

УДК 550.38

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ ВУЛКАНИЧЕСКОЙ ПРОВИНЦИИ АРХИПЕЛАГА ЗЕМЛЯ ФРАНЦА-ИОСИФА (СЕВЕРНЫЙ ЛЕДОВИТЫЙ ОКЕАН): ОЦЕНКА НАПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЯ РАСПЛАВА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИЗУЧЕНИЯ АНИЗОТРОПИИ МАГНИТНОЙ ВОСПРИИМЧИВОСТИ

В. В. Абашев^{1,2,*}, академик РАН В. А. Верниковский^{1,2}, А. Ю. Казанский³, Д. В. Метелкин^{1,2},
Н. Э. Михальцов^{1,2}, В. Ю. Брагин^{1,2}

Поступило 19.11.2018 г.

Представлены первые результаты изучения анизотропии магнитной восприимчивости в базальтоидах о. Гукера, связанной с направлением движения расплава, расположением центров излияний и морфологией магматических тел. Установленные особенности первичной магнитной текстуры отвечают трапповому механизму формирования вулканической провинции архипелага Земля Франца-Иосифа и являются отражением одновременного действия многочисленных мелких центров извержений. Полученные ранее выводы о длительной, в течение ранней юры — раннего мела, многоэтапной истории магматизма не находят подтверждения.

Ключевые слова: анизотропия магнитной восприимчивости, крупные изверженные провинции, архипелаг ЗФИ, Арктика.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524862197-201>

Тектоническая история Северного Ледовитого океана начинается с заложения Амеразийской котловины около 150 млн лет назад [1–3]. Приблизительно в то же время на территории современного архипелага Земля Франца-Иосифа (ЗФИ) и примыкающей акватории отмечается яркий эпизод вулканической активности, приведший к образованию крупной изверженной провинции (LIP) [4–7]. По последним ⁴⁰Ag/³⁹Ag-данным, возрастной интервал базальтоидного магматизма ЗФИ включает три этапа активизации: 190, 155 и 125 млн лет [8]. Состав пород и местоположение относительно реконструируемой спрединговой системы позволяют связать раскрытие океана и юрский этап магматизма ЗФИ с действием плюма, который продолжил контролировать наиболее продуктивный раннемеловой этап становления LIP. Его следы отмечены также в структурах хребта Альфа, а современные проявления связаны с Ислан-

дией [5, 7, 9]. Полученные палеомагнитные данные в целом поддерживают эту идею, однако указывают на существенно более кратковременный характер вулканизма на ЗФИ [10]. Для восстановления истории механизмов формирования траппов ЗФИ крайне важны сведения о морфологии вулканических тел, расположении центров излияний и направлениях движения расплава. Одним из методов получения этой информации является изучение анизотропии магнитной восприимчивости (AMS), т.е. магнитной текстуры пород. При ламинарном перемещении расплава максимальная ось K_1 эллипсоида AMS ориентирована по направлению течения и любые отклонения от такого — “нормального” — типа магнитной текстуры отражают специфические особенности формирования магматических тел, в том числе зависят от их морфологии.

В данной работе представлены первые результаты изучения AMS на примере вулканических пород о. Гукера, где отмечены продукты всех трёх этапов вулканической активности (рис. 1). Предполагается, что относительно редкие раннеюрские базальтоиды слагают отдельные силлы или покровы в основании разреза. Позднеюрские и особенно раннемеловые базальты распространены гораздо шире, формируют

¹Институт нефтегазовой геологии и геофизики им. А.А. Трофимука Сибирского отделения Российской Академии наук, Новосибирск

