
Научная статья

УДК 550.384

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-8

ПАЛЕОМАГНИТНОЕ ИЗУЧЕНИЕ ТЕРРИГЕННЫХ ПОРОД УРЮКСКОЙ СВИТЫ НА ТЕРРИТОРИИ ЮЖНОГО УРАЛА

Н. П. Парфирьев, К. Н. Данукалов, И. В. Голованова

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, г. Уфа

parfirjev.nikita@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6664-4907>

danukalov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7116-0971>

golovanova@ufaras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6015-0949>

С целью получения новых палеомагнитных данных по вендским породам на территории Южного Урала было проведено исследование высокотемпературной компоненты намагниченности в песчаниках урюкской свиты, носителем которой является гематит. Выделенный гематитовый вектор в коллекции образцов отличается от полученной ранее средне-, средне-высокотемпературной компоненты намагниченности магнетита, входящего в состав тех же пород. Проведено сравнение средних направлений гематитовой компоненты намагниченности урюкской свиты со средними направлениями намагниченности вышележащей басинской свиты. Выдвинуто предположение о метахронности магнетитовой компоненты намагниченности и синхронности гематитовой.

Ключевые слова: палеомагнетизм, высокотемпературная компонента намагниченности, Южный Урал, венд, ашинская серия, урюкская свита

Благодарности: Работа выполнена в рамках Государственного задания ИГ УФИЦ РАН № FMRS-2022–0013

Original article

PALEOMAGNETIC STUDY OF TERRIGENOUS ROCKS OF THE URYUK FORMATION IN THE SOUTHERN URALS

N. P. Parfiriev, K. N. Danukalov, I. V. Golovanova

Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia

parfirjev.nikita@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6664-4907>

danukalov@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-7116-0971>

golovanova@ufaras.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6015-0949>

In order to obtain new paleomagnetic data on Vendian rocks in the Southern Urals, we studied the high-temperature magnetization component in sandstones of the Uryuk Formation, the carrier of which is hematite. The distinguished hematite vector in the collection of samples differs from the previously obtained intermediate-, intermediate-high-temperature magnetization component of magnetite, which

Для цитирования: Парфирьев Н. П., Данукалов К. Н., Голованова И. В. Палеомагнитное изучение терригенных пород урюкской свиты на территории Южного Урала // Геологический вестник. 2024. № 1. С. 103–112. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-8

For citation: Parfiriev N. P., Danukalov K. N., Golovanova I. V. (2024) Paleomagnetic study of terrigenous rocks of the Uryuk Formation in the Southern Urals. *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 1. P. 103–112. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-1-8

© Н. П. Парфирьев, К. Н. Данукалов, И. В. Голованова, 2024

is part of the same rocks. The average directions of the hematite component of magnetization of the Uryuk Formation were compared with the average directions of the overlying Basu Formation. The metachrony of the magnetite component and the synchrony of the hematite component are suggested.

Keywords: paleomagnetism, high-temperature component of magnetization, Southern Urals, Vendian, Asha series, Uryuk Formation

Acknowledgements: The work was carried out within the framework of the State Assignment of IG UFRS RAS No. FMRS-2022–0013

Введение

Палеомагнитная запись в отложениях венда может отражать все многообразие геологических событий, происходивших в интервале времени от 650 до 530 млн. лет. Крупные оледенения, распад Родинии и образование Гондваны, тиманская и пр. орогении оставили не только геологический, но и магнитный отпечаток на образовавшихся в тот период горных породах. Изучение этого магнитного сигнала из далекого прошлого может помочь в изучении геологической истории нашей планеты.

Известно, что значительная часть пород Южного Урала перемагничена в результате позднепалеозойской коллизии (в эпоху Киама) [Храмов, 1991; Шипунов, 1991; Свяжина и др., 2003; Пучков, 2010], однако существует целый ряд работ, в которых удалось выделить первичную компоненту намагниченности для различных возрастных интервалов [Павлов и Галле 2009; Голованова и др., 2011; Levashova et al., 2013, 2015; Golovanova et al., 2022, 2023; Парфирьев и др., 2023]. Новые данные по урюкской свите могут внести свой вклад в доказательство первичности намагниченности пород ашинской серии венда, что, в свою очередь, можно будет использовать в глобальных палеогеографических реконструкциях, корреляции вендских стратиграфических уровней и, в целом, изучении поведения геомагнитного поля в истории Земли.

Венд на Южном Урале представлен ашинской серией, в состав которой входят бакеевская, урюкская, басинская, куккараукская и зиганская свиты. На данный момент, в связи с качеством магнитного сигнала, относительно хорошо изучены верхние басинская и зиганская свиты. Для обеих свит были получены качественные палеомагнитные данные, подтвержденные полевыми тестами; посчитаны средние палеомагнитные полюсы и вынесены на кривую миграции палеомагнитного полюса палеоконтинента Балтика для интервала времени 548.2 ± 7.6 – 573.0 ± 2.3 млн лет [Levashova et al., 2013, 2015]. В разрезе пород зиганской свиты вдоль дороги Стерлитамак — Магнитогорск

были обнаружены и изучены частые инверсии магнитного поля [Bazhenov et al., 2016], а также проведены циклостратиграфические исследования [Levashova et al., 2021]. В 2022 году вышла работа [Golovanova et al., 2022], посвященная применению палеомагнитного метода в разделении литологически схожих пород басинской и зиганской свит при отсутствии разделяющей их куккараукской свиты. Маркирующий горизонт куккараукских конгломератов был изучен в районе руч. Куккараук, но с палеомагнитной точки зрения оказался не информативен (синхронная компонента не выделялась, тест галек по красноцветным песчаникам разреза Куккараук был отрицательным) [Голованова и др., 2011]. К сожалению, качество палеомагнитного сигнала в породах нижележащих бакеевской и урюкской свит значительно хуже, чем в верхних уровнях серии. Тем не менее, палеомагнитные направления, хоть и невысокого качества, в этих породах выделяются [Lubnina et al., 2014; Данукалов и др., 2017].

