

Научная статья

УДК 552.52; 551.311.234.5

DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-4

ИСТОЧНИКИ КЛАСТИКИ ДЛЯ КУККАРАУКСКОЙ СВИТЫ ВЕНДА ЮЖНОГО УРАЛА (СОПОСТАВЛЕНИЕ ПЕТРОГРАФИЧЕСКИХ И ЛИТОХИМИЧЕСКИХ ДАННЫХ)

А. В. Маслов

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

Выполнено сопоставление сведений о составе источников песчаного материала для куккараукской свиты венда западного склона Южного Урала, полученных с использованием микропетрографических и литохимических подходов и методов. Микропетрографический анализ состава песчаников, песчаного матрикса конгломератов и галек конгломератов дает основание утверждать, что на палеоводосборах куккараукского времени преобладали породы осадочные и осадочно-метаморфические; магматические и вулканические образования играли подчиненную роль. Сведения о валовом химическом составе песчаников и песчаного матрикса конгломератов позволяют предполагать, что, будучи в целом породами литогенными, они могли формироваться как за счет осадочных и осадочно-метаморфических образований, так и пород магматических основного состава (последние, правда, отсутствуют как в каркасе псаммитов, так и среди галек конгломератов). Сопоставление всего сказанного позволяет сделать вывод, что в случае куккараукской свиты, имеющиеся в литературе литохимические подходы, основанные на анализе содержания и соотношения основных породообразующих оксидов, не позволяют получить информацию о составе пород-источников обломочного материала, сопоставимую с той, что мы получаем в результате детального микропетрографического изучения псаммитов, галек и песчаного матрикса конгломератов.

Ключевые слова: Южный Урал, венд, куккараукская свита, петрография, литохимия, состав источников сноса

Благодарности: Автор искренне признателен за ряд предоставленных фотографий Э.З. Гарееву и Ал.В. Маслову.

Original article

COMPOSITION OF PROVENANCES FOR THE VENDIAN KUKKARAUK FORMATION OF THE SOUTHERN URALS (COMPARISON OF PETROGRAPHIC AND LITHOCHEMICAL DATA)

A. V. Maslov

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

Comparison of data on the composition of sources of sandy material for the Vendian Kukkarauk Formation on the western slope of the Southern Urals, obtained using micropetrographic and lithochemical approaches and methods, is performed. Micropetrographic analysis of the composition of sandstones, the sandy matrix of conglomerates, and pebbles of conglomerates gives grounds to assert that sedimentary and

Для цитирования: Маслов А. В. Источники кластики для куккараукской свиты венда Южного Урала (сопоставление петрографических и литохимических данных) // Геологический вестник. 2022. № 3. С. 43–52. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-4.

For citation: Maslov A. V. (2022) Composition of provenances for the Vendian Kukkarauk Formation of the Southern Urals (comparison of petrographic and lithochemical data). *Geologicheskii vestnik*. 2022. No. 3. P. 43–52. DOI: 10.31084/2619-0087/2022-3-4.

© Маслов А. В., 2022

metasedimentary rocks prevailed in the paleowatersheds of the Kukkarauk time; igneous and volcanic formations played a subordinate role. Information on the bulk chemical composition of sandstones and the sandy matrix of conglomerates suggests that, being generally lithogenic (second cycle and more) rocks, they could be formed both as a result of erosion of sedimentary and metasedimentary formations, as well as of mafic igneous rocks (the latter, however, are absent both in the framework of psammites, and among pebbles of conglomerates). A comparison of all the above allows us to conclude that in the case of the Kukkarauk Formation, the lithochemical approaches available in the literature, based on the analysis of the content and ratio of the main rock-forming oxides, do not allow us to obtain information on the composition of the source rocks of clastic material comparable to what we have as a result of detailed micropetrographic study of psammites, pebbles and sandy matrix of conglomerates.

Keywords: Southern Urals, Vendian, Kukkarauk Formation, petrography, lithochemistry, composition of provenances

Acknowledgements: The author is sincerely grateful for a number of photographs provided by E. Z. Gareev and Al. V. Maslov.

Введение

Одним из интересных литостратиграфических подразделений верхнего докембрия Южного Урала является куккараукская свита ашинской серии, породы которой широко распространены на западном крыле Башкирского мегантиклинория в бассейнах рек Аша, Юрюзань, Инзер, Басу, Зилим, Мендым, Такаты, Нугуш, Урюк, Зиган и др. (рис. 1). На руч. Куккараук, давшем в несколько искаженном виде название свите, к скалам конгломератов приурочен хорошо известный многим водопад (рис. 2) — прекрасный гидрологический памятник природы [Гареев, 2004].

Вместе с отложениями подстилающей басинской и перекрывающей зиганской свит, песчаники и конгломераты куккараукской свиты рассматриваются в последние годы как пример молассы [Сергеева, Пучков, 2019; Сергеева и др., 2019], выполнявшей предгорный прогиб и межгорные впадины Тиманского орогена, возникшего в венде на краю рифейского платформенного бассейна западного склона Южного Урала и прилегающей части Восточно-Европейской платформы [Пучков, 2010]. Представления о наличии на Южном Урале верхнедокембрийской молассы можно встретить в классических работах М. И. Гараня, Н. С. Шатского, Ю. Р. Беккера и ряда других авторов, опубликованных в 1940–1960-х гг., но в них к молассе относились отложения всей ашинской серии. Ю. Р. Беккер [1988] считал конгломераты куккараукской свиты сопоставимыми по многим характеристикам с миоценовыми конгломератами нагельфлю северной части Альпийской складчатой области. Питание вендского предгорного бассейна обломочным материалом происходило как с запада, со стороны Восточно-Европейской платформы, так и с востока [Беккер, 1968; Пучков,

2010; Кузнецов и др., 2012]. Авторы публикаций [Ожиганова, 1959; Беккер, 1968, 1988; Willner et al., 2001] предполагали, что основным источником кластики для куккараукского уровня ашинской серии являлись подстилающие отложения рифея.



