
Научная статья

УДК 551.734.2 (470.5)

DOI: 10.31084/2619-0087/2023-1-1

ТЕНДЕНЦИИ ИЗМЕНЕНИЯ РЯДА ГЕОХИМИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СОСТАВА ТОНКОЗЕРНИСТЫХ ОБЛОМОЧНЫХ ПОРОД ОСАДОЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ НИЖНЕГО РИФЕЯ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ И ЦЕНТРАЛЬНОЙ ЧАСТЕЙ БАШКИРСКОГО МЕГАНТИКЛИНОРИЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

А. В. Маслов

*Институт геологии Уфимского федерального исследовательского центра РАН,
450077, г. Уфа, ул. К. Маркса, 16/2, amas2004@mail.ru*

Типовые разрезы бурзянской серии нижнего рифея (айская, саткинская и бакальская свиты) расположены на северо-востоке Башкирского мегантиклинория. В его центральных и южных районах с перечисленными свитами традиционно сопоставляются большеинзерская, суранская и юшинская свиты. Задачей исследований, результаты которых обсуждаются в данной работе, был анализ некоторых трендов изменения индикаторных отношений редких и рассеянных элементов в глинистых породах всех шести свит с целью получения аргументов в пользу тех или иных вариантов корреляции дозигальгинских/домашакских отложений. Установлено, что тенденции изменения средних геохимических характеристик глинистых пород бурзянской серии северо-восточных и центральных+южных районов мегантиклинория, отражающих состав материнских для них пород, достаточно различны. Это не дает 100-процентной уверенности в том, что посвитная корреляция отложений бурзянской серии в разных районах мегантиклинория некорректна, но заставляет еще раз задуматься над данной проблемой.

Ключевые слова: Южный Урал, Башкирский мегантиклинорий, нижний рифей, корреляция, тонкозернистые обломочные породы, геохимия

Благодарности: Автор искренне признателен Э. З. Гарееву и М. Т. Крупенину за помощь в опробовании разрезов нижнего рифея Башкирского мегантиклинория.

Original article

TRENDS IN CHANGES IN A NUMBER OF GEOCHEMICAL PARAMETERS OF THE COMPOSITION OF FINE-GRAINED CLASTIC ROCKS OF THE LOWER RИPHEAN SEDIMENTARY SEQUENCES OF THE NORTHEASTERN AND CENTRAL PARTS OF THE BASHKIRIAN MEGANTICLINORIUM (SOUTHERN URALS)

A. V. Maslov

*Institute of Geology, Ufa Federal Research Center of RAS,
16/2, K. Marx St., Ufa, 450077, Russia, amas2004@mail.ru*

The type sections of the Lower Riphean Burzyan Group (Ai, Satka, and Bakal formations) are located in the northeast part of the Bashkirian meganticlinorium. In its central and southern regions, the above

Для цитирования: А. В. Маслов Тенденции изменения ряда геохимических параметров состава тонкозернистых обломочных пород осадочных последовательностей нижнего рифея северо-восточной и центральной частей Башкирского мегантиклинория (Южный Урал) // Геологический вестник. 2023. № 1. С. 3–12. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-1-1

For citation: A. V. Maslov (2023) Trends in changes in a number of geochemical parameters of the composition of fine-grained clastic rocks of the Lower Riphean sedimentary sequences of the northeastern and central parts of the Bashkirian meganticlinorium (Southern Urals). *Geologicheskii vestnik*. 2023. No. 1. P. 3–12. DOI: 10.31084/2619-0087/2023-1-1

formations are traditionally compared with the Bolshoi Inzer, Suran, and Yusha formations. The aim of the studies, the results of which are discussed in this paper, was to analyze some trends in the change in the indicator ratios of trace elements in clay rocks of all six formations in order to obtain arguments in favor of certain variants of their correlation. It has been established that the trends in the average geochemical characteristics of clay rocks of the Burzyan Group in the northeastern and central+southern regions of the meganticlinorium, reflecting the composition of their parent rocks, are quite different. This does not give 100% certainty that the individual correlation of the deposits of the Burzyan Group in different regions incorrect, but it makes us think again about this problem.

Keywords: Southern Urals, Bashkirian meganticlinorium, Lower Riphean, correlation. fine-grained clastic rocks, geochemistry

Acknowledgements: The author is sincerely grateful to E. Z. Gareev and M. T. Krupenin for their help in sampling the Lower Riphean cross-sections of the Bashkirian meganticlinorium.

Введение

Типовые разрезы бурзянской серии нижнего рифея (айская, саткинская и бакальская свиты) расположены на северо-востоке Башкирского мегантиклинория (БМА) [Стратотип..., 1983; Маслов и др., 2001] (рис. 1, 2). В центральной части Башкирского мегантиклинория в бассейнах рек Бол. и Мал. Инзер (рис. 3 б — г), Бол. Авзян, Бол. Нугуш и Курыгас с перечисленными выше свитами традиционно сопоставляются большеинзерская, суранская и юшинская свиты [Гарань, 1969; Стратотип..., 1983]. Указанная корреляция имеет посвитный характер, и обоснована, например, в монографии [Нижний..., 1989]. Задачей наших исследований, результаты которых представлены в данной работе, являлся анализ некоторых трендов изменения значений различных индикаторных отношений редких и рассеянных элементов (показателей состава пород-источников тонкой алюмосиликокластики) в глинистых породах бурзянской серии на северо-востоке и в центральных районах БМА с целью получения новых аргументов в пользу тех или иных вариантов корреляции развитых на их территории дозигальгинских/домашакских отложений.