В работе [Данукалов и др., 2017] были представлены результаты палеомагнитного изучения пород урюкской свиты в районах д. Толпарово и р. Урюк. Были выделены средне-высокотемпературная компонента, совпадающая по направлению с позднепалеозойским перемагничиванием, распространенным на Урале и высокотемпературная гематитовая компонента, близкая к среднему палеомагнитному направлению в вышележащей басинской свите и считающаяся авторами первичной. Данная работа дополнит ранее опубликованные материалы палеомагнитного изучения урюкской свиты.

Краткая геологическая характеристика

Ашинская серия с размывом залегает на подстилающих породах верхнего рифея, перекрыта без углового несогласия такатинской свитой нижнего девона на западе Башкирского мегантиклинория и осадками среднего ордовика на юге [Пучков, 2003]. В целом ашинская серия рассматривается как моласка [Беккер, 1988], но полимиктовость, характерная

для моласс, выражена только в верхних трех свитах. Общая мощность отложений ашинской серии колеблется от 1400 до 2600 м [Козлов и др., 2002].

Урюкская свита, согласно залегающая на породах бакеевской свиты, в нижней части сложена преимущественно аркозовыми песчаниками с прослоями гравелитов и конгломератов, некоторые линзы аркозовых песчаников расцементированы и превращены в пески. Верхняя часть свиты сложена алевролитами и песчаниками с редкими прослоями аргиллитов; в бассейне рр. Зилим и Зиган светло-серые песчаники частично фациально замещаются, а частично перекрываются красноцветами, бордовые песчаники и гравелиты в этом случае слагают верхнюю часть урюкской свиты. Мощность свиты составляет от 200 до 350 м [Иванцов и др., 2018].

Возраст нижней границы ашинской серии оценивается как 640 ± 5 млн лет [Пучков, 2010], возраст верхней границы близок к возрасту цирконов из туфовых прослоев в зиганской свите 548.2 ± 7.6 млн лет [Гражданкин и др., 2011 (а, б)], 547.6 ± 3.8 млн лет [Levashova et al., 2013], 566 ± 5 млн лет (SHRIMP II) [Ryazantsev et al., 2023]. Также недавно были получены новые датировки для басинской свиты: 573.0 ± 2.3 млн лет [Разумовский и др., 2020], 578 ± 7 , 577 ± 7 , и 568 ± 5 млн лет (La-ICP-MS) [Ryazantsev et al., 2023]. Для урюкской свиты имеется лишь одна, ненадежная датировка по K-Ar глаукониту: 582 и 569 млн лет [Стратотип рифея, 1983]. Возраст самой нижней в серии бакеевской свиты составляет ~ 642 млн лет [Зайцева и др., 2019].

Опробование и методы лабораторных исследований

Были изучены образцы красных аркозовых песчаников урюкской свиты из районов р. Урюк и д. Толпарово (рис. 1). Имевшаяся в нашем распоряжении часть коллекции, представленной в работе [Данукалов и др., 2017] была дополнена новыми образцами, отобранными в 2023 г. Всего изучено 130 образцов, которые были подвергнуты ступенчатой температурной чистке вплоть до 700°C в экранированной печи TD48 (ASC Scientific, США), после каждого шага остаточная намагниченность измерялась на спин-магнитометре JR-6 (Agico, Чехия) (уровень шума 0.005 mA/m). Обработка результатов измерений естественной остаточной намагниченности выполнена с помощью пакета программ Р. Дж. Энкина [Enkin, 1994] и PMTools [Ефремов, Веселовский, 2023]. Исследования проводились в ИГ УФИЦ РАН, г. Уфа.

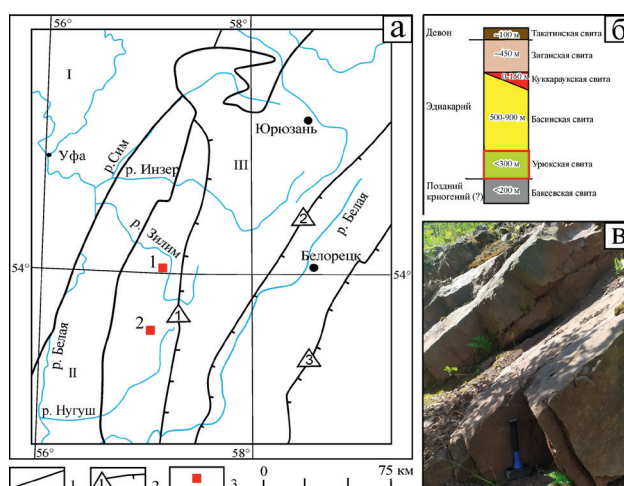


Рис. 1. а) Структурно-тектоническая схема Башкирского мегантиклинория Южного Урала и смежных районов с указанием опробованных разрезов; б) Упрощенная стратиграфическая колонка последовательности ашинской серии Южного Урала; в) Фрагмент разреза урюкской свиты в районе д. Толпарово

Условные обозначения: 1 — границы основных структурно-тектонических подразделений: I — Восточно-Европейской платформы, II — Предуральяского краевого прогиба, III — Уральской складчатой системы; 2 — главные разломы: 1 — Зильмердакский, 2 — Зураткульский, 3 — Главный Уральский; 3 — опробованные разрезы: 1 — «Толпарово», 2 — «Урюк».