Рис. 1. Характерные обнажения песчаников и конгломератов куккараукской свиты Южного Урала

а — дорога из Петровского в Кулгунино южнее с. Макарово; б, в — бассейн р. Мал. Раузяк; г — окрестности хут. Кулмас; д, е — правый борт долины р. Инзер ниже д. Зуяково.

Fig. 1. Characteristic outcrops of sandstones and conglomerates of the Kukkarauk Formation of the Southern Urals

а — the road from Petrovskoe to Kulgunino south of Makarovo village; б, в — Mal. Rauzyak river basin; г — neighborhood of Kulmas farm; д, е — right side of Inzer river valley below of Zuyakovo village.



Рис. 2. Водопад Куккараук на одноименном ручье восточнее с. Макарово. Фото Э.З. Гареева и Ал.В. Маслова

Fig. 2. Waterfall Kukkarauk on the stream of the same name to the east of Makarovo village. Photo by E. Z. Gareev and Al. V. Maslov

Иные представления развиваются Н. Б. Кузнецовым с соавторами [2012].

Общая характеристика объекта исследований

Куккараукская свита (мощность 200–250 (350?) м) объединяет в основном мелко- и среднегалечниковые конгломераты, а также средне-, крупно- и грубозернистые песчаники, подчиненную роль в ее разрезах играют гравелиты. Свита подразделяется на две подсвиты — нижнюю и верхнюю. Нижняя подсвита представлена преимущественно песчаниками, верхняя сложена в основном конгломератами с маломощными прослоями песчаников [Олли, 1948; Стратотип..., 1983].

Присутствие в разрезах куккараукской свиты конгломератов и песчаников позволяет сопоставить представления о составе пород-источников обломочного материала для них, получаемые визуально и под микроскопом, с теми, что могут быть получены комплексом литохимических подходов. Это весьма интересная и актуальная проблема, и мы рассмотрим ее ниже несколько подробнее, основываясь на литературных и собственных микропетрографических наблюдениях, а также данных анализа валового химического состава песчаников и песчаного матрикса конгломератов.

Образцы песчаников нижней подсвиты отобраны нами в бассейнах рек Баса и Мал. Раузяк, образцы матрикса конгломератов верхней подсвиты отобраны в выемках автодороги Петровское — Кулгунино южнее с. Макарово. Содержание основных породообразующих оксидов в указанных образцах определено в разные годы методом РФА в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург). Для ряда представительных образцов эти данные приведены в таблице 1.

Фактический материал

На основе микропетрографических исследований, песчаники куккараукской свиты рассматривались Ю. Р. Беккером [1985] как преимущественно кварцевые граувакки или субграувакки. По нашим данным, состав песчаников варьирует от собственно аркозов и граувакковых аркозов до полевошпатово-кварцевых граувакк по классификации В. Д. Шутова [1967]. Количество зерен кварца в песчаниках варьирует от 30 до 50, иногда более 80%, полевых шпатов (в основном калиевых) — от 20 до 60%, но иногда их может быть и менее 5%. Обломки пород составляют от 15 до 35%, представлены они довольно разнообразной ассоциацией — кварцитами, кварцито-песчаниками, микрокварцитами, полевошпатовыми породами,

Таблица 1. Содержание основных породообразующих оксидов (мас.%) в представительных образцах песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты
 Table 1. The content of the main rock-forming oxides (wt.%) in representative samples of sandstones and the matrix of conglomerates of the Kukkarauk Formation

