
Научная статья

УДК 550.384

DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-9

ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПАЛЕОМАГНИТНОГО ИЗУЧЕНИЯ КАТАВСКОЙ СВИТЫ В БАССЕЙНАХ РЕК БОЛЬШОЙ И МАЛЫЙ КАЗАМАШ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

Н. П. Парфирьев, И. В. Голованова, К. Н. Данукалов, Р. Ю. Сальманова

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>

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

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

vrushana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9851-1666>

Проведен рекогносцировочный отбор и изучение образцов карбонатных горных пород из разреза катавской свиты верхнего рифея в бассейне рек Большой и Малый Казамаш. Для разреза получено среднее палеомагнитное направление, отличающееся по склонению от опубликованных ранее средних палеомагнитных направлений катавской свиты на Южном Урале. Кроме того, в разрезе зафиксировано большое количество инверсий магнитного поля. В статье обсуждается перспективность дальнейшего исследования разреза, необходимость которого обусловлена вопросами региональной геологии и изучением магнитного поля Земли в позднем докембрии.

Ключевые слова: Южный Урал, верхний рифей, катавская свита, палеомагнетизм, инверсии магнитного поля

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке гранта РФФИ № 23-27-00018, <https://rscf.ru/project/23-27-00018/>

Original article

PRELIMINARY RESULTS OF THE PALEOMAGNETIC STUDY OF THE KATAV FORMATION ALONG THE BOLSHOY AND Maly KAZAMASH RIVERS (SOUTHERN URALS)

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

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>

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

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

vrushana@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9851-1666>

Для цитирования: Парфирьев Н. П., Голованова И. В., Данукалов К. Н., Сальманова Р. Ю. Предварительные результаты палеомагнитного изучения катавской свиты по рекам Большой и Малый Казамаш (Южный Урал) // Геологический вестник. 2024. № 3. С. 88–94. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-9

For citation: Parfirjev N. P., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Sal'manova R. Yu. (2024) Preliminary results of the paleomagnetic study of the Katav Formation along the Bolshoy and Maly Kazamash rivers (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2024. No. 3. P. 88–94. DOI: 10.31084/2619-0087/2024-3-9

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

Reconnaissance sampling and study of carbonate rock samples from the outcrop of the Upper Riphean section of the Katav Formation near the basin of the Bolshoy and Maly Kazamash rivers. An average paleomagnetic direction was obtained for the section, which differs in declination from the previously published average paleomagnetic directions of the Katav Formation in the Southern Urals. In addition, a large number of magnetic field inversions were recorded in this section. The paper discusses the prospects for further study of the section, the necessity of which is determined by the issues of regional geology and the study of the magnetic field of the Late Precambrian.

Keywords: Southern Urals, Upper Riphean, Katav Formation, paleomagnetism, magnetic field inversions

Acknowledgments: The work was financially supported by the RNF grant, project no. 23-27-00018, <https://rscf.ru/project/23-27-00018/>

Введение

В 2023 г. сотрудниками лаборатории геофизики ИГ УФИЦ РАН проведен рекогносцировочный отбор коллекции преимущественно красноцветных известняков катавской свиты верхнего рифея (неопротерозоя) из разреза, обнажающегося по рекам Большой и Малый Казамаш в районе бывшего поселка Сплавной [Маслов и др., 2001; Сергеева, Дьякова, 2022]. Целью отбора являлось получение новых палеомагнитных определений для катавского стратиграфического уровня и их сравнение с уже имеющимися данными, ранее полученными на территории Южного Урала. Актуальность проведения такого рода исследований обусловлена качественным палеомагнитным сигналом, запечатленным в свите, благодаря которому для катавской свиты получен надежный палеомагнитный полюс [Павлов, Галле, 2009; Golovanova et al., 2023]. Кроме того, в верхней части свиты обнаружено большое количество отпечатков инверсий магнитного поля, по этой причине свита может стать надежным палеомагнитным репером для неопротерозойской истории Земли [Golovanova et al., 2023].

