

УДК 551:550.4:56:57(407.55)

DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-455-470

Башкирский мегантиклинорий: позднерифейско-вендские перерывы и возможные трансформации систем питания бассейна

А. В. Маслов

Институт геологии и геохимии им. акад. А.Н. Заварицкого УрО РАН, 620016, г. Екатеринбург, ул. Акад. Вонсовского, 15,
e-mail: amas2004@mail.ru

Поступила в редакцию 29.04.2019 г., принята к печати 09.07.2019 г.

Объект исследований. В верхней части верхнерифейско-вендской осадочной последовательности Башкирского мегантиклинория (западное крыло и центральная часть названной структуры, отвечающие стратотипической местности рифея) присутствуют достаточно хорошо установленные перерывы, например предрукский и предбакеевский. Можно предполагать также существование предрукского и предбасинского перерывов. Во время каждого из них система питания бассейна алюмосиликокластикой могла подвергаться тем или иным трансформациям. Однако так ли это на самом деле, до сих пор не вполне ясно. Для решения данной проблемы проанализированы литогеохимические особенности глинистых пород инзерской, миньярской, укской, бакеевской и басинской свит. Если предполагать, что перерывы сопровождаются перестройками областей питания, то это может/должно приводить к появлению на палеоводоразделах более свежих, ранее не подверженных выветриванию комплексов пород. Данное обстоятельство должно обусловить изменение литогеохимических характеристик поступающей в область осадконакопления тонкой алюмосиликокластики. **Методы.** Анализ литогеохимических особенностей глинистых пород основан на данных о содержании в них основных породообразующих оксидов (всего около 40 анализов) и редких и рассеянных элементов (всего 70 анализов). Указанные данные не дают возможности исследовать изменение разных литогеохимических параметров глинистых пород (например, CIA, GM, K_2O/Al_2O_3 или др.) снизу вверх по разрезу каждой из перечисленных свит, поэтому мы оперируем средними в целом для свит величинами таких параметров с учетом значений свойственных им стандартных отклонений. **Результаты и выводы.** На большинстве использованных нами дискриминантных диаграмм фигуративные точки состава аргиллитов басинской свиты занимают положение, в той или иной мере отличное от положения глинистых пород других свит. Единственным литостратиграфическим подразделением в рассматриваемой нами части верхнедокембрийской осадочной последовательности Башкирского мегантиклинория, глинистые породы которого демонстрируют химически заметно менее зрелый, по сравнению с подстилающими их образованиями, характер, служит укская свита (ее нижняя подсвита). Можно думать, что это является следствием появления в предрукское время на палеоводоразделах более свежих (менее преобразованных процессами выветривания) комплексов пород – источников тонкой алюмосиликокластики. Масштабы предбакеевского и предбасинского перерывов, если они и существовали, были, скорее всего, заметно менее значительными.

Ключевые слова: Южный Урал, верхний рифей, венд, глинистые породы, литогеохимия

Источник финансирования

Исследования проведены при финансовой поддержке гранта РФФИ № 18-05-00062

Bashkirian meganticlinorium: Late Riphean-Vendian hiatuses and possible transformations of basin provenances

Andrey V. Maslov

Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry, Ural Branch of RAS, 15 Akad. Vonsovsky st.,
Ekaterinburg 620016, Russia, e-mail: amas2004@mail.ru

Received 29.04.2019, accepted 09.07.2019

The object of research. At the top of the Upper Riphean-Vendian sedimentary sequence of the Bashkirian meganticlinorium (western and central parts of the named structure, corresponding to the stratotypical locality of Riphean) there is a series of fairly well-established hiatuses – the pre-Uk and pre-Bakeevo. One can also assume the existence of the pre-Uruk and pre-Basa hiatuses. During each of them, the thin-grained aluminosiliciclastic's distribution systems could be subjected to

Для цитирования: Маслов А.В. (2020) Башкирский мегантиклинорий: позднерифейско-вендские перерывы и возможные трансформации систем питания бассейна. *Литосфера*, 20(4), 455–470. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-455-470

For citation: Maslov A.V. (2020) Bashkirian meganticlinorium: Late Riphean-Vendian hiatuses and possible transformations of basin provenances. *Litosfera*, 20(4), 455–470. DOI: 10.24930/1681-9004-2020-20-4-455-470

© А.В. Маслов, 2020

one or another transformations. However, whether this is actually the case is still not entirely clear. To solve this problem, the lithogeochemical features of clayey rocks of the Inzer, Minyar, Uk, Bakeevo and Basa formations are analyzed. If we assume that the hiatuses are accompanied by restructuring of the provenances, then this can/should lead to the appearance of more fresh, previously not subject to weathering, rock complexes at the paleo-watersheds. This circumstance should cause a change in the lithochemical characteristics of the thin-grained aluminosiliciclastics entering to the sedimentation area. *Methods.* The analysis of the lithogeochemical features of clayey rocks is based on data on the content of the main rock-forming oxides (about 40 analyzes) and rare and trace elements (total of 70 analyzes). These data make it impossible to investigate the change in different lithogeochemical parameters of clayey rocks (for example, CIA, GM, K_2O/Al_2O_3 , or others) from the bottom upwards through the section of each of the formations listed above, therefore we operate with the averages for the formation values of such parameters taking into account the values their standard deviations. *Results and conclusions.* On the majority of the discriminant diagrams used by us, the figurative data points of the Basa Fm. mudstones occupy a position that to some extent differs from the position of the clayey rocks of other formations. The only lithostratigraphic subdivision in the part of the Upper Precambrian sedimentary sequence of the Bashkirian meganticlinorium under consideration, whose clayey rocks demonstrate a chemically noticeably less mature, compared to the underlying formations, is the Uk Fm. It may be thought that this is the result of the appearance of more fresh (less transformed by weathering) rock complexes at the provenances. The scales of the pre-Bakeevo and pre-Basa breaks, if they existed, were, most likely, noticeably less significant.

Keywords: Southern Urals, Upper Riphean, Vendian, clayey rocks, lithogeochemistry

Funding information

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 18-05-00062)

Acknowledgements

The author is grateful N.S. Glushkova for preparing illustrations for this article

ВВЕДЕНИЕ

Предпринятый нами ранее (Маслов и др., 2010) анализ литогеохимических особенностей песчаников верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория (западный склон Южного Урала) позволил обосновать вывод о смене начиная с басинского уровня их ассоциаций, сформированных в условиях достаточно вялого, пассивного тектонического режима, ассоциациями более активных тектонических обстановок. Было показано, что на протяжении позднего рифея (включая и бакеевское время) основными источниками кластики являлись богатые кварцем осадочные, осадочно-метаморфические и метаморфические образования, а также изверженные породы кислого состава. В басинско-зиганское время существенную роль в поставке материала в бассейн седиментации играли, по всей видимости, изверженные породы среднего и основного состава. Сходство положения и ориентировки поля составов псаммитов средних и верхних уровней ашинской серии с полями псаммитов различных синколлизионных бассейнов на ряде дискриминантных диаграмм позволило (с учетом данных ранее проведенного сравнительно-литологического анализа и ряда других материалов) считать, что начиная с басинского уровня на рассматриваемой территории происходило изменение как тектонических/геодинамических обстановок формирования песчаниковых ассоциаций, так и состава размывавшихся на палеоводосборах комплексов пород.

Данные о U-Pb изотопных возрастах обломочных цирконов, выделенных из песчаников кара-

тауской и ашинской серий Башкирского мегантиклинория, до недавнего времени также позволяли считать, что формирование осадочных последовательностей на указанной территории в позднем рифее контролировалось поступлением кластики с Восточно-Европейской платформы (западный источник в современных координатах), а в венде основные источники обломочного материала располагались к востоку от названной структуры (Кузнецов и др., 2012а, б). Однако новая информация о U-Pb изотопных возрастах обломочных цирконов из песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты (Маслов и др., 2018), нижней подсвиты укской свиты (А.Б. Кузнецов, неопубликованные данные), а также толпаровской свиты (Кузнецов и др., 2019) внесла изменение и в эту ситуацию.

В верхней части верхнерифейско-вендской осадочной последовательности Башкирского мегантиклинория присутствует ряд достаточно хорошо установленных перерывов – преддукский и предбакеевский (Стратотип рифея..., 1983; Кузнецов и др., 2003; и др.). Можно предполагать также существование предурюкского и предбасинского перерывов (рис. 1). Во время каждого из них система питания бассейна алюмосиликокластикой могла подвергаться тем или иным трансформациям, главное из подобных изменений пришлось как будто на предбасинский перерыв (Маслов и др., 2010). Однако так ли это на самом деле, до сих пор не вполне ясно. Решение данной проблемы и является целью нашего исследования. Для ее достижения проанализированы литогеохимические особенности глинистых пород инзерской, миньярской, укской, ба-

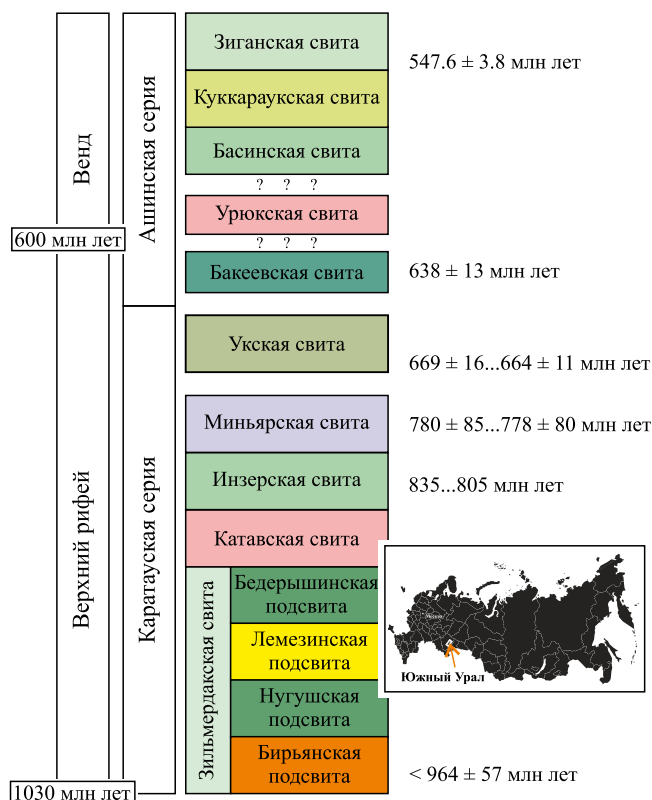


Рис. 1. Сводная стратиграфическая колонка отложений верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория (западный склон Южного Урала).

Fig. 1. Stratigraphic column of the Upper Riphean and Vendian deposits of the Bashkir Meganticlinorium (western slope of the Southern Urals).

кеевской и басинской свит (рис. 2). Выбор именно глинистых пород обусловлен тем, что они, как правило, характеризуют интегральный состав более крупных областей питания, чем песчаники (Taylor, McLennan, 1985; Wedepohl, 1995; Rudnick, Gao, 2003; и др.).