Fig. 1. a) Structural-tectonic scheme of the Bashkir meganticlinorium of the Southern Urals and adjacent areas with indication of the tested sections; б) Simplified stratigraphic column of the Asha series of the Southern Urals; в) Fragment of the Uryuk Formation section near the village of Tolparovo

Legend: 1 — boundaries of the structural-tectonic divisions: I — East European Platform, II — Preuralian foredeep, III — Uralian foldbelt; 2 — main tectonic faults: 1 — Zilmerdak, 2 — Zuratkul, 3 — Main Uralian; 3 — tested sections: 1 — “Tolparovo”, 2 — “Uryuk”.

Результаты и обсуждение

В подавляющем количестве образцов сигнал был весьма «шумным», тем не менее, направления на диаграммах Зийдервельда выделяются и имеют, как правило, две компоненты намагниченности. На рисунке 2 приведены некоторые примеры представительных диаграмм Зийдервельда.

Средне-высокотемпературная магнетитовая компонента совпадает с направлением позднекаменноугольно-пермского периода и, скорее всего, является метахронной (подробнее в работе [Данукалов и др., 2017]). Среднее по 15 сайтам направление этой компоненты в географической системе координат составляет $D = 225.0^\circ$, $I = -54.2^\circ$, $k = 17.6$, $\alpha_{95} = 9.4^\circ$. Образование этой компоненты могло произойти на наш взгляд по двум при-

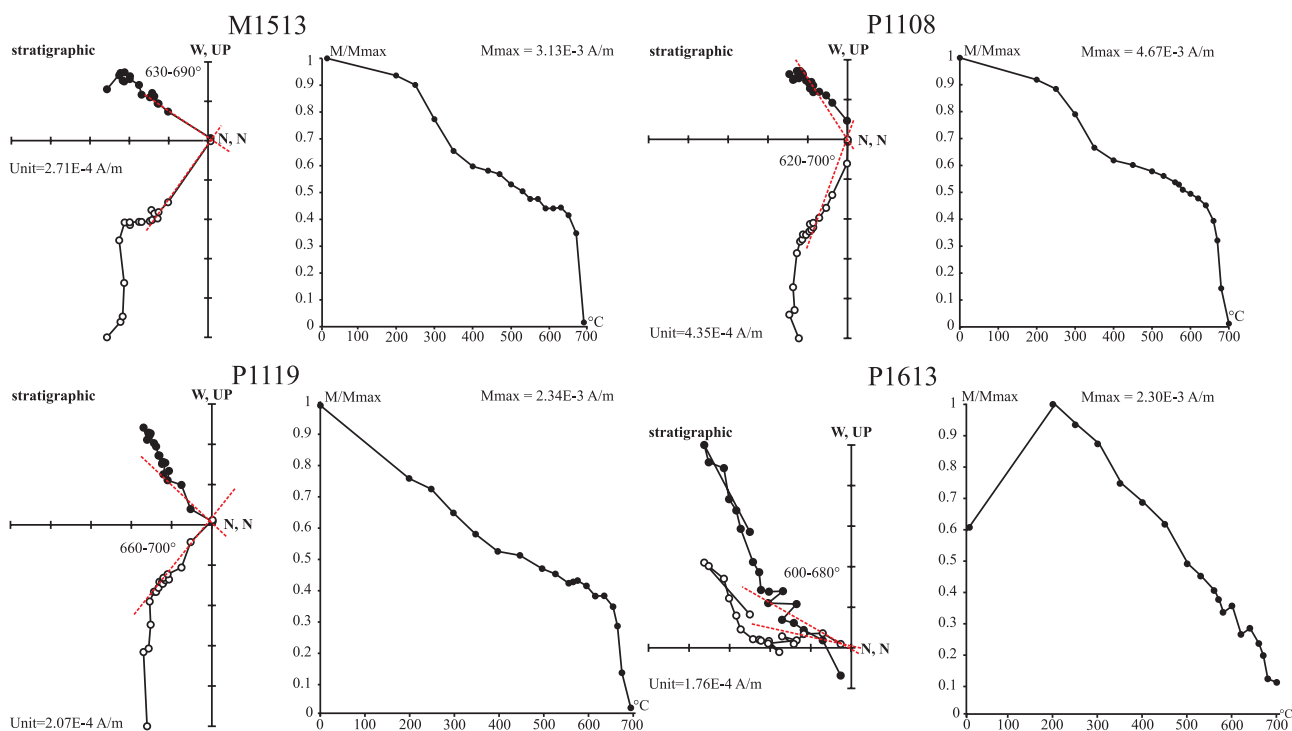


Рис. 2. Результаты терморазмагничивания некоторых образцов урюкской свиты в древней (стратиграфической) системе координат

Примечания: залитые (незалитые) символы — проекция на горизонтальную (вертикальную) плоскость. Температуры даны в градусах Цельсия, интенсивность намагниченности по осям — в мА/м. Красный пунктир обозначает выделенную в образце высокотемпературную компоненту намагниченности (ВТК).

Fig. 2. Results of thermal demagnetization of some samples of the Uryuk Formation in the ancient (stratigraphic) coordinate system

Notes: filled (unfilled) symbols — projection on a horizontal (vertical) plane. Temperatures are given in degrees Celsius, magnetization intensity along the axes — in mA/m. The red dashed line indicates the selected high-temperature component (HTC) in the sample.

чинам: или в связи с новообразованием магнетита в процессе метаморфизма, или это связано с размерностью зерен исходного магнетита (т. е. более крупные магнетитовые зерна не были окислены при образовании породы, но были перемагничены во время метаморфизма). В рамках выполненного исследования изучалась только высокотемпературная гематитовая компонента намагниченности, которую удалось выделить лишь в 41 из 130 образцов, еще 5 образцов были отбракованы при осреднении, по причине отличия их направлений от общей массы (табл. 1). Наличие «шума» и отсутствие в большинстве образцов гематитовой компоненты мы связываем с метаморфизацией пород.

При посайтовом осреднении к изученным образцам были добавлены данные ВТК намагниченности (в случаях, когда сайты не были дополнены и пересчитаны) из работы [Данукалов и др., 2017].