У катавской свиты богатая история палеомагнитного изучения [Комисарова, 1970; Данукалов и др., 1982; Шипунов, 1991; Павлов, Галле, 2009], существенно дополненная в последние годы [Данукалов и др., 2020; Golovanova et al., 2023; Парфирьев и др., 2023]. На заре исследований в 1970-х гг. и на протяжении нескольких последующих десятилетий намагниченность в свите считалась вторичной (метахронной) и/или характеризовалась наложением двух компонент намагниченности, одна из которых, как было высказано в работе [Шипунов, 1991], может являться доскладчатой, но всё же не факт, что первичной. В 2000-х же годах, с появлением современного оборудования и методик в палеомагнетизме, авторами работы [Павлов, Галле, 2009] был выдвинут ряд аргументов в пользу первичности палеомагнитного сигнала в свите, который, впоследствии,

был существенно дополнен и расширен в работах [Данукалов и др., 2020; Golovanova et al., 2023; Парфирьев и др., 2023]. Несмотря на явную аргументированность доводов «за» первичность намагниченности в свите, на протяжении всей истории исследования и поныне существует один веский аргумент против — это достаточно широко распространенное на Южном Урале перемагничивание пород в результате тектонических процессов, связанных с закрытием Уральского океана и формированием Пангеи [Пучков, 2010]. Недавно выполненный «тест конгломератов» условно доказал синхронность палеомагнитного сигнала образованию пород [Парфирьев и др., 2023]. Факт первичности сигнала, позволил с большей уверенностью продвинуться в изучении зон частой смены полярности, отмеченных в свите. Этому вопросу посвящены отдельные разделы во всех ранее упомянутых работах. Особенности поведения магнитного поля, оставившие отпечаток в горных породах, позволяют провести как региональную корреляцию отдельных, значительно удаленных разрезов, так и стать глобальным палеомагнитным репером. Вместе с тем появляется возможность оценить скорость осадконакопления, провести циклостратиграфические исследования, изучить морфологию зон смены полярности и экскурсов магнитного поля в далеком прошлом.

Разрез, которому посвящена данная работа, благодаря моноклиальному залеганию слоев, хорошей обнаженности, значительной мощности и породам, не затронутым метаморфическими процессами, является достаточно удобным для исследований, направленных на изучение инверсий магнитного поля. Среднее палеомагнитное направление в разрезе дополнит данные по катавской свите и внесет вклад в изучение региональной геологии.

Объект и методика исследования

Разрез находится в северной части Инзерского синклинория (54°53' с.ш., 57°33' в.д.) (рис. 1). В раз-