Литостратиграфия нижнего рифея БМА

Айская свита объединяет, по данным литологических наблюдений, два крупных подразделения — нижнее вулканогенно-терригенное грубообломочное (соответствует навышской, липовской и чудинской подсвитам М. И. Гараня [1969]), в разрезах которого можно видеть брекчии и конгломераты, метабазальты, аркозовые и полимиктовые песчаники с прослоями и пакетами алевролитов и глинистых сланцев, и верхнее, представленное преимущественно низкоуглеродистыми глинистыми сланцами (в схеме М. И. Гараня это кисеганская и сунгурская подсвиты). U-Pb возраст

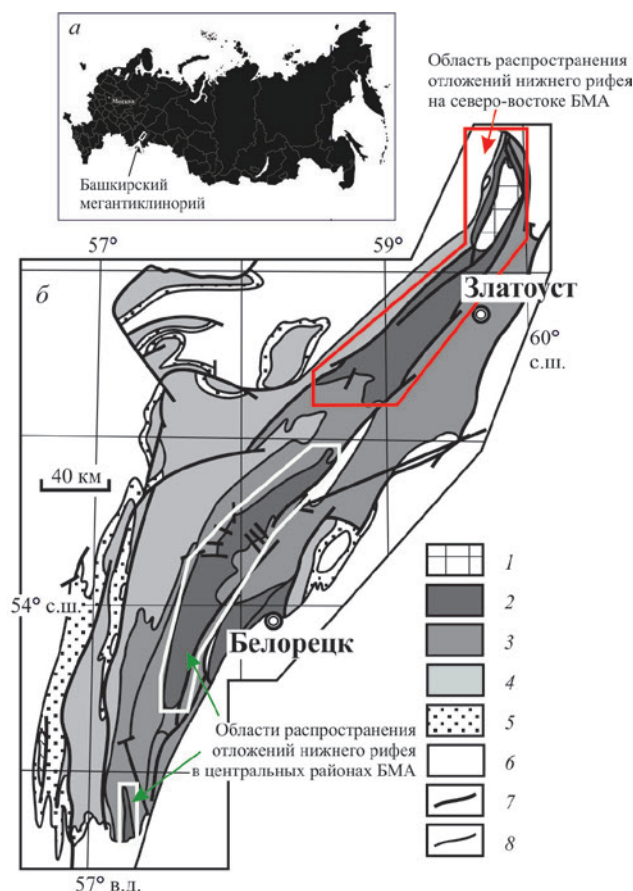


Рис. 1. Обзорная схема (а, заимствовано с сайта <https://sklyarov.studio/projects/vector-map-russia>) и схематическая карта Башкирского мегантиклинория (б)

Условные обозначения: 1 — архей и нижний протерозой; 2 — нижний рифей; 3 — средний рифей; 4 — верхний рифей; 5 — венд; 6 — палеозой; 7 — разрывные нарушения; 8 — геологические границы.

Fig. 1. Overview scheme (a, borrowed from the site <https://sklyarov.studio/projects/vector-map-russia>) and a schematic map of the Bashkirian meganticlinorium (b)

Legend: 1 — Archean and Lower Proterozoic; 2 — Lower Riphean; 3 — Middle Riphean; 4 — Upper Riphean; 5 — Vendian; 6 — Paleozoic; 7 — faults; 8 — geological boundaries.

Эпохеа	Эраеа	Серия	Северо-восточные районы БМА				Центральные районы БМА			
			Свита	Возраст, млн лет	Литоология	Мощность, м	Свита	Возраст, млн лет	Литоология	Мощность м
Рифей	Средний	Юрма-тинская	Зигальгинская		Песчаники кварцевые с прослоями и линзами конгломератов, алевролиты, глинистые сланцы	60–80	Зигальгинская		Песчаники кварцевые с прослоями и линзами конгломератов, алевролиты, глинистые сланцы	500–600
									Машакская	1383–1386
	Нижний	Бурзянская	Бакальская	1430±30	Глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, доломиты и известняки, в том числе строматолитовые	1200–1600	Юшинская		Песчаники, алевролиты, глинистые сланцы	650–1000
			Саткинская	1550±30	Доломиты, в том числе строматолитовые, известняки, глинистые сланцы, алевролиты, песчаники	1700–3500	Суранская		Известняки доломиты, в т.ч. строматолитовые, алевролиты, глинистые, в т.ч. низкоуглеродистые, сланцы	1000–2800
			Айская	1752±11	Глинистые сланцы, алевролиты, песчаники, конгломераты, гравелиты, метабазальты, доломиты, известняки	1700–2500	Большеинзерская		Песчаники, алевролиты, глинистые, в т.ч. низкоуглеродистые, сланцы, доломиты и известняки	более 2200
									?	—
	Тараташский комплекс (архей-нижний протерозой)									

Рис. 2. Стратиграфические колонки отложений нижнего рифея на северо-востоке и в центральных районах БМА
Условные обозначения: Серый фон — интервалы распространения карбонатных пород, вертикальная штриховка — перерывы.

Fig. 2. Stratigraphic columns of Lower Riphean deposits in the northeast and central regions of the Bashkirian meganticlinorium

Legend: Gray background — intervals of distribution of carbonate rocks, vertical shading — breaks.

циркона из вулканических пород нижнего подразделения составляет 1752 ± 18 млн лет [Краснобаев и др., 2013].

Саткинская свита залегает согласно на айской и сложена преимущественно доломитами. Свита подразделяется на пять подсвит, из которых в третьей снизу (половинкинской) преобладают низкоуглеродистые глинистые сланцы, а остальные сложены в основном доломитами при подчиненной роли известняков. Для тех из последних, что залегают в верхах саткинской свиты, время раннего диагенеза составляет 1550 ± 30 млн лет (Pb-Pb метод) [Кузнецов и др., 2003].

Бакальская свита представлена в нижней части преимущественно низкоуглеродистыми глинистыми сланцами; в верхней ее части выделяются 10 пачек карбонатных (нечетные) и терригенных (четные) пород, мощность которых варьирует от 50–60 до 250–300 м (см. рис. 3 а). Время раннего диагенеза известняков березовской (самой нижней) пачки этой части бакальской свиты оценивается в 1430 ± 30 млн лет (Pb-Pb метод) [Кузнецов и др., 2005].

