

ПАЛЕОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ НИЖНЕКАМЕННОУГОЛЬНЫХ ВУЛКАНИТОВ МАГНИТОГОРСКО-БОГДАНОВСКОГО ГРАБЕНА

© 2018 г. К. Н. Данукалов, И. В. Голованова, Р. Ю. Сальманова

Реферат: В работе приведены новые результаты палеомагнитного изучения нижнекаменноугольных вулканитов Центрально-Магнитогорской зоны Южного Урала с целью независимой оценки геологических представлений об истории развития Магнитогорской островной дуги. В качестве объектов исследования было выбрано 9 разрезов эффузивных пород греховской и березовской свит преимущественно основного состава, расположенных в меридиональном течении р. Урал от с. Кизильское на севере до д. Ершовка на юге. Лабораторные палеомагнитные исследования проводились в соответствии с общепринятой в настоящее время методикой, включающей в себя температурную магнитную чистку и компонентный анализ выделенных направлений намагниченности. Полученное по 21 сайту среднее направление высокотемпературной компоненты намагниченности и вычисленная по нему палеоширота практически совпадают с мировыми данными для восточной окраины палеоконтинента Балтика. Следовательно, по палеомагнитным данным Центрально-Магнитогорская зона в раннекаменноугольное время являлась частью континента. Анализ средне-температурных компонент намагниченности позволяет сделать предположение, что основная часть деформаций на территории Магнитогорско-Богдановского грабена произошла позже, чем в изученных авторами ранее частях Западно-Магнитогорской зоны.

Ключевые слова: палеомагнетизм, высокотемпературная компонента намагниченности, полюс, карбон, Южный Урал, Магнитогорско-Богдановский грабен

PALEOMAGNETIC STUDY OF THE LOWER CARBONIFEROUS VOLCANITES IN THE MAGNITOGORSK-BOGDANOVKA GRABEN

K. N. Danukalov, I. V. Golovanova, R. Yu. Sal'manova

Abstract: New paleomagnetic data on the Lower Carboniferous volcanites of the Central-Magnitogorsk zone (Southern Urals) are represented in the paper. An independent assessment of the geological concepts of the history of the Magnitogorsk Island Arc development was the main aim of our study. Nine sections of effusive basic rocks which are attributed to the Grekhovskaya and Berezovskaya Formations, located in the meridional current of the Ural River between Kizilskoe and Ershovka villages were chosen for our study. Paleomagnetic investigations were conducted in accordance with the generally accepted up-to-date methodology including thermal magnetic cleaning and component analysis of identified directions of magnetization. The average direction of the high-temperature component of remanence obtained from the 21 sites and the paleolatitude calculated from it practically coincide with the world-known data for the eastern margin of the paleocontinent Baltica. Consequently, based on the paleomagnetic data, it can be concluded that during the early Carboniferous period the Central Magnitogorsk Zone was part of Baltica continent. An analysis of the middle-temperature components of magnetization allows to conclude that the bulk of the deformations in the territory of the Central part of the Magnitogorsk Zone (Magnitogorsk-Bogdanovka graben) occurred later than in the West-Magnitogorsk Zone studied by the authors.

Keywords: paleomagnetism, high-temperature component of magnetization, pole, Carboniferous, Southern Urals, Magnitogorsk-Bogdanovka graben

Для цитирования: Данукалов К.Н., Голованова И.В., Сальманова Р.Ю. Палеомагнитное изучение нижнекаменноугольных вулканитов Магнитогорско-Богдановского грабена // Геологический вестник. 2018. №2. С. 110–117. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-2-8>.

For citation: Danukalov K.N., Golovanova I.V., Sal'manova R.Yu. Paleomagnetic study of the Lower Carboniferous volcanites in the Magnitogorsk-Bogdanovka graben // Geologicheskii vestnik. 2018. No. 2. P. 110–117. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2018-2-8>.