ЛИТОСТРАТИГРАФИЯ И УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ОСАДОЧНЫХ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЕЙ КАРАТАУСКОЙ И АШИНСКОЙ СЕРИЙ¹

Верхнерифейско-вендская последовательность западного склона Южного Урала включает терригенные и карбонатные отложения каратауской и ашинской серий (см. рис. 1). Каратауская серия на

западном крыле и в центральной части Башкирского мегантиклинория объединяет снизу вверх зильмердакскую, катавскую, инзерскую, миньярскую и укскую свиты. Ашинская серия подразделяется на бакеевскую (толпаровскую и суировскую), урюкскую, басинскую, куккараукскую и зиганскую свиты (Стратотип рифея..., 1983).

Формированию позднерифейских осадочных толщ рассматриваемого региона предшествовала кардинальная перестройка общей палеогеографической ситуации на востоке и северо-востоке палеоконтинента Балтика (Маслов, 1993, 1997; и др.). В отличие от относительно небольших седиментационных бассейнов раннего и среднего рифея в самом начале позднего рифея (~960–930...920? млн лет назад) на западной периферии и в центральной части Башкирского мегантиклинория был образован крупный комплекс аллювиально-дельтовых и прибрежно-бассейновых красноцветных песчаников с прослоями и линзами гравелитов и конгломератов (бирьянская подсвита зильмердакской свиты). Во второй половине зильмердакского времени (нугушский, лемезинский и бедерышинский века) формировались прибрежно- и мелководно-морские терригенные образования, на смену которым позднее (катавское, инзерское, миньярское и укское время) пришли терригенные и карбонатные преимущественно мелководно-морские последовательности (Маслов, 1988). Последние при этом представлены как силикокластическими образованиями открытого шельфа (инзерская свита), так и, по всей видимости, крупными карбонатными платформами (миньярская и укская свиты). Наиболее справедливо такое утверждение, на наш взгляд, для укской свиты. Терригенные последовательности ашинской серии, вслед за Ю.Р. Беккером (1968; и др.), традиционно рассматриваются как отложения позднедокембрийской молассы, хотя есть и другие точки зрения.

Зильмердакская свита (мощность от 1200 до 3200 м) состоит преимущественно из аркозовых и субаркозовых песчаников с подчиненными им прослоями гравелитов и конгломератов, алевролитов и глинистых сланцев. Свита расчленяется на четыре подсвиты: бирьянскую, нугушскую, лемезинскую и бедерышинскую (Стратотип рифея..., 1983; Маслов, 1988; и др.). Минимальный U-Pb-изотопный возраст обломочных цирконов, выделенных из песчаников бирьянской подсвиты, составляет 964 ± 57 млн лет, а максимальный равен 3039 ± 19 млн лет (Маслов и др., 2018). Обломочные цирконы из песчаников лемезинской подсвиты характеризуются U-Pb-изотопными возрастными, варьирующими от 3070 ± 27 до 1817 ± 59 млн лет (Романюк и др., 2013). Катавская свита (200–300 м) слагается пестро- и красноцветными тонкополосчатыми глинистыми известняками и мергелями; в нижней ее части в ряде разрезов среди карбо-

¹ Речь здесь идет только о разрезах верхнего рифея стратотипической местности, а также о полных разрезах ашинской серии; мы не привлекаем к анализу отложения верхней части каратауской серии и венда на восточном крыле Башкирского мегантиклинория (криволукская, кургашлинская и байназаровская свиты).

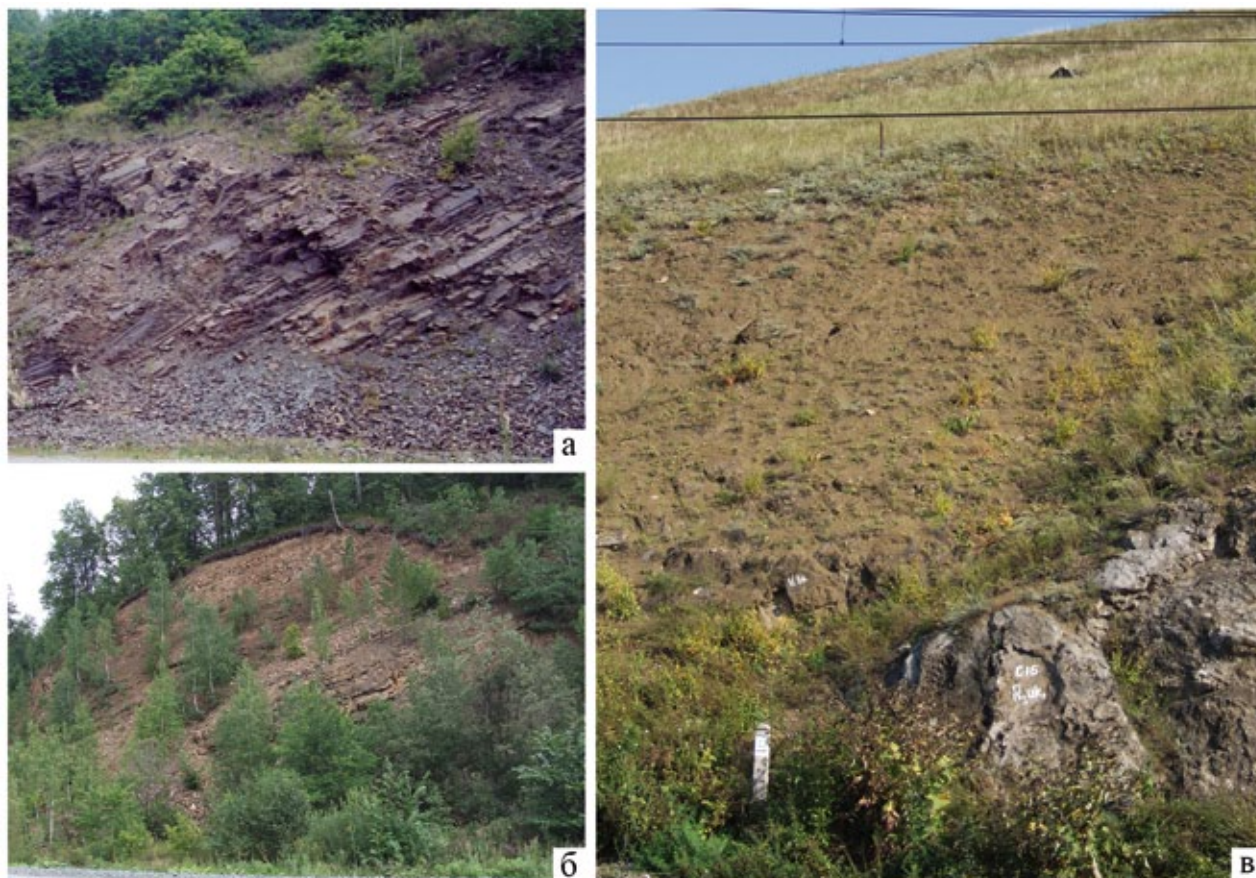


Рис. 2. Типичные ситуации распространения глинистых пород в разрезах каратауской и ашинской серий.
а – инзерская свита, б – нижняя подсвита укской свиты, в – бакеевская свита.

Fig. 2. Typical situations of the distribution of clayey rocks in the sections of the Karatau and Asha groups.
а – Inzer Formation, б – the lower part of the Uk Fm, в – Bakeevo Fm.

натных пород присутствуют маломощные прослои красноцветных глинистых сланцев. *Инзерская свита* (100–1000 м) представлена пакетами и пачками переслаивания глауконито-кварцевых песчаников, алевролитов и аргиллитов. В ряде разрезов в ее основании залегает примерно 200-метровая пачка сероцветных известняков (подинзерские слои). По данным (Овчинникова и др., 1995; Gorokhov et al., 1995), Rb-Sr изотопный возраст раннедиагенетического иллита из глинистых сланцев инзерской свиты составляет 805–835 млн лет. Время проявления раннего диагенеза в известняках подинзерских слоев датируется изохронным Pb-Pb методом в 836 ± 25 млн лет (Овчинникова и др., 1998). *Миньярская свита* (500–800 м) сложена преимущественно доломитами, в том числе строматолитовыми, в виде маломощных прослоев в разрезах свиты присутствуют алевролиты и аргиллиты. Г.В. Овчинникова с соавторами (1998) приводят средневзвешенное значение возраста доломитов миньярской свиты, равное 778 ± 80 млн лет (Pb-Pb метод). Несколько

позднее было показано, что Pb-Pb возраст доломитов средней части свиты составляет 780 ± 85 млн лет (Овчинникова и др., 2000). *Укская свита* (300–400 м) в нижней части представлена аргиллитами, песчаниками и алевролитами с прослоями известняков и мергелей, а в верхней – преимущественно известняками со строматолитами.

Основываясь на приведенных изотопно-геохронологических данных и допуская существование линейной зависимости между мощностью отложений и временем их накопления, а также опираясь на результаты хемотратиграфических исследований, А.Б. Кузнецов с соавторами (2003) наметили для свит каратауской серии следующие возрастные рамки: катавская – 890–850 млн лет, инзерская – 850–810, миньярская – 810–770, укская – 690–640 млн лет. Современные представления о возрасте укской свиты по глаукониту и хемотратиграфическим данным различны. Считается, что возраст свиты больше Rb-Sr возраста Al-глауконита (638 ± 13 млн лет) из песчаников бакеевской свиты.

евской свиты, перекрывающей с размывом известняки укской свиты (Zaitseva et al., 2013; Кузнецов и др., 2014; Семихатов и др., 2015). К-Ag и Rb-Sr возраст глауконита из песчаников нижеукской под-свиты составляет 669 ± 16 и 664 ± 11 млн лет соответственно (Зайцева и др., 2008). Этим возрастным оценкам противостоят результаты изучения изотопного состава стронция. Отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в наименее измененных известняках укской свиты на коррелируемых стратиграфических уровнях согласуются в ряде удаленных друг от друга разрезах и составляют 0.70533 в основании, 0.70538–0.70586 в нижней трети и 0.70605–0.70609 в верхней части свиты (Кузнецов, 2013). Такие значения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$, по мнению большинства специалистов, характерны для докриогениевых отложений с возрастом более 720 млн лет.

Анализ седиментологических и геохимических материалов, а также данных о U-Pb изотопных возрастах обломочных цирконов, присутствующих в песчаниках каратауской серии, показывает, что в качестве главных источников силикокластики для позднерифейского бассейна осадконакопления выступали восточные регионы (например, Средневожский мегаблок) Восточно-Европейской платформы (Акимов, 1964; Маслов, 1988; Геологическая карта..., 1996; Романюк и др., 2013; Маслов и др., 2018), сложенные архейскими гранитоидными, габбро-норит-анортозитовыми и осадочно-вулканогенными комплексами, раннепротерозойскими осадочно-вулканогенными и ультраметагенными образованиями, а также калиевыми гранитоидами (Богданова, 1986; Докембрийская геология..., 1988). Во второй половине позднего рифея существовал, по всей видимости, и ограниченный сносом силикокластики с востока, что следует из материалов литолого-фациальных исследований и анализа строения разрезов инзерской и миньярской свит (Маслов, 1988, 1997). Данные определения изотопных возрастов обломочных цирконов в песчаниках бирьянской подсвиты зильмердакской свиты и нижней части укской свиты дают основание предполагать, что среди поставщиков обломочного материала в бассейн были и комплексы пород, содержавшие мезо- и неопротерозойские цирконы. Пространственное положение таких источников в настоящее время активно обсуждается.