На северо-востоке БМА отложения нижнего рифея с разрывом перекрыты породами зигальгинской свиты юрматинской серии среднего рифея. Они, в свою очередь, согласно перекрыты отложениями зигазино-комаровской свиты, в низах которой присутствуют раннедиагенетические конкреции фосфоритов с возрастом 1330 ± 20 млн лет (Pb-Pb метод) [Овчинникова и др., 2013].

Большеинзерская свита объединяет в основном алевропесчаники и песчаники; подчиненную роль в ее разрезе играют доломиты, низкоуглеро-

дистые глинистые сланцы, алевролиты и известняки. Нижняя граница свиты не вскрыта эрозией, с перекрывающей суранской свитой она связана постепенным переходом. Корректных данных об изотопном возрасте пород большеинзерской свиты до сих пор нет.

Суранская свита в нижней и верхней частях представлена карбонатными породами, в средней — низкоуглеродистыми и обычными глинистыми сланцами, алевролитами и песчаниками. По литологическому составу она разделяется на пять подсвит (снизу вверх): миньякскую, бердагуловскую, ангастакскую, сердаукскую и лапыштинскую. В доломитах, относимых к лапыштинской подсвите, в окрестностях д. Аскарново В. В. Радченко и М. А. Федонкиным [1974] описаны строматолиты нижнерифейского комплекса. Других данных о возрасте пород суранской свиты нет.

Юшинская свита сложена преимущественно глинистыми и низкоуглеродистыми глинистыми сланцами, песчаниками и алевролитами; есть в её разрезах также маломощные прослои доломитов и известняков. Корректных данных об изотопном возрасте пород юшинской свиты до сих пор нет.

Отложения юшинской свиты с разрывом и угловым несогласием перекрыты породами *машакской свиты* юрматинской серии среднего рифея. Машакская свита объединяет песчаники и конгломераты, а также metabазальты и метариолиты. Циркон из последних имеет U-Pb возраст $1383 \pm 3 \dots 1386 \pm 6$ млн лет [Краснобаев и др., 2013а]. Машакская свита согласно перекрыта песчаниками зигальгинской свиты.

Так как ни одна из свит, относимых к бурзянской серии в центральных районах БМА, не имеет корректных данных о возрасте, то, теоретически, возможно, что их посвитная корреляция с айской, саткинской и бакальской свитами северо-востока БМА ошибочна. Одними из доводов в пользу сказанного могут быть различное строение и состав. Например, саткинская свита почти на 95% сложена карбонатными породами (в основном доломитами), а в суранской свите доля их составляет около 25%. Бакальская свита также содержит порядка 25–30% карбонатных пород, тогда как коррелируемая с ней юшинская свита таковых почти не содержит. Заметные различия в строении разрезов наблюдаются также для большеинзерской и айской свит. В связи со сказанным проблема поиска аргументов в пользу тех или иных вариантов корреляции дозигальгинских (без машакской свиты) отложений северо-восточных и центральных районов БМА остается актуальной последние полвека или более.

Возможным ключом к её решению может быть сопоставление тенденций изменения тех или иных лито- или геохимических параметров в породах обеих осадочных последовательностей. Если формирование их шло в едином бассейне осадконакопления за счет кластики, поступавшей из единого источника, то тенденции изменения их должны или могут быть сходными (напомню, что площадь выходов на дневную поверхность отложений всего верхнего докембрия в БМА меньше 60.000 км², тогда как площадь только Северного Каспия, процессы осадконакопления в котором почти полностью контролируются р. Волга, составляет около 95.000 км², а площадь такого относительно небольшого моря, как Эгейское, превышает 200.000 км²). Различные тенденции изменения геохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород в нижнерифейских осадочных последовательностях северо-восточных и центральных районов БМА, если и не подтвердят бесспорно невозможность посвитной корреляции, то дадут еще один факт для размышлений над возможными вариантами сопоставлений айско-бакальских отложений с большеинзерско-юшинскими.

Фактический материал

Для того, чтобы посмотреть на тенденции изменения геохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород нижнего рифея БМА в настоящей работе использованы полученные в разные годы методом ICP-MS в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург)



Рис. 3. Типичные обнажения и фрагменты разрезов различных свит нижнего рифея

Условные обозначения: а — бакальская, зигальгинская и низы зигазино-комаровской свиты в Центральном (Гаевском) карьере Бакальского рудоуправления, фото Е. В. Пушкарёва; б — юшинская свита у перекрестка на г. Межгорье на автотрассе Инзер — Серменево; в, г — коренные выходы бердагуловской и ангастакской подсвит суранской свиты на в бассейнах рек Юша и Мал. Инзер.

Fig 3. Typical outcrops and fragments of cross-sections of various formations of the Lower Riphean

Legend: (a) Bakal, Zigalga, and lower parts of the Zigazino-Komarovo formations in the Central (Gayevsky) quarry of the Bakal Mining Administration, photo by E. V. Pushkarev; (b) Yusha Formation near the crossroads at Mezghorye on the Inzer — Sermenevo highway; (в,

данные о содержании в тонкозернистых обломочных породах (глинистые и низкоуглеродистые глинистые сланцы, мелкозернистые глинистые алевролиты) нижнего рифея БМА (всего около 110 образцов) ряда редких и рассеянных элементов. Считается, что тонкозернистые обломочные породы отражают состав источников кластики, распространенных на обширных территориях, тогда как песчаники — индикаторы состава, скорее, локальных источников сноса. Везде далее мы оперируем средними содержаниями этих элементов и значениями их индикаторных отношений (табл. 1), вынесенными на знакомые многим читателям дискриминантные диаграммы.

Отбор образцов для исследований выполнен автором и М. Т. Крупениным из стратотипических и опорных разрезов всех шести перечисленных выше свит (подробнее см. [Маслов и др., 2001]). Привлечены также материалы из коллекции образцов и проб Э. З. Гареева. Характеристика их минерального и валового химического состава приведена в публикациях [Маслов и др., 1999, 2004; и др.], поэтому здесь на ней мы не останавливаемся.