Магнитогорская мегазона Южного Урала представляет собой сохранившиеся фрагменты островодужной системы, активно развивавшейся в девонском периоде. По современным представлениям [Пучков, 2000, 2010] в девоне в Палеоуральском океане напротив южноуральской части пассивной окраины континента Балтика сформировалась Магнитогорская островная дуга, находившаяся над зоной субдукции, падавшей от континента (в современных координатах — к востоку). В позднем девоне произошло столкновение континента и островной дуги (мягкая коллизия), в результате чего Магнитогорская островодужная система аккретировала к окраине Восточно-Европейского континента, нарастив его. К концу фаменского времени процесс раннего этапа окраинно-континентальной аккреции завершился. Граница формирующейся окраины континента переместилась в область современного Тургайского прогиба. Здесь в раннем карбоне сформировалась новая зона субдукции, имеющая падение в сторону континента и образовавшая активную окраину формирующегося континента. В тылу активной окраины образовалась рифтовая зона, с которой связано накопление субщелочных контрастных вулканитов березовской и греховской свит Центрально-Магнитогорской зоны. Палеомагнитные данные в отмеченном возрастном интервале могут служить дополнительным независимым тестом оценки этих геологических представлений. Надежных палеомагнитных определений раннекаменноугольного возраста в изучаемом районе к началу наших работ опубликовано не было. Целью настоящей работы является получение новых надежных палеомагнитных данных по нижнекаменноугольным вулканитам центральной части Магнитогорско-Богдановского грабена, занимающего среднюю и восточную части Центрально-Магнитогорской зоны. Необходимо также сравнение этих данных с референтными палеомагнитными направлениями для палеоконтинента Балтика.

В Центрально-Магнитогорской зоне [Салихов, Яркова, 1992] выделяются березовская, греховская и кизильская свиты, охватывающие интервал времени от позднего турне до раннебашкирского. Стратиграфическое расчленение этих вулканогенных толщ и осадочных образований, перекрывающих и частично замещающих их фациально, непростое и нередко противоречивое. Березовская свита представлена туфопесчаниками, туфоконгломератами, туфоалевролитами, вулканомиктовыми песчаниками, базальтами, спилитами, редко рио-

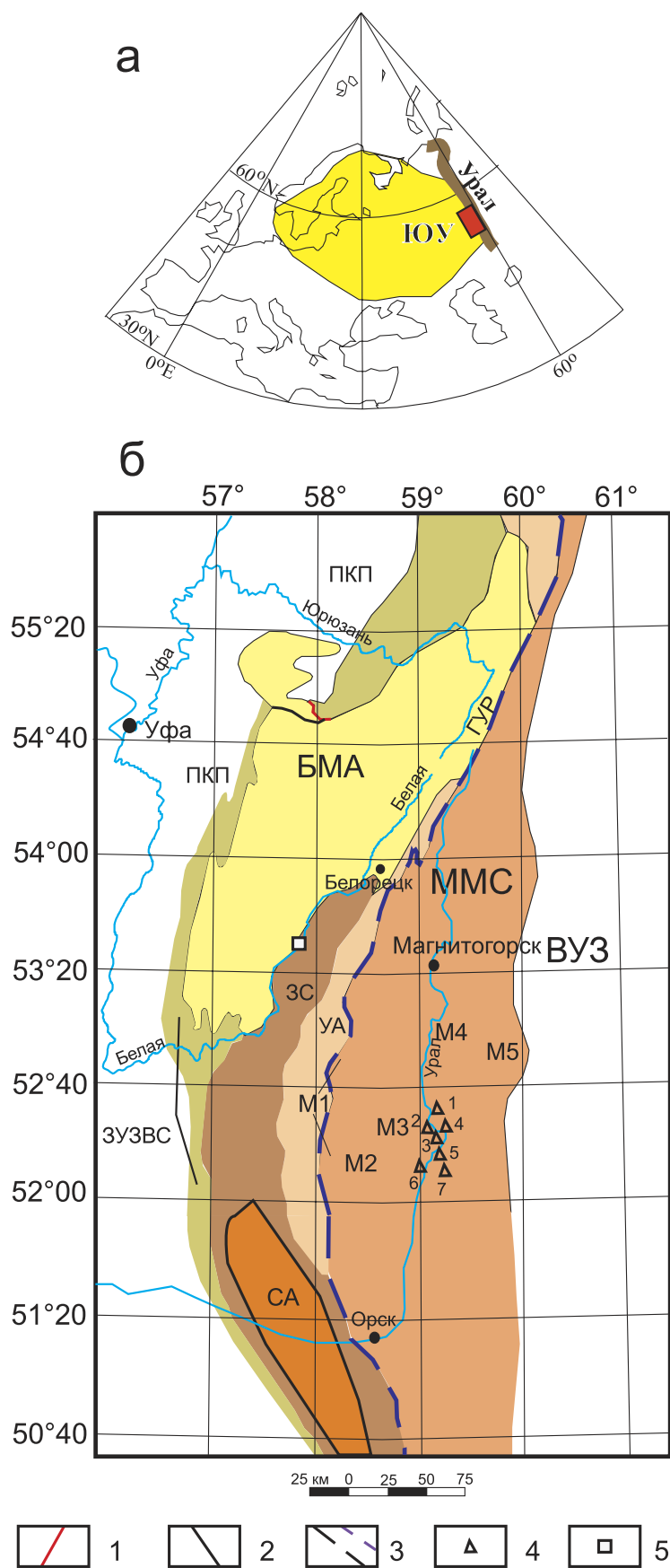
литами. Свита содержит прослои известняков и датирована по фораминиферам в возрастном интервале поздний турне — начало позднего визе, однако в конкретных разрезах и верхняя, и нижняя граница свиты имеют скользящий характер. Выше лежащая греховская свита сложена преимущественно базальтами, реже андезибазальтами, трахириолитами, трахириодацитами, с подчиненными прослоями туфогенных пород и известняков с фораминиферами. Возраст ее верхней и нижней границ — также скользящий, в пределах конца раннего и всего позднего визе. Кизильская свита представлена известняками, содержащими фораминиферы, конодонты и брахиоподы от верхов нижнего визе до низов башкирского яруса, нижняя часть свиты в ряде разрезов фациально замещается вулканитами. Скользящий характер границ свит [Пучков, 2000] связан с пространственным изменением возраста вулканического процесса, характерным для вулканизма рифтов и горячих точек.