Отложения каратауской серии несогласно перекрыты терригенными породами ашинской серии (Стратотип рифея..., 1983). На западном крыле мегантиклинория в окрестностях д. Толпарово (бассейн р. Зилим) на глинистых известняках катавской свиты с конгломератами в основании залегают породы *толпаровской свиты* (600–650 м): грубоплитчатые песчаники с прослоями микститов, гравелитов, конгломератов и, редко, аргиллитов. Выше них в этом районе обнажены отложения *суировской свиты* (≈ 300 м), объединяющей алевролиты и аргиллиты с

редкими прослоями песчаников. В других частях мегантиклинория разрез ашинской серии начинается отложениями бакеевской свиты (возможный фациальный аналог толпаровской и суировской свит), залегающими с размывом на известняках укской свиты каратауской серии. *Бакеевская свита* (мощность до 140 м) в верховьях р. Зилим сложена ожелезненными песчаниками, алевролитами с глауконитом и прослоями гематитовых руд; на севере мегантиклинория она объединяет преимущественно тонкозернистые обломочные/глинистые породы. По данным изохронного Rb-Sr метода, возраст Al-глауконита из бакеевской свиты составляет 638 ± 13 млн лет² (Zaitseva et al., 2013). *Урюкская свита* (200–300 м) объединяет аркозовые и полевошпато-кварцевые песчаники, гравелиты и конгломераты. *Басинская свита* (до 1000 м) представлена субграувакковыми и полевошпато-кварцевыми песчаниками, переслаиваемыми с алевролитами и глинистыми сланцами. *Куккараукская свита* (30–250 м) складывается конгломератами, песчаниками и алевролитами. *Зиганская свита* (500–600 м) объединяет песчаники, алевролиты и аргиллиты. Цирконы из вулканических туфов в нижней части зиганской (?) свиты имеют U-Pb изотопный возраст 547.6 ± 3.8 млн лет (Levashova et al., 2013). Породы урюкской, басинской, куккараукской и зиганской свит связаны между собой постепенными переходами, что как будто исключает наличие между ними каких-либо перерывов (Стратотип рифея..., 1983), однако состав песчаников урюкской свиты и басинско-зиганского интервала принципиально различен (аркозы и субаркозы, с одной стороны, и граувакки и сходные с ними по составу разности, с другой). Это дает основание предполагать, что между урюкской и басинской свитами существует перерыв в осадконакоплении.

Обломочные цирконы из песчаников *толпаровской свиты* имеют U-Pb изотопный возраст от 2905 ± 15 до 889 ± 21 млн лет (Кузнецов и др., 2019). В песчаниках басинской свиты их возраст варьирует от ≈ 2869 до ≈ 705 млн лет (Кузнецов и др., 2012а, 2012б). Песчаники кукараукской свиты содержат обломочные цирконы, диапазон возрастов которых отвечает интервалу $\approx 3188... \approx 617$ млн лет (Кузнецов и др., 2012б). Исходя из приведенных данных, можно сделать вывод, что в песчаниках ашинской серии примерно треть обломочных цирконов имеет возраста, соответствующие спектру возрастов цирконов, свойственному кристаллическим комплексам цоколя Волго-Уральской области Восточно-Европейской платформы; две трети кристаллов характеризуются более молодыми возрастами (Кузнецов и др., 2012а, б, 2019). Источниками последних, по представлениям Н.Б. Кузнецова с соавтора-

² Строго говоря, в соответствии с (Стратиграфический кодекс..., 2006; Маслов и др., 2013), бакеевская свита имеет верхнерифейский возраст.

ми, не могли являться Свеко-Норвежская и Свеко-Фенская части Балтики, а также магматические образования в пределах Башкирского мегантиклинория. Это приводит к предположению о поступлении обломочных цирконов такого возраста с востока в результате размыва комплексов пород так называемого Белорецкого купола – локальный источник (представления В.Н. Пучкова и его коллег), или, возможно, квинслендского края Австралии – источник более далекий (представления Н.Б. Кузнецова и его соавторов).

Следует, однако, отметить, что еще Ю.Р. Беккер (1961), исходя из литологических наблюдений и данных минералогических исследований, отмечал, что во время накопления отложений урюкской, басинской, куккараукской и зиганской свит источники кластики располагались как на западе (Татарский свод), так и на востоке (Центрально-Башкирское поднятие, Западно-Башкирская область) от современного Башкирского мегантиклинория. Результаты минералогических и изотопных исследований немецких специалистов, полученные в рамках программы “Европроба” и последующих работ (Willner et al., 2001, 2003, 2004; Glasmacher et al., 2001, 2004), не противоречат этим представлениям и указывают на формирование песчаников ашинской серии за счет продуктов размыва высокobarических метаморфических комплексов так называемого Белорецкого купола (восточный источник) и довендских осадочных последовательностей. Такого же мнения придерживаются и авторы последней по времени публикации на эту тему, считающие, что “возрастные характеристики первичных цирконов из рифейских вулканитов и пород Тараташского комплекса, как источников цирконовой кластики для рифейских и вендских песчаников, регулируются процессами переотложения, а детритовая фракция цирконов формируется за счет местных объектов” (Краснобаев и др., 2019, с. 15).

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Приводимый далее анализ литогеохимических особенностей глинистых пород (аргиллиты и глинистые сланцы) верхней части каратауской и нижней части ашинской серий Башкирского мегантиклинория основан на данных о содержании в них основных породообразующих оксидов (всего около 40 анализов) и редких и рассеянных элементов (всего 70 анализов), полученных в разные годы методами РФА и ICP-MS в Институте геологии УФИЦ/УНЦ/БНЦ АН СССР/РАН (г. Уфа) и Институте геологии и геохимии УрО РАН (г. Екатеринбург)³.

³ Образцы для исследования валового химического состава отобраны автором и Э.З. Гареевым из разрезов инзерской свиты в окрестностях пос. Инзер, миньярской свиты – в районе г. Миньяр, укской свиты – в рай-

Указанные аналитические данные не дают возможности исследовать изменение разных литогеохимических параметров глинистых пород (например, SiA , GM , $\text{K}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ или др.) снизу вверх по разрезу каждой из перечисленных свит, поэтому далее мы оперируем средними в целом для свит величинами таких параметров с учетом значений собственных им стандартных отклонений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Средние, минимальные и максимальные содержания основных породообразующих оксидов и некоторых редких и рассеянных элементов в глинистых породах инзерской, миньярской, укской, бакеевской и басинской свит приведены в табл. 1, 2.

На диаграмме НКМ–ФМ (Юдович, Кетрис, 2000) фигуративные точки состава глинистых пород укской и бакеевской свит расположены вне каких-либо ее классификационных полей. Аргиллиты инзерской свиты сосредоточены в поле V (хлорит-сметит-гидрослюдистые глины), тогда как глинистые породы миньярской свиты локализованы в области перекрытия полей V и VI (гидрослюдистые со значительной примесью дисперсных полевых шпатов глины), а породы басинской свиты – в области перекрытия полей III (преимущественно хлоритовых глин с примесью Fe-гидрослюд), IV (хлорит-гидрослюдистых глин) и V (рис. 3а). Такое распределение фигуративных точек можно в определенной мере интерпретировать как отражение сходства состава глинистых пород укской и бакеевской свит, с одной стороны, и инзерской, миньярской и басинской, с другой.

На диаграмме $\text{K}/\text{Al}-\text{Mg}/\text{Al}$ (Turgeon, Brumsack, 2006) распределение фигуративных точек иное (рис. 3б). Компактной локализацией здесь обладают глинистые породы, с одной стороны, инзерской и бакеевской свит (к ним примыкают также точки состава укской и миньярской свит), а с другой – басинской свиты. Последние несколько смещены относительно всех остальных в сторону “хлоритовой” вершины. Точки инзерской, миньярской, укской и бакеевской свит в основном сконцентрированы в “иллит-калишпатовой” части данного графика. В целом распределение фигуративных точек состава глинистых пород верхней части каратауской и низов ашинской серий на двух рассмотренных классификационных диаграммах не имеет видимых общих черт.

оне пос. Кулмас, бакеевской свиты – в районе г. Усть-Катав, басинской свиты – там же. Все указанные разрезы расположены в пределах типовой местности распространения отложений рифея на территории западного склона Южного Урала. К сожалению, мы не располагали образцами глинистых пород из урюкской свиты, так как последняя сложена преимущественно/почти исключительно аркозовыми песчаниками.

Таблица 1. Средние, минимальные и максимальные содержания (мас. %) и значения ряда индикаторных отношений основных породообразующих оксидов в глинистых породах инзерско-басинского интервала верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория

Table 1. Average, minimum and maximum contents (wt %) and values of indicator ratios of the main rock-forming oxides in clayey rocks of the Inzer-Basa interval of the Upper Precambrian of the Bashkirian meganticlinorium

