





суранской свиты, представленными в основном низкоуглеродисто-глинистыми сланцами с прослоями карбонатных пород, доломитов и известняков. Изучение представляет интерес в первую очередь в минералого-геохимическом аспекте и, кроме того, с точки зрения анализа содержаний золота в аллювиальных отложениях, поскольку ручьи Бзяк и Караелга впадают в реку Б. Авзян, известную своими золотоносными россыпями. Они протекают в Белорецком районе Республики Башкортостан в нескольких км севернее д. Исмакаево (рис. 1).

**Методика исследований.** Пробы отбирались из неглубоких копушей в местах оттели. Вес просеянных (–5 мм) проб составлял около 20–25 кг. После этого они были промыты в лотках до серого шлиха весом около 0,4–0,5 кг. Затем их разделили на две части, одну из которых подвергли минералогичес-

кому анализу, а другую истерли и отправили на геохимическое изучение.

Минералогический анализ проводился по стандартной методике и включал выделение отдельных классов [5; 6].

Под бинокулярным микроскопом проводились определение минералов и отбор монофракций с последующим изучением рентгенофазовым анализом и под растровым электронным микроскопом. Геохимическое изучение включало следующие виды анализов: рентгенофлуоресцентный (РФА), атомно-абсорбционный, рентгеноспектральный с индуктивно связанной плазмой (ИСП АЭС) и определение химического состава отдельных минералов на растровом электронном микроскопе (РЭМ) JEOL JSM 7100F. Более подробно методика исследований описана нами ранее [7].

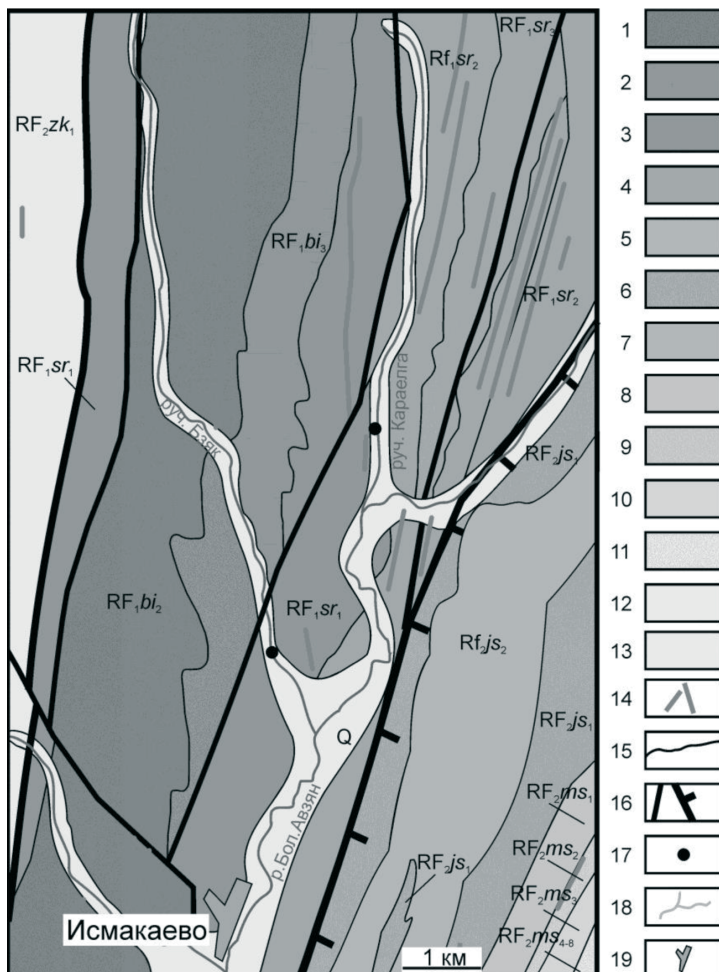


Рис. 1. Геологическая схема отложений нижнего рифея в районе д. Исмакаево (по [Ларионов, 2003]) и места отбора шлиховых проб из ручьев Бзяк и Караелга:

- 1 – отложения нижнего рифея, свиты: 1–2 – большеинзерская, подсвиты: 1 – средняя (RF<sub>1</sub>bi<sub>2</sub>), 2 – верхняя (RF<sub>1</sub>bi<sub>3</sub>); 3–5 – суранская, подсвиты: 3 – миньякская (RF<sub>1</sub>sr<sub>1</sub>), 4 – бердагуловская (RF<sub>1</sub>sr<sub>2</sub>), 5 – ангастакская (RF<sub>1</sub>sr<sub>3</sub>); 6–7 – юшинская, подсвиты: 6 – вязовская (RF<sub>1</sub>js<sub>1</sub>), 7 – багарыштинская (RF<sub>1</sub>js<sub>2</sub>);
- 8–12 – отложения среднего рифея, свиты: 8–11 – машакская, подсвиты: 8 – кузьелгинская (RF<sub>1</sub>ms<sub>1</sub>), 9 – казавдинская (RF<sub>1</sub>ms<sub>2</sub>), 10 – быковская (RF<sub>1</sub>ms<sub>3</sub>), 11 – верхняя (RF<sub>1</sub>ms<sub>4-8</sub>); 12 – зигальгинская (RF<sub>2</sub>zk<sub>1</sub>); 13 – четвертичные отложения (Q); 14 – дайки магматических пород; 15 – границы свит; 16 – тектонические нарушения разного порядка; 17 – места отбора проб; 18 – реки и ручьи; 19 – д. Исмакаево.



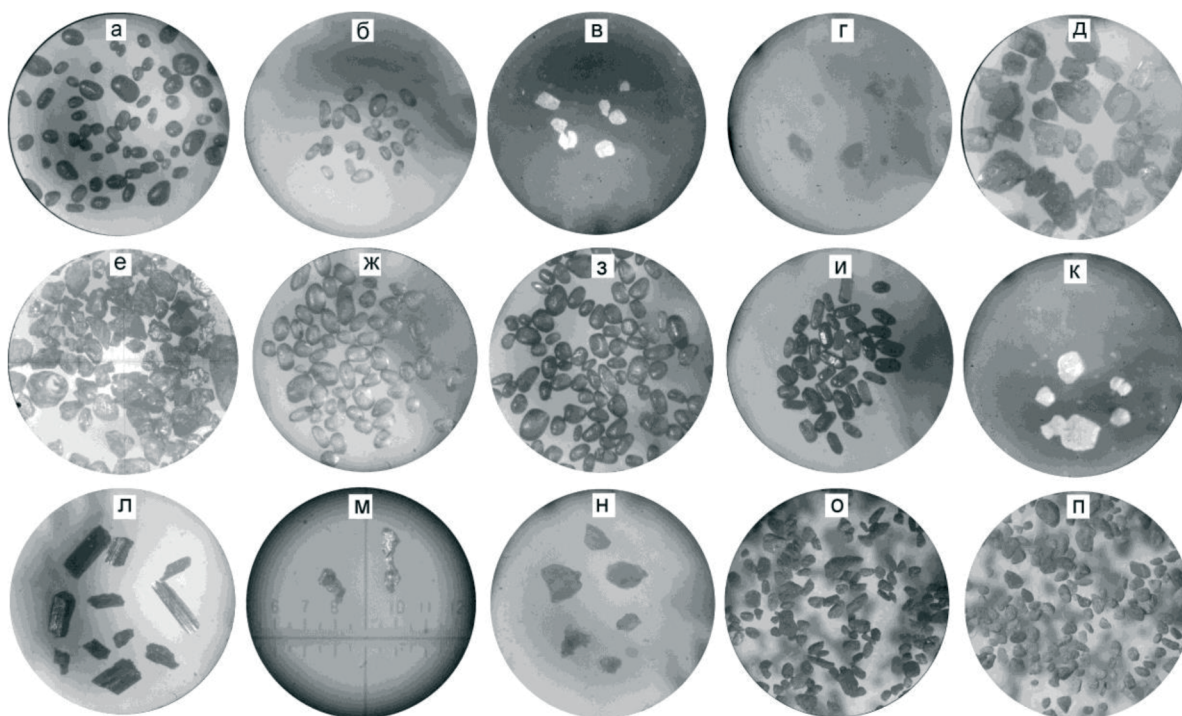


Рис. 3. Фотографии некоторых минералов шлиховых проб из ручьев Бзяк и Караелга:

а – и – минералы из руч. Бзяк: а – циркон красного цвета; б – циркон светло розового цвета; в – апатит; г – флюорит; д – эпидот; ж – п – минералы из руч. Караелга: ж – циркон светло-розового цвета; з – циркон красного цвета; и – призматические кристаллы циркона; к – апатит; л – рутил; м – золото, н – флюорит; о – п – зерна, состоящие из кварца, мусковита, клинохлора, полевого шпата и рутила; о – зерна болотно-зеленого цвета; п – зерна бледно-зеленого и голубовато-серого цвета.