Нами было изучено 9 разрезов нижнекаменноугольных вулканитов греховской и березовской свит в меридиональном течении р. Урал, расположенных от р. Греховка на севере до устья р. Бол. Караганка на юге (рис. 1). Всего было опробовано более 600 образцов, разбитых на сайты по 8–10 образцов в каждом. Интерпретируемые результаты получены по 8 разрезам (табл.).

Лабораторные исследования проводились в соответствии с общепринятой в настоящее время методикой. Для выделения компонент естественной остаточной намагниченности (J_n) применялся метод температурной чистки, подразумевающий разделение вектора J_n на компоненты по их стабильности к воздействию высоких температур. По одному образцу из всех штуфов были подвергнуты ступенчатому температурному размагничиванию вплоть до 700 °С с использованием терморазмагничивающей печи ТД-48 фирмы ASC Scientific. Естественная остаточная намагниченность и ее компоненты, выделяемые при магнитной чистке, измерялись на спиннер-магнитометре JR-6 фирмы «Agico».

Для определения направлений компонент намагниченности использовались линейные участки траекторий векторов на диаграммах Зийдервельда. Далее компоненты анализировались на уровне сайтов при помощи пакета программ Р. Энкина и Ж.-П. Конье [Enkin, 1994; Cogné, 2003].

Абсолютная величина естественной остаточной намагниченности образцов варьирует в широких пределах, но в целом для лавовых потоков



характеризуется высокими значениями. На диаграммах Зийдервельда выделяются от 1 до 3 компонент намагниченности. Низкотемпературная компонента разрушается при нагреве до 200–250 °С, и ее среднее направление соответствует направлению современного магнитного поля.

В существенном количестве изученных сайтов выделяется среднетемпературная компонента намагниченности, соответствующая широко распростра-

Рис. 1. Положение палеоконтинента Балтика с докембрийским основанием (выделено желтым), Урала и изучаемого региона (а); Упрощенная структурно-тектоническая карта Южного Урала с указанием точек отбора образцов (б)

Условные обозначения: 1 — граница между структурами 1-го порядка; 2 — граница между структурами 2-го порядка; 3 — крупнейшие тектонические разломы; толстым (синий пунктир) показан Главный Уральский разлом; 4 — опробованные разрезы; 5 — положение разреза Кага. **Сокращения:** ЮУ — Южный Урал; ПКП — Предуральский краевой прогиб; ЗУЗВС — Западно-Уральская зона внешней складчатости; БМА — Башкирский мегантиклинорий; ЗС — Зилаирский синклиний; УА — Урaltaуский антиклинорий; ГУР — Главный уральский разлом; ММС — Магнитогорский мегасинклиний; М1 — Вознесенско-Присакмарская зона; М2, М3 — Западно-Магнитогорская зона; М2 — Ирендыкская подзона; М3 — Кизило-Урtaзымская подзона; М4 — Центрально-Магнитогорская зона; М5 — Восточно-Магнитогорская зона; ВУЗ — Восточно-Уральская зона. **Разрезы, по которым получены интерпретируемые результаты:** 1 — Греховка; 2 — Соколки-1; 3 — Соколки-2 и Ушелье; 4 — д. Урал; 5 — Левый берег; 6 — Каменка; 7 — Караганка.