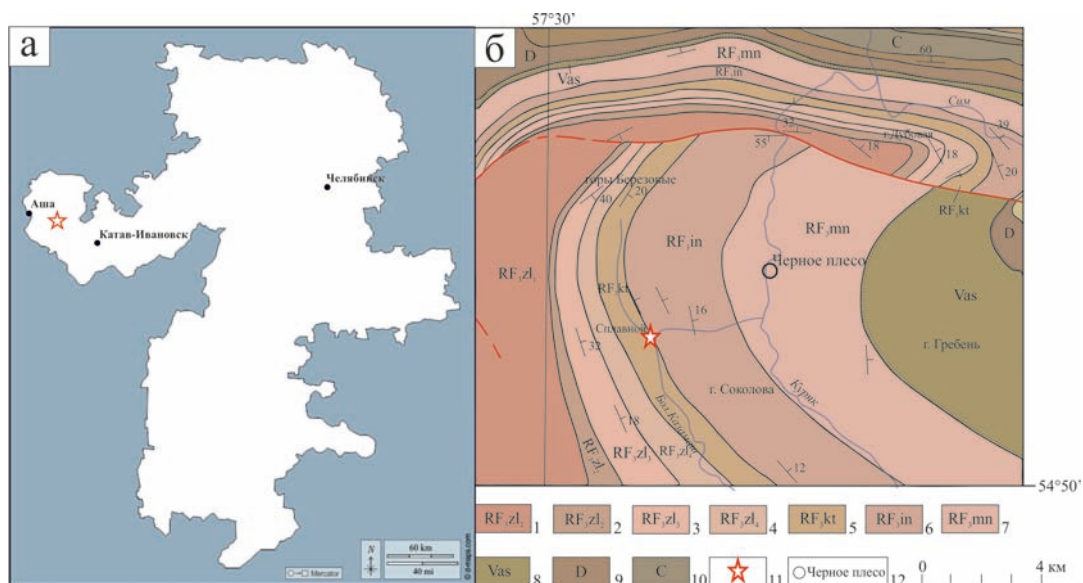


Рис. 1. Географическая карта Челябинской области — (а); Геологическая карта района работ в северной части Инзерского синклиория (Южный Урал). По [Геологическая..., 1959] с дополнениями и изменениями [Сергеева, Дьякова, 2022] — (б)

Условные обозначения: Отложения: 1–7 — верхнего рифея (RF3). Свиты: зильмердакская (zl), подсвиты (1–4): 1 — бирьянская (zl₁), 2 — нугушская (zl₂), 3 — лемезинская (zl₃), 4 — бедерышинская (zl₄); 5 — катавская (kt); 6 — инзерская (in); 7 — миньярская (mn); 8 — ашинская серия венда (Vas); 9, 10 — палеозойские отложения: 9 — девона (D), 10 — карбона (C); 11 — местоположение разреза; 12 — населенный пункт.

Fig. 1. Geographical map of the Chelyabinsk region — (a); Geological map of the area of work in the northern part of the Inzer synclinorium (Southern Urals). By [Geologicheskaya..., 1959] with additions and changes [Sergeeva, Dyakova, 2022] — (b)

Legend: Deposits: 1–7 — Upper Riphean (RF3). Formations: Zilmerdak (zl), subformations (1–4): 1 — Biryana (zl₁), 2 — Nugush (zl₂), 3 — Lemezinskaya (zl₃), 4 — Bedyryshinskaya (zl₄); 5 — Katav (kt); 6 — Inzer (in); 7 — Minyar (mn); (8) Asha Series of Vendian (Vas); 9, 10 — Paleozoic deposits: 9 — Devonian (D), 10 — Carboniferous (C); 11 — location of section; 12 — settlement.

резе обнажаются тонкозернистые известняки обеих подсвит катавской свиты (RF₃kt₁, RF₃kt₂). RF₃kt₁ — известняки преимущественно вишневого оттенка, RF₃kt₂ — серые и зеленоватые. Средние элементы залегания 60–70°/10–20°. Общая мощность разреза ~90 м. Подробное геологическое описание приведено в работе [Сергеева, Дьякова, 2022].

Палеомагнитные исследования выполнялись в лаборатории геофизики ИГ УФИЦ РАН г. Уфа. Отобранные вручную штуфы горных пород в лабораторных условиях распиливались на кубики 2×2 см, после чего были сформированы несколько партий образцов для температурной чистки в немагнитной печи TD48 (ASC Scientific, США) и последующего измерения на спин-магнитометре JR-6 (Agico, Чехия) (уровень шума 0.005 mA/m). Максимальная температура нагрева составила 700 °С там, где это было необходимо. Обработка результатов измерений естественной остаточной намагниченности выполнена с помощью пакета программ Р. Дж. Энкина [Enkin, 1994] и PMTools [Ефремов, Веселовский, 2023].

Результаты и обсуждение

Из-за текстурно-структурных особенностей пород отбор по разрезу проводился неравномерно. Всего было отобрано 69 штуфов горных пород, часть из них разрушилась в процессе подготовки к измерениям. Направления намагниченности выделены в 57 образцах. В целом по коллекции палеомагнитный сигнал достаточно стабильный. Основной носитель намагниченности — магнетит, с температурой разблокировки 560–580 °С (рис. 2а). В 12 образцах, приуроченных к преимущественно красноцветной нижней подсвите, выделяется гематитовая компонента намагниченности, спадающая в ноль вплоть до 700 °С (см. рис. 2б).