Палеомагнитные направления, в основном, группируются в юго-западном секторе стереограммы, кроме двух сайтов, отличающихся по склонению и не участвующих в осреднении (отмечены звездочкой) (табл. 2, рис. 3). Все изученные сайты в стратиграфической системе координат имеют положительные наклонения (четыре образца были антиподированы). Направления намагниченности в них находятся близко к средним направлениям в басинской свите (см. рис. 3, б).

Проведение палеомагнитных тестов в породах такого качества, вероятно затронутых метаморфизмом, на данном этапе работы провести затруднительно. Близость палеомагнитных направлений урюкской свиты к надежно выделенным направлениям басинской, в которой выполняется тест складки оползания и тест обращения, позволяет считать полученную высокотемпературную намагниченность в гематите первичной. Авторы

Таблица 1 Палеомагнитные направления ВТК намагниченности в образцах урюкской свиты в географической и стратиграфической системах координат
Table 1 Paleomagnetic directions of HTC magnetization in samples of the Uryuk Formation in the geographic and stratigraphic coordinate systems

Образец	n	Географическая система координат		Стратиграфическая система координат		α_{95}
		D (°)	I (°)	D (°)	I (°)	
M1510	6	220.3	-5.3	215.2	24.7	4.3
M1513	4	227.7	13.0	214.9	47.6	4.5
M1514	3	230.3	-7.3	223.6	31.4	9.8
C222	3	258.1	23.2	255.0	64.1	7.1
C224	4	42.3	-31.5	7.8	-56.8	6.6
C232	3	254.9	35.5	223.5	66.3	6.7
C234*	13	128.7	57.3	110.8	32.5	13.4
C235	4	240.0	35.9	220.6	61.4	19.8
C237	3	39.9	-43.2	18.4	-61.3	12.9
C238	4	248.4	-9.4	244.5	51.1	19.6
C239	4	248.1	-0.7	238.9	56.7	10.6
C240	10	65.1	4.0	55.9	-48.8	17.1
P1101	4	244.7	8.3	228.6	48.6	12.3
P1102	3	216.1	9.3	199.0	31.3	8.2
P1104	4	227.1	21.5	193.5	55.0	14.1
P1105	5	251.4	21.6	238.0	57.9	6.1
P1106	5	223.4	16.7	212.6	33.5	5.7
P1108	6	245.3	22.9	235.4	53.8	7.0
P1109	3	247.3	20.4	237.4	52.0	10.5
P1110	10	220.4	-6.8	218.1	17.3	6.2
P1112	4	204.4	13.6	192.5	26.4	10.7
P1113	5	216.2	11.0	205.2	30.4	9.5
P1116	6	233.3	12.6	221.9	40.1	6.0
P1117	4	228.5	-12.2	227.8	15.4	6.0
P1118	7	251.3	-13.2	250.7	20.5	11.1
P1119	4	237.6	13.6	226.5	42.7	7.3
P1123*	4	287.7	-48.0	284.5	8.6	4.6
P1124*	4	259.4	62.7	146.8	72.7	27.6
P1127	6	253.2	-22.7	253.0	23.6	13.2
P1128	5	232.7	-22.5	234.0	18.9	12.1
P1129*	8	230.5	-42.1	244.8	2.4	23.9
P1606	3	207.7	-14.1	200.1	28.6	11.5
P1607	4	24.6	13.3	17.1	-24.4	15.2
P1613	6	210.8	-20.1	216.4	8.8	19.3
P1620	5	209.5	12.6	192.0	15.9	21.2
P1633	9	228.1	22.4	200.6	47.4	13.9
P1635	4	240.8	-5.2	230.4	36.6	12.2
NP1	12	247.1	9.9	236.4	50.8	14.4
NP3*	7	186.7	9.9	180.6	9.7	26.5
NP4	16	245.0	-25.8	245.3	21.7	11.1
NP6	13	241.4	21.6	215.9	54.6	9.7
Среднее	36	232.9	7.7	220	41.9	7.2

Примечание. n — количество точек участвующих в выделении высокотемпературной компоненты; D — склонение; I — наклонение; α_{95} — радиус круга доверия; * не использовались в осреднении.

Note. n — number of points involved in the extraction of the high-temperature component; D — declination; I — inclination; α_{95} — radius of 95-percent confidence circle; * were not used in the averaging.

Таблица 2 Среднесайтовые палеомагнитные направления ВТК намагниченности пород урюкской свиты
Table 2 Site-mean paleomagnetic directions of HTC magnetization of rocks of the Uryuk Formation

Сайт	n_0/n	Географическая система координат				Стратиграфическая система координат			
		D (°)	I (°)	k	α_{95}	D (°)	I (°)	k	α_{95}
изучено в данной работе									
M1510	3/3	226.1	0.1	43.3	19.0	218.1	34.6	42.4	19.2
C222	4/3	245.4	31.1	20.0	28.3	219.2	65.3	25.1	25.2
C235	5/5	241.6	13.0	9.4	26.4	229.6	56.9	50.0	10.9
P1101	6/6	239.9	18.9	43.8	10.2	223.8	51.2	33.9	11.7
P1110	4/3	213.7	6.0	34.6	21.3	205.5	25.1	36.1	20.8
P1116	4/4	237.6	0.2	20.9	20.6	232.4	30.2	20.9	20.6
P1123	5/2	239.3	-29.5	26.7	24.4	243.9	15.1	32.0	22.2
P1606	6/6	216.9	-3.1	13.7	18.7	205.8	27.5	18.7	15.9
NP1	4/3	242.4	-1.3	14.1	25.3	235.0	36.6	14.6	24.9
Среднее	9	234.5	7.1	22.7	11.1	222.6	40.5	22.7	11.1
по работе [Данукалов и др., 2017]									
M1601	7/5	255.7	-21.6	16.4	19.5	257.5	5.1	14.3	21.0
M1608	7/3	235.4	-14.5	15.3	32.7	237.5	7.3	9.9	41.6
M1627*	10/5	284.0	-17.6	11.1	25.6	280.3	29.3	13.6	22.9
N5001	7/4	248.8	13.6	92.6	9.6	240.3	49.3	41.5	14.4
N5008	7/7	239.4	9.1	21.8	13.4	224.6	40.1	26.0	12.2
N5010*	7/7	273.3	-56.1	6.7	25.5	284.4	9.1	6.7	25.5
Среднее по всем сайтам	15/13	236.6	1.8	16.1	10.7	229.5	35.1	16.1	10.7
Басинская свита**	49/34	221.1	31.9	6.2	10.8	234.8	34.7	31.1	4.5