Среднее содержание Sc в тонкозернистых обломочных породах нижнего рифея БМА составляет 11.17 ± 4.21 г/т (минимум — 6.74, суранская свита, максимум — 17.69, бакальская свита). Среднее содержание La варьирует от 18.34, юшинская свита, до 35.71 г/т, бакальская свита ($La_{\text{среднее}}$ для всей выборки равно 27.23 ± 6.90 г/т). Среднее содержание Hf

равно 3.52 ± 0.89 г/т (минимум — 2.45, саткинская свита, максимум — 4.75, айская свита). Параметр $Th_{\text{среднее}}$ равен 10.17 ± 1.76 г/т при минимальном и максимальном его значении — 8.37, юшинская свита, и 12.44 г/т, бакальская свита. Среднее значение Cr/Th для глинистых пород нашей выборки составляет 6.84 ± 2.81 (минимум — 4.23, суранская свита, максимум — 12.26, юшинская свита). Эти же величины для отношения Th/Sc равны соответственно 1.01 ± 0.28 , 0.73 (юшинская свита) и 1.36 (айская свита), а для параметра Th/Co они составляют 1.89 ± 0.87 , 0.97 (юшинская свита) и 2.97 (суранская свита). Величина $La/Sc_{\text{среднее}}$ составляет 2.84 ± 0.87 , минимальное значение данного отношения (1.62) характерно для глинистых пород юшинской свиты, максимальное (3.81) — для таких же пород суранского уровня. Среднее значение La/Th для тонкозернистых обломочных пород нашей выборки составляет 2.82 ± 0.50 (минимум — 2.16, юшинская свита, максимум — 3.67, саткинская свита). Наконец, величина $Eu/Eu^*_{\text{среднее}}$ равна в целом для всей выборки 0.71 ± 0.05 , максимальное среднее значение Eu аномалии (0.66) наблюдается в глинистых породах суранской свиты, а минимальное (0.78) — в тонкозернистых обломочных породах бакальской свиты. Оценивая и сопоставляя приведенные цифры с теми, что опубликованы в других наших работах, надо помнить, что выборки аналитических данных формируются для каждой из публикаций каждый

Таблица 1. Среднее содержание (и величины стандартных отклонений) ряда редких и рассеянных элементов и значения индикаторных отношений для тонкозернистых обломочных пород нижнего рифея Башкирского мегантиклинория

Table 1. Average content (and standard deviations) of a number of trace elements and values of indicator ratios for the Lower Riphean fine-grained clastic rocks of the Bashkirian meganticlinorium

Компоненты (г/т), индикаторные отношения	Свиты					
	Айская	Саткинская	Бакальская	Больше- инзерская	Суранская	Юшинская
Sc	7.36 ± 2.32	9.59 ± 4.58	17.69 ± 7.55	14.24 ± 5.82	6.74 ± 1.89	11.42 ± 4.40
La	21.87 ± 12.09	27.59 ± 13.72	35.71 ± 16.44	34.61 ± 21.15	25.27 ± 8.95	18.34 ± 10.08
Hf	4.75 ± 1.09	2.45 ± 1.44	3.22 ± 0.97	4.41 ± 2.16	3.43 ± 1.05	2.85 ± 0.77
Th	9.09 ± 2.83	9.62 ± 4.39	12.44 ± 3.44	12.31 ± 4.61	9.17 ± 3.04	8.37 ± 3.48
Cr/Th	5.21 ± 2.26	6.27 ± 1.66	6.70 ± 3.68	6.38 ± 1.99	4.23 ± 0.92	12.26 ± 8.08
Th/Sc	1.36 ± 0.5	0.94 ± 0.25	0.79 ± 0.35	0.89 ± 0.21	1.34 ± 0.38	0.73 ± 0.10
La/Sc	3.22 ± 1.80	3.35 ± 2.25	2.15 ± 1.05	2.60 ± 1.19	3.81 ± 1.04	1.62 ± 0.67
Th/Co	2.67 ± 2.49	1.01 ± 0.61	1.03 ± 0.38	2.31 ± 1.23	2.97 ± 2.10	0.97 ± 0.59
Eu/Eu*	0.72 ± 0.09	0.66 ± 0.09	0.78 ± 0.13	0.73 ± 0.10	0.66 ± 0.11	0.73 ± 0.09
La/Th	2.56 ± 1.66	3.67 ± 3.19	2.71 ± 0.80	2.84 ± 1.03	2.97 ± 1.02	2.16 ± 0.74
n	21	21	22	17	11	16

Примечание. n — количество проанализированных образцов.

раз немного по-новому. Общая картина основных геохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород при этом должна сохраняться, но детали могут, конечно, различаться.

Обсуждение фактического материала и выводы

На диаграмме Cr/Th — Th/Sc [Bracciali et al., 2007] средние точки состава всех шести свит

расположены в области величин и Cr/Th и Th/Sc, характерных для преимущественно продуктов разрушения пород кислого состава (см. рис. 4 а). Для тонкозернистых обломочных пород айско-саткинской-бакальской последовательности наблюдается отчетливо выраженное снижение значений Th/Sc, тогда как для большеинзерско-суранско-юшинской последовательности вначале наблюдается рост этого отношения в глинистых породах и только после этого следует резкое падение. На диа-