Fig. 1. The location of the Baltica block with Precambrian basement (highlighted in yellow), the Urals and the region under study (a); Schematic structural-tectonic map of the Southern Urals with indication of sampling points (b)

Legend: 1 — The boundary between the 1-order structures; 2 — The boundary between the 2-order structures; 3 — The largest tectonic faults; thick (blue dashed) line is the Main Uralian Fault; 4 — Sections under investigation; 5 — Position of the Kaga section. **Abbreviations:** ЮУ — Southern Urals; ПКП — Pre-Uralian foredeep; ЗУЗВС — West Uralian frontal folding zone; БМА — Bashkirian Meganticlinorium; ЗС — Zilair Synclinorium; УА — Uraltau Anticlinorium; ГУР — Main Uralian Fault; ММС — Magnitogorsk Megasynclinorium; М1 — Voznesensk-Prisakmarskaya Subzone; М2, М3 — West Magnitogorsk Zone; М2 — Irendyk Subzone; М3 — Kizil-Urtazym Subzone; М4 — Central Magnitogorsk Zone; М5 — East Magnitogorsk Zone; ВУЗ — East Uralian Zone. **Sections for which interpreted results were obtained:** 1 — Grekhovka; 2 — Sokolki-1; 3 — Sokolki-2 and Ravine; 4 — Ural village; 5 — Left bank; 6 — Kamenka; 7 — Karaganka.

ненному на Урале позднепалеозойскому перемагничиванию. Средние по всем сайтам направления этой компоненты в изученных разрезах лучше сгруппированы в древней системе координат [Хидиятов и др., 2015] в отличие от большей части разрезов Западно-Магнитогорской зоны, где

аналогичная компонента чаще послескладчатая [Голованова и др., 2016]. Максимальная кучность направлений получается в разных разрезах при распрямлении складки от 55% до 80%, что свидетельствует о возникновении этой намагниченности в процессе деформации или незадолго до

Таблица

Палеомагнитные направления высокотемпературной компоненты намагниченности изученных разрезов

Table

High-temperature component directions in the rocks of the studied sections

Сайт	n	АП/УП	ССК				ДСК			
			D	I	k	α_{95}	D	I	k	α_{95}
Греховка (N 52°45', E 58°57')										
M3490	7/6	249/41	282.4	19.7	30.0	12.4	282.2	-18.5	30.0	12.4
M3497	7/6	249/41	261.3	11.1	51.3	9.4	261.4	-29.9	51.3	9.4
P3721	8/6	274/52	77.1	-49.2	46.8	9.9	87.2	-0.6	46.8	9.9
P3729	9/8	274/52	68.1	-45.4	30.2	10.2	80.1	0.2	30.2	10.2
Соколки-1 (N 52°37', E 58°58')										
M3433	7/7	297/40	241.3	45.5	24.4	12.5	264.2	21.6	24.4	12.5
M3440	7/7	297/40	265.2	3.2	29.4	11.3	259.4	-25.3	29.4	11.3
P3670	8/8	297/40	252.7	-7.1	34.0	9.6	241.4	-27.3	34.0	9.6
P3678	9/6	277/48	252.2	14.6	8.4	24.5	249.5	-24.5	8.4	24.5
N6516	8/6	284/41	252.0	2.5	32.6	11.9	245.4	-26.5	32.6	11.9
Соколки-2 (N 52°36', E 58°58')										
P3328	9/9	272/41	74.4	-10.5	69.3	6.2	72.4	27.4	84.9	5.6
M3469	7/7	282/40	118.6	-34.1	61.2	7.8	117.7	5.8	61.2	7.8
P4070	7/6	299/31	245.8	18.7	27.2	13.1	249.7	-1.0	27.2	13.1
P4155	8/6	280/50	74.4	-73.5	15.5	17.6	92.2	-24.9	15.5	17.6
Ущелье (N 52°35', E 58°57')										
N6561	8/6	282/35	257.8	32.0	9.8	22.6	263.7	2.1	9.8	22.6
д. Урал (N 52°36', E 59°00')										
P3992	9/6	287/33	256.2	26.8	20.7	15.1	258.9	-3.6	16.6	16.9
P4010	8/5	149/12	235.4	-14.2	15.5	20.0	238.5	-14.6	15.5	20.0
Левый берег (N 52°33', E 59°00')										
P4209	8/4	285/27	237.5	28.9	34.8	15.8	244.1	9.3	34.8	15.8
Каменка (N 52°32', E 59°00')										
P3337	14/4	267/29	65.8	0.8	14.6	24.9	62.9	27.6	14.6	24.9
P3765	8/4	279/29	96.3	-2.2	13.4	26.0	96.0	26.8	13.4	26.0
P4062	8/3	301/41	244.7	11.5	49.3	17.7	245.1	-9.7	49.3	17.7
Караганка (N 52°29', E 59°08')										
P3967	9/9	70/25	237.7	-29.3	83.2	5.7	239.3	-7.5	66.0	6.4
Среднее	21		255.0	18.1	8.9	11.3	257.6	-10.9	13.4	9.0
104.4%							257.5	-12.2	13.4	9.0