²Новосибирский национальный исследовательский государственный университет

³Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова

*E-mail: abashev@ipgg.sbras.ru

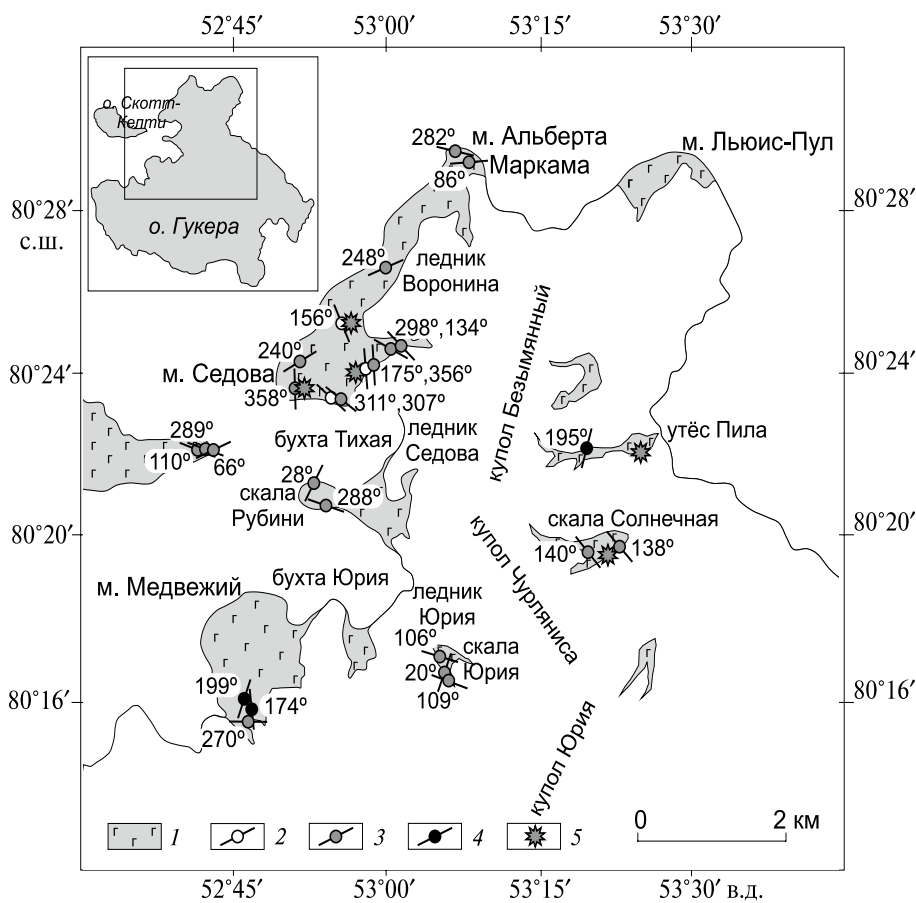


Рис. 1. Геологическая схема северной части о. Гукера: 1 — юрско-раннемеловые вулканические комплексы, нерасчленённые; 2 — ориентировка движения расплава в магматических телах с нормальной горизонтальной магнитной текстурой, характерной для покровов и силлов; 3 — ориентировка движения расплава в магматических телах с нормальной наклонной магнитной текстурой, характерной для покровов и силлов; 4 — ориентировка горизонтального перемещения расплава в магматических телах с обращённой биполярной магнитной текстурой, характерной для даек; 5 — положение магматических тел с обращённой вертикальной магнитной текстурой, характерной для подводящих каналов (штоков). Числа у значков с направлениями течений соответствует азимуту движения расплава, рассчитанному по ориентировке эллипсоида AMS.

серию покровов, бронирующих остров, а также многочисленные силлы, дайки и штоки [8, 11].

Большинство изученных базальтов обладают низкой степенью AMS (P_j [12]) менее 1,06, что указывает на отсутствие наложенных стрессовых воздействий [12]. При этом более половины изученных пластовых магматических тел имеют обращённый тип магнитной текстуры, когда максимальная ось K_1 направлена перпендикулярно плоскости покрова или силла. Такой тип AMS может быть первичным и отражать преобладающее вертикальное движение расплава, однако чаще он вторичный и обусловлен присутствием однодоменных ферритмагнитных зёрен, образовавшихся в результате окисления или распада нестабильных низкожелезистых титаномagnetитов [13]. Эксперименты показывают, что первичная ориентировка эллипсоида AMS может быть восстановлена после температурного воздействия или размаг-

