базальт и базальт в широком интервале температур при небольших магнитных полях [2].

При измерении намагниченности чувствительным элементом служила аксиальная двухслойная катушка с дифференциальной намоткой секции, а образец протравливался через катушку, что позволяло избежать погрешности, связанной с первоначальным его положением. Запись сигнала с катушек осуществлялась автоматически при помощи ЭВМ. Стабилизация тока через образец осуществлялась с помощью схемы стабилизации тока на базе промышленного стабилизатора напряжения У-1199.

Падение напряжения на магазине сопротивлений R сравнивалось с ЭДС нормаль-

ного элемента, и разность обрабатывалась стабилизатором. Изменение тока производилось путем изменения сопротивлений. Сползание тока через образец не превышало 10^{-5} А/час. Погрешность измерений не превышала 0,5% [1; 2].

Для проведения спектрального анализа использовали ДФ – 24. Образцы горных пород очищали от внешних загрязнений и просушивали. Затем брали небольшое количество горных пород, так чтобы проба отражала средний состав анализируемого образца (10-15 г). Пробу предварительно дробили сначала на стальной плите, а затем в агатовой ступке. После того как образцы размельчены, отбирали 3-5 г квантованием и окончательно доводили до порошка с размером частиц 0,01 мм, из которых брали пробу на анализ.

Рядом с исследуемой пробой фотографировали несколько эталонов, концентрации в которых изменялись в 3-5 раз. Спектры эталонов и исследуемых проб фотографировали при одинаковых условиях: силе тока, дуговом промежутке, освещении щели спектрографа (СТЭ-1), величине навески и т.д. Полученную спектрограмму рассматривали с помощью спектропроектора ПС-18, подбирали соответствующие линии элемента в исследуемой пробе и эталонах и сравнивали почернения.

Равенство почернений линий элемента в исследуемой пробе с почернением этой же линии в одном из эталонов позволяет судить о концентрации. Зная содержание элемента в эталоне, мы, таким образом, устанавливали содержание его и в анализируемой пробе. Полученные результаты приведены на рисунке 1 [1; 2].

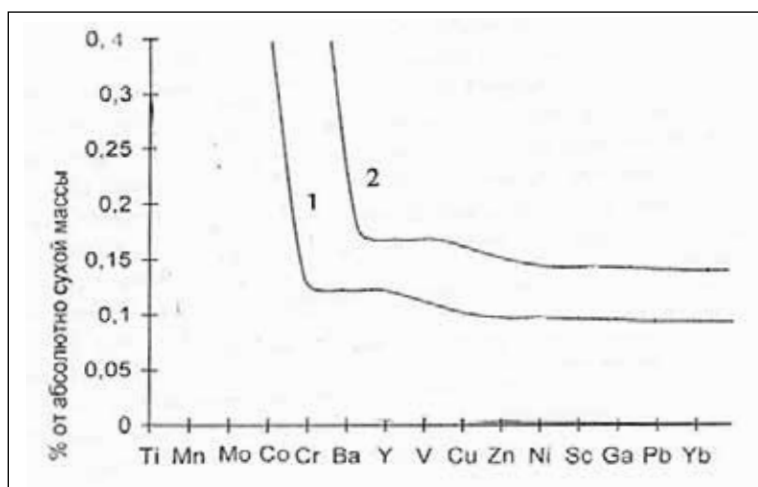


Рис. 1. Содержание химических элементов в образцах: 1 – габбро-базальт, 2 – базальт

Характеристика образцов горных пород габбро-базальт и базальт

№ п/п	Название породы	Название местности	Номер буровой скважины	Возраст
1	Габбро-базальт	КЧР, Зеленчукский район, правобережье р. Маруха	7/1051	$vPR - PZ_1$
2	Базальт	КЧР, Зеленчукский район, левобережье р. Маруха	17/1042	$PZ_1 - KR$

Образцы горных пород габбро-базальт и базальт были взяты совместно с геологами Карачаево-Черкесской Республики (Северный Кавказ) с известным соответствием номером буровой скважины и возрастом (таблица).