Примечания: n — количество образцов в сайте всего/использовано (в предпоследней строке — количество сайтов), АП/УП — элементы залегания пород, ССК и ДСК — современная и древняя системы координат, D и I — магнитные склонение и наклонение, k — кучность распределения векторов, α_{95} — радиус овала доверия.

Notes: n — the number of samples in the site studied/used (in the penultimate line — the number of sites), АП/УП — dip direction / angle, ССК and ДСК — geographic and stratigraphic coordinate systems, D and I — magnetic declination and inclination, k — concentration parameter, α_{95} — the radius of 95% confidence circle.

складкообразования и на начальных его этапах. Следует отметить, что в отдельных разрезах (например, Соколки) направление среднетемпературной компоненты намагниченности совпадает с пермским в современной системе координат. Это позволяет сделать предположение о сложном характере деформаций в изучаемом регионе, однако в целом деформации здесь произошли позже, чем в изученных нами разрезах других частей Западно-Магнитогорской зоны, что не противоречит представлениям геологов о времени проявления тектонических процессов в Магнитогорско-Богдановском грабене.

Высокотемпературная компонента намагниченности, иногда биполярная, выделена в значительном большинстве изученных образцов эффузив-

ных пород. Носителем этой компоненты является в основном магнетит, реже — гематит. Разброс направлений высокотемпературных компонент довольно большой. Иногда в отдельных потоках вулканогенных пород (например, в разрезе Соколки—2) четко выделяются направления высокотемпературной компоненты с северо-восточным склоном и крутым отрицательным наклоном, что резко отличается от направлений в большинстве других потоков и труднообъяснимо вековыми вариациями магнитного поля. Уверенно сказать о природе этой компоненты пока нельзя, возможно, она является неразделенной суммой других компонент. Интерпретируемый результат получен по 21 сайту эффузивов, чаще основного, но иногда и кислого состава (рис. 2, 3; табл.).

