

УДК 550.384.5

ПАЛЕОМАГНЕТИЗМ ОРДОВИКСКО-СИЛУРИЙСКИХ ВУЛКАНИТОВ ЗАПАДНОГО СКЛОНА ЮЖНОГО УРАЛА

И. В. Голованова^{1,*}, К. Н. Данукалов¹, член-корреспондент РАН В. Н. Пучков²,
Н. Д. Сергеева¹, Р. Ю. Сальманова¹

Поступило 02.07.2019 г.

В работе представлены новые палеомагнитные данные по датированным ордовикско-силурийским вулканитам из четырёх разрезов в западном обрамлении Тараташского массива на Южном Урале. Геологические данные свидетельствуют о том, что изучаемый регион является частью палеоконтинента Балтика с начала мезопротерозоя. Палеомагнитные данные изучения пород самой западной части Уральского складчатого пояса не выявили локальных и региональных вращений по отношению к Балтике. Следовательно, полученный полюс можно экстраполировать на всю платформу. Представленный результат имеет высокую степень надёжности и уточняет траекторию кажущейся миграции палеомагнитного полюса (APWP) для палеоконтинента Балтика на сегменте поздний ордовик — ранний силур, где надёжные палеомагнитные данные отсутствуют, и может быть использован для палеорекострукции.

Ключевые слова: палеомагнетизм, ордовик—силур, Южный Урал, Балтика, кривая миграции палеомагнитного полюса.

DOI: <https://doi.org/10.31857/S0869-56524894379-383>

В последние годы в результате датирования магматических образований рифея Южного Урала U/Pb-методом по цирконам (SHRIMP и ID-TIMS) были получены палеозойские конкордантные датировки (437 ± 11 и $441,8 \pm 8,2$ млн лет [1]) для базальтов, залегающих в поле вулканогенно-осадочных образований айской свиты нижнего рифея в тесной сопряжённости как с рифейскими вулканитами, так и с осадочными породами айской свиты [2]. Особый интерес представляет палеомагнитное изучение вулканитов позднеордовикско-силурийского возраста, которое даёт уникальную возможность получить новые данные и уточнить траекторию кажущейся миграции палеомагнитного полюса (APWP) для палеоконтинента Балтика на сегменте поздний ордовик — ранний силур, что важно для палеотектонических реконструкций. Обзор существующих палеомагнитных данных для более ранней вендской—раннеордовикской части APWP приведён, например, в работах [3–5]; для более поздней части APWP — в работе [4]. В интервале 432–458 млн лет назад надёжные палеомагнитные данные для Восточно-Европейской платформы отсутствуют, а на кривой миграции полюса для Балтики [4] по-

казана только расчётная линия, длинный участок без фактических данных.

По геологическим данным западная часть Уральского складчатого пояса является деформированной окраиной платформы [6, 7]. Ранее по палеомагнитным данным было показано, что значительных перемещений самой западной части Южного Урала относительно платформы не было [8, 9]. Не обнаружено также локальных поворотов отдельных тектонических блоков по отношению друг к другу. Следовательно, полученный по ордовикско-силурийским породам западной части Южного Урала полюс можно экстраполировать на всю платформу. В данной работе мы сообщаем о новых палеомагнитных данных по ордовикско-силурийским датированным вулканитам из четырёх разрезов в западном обрамлении Тараташского массива (рис. 1).

Разрезы сложены лавовыми потоками субщелочных базальтов палеозойского возраста, отличающихся низкой степенью вторичных изменений, залегающими в поле развития вулканитов айской свиты нижнего рифея. Конкордантные датировки цирконов в магматических породах изученных разрезов укладываются в интервал 437–444 млн лет [1, 2]. В разрезах по р. Ушат, северо-восточнее д. Аршинка, р. Шмелёвка и на горе Малый Миасс выделено в общей сложности 18 лавовых потоков. Элементы залегания (азимут падения/угол падения) вулканогенных потоков определены по флюидальности и/или по слоистости вмещающих осадочных

¹ Институт геологии
Уфимского федерального исследовательского центра
Российской Академии наук, Уфа

² Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого
Уральского отделения Российской Академии наук,
Екатеринбург