Результаты исследования и их обсуждение

Учитывая, что намагниченность J горных пород складывается из естественной остаточной – J_n и индуцированной J_j намагниченностей, определяли индуцированную намагниченность J_j как:

$$J_j = \alpha T, \quad (1)$$

где α – коэффициент пропорциональности; T – температура.

Исследования показали, что коэффициент пропорциональности α имеет тензорный характер при наличии в горных породах сильных магнитных минералов.

Из экспериментальных исследований следует, что механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт по характеру взаимодействия между подрешетками – магнитостатический [2-4].

В горных породах габбро-базальт и базальт наблюдается механизм самообращения при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зернами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы [5].

Неодновременность намагничивания разных фаз в механизме самообращения остаточной намагниченности, по-видимому, связана с усреднением значений в объеме горных пород габбро-базальт и базальт, поэтому магнитное поле каждой частицы равно нулю. А это значит, что при изотропном распределении зерен обеих фаз магнитостатическое поле взаимодействия не может обеспечить самообращение намагниченности [6].

При комнатной температуре (20 °C) величина и направление естественной оста-

точной намагниченности оказались одинаковыми как в случае прямо намагниченных, так и обратно намагниченных горных пород. Это говорит о том, что горные породы имеют однородную намагниченность. Так как горная порода содержит мельчайшую вкрапленность магнетита (составляет ~7%) размером от 0,4 до 10 мкн. Из экспериментальных данных следует, что направление вектора естественной остаточной намагниченности прямо намагниченных образцов не меняется до 700 °C, а в полях до 800 °C совпадает с направлением внешнего поля. Далее при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт соответственно при 760 °K и 680 °K наблюдается самообращение намагниченности, где наблюдается слабое взаимодействие между фазами.

Так как первоначальная намагниченность горных пород габбро-базальт и базальт может измениться под воздействием многих факторов, то для получения достоверной информации механизма обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт необходимыми и достаточными условиями являются: 1) первичность магнитных горных пород; 2) степень сохранности; 3) наличие структур распада и окисления; 4) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

Следует отметить, что в горных породах габбро-базальт и базальт содержатся вкрапленные минералы, обладающие различными магнитными свойствами, которые ответственны за образование обратной намагниченности.

На рисунках 2 и 3 приведены экспериментальные кривые образования обратной термоостаточной намагниченности при охлаждении горных пород габбро-базальт и базальт от 800 °K в различных магнитных полях: 1. $H=1,5$ Э; 2. $H=10,5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=400$ Э.

Из рисунков 2 и 3 следует, что интенсивность обратной намагниченности габбро-базальта и базальта и их стабильность зависят от процентного соотношения магнитных и немагнитных зерен.