Компоненты, мас.%	Бассейн р. Малый Раузяк									
	Песчаники									
	13-07-14	13-07-15	13-07-13	13-07-12	13-07-2	13-07-5	13-07-7	13-07-16	13-07-10	13-07-3
SiO ₂	90.28	90.12	90.09	90.06	90.62	89.00	87.23	89.24	89.52	91.00
TiO ₂	0.21	0.22	0.22	0.21	0.21	0.25	0.36	0.25	0.24	0.20
Al ₂ O ₃	5.50	5.48	5.31	5.42	5.24	6.05	6.74	5.81	5.82	4.99
Fe ₂ O ₃ *	1.76	1.79	1.87	1.77	1.75	1.96	2.46	2.34	1.98	1.84
MnO	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02	0.02
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.00	0.01	0.00
CaO	0.03	0.04	0.04	0.05	0.03	0.05	0.06	0.04	0.04	0.04
K ₂ O	1.08	1.10	1.08	1.09	0.98	1.28	1.44	1.10	1.13	0.97
Na ₂ O	0.13	0.13	0.14	0.13	0.13	0.14	0.14	0.13	0.14	0.14
P ₂ O ₅	0.04	0.05	0.12	0.07	0.05	0.16	0.06	0.04	0.04	0.02
ппп	1.00	1.10	1.10	1.30	1.00	1.20	1.50	1.10	1.10	0.80
Сумма	100.06	100.05	100.00	100.10	100.03	100.10	100.09	100.08	100.03	100.02
Компоненты, мас.%	Правый борт долины р. Баса ниже хут. Кулмас									
	Песчаники									
	13-09-5	13-09-11	13-09-15	13-09-17	13-09-18	13-09-20	13-09-21	13-09-14	13-09-13	13-09-6
SiO ₂	88.35	89.46	88.60	81.74	81.89	89.63	76.91	85.04	86.52	90.36
TiO ₂	0.41	0.22	0.28	0.54	0.44	0.28	1.02	0.41	0.41	0.23
Al ₂ O ₃	5.73	5.26	5.37	8.15	8.39	5.09	9.44	6.61	6.16	4.91
Fe ₂ O ₃ *	1.92	1.80	2.09	3.68	3.34	1.81	4.96	3.18	2.77	1.55
MnO	0.04	0.03	0.03	0.05	0.05	0.04	0.09	0.04	0.05	0.05
MgO	0.66	0.56	0.54	1.28	1.35	0.55	2.36	1.07	0.90	0.45
CaO	0.07	0.07	0.12	0.13	0.13	0.07	0.17	0.10	0.09	0.08
K ₂ O	0.71	0.68	0.58	1.56	1.51	0.62	1.61	0.94	0.72	0.65
Na ₂ O	1.32	1.17	1.51	1.33	1.42	1.14	1.68	1.39	1.38	1.07
P ₂ O ₅	0.03	0.03	0.04	0.06	0.04	0.03	0.06	0.03	0.04	0.04
ппп	0.90	0.80	0.90	1.60	1.50	0.80	1.80	1.20	1.10	0.70
Сумма	100.14	100.09	100.08	100.11	100.07	100.07	100.11	100.04	100.13	100.08
Компоненты, мас.%	Дорога из с. Петровского в с. Кулгунино к югу от с. Макарово									
	Матрикс конгломератов/песчаники									
	13-01-12	13-01-15	13-01-3	13-01-4	13-01-5	13-01-7	13-01-11	13-01-17	13-01-18	13-01-13
SiO ₂	94.05	93.66	91.60	92.00	92.46	93.50	95.02	91.18	92.91	93.90
TiO ₂	0.11	0.15	0.20	0.16	0.19	0.14	0.10	0.39	0.26	0.14
Al ₂ O ₃	3.61	3.67	4.79	4.55	4.05	3.52	3.02	4.72	3.90	3.54
Fe ₂ O ₃ *	0.96	1.19	1.60	1.60	1.70	1.43	0.86	2.05	1.49	1.12
MnO	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.02	0.01	0.01	0.04	0.01
MgO	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
CaO	0.04	0.02	0.07	0.07	0.07	0.04	0.02	0.02	0.03	0.02
K ₂ O	0.34	0.39	0.69	0.67	0.57	0.41	0.24	0.61	0.42	0.35
Na ₂ O	0.19	0.13	0.15	0.18	0.18	0.18	0.15	0.19	0.17	0.14
P ₂ O ₅	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.02	0.03	0.02	0.02
ппп	0.70	0.80	0.90	0.90	0.80	0.80	0.60	0.80	0.80	0.80
Сумма	100.02	100.05	100.03	100.17	100.05	100.06	100.03	100.00	100.04	100.04

«икрянными» песчаниками, алевролитами, кремнями, гранитами, основными эффузивами, различными (иллито-кремнистыми, серицитовыми, хлоритовыми, иллито-хлоритовыми и железисто-кремнистыми) сланцами, а также аргиллитами [Ялышева, 2012; Маслов, 2014 и ссылки там; Сергеева и др., 2019; и др.].

В песчаном матриксе конгломератов присутствуют кварц, обломки кварцитов, полевые шпаты (как правило, менее 5%), кремнистые, иллито-хлоритовые и глинистые сланцы, полевошпатово-кварцевые, кварцевые и аркозовые песчаники, алевролиты, микропегматиты, граниты и кислые вулканыты. Ранее мы уже отмечали [Маслов и др., 2016], что обломочный кварц, присутствующий в матриксе конгломератов, характеризуется сферичностью, свойственной как петрогенному (~40% всех исследованных зерен), так и литогенному (~60%) типам. Это дает основание считать, что при формировании куккараукской свиты в областях сноса наряду с кристаллическими породами присутствовали песчаники, доля которых была существенной, а в ряде случаев преобладающей [Ялышева, 2012, 2013].

Гальки конгломератов представлены слюдястыми и железистыми кварцитами, кварцито-песчаниками, полимиктовыми, полевошпатово-кварцевыми и кварцевыми песчаниками, гранитами, сиенитами, плагиогранитами, гранит-порфирами, кварцевыми порфирами, щелочными риодацитами, микропегматитами, жильным кварцем и щелочными риодацитами. Количество обломков кислых вулкаников от разреза к разрезу в существенной степени варьирует [Ялышева, 2012, 2013; и др.]. Так, в районе 117 км автотрассы Уфа — Белорецк количество галек кислых вулкаников в конгломератах куккараукской свиты оценивалось А. И. Ялышевой примерно в 30%. Встречаются также обломки яшмоподобных кремней и калиевых полевых шпатов [Беккер, 1968; Ожиганова, Ключина, 1976; Ялышева, 2012, 2013; Сергеева и др., 2019].

Среднее содержание SiO_2 в исследованной нами выборке песчаников и песчаного матрикса конгломератов составляет 90.2 ± 3.8 мас.% (минимум — 76.9, максимум — 95.3 мас.%). Среднее содержание оксидов алюминия и трехвалентного железа равно 5.1 ± 1.4 и 1.9 ± 0.8 мас.%. Среднее содержание остальных породообразующих оксидов, в том числе калия и натрия, составляет в той или иной степени заметно меньше 1 мас.%.