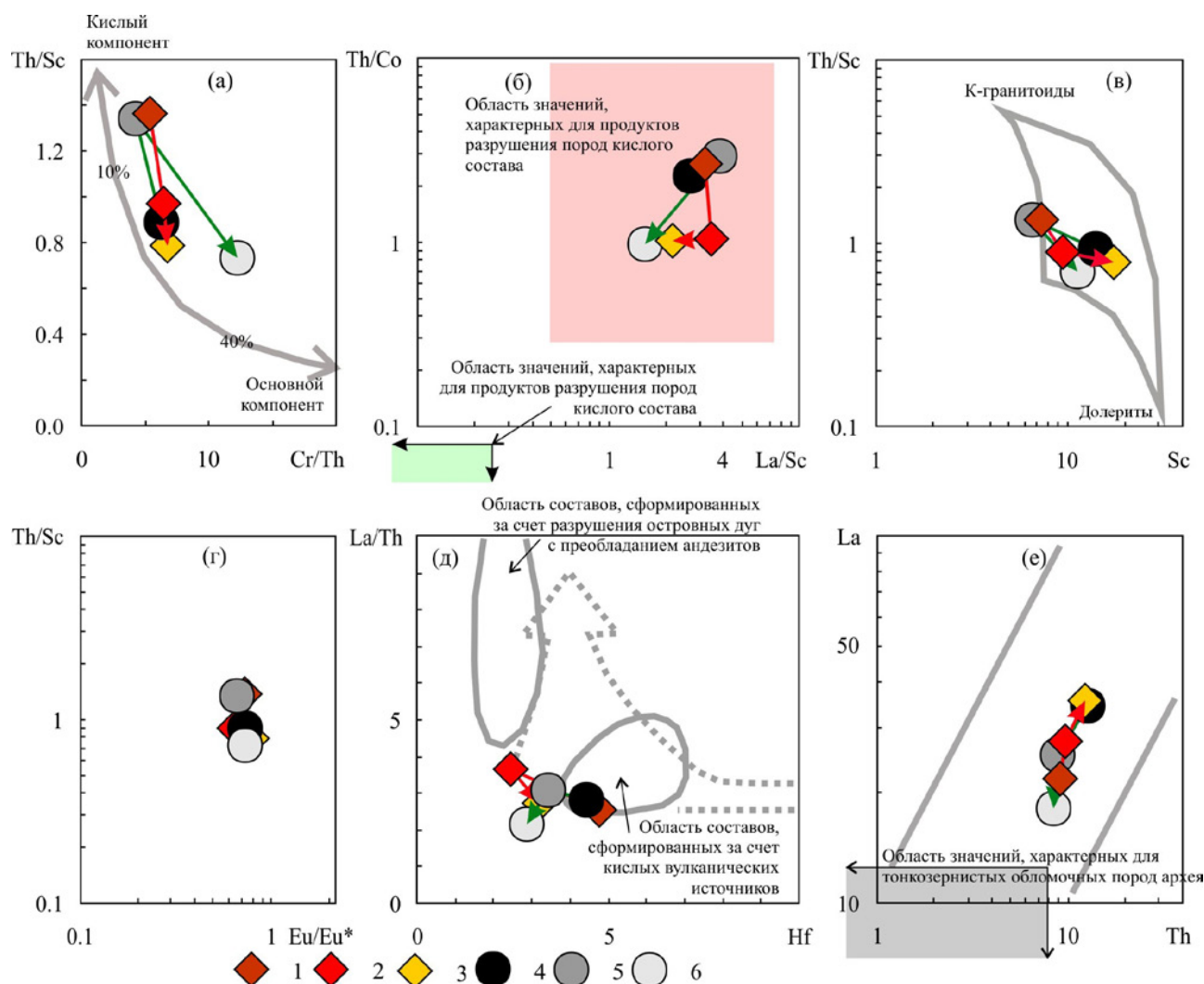


Рис. 4. Положение средних фигуративных точек тонкозернистых обломочных пород различных свит нижнего рифея на диаграммах Cr/Th — Th/Sc (а), La/Sc — Th/Co (б), Sc — Th/Sc (в), Eu/Eu* — Th/Sc (г), Hf — La/Th (д) и Th — La (е)

Условные обозначения: Красная стрелка — изменение значений различных пар параметров для айско-бакальской осадочной последовательности, зеленая стрелка — то же для большеинзерско-юшинской; 1–6 — свиты: 1 — айская; 2 — саткинская; 3 — бакальская; 4 — большеинзерская; 5 — суранская; 6 — юшинская.

Fig. 4. Position of the average data points of fine-grained clastic rocks of various formations of the Lower Riphean in the diagrams Cr/Th — Th/Sc (a), La/Sc — Th/Co (б), Sc — Th/Sc (в), Eu/Eu* — Th/Sc (г), Hf — La/Th (д), and Th — La (е)

Legend: The red arrow is the change in the values of various pairs of parameters for the Ai-Bakal sedimentary sequence, the green arrow is the same for the Bolshoi Inzer-Yusha sequence; 1–6 — formations: 1 — Ai; 2 — Satka; 3 — Bakal; 4 — Bolshoi Inzer; 5 — Suran; 6 — Yusha.

грамме La/Sc — Th/Co [Cullers, 2002] средние фигуративные точки тонкозернистых обломочных пород всех шести свит нижнего рифея также сосредоточены в области значений La/Sc и Th/Co, характерной для продуктов эрозии пород кислого состава (см. рис. 4 б). Здесь также тенденции изменения обоих параметров снизу вверх по обеим осадочным последовательностям отличаются, хотя состав начальных и конечных их членов достаточно близок. Это же наблюдается и на диаграммах Sc — Th/Sc [Fedо et al., 1997] и Eu/Eu* — Th/Sc [Cullers, Podkovyrov, 2002] (см. рис. 4 в, г).

На графике Hf — La/Th [Floyd, Leveridge, 1987] распределение средних точек состава глинистых пород нижнего рифея несколько иное (см. рис. 4 д). Для айско-бакальской последовательности вначале наблюдается заметное снижение содержания Hf (айская свита — 4.8, саткинская свита — 2.5 г/т), затем следует некоторый рост его (бакальская свита — 3.2 г/т). Глинистые породы большеинзерско-юшинского интервала демонстрируют менее амплитудное и последовательное снижение средних концентраций Hf. Так, в глинистых сланцах большеинзерской свиты указанная величина составляет около 4.4, в таких же по гранулометрическому

составу породах суранской свиты она равна 3.4, а в тонкозернистых обломочных породах юшинской свиты — 2.9 г/т. Наконец на диаграмме Th — La [Taylor, McLennan, 1985] тенденции изменения концентраций и Th и La прямо противоположные (см. рис. 4 е). В тонкозернистых обломочных породах северо-востока БМА концентрации растут вверх по разрезу (например, среднее содержание La в глинистых породах айской свиты составляет 21.9, в таких же породах саткинской свиты — 27.6, а бакальской — 35.7 г/т), а в домашакских глинистых породах центральных районов мегантиклинория — снижаются (La_{среднее} в глинистых породах большеинзерской свиты — 34.6, суранской свиты — 25.3, юшинской — 18.3 г/т).