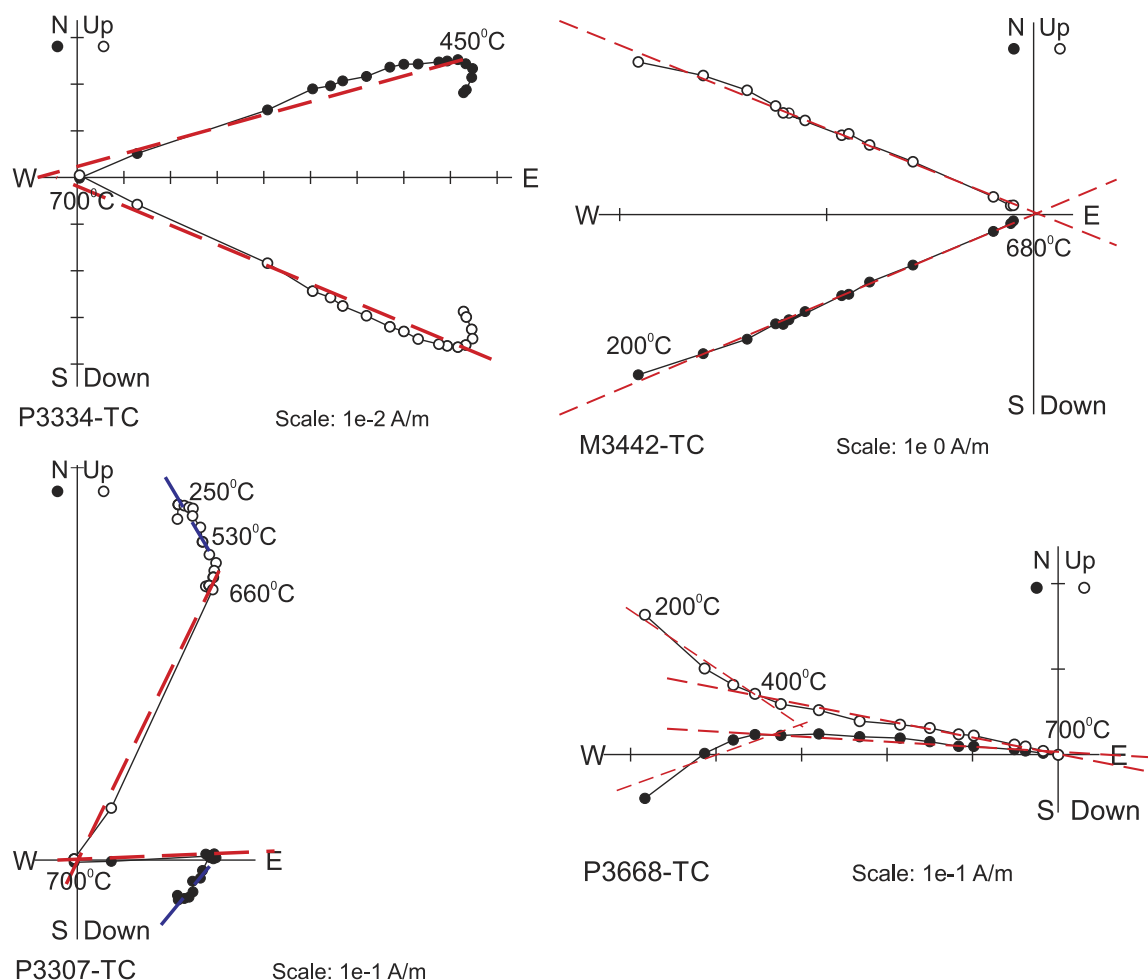


Рис. 2. Примеры диаграмм Зийдвервельда для изученных нижнекаменноугольных базальтов в древней системе координат. Пунктиром показаны выделенные компоненты намагниченности. Светлые символы — проекции векторов J_n на вертикальную, темные — на горизонтальную плоскости. Температуры даны в °C.

Fig. 2. Examples of Zijdeveld diagrams for the studied Lower Carboniferous basalts in ancient (stratigraphic) coordinates. The dashed line shows the isolated components of the magnetization. Full (open) circles represent vector endpoints projected onto the horizontal (vertical) plane. Temperatures are given in °C.

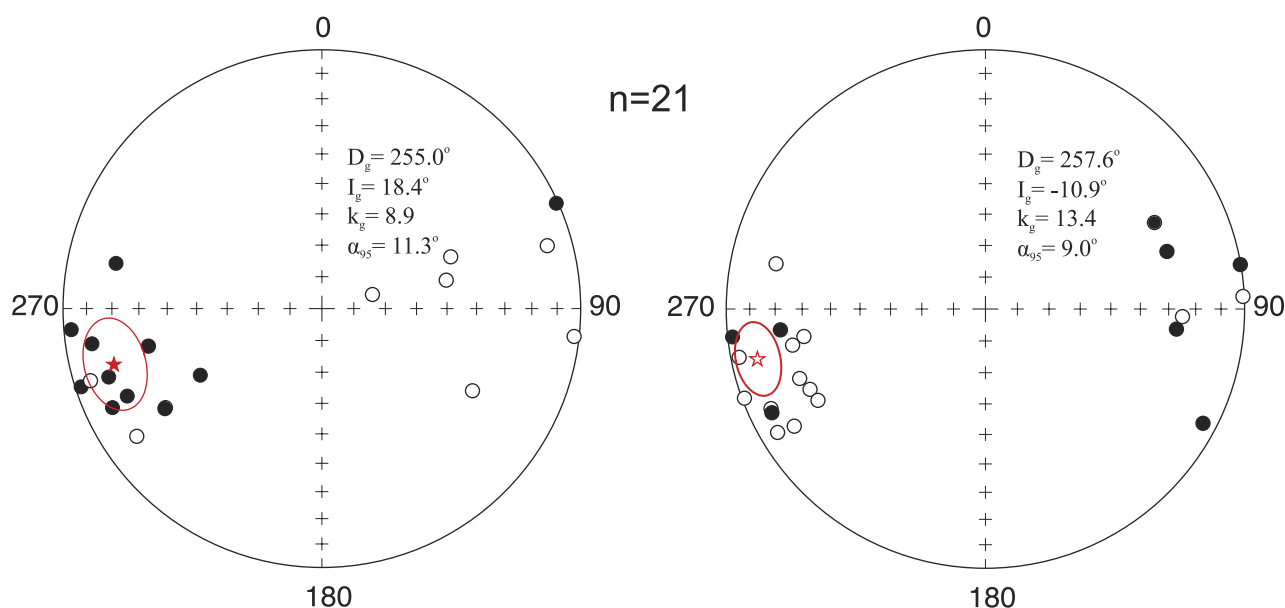


Рис. 3. Стереоплоты направлений высокотемпературной компоненты намагниченности (ВТК) для изученных нижнекаменноугольных разрезов в современной и древней системе координат

Залитые/незалитые символы — проекции на нижнюю/верхнюю полусферу.