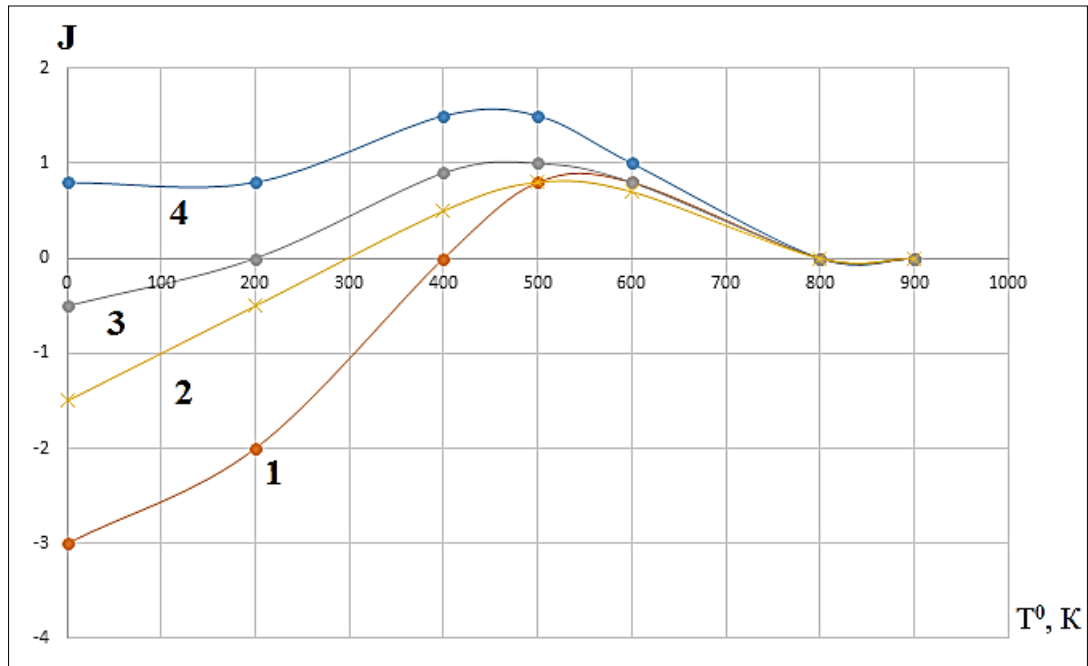


Рис. 2. Образование обратной намагниченности горной породы габбро-базальт при охлаждении от 800 °K в магнитных полях: 1. $H=1.5$ Э; 2. $H=10.5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=400$ Э

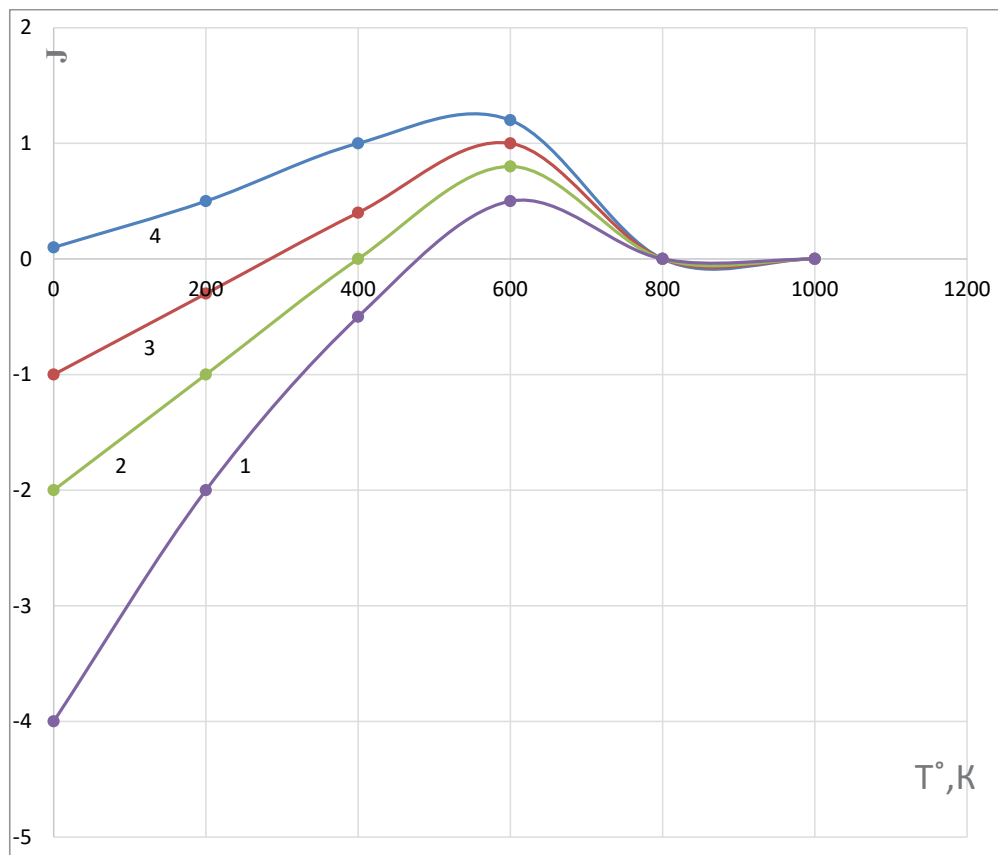


Рис. 3. Образование обратной термоустойчивой намагниченности горной породы базальт при охлаждении от 800 °K в различных магнитных полях: 1. $H=1.5$ Э; 2. $H=10.5$ Э; 3. $H=300$ Э; 4. $H=600$ Э

Механизм обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт зависит от структуры и состава, которые определяются природными условиями или условиями лабораторной термообработки.