Компоненты, отношения	Свита				
	Инзерская	Миньярская	Укская	Бакеевская	Басинская
SiO ₂	61.83 ± 5.02 53.50–69.68	58.70	65.83 ± 3.28 63.48–69.58	58.11 ± 0.53 57.50–58.44	56.53 ± 5.39 50.98–74.22
TiO ₂	0.85 ± 0.25 0.29–1.18	1.00	0.86 ± 0.09 0.80–0.96	0.74 ± 0.01 0.73–0.75	0.98 ± 0.24 0.49–1.35
Al ₂ O ₃	17.70 ± 2.64 12.34–20.81	19.05	14.79 ± 1.28 13.89–16.26	18.28 ± 0.30 18.08–18.63	17.59 ± 2.14 11.44–19.95
Fe ₂ O ₃ общ	6.54 ± 1.65 3.55–9.18	4.41	4.4 ± 0.76 3.52–4.85	7.57 ± 0.50 7.20–8.14	10.44 ± 2.25 4.73–14.37
CaO	0.69 ± 0.41 0.27–1.80	1.16	2.51 ± 0.99 1.37–3.12	0.85 ± 0.12 0.72–0.95	1.13 ± 0.70 0.14–2.82
MgO	2.18 ± 0.55 1.20–3.29	2.41	1.79 ± 0.30 1.45–2.03	2.11 ± 0.08 2.06–2.21	4.16 ± 0.99 1.77–5.34
MnO	0.04 ± 0.04 0.02–0.15	0.01	0.06 ± 0.06 0.01–0.13	0.04	0.12 ± 0.04 0.06–0.22
K ₂ O	4.90 ± 1.06 3.13–7.06	7.23	5.05 ± 0.34 4.67–5.30	4.66 ± 0.21 4.54–4.90	3.64 ± 0.46 2.21–4.23
Na ₂ O	1.11 ± 0.21 0.62–1.41	0.26	0.57 ± 0.48 0.13–1.09	0.57 ± 0.06 0.50–0.60	1.57 ± 0.12 1.40–1.79
P ₂ O ₅	0.10 ± 0.05 0.02–0.23	0.07	0.05 ± 0.02 0.04–0.07	0.21 ± 0.05 0.16–0.25	0.19 ± 0.05 0.02–0.29
П.п.п.	4.25 ± 0.44 3.45–5.00	5.00	4.88 ± 1.98 2.60–6.20	6.85 ± 0.22 6.60–7.03	4.07 ± 1.97 0.32–6.10
K/Al	0.43 ± 0.04 0.38–0.55	0.59	0.54 ± 0.03 0.51–0.57	0.40 ± 0.01 0.39–0.41	0.32 ± 0.03 0.28–0.38
Mg/Al	0.14 ± 0.03 0.08–0.19	0.14	0.14 ± 0.02 0.12–0.16	0.13 ± 0.01 0.13–0.14	0.27 ± 0.05 0.18–0.33
HKM	0.34 ± 0.03 0.29–0.42	0.39	0.38 ± 0.05 0.33–0.44	0.29	0.30 ± 0.03 0.25–0.35
ФМ	0.14 ± 0.04 0.10–0.22	0.12	0.03 ± 0.01 0.02–0.03	0.04	0.26 ± 0.06 0.09–0.36
K ₂ O/Na ₂ O	4.57 ± 1.19 2.61–7.15	27.80	18.29 ± 19.60 4.76–40.77	8.31 ± 1.29 7.57–9.80	2.32 ± 0.36 1.49–2.88
F1	1.75 ± 1.63 –1.35...4.79	6.85	5.11 ± 0.95 4.12...6.01	-0.10 ± 0.53 –0.62...0.44	-1.97 ± 1.63 –4.98...–0.18
F2	1.19 ± 1.34 –1.76...3.73	4.61	3.45 ± 1.00 2.35...4.28	0.12 ± 0.24 –0.13...0.36	1.83 ± 2.27 –2.88...4.62
DF1	2.83 ± 0.29 2.35...3.21	6.27	4.76 ± 2.07 3.54...7.15	3.42 ± 0.21 3.28...3.66	1.26 ± 0.30 0.72...1.73
DF2	0.93 ± 0.91 –0.51...1.96	0.82	-0.03 ± 1.35 –1.57...0.97	1.14 ± 0.25 0.86...1.34	0.02 ± 0.73 –1.64...1.10
CIA	68 ± 4 59–72	65	58 ± 5 52–62	71 ± 1 70–71	67 ± 4 58–72
ГМ	0.41 ± 0.09 0.29–0.55	0.42	0.31 ± 0.02 0.28–0.32	0.46 ± 0.01 0.45–0.47	0.52 ± 0.10 0.23–0.68
K ₂ O/Al ₂ O ₃	0.28 ± 0.03 0.24–0.35	0.38	0.34 ± 0.02 0.33–0.36	0.25 ± 0.01 0.25–0.26	0.21 ± 0.02 0.18–0.24
n	13	1	3	3	17

Примечание. Здесь и в табл. 2 в числителе – среднее содержание/значение и стандартное отклонение, в знаменателе – минимальное и максимальное содержание/значение; n – число проанализированных образцов.

Note. Here and in Table 2 in the numerator – the average content/value and standard deviation, in the denominator – the minimum and maximum content/value; n – the number of samples analyzed.

Таблица 2. Средние, минимальные и максимальные содержания (г/т) и значения ряда индикаторных отношений редких и рассеянных элементов в глинистых породах инзерско-басинского интервала верхнего докембрия Башкирского мегантиклинория

Table 2. Average, minimum and maximum contents (ppm) and values of indicator ratios of trace elements in clayey rocks of the Inzer-Basa interval of the Upper Precambrian of the Bashkirian meganticlinorium

Компоненты, отношения	Свита				
	Инзерская	Миньярская	Укская	Бакеевская	Басинская
Sc	10.69 ± 5.42 3.95–25.81	10.41 ± 6.59 2.38–22.13	9.70 ± 3.39 3.17–14.32	13.88 ± 1.48 12.07–15.42	21.95 ± 2.56 17.72–27.09
Cr	63.93 ± 26.00 39.19–121.42	94.55 ± 31.94 46.62–139.38	84.08 ± 22.15 37.39–112.95	101.13 ± 1.35 99.80–103.00	119.98 ± 15.32 87.38–148.50
Co	11.74 ± 2.95 7.06–18.85	8.02 ± 4.26 1.24–14.89	13.05 ± 3.97 8.34–21.12	10.10 ± 1.77 7.90–11.90	25.94 ± 3.84 17.07–33.51
Zr	162.43 ± 38.22 105.72–251.84	211.53 ± 113.14 88.23–474.30	219.89 ± 80.87 70.83–363.29	161.81 ± 16.76 144.62–178.63	201.52 ± 39.78 150.86–294.10
La	22.45 ± 16.56 5.26–54.91	17.04 ± 8.99 4.45–32.78	24.25 ± 10.93 3.82–39.44	42.95 ± 6.04 34.06–47.50	38.92 ± 8.29 26.51–60.88
Th	8.86 ± 5.44 2.50–19.77	11.46 ± 5.21 2.50–17.43	9.38 ± 4.59 1.21–15.44	14.41 ± 0.86 13.35–15.46	13.52 ± 1.56 11.26–17.23
Zr/Sc	18.20 ± 8.14 7.69–45.27	26.13 ± 16.74 9.71–57.95	26.33 ± 18.08 9.85–68.83	11.85 ± 2.49 9.38–14.80	9.19 ± 1.50 7.30–12.39
Th/Sc	0.78 ± 0.21 0.50–1.15	1.23 ± 0.48 0.75–2.22	0.90 ± 0.31 0.38–1.25	1.04 ± 0.10 0.94–1.16	0.62 ± 0.06 0.52–0.73
La/Sc	1.90 ± 0.83 0.85–4.08	1.82 ± 0.69 0.91–2.73	2.36 ± 0.59 1.21–2.96	3.09 ± 0.23 2.82–3.39	1.79 ± 0.40 1.00–2.59
Th/Co	0.78 ± 0.21 0.50–1.15	1.23 ± 0.48 0.75–2.22	0.90 ± 0.31 0.38–1.25	1.04 ± 0.10 0.94–1.16	0.62 ± 0.06 0.52–0.73
Cr/Th	9.20 ± 4.21 3.91–18.24	10.99 ± 10.31 5.84–38.29	16.25 ± 22.65 5.90–72.12	7.04 ± 0.40 6.51–7.47	8.94 ± 1.27 6.74–10.97
n	28	9	8	4	21

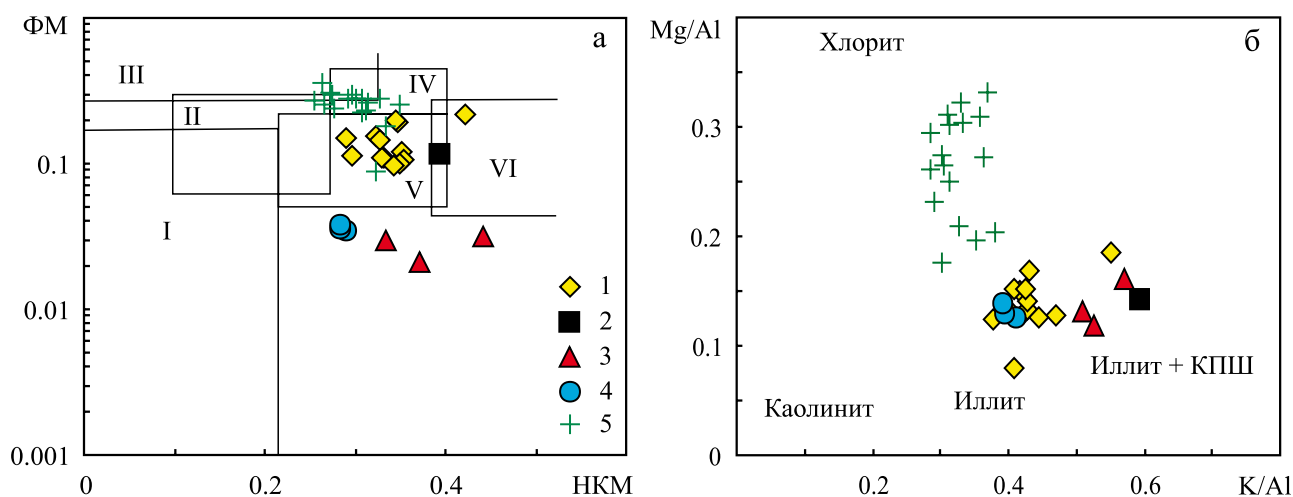


Рис. 3. Положение фигуративных точек состава глинистых пород верхней части каратауской и нижней части ашинской серий на диаграммах НКМ–ФМ (а) и К/Ал–Мг/Ал (б).

Свиты: 1 – инзерская, 2 – миньярская, 3 – укская, 4 – бакеевская, 5 – басинская.

Fig. 3. Position of the figurative data points of the clayey rocks from the upper part of the Karatau and lower part of the Asha groups on the NKM–FM (a) and K/Al–Mg/Al (b) diagrams.

Formations: 1 – Inzer, 2 – Minyar, 3 – Uk, 4 – Bakeevo, 5 – Basa.

На диаграмме Zr/Sc–Th/Sc (McLennan et al., 1993) практически все фигуративные точки состава исследуемых нами глинистых пород сосредоточены в области тренда, определяемого, в соответствии с представлениями С. МакЛеннана и его соавторов, составом исходных пород на палеоводоразделах (рис. 4). Это позволяет использовать литогеохимические особенности глинистых пород верхов каратауской и низов ашинской серий для различных генетических построений.

Обратимся теперь к распределению точек состава глинистых пород инзерской, миньярской, уксской, бакеевской и басинской свит на различных дискриминантных диаграммах, позволяющих в той или иной мере судить о палеогеодинамических обстановках накопления осадочных образований. При этом сразу отметим, что нас интересуют не собственно палеогеодинамические обстановки формирования глинистых пород перечисленных литостратиграфических подразделений, а общий характер распределения точек (более компактный/менее компактный, перекрытие или отсутствие такового для полей, образуемых точками состава разных свит и подобные особенности), исходя из которого можно делать предположения о сходстве или различии состава поступавшей на том или ином этапе в область седиментации тонкой алюмосиликокластики.

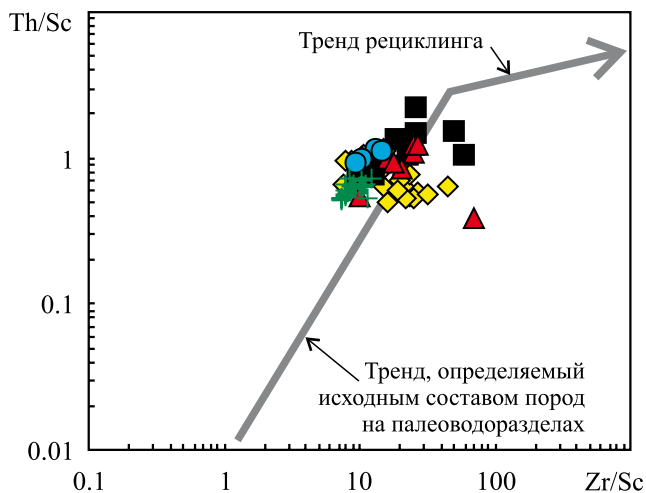


Рис. 4. Положение фигуративных точек состава глинистых пород верхней части каратауской и нижней части ашинской серий на диаграмме Zr/Sc–Th/Sc.