Пояснения. n_0/n — количество образцов (сайтов) изучено/использовано; D — склонение, I — наклонение, k — кучность, α_{95} — радиус круга доверия; * не использовались в осреднении, ** среднесайтовые значения в басинской свите [Levashova et al., 2015].
 Note. n_0/n — number of samples (sites) studied/used; D — declination; I — inclination; α_{95} — is the radius of the circle of confidence; * were not used in the averaging; ** site-mean values in the Basu Formation [Levashova et al., 2015].

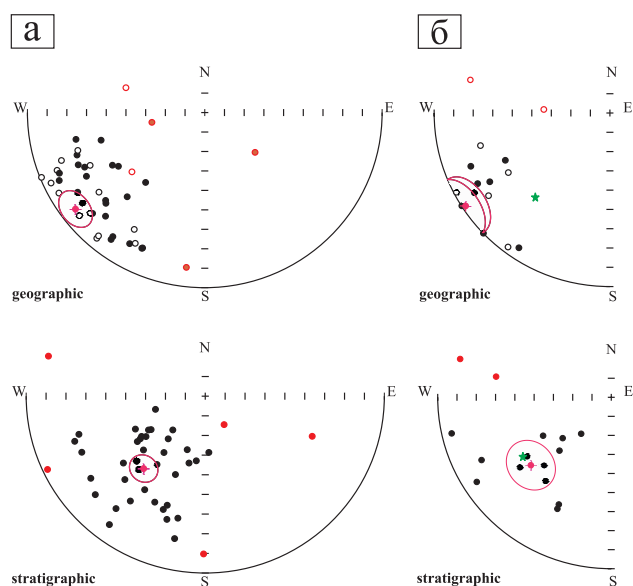


Рис. 3. Стереогаммы направлений высокотемпературной компоненты намагниченности в географической и стратиграфической системах координат для образцов (а) и сайтов (б)

Примечание: залитые (незалитые) символы — проекция на горизонтальную (вертикальную) плоскость; розовый крест — среднее направление и овал доверия; зеленая звездочка — среднее направление по басинской свите; красные кружки — направления, не участвующие в осреднении. На стереогаммах (а) осреднение проведено по образцам из данного исследования, а на стереогаммах (б) — по всем изученным сайтам, включая данные из работы [Данукалов и др., 2017].

Fig. 3. Stereograms of directions of the high-temperature component of magnetization in geographic and stratigraphic coordinate systems for samples (a) and sites (b)

Notes: filled (unfilled) symbols — projection on a horizontal (vertical) plane; pink cross — average direction and confidence oval; green star — average direction for the Basu Formation; red circles — directions not involved in the averaging. In stereograms (a), averaging is performed on samples from this study, and in stereograms (b), averaging is performed on all studied sites, including data from the paper [Danukalov et al., 2017].

понимают, что подобный аргумент является достаточно зыбким и необходимы полноценные палеомагнитные исследования, которые будут проведены в случае обнаружения достаточно качественного разреза урюкских песчаников.

Заключение

В результате исследования песчаников урюкской свиты в части образцов были получены направления ВТК намагниченности, носителем которой является гематит. Эти направления отличаются от ранее выделенных магнетитовых направлений, вероятно, имеющих метакронную природу, и близки к среднему направлению в вышележащей басинской свите, что позволяет считать эту намагниченность первичной. С целью подтверждения сделанного вывода необходимо провести дополнительные исследования, а также изучить причину перемагничивания магнетита в исследуемых породах.