*E-mail: golovanova@ufaras.ru

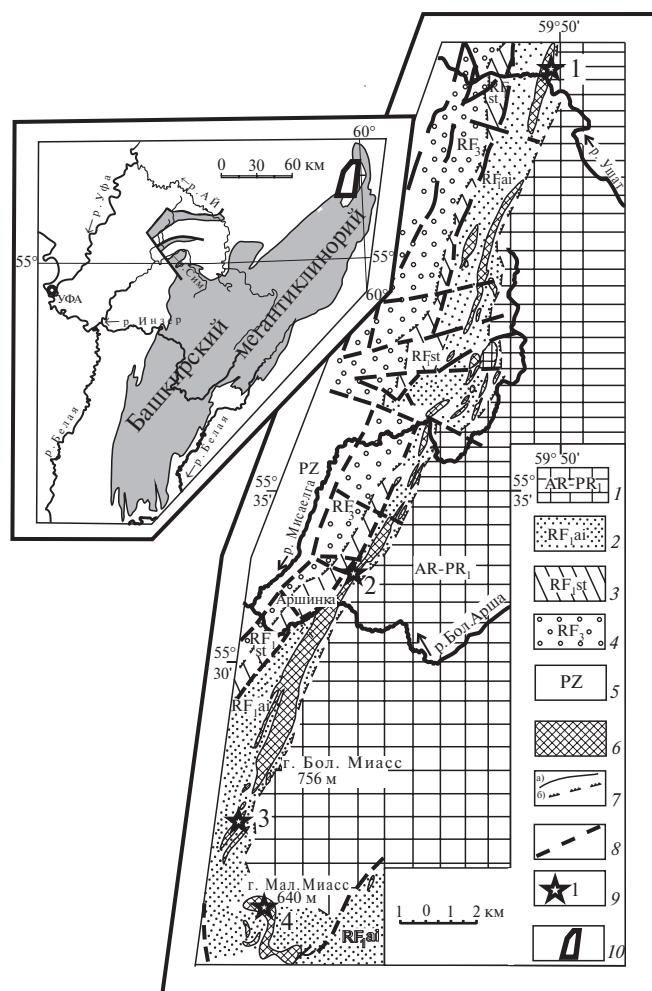


Рис. 1. Геологическая схема распространения вулканогенных пород в полосе развития айской свиты (Тараташский антиклинорий, Южный Урал) с расположением точек отбора образцов. Составлена по [2] с дополнениями. 1 — архей-раннепротерозойские образования тараташского комплекса (AR-PR₁); 2 — отложения айской (RF_{ai}) и 3 — саткинской (RF_{st}) свит нижнего рифея; 4 — нерасчленённые отложения верхнего рифея (RF₃) и 5 — палеозой (Pz); 6 — вулканогенные породы; 7 — геологические границы: согласные (а), несогласные (б); 8 — тектонические контакты; 9 — положение изученных разрезов (1 — р. Ушат, 9 потоков; 2 — северо-восточнее д. Аршинка, один поток; 3 — р. Шмельёвка, четыре потока; 4 — г. Малый Миасс, четыре потока); 10 — район исследования (на обзорной схеме).

пород и составляют $305^{\circ}\text{--}310^{\circ}/45^{\circ}\text{--}57^{\circ}$ в разрезах Ушат и Аршинка, $75^{\circ}/70^{\circ}$ в разрезе Шмельёвка и $240^{\circ}/40^{\circ}$ в разрезе Малый Миасс (рис. 1). Из каждого потока для палеомагнитного изучения отобрано по 7–13 образцов, объединённых при обработке в отдельные сайты. Всего изучено 170 образцов. Интерпретируемые результаты получены по 115 образцам из всех сайтов.

Лабораторные исследования выполнены в соответствии с общепринятой в настоящее время методикой. Все образцы прошли детальную температурную чистку. Замеры остаточной намагниченности проведены на спин-магнитометре JR-6.