Таким образом, тенденции изменения средних геохимических характеристик тонкозернистых обломочных пород бурзянской серии северо-восточных и центральных районов БМА, отражающих состав материнских для них пород, достаточно различны. С учетом величин стандартных отклонений ($\pm 1\sigma$) ситуация становится несколько менее определенной (рис. 5), но и в этом случае различия в характере изменения снизу вверх по разрезам айско-бакальской и большеинзер-

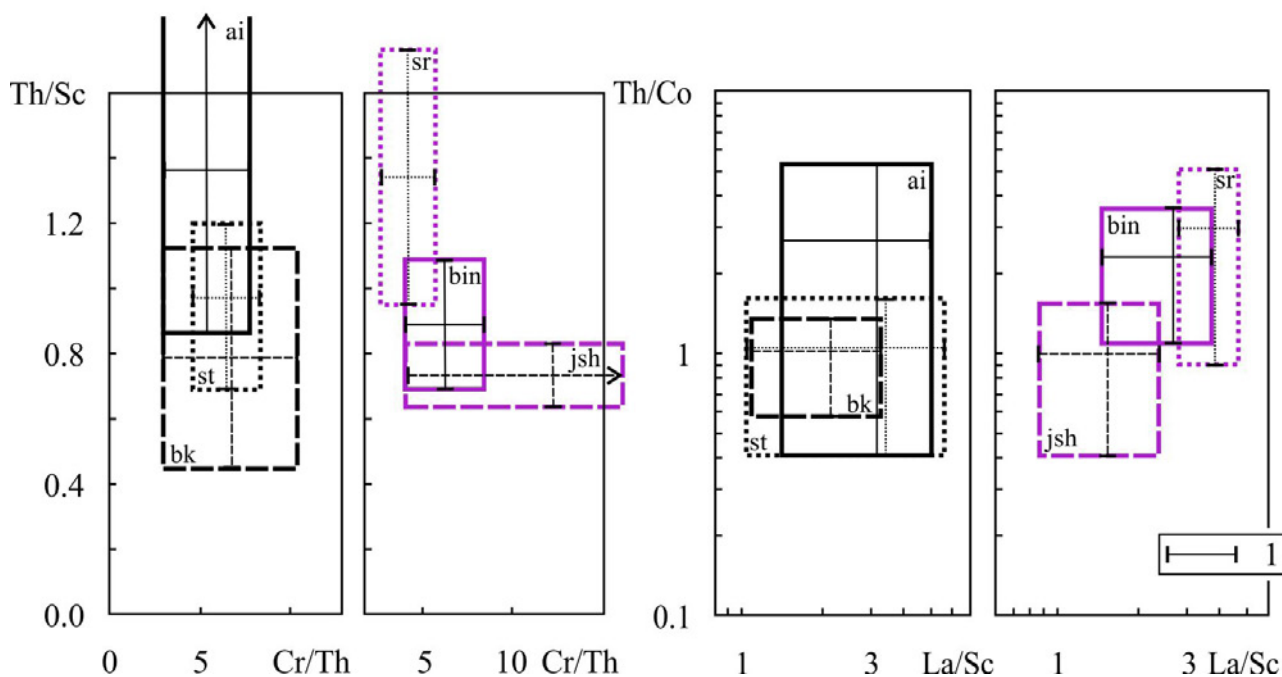


Рис. 5. Поля значений геохимических параметров для тонкозернистых обломочных пород различных свит нижнего рифея, построенные с учетом величин стандартных отклонений

Условные обозначения: 1 — величины стандартных отклонений ($\pm 1\sigma$). Свиты: ai — айская; st — саткинская; bk — бакальская; bin — большеинзерская; sr — суранская; jsh — юшинская.

Fig. 5. Fields of values of geochemical parameters for fine-grained clastic rocks of various formations of the Lower Riphean, constructed taking into account the values of standard deviations

Legend: 1 — standard deviations ($\pm 1\sigma$). Formations: ai — Ai; st — Satka; bk — Bakal; bin — Bolshoi Inzer; sr — Suran; jsh — Yusha.

ско-юшинской осадочных последовательностей достаточно проявлены. Следует ли из всего сказанного вывод о том, что посвитная корреляция отложений бурзянской серии в разных районах БМА некорректна? Конечно, нет, так как на средние значения параметров, которыми мы оперировали выше, влияет достаточно много факторов, исключить которые полностью мы не можем (например, корректность определения содержания редких и рассеянных элементов в индивидуальных образцах, число образцов в выборках для тех или иных свит, представительность опробованных разрезов для каждой из свит и др.), а, может быть, не можем и предположить. Однако, задуматься полученные результаты заставляют. Возможно, пролить свет на то, что за ними стоит, могут исследования возрастов обломочных цирконов в песчаниках большеинзерской и юшинской свит, но это дело будущего.

Список литературы

Гарань М. И. Верхний докембрий (рифей): Стратиграфия // Геология СССР. Т. 12. Пермская, Свердловская, Челябинская и Курганская области. Ч. 1. Геологическое описание. — М.: Недра, 1969. — С. 149–200.

Краснобаев А. А., Козлов В. И., Пучков В. Н., Бушарина С. В., Сергеева Н. Д., Падерин И. П. Цирконовая геохронология машакских вулканитов и проблема возраста границы нижний — средний рифей (Южный Урал) // Стратиграфия. Геол. корреляция. — 2013а. — Т. 21. — № 5. — С. 3–20.

Краснобаев А. А., Пучков В. Н., Козлов В. И., Сергеева Н. Д., Бушарина С. В., Лепехина Е. Н. Цирконология навьюшских вулканитов айской свиты и проблема возраста нижней границы рифея на Южном Урале // Докл. АН. — 2013б. — Т. 448. — № 4. — С. 437–442.