ничивания переменным магнитным полем [13, 14]. В нашем случае размагничивание полем амплитудой 140 мТл не дало результата. Заметные изменения установлены при нагреве до $\sim 450^\circ\text{C}$, что в среднем соответствует деблокирующим температурам титаномagnetитов, идентифицируемых в породе петромагнитными методами [10, 11]. Магнитная восприимчивость после нагрева несколько возрастает, а P_j уменьшается. При этом форма эллипсоида AMS сохраняется, но существенно меняется ориентировка главных осей. По итогам проведённых экспериментов можно различить 4 типа первичной магнитной текстуры (рис. 2), которые позволяют реконструировать направление движения расплава и морфологию изученных магматических тел.

Нормальная горизонтальная магнитная текстура (рис. 2) характерна только для нижних частей крупных покровов или силлов. Направление движения

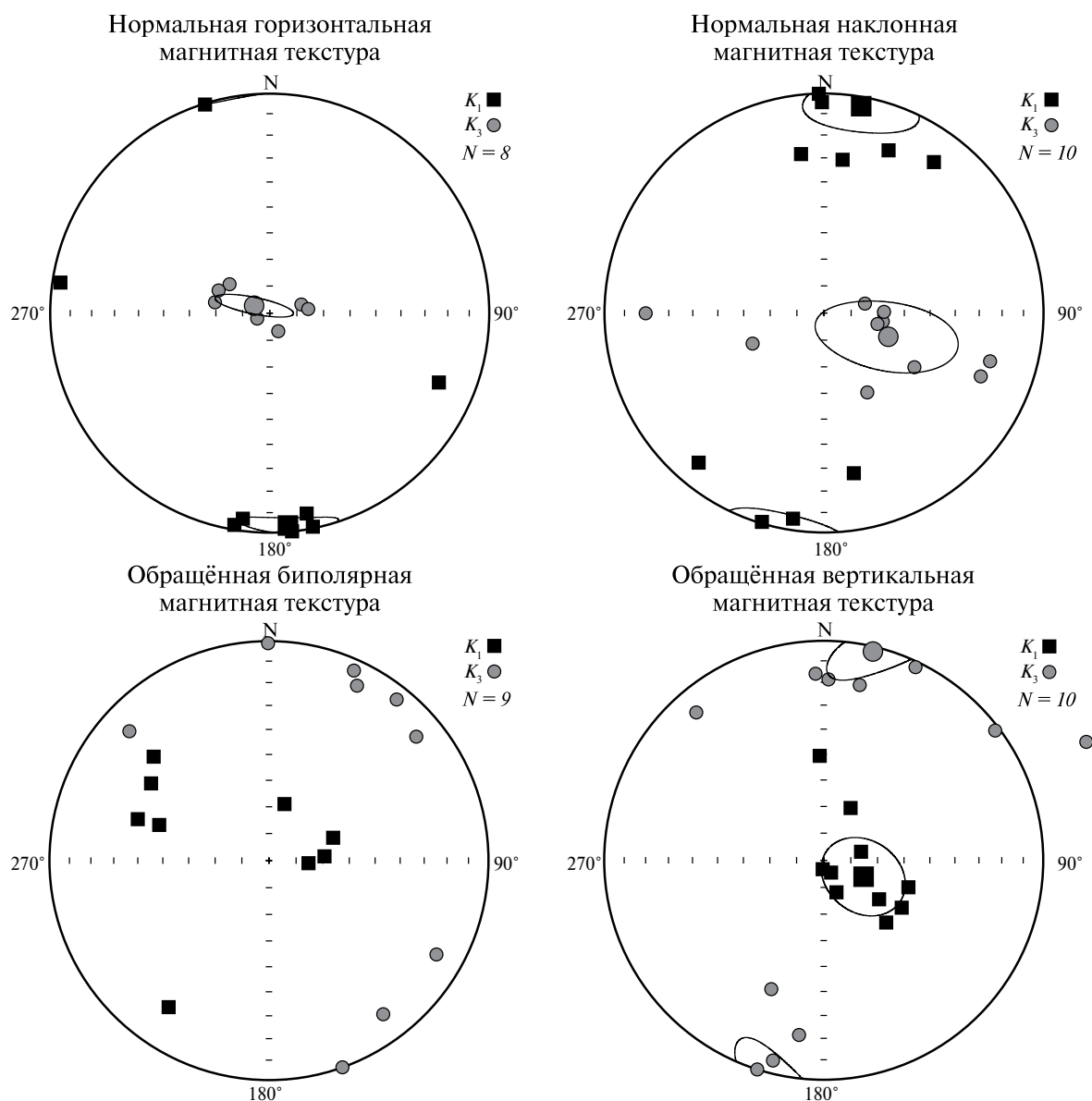


Рис. 2. Типичные стереограммы AMS для основных типов магнитной текстуры базальтов о. Гукера. K_1 — максимальная ось эллипсоида AMS, K_3 — минимальная ось эллипсоида AMS, N — количество образцов.

расплава определяется осью K_1 . При этом надо учесть, что направление течения вдоль этой оси с равной вероятностью может быть в любом из двух противоположных направлений. Для средних и главным образом верхних частей покров, где генеральное течение лавы осложнено турбулентными струями, преобладающим является второй тип — нормальная наклонная магнитная текстура (рис. 2). Здесь генеральное направление течения может быть оценено по азимуту наклона минимальной оси K_3 [13]. В целом в пластовых телах о. Гукера преобладают СЗ–ЮВ-направления перемещения расплава, реже фиксируются СВ–ЮЗ-ориентировки длинных осей

эллипсоида AMS, причём какой-либо стратиграфической приуроченности не обнаружено (рис. 1).

Третий тип магнитной текстуры — обращённая биполярная (рис. 2), обычно характерен для протяжённых даек, где заметную роль играет горизонтальное перемещение расплава вдоль простирания. Его направление определяется по азимуту минимальной оси K_3 , которая в идеале параллельна “стенкам” дайки [12]. Данный тип магнитной текстуры установлен в трёх точках в районе утёса Пила и к югу от м. Медвежий и указывает на преобладающее субмеридиональное течение расплава (рис. 1).