Список литературы

- Беккер Ю. Р. Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 288 с.
- Голованова И. В., Данукалов К. Н., Козлов В. И., Пучков В. Н., Павлов В. Э., Галле И., Левашова Н. М., Сирота Г. С., Хайруллин Р. Р., Баженов М. Л. Палеомагнетизм верхневендской басинской свиты Башкирского мегантиклинория: результаты повторного исследования // *Физика Земли*. 2011. № 7. С. 67–79.
- Гражданкин Д. В., Марусин В. В., Маслов А. В. Новые данные о возрасте сыльвицкой и ашинской серий // *Геология и полезные ископаемые Западного Урала. Материалы научно-практической конференции*. 2011а. Вып. 11. С. 3–4.
- Гражданкин Д. В., Марусин В. В., Меерт Дж., Крупенин М. Т., Маслов А. В. Котлинский горизонт на Южном Урале // *Докл. АН*. 2011б. Т. 440, № 2. С. 201–206. DOI: 10.1134/S1028334X11090170
- Данукалов К. Н., Голованова И. В., Баженов М. Л., Сальманова Р. Ю. Палеомагнитное изучение красноцветных песчаников урюкской свиты верхнего венда // *Геологический сборник № 14. Информационные материалы/ИГ УНЦ РАН*. СПб: Свое издательство, 2017. С. 130–136.
- Ефремов И. В., Веселовский Р. В. PMTools: новое программное обеспечение для анализа палеомагнитных данных // *Физика Земли*. 2023. № 5. С. 150–158. DOI: 10.31857/S0002333723050022
- Зайцева Т. С., Кузнецов А. Б., Горожанин В. М., Горохов И. М., Ивановская Т. А., Константинова Г. В. Основание венда на Южном Урале: Rb-Sr возраст глауконитов бакеевской свиты // *Стратиграфия. Геологическая корреляция*. 2019. Т. 27, № 5. С. 82–96. DOI: 10.31857/S0869-592X27582-96
- Иванцов А. Ю., Разумовский А. А., Закревская М. А. Макрофоссилии верхнего венда Восточной Европы. Средний и Южный Урал. М.: ПИН РАН, 2018. 190 с.
- Козлов В. И., Макушин А. А., Шалагинов В. В. Геологическая карта Российской Федерации и сопредельных территорий республики Казахстан. Масштаб 1:1000000 (новая серия). Лист N-40 (41) — Уфа. СПб.: ВСЕГЕИ, 2002.
- Павлов В. Э., Галле И. Известняки катавской свиты: уникальный пример перемагничивания или идеальный регистратор неопротерозойского геомагнитного поля? // *Физика Земли*. 2009. № 1. С. 33–43.
- Парфирьев Н. П., Данукалов К. Н., Голованова И. В., Дьякова С. А. Первые результаты теста внутрiformационных конгломератов в катавской свите позднего рифея (Южный Урал) // *Учен. зап. Казан. ун-та. Сер. Естествозн.* 2023. Т. 165, кн. 4. С. 550–562. DOI: 10.26907/2542-064X.2023.4.550-562
- Пучков В. Н. Уралиды и Тиманиды, их структурные связи и место в геологической истории Урало-Монгольского складчатого пояса // *Геология и геофизика*. 2003. № 1–2. С. 28–39.
- Пучков В. Н. Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Разумовский А. А., Новиков И. А., Рязанцев А. В., Рудько С. В., Кузнецов Н. Б., Яшунский Ю. В. Древнейшие вендские ископаемые Евразии: U — Rb-изотопный возраст басинской свиты (ашинская серия, Южный Урал) // *ДАН*. 2020. Т. 495, № 2. С. 3–8. DOI: 10.31857/S2686739720120099
- Свяжина И. А., Пучков В. Н., Иванов К. С., Петров Г. А. Палеомагнетизм ордовика Урала. Екатеринбург: УрО РАН, 2003. 136 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Храмов А. Н. Стандартные ряды палеомагнитных полюсов для плит Северной Евразии: связь с проблемами палеогеодинамики территории СССР // *Палеомагнетизм и палеогеодинамика территории СССР*. Л.: ВНИГРИ, 1991. С. 154–176.
- Шипунов С. В. Палеомагнетизм катавской свиты, Южный Урал // *Физика Земли*. 1991. № 3. С. 97–109.
- Bazhenov M. L., Levashova N. M., Meert J. G., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Fedorova N. M. Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: evidence for magnetic field hyperactivity? // *Earth Planet. 2016. Sci. Lett.* 435. P. 124–135.
- Enkin R. J. A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. // *Sidney, B. C.: Pac. Geosci, Cent., Geol. Surv. Can.*, 1994. 16 p.
- Golovanova I. V., Danukalov K. N., Parfiriev N. P., Sal'manova R. Yu., Sergeeva N. D. Section of the Asha Series (Southern Urals) — Basu or Zigan Formation? // *14th International Conference and School «Problems of Geocosmos», St. Petersburg*. 2022, October 3–7. P. 57–65. DOI: 10.1007/978-3-031-40728-4_5
- Golovanova I. V., Danukalov K. N., Salmanova R. Yu., Levashova N. M., Parfiriev N. P., Sergeeva N. D.,

Meert J. G. Magnetic field hyperactivity during the early Neoproterozoic: A paleomagnetic and cyclostratigraphic study of the Katav Formation, southern Urals, Russia // *Geosci. Front.* 2023. V. 14, №4. Art. 101558. DOI: 10.1016/j. gsfc. 2023.101558

Levashova N. M., Bazhenov M. L., Meert J. G., Kuznetsov N. B., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Fedorova N. M. Paleogeography of Baltica in the Ediacaran: paleomagnetic and geochronological data from the clastic Zigan Formation, South Urals // *Precambrian Res.* 2013. V. 236. P. 16–30. DOI: 10.1016/j. precamres. 2013.06.006

Levashova N. M., Bazhenov M. L., Meert J. G., Danukalov K. N., Golovanova I. V., Kuznetsov N. B., Fedorova N. M. Paleomagnetism of upper Ediacaran clastics from the South Urals: Implications to paleogeography of Baltica and the opening of the Iapetus Ocean // *Gondwana Research.* V. 28, №1. 2015. P. 191–208. DOI:10.1016/j. gr. 2014.04.012

Levashova N. M., Golovanova I. V., Rud'ko D. V., Danukalov K. N., Rud'ko S. V., Sal'manova R. Yu., Meert J. G. Late Ediacaran magnetic field hyperactivity: Quantifying the reversal frequency in the Zigan Formation, Southern Urals, Russia // *Gondwana Research.* 94. 2021. P. 133–142. DOI: 10.1016/j. gr. 2021.02.018

Lubnina N. V., Pisarevsky S. A., Puchkov V. N., Kozlov V. I., Sergeeva N. D. New paleomagnetic data from Late Neoproterozoic sedimentary successions in Southern Urals, Russia: implications for the Late Neoproterozoic paleogeography of the Iapetan realm // *International J. Earth Sci.* 2014. V. 103. Is. 5. P. 1317–1334.