Fig. 3. Stereoplots of the high-temperature component (HTC) for the studied Lower Carboniferous sections in situ and after tilt correction

Full/open symbols are projected onto the lower/upper hemisphere correspondingly.

Среднее направление по 21 сайту значительно лучше группируется в древней системе координат и составляет $D = 257.6^\circ$, $I = -10.9^\circ$, $k = 13.4$, $\alpha_{95} = 9.0^\circ$ (табл.). Тест обращения для высокотемпературной компоненты положительный, класс С, $\gamma/\gamma_{кр} = 9.9/19.4$. Тест складки, выполненный в модификации direction – correction Р. Энкина [Enkin, 2003], дает положительный результат. Это позволяет считать выделенную компоненту намагниченности первичной.

В изученных нами разрезах разновозрастных пород на восточной окраине Восточно-Европейского континента первичная намагниченность не сохранилась. Поэтому для оценки взаимного расположения континента и островной дуги использованы данные о положении полюса для палеоконтинента Балтика из обзорной статьи [Torsvik et al., 2012], пересчитанные в палеомагнитные направления для окраины континента (точка Кага).

Пересчитанное из вышеупомянутой работы Т. Торсвика и др. палеомагнитное направление для района Каги составляет $D = 260.1^\circ$, $I = -8.5^\circ$, $\alpha_{95} = 8.2^\circ$. Вычисленная по палеомагнитному наклону палеоширота изученной части Центрально-Магнитогорской зоны составляет $5.5 \pm 8.1^\circ$. Положение ближайшего края Восточно-Европей-

ского континента в раннекаменноугольное время, вычисленное относительно палеомагнитного полюса Балтики из работы Т. Торсвика и др., соответствует палеошироте $4.3 \pm 8.2^\circ$ для 340 млн. лет. Следовательно, разновозрастные палеомагнитные направления и палеошироты изученной части Магнитогорской островной дуги и восточной окраины Восточно-Европейского континента практически совпадают. Это позволяет сделать предположение о том, что Центрально-Магнитогорская зона в раннекаменноугольное время являлась частью континента.

Результаты проведенных палеомагнитных исследований позволяют сделать следующие выводы:

1. В раннем карбоне Магнитогорская зона составляла единое целое с Восточно-Европейским континентом.

2. Основная часть деформаций на территории Магнитогорско-Богдановского грабена произошла позже, чем в изученных ранее частях Западно-Магнитогорской зоны, возможно, даже в ранней перми.

Таким образом, полученные палеомагнитные данные не противоречат современным геологическим представлениям об истории столкновения

Магнитогорской островной дуги с пассивной окраиной континента.

Авторы выражают признательность д-ру геол.-мин. наук Д.Н. Салихову за практическую помощь (включающую полевые работы) в выборе объектов исследования и ценные консультации.

Исследования были выполнены в рамках государственного задания № 0252-2017-0013 и частично при финансовой поддержке РФФИ (грант № 15-05-03036).

Список литературы:

Голованова И.В., Данукалов К.Н., Косарев А.М., Хидиятов М.М., Баженов М.Л. Палеомагнетизм девона Магнитогорской зоны Южного Урала. Предварительные результаты // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: Материалы международной школы-семинара «Проблемы палеомагнетизма и магнетизма горных пород». – Ярославль: Филигрань, 2016. – С. 29–35.

Пучков В.Н. Палеогеодинамика Южного и Среднего Урала. – Уфа: Даурия, 2000. – 146 с.

Пучков В.Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). – Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. – 280 с.

Салихов Д.Н., Яркова А.В. Нижнекаменноугольный вулканизм Магнитогорского мегасинклиория. – Уфа: БНЦ УрО РАН, 1992. – 138 с.

Хидиятов М.М., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Кадыров А.Ф., Левашова Н.М., Баженов М.Л. Палеомагнетизм нижнекаменноугольных вулканогенных и осадочных толщ Магнитогорско-Богдановского грабена на Южном Урале. Предварительные результаты // Палеомагнетизм и магнетизм горных пород: теория, практика, эксперимент. – Ярославль: Филигрань, 2015. С. 229–234.

Cogné J.P. PaleoMac: a Macintosh application for treating paleomagnetic data and making plate reconstructions // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. – 2003. – V. 4, No. 1. – article no. 1007. – <http://dx.doi.org/10.1029/2001GC000227>.