Изученные породы характеризуются сильным магнитным сигналом. Естественная остаточная намагниченность варьируется от 0,1 до 8,0 А/м, в среднем составляя 2,0 А/м, и достигает в единичных образцах 200 А/м. В интервале температур от 250–300 до 480–600 °С на стереограммах для некоторой части образцов выделяются круги перемагничивания. Высокотемпературная характеристическая компонента может выделяться и на узком интервале от 560–580 до 680–700 °С, и на широком от 250–300 °С вплоть до размагничивания (рис. 2). Обычно компонента идёт в начало координат. Позднепалеозойское перемагничивание практически не проявлено в изученных образцах. Судя по кривым ступенчатого терморазмагничивания, носителями намагниченности являются гематит и магнетит. Выделенные высокотемпературные компоненты намагниченности (рис. 3) имеют одну полярность, поэтому тест обращения провести не удаётся. Однако полученный результат согласуется с предположением о существовании в конце ордовика — начале силура суперхрона прямой полярности [10]. Тест складки, выполненный в модификации *direction-coection* Р. Энкина [11], даёт положительный результат. Выделенное среднее направление высокотемпературной компоненты соответствует палеошироте $-1,1^{\circ} \pm 4,0^{\circ}$. Вычисленный палеомагнитный полюс (по 18 сайтам) имеет координаты $25,6^{\circ}$ с.ш., $197,2^{\circ}$ в.д. ($25,6^{\circ}$ ю.ш., $17,2^{\circ}$ в.д.), радиус круга доверия возле полюса $A_{95} = 6,2^{\circ}$, что неплохо согласуется с расчётными данными по палеоконтиненту Балтика (рис. 4). Положительный тест складки и согласованность с траекторией кажущейся миграции палеомагнитного полюса для палеоконтинента Балтика позволяют предположить, что выделенная компонента намагниченности является первичной.

Итак, изученные вулканы надёжно датированы U/Pb-методом по циркону (SHRIMP) и имеют возраст 437–444 млн лет. Для достаточно большого количества образцов из 18 сайтов по 4 разрезам с помощью детальной температурной чистки выделена высокотемпературная компонента намагниченности. Эта намагниченность, вероятно, обусловлена присутствием гематита и магнетита. Предположение о её первичности подтверждается тестом складки и тестом регионального согласия. Опубликованные ранее геологические данные свидетельствуют о том,