Условные обозначения – см. рис. 3.

Fig. 4. Position of the figurative data points of the clayey rocks of the upper part of the Karatau and lower part of the Asha groups on the Zr/Sc–Th/Sc diagram.

Legend – see Fig. 3.

На диаграмме SiO₂–(K₂O/Na₂O) (Roser, Korsch, 1986) фигуративные точки глинистых пород всех свит, за исключением басинской, в основном сконцентрированы в поле составов, характерных для отложений пассивных континентальных окраин (рис. 5а). Аргиллиты басинской свиты локализованы на данной диаграмме преимущественно в других полях: активных континентальных окраин и океанических островных дуг. Не пытаясь объяснить такие особенности распределения с точки зрения палеогеодинамики, отметим лишь то, что на данной диаграмме глинистые породы инзерско-бакеевской последовательности имеют заметно иное положение, нежели аргиллиты басинского уровня. Перекрытия между двумя названными областями нет.

Примерно такая же ситуация наблюдается на графике F1–F2 (Bhatia, Crook, 1986) (рис. 5б). Точки состава аргиллитов басинской свиты сосредоточены здесь в основном в поле отложений пассивных континентальных окраин, тогда как точки глинистых пород инзерской, миньярской, уксской и бакеевской свит образуют подобие линейного тренда и распределены в полях отложений континентальных и океанических островных/вулканических дуг. Перекрытия между двумя этими областями нет. Наиболее значительным разбросом величин F1 и F2 обладают на рассматриваемой диаграмме глинистые породы инзерской свиты; в образуемую ими область вписываются все точки аргиллитов бакеевской свиты и часть точек уксской свиты.

Наконец, на графике DF1–DF2 (Verma, Armstrong-Altrin, 2013) между областями распределения фигуративных точек басинской свиты, а также инзерской и бакеевской свит перекрытие отсутствует. Точка аргиллитов миньярской свиты и ряд точек глинистых пород уксской свиты занимают на данной диаграмме обособленное положение и не тяготеют к областям составов басинского уровня или инзерско-бакеевской ассоциации (рис. 5в). Намечившаяся на двух предыдущих дискриминантных диаграммах тенденция обособленного распределения бакеевских и басинских аргиллитов хорошо выражена и здесь.

Распределение фигуративных точек состава глинистых пород всех рассматриваемых литостратиграфических подразделений верхней части каратауской и нижней части ашинской серий на диаграмме La/Sc–Th/Co (Cullers, 2002) показывает, что слагающая их тонкая алюмосиликокластика является по преимуществу продуктом разрушения пород кислого состава (рис. 6а). Какую-либо специфику в локализации точек глинистых пород разных свит на данном графике увидеть трудно.

Примерно также распределены фигуративные точки глинистых пород верхов верхнего рифея и низов венда на диаграмме Cr/Th–Th/Sc в модификации (Braccialli et al., 2007) (рис. 6б). Наиболее широкое поле образуют здесь глинистые сланцы

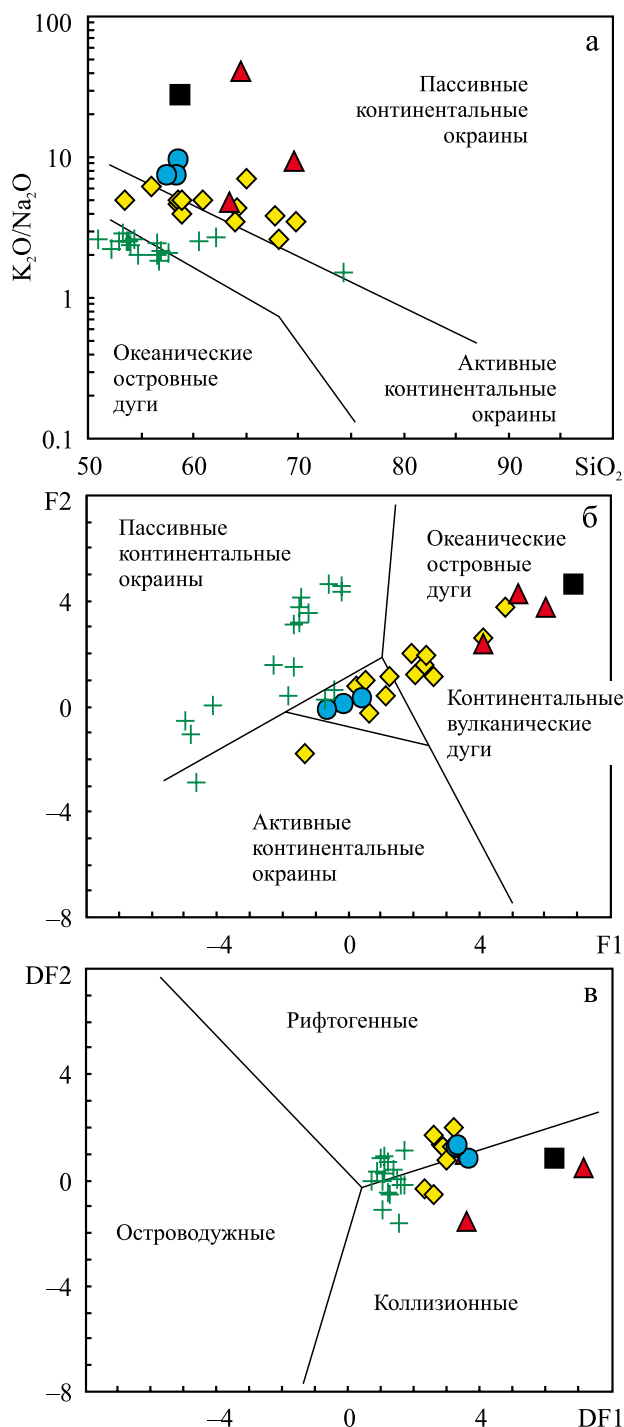


Рис. 5. Локализация фигуративных точек состава глинистых пород верхней части каратауской и нижней части ашинской серий на диаграммах SiO_2 –(K_2O/Na_2O) (а), F1–F2 (б) и DF1–DF2 (в).

Условные обозначения – см. рис. 3.

Fig. 5. Localization of the figurative data points of the clayey rocks of the upper part of the Karatau and lower part of the Asha groups on the SiO_2 –(K_2O/Na_2O) (а), F1–F2 (б) and DF1–DF2 (в) diagrams.

Legend – see Fig. 3.

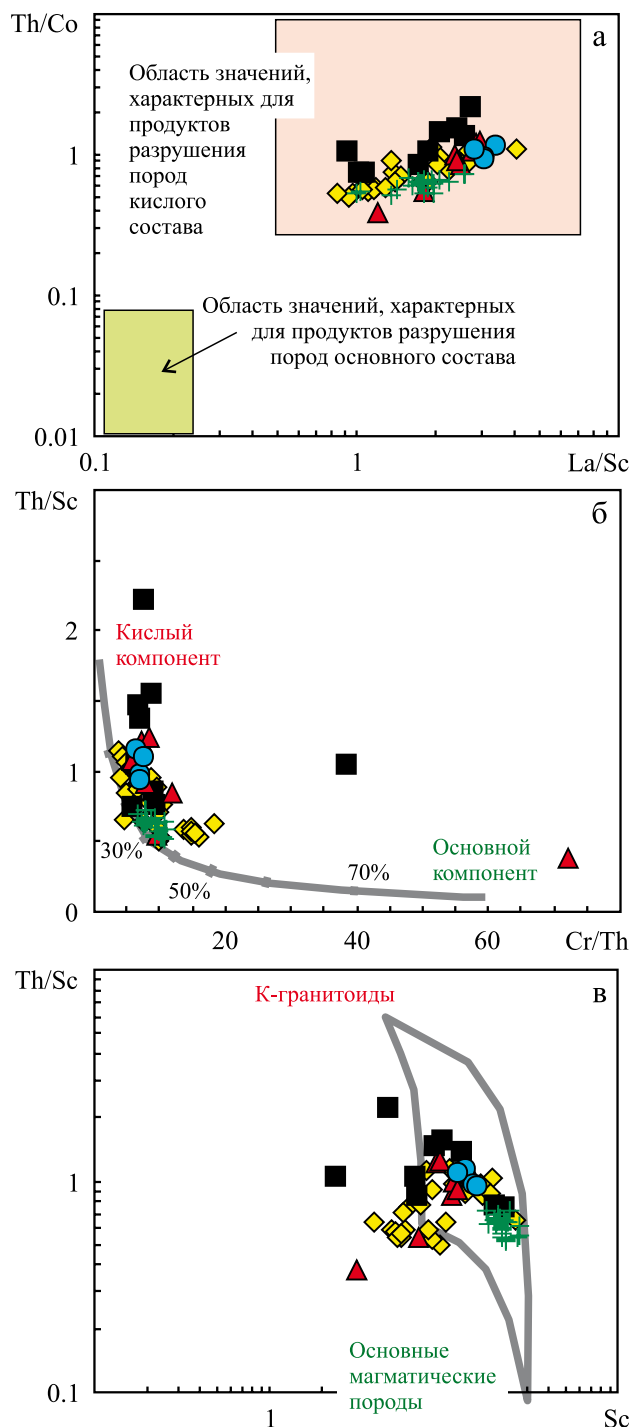


Рис. 6. Распределение фигуративных точек состава глинистых пород верхней части каратауской и нижней части ашинской серий на диаграммах La/Sc–Th/Co (а), Cr/Th–Th/Sc (б) и Sc–Th/Sc (в).

Условные обозначения – см. рис. 3.

Fig. 6. The distribution of figurative data points of the clayey rocks of the upper part of the Karatau and lower part of the Asha groups on the La/Sc–Th/Co (а), Cr/Th–Th/Sc (б) and Sc–Th/Sc (в) diagrams.

Legend – see Fig. 3.

инзерской свиты. В этом же поле локализована часть точек аргиллитов миньярского уровня, к нему в существенной степени близки точки аргиллитов укской и басинской свит, а также глинистые породы бакеевской свиты. В то же время примерно половина точек аргиллитов миньярской свиты смещена в область значений $1.3 < Cr/Th < 2.3$, т. е. имеет, возможно, в составе заметную долю кислой алюмосиликокластики, а одна из точек аргиллитов укской свиты как будто сложена почти исключительно продуктами размыва основных магматических пород. На данном графике также хорошо видно, что между точками глинистых пород бакеевской и басинской свит перекрытия нет.