*Актинолит* в большеинзерской свите представлен зернами темно-зеленого цвета, пластинчатой, листоватой формы в основном со сростками. Размер зерен от 0,21 x 0,37 до 0,78 x 0,93 мм, преимущественно 0,52 x 0,60 мм.

*Эпидот* в обеих свитах присутствует в угловато-окатанных зернах и призматических обломках (иногда с вертикальной штриховкой на гранях) (рис. 2, д). Цвет эпидота зеленый, желтовато-зеленый, фисташково-зеленый. Иногда он содержит включения темноцветных минералов. Размер зерен в большеинзерской свите колеблется от 0,21 x 0,27 до 0,51 x 0,69 мм, преимущественно 0,36 x 0,40 мм.

*Гранат* в суранской свите представлен кристаллами ромбододекаэдра и многогранников более сложной формы красного цвета. Размер зерен варьирует от 0,21 x 0,25 до 0,34 x 0,39 мм.

В аллювиальных отложениях суранской свиты (ручей Караелга) найдены две пластинки *золота*, размерами 0,06 x 0,18 и 0,07 x 0,31 мм (рис. 2, м). Поверхность золотин неровная, ямчатая, слабоокатанная, ноздреватая и участками дендритообразная (рис. 3). Состав золота: Au – 93,25–95,50 мас. % (ср. 94,27 мас. %, n = 7), Ag – 4,49–6,75 мас. % (ср. 5,73 мас. %) Au/Ag отношение в среднем равно 16,5.

По химическому составу найденные пластинки Au отличаются от золота Исмакаевской рудной зоны, от которой ручей Караелга протекает в нескольких км северо-восточнее. В золоте этой зоны, встречающегося в коренных породах отношение Au/Ag находится стабильно на уровне 5–8 [9], найденного в коре выветривания – 27–28 [10]. В Горноприисковой рудной зоне, расположенной в ~10–15 км южнее исследуемого участка, отношение Au/Ag составляет более

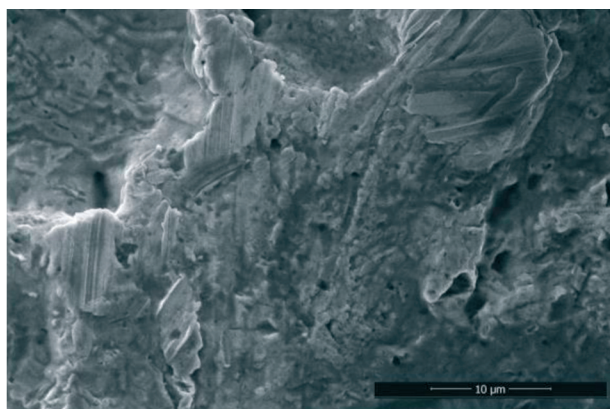
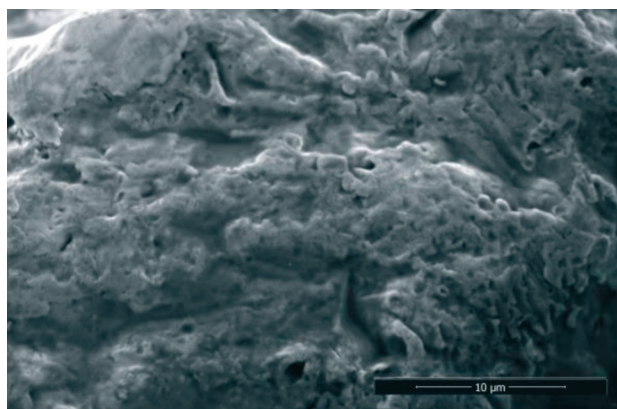


Рис. 3. Поверхность золота из ручья Караелга

21 [9], что также отличается от фиксируемого в золоте из ручья Караелга. Из приведенных материалов следует, что найденное золото по химическому составу не схоже с золотом из коренных рудопроявлений Авзянского рудного района и этот факт требует дополнительного изучения с привлечением большего количества аналитических данных. Измеренное Au/Ag отношение наиболее близко к таковому в золоте руч. Черный ключ или р. Сухая Кургашля [10], которые, однако, находятся довольно далеко за пределами района исследований (рис. 4).