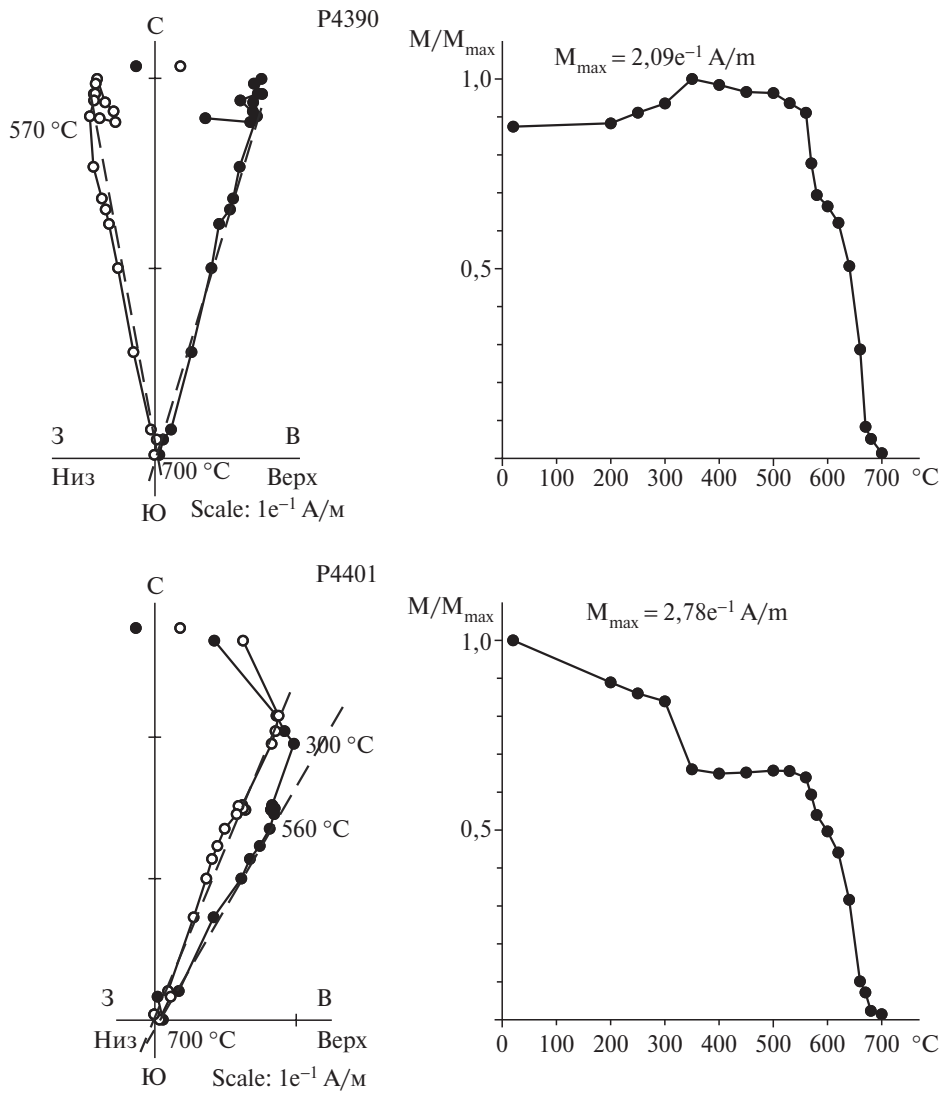


Рис. 2. Результаты палеомагнитных исследований. Диаграммы Зийдвервельда в стратиграфической системе координат и кривые терморазмагничивания отдельных образцов. Штриховая линия — выделенные компоненты намагниченности. Светлые символы — проекции векторов естественной остаточной намагниченности J_n на вертикальную, тёмные — на горизонтальную плоскости.

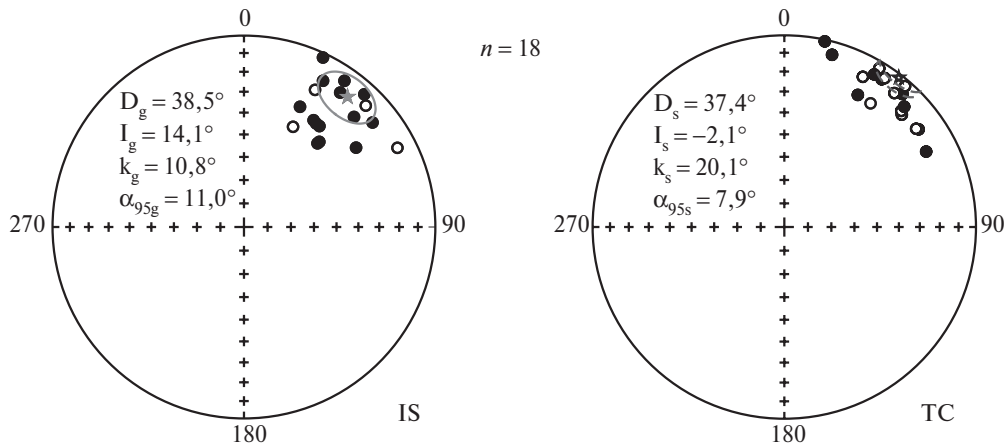


Рис. 3. Направления высокотемпературной компоненты намагниченности изученных сайтов в географической (g) и стратиграфической (s) системах координат. Залитые значки — проекции векторов на нижнюю полусферу, открытые — на верхнюю полусферу. Звёздочка — общее среднее направление и его овал доверия.