После проведения компонентного анализа в 8 образцах были выделены аномальные направления, в последующем осреднении эти образцы не участвовали. При подсчете статистики направлений на стереограмме векторы образцов образуют два практически антиподальных кластера (рис. 3а). К полученному результату был

применен тест обращения, который выполняется по классу В ($g = 1.97^\circ$, $g_{crit} = 9.08^\circ$). Безусловно, эти данные требуют подтверждения при более обширной статистике направлений. Для подсчета среднего направления по разрезу западные векторы были антиподированы к восточным (см. рис. 3б). Среднее направление в стратиграфической системе координат составило: склонение (D_s) — 89.6° , наклонение (I_s) — 28.7° , кучность (K) — 23.4, круг доверия (α_{95}) — 4.3° . Полученное склонение сильно отличается от среднего по катавской свите на Южном Урале (например, среднесайтовые направления для катавской свиты в районе г. Юрюзань: (D_s) — 52.2° , (I_s) — 33.5° , (K) — 38.1, круг доверия (α_{95}) — 2.8°). Из чего можно сделать вывод, что в результате тектонического разлома, описываемый блок катавской свиты был повернут примерно на 40° относительно ранее изученных южноуральских блоков. Наглядно это продемонстрировано на (см. рис. 3в). В качестве примера на стереограмму, помимо среднего направления по разрезу Юрюзань (№ 2), добавлено среднее направление по образцам из разреза Галиакберово (№ 1). Стоит отметить, что данные по разрезу Юрюзань относятся к средней части катавской свиты, а по разрезу Галиакберово к верхней.

В разрезе запечатлено большое количество инверсий магнитного поля (рис. 4). На данном этапе работы полученный результат обсуждать не имеет смысла. Инверсии зафиксированы лишь по 1–3 точкам, причина этому неравномерный отбор, зачастую с большими перерывами. Так как отбор носил рекогносцировочный характер можно сделать вывод, что опробованный разрез является достаточно перспективным объектом для дальнейшего, более подробного исследования.

Выводы

Проведен рекогносцировочный отбор образцов из разреза катавской свиты верхнего рифея в бассейне рек Большой и Малый Казамаш. Цели отбора, а именно получение дополнительных палеомагнитных определений для катавской свиты и нахождение нового разреза перспективного для изучения зон смены магнитной полярности, были выполнены.

Среднее палеомагнитное направление в разрезе сильно отличается по склонению от направлений других изученных разрезов катавской свиты на Южном Урале, что свидетельствует о вращении блока в районе бывшего поселка Сплавной. Тест