Легкая фракция представлена в основном молочно-белыми, желтоватыми и серыми зернами *кварца* неправильной и угловатой формы. Наблюдаются прозрачные и полупрозрачные разности, часто слабоожеженные.

По результатам рентгенофазового анализа определены следующие минералы (в %) в шлиховой пробе М-1001 (большеинзерская свита): кварц (90–95), анортит (2–2,5), ортоклаз – 1–1,5, каолинит – 0,9–1,3, мусковит (0,8–1,3), титанит (1–1,2) гетит (0,5–1), рутил (0,4–0,8); в пробе М-1008 (бердагуловская

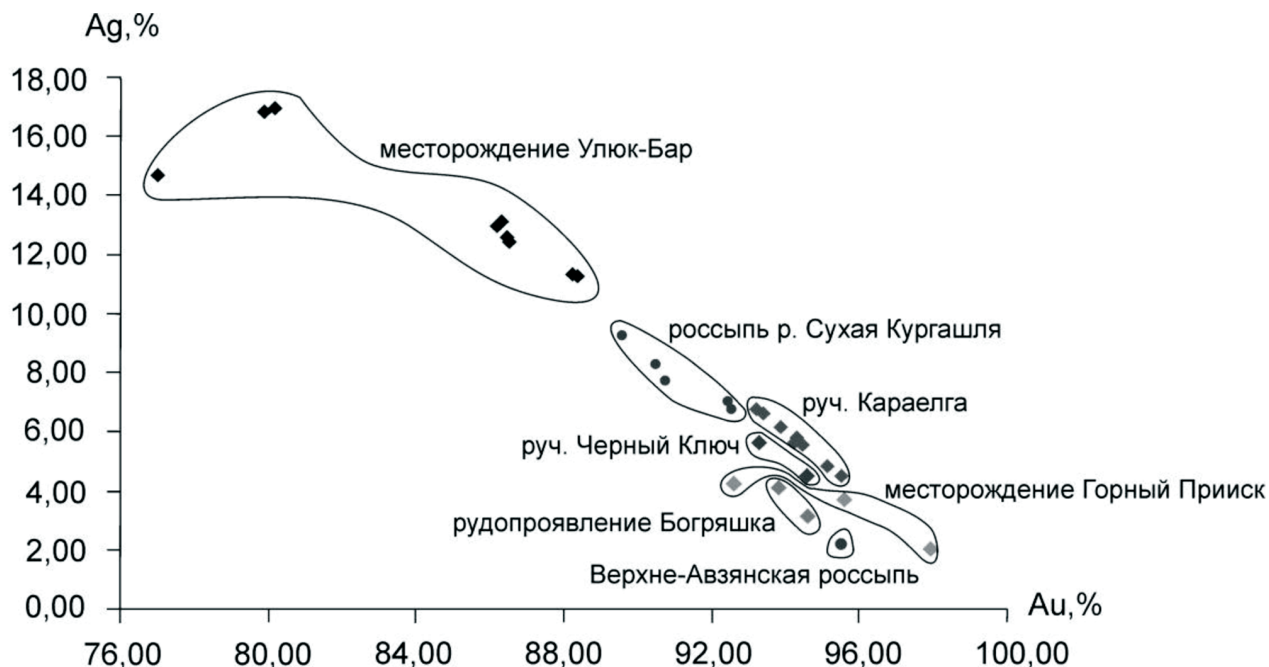


Рис. 4. Химический состав Au и Ag из ручья Караелга, россыпи р. Сухая Кургашля, ручей Черный Ключ, рудопроявления Богряшка, Верхне-Авзянской россыпи и месторождения Горный Прииск

подсвета суранской свиты): кварц (65,0–75,0), анортит (4,0), альбит (2,0), эпидот (2–2,5), доломит (0,5–0,7), мусковит (2–2,5), монацит (0,5–0,9), флюорит (0,2–0,4), циркон (0,2–0,4), гетит (5,0), гематит (2–2,5), рутил (1–1,2), титанит (1–1,2), магнетит (0,7–1), пирит (0,5–0,7). В целом, полученные данные по составу минералов при микроскопических наблюдениях согласуются с результатами изучения рентгенофазового анализа.