Сходный характер распределения имеют точки глинистых пород рассматриваемых нами литостратиграфических подразделений и на диаграмме $Sc-Th/Sc$ (рис. 6в).

Теперь перейдем к анализу степени зрелости материала, слагающего глинистые породы инзерско-басинского интервала. Глинистые породы инзерской свиты характеризуются средней величиной индекса CIA (68 ± 4). Несколько меньше его величина в аргиллитах миньярского уровня (65)⁴. Глинистые породы укской свиты обладают существенно более низкой средней величиной индекса CIA (58 ± 5). Напротив, аргиллиты перекрывающей их бакеевской свиты характеризуются значением CIA_{cp} , сопоставимым (71 ± 1) со средней величиной данного параметра в глинистых породах инзерской свиты. Для аргиллитов басинской свиты среднее значение CIA составляет 67 ± 4 . В целом, если рассматривать характер изменения средних величин индекса CIA снизу вверх по разрезу верхней части каратауской и нижней части ашинской серий, можно видеть, что с учетом погрешностей (\pm стандартное отклонение) глинистые породы инзерско-миньярского интервала в существенной степени сопоставимы между собой, породы укской свиты заметно отличаются как от них, так и от глинистых пород бакеевской свиты (рис. 7а). Аргиллиты басинской свиты по величине CIA принципиально не отличаются от глинистых пород бакеевской свиты, и в то же время сопоставимы по данному параметру с глинистыми сланцами инзерского и миньярского уровней.

Среднее значение отношения K_2O/Al_2O_3 в глинистых породах инзерской свиты составляет 0.28 ± 0.03 . Аргиллиты миньярской свиты имеют величину K_2O/Al_2O_3 0.38. Глинистые породы укской свиты характеризуются несколько меньшим средним значением данного параметра (0.34 ± 0.02), а аргиллитам бакеевской свиты присуще отношение

$K_2O/Al_2O_{3cp} = 0.25 \pm 0.01$, величина которого меньше, чем в породах инзерской свиты. Еще меньше параметр K_2O/Al_2O_{3cp} в аргиллитах басинского уровня. Анализ изменения с учетом погрешностей средних значений K_2O/Al_2O_3 в вертикальном разрезе показывает, что глинистые породы миньярской свиты значимо отличаются по величине K_2O/Al_2O_3 от пород инзерского уровня; в свою очередь, аргиллиты укской свиты отличаются по данному параметру и от глинистых пород инзерской, и от глинистых пород миньярской свит. Аргиллиты бакеевской свиты, с одной стороны, не похожи по величине K_2O/Al_2O_{3cp} на глинистые породы укской свиты (и, скорее всего, на породы миньярской и инзерской свит), а с другой стороны – значимо отличаются и от пород басинской свиты (рис. 7б). Последнее же не похоже по свойственному им значениям K_2O/Al_2O_3 ни на одну из подстилающих их свит инзерско-бакеевского интервала.

Средняя величина гидролизатного модуля в глинистых породах инзерской свиты составляет 0.41 ± 0.09 . Примерно такое же значение данного параметра (0.42) характерно для аргиллитов миньярской свиты. Глинистые породы укской свиты имеют заметно меньшее значение $ГМ_{cp}$ (0.31 ± 0.02), тогда как глинистые породы бакеевской свиты обладают существенно более высокой величиной $ГМ_{cp}$ (0.46 ± 0.01). Еще более высокое среднее значение гидролизатного модуля характерно для аргиллитов басинского уровня (0.52 ± 0.10). Из сказанного следует: 1) глинистые породы инзерско-укского интервала достаточно сопоставимы между собой по величине ГМ; 2) аргиллиты бакеевской свиты заметно отличаются по средним значениям ГМ от глинистых пород укской свиты; 3) вся инзерско-басинская последовательность западного склона Южного Урала представлена примерно однотипными по параметру ГМ глинистыми породами (рис. 7в).

Если предполагать, что перерывы в осадконакоплении сопровождаются какими-либо перестройками областей питания, то это может приводить к появлению на палеоводоразделах более свежих, ранее не подверженных выветриванию и не размывавшихся комплексов пород, что, в свою очередь, должно обусловить изменение литохимических характеристик поступающей в область осадконакопления тонкой алюмосиликокластики в сторону значений, указывающих на снижение зрелости последней. Попробуем посмотреть на рис. 7 под таким углом зрения, не принимая во внимание положение на нем точки состава аргиллитов миньярской свиты. Очевидно, что на указанном рисунке резким снижением степени зрелости по отношению к подстилающим образованиям характеризуются только глинистые породы нижней части укской свиты. Именно им свойственны статистически выраженные снижения значений и CIA,

⁴ К сожалению, из имеющихся в нашем распоряжении нескольких химических анализов аргиллитов миньярской свиты только один характеризуется содержанием потерь при прокаливании менее 5 мас. %.

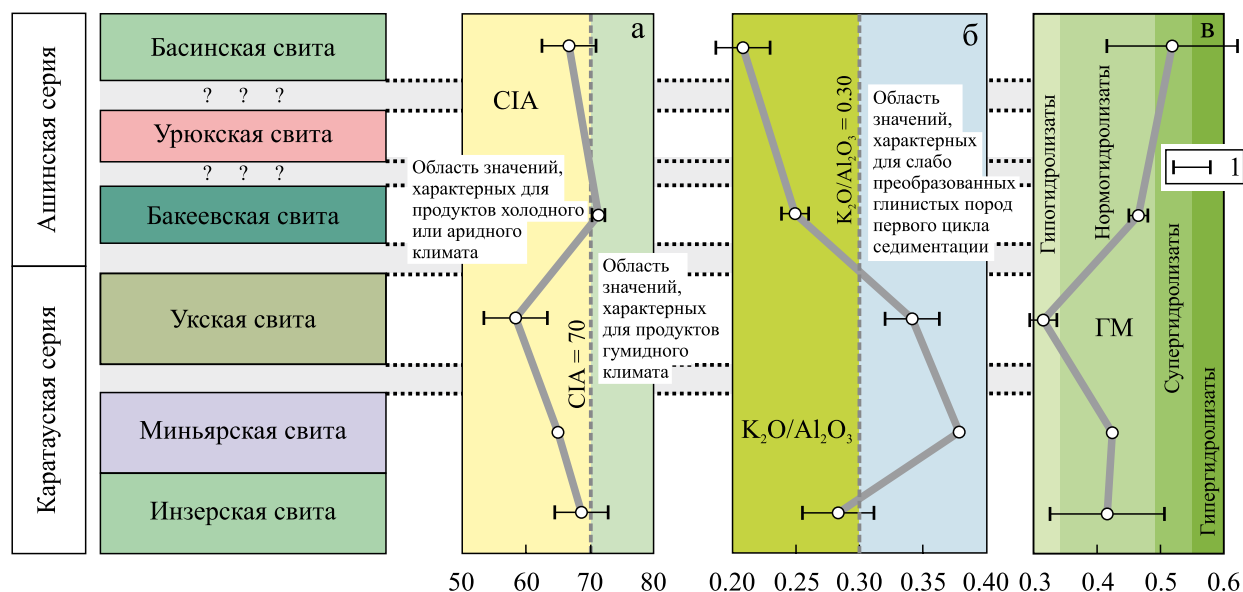


Рис. 7. Вариации средних величин CIA (а), K_2O/Al_2O_3 (б) и ГМ (в) в глинистых породах различных литостратиграфических подразделений верхней части каратауской и нижней части ашинской серий.

Fig. 7. Variations of average values of CIA (а), K_2O/Al_2O_3 (б) and GM (в) in clayey rocks of various lithostratigraphic subdivisions of the upper part of the Karatau and lower part of the Asha groups.

и ГМ, которые можно интерпретировать, на наш взгляд, как отражение поступления в область осадконакопления в начале укского времени химически заметно менее зрелого материала, чем в предшествующую инзерско-миньярскую эпоху. Вывод подтверждается и существенно более высокой, по сравнению с наблюдаемой в глинистых породах подстилающих и перекрывающих их литостратиграфических подразделений, средней величиной отношения K_2O/Al_2O_3 в аргиллитах нижеукской подсвиты. Это указывает на преобладание в их составе слабо преобразованных процессами выветривания на палеоводоразделах тонкой алюмосиликокластики. Глинистые породы бакеевской и басинской свит обладают, по сравнению с нижеукскими аргиллитами, значительно более высокими средними значениями и CIA, и ГМ при ярко выраженном снижении средних величин K_2O/Al_2O_3 . Возможно, это следствие постепенного увеличения степени химического выветривания тех “свежих/слабо преобразованных комплексов пород”, что появились на палеоводоразделах в преддукское время. Предбакеевский и предбасинский перерывы не обладают чертами, свойственными преддукскому перерыву, как следует из рис. 7; возможно, это указывает на их меньшую длительность или отсутствие существенного обновления на палеоводоразделах комплексов питающих пород.

ВЫВОДЫ

Приведенный материал позволяет сделать несколько выводов. Во-первых, на большинстве представленных в статье дискриминантных диаграмм фигуративные точки состава аргиллитов басинской свиты занимают положение, в той или иной мере отличное от положения точек глинистых пород всех других рассматриваемых нами в настоящей работе литостратиграфических подразделений. Это предполагает присутствие в них заметно иной по составу тонкой алюмосиликокластики, нежели глинистый материал в добасинских отложениях ашинской серии и ряде свит верхней части каратауской серии. Во-вторых, по ряду параметров (CIA, ГМ), характеризующих “зрелость” поступавшего в область осадконакопления глинистого материала, аргиллиты басинской свиты принципиально не отличаются от глинистых пород инзерского уровня. В-третьих, единственным литостратиграфическим подразделением в рассматриваемой нами части верхнедокембрийской осадочной последовательности Башкирского мегантиклинория (в пределах его западного крыла и центральной части), глинистые породы которого демонстрируют химически существенно менее зрелый по сравнению с подстилающими их образованиями характер, является укская свита (ее нижняя подсвита). Можно думать, что это следствие появления в преддукское время/преддукский перерыв на палеоводоразделах более свежих/менее преобразованных процессами выветривания

комплексов пород-источников тонкой алюмосиликокластики. Масштабы предбакеевского и предбасинского перерывов, если они и существовали, были, скорее всего, заметно менее значительными. Из имеющихся у нас данных нельзя сделать уверенного вывода о том, что источники тонкой алюмосиликокластики, слагающей инзерско-басинский (зиганский) интервал разреза западного склона Южного Урала, претерпели в тот или иной интервал времени (этап развития данной территории) кардинальное изменение. Присутствие в песчаниках ряда уровней каратауской и почти всей ашинской серии обломочных цирконов весьма широкого возрастного диапазона (от $\approx 3200 \dots 2900$ до $\approx 965 \dots 620$ млн лет) не противоречит такому предположению. Для доказательства противного необходим существенно более широкий комплекс данных, чем имеется в настоящее время.