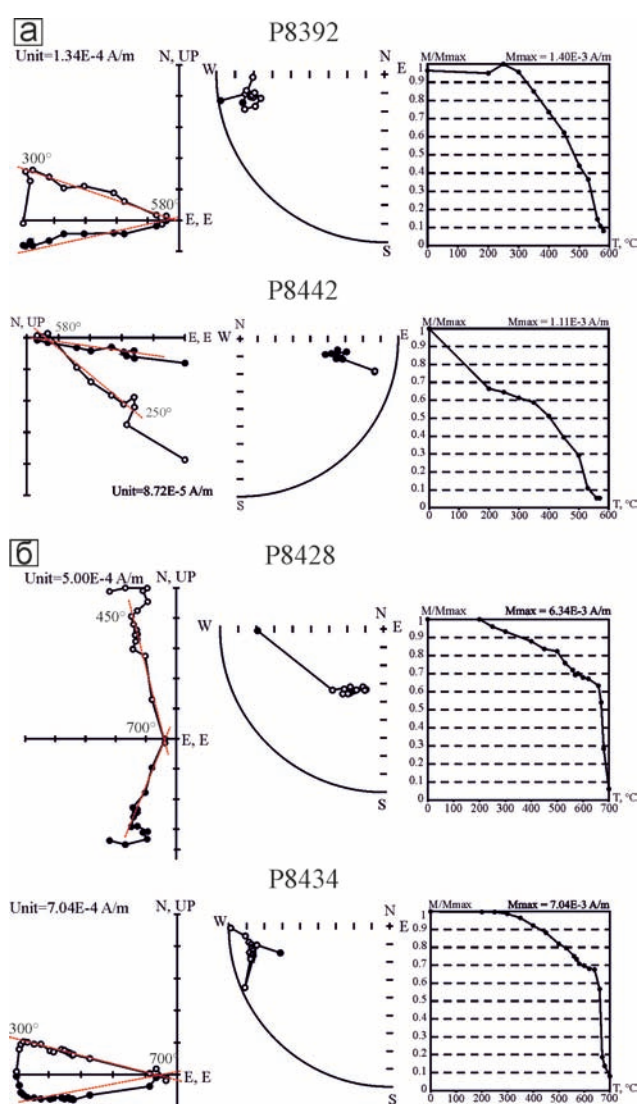


Рис. 2. Результаты терморазмагничивания некоторых образцов катавской свиты в древней (стратиграфической) системе координат

Условные обозначения: заливтые (незаливтые) 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 Katav Formation in the ancient (stratigraphic) coordinate system

Legend: 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.

обращения выполняется, но нуждается в подтверждении, в случае чего будет получен еще один аргумент в пользу первичности намагниченности в катавской свите. В изученном разрезе зафиксировано большое количество инверсий магнитного

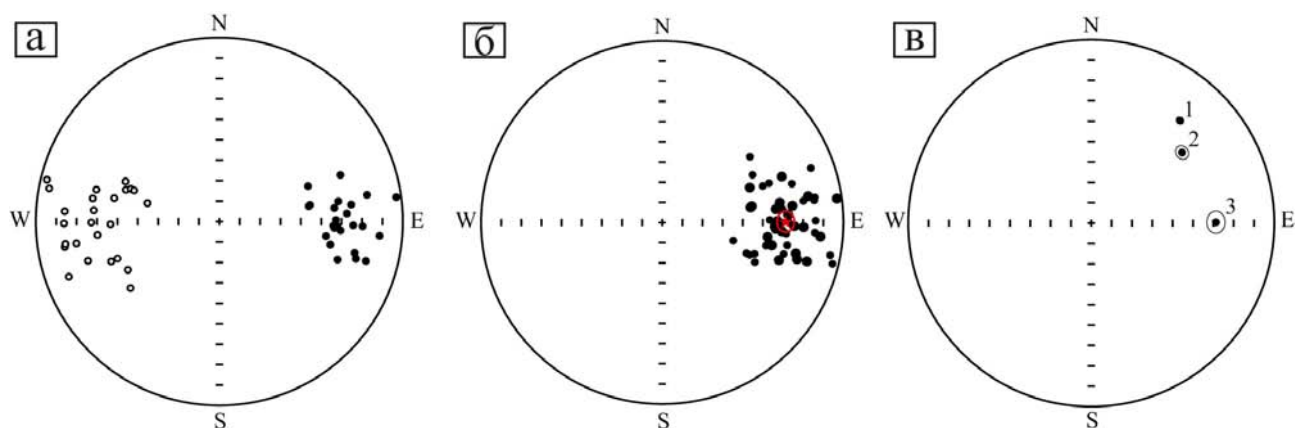


Рис. 3. Стереогаммы направлений высокотемпературной компоненты намагниченности в стратиграфической системе координат

Условные обозначения: залитые (незалитые) символы — проекция на нижнюю (верхнюю) полусферы; красная звезда — среднее направление и круг доверия для ВТК намагниченности; на стереогамме «в»: 1 — разрез Галиакберово, 2 — разрез Юрюзань, 3 — разрез Казамаш.