Отсутствие в результатах рентгенофазового анализа апатита в обеих пробах, циркона, эпидота, флюорита и пирита в шлиховой пробе М–1001 объясняется их незначительным содержанием ( $\leq 0,1\%$ ).

Результаты геохимического изучения шлиховых проб методами РФА и ИСП АЭС представлены в таблице 1. Повышенные содержания Zr, а также, вероятно, и Y, обусловлены сравнительно высоким содержанием в пробе циркона. По материалам Н.Д. Сергеевой [11] цирконы, встречающиеся в рифейских отложениях БМА, довольно значительно обогащены Y. Концентрация Zr по

результатам РФА в пробе составляет около 650 г/т, что предполагает содержание циркона в пробе на уровне 0,1 мас. %. Более низкое значение концентрации циркония в пробе, определенное по данным ИСП АЭС, по-видимому, менее достоверно и обусловлено неполным химическим вскрытием трудно растворимого циркона при открытым способе пробоподготовки. С точки зрения литологического состава оmyваемых ручьями пород повышенные содержания Zr хорошо объясняется для пробы М–1001 (400 г/т), так как породы большеинзерской свиты представлены преимущественно песчаниками, и трудно объяснимо для пробы М–1008 (655 г/т), поскольку бердагуловская подсвета суранской свиты представлена в основном глинистыми сланцами. Вероятно, высокие содержания Zr в пробе М–1008 связано с тем, что ручей Каралга дренирует помимо сланцев дайки магматических пород. В пользу этого предположения говорит присутствие в ней цирконов гиацинтового типа.

Т А Б Л И Ц А 1 – Химический состав шлиховых проб М–1001 и М–1008 (мас. %), содержание в них редких и редкоземельных элементов (г/т)

элемент	М–1001		М–1008		элемент	М–1001		М–1008	
	РФА	ИСП АЭС	РФА	ИСП АЭС		РФА	ИСП АЭС	РФА	ИСП АЭС
SiO <sub>2</sub>	87,60	–	73,28	–	Ni	–	17,7	33,0	151,8
TiO <sub>2</sub>	0,53	0,37	1,33	0,93	Cu	41,8	16,0	58,2	79,6
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,34	2,5	4,43	3,90	Zn	7,9	4,9	77,0	97,5
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,11	2,66	11,71	17,84	As	12,1	–	107,5	–
MnO	0,03	0,02	0,07	0,07	Rb	37,2	–	21,1	–
MgO	2,08	0,52	2,46	0,82	Sr	49,3	23,2	37,8	105,4
CaO	0,35	0,07	1,55	1,43	Y	20,4	18,7	33,0	35,5
Na <sub>2</sub> O	0,27	0,09	0,27	0,20	Zr	400,3	–	654,8	–
K <sub>2</sub> O	0,54	–	0,55	–	Nb	11,8	2,8	5,0	17,8
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,03	0,06	0,17	0,14	Mo	–	0,7	–	0,7
S <sub>общ.</sub>	0,01	–	0,03	–	Ba	177,5	127,0	458,3	246,7
ППП	1,09	–	3,55	–	La	–	46,1	–	146,0
сумма	99,96	–	99,39	–	Ce	–	86,6	–	306,2
Li		4,8	–	3,6	Pr	–	10,2	–	21,8
Be			–	1,5	Nd	–	44,5	–	114,9
Cl	30,5	–	–	–	Eu	–	2,5	–	7,4
Sc	14,4	2,0	15,7	6,4	Dy	–	5,3	–	8,4
V	57,2	33,3	164,3	138,8	Yb	–	0,7	–	3,9
Cr	40,1	43,0	112,6	202,6	Pb	47,4	6,8	48,5	46,2
Co	11,3	13,3	103,5	79,7	ΣREE	–	123,5	–	596,3

Проба М–1008 отмечается повышенным содержанием Cr, Co, Ni, Zn, Pb, Y, а также редкоземельных элементов (РЗЭ), концентрация которых в сумме составляет около 600 г/т. Судя по установленному минералогическому составу шлиховой пробы, наиболее вероятными минералами концентраторами лантаноидов являются апатит и монацит. Со и Ni, как сидерофильные элементы, имеющие высокое сродство с железом, вероятнее всего, связаны с железосодержащими минералами, гетитом, гематитом, и магнетитом, содержание которых, как и общее содержание  $Fe_2O_{3\text{общ}}$  в пробе, довольно высокое. Исходя из результатов энергодисперсионного анализа химического состава рутила, высокие концентрации Cr в пробе могут быть связаны с этим минералом.