Четвёртый тип, обращённая вертикальная магнитная текстура (рис. 2) отражает преимущественное

вертикальное перемещение расплава и характерна для подводящих каналов — штоков или меньших по размерам изометричных тел. Этот тип магнитной текстуры обнаружен в основании утёса Пила и скалы Солнечной, а также к северу от мыса Седова, где по структурным признакам традиционно выделяются только пластовые тела. Напротив, в базальтоидах крупного штока скалы Рубини, предположительно позднеюрского возраста, установлено исключительно субгоризонтальное перемещение расплава, характерное для раннемеловых покровных фаций. Причём в разных его бортах отмечено как преобладающее СЗ—ЮВ-, так и относительно редкое СВ—ЮЗ-направление (рис. 1). Это указывает на близость узкого подводящего канала с доминирующим вертикальным перемещением расплавленного вещества, которое перед кристаллизацией, в апикальной части, начинает растекаться в стороны, формируя нормальную горизонтальную или наклонную магнитную текстуру. Оба отмеченных факта несоответствия структурных признаков и характера анизотропии магнитной восприимчивости указывают на развитую сеть подводящих каналов — мелких вертикальных струй, которые обеспечивали быстрое одновременное поступление значительного объёма расплавленного базальтового вещества и образование преимущественно покровных фаций.

Таким образом, наблюдаемые в базальтоидах о. Гукера различия в восстановленной первичной ориентировке эллипсоида AMS обусловлены исключительно морфологией изученных магматических тел и связаны с особенностями траппового механизма формирования LIP. Чередование различных направлений течений в последовательных покровах не обнаруживает стратиграфической приуроченности и вряд ли связано с разницей в возрасте магматизма, а является отражением одновременного действия многочисленных центров извержений. Наиболее крупные из них, судя по реконструируемой ориентировке направлений течения расплава, могут находиться в районе бухты Тихой и под ледниковыми куполами Безымянный и Чурляниса (рис. 1). Соответственно полученные ранее выводы о нескольких этапах магматизма в пределах провинции ЗФИ не находят подтверждения в наших данных. Возможно, продукты ранних этапов распространены на поверх-

ности очень локально, их объём мал и не соответствует понятию LIP.