Кузнецов А. Б., Овчинникова Г. В., Горохов И. М., Каурова О. К., Крупенин М. Т., Маслов А. В. Sr-изотопная характеристика и Pb — Pb возраст известняков бакальской свиты (типовой разрез нижнего рифея, Южный Урал) // Докл. АН. — 2003. — Т. 391. — № 6. — С. 794–798.

Кузнецов А. Б., Овчинникова Г. В., Крупенин М. Т., Горохов И. М., Маслов А. В., Каурова О. К., Эльмис Р. Формирование и преобразование карбонатных пород и сидеритовых руд бакальской свиты нижнего рифея (Южный Урал): Sr-изотопная характеристика и Pb — Pb возраст // Литология и полез. ископаемые. — 2005. — № 3. — С. 227–249.

Маслов А. В., Гареев Э. З., Крупенин М. Т., Демчук И. Г. Тонкая алюмосиликокластическая в верхнедокембрийском разрезе Башкирского мегантиклинория (к реконструкции условий формирования). — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 1999. — 324 с.

Маслов А. В., Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Анфимов Л. В. Рифей западного склона Южного Урала

(классические разрезы, седименто- и литогенез, минерогения, геологические памятники природы). — Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2001. — Т. I. — 351 с. — Т. II. — 134 с. — Т. III. — 130 с. — Т. IV. — 103 с.

Маслов А. В., Ронкин Ю. Л., Крупенин М. Т., Гареев Э. З., Лепихина О. П. Нижнерифейские тонкозернистые алюмосиликокластические осадочные образования Башкирского мегантиклинория на Южном Урале: состав и эволюция источников сноса // Геохимия. — 2004. — № 6. — С. 648–669.

Нижний рифей Южного Урала/Отв. ред. М. А. Семихатов. — М.: Наука, 1989. — 208 с.

Овчинникова Г. В., Кузнецов А. Б., Васильева И. М., Горохов И. М., Крупенин М. Т., Гороховский Б. М., Маслов А. В. Pb-Pb Возраст и Sr-изотопная характеристика среднерифейских фосфоритовых конкреций: зигазино-комаровская свита Южного Урала // Докл. АН. — 2013. — Т. 451. — № 4. — С. 430–434.

Радченко В. В., Федонкин М. А. Нижнерифейские отложения южной части Башкирского антиклинория // Изв. АН СССР. Сер. геол. — 1974. — № 11. — С. 117–184.

Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология/Отв. ред. Б. М. Келлер, Н. М. Чумаков. — М.: Наука, 1983. — 184 с.

Bracciali L., Marroni M., Pandolfi L., Rocchi S. (2007) Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins // Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry/(Eds) J. Arribas, S. Critelli, M. J. Johnsson. Geol. Soc. Am. Spec. Pap. No. 420. P. 73–93. DOI: <https://doi.org/10.1130/2006.2420> (06)

Cullers R. L. Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA // Chem. Geol. 2002. V. 191. P. 305–327. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(02\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00133-X)

Cullers R. L., Podkovyrov V. N. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, southeastern Russia // Prec. Res. 2002. V. 117. P. 157–183. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(02\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(02)00079-7)

Fedo C. M., Young G. M., Nesbitt H. W. Paleoclimatic control on the composition of the Paleoproterozoic Serpent Formation, Huronian Supergroup, Canada: a greenhouse to icehouse transition // Prec. Res. 1997. V. 86. P. 201–223. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(97\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(97)00049-1)

Floyd P. A., Leveridge B. E. Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones // J. Geol. Soc. (London). 1987. V. 144. P. 531–542. DOI: <https://doi.org/10.1144/gsjgs.144.4.0531>

Taylor S. R., McLennan S. M. The Continental Crust: Its composition and evolution. Oxford: Blackwell, 1985. 312 p.

References

Bracciali L., Marroni M., Pandolfi L., Rocchi S. (2007) Geochemistry and petrography of Western Tethys Cretaceous

sedimentary covers (Corsica and Northern Apennines): from source areas to configuration of margins. *Sedimentary Provenance and Petrogenesis: Perspectives from Petrography and Geochemistry*/(Eds) J. Arribas, S. Critelli, M.J. Johnsson. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, **420**, 73–93. DOI: <https://doi.org/10.1130/2006.2420> (06)

Cullers R. L. (2002) Implications of elemental concentrations for provenance, redox conditions, and metamorphic studies of shales and limestones near Pueblo, CO, USA. *Chem. Geol.*, **191**, 305–327. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0009-2541\(02\)00133-X](https://doi.org/10.1016/S0009-2541(02)00133-X)

Cullers R. L., Podkovyrov V. N. (2002) The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic U1 group, southeastern Russia. *Prec. Res.*, **117**, 157–183. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(02\)00079-7](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(02)00079-7)

Fedo C. M., Young G. M., Nesbitt H. W. (1997) Paleoclimatic control on the composition of the Paleoproterozoic Serpent Formation, Huronian Supergroup, Canada: a greenhouse to icehouse transition. *Prec. Res.*, **86**, 201–223. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0301-9268\(97\)00049-1](https://doi.org/10.1016/S0301-9268(97)00049-1)

Floyd P. A., Leveridge B. E. (1987) Tectonic environment of the Devonian Gramscatho basin, south Cornwall: framework mode and geochemical evidence from turbiditic sandstones. *J. Geol. Soc. (London)*, **144**, 531–542. DOI: <https://doi.org/10.1144/gsjgs.144.4.0531>

Garan M. I. (1969) Verkhniy dokembriy (Rifey): Stratigrafiya // Geologiya SSSR. T. 12. Permskaya, Sverdlovskaya, Chelyabinskaya i Kurganskaya oblasti. Chast' 1. Geologicheskoye opisaniye [Upper Precambrian (Riphean): Stratigraphy // Geology of the USSR. V. 12. Perm, Sverdlovsk, Chelyabinsk and Kurgan regions. Part 1. Geological description]. M.: Nedra Publ., 149–200. (In Russian).