Ryazantsev A. V., Razumovskiy A. A., Novikov I. A., Kurtukova A. I., Kanygina N. A., Yashunskiy Yu. V., Dubenskiy A. S., and Sheshukov V. S. The Age of Volcanic Tuffs from the Basu and Zigan Formations of the Vendian (Ediacaran) Asha Group in the Southern Urals: Results of U — Th — Pb (SIMS and La-ICP-MS) Dating of Accessory Zircon // *Doklady Earth Sciences.* 2023. Vol. 507, №2, P. 278–286. DOI: 10.1134/S1028334X22601316

References:

Bekker, Yu. R. (1988) *Molassy dokembriya* [Precambrian Molasses]. Leningrad: Nedra, 289 p. (In Russian).

Golovanova I. V., Danukalov K. N., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Sirota G. S., Khairullin R. R., Pavlov V. E., Gallet Y., Levashova N. M., Bazhenov M. L. (2011) Paleomagnetism verkhnevendской basinsкой svity Bashkirского megantiklinoriya: rezul'taty povtornogo issledovaniya. [Paleomagnetism of the Upper Vendian Basu Formation of the Bashkirian Meganticlinorium Revisited]. *Fizika Zemli.* (7), 67–79. (In Russian).

Grazhdankin D. V., Marussin V. V., Maslov A. V. (2011a) Novyye dannyye o vozraste sylvitskoy i ashinskoy seriy. [New data on the age of the Sylvitsa and Asha groups]. *Geology and natural resources of the Western Urals. Materials of the scientific-practical conference.* (11), 3–4. (In Russian).

Grazhdankin D. V., Marussin V. V., Meert G., Krupenin M. T., Maslov A. V. (2011b) Kotlinskiy gorizont na Yuzhnom Urale. [Kotlin Regional stage in the South Urals]. *Doklady Earth Sciences,* 440, (2), 201–206. (In Russian).

Danukalov K. N., Golovanova I. V., Bazhenov M. L., Sal'manova R. Yu. (2017) Paleomagnitnoye izucheniye krasnotsvetnykh peschanikov uryukskoy svity verkhnego venda [Paleomagnetic study of upper Vendian red sandstones of the Uryuk formation]. *Geologicheskii sbornik №14. Informatsionnyye materialy.* [Geological collection, Information materials]/IG USC RAS. SPb: Svoye publishing house, (14), 130–136. (In Russian).

Efremov I. V., Veselovskiy R. V. (2023) PMTools: novoye programnoye obespecheniye dlya analiza paleomagnitnykh dannykh. [PMTools: New application for paleomagnetic data analysis]. *Fizika Zemli.* (5), 150–158. (In Russian). DOI: 10.31857/S0002333723050022

Zaitseva T. S., Kuznetsov A. B., Gorozhanin V. M., Gorokhov I. M., Ivanovskaya T. A., Konstantinova G. V. (2019) Osnovanie venda na Yuzhnom Urale: Rb-Sr vozrast glaukonitov bakeevskoy svity [Base Vendian in the Southern Urals: Rb-Sr age of glauconites of the Bakeevo Formation]. *Stratigraphy. Geological correlation.* 27 (5), 82–96. (In Russian). DOI: 10.31857/S0869-592X27582–96

Ivantsov A. Yu., Razumovskiy A. A., Zakrevskaya M. A. (2018) Makrofossilii verkhnego venda Vostochnoy Yevropy. Sredniy i Yuzhnyy Ural [Upper Vendian macrofossils of Eastern Europe. Middle and Southern Urals]. Moscow: PIN RAS, 190 p. (In Russian).

Kozlov V. I. (Ed.) (2002) Geological Map of the Russian Federation and Adjacent Territory of the Republic of Kazakhstan. VSEGEI, St. Petersburg, Scale: 1:1 000 000 (a New Series). Sheet N-40 (41) — Ufa. (In Russian).

Pavlov V. E., Galle I. (2009) Izvestnyaki katavskoy svity: unikal'nyi primer peremagnichivaniya ili ideal'nyi registrator neoproterozoiskogo geomagnitnogo polya? [Katav limestones: a unique example of remagnetization or an ideal recorder of the Neoproterozoic geomagnetic field?] *Fizika Zemli,* (1), 33–43. (In Russian).

Parfiriev N. P., Danukalov K. N., Golovanova I. V., Dyakova S. A. (2023) Pervyye rezul'taty testa vnutriformalionnykh konglomeratov v katavskoy svite pozdnego rifeya (Yuzhnyy Ural) [First results of the intraformational conglomerate test of the Late Riphean Katav Formation (Southern Urals)]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennyye Nauki,* 165 (4), 550–562. (In Russian). DOI: 10.26907/2542-064X. 2023.4.550–562

Puchkov V. N. (2003) Uralidy i Timanidy, ikh strukturnyye svyazi i mesto v geologicheskoy istorii Uralo-Mongol'skogo skladchatogo poyasa [The Uralides and Timanides: their structural relationship and position in the geologic history of the Ural-Mongolian fold belt]. *Geologiya i geofizika,* (1–2), 28–39. (In Russian).

Puchkov V. N. (2010) Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nyye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii) [Geology of the Urals and Cis-Urals (actual problems of stratigraphy, tectonics/geodynamics and metallogeny)]. *DesignPoligraphService.* Ufa. 280 p. (In Russian).

Razumovskiy A. A., Novikov I. A., Rud'ko S. V., Kuznetsov N. B., Yashunskiy Yu. V. (2020) U — Pb-izotopnyy vozrast peplovykh tufov pozdnnevendской basinsкой svity (ashinskaya seriya, Yuzhnyy Ural) [U-Pb isotope age of ash tuffs of the Late Vendian Basu Formation (Asha Series,

Southern Urals). *Materialy LII tektonicheskogo soveshchaniya*. [Materials of the LII Tectonic meeting], GEOS Publ, Moscow, (2), 219–224. (In Russian).