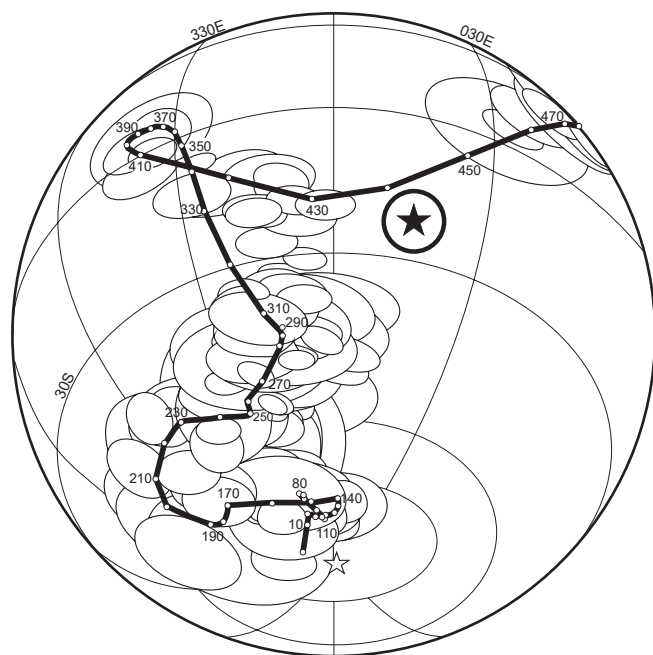


Рис. 4. Положение вычисленного среднего палеомагнитного полюса (звёздочка) с овалом доверия для исследуемых пород (толстый овал) в сравнении с кривой кажущейся миграции полюса Балтики по [4]. Показаны овалы доверия (тонкие) для фактических данных, использованных в работе [4] для построения кривой кажущейся миграции полюса.

что изучаемый регион является частью палеоконтинента Балтика с начала мезопротерозоя. Палеомагнитные данные изучения пород самой западной части Уральского складчатого пояса не выявили локальных и региональных вращений по отношению к Балтике. Полученный полюс не совпадает ни с одним из более поздних полюсов. Нам представляется, что полученный результат имеет довольно высокую степень надёжности и может дополнить траекторию кажущейся миграции палеомагнитного полюса (APWP) для палеоконтинента Балтика на сегменте

поздний ордовик — ранний силур, а также может быть использован для палеореконокструкций.

Источник финансирования. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (грант 18–05–00631). Материалы по геологии Урала и Восточно-Европейской платформы собраны и обобщены в рамках темы государственного задания 0246–2019–0087.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пучков В.Н., Козлов В.И., Краснобаев А.А. // Геологический сборник № 9. Информ. Материалы. ИГ УНЦ РАН. Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2011. С. 36–43.
2. Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D. // *Doklady Earth Sciences*, 2018. V. 478. № 1. P. 56–61. <https://doi.org/10.1134/S1028334X18010038>
3. Храмов А.Н., Иосифиди А.Г. // *Физика Земли*. 2009. № 6. С. 3–19.
4. Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U., et al. // *Earth Sci. Rev.* 2012. V. 114. P. 325–368. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2012.06.007>
5. Meert J.G. *Gondwana Research*. 2014. V. 25. P. 159–169. <http://dx.doi.org/10.1016/j.gr.2013.02.003>
6. Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 183 с.
7. Богданова С.В., Писаревский С.А., Ли Ч.Х. // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2009. Т. 17. № 3. С. 29–45.
8. Голованова И.В., Данукалов К.Н., Кадыров А.Ф. и др. // *Физика Земли*. 2017. № 2. С. 148–156. <https://doi.org/10.7868/S0002333717010057>
9. Шунунов С.В. // *Палеомагнетизм и магнетизм горных пород*. М.: ОИФЗ РАН, 1998. С. 69–71.
10. Algeo T.J. // *J. Geophys. Res.* 1996. V. 101. P. 2785–2814.
11. Enkin R.J. // *Earth Planet. Sci. Lett.* 2003. V. 212. P. 151–166.

**PALEOMAGNETISM OF ORDOVICIAN-SILURIAN VOLCANICS
OF THE WESTERN SLOPE OF THE SOUTHERN URALS****I. V. Golovanova¹, K. N. Danukalov¹, Corresponding Member of the RAS V. N. Puchkov²,
N. D. Sergeeva¹, R. Yu. Sal'manova¹**¹*Institute of Geology of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences,
Ufa, Russian Federation*²*Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences,
Ekaterinburg, Russian Federation*

Received July 2, 2019

The paper presents new paleomagnetic data on dated Ordovician-Silurian volcanics from four sections in the western frame of the Taratash massif in the Southern Urals. Geological data indicate that the region under study has been part of the paleocontinent Baltica since the beginning of Mesoproterozoic. Paleomagnetic data from studies of the rocks of the most western part of the Ural fold belt did not reveal local and regional rotations with respect to the Baltica. Consequently, the pole obtained can be extrapolated to the entire platform. The presented result has a fairly high degree of reliability and can clarify the part of apparent polar wander path (APWP) for the paleocontinent Baltica on the Late Ordovician — Early Silurian segment, where reliable paleomagnetic data are not available, and can be used for paleoreconstructions.

Keywords: paleomagnetism, Ordovician-Silurian, Southern Urals, Baltica, apparent polar wander path (APWP).