Сравнительный анализ геохимического распределения в шлиховой пробе М–1008 редких и редкоземельных элементов показывает наибольшее концентрирование в ней Со и Ni (см. табл. 2 и рис. 5). Если провести нормирование их концентраций в пробе

на среднее содержание в глинистых сланцах суранской свиты ( $RF_{1sr}$ ), данные по которым мы заимствовали из работы С.Г. Ковалева с соавторами [12], значения по ним составят приблизительно 23 и 12 соответственно. Следующие элементы в пробе, имеющие наибольшее концентрирование по сравнению с глинистыми сланцами  $RF_{1sr}$ , это – халькофильные элементы Pb и Cu, содержание которых в шлихе больше в 8–9 раз. Появление их концентраций, по-видимому, объясняется возможным присутствием в пробе незначительного количества сульфидных минералов (халькопирита и галенита). Далее по уменьшению значений нормирования содержания элементов в шлиховой пробе на среднее содержание элементов в глинистых сланцах суранской свиты располагаются редкоземельные элементы La, Ce и Nd. Их значения варьируют в очень узких пределах около 6 и близки между собой, что, вероятно, связано с их совместным вхождением в один и тот же минерал или минералы.

Т А Б Л И Ц А 2 – Химический состав шлиховой пробы М–1008 (мас. %), содержание в ней и в глинистом сланце суранской свиты редких и редкоземельных элементов (г/т)

элемент	РФА	ИСП АЭС	Глинистый сланец	элемент	РФА	ИСП АЭС	Глинистый сланец
SiO <sub>2</sub>	73,28	–	–	Ni	33,0	151,8	12,9±3,7
TiO <sub>2</sub>	1,33	0,93	–	Cu	58,2	79,6	9,8±3,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,43	3,90	–	Zn	77,0	97,5	25,1±9,7
Fe <sub>2</sub> O <sub>3общ</sub>	11,71	17,84	–	As	107,5	–	–
MnO	0,073	0,067	–	Rb	21,1	–	65,9±21,8
MgO	2,46	0,82	–	Sr	37,8	105,4	27,4±25,0
CaO	1,55	1,43	–	Y	33,0	35,5	9,8±2,6
Na <sub>2</sub> O	0,27	0,20	–	Zr	654,8	223,9	77,8±23,7
K <sub>2</sub> O	0,55	–	–	Nb	5,0	17,8	7,4±2,1
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,173	0,141	–	Mo	–	0,7	3,3±2,2
S <sub>общ</sub>	0,029	–	–	Ba	458,3	246,7	343,9±127,1
ППП	3,55	–	–	La	–	146,0	25,3±9,0
сумма	99,39	–	–	Ce	–	306,2	50,5±16,6
Li	–	3,6	20,3±5,9	Pr	–	21,8	–
Be	–	1,5	–	Nd	–	114,9	21,8±6,6
Cl	–	–	–	Eu	–	7,4	0,7±0,2
Sc	15,7	6,4	6,7±1,9	Dy	–	8,4	–
V	164,3	138,8	79,3±28,2	Yb	–	3,9	1,6±0,3
Cr	112,6	202,6	36,7±11,1	Pb	48,5	46,2	4,9±2,4
Co	103,5	79,7	3,5±1,9	ΣREE	–	596,3	–

Примечание – Глинистый сланец – данные ИСП МС по глинистому сланцу суранской свиты [12].