Svyazhina I. A., Puchkov V. N., Ivanov K. S., Petrov G. A. (2003) Paleomagnetizm ordovika Urala [The Urals Oordovician Paleomagnetism]. Yekaterinburg: UrO RAS. 136 p. (in Russian).

Stratotip rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya [Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology]. M.: Nauka, 1983. 183 p. (Trudy GIN AN USSR; Is. 377). (In Russian).

Khramov A. N. (1991) Standartnyye ryady paleomagnitnykh polyusov dlya plit Severnoy Yevrazii: svyaz' s problemami paleogeodinamiki territorii SSSR/Paleomagnetizm i paleogeodinamika territorii SSSR [Standard series of paleomagnetic poles of the Northern Eurasia: connection with problems of paleogeodynamics of the territory of the USSR/Paleomagnetism and paleogeodynamics of the territory of the USSR]. Leningrad: VNIGRI, 154–176. (In Russian).

Shipunov S. V. (1991) Paleomagnetizm katavskoy svity, Yuzhnyy Ural [Paleomagnetism of the Katav Formation, Southern Urals]. *Fizika Zemli*, (3), 97–109. (In Russian).

Bazhenov M. L., Levashova N. M., Meert J. G., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Fedorova N. M. (2016) Late Ediacaran magnetostratigraphy of Baltica: evidence for magnetic field hyperactivity? *Earth Planet. Sci. Lett.*, 435, 124–135.

Enkin R. J. (1994) A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. Sidney, B. C.: Pac. Geosci. Cent., Geol. Surv. Can., 16 p.

Golovanova I. V., Danukalov K. N., Parfiriev N. P., Sal'manova R. Yu., Sergeeva N. D. (2022) Section of the Asha Series (Southern Urals) — Basu or Zigan Formation? 14th International Conference and School «Problems of Geocosmos», St. Petersburg. October 3–7, 57–65. DOI: 10.1007/978-3-031-40728-4_5

Golovanova I. V., Danukalov K. N., Salmanova R. Yu., Levashova N. M., Parfiriev N. P., Sergeeva N. D., Meert J. G.

(2023) Magnetic field hyperactivity during the early Neoproterozoic: A paleomagnetic and cyclostratigraphic study of the Katav Formation, southern Urals, Russia. *Geosci. Front.*, 14 (4), Art. 101558. DOI: 10.1016/j. gsfc. 2023.101558

Levashova N. M., Bazhenov M. L., Meert J. G., Kuznetsov N. B., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Fedorova N. M. (2013) Paleogeography of Baltica in the Ediacaran: paleomagnetic and geochronological data from the clastic Zigan Formation, South Urals. *Precambrian Res.*, 236, 16–30. DOI: 10.1016/j. precamres. 2013.06.006

Levashova N. M., Bazhenov M. L., Meert J. G., Danukalov K. N., Golovanova I. V., Kuznetsov N. B., Fedorova N. M. (2015) Paleomagnetism of upper Ediacaran clastics from the South Urals: Implications to paleogeography of Baltica and the opening of the Iapetus Ocean. *Gondwana Research*, 28 (1), 191–208. DOI:10.1016/j. gr. 2014.04.012

Levashova N. M., Golovanova I. V., Rud'ko D. V., Danukalov K. N., Rud'ko S. V., Sal'manova R. Yu., Meert J. G. (2021) Late Ediacaran magnetic field hyperactivity: Quantifying the reversal frequency in the Zigan Formation, Southern Urals, Russia. *Gondwana Research*, 94, 133–142. DOI: 10.1016/j. gr. 2021.02.018

Lubnina N. V., Pisarevsky S. A., Puchkov V. N., Kozlov V. I., Sergeeva N. D. (2014) New paleomagnetic data from Late Neoproterozoic sedimentary successions in Southern Urals, Russia: implications for the Late Neoproterozoic paleogeography of the Iapetan realm. *International J. Earth Sci.*, 103 (5), 1317–1334.

Ryazantsev A. V., Razumovskiy A. A., Novikov I. A., Kurtukova A. I., Kanygina N. A., Yashunskiy Yu. V., Dubensky A. S., and Sheshukov V. S. (2023) The Age of Volcanic Tuffs from the Basu and Zigan Formations of the Vendian (Ediacaran) Asha Group in the Southern Urals: Results of U — Th — Pb (SIMS and La-ICP-MS) Dating of Accessory Zircon. *Doklady Earth Sciences*, 507 (2), 278–286. DOI: 10.1134/S1028334X22601316

Сведения об авторах:

Парфирьев Никита Петрович, младший научный сотрудник лаборатории геофизики

Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. К. Маркса, д. 16/2, г. Уфа, 450077, Россия. parfirjev.nikita@yandex.ru

Данукалов Константин Николаевич, старший научный сотрудник лаборатории геофизики. Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. К. Маркса, д. 16/2, г. Уфа, 450077, Россия. danukalov@mail.ru

Голованова Инесса Владимировна, доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник лаборатории геофизики. Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук, ул. К. Маркса, д. 16/2, г. Уфа, 450077, Россия. golovanova@ufaras.ru

About the authors:

Parfiriev Nikita Petrovich, — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Junior Researcher. st. K. Marksa, 16/2, Ufa, 450077, Russia. parfirjev.nikita@yandex.ru

Danukalov Konstantin Nikolaevich, — Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Senior Researcher. st. K. Marksa, 16/2, Ufa, 450077, Russia. danukalov@mail.ru

Golovanova Inessa Vladimirovna, — Doctor of Physics and Mathematics, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, Chief Researcher. st. K. Marksa, 16/2, Ufa, 450077, Russia. golovanova@ufaras.ru

Статья поступила в редакцию 29.01.2024; одобрена после рецензирования 29.01.2024; принята к публикации 25.03.2024.

The article was submitted 29.01.2024; approved after reviewing 29.01.2024; accepted for publication 25.03.2024.