Вся в целом аналитическая выборка характеризуется величиной корреляции между модулями ЖМ и ТМ — 0.71, а между модулями НКМ и ГМ¹ — 0.68, что, по данным [Соловов, Матвеев, 1985], позволяет считать указанные величины достоверными при 5% уровне значимости. В соответствии с представлениями [Юдович, Кетрис, 2000], это указывает на преимущественно литогенный характер обломочного материала, слагающего песчаники и матрикс конгломератов куккараукской свиты, т. е. доминирование в его составе рециклированного (прошедшего более одного цикла седиментации) материала. Если же рассматривать соотношения между указанными модулями для различных разрезов, то оказывается, что породы куккараукской свиты, обнажающиеся вдоль дороги Петровское — Кулгунино, характеризуются статистически значимыми при 5% уровне достоверности положительными величинами $r_{\text{ЖМ} - \text{ТМ}}$ и $r_{\text{НКМ} - \text{ГМ}}$ (соответственно 0.59 и 0.72); песчаники в бассейне р. Мал. Раузяк обладают также положительными, но несколько меньшими величинами указанных коэффициентов (0.48 и 0.42), тогда как песчаники куккараукской свиты в разрезе у хут. Кулмас характеризуются статистически значимой при 5-процентном уровне достоверности корреляцией между модулями ТМ и ЖМ (0.68), а корреляция между модулями НКМ и ГМ (-0.23) статистически значимой не является.

Обсуждение фактического материала и выводы

Все сказанное выше о микропетрографических особенностях песчаников, матрикса конгломератов и галек конгломератов позволяет сделать вывод, что размывавшаяся в куккараукское время суша была сложена в основном осадочными и осадочно-метаморфическими породами. Эффузивные породы имели подчиненное значение. Такого же мнения придерживались и наши предшественники; ряд из них предполагал, что на палеоводосборах куккараукского времени присутствовали как породы среднего и верхнего рифея, метаосадочные породы суваянского комплекса, так, и, вероятно, граниты рапакиви Бердяуша, т. е. источниками обломочного материала являлись в основном локальные комплексы пород [Ожиганова, Ключина, 1976; Ключина, 1991; Путеводитель..., 1995]. Заметные вариации состава обломочного материала от разре-

¹ ЖМ = $(\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}) / (\text{TiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3)$, ТМ = $\text{TiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$, НКМ = $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}) / \text{Al}_2\text{O}_3$, ГМ = $(\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{TiO}_2 + \text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{MnO}) / \text{SiO}_2$

за к разрезу предполагают отсутствие достаточной гомогенизации обломочного материала на путях переноса и, соответственно, относительно недалекий его перенос.

Ранее [Маслов и др., 2016] нами уже было показано, что положение фигуративных точек песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты на диаграмме $F - Q_t - L$ [Dickinson et al., 1983] свидетельствует о формировании слагающего их обломочного материала за счет эрозии комплексов пород т. н. рециклированных орогенов. Распределение этих же точек состава на диаграмме $F - Q_m - L_t$ напоминает ситуацию размыва т. н. обломочных клиньев [Garzanti et al., 2007]. Следовательно, можно думать, что накопление обломочных пород куккараукской свиты шло в ос-

новном за счет переотложения продуктов эрозии именно этого типа источников сноса орогенных обстановок.

На диаграмме $\log(SiO_2/Al_2O_3) - \log(Na_2O/K_2O)$ [Петтиджон и др., 1976] фигуративные точки состава образцов из разных разрезов куккараукской свиты локализованы по-разному (рис. 3а). Точки песчаного матрикса конгломератов, образцы которого отобраны выемках вдоль дороги Петровское — Кулгунино к югу от с. Макарово, сосредоточены в поле сублитаренитов. Песчаники из бассейна р. Мал. Раузяк в основном локализованы в поле субаркозов и имеют значения $\log(Na_2O/K_2O) < -0.8$, а песчаники из окрестностей хут. Кулмас также в основном принадлежат субаркозам, но обладают величинами $\log(Na_2O/K_2O)$