Благодарности

Автор признателен Н.С. Глушковой за подготовку иллюстраций к статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимов Г.Н. (1964) О направлении и источниках сноса обломочного материала в отложениях верхнерифейской зильмердакской свиты Южного Урала. *Докл. АН СССР*, **158**(5), 1099-1101.
- Беккер Ю.Р. (1961) Возраст и последовательность напластования отложений верхней части каратауской серии Южного Урала. *Изв. АН СССР. Сер. геол.*, (9), 49-60.
- Беккер Ю.Р. (1968) Позднедокембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 160 с.
- Богданова С.В. (1986) Земная кора Русской плиты в раннем докембрии (на примере Волго-Уральского сегмента). М.: Наука, 224 с.
- Геологическая карта Восточно-Европейской платформы и ее складчатого обрамления (в границах бывшего СССР). Довендские образования. Масштаб 1 : 2 500 000. (1996) Отв. ред. Ю.Р. Беккер. СПб.: Роскомнедра, 4 л.
- Докембрийская геология СССР. (1988) (Отв. ред. Д.В. Рундквист, Ф.П. Митрофанов). Л.: Наука, 440 с.
- Зайцева Т.С., Горохов И.М., Ивановская Т.А., Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Мельников Н.Н., Аракелянц М.М., Яковлева О.В. (2008) Мессбауэровские характеристики, минералогия и изотопный возраст (Rb-Sr, K-Ar) верхнерифейских глауконитов укской свиты Южного Урала. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **16**(3), 3-25.
- Краснобаев А.А., Пучков В.Н., Сергеева Н.Д., Бушарина С.В. (2019) Природа цирконовой кластики в песчаниках рифея и венда Южного Урала. *Георесурсы*, **21**(1), 15-25.
- Кузнецов А.Б. (2013) Эволюция изотопного состава стронция в протерозойском океане. Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. СПб.: ИГГД РАН, 43 с.
- Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М. (2014) Возможности стронциевой изотопной хемотратиграфии в решении проблем стратиграфии верхнего протерозоя (рифей и венда). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **22**(6), 3-25.
- Кузнецов А.Б., Семихатов М.А., Горохов И.М., Мельников Н.Н., Константинова Г.В., Кутявин Э.П. (2003) Изотопный состав Sr в карбонатных породах каратавской серии Южного Урала и стандартная кривая вариаций отношения $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ в позднерифейском океане. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **11**(5), 3-39.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Маслов А.В., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Каныгина Н.А., Дубенский А.С., Белоусова Е.А. (2019) Первые результаты U-Pb датирования детритовых цирконов из песчаников верхневендской бакеевской свиты Башкирского поднятия (Южный Урал). *Проблемы тектоники континентов и океанов*. Мат-лы LI Тектонического совещ. Т. 1. М.: ГЕОС, 305-309.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шацилло А.В., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Меерс Дж. (2012б) Возраст детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала – подтверждение пространственной сопряженности Уральского края Балтики и Квинслендского края Австралии в структуре Родинии (Australia upside down conception). *Литосфера*, (4), 59-77.
- Кузнецов Н.Б., Романюк Т.В., Шацилло А.В., Орлов С.Ю., Голованова И.В., Данукалов К.Н., Ипатьева И.С. (2012а) Первые результаты массового U/Pb-изотопного датирования (LA-ICP-MS) детритных цирконов из ашинской серии Южного Урала: палеогеографический и палеотектонический аспекты. *Докл. АН*, **447**(1), 73-79.
- Маслов А.В. (1988) Литология верхнерифейских отложений Башкирского мегантиклинория. М.: Наука, 133 с.
- Маслов А.В. (1993) Рифейские бассейны седиментации западного склона Южного Урала (фаии, основные черты развития). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 339 с. (Рукопись депон. в ВИНТИ 10.03.93, № 565-B93).
- Маслов А.В. (1997) Седиментационные бассейны рифея западного склона Южного Урала (фаии, литолого-фаиальные комплексы, палеогеография, особенности эволюции). Автореф. дис. ... д-ра геол.-мин. наук. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 54 с.
- Маслов А.В., Гареев Э.З., Подковыров В.Н. (2010) Песчаники верхнего рифея и венда Башкирского мегантиклинория. *Литология и полез. ископаемые*, (3), 320-338.
- Маслов А.В., Ерохин Е.В., Гердес А., Ронкин Ю.Л., Иванов К.С. (2018) Первые результаты U-Pb LA-ICP-MS-изотопного датирования обломочных цирконов из аркозовых песчаников бирьянской подсвиты зильмердакской свиты верхнего рифея (Южный Урал). *Докл. АН*, **482**(5), 558-561.
- Маслов А.В., Меерс Дж., Левашова Н.М., Ронкин Ю.Л., Гражданкин Д.В., Кузнецов Н.Б., Крупенин М.Т., Федорова Н.М., Ипатьева И.С. (2013) Новые данные о возрасте ледниковых отложений венда Среднего Урала. *Докл. АН*, **449**(3), 322-327.
- Овчинникова Г.В., Васильева И.М., Семихатов М.А. (2000) Возможности Pb-Pb датирования карбонатных пород с открытыми U-Pb системами: миньярская свита стратотипа верхнего рифея, Южный Урал. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **8**(6), 3-19.
- Овчинникова Г.В., Васильева И.М., Семихатов М.А.,

- Кузнецов А.Б., Горохов И.М., Гороховский Б.М., Левский Л.К. (1998) U-Pb систематика протерозойских карбонатных пород: инзерская свита уральского стратотипа рифея (Южный Урал). *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **6**(4), 20-31.
- Овчинникова Г.В., Горохов И.М., Семихатов М.А. (1995) Время формирования и преобразования отложений инзерской свиты, верхний рифей Южного Урала. *Общие проблемы стратиграфии и геологической истории рифея Северной Евразии*. Тез. докл. Всерос. совещ. Екатеринбург: УрО РАН, 73-75.
- Романюк Т.В., Маслов А.В., Кузнецов Н.Б., Белоусова Е.А., Ронкин Ю.Л., Крупенин М.Т., Горожанин В.М., Горожанина Е.Н., Серегина Е.С. (2013) Первые результаты U-Pb LA-ICP-MS датирования детритных цирконов из верхнерифейских песчаников Башкирского антиклинория (Южный Урал). *Докл. АН*, **452**(6), 642-645.
- Семихатов М.А., Кузнецов А.Б., Чумаков Н.М. (2015) Изотопный возраст границ общих стратиграфических подразделений верхнего протерозоя (рифей и венда) России: эволюция взглядов и современная оценка. *Стратиграфия. Геол. корреляция*, **23**(6), 16-27.
- Стратиграфический кодекс России. (2006) (Отв. ред. А.И. Жамойда). СПб.: ВСЕГЕИ, 96 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология. (1983) Отв. ред. Б.М. Келлер, Н.М. Чумаков. М.: Наука, 184 с.
- Юдович Я.Э., Кетрис М.П. (2000) Основы литохимии. СПб.: Наука, 479 с.
- Bhatia M.R., Crook K.A.W. (1986) Trace element characteristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **92**, 181-193.
- Braccialli 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.
- 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.
- Glasmacher U.A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseyev A., Puchkov V.N., Willner A.P. (2001) The metamorphic complex of Beloretzk, SW Urals, Russia a terrane with a polyphaser Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution. *Prec. Res.*, **110**, 185-213.
- Glasmacher U., Matenaar I., Bauer W., Puchkov V.N. (2004) Diagenesis and incipient metamorphism in the western fold-and thrust belt, SW Urals, Russia. *Int. J. Earth Sci. (Geol. Res.)*, **93**, 361-383.
- Gorokhov I.M., Melnikov N.N., Turchenko T.L., Kutuyavin E.P., Samsonova E.N. (1995) Two illite generations in an Upper Riphean shale: The Rb-Sr isotopic evidence. *Terra Nova*, **7**, 330-331.
- 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. *Prec. Res.*, **236**, 16-30.
- McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. (1993) Geochemical Approaches to Sedimentation, Provenance and Tectonics. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, **284**, 21-40.
- Roser B.D., Korsch R.J. (1986) Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *J. Geol.*, **94**, 6350-650.
- Rudnick R.L., Gao S. (2003) Composition of the Continental Crust. *Treatise on Geochemistry*, **3**, 1-64.
- Taylor S.R., McLennan S.M. (1985) The continental crust: its composition and evolution. Cambridge: Blackwell, 312 p.
- Turgeon S., Brumsack H.-J. (2006) Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria-Marche basin of central Italy. *Chem. Geol.*, **234**, 321-339.
- Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. (2013) New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins. *Chem. Geol.*, **355**, 117-133.
- Wedepohl H. (1995) The composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 1217-1239.
- Willner A.P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U.A., Giese U., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Walter R. (2001) Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Prec. Res.*, **110**, 215-239.
- Willner A., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. (2003) Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. *Prec. Res.*, **134**, 1-20.
- Willner A.P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V.N. (2004) Laser ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern Urals (Russia). *Geol. Mag.*, **141**, 161-172.
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Dankina K.N., Ivanovskaya T.A., Melnikov N.N., Konstantinova G.V. (2013) Globular phyllosilicates of the Vendian Bakeevo Formation, the South Urals – crystallochemical and Rb-Sr isotope data. Materials of the Second International conference Clays, clay minerals and layered materials-CMLM2013. St.Petersburg: Falcon Print, 79.

REFERENCES

- Akimova G.N. (1964) About the direction and provenances of detrital material in the sediments of the Upper Riphean Zilmerdak Formation of the Southern Urals. *Dokl. Akad. Nauk SSSR*, **158**(5), 1099-1101. (In Russian)
- Bekker Yu.R. (1961) Age and sequence of deposits in the upper part of the Karatau Group of the Southern Urals. *Isv. Akad. Nauk SSSR. Ser. Geol.*, (9), 49-60. (In Russian)
- Bekker Yu.R. (1968) *Pozdnedokembriiskaya molassa Yuzhnogo Urala* [Late Precambrian molasses of the Southern Urals]. Leningrad, Nedra Publ., 160 p. (In Russian)
- Bhatia M.R., Crook K.A.W. (1986) Trace element charac-