Существование обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт, по-видимому, можно объяснить тем, что они содержат минералы, обладающие различными магнитными свойствами [7].

Таким образом, обратная намагниченность горных пород габбро-базальт и базальт зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и от времени.

При помощи обратной намагниченности горных пород можно объяснить инверсию главного геомагнитного поля. А также эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах габбро-базальт и базальт.

Выводы

1. Определены индуцированная намагниченность – J и коэффициент пропорциональности – α .

2. Механизм процессов самообращения остаточной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт соответствует по характеру взаимодействия между подсетками магнитостатическому.

3. Обратная намагниченность в горных породах габбро-базальт и базальт возникает за счет минералов, обладающих различными магнитными свойствами, и зависит от температуры, механического напряжения, химических превращений, переменного магнитного поля и времени.

4. В горных породах габбро-базальт и базальт механизм самообращения происходит при намагничивании первой фазы в размагничивающем поле второй фазы. При этом расстояние между вкрапленными магнитными зёрнами не велико и соответствует размерам однодоменной частицы, которое возникает при усреднении значений в объеме горных пород габбро-базальт, базальт в магнитном поле.

5. Получено, что при термообработке горных пород габбро-базальт и базальт (соответственно 760 °К и 680 °К) происходит самообращение намагниченности, и при этом наблюдается слабое взаимодействие между фазами.

6. Необходимыми и достаточными условиями существования механизма обратной намагниченности в горных породах габбро-базальт и базальт являются: а) первичность магнитных горных пород; б) степень сохранности; в) наличие структур распада и окисления; г) наличие и время образования вторичных магнитных минералов.

7. При помощи обратной намагниченности горных пород габбро-базальт и базальт можно объяснить эффект самообращения вектора естественной остаточной намагниченности за счет физико-химических процессов, протекающих в горных породах габбро-базальт и базальт Карачаево-Черкесии (Северный Кавказ).

Список литературы / Reference

1. Урусова Б.И., Лайпанов М.З., Узденова Ф.А. Природа естественной остаточной намагниченности горных пород района реки Марухи (Северный Кавказ) // Успехи современного естествознания. 2020. №10. С. 139-143.
2. Urusova B.I., Laipanov M.Z., Uzdenova F.A. The nature of the natural residual magnetization of rocks of the Marukha River region (North Caucasus) // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2020. № 10. P. 139-143 (in Russian).
3. Urusova B.I., Laipanov U.M. Перемагничивание горных пород // Успехи современного естествознания. 2018. № 3. С. 128-132.
4. Urusova B.I., Laipanov U.M. Remagnetization of rocks // Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya. 2018. № 3. P. 128-132 (in Russian).
5. Belokon V.I., Dyachenko O.I. Long- and Short-Range Magnetic Order in Titanomagnetite. Phys. Solid Earth. 2020. Vol. 56 (6). P.888-891.
6. Ржевский В.В., Новик Г.Я. Основы физики горных пород. СПб., 2014. 368 с.
7. Rzhhevskii V.V. Osnovy fiziki gornykh porod. SPb., 2014. 368 p. (in Russian).
8. Гончаров С.А., Пашенков П.Н., Плотников А.В. Физика горных пород: физические явления и эффекты в практике горного производства. М., 2016. 27 с.
9. Goncharov S.A. Fizika gornykh porod: fizicheskie yavleniya i efekty praktike gornogo proizvodstva. M., 2016. 27 p. (in Russian).
10. Catherine G. Modelling the geomagnetic field from syntheses of paleomagnetic data. Physics of the Earth and Planetary Interiors. 2011. P. 109-117.
11. Carrasco J.P., Osete M.L., Torta J.M., Santis A.De. A geomagnetic field model for the Holocene based on archaeomagnetic and lava flow data. Earth and Planetary Science Letters. 2014. P. 98-109.