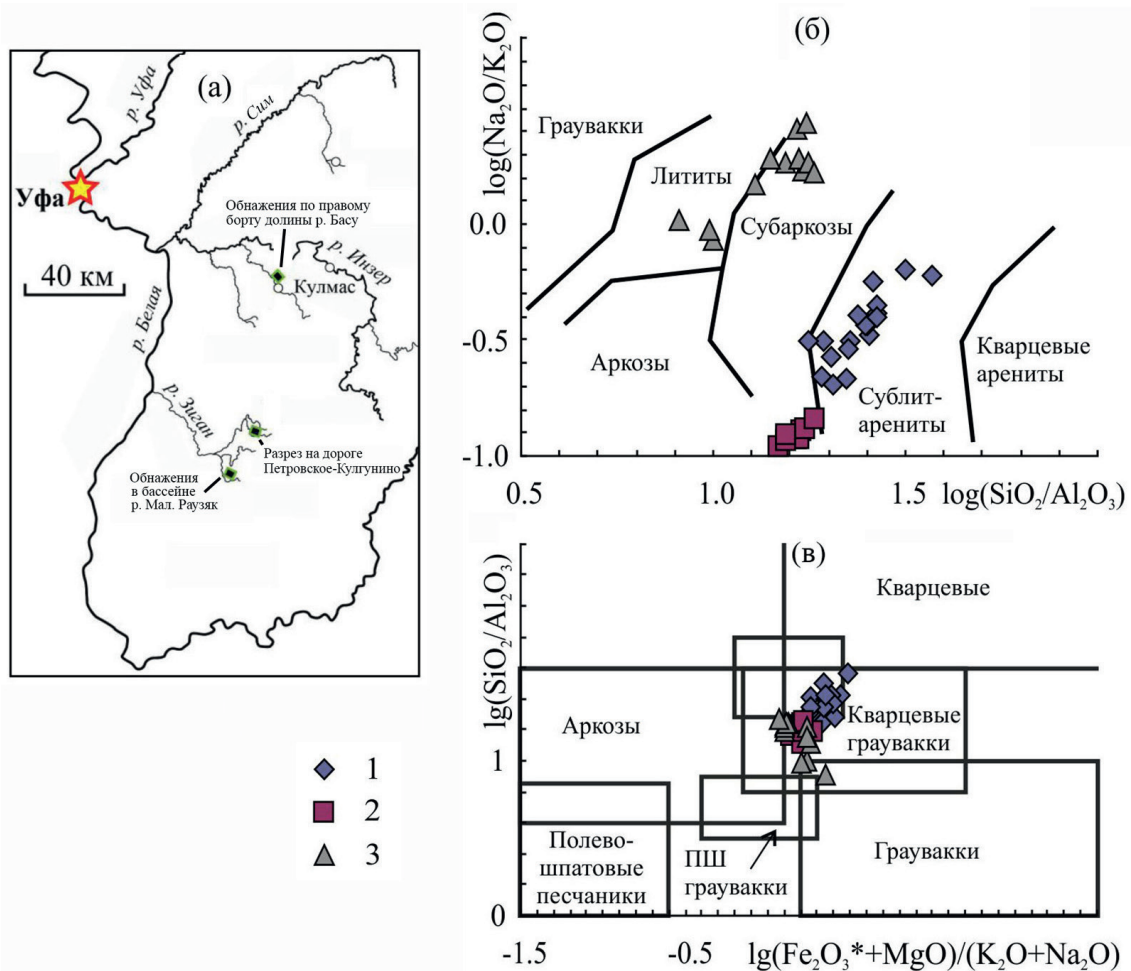


Рис. 3. Расположение опробованных разрезов (а), и локализация фигуративных точек песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты на диаграммах Ф. Дж. Петтиджона с соавторами (б) и О. Ю. Мельничука (в) 1 — автодорога Петровское — Кулгунино; 2 — бассейн р. Мал. Раузяк; 3 — р. Басу ниже хут. Кулмас.

Fig. 3. Location of the sampled sections (а), and localization of data points of sandstones and the matrix of conglomerates of the Kukkarauk Formation on the diagrams of F. J. Pettijohn et al. (б) and O. Yu. Melnichuk (в)

1 — Petrovskoe — Kulgunino road; 2 — Mal. Rauzyak river basin; 3 — river Basy below Kulmas farm.

> 0.1. Однако такой хорошо видимый разброс точек можно наблюдать не на всех классификационных диаграммах. Например, на диаграмме $\lg(\text{Fe}_2\text{O}_3^* + \text{MgO}) / (\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}) - \lg(\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3)$ [Мельничук, 2018] фигуративные точки из нашей выборки распределены кучно и в основном тяготеют к полю кварцевых граувакк (см. рис. 3б).

На диаграмме $(\text{CaO} + \text{MgO}) - \text{SiO}_2 / 10 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ [Bavinton, 1981] точки состава и песчаников и песчаного матрикса конгломератов куккараукской свиты отстоят от намеченных классификационных полей достаточно далеко, демонстрируя тяготение к вершине $\text{SiO}_2 / 10$ (рис. 4). С учетом того, что содержание оксида кальция и оксида магния в исследуемых породах крайне невелико, можно думать, что указанный тренд носит первичный характер и обусловлен существенной примесью обломочного кварца. Наиболее близким с продуктами разрушения гранитоидов и осадочных пород выглядит здесь состав песчаников куккараукской свиты из района хут. Кулмас.

На диаграмме $\text{ICV} - \text{CIA}$ [Potter et al., 2005] точки состава песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты всех трех опробованных



Рис. 4. Положение фигуративных точек песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты на диаграмме $(\text{CaO} + \text{MgO}) - \text{SiO}_2 / 10 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ Условные обозначения см. рис. 3.

Fig. 4. Position of data points of sandstones and the matrix of conglomerates of the Kukkarauk Formation on the $(\text{CaO} + \text{MgO}) - \text{SiO}_2 / 10 - (\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})$ diagram Legend see fig. 3.

нами разрезов тяготеют к линии тренда, берущей начало у точки среднего среднепротерозойского базальта [Condie, 1993] (рис. 5). Это представля-

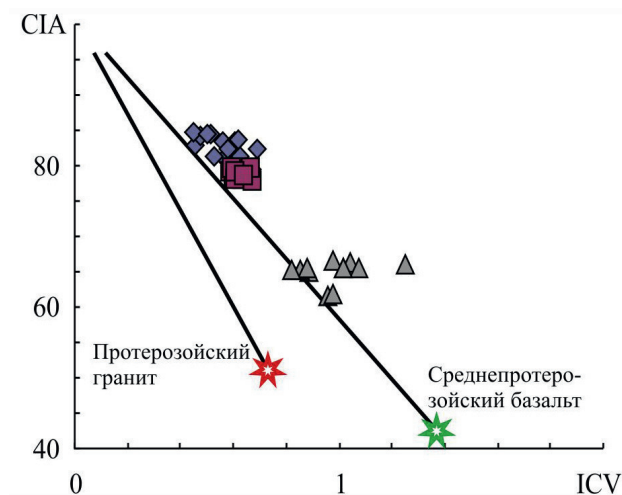


Рис. 5. Положение фигуративных точек песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты на диаграмме $\text{ICV} - \text{CIA}$

Условные обозначения см. рис. 3.

Fig. 5. Position of data points of sandstones and the matrix of conglomerates of the Kukkarauk Formation on the $\text{ICV} - \text{CIA}$ diagram

Legend see fig. 3.