- teristics of graywackes and tectonic setting discrimination of sedimentary basins. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **92**, 181-193.
- Bogdanova S.V. (1986) *Zemnaya kora Russkoi plity v ran-nem dokembrii (na primere Volgo-Ural'skogo segmenta)* [Earth crust of the Russian plate in the Early Precambrian (on the example of the Volga-Ural segment)]. Moscow, Nauka Publ., 224 p. (In Russian)
- 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.
- 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.
- Geologicheskaya karta Vostochno-Evropейskoi platformy i ee skladchatogo obramleniya (v granitsakh byvshego SSSR). Dovendskie obrazovaniya* [Geological map of the East European platform and its folded frame (within the borders of the former USSR). Prevedian formations]. Scale 1 : 2 500 000. (1996) (Ed. Yu.R. Bekker). St.Petersburg, Roskomnedra Publ., 4 p. (In Russian)
- Glasmaier U.A., Bauer W., Giese U., Reynolds P., Kober B., Stroink L., Alekseyev A., Puchkov V.N., Willner A.P. (2001) The metamorphic complex of Beloretsk, SW Urals, Russia a terrane with a polyphaser Meso- to Neoproterozoic thermo-dynamic evolution. *Prec. Res.*, **110**, 185-213.
- Glasmaier U., Matenaar I., Bauer W., Puchkov V.N. (2004) Diagenesis and incipient metamorphism in the western fold and thrust belt, SW Urals, Russia. *Int. J. Earth Sci. (Geol. Res.)*, **93**, 361-383.
- Gorokhov I.M., Melnikov N.N., Turchenko T.L., Kutya-vin E.P., Samsonova E.N. (1995) Two illite generations in an Upper Riphean shale: The Rb-Sr isotopic evidence. *Terra Nova*, **7**, 330-331.
- Krasnobaev A.A., Puchkov V.N., Sergeeva N.D., Bushari-na S.V. (2019) Nature of zircon clastics in the Riphean and Vendian sandstones of the Southern Urals. *Georesources*, **21**(1), 15-25. (In Russian)
- Kuznetsov A.B. (2013) *Evolutsiya izotopnogo sostava strontsiya v proterozoiskom okeane*. Avtoref. diss. ... dokt. geol.-min. nauk [Evolution of the strontium isotopic composition in the Proterozoic ocean. Extended abstr. ... Doctor of Sci. (Geology, Mineralogy) dissertation]. St.Petersburg, IPGG RAS, 43 p. (In Russian)
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Maslov A.V., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Kanygina N.A., Dubensky A.S., Belousova E.A. (2019) The first results of U/Pb dating of detrital zircons from sandstones of the Upper Vendian Bakeevio Formation of the Bashkir uplift (South Urals). *Problemy tektoniki kontinentov i okeanov. Materialy LI Tektonicheskogo soveshchaniya. T. I* [The problems of tectonics of the continents and oceans. Materials of LI Tectonic meeting. V. 1]. Moscow, GEOS Publ., 305-309. (In Russian)
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V., Orlov S.Yu., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Ipat'eva I.S. (2012a) The first results of mass U-Pb isotope dating (LA-ICP-MS) for detrital zircons from the Asha Group, South Urals: Paleogeography and paleotectonics. *Dokl. Earth Sci.*, **447**(1), 1240-1246.
- Kuznetsov N.B., Romanyuk T.V., Shatsillo A.V., Golovanova I.V., Danukalov K.N., Meert J. (2012b) The age of detrital zircons from Asha Group, Southern Ural – verification of idea about the spatial conjugation of Baltica and Australia within the Rodinia Supercontinent (a positive test of the “Australia Upside Down conception”). *Litosfera*, (4), 59-77. (In Russian)
- Kuznetsov A.B., Semikhatov M.A., Gorokhov I.M., Mel'nikov N.N., Konstantinova G.V., Kutya-vin E.P. (2003) Sr isotope composition in carbonates of the Karatau Group, southern Urals, and standard curve of ⁸⁷Sr/⁸⁶Sr variations in the Late Riphean Ocean. *Stratigr. Geol. Correl.*, **11**(5), 415-449.
- Kuznetsov A.B., Semikhatov M.A., Gorokhov I.M. (2014) The Sr isotope chemostratigraphy as a tool for solving stratigraphic problems of the Upper Proterozoic (Riphean and Vendian). *Stratigr. Geol. Correl.*, **22**(6), 553-575.
- 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. *Prec. Res.*, **236**, 16-30.
- Maslov A.V. (1988) *Litologiya verkhnerifeiskikh otlozhenii Bashkirskogo megantiklinoriya* [Lithology of Upper Riphean deposits of the Bashkir meganticlinorium]. Moscow, Nauka Publ., 133 p. (In Russian)
- Maslov A.V. (1993) *Rifeiskie basseiny sedimentatsii zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (fatsii, osnovnye cherty razvitiya)* [Riphean sedimentation basins of the western slope of the Southern Urals (facies, main features of development)]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 339 p. (The manuscript was deposited at VINITI 03.10.93, No. 565-B93). (In Russian)
- Maslov A.V. (1997) *Sedimentatsionnye basseiny rifeya zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala (fatsii, litologofatsial'nye komplekсы, paleogeografiya, osobennosti evoliutsii)*. Diss. ... dokt. geol.-min. nauk [Riphean sedimentary basins of the western slope of the Southern Urals (facies, lithofacial complexes, paleogeography, features of evolution). Dr. geol. and min. diss.]. Ekaterinburg, IGG UB RAS, 54 p. (In Russian)
- Maslov A.V., Erokhin Yu.V., Gerdes A., Ronkin Yu.L., Ivanov K.S. (2018) First results of U-Pb LA-ICP-MS isotope dating of detrital zircons from Upper Riphean arkose sandstones of the Biryán member of the Upper Riphean Zilmerdak Formation, Southern Ural. *Dokl. Earth Sci.*, **482**(2), 1275-1277.
- Maslov A.V., Gareev E.Z., Podkovyrov V.N. (2010) Upper Riphean and Vendian sandstones of the Bashkirian anticlinorium. *Lithology and Mineral Res.*, **45**(3), 285-301.
- Maslov A.V., Ronkin Y.L., Krupenin M.T., Meert J., Levashova N.M., Kuznetsov N.B., Fedorova N.M., Ipat'eva I.S., Grazhdankin D.V. (2013) New constraints for the age of Vendian glacial deposits (Central Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **449**(1), 303-308.
- McLennan S.M., Hemming S., McDaniel D.K., Hanson G.N. (1993) Geochemical Approaches to Sedimentation, Provenance and Tectonics. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, (284), 21-40.
- Ovchinnikova G.V., Gorokhov I.M., Semikhatov M.A.

- (1995) The time of formation and transformation of deposits of the Inzer Formation, the Upper Riphean of the Southern Urals. *Obshchie problemy stratigrafii i geologicheskoi istorii rifeya severnoi Evrazii. Tezisy dokladov Vseros. Soveshch.* [Common problems of stratigraphy and geological history of Riphean Northern Eurasia. Abstract volume of All-Rus. Meeting]. Ekaterinburg, UB RAS, 73-75. (In Russian)
- Ovchinnikova G.V., Vasilyeva I.M., Semikhatov M.A. (2000) Pb-Pb dating of carbonate rocks with open U-Pb systems: the Minyar Formation of the Upper Riphean Stratotype, the Southern Urals. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **8**(6), 3-19. (In Russian)
- Ovchinnikova G.V., Vasilyeva I.M., Semikhatov M.A., Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Gorokhovskiy B.M., Levsky L.K. (1998) U-Pb systematics of Proterozoic carbonate rocks: Inzer Formation of the Ural Riphean stratotype (Southern Urals). *Stratigr. Geol. Korrel.*, **6**(4), 20-31. (In Russian)
- Romanyuk T.V., Maslov A.V., Kuznetsov N.B., Belousova E.A., Ronkin Y.L., Krupenin M.T., Gorozhanin V.M., Gorozhanina E.N., Seregina E.S. (2013) First data on LA-ICP-MS U/Pb zircon geochronology of Upper Riphean sandstones of the Bashkir Anticlinorium (South Urals). *Dokl. Earth Sci.*, **452**(2), 997-1000.
- Dokembriiskaya geologiya SSSR* [Precambrian Geology of the USSR]. (1988) (Eds D.V. Rundqvist, F.P. Mitrofanov). Leningrad, Nauka Publ., 440 p. (In Russian)
- Roser B.D., Korsch R.J. (1986) Determination of tectonic setting of sandstone-mudstone suites using SiO₂ content and K₂O/Na₂O ratio. *J. Geol.*, **94**, 6350-650.
- Rudnick R.L., Gao S. (2003) Composition of the Continental Crust. *Treatise on Geochemistry*, **3**, 1-64.
- Semikhatov M.A., Kuznetsov A.B., Chumakov N.M. (2015) Isotope age of boundaries between the general stratigraphic subdivisions of the Upper Proterozoic (Riphean and Vendian) in Russia: The evolution of opinions and the current estimate. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **23**(6), 568-579.
- Stratigraficheskiy kodeks Rossii* [Stratigraphic Code of Russia]. (2006) (Ed. A.I. Zhamoida). St.Petersburg, VSEGEI Publ., 96 p. (In Russian)
- Stratotip Rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya* [Stratotype of Riphean. Stratigraphy. Geochronology]. (1983) (Eds B.M. Keller, N.M. Chumakov). Moscow, Nauka Publ., 184 p. (In Russian)
- Taylor S.R., McLennan S.M. (1985) The continental crust; its composition and evolution. Cambridge, Blackwell, 312 p.
- Turgeon S., Brumsack H.-J. (2006) Anoxic vs dysoxic events reflected in sediment geochemistry during the Cenomanian-Turonian Boundary Event (Cretaceous) in the Umbria-Marche basin of central Italy. *Chem. Geol.*, **234**, 321-339.
- Verma S.P., Armstrong-Altrin J.S. (2013) New multi-dimensional diagrams for tectonic discrimination of siliciclastic sediments and their application to Precambrian basins. *Chem. Geol.*, **355**, 117-133.
- Wedepohl H. (1995) The composition of the continental crust. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **59**, 1217-1239.
- Willner A.P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U.A., Giese U., Puchkov V.N., Kozlov V.I., Walter R. (2001) Contrasting provenance signals in Riphean and Vendian sandstones in the SW Urals (Russia): constraints for a change from passive to active continental margin conditions in the Neoproterozoic. *Prec. Res.*, **110**, 215-239.
- Willner A., Sindern S., Metzger R., Ermolaeva T., Kramm U., Puchkov V., Kronz A. (2003) Typology and single grain U/Pb ages of detrital zircons from Proterozoic sandstones in the SW Urals (Russia): early time markers at the eastern margin of the Baltica. *Prec. Res.*, **134**, 1-20.
- Willner A.P., Wartho J.-A., Kramm U., Puchkov V.N. (2004) Laser ⁴⁰Ar-³⁹Ar ages of single detrital white mica grains related to the exhumation of Neoproterozoic and Late Devonian high pressure rocks in the Southern Urals (Russia). *Geol. Mag.*, **141**, 161-172.
- Yudovich Ya.E., Ketris M.P. (2000) *Osnovy litokhimii* [Basics of lithochemistry]. St.Petersburg, Nauka Publ., 479 p. (In Russian)
- Zaitseva T.S., Gorokhov I.M., Ivanovskaya T.A., Semikhatov M.A., Kuznetsov A.B., Mel'nikov N.N., Arakelyants M.M., Yakovleva O.V. (2008) Mössbauer characteristics, mineralogy and isotopic age (Rb-Sr, K-Ar) of Upper Riphean glauconites from the Uk Formation, the southern Urals. *Stratigr. Geol. Korrel.*, **16**(3), 227-247.
- Zaitseva T.S., Kuznetsov A.B., Gorokhov I.M., Dankina K.N., Ivanovskaya T.A., Melnikov N.N., Konstantinova G.V. (2013) Globular phyllosilicates of the Vendian Bakeevo Formation, the South Urals – crystallochemical and Rb-Sr isotope data. Materials of the Second International conference Clays, clay minerals and layered materials-CMLM2013. St.Petersburg, Falcon Print, 79.