Fig. 3. Stereograms of directions of the high-temperature component of magnetization in stratigraphic coordinate system

Legend: filled (unfilled) symbols — projection onto lower (upper) hemisphere; red star — overall mean direction and confidence circle for a high-temperature component of magnetization; on stereogram «в»: 1 — Galiakberovo section, 2 — Yuryuzan section, 3 — Kazamash section.

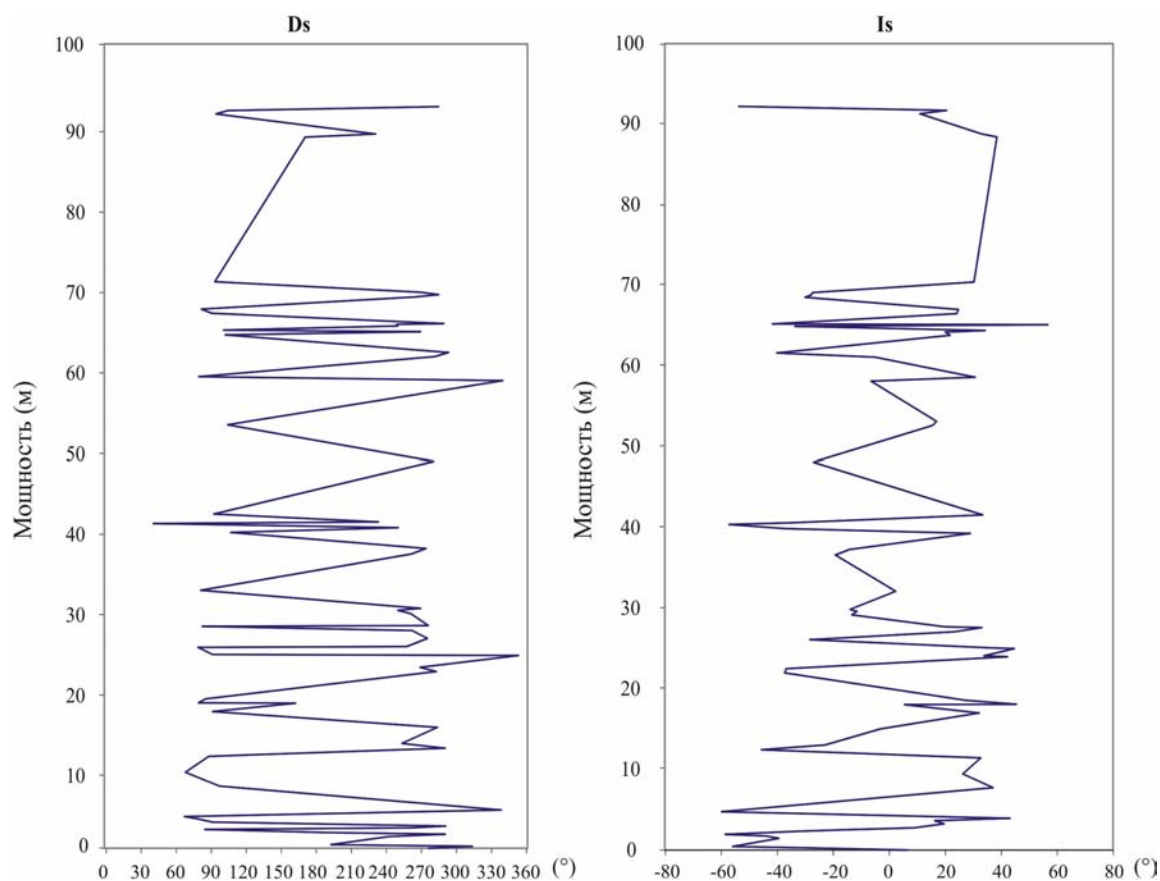


Рис. 4. Распределение направлений намагниченности в разрезе Казамаш

По оси абсцисс — (Ds) — склонение, (Is) — наклонение в °С, по оси ординат — мощность разреза в метрах.

Fig. 4. Distribution of magnetization directions in the Kazamash section

On the abscissa axis — (Ds) — declination, (Is) — inclination in °С, on the ordinate axis — the power of the incision in meters.