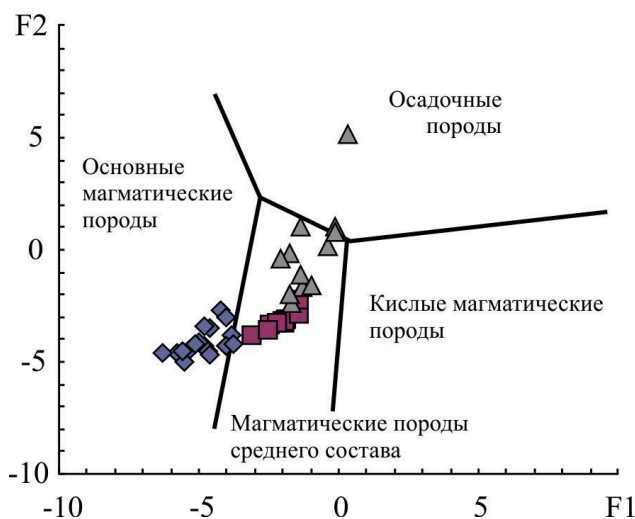


Рис. 6. Локализация фигуративных точек песчаников и матрикса конгломератов куккараукской свиты на диаграмме $\text{F1} - \text{F2}$

Условные обозначения см. рис. 3.

Fig. 6. Localization of data points of sandstones and the matrix of conglomerates of the Kukkarauk Formation in the $\text{F1} - \text{F2}$ diagram

Legend see fig. 3.

ется заметно контрастирующим с полученными выше выводами. Примерно такой же вывод можно сделать и из распределения фигуративных точек на диаграмме F1 — F2 [Roser, Korsch, 1988] (рис. 6), где они присутствуют в полях магматических пород основного (разрез у дороги Петровское — Кулгунино) и среднего состава (разрезы в бассейне р. Мал. Раузяк и у хут. Кулмас). Только одна (!) точка локализована на указанной диаграмме в области осадочных пород.

Таким образом, литохимические данные дают существенно *большой* «простор» для суждений о возможном составе источников обломочного материала. Полученные с их помощью выводы в заметной степени варьируют.

Сопоставляя все сказанное, можно сделать вывод, что в случае куккараукской свиты, имеющиеся в настоящее время в литературе подходы, основанные на анализе содержания и соотношения тех или иных порообразующих оксидов, не позволяют получить непротиворечивую информацию о составе пород-источников обломочного материала, в существенной степени сопоставимую с той, что попадает в руки исследователя при традиционном детальном микропетрографическом изучении псаммитов и галек конгломератов.

Список литературы:

- Беккер Ю. Р.* Венд Урала // Вендская система. Историко-геологическое и палеонтологическое обоснование. Т. 2. Стратиграфия и геологические процессы. М.: Наука, 1985. С. 76–83.
- Беккер Ю. Р.* Молассы докембрия. Л.: Недра, 1988. 288 с.
- Беккер Ю. Р.* Позднедокембрийская моласса Южного Урала. Л.: Недра, 1968. 160 с.
- Гареев Э. З.* Геологические памятники природы Республики Башкортостан. Уфа: Тау, 2004. 296 с.
- Клюжина М. Л.* Вендская система Урала. Свердловск: УрО АН СССР, 1991. 60 с.
- Кузнецов Н. Б., Романюк Т. В., Шаццлло А. В., Голованова И. В., Данукалов К. Н., Меерт Дж.* 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. 2012. №4. С. 59–77.
- Маслов А. В.* Литогеохимический облик отложений ашинской серии венда западного склона Южного Урала // Литосфера. 2014. №1. С. 13–32.
- Маслов А. В., Ялышева А. И., Подковыров В. Н., Главатских С. П., Граунов О. В., Сергеева Н. Д.* Литохимический состав песчаников ашинской серии венда Южного Урала // Литология и полез. ископаемые. 2016. №5. С. 402–430. DOI: 10.7868/S0024497X16040054
- Мельничук О. Ю.* Идентификация петротипов песчаников по литохимическому составу // Литология и я: от идеи до выводов. Материалы 3 Всерос. Школы студентов, аспирантов, молодых ученых и специалистов по литологии. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2018. С. 102–104.
- Ожиганова Л. Д.* К вопросу об источниках сноса терригенного материала додевонских отложений Башкирии // Вопросы геологии восточной окраины Русской платформы и Южного Урала. Вып. 4. Уфа: БФАН СССР. 1959. С. 54–58.
- Ожиганова Л. Д., Клюжина М. Л.* Конгломераты ашинской серии Южного Урала // Конгломераты и их роль в познании геологической истории Урала. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1976. С. 32–37.
- Олли А. И.* Древние отложения западного склона Урала. Саратов: Изд-во Саратовского госуниверситета, 1948. 407 с.
- Петтиджон Ф., Поттер П., Сивер Р.* Пески и песчаники. М.: Мир, 1976. 536 с.
- Путеводитель геологической экскурсии по разрезам палеозоя и верхнего докембрия западного склона Южного Урала и Приуралья. Уфа: ИГ УНЦ РАН, 1995. 177 с.
- Пучков В. Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Сергеева Н. Д., Пучков В. Н.* Разрез ашинской серии по руч. Кукраук. Молассовая формация тиманского орогена на Ю. Урале // Геологический вестник. 2019. №3. С. 62–68. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-5>
- Сергеева Н. Д., Пучков В. Н., Краснобаев А. А., Козлова О. В., Ратов А. А.* Ашинская серия венда: орогенный комплекс тиманид на Южном Урале // Геологический вестник. 2019. №1. С. 3–34. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087-2019-1-1>
- Соловов А. П., Матвеев А. А.* Геохимические методы поисков рудных месторождений. Сб. задач. М.: МГУ, 1985. 232 с.
- Стратотип рифея. Стратиграфия. Геохронология/Отв. ред. Б. М. Келлер, Н. М. Чумаков. М.: Наука, 1983. 184 с.
- Шутов В. Д.* Классификация песчаников // Литология и полез. ископаемые. 1967. №5. С. 86–103.
- Юдович Я. Э., Кетрис М. П.* Основы литохимии. СПб.: Наука, 2000. 479 с.
- Ялышева А. И.* Новые данные о морфологии обломков пород из конгломератов верхнего докембрия и верхнего палеозоя Среднего и Южного Урала // Литосфера. 2013. №6. С. 14–29.
- Ялышева А. И.* Петрографические особенности отложений куккараукской свиты ашинской серии венда (Южный Урал) // Ежегодник-2011. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2012. С. 144–148.
- Bavinton O. A.* The nature of sulfidic metasediments at Kambalda and their broad relationships with associated ultramafic rocks and nickel ores // Econ. Geol. 1981. V. 76. P. 606–1628. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.76.6.1606>