Источники финансирования. Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14–37–00030), РФФИ (проекты № 18–35–00273, 18–05–70035, 18–05–70011) и Минобрнауки России (проекты 5.2324.2017/4.6 и 5.4786.2017/6.7).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Drachev S.S., Saunders A.* In: Proc. the Fourth International Conference on Arctic Margins. Dartmouth: Nova Scotia, 2006. P. 216–223.
2. *Верниковский В.А., Добрецов Н.Л., Метелкин Д.В. и др.* // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 1083–1107.
3. *Gaina C., Medvedev S., Torsvik T.H., et al.* // SurvGeophys. 2014. V. 35. P. 1095–1122.
4. *Buchan K.L., Ernst R.E.* In: Dyke Swarms — Time Markers of Crustal Evolution. L.: Taylor & Francis, 2006. P. 27–48.
5. *Добрецов Н.Л., Верниковский В.А., Карякин Ю.В. и др.* // Геология и геофизика. 2013. Т. 54. № 8. С. 1126–1144.
6. *Corfu F., Polteau S., Planke S., et al.* // Geol. Mag. 2013. V. 150. № 6. P. 1127–1135.
7. *Шупилов Э.В.* // Геология и геофизика. 2016. Т. 57. № 12. С. 2115–2142.
8. *Карякин Ю.В., Шупилов Э.В.* // ДАН. 2009. Т. 425. № 2. С. 213–217.
9. *Kuzmin M.I., Yarmolyuk V.V., Kravchinsky V.A.* // Earth-Sci. Rev. 2010. V. 102. № 1–2. P. 29–59.
10. *Абашев В.В., Метелкин Д.В., Михальцов Н.Э. и др.* // Геология и геофизика. 2018. Т. 59. № 9. С. 1445–1468.
11. *Михальцов Н.Э., Карякин Ю.В., Абашев В.В. и др.* // ДАН. 2016. Т. 471. № 6. С. 692–696.
12. *Tarling D.H., Hrouda F.* The Magnetic Anisotropy of Rocks. L.: Chapman & Hall, 1993. 217 p.
13. *Boiron T., Bascou J., Camps P., et al.* // Geophys. J. Int. 2013. V. 193. P. 585–602.
14. *Schöbel S., Wall H. De, Rolf C.* // Geophys. J. Int. 2013. V. 195. P. 1509–1518.

DESIGN FEATURES OF THE FRANZ JOSEF LAND VOLCANIC PROVINCES (ARCTIC OCEAN): ESTIMATION OF LAVA DIRECTION BY ANISOTROPY OF MAGNETIC SUSCEPTIBILITY

V. V. Abashev^{1,2}, Academician of the RAS V. A. Vernikovskiy^{1,2},
A. Yu. Kazansky³, D. V. Metelkin^{1,2}, N. E. Mikhaltsov^{1,2}, V. Yu. Bragin^{1,2}

¹*Trofimuk Institute of Oil Geology and Geophysics Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,
Novosibirsk, Russian Federation*

²*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russian Federation*

³*Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russian Federation*

Received November 19, 2018

The paper presents the first results of studying the anisotropy of magnetic susceptibility in the basalts from Hooker Island, associated with the direction of the melt movement, the location of the eruption centers and the morphology of magmatic bodies. The established features of the primary magnetic fabrics correspond to the trap mechanism of formation of the volcanic province of the Franz Josef Land Archipelago and are a reflection of the simultaneous action of numerous small eruption centers. Previously obtained conclusions about the long, during the Early Jurassic – Early Cretaceous, multi-stage history of magmatism are not confirmed.

Keywords: anisotropy of magnetic susceptibility, large igneous provinces, FJL Archipelago, Arctic.