поля, но полноценных магнитозон и переходов не выявлено по причине неравномерного отбора с большим шагом между штуфами. Разрез является весьма перспективным для дальнейшего изучения запечатленных в катавской свите инверсий магнитного поля.

Список литературы

Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия Южно-Уральская, Лист N-40-X и Объяснительная записка / Составители И. И. Синицын и З. А. Синицына. Редактор А. И. Олли. М.: Госгеотехиздат. 1959. 103 с.

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

Комиссарова Р. А. Исследование древней намагниченности некоторых осадочных пород Южного Урала в связи с проблемой метакронного перемагничивания: дис. ... канд. физ.-мат. наук. М.: ИФЗ АН СССР, 1970. 140 с.

Данукалов Н. Ф., Комиссарова Р. А., Михайлов П. Н. Палеомагнетизм рифея и венда Южного Урала // Стратотип рифея. Палеонтология. Палеомагнетизм: труды ГИН АН СССР / отв. ред. Б. М. Келлер. М.: Наука, 1982. Вып. 368. С. 121–161.

Данукалов К. Н., Голованова И. В., Сальманова Р. Ю., Парфирьев Н. П. Палеомагнитное изучение красноцветных пород верхнего рифея Южного Урала // Геологический вестник. 2020. № 3. С. 47–54. DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-3

Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Анфимов Л. В. Рифей западного склона Южного Урала (классические разрезы, седименто- и литогенез, минерогения и геологические памятники природы). Том II. — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. 134 с.

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. Естеств. науки. 2023. Т. 165, кн. 4. С. 550–562. DOI: 0.26907/2542-064X.2023.4.550–562.

Павлов В. Э., Галле И. Известняки катавской свиты: уникальный пример перемагничивания или идеальный регистратор неопротерозойского геомагнитного поля? // Физика Земли. 2009. № 1. С. 33–43.

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

Сергеева Н. Д., Дьякова С. А. Разрез отложений катавской свиты по рекам Большой и Малый Казамаш в северной части Инзерского синклинория (Южный Урал) // Геологический вестник. 2022. № 3. С. 34–42. DOI: 10.31084/2619–0087/2022-3-3

Шипунов С. В. Палеомагнетизм катавской свиты, Южный Урал // Физика Земли. 1991. № 5. С. 38–50.

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

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 // Geoscience Frontiers. 2023. V. 14. № 4. Art. 101558. DOI: 10.1016/j.gsf.2023.101558

References

Geologicheskaya karta SSSR masshtaba 1:200000. Seriya Yuzhno-Ural'skaya, List N-40-X i Ob'yasnitel'naya zapiska (1959) [Geological map of the USSR, scale 1:200000. South Ural series, Sheet N-40-X and Explanatory note. Compiled by I. I. Sinitsyn, and Z. A. Sinitsyn. Editor A. I. Olli] Moscow: Gosgeotekhnizdat, 103 p. (In Russian).

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

Komissarova R. A. (1970) *Issledovanie drevnei namagnichennosti nekotorykh osadochnykh porod Yuzhnogo Urala v svyazi s problemoi metakhronnogo peremagnichivaniya. Dis. cand. fi z.-mat. nauk* [Study of the ancient magnetization of some sedimentary rocks of the Southern Urals in connection with the problem of metachronous magnetization reversal. Cand. phys.-mat. sci. dis.]. Moscow, IFZ AN SSSR, 140 p. (In Russian).

Danukalov N. F., Komissarova R. A., Mikhailov P. N. (1982) *Paleomagnetizm rifeya i venda Yuzhnogo Urala* [Paleomagnetism of the Riphean and Vendian of the Southern Urals]. *Stratotip rifeya. Paleontologiya. Paleomagnetizm*. Keller B. M. (Ed.). Nauka, Moscow, 121–161. (Trudy Geol. Inst. Ross. Akad. Nauk. V. 368). (In Russian).