Condie K. C. Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales // *Chem. Geol.* 1993. V. 104. P. 1–37. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(93\)90140-E](https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90140-E)

Dickinson W. R., Bead L. S., Brakenridge G. R., Erjavec J. L., Ferguson R. C., Inman K. F., Knepp R. A., Lindberg F. A., Ryberg P. T. Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting // *Geol. Soc. Am. Bull.* 1983. V. 94. P. 222–235. DOI: 10.1130/0016-7606(1983)94<222: PONAPS>2.0. CO;2

Garzanti E., Doglioni C., Vezzoli G., Ando S. Orogenic Belts and Orogenic Sediment Provenance // *J. Geol.* 2007. V. 115. P. 315–334. DOI: 10.1086/512755

Potter P. E., Maynard J. B., Depetris P. J. *Mud and Mudstones: Introduction and Overview*. Springer, 2005. 308 p.

Roser B. P., Korsch R. J. Provenance signatures of sandstone — mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data // *Chem. Geol.* 1988. V. 67. P. 119–139. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(88\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0009-2541(88)90010-1)

Willner A. P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U. A., Giese U., Puchkov V. N., Kozlov V. I., R. Walter R. 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 // *Precambrian Res.* 2001. V. 100. P. 215–239. DOI: 10.1016/S0301-9268(01)00190-5

References:

Bavinton O. A. (1981) The nature of sulfidic metasediments at Kambalda and their broad relationships with associated ultramafic rocks and nickel ores. *Econ. Geol.*, **76**, 606–628. <https://doi.org/10.2113/gsecongeo.76.6.1606>

Becker Yu. R. (1988) Molassy dokembriya [Molasses of the Precambrian]. L.: Nedra. 288 p. (In Russian).

Becker Yu. R. (1968) Pozdnedokembrijskaja molassa Juzhnogo Urala [Late Precambrian molasse of the Southern Ural]. L.: Nedra. 160 p. (In Russian).

Becker Yu. R. (1985) Vend Urala [Vendian of the Ural] // Vendian system. Historical-geological and paleontological substantiation. V. 2. Stratigraphy and geological processes. M.: Nauka. P. 76–83. (In Russian).

Condie K. C. (1993) Chemical composition and evolution of the upper continental crust: contrasting results from surface samples and shales. *Chem. Geol.*, **104**, 1–37. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(93\)90140-E](https://doi.org/10.1016/0009-2541(93)90140-E)

Dickinson W. R., Bead L. S., Brakenridge G. R., Erjavec J. L., Ferguson R. C., Inman K. F., Knepp R. A., Lindberg F. A., Ryberg P. T. (1983) Provenance of North American Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **94**, 222–235. DOI: 10.1130/0016-7606(1983)94<222: PONAPS>2.0. CO;2

Gareev E. Z. (2004) Geologicheskiye pamyatniki prirody Respubliki Bashkortostan [Geological monuments of nature of the Republic of Bashkortostan]. Ufa: Tau. 296 p. (In Russian).

Garzanti E., Doglioni C., Vezzoli G., Ando S. (2007) Orogenic Belts and Orogenic Sediment Provenance. *J. Geol.*, **115**, 315–334. DOI: 10.1086/512755

Klyuzhina M. L. (1991) Vendskaya sistema Urala [Vendian system of the Urals]. Sverdlovsk: UrO AN SSSR. 60 p. (in Russian).

Kuznetsov N. B., Romanyuk T. V., Shatsillo A. V., Golovanova I. V., Danukalov K. N., Meert J. (2012) Vozrast detritnykh tsirkonov iz ashinskoy serii Yuzhnogo Urala — podtverzhdeniye prostranstvennoy sopryazhennosti ural'skogo kraya Baltiki i kvinslenskogo kraya Avstralii v strukture Rodinii (“Australia upside down conception”) [The age of detrital zircons from the Asha Group of the Southern Urals confirms the spatial conjugation of the Ural region of the Baltic and the Queensland region of Australia in the Rodinia structure (“Australia upside down conception”). *Litosfera*, (4), 59–77. (In Russian).

Maslov A. V. (2014) Litogeokhimicheskiy oblik otlozheniy ashinskoy serii venda zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Lithochemical appearance of deposits of the Vendian Asha series of the western slope of the Southern Urals]. *Litosfera*, (1), 13–32. (In Russian).