Krasnobaev A. A., Kozlov V. I., Puchkov V. N., Busharina S. V., Sergeeva N. D., Paderin I. P. (2013a) Tsirkonovaya geokhronologiya mashakskikh vulkanitov i problema vozrasta granitsy nizhniy — sredniy rifey (Yuzhnyy Ural) [Zircon geochronology of the Mashak volcanic rocks and the problem of the age of the Lower — Middle Riphean boundary (Southern Urals)]. *Stratigraphy. Geol. correlation*, **21** (5), 3–20. (In Russian).

Krasnobaev A. A., Puchkov V. N., Kozlov V. I., Sergeeva N. D., Busharina S. V., Lepekhina E. N. (2013b) Tsirkonologiya navyshskikh vulkanitov ayskoy svity i problema vozrasta nizhney granitsy rifeya na Yuzhnom Urale [Zirconology of the Navysh volcanic rocks of the Ai Formation and the problem of the age of the lower Riphean boundary in the Southern Urals]. *Doklady Earth Sci.*, **448** (4), 437–442. (In Russian).

Kuznetsov A. B., Ovchinnikova G. V., Gorokhov I. M., Kaurova O. K., Krupenin M. T., Maslov A. V. (2003) Sr-izotopnaya kharakteristika i Pb — Pb vozrast izvestnyakov bakal'skoy svity (tipovoy razrez nizhnego rifeya, Yuzhnyy Ural) [Sr-isotope characteristics and Pb — Pb age of limestones of the Bakal Formation (type section of the Lower Riphean, Southern Urals)]. *Doklady Earth Sci.*, **391** (6) 794–798. (In Russian).

Kuznetsov A. B., Ovchinnikova G. V., Krupenin M. T., Gorokhov I. M., Maslov A. V., Kaurova O. K., Elms R. (2005) Formirovaniye i preobrazovaniye karbonatnykh porod i sideritovykh rud bakal'skoy svity nizhnego rifeya (Yuzhnyy Ural): Sr-izotopnaya kharakteristika i Pb — Pb vozrast [Formation and transformation of carbonate rocks and siderite ores Bakal Formation of the Lower Riphean (Southern Urals): Sr-Isotopic Characteristics and Pb — Pb Age]. *Lithology and mineral resources*, (3), 227–249. (In Russian).

Maslov A. V., Gareev E. Z., Krupenin M. T., Demchuk I. G. (1999) Tonkaya alyumosilikoklastika v verkhnedokembriyskom razreze Bashkirskogo megantiklinoriya (k rekonstruktsii usloviy formirovaniya) [Fine-grained aluminosiliciclastics in the Upper Precambrian section of the Bashkir meganticlinorium (on the reconstruction of formation conditions)]. Yekaterinburg: IGG UrO RAN. 324 p. (In Russian).

Maslov A. V., Krupenin M. T., Gareev E. Z., Anfimov L. V. (2001) Rifey zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (klassicheskiye razrezy, sidimento- i litogenez, minerageniya, geologicheskiye pamyatniki prirody) [Riphean of the western slope of the Southern Urals (classical sections, sedimento- and lithogenesis, minerageny, geological monuments of nature)]. Yekaterinburg: IGG UrO RAN. V. I. 351 p. V. II. 134 p. V. III. 130 p. V. IV. 103 p. (In Russian).

Maslov A. V., Ronkin Yu. L., Krupenin M. T., Gareev E. Z., Lepikhina O. P. (2004) Nizhnerifeyfskiye tonkozernistyye alyumosilikoklasticheskiye osadochnyye obrazovaniya Bashkirskogo megantiklinoriya na Yuzhnom Urale: sostav i evolyutsiya istochnikov snosa [Lower Riphean fine-grained aluminosiliciclastic sedimentary formations of the Bashkir meganticlinorium in the Southern Urals: composition and evolution of provenances]. *Geochemistry*, (6), 648–669. (In Russian).

Nizhniy rifey Yuzhnogo Urala [Lower Riphean of the Southern Urals]/(Ed.) M. A. Semikhatov. M.: Nauka Publ., 1989. 208 p. (In Russian).

Ovchinnikova G. V., Kuznetsov A. B., Vasilyeva I. M., Gorokhov I. M., Krupenin M. T., Gorohovsky B. M., Maslov A. V. (2013) Pb-Pb Vozrast i Sr-izotopnaya kharakteristika srednerifeyfskikh fosforitovykh konkretyy: zigazino-komarovskaya svita Yuzhnogo Urala [Pb-Pb Age and Sr-isotope characteristics of Middle Riphean phosphorite nodules: Zigazino-Komarovskaya Formation of the Southern Urals]. *Doklady Earth Sci.*, **451** (4), 430–434. (In Russian).

Radchenko V. V., Fedonkin M. A. (1974) Nizhnerifeyfskiye otlozheniya yuzhnoy chasti Bashkirskogo antiklinoriya [Lower Riphean deposits of the southern part of the Bashkir anticlinorium]. *Izv. USSR Academy of Sciences. Ser. geol.*, (11), 117–184. (In Russian).

Stratotip rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya (1983) [Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology]/(Ed.) B. M. Keller, N. M. Chumakov. M.: Nauka Publ., 183 p. (In Russian).

Taylor S. R., McLennan S. M. (1985) The Continintal Crust: Its composition and evolution. Oxford: Blackwell, 312 p.

Сведения об авторе:

Маслов Андрей Викторович, доктор геол.-минерал. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), Россия, г. Уфа. amas2004@mail.ru, ORCID 0000-0003-4902-5789.

About the author:

Maslov Andrei Victorovich, Dr. Sci (Geol., Mineral.), Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Russia, Ufa. amas2004@mail.ru

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

The author declares no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 30.12.2022; одобрена после рецензирования 10.01.2023; принята к публикации 13.03.2023

The article was submitted 30.12.2022; approved after reviewing 10.01.2023; accepted for publication 13.03.2023