Enkin R.I. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. – Pacific Geoscience Centre. Geological Survey of Canada, 1994. – 16 p.

Enkin R.J. The direction-correction tilt test an all purpose tilt/fold test for paleomagnetic studies // *Earth and Planetary Science Letters*. – 2003. – V. 212. – P. 151–166.

Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U., MacNiocail C., Steinberger B., Doubrovine P.V., van Hinsbergen D.J.J., Domeir M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks R.M. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics // *Earth Science Reviews*. – 2012. – V. 114. – P. 325–368.

Сведения об авторах:

Данукалов Константин Николаевич, научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: danukalov@mail.ru

References

Cogné J.P. PaleoMac: a Macintosh application for treating paleomagnetic data and making plate reconstructions // *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*. 2003. V. 4, No. 1. article No. 1007. <http://dx.doi.org/10.1029/2001GC000227>.

Enkin R.I. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. Pacific Geoscience Centre. Geological Survey of Canada, 1994. 16 p.

Enkin R.J. The direction-correction tilt test an all purpose tilt/fold test for paleomagnetic studies // *Earth and Planetary Science Letters*. 2003. V. 212. P. 151–166.

Golovanova I.V., Danukalov K.N., Kosarev A.M., Khidiyatov M.M., Bazhenov M.L. Paleomagnetizm devona Magnitogorskoy zony Yuzhnogo Urala. Predvaritelnye rezultaty [Devonian paleomagnetism of the Magnitogorsk Zone in the Southern Urals. Preliminary results] // *Materialy mezhdunarodnoy shkoly-seminara "Problemy paleomagnetizma i magnetizma gornyykh porod"* [Proceedings of the International Workshop-School "Problems of Paleomagnetism and Rock Magnetism"] / Shmidt Institute of Physics of the Earth, St. Petersburg State University. Yaroslavl: Filigran, 2016. P. 29–35 (in Russian).

Khidiyatov M.M., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Kadyrov A.F., Levashova N.M., Bazhenov M.L. Paleomagnetizm nizhnekamennougolnykh vulkanogennykh i osadochnyykh tolshch Magnitogorsko-Bogdanovskogo grabena na Yuzhnom Urale. Predvaritelnye rezultaty [Paleomagnetism of Lower Carboniferous volcanic and sedimentary rocks in the Magnitogorsk-Bogdanovka Graben of the Southern Urals]. // *Paleomagnetizm i magnetizm gornyykh porod: teoriya, praktika, eksepiment* [Paleomagnetism and rock magnetism: Theory, practice, experiment] / "Borok" Geophysical Laboratory, Division of the Shmidt Institute of Physics of the Earth. Yaroslavl: Filigran, 2015. P. 229–234 (in Russian).

Puchkov V.N. Paleogeodinamika Yuzhnogo i Srednego Urala [Paleogeodynamics of the Southern and Middle Urals]. Ufa: Dauria, 2000. 146 p. (in Russian).

Puchkov V.N. Geologiya Urala i Priuraliya (aktualniye voprosy stratigrafiyi, tektoniki, geodinamiki i metallogeniyi) [Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics, geodynamics and metallogeny)]. Ufa: DesignPoligraphService, 2010. 280 p. (in Russian).

Salikhov D.N., Yarkova A.V. Nizhnekamennougolny vulkanizm Magnitogorskogo sinklinoriya [Lower Carboniferous volcanism of the Magnitogorsk synclinorium]. Ufa: BSC UrB RAS, 1992. 138 p. (in Russian).

Torsvik T.H., Van der Voo R., Preeden U., MacNiocail C., Steinberger B., Doubrovine P.V., van Hinsbergen D.J.J., Domeir M., Gaina C., Tohver E., Meert J.G., McCausland P.J.A., Cocks R.M. Phanerozoic polar wander, palaeogeography and dynamics // *Earth Science Reviews*. 2012. V. 114. P. 325–368.

Голованова Инесса Владимировна, доктор физ.-мат. наук, главный научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: golovanova@ufaras.ru

Сальманова Раушания Юрисовна, кандидат физ.-мат. наук, научный сотрудник, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: vrushana@mail.ru

About the authors:

Danukalov Konstantin, Scientific researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: danukalov@mail.ru

Golovanova Inessa, doctor of physics and mathematics, Chief scientific researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: golovanova@ufaras.ru

Sal'manova Raushaniya, candidate of physics and mathematics, Scientific researcher, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: vrushana@mail.ru