Danukalov K. N., Golovanova I. V., Sal'manova R. Yu., Parfir'ev N. P. (2020) *Paleomagnetnoye izuchenie krasnocvetnykh porod verhnego rifeya Yuzhnogo Urala* [Paleomagnetic study of red-colored rocks of the Upper Riphean in the Southern Urals]. *Geologicheskii vestnik*, (3), 47–54. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2020-3-3

Maslov A. V., Krupenin M. T., Gareev E. Z., Anfimov L. V. (2001) *Rifey zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (klassicheskiye razrezy, sedimento- i litogenez, minerageniya i geologicheskkiye pamyatniki prirody) Tom II* [Riphean of the western slope of the Southern Urals (classical sections, sedimentoand lithogenesis, minerageny and geological monuments of nature) Volume II]. IGG UrO RAN, Yekaterinburg, Russia, 134 p. (In Russian)

Parfiriev N. P., Danukalov K. N., Golovanova I. V., Dyakova S. A. (2023) *Pervye rezul'taty testa vnutriformacionnykh konglomeratov v katavskoj svite pozdnego rifeya (Yuzhnyj Ural)* [First results of the intraformational conglomerate test of the Late Riphean Katav Formation (Southern Urals)]. *Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Estestvennye Nauki*, 165 (4), 550–562. (In Russian). DOI: 0.26907/2542-064X.2023.4.550–562

Pavlov V. E., Galle I. (2009) *Izvestnyaki katavskoj svity: unikal'nyj primer peremagnichivaniya ili ideal'nyj registrator neoproterozojского geomagnitnogo polya?* [Katav limestones:

a unique example of remagnetization or an ideal recorder of the Neoproterozoic geomagnetic field?] *Fizika Zemli — Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, (1), 33–43. (In Russian).

Puchkov V.N. (2010) *Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metallogenii)* [Geology of the Urals and Cis-Urals (Current Problems of Stratigraphy, Tectonics, Geodynamics, and Metallogeny)]. DizainPoligrafServis, Ufa, 280 p. (In Russian).

Sergeeva N. D., Dyakova S. A. (2022) Razrez otlozhenij katavskoj svity po rekam Bol'shoj i Malyj Kazamash v severnoj chasti Inzerskogo sinklinoriya (Yuzhnyj Ural) [Section of the Katav Formation along the Bolshoi and Malij Kazamash rivers in the northern part of the Inzer synclinorium (Southern Urals)]. *Geologicheskii vestnik*, (3), 34–42. (In Russian). DOI: 10.31084/2619–0087/2022-3-3

Shipunov S. V. (1991) Paleomagnetizm katavskoj svity, Yuzhnyj Ural [Paleomagnetism Katav Formation, Southern Urals]. *Fizika Zemli — Izvestiya. Physics of the Solid Earth*, (5), 38–50. (In Russian).

Enkin R. J. (1994) A computer program package for analysis and presentation of paleomagnetic data. Sidney, B. C.: Pacific Geoscience Centre. Geological Survey of Canada, 16 p.

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. *Geoscience Frontiers*, 14 (4), Art. 101558. DOI: 10.1016/j.gsf.2023.101558

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

Голованова Инесса Владимировна, д.ф.-м.н., 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

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

Сальманова Рушания Юрисовна, к.ф.-м.н., 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. vrushana@mail.ru

About the authors:

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

Golovanova Inessa Vladimirovna, Dr. Sci. (Physics and Mathematics), Chief Researcher, Laboratory of Geophysics, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences. K. Marx st., 16/2, Ufa, 450077, Russia. golovanova@ufaras.ru

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

Sal'manova Raushaniya Yurisovna, Cand. Sci. (Physics and Mathematics), Senior Researcher, Laboratory of Geophysics, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences, K. Marx st., 16/2, Ufa, 450077, Russia. vrushana@mail.ru

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 05.07.2024; одобрена после рецензирования 31.07.2024; принята к публикации 01.10.2024

The article was submitted 05.07.2024; approved after reviewing 31.07.2024; accepted for publication 01.10.2024