Maslov A. V., Yalysheva A. I., Podkovyrov V. N., Glavatskikh S. P., Graunov O. V., Sergeeva N. D. (2016) Litokhimicheskiy sostav peschanikov ashinskoy serii venda Yuzhnogo Urala [Lithochemical composition of sandstones of the Asha series of the Vendian of the Southern Urals]. *Lithology and Mineral Resources*, (5), 402–430. (In Russian). DOI: 10.7868/S0024497X16040054

Melnichuk O. Yu. (2018) Identifikatsiya petrotipov peschanikov po litokhimicheskomu sostavu [Identification of petrotypes of sandstones by lithochemical composition]. *Lithology and Ya: from idea to conclusions*. Materials 3 All-Russian School of students, graduate students, young scientists and specialists in lithology. Yekaterinburg: IGG UrO RAN, 102–104. (In Russian).

Olli A. I. (1948) Drevniye otlozheniya zapadnogo sklona Urala [Ancient deposits of the western slope of the Urals]. Saratov: Publishing House of the Saratov State University. 407 p. (In Russian).

Ozhiganova L. D. (1959) K voprosu ob istochnikakh snosa terrigennoy materiala dodevonskikh otlozheniy Bashkirii [To the question of the sources of the demolition of terrigenous material of the pre-Devonian deposits of Bashkiria]. *Questions of geology of the eastern margin of the Russian platform and the Southern Urals*, Iss. 4. Ufa: BFAN USSR, 54–58. (In Russian).

Ozhiganova L. D., Klyuzhina M. L. (1976) Konglomeraty ashinskoy serii Yuzhnogo Urala [Conglomerates of the Asha Series of the Southern Urals]. *Conglomerates and their role in understanding the geological history of the Urals*. Sverdlovsk: UNTs AN SSSR, 32–37. (In Russian).

Pettijohn F., Potter P., Seaver R. (1976) Peski i peschaniki [Sands and sandstones]. M.: Mir. 536 p. (in Russian).

Potter P. E., Maynard J. B., Depetris P. J. (2005) *Mud and Mudstones: Introduction and Overview*. Springer. 308 p.

Puchkov V. N. (2010) Geologiya Urala i Priural'ya (aktual'nye voprosy stratigrafii, tektoniki, geodinamiki i metal-

logenii) [Geology of Urals and Cisuralian area (topical issues of stratigraphy, tectonics, geodynamics, and metallongeny)]. Ufa: DesignPoligraphService. 280 p. (In Russian).

Putevoditel' geologicheskoy jekskursii po razrezam paleozoja i verhnego dokembrija zapadnogo sklona Juzhnogo Urala i Priural'ja (1995) [Guidebook of a geological excursion to sections of the Paleozoic and Upper Precambrian of the western slope of Southern Ural and Cisuralian area]. Ufa. 177 p. (In Russian).

Roser B.P., Korsch R.J. (1988) Provenance signatures of sandstone — mudstone suites determined using discriminant function analysis of major-element data. *Chem. Geol.*, **67**, 119–139. [https://doi.org/10.1016/0009-2541\(88\)90010-1](https://doi.org/10.1016/0009-2541(88)90010-1)

Sergeeva N. D., Puchkov V. N. (2019) Razrez ashinskoy serii po ruch'yu Kukrauk. Molassovaya formatsiya Timanskogo orogena na Yuzhnom Urale [Section of the Asha series on stream Kukrauk. Molass formation of the Timan orogen in the Southern Urals]. *Geologicheskii vestnik*, (3), 62–68. (In Russian). DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-3-5>

Sergeeva N. D., Puchkov V. N., Krasnobaev A. A., Kozlova O. V., Ratov A. A. (2019) Ashinskaya seriya venda: orogenny kompleks timanid na Yuzhnom Urale [Asha Series of Vendian: an orogenic complex of Timanides in the Southern Urals]. *Geologicheskii vestnik*, (1), 3–34. (In Russian). DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087-2019-1-1>

Shutov V. D. (1967) Klassifikatsiya peschanikov [Classification of sandstones]. *Lithology and Mineral resources*, (5), 86–103. (In Russian).

Solovov A. P., Matveev A. A. (1985) Geokhimicheskiye metody poiskov rudnykh mestorozhdeniy [Geochemical methods of prospecting for ore deposits]. M.: MGU. 232 p. (In Russian).

Stratopif rifeya. Stratigrafiya. Geokhronologiya (1983) [Stratotype of the Riphean. Stratigraphy. Geochronology]. M.: Nauka. 183 p. (In Russian).

Willner A. P., Ermolaeva T., Stroink L., Glasmacher U. A., Giese U., Puchkov V. N., Kozlov V. I., R. 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. *Precambrian Res.*, **100**, 215–239. DOI: 10.1016/S0301-9268(01)00190-5

Yalysheva A. I. (2013) Novyye dannyye o morfologii oblomkov porod iz konglomeratov verkhnego dokembriya i verkhnego paleozoya Srednego i Yuzhnogo Urala [New data on the morphology of rock fragments from Upper Precambrian and Upper Paleozoic conglomerates of the Middle and Southern Urals]. *Litosfera*, (6), 14–29. (In Russian).

Yalysheva A. I. (2012) Petrograficheskiye osobennosti otlozheniy kukkaraukskoy svity ashinskoy serii venda (Yuzhnyy Ural) [Petrographic features of deposits of the Kukkarauk Formation of the Asha Series, Vendian (Southern Urals)]. *Yearbook-2011*, Yekaterinburg: IGG UrO RAN, 144–148. (In Russian).

Yudovich Ya. E., Ketris M. P. (2000) Osnovy litokhimii [Fundamentals of lithochemistry]. St. Petersburg: Nauka. 479 p. (In Russian).

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 31.08.2022; одобрена после рецензирования 19.09.2022; принята к публикации 11.11.2022

The article was submitted 31.08.2022; approved after reviewing 19.09.2022; accepted for publication 11.11.2022