Содержание, г/т

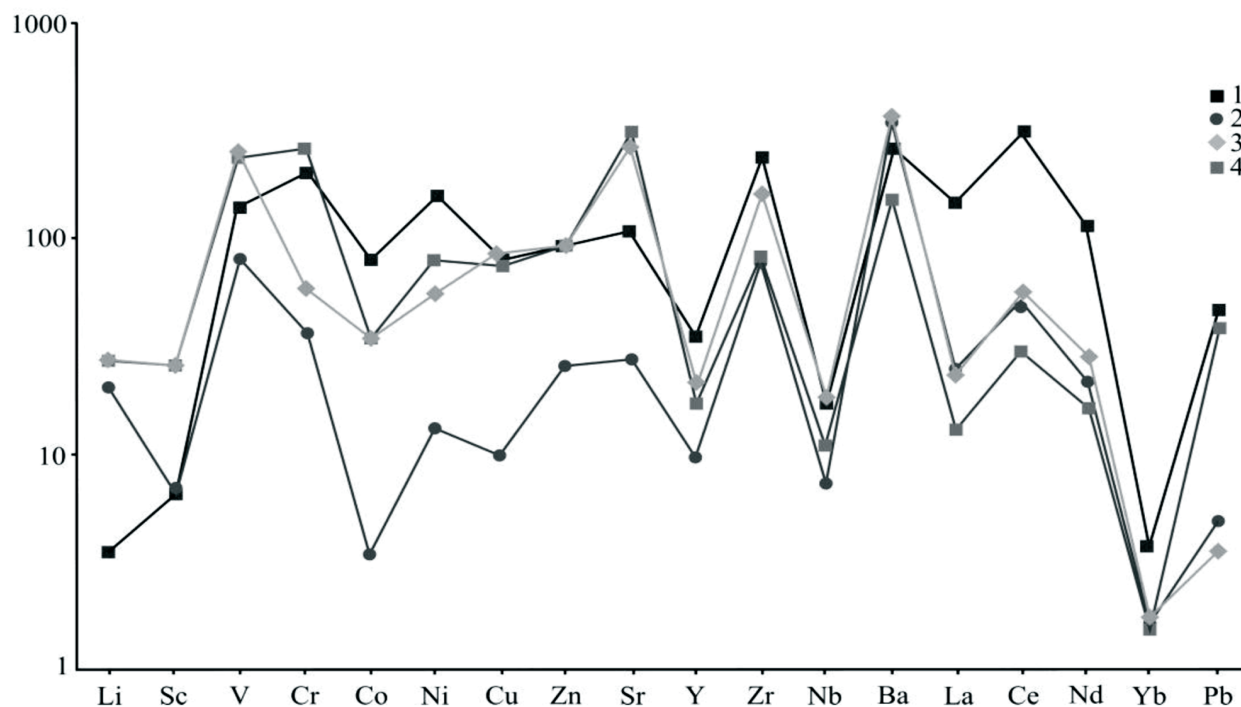


Рис. 5. Геохимические тренды распределения элементов в шлиховой пробе из ручья Караелга (1), в глинистых сланцах суранской свиты (по [Ковалев и др., 2013]) (2), габбро-долериты, взятые из выходов вблизи ручьев Б. Ключ и Кургашля (3), габбро-долериты нижнерифейского Юшинского комплекса (4)

Здесь следует отметить, что проведенное нормирование содержаний этих элементов в шлиховой пробе на их среднее содержание в габбро-долеритах Авзянского рудного района, показывает несколько другие значения и немного отличающуюся картину распределения от нормирования на среднее содержание в глинистых сланцах  $RF_{1, sr}$ . Для построения диаграммы (см. рис. 5) мы использовали данные анализов, выполненных нами методом ИСП МС в ИГГ УрО РАН (аналитик Д.В. Киселева, г. Екатеринбург) по образцам габбро-долеритов Исмакаевской рудной зоны из коллекции А.А. Алексева. Наиболее сильное отличие в трендах распределения элементов фиксируется между шлиховой пробой и габбро-долеритами Юшинского комплекса, выходы которых отмечаются примерно в 7 км юго-западнее ручья Караелга в пределах площади рудопроявления Улюк-Бар и которые относятся А.А. Алексевым [13] к нижнерифейскому комплексу. Вместе с тем, габбро-долериты, взятые из выходов вблизи ручьев

Б. Ключ и Кургашля, расположенных сравнительно недалеко от «Черной речки», показывают близкий геохимический тренд распределения с шлиховой пробой, имеющий незначительные отличия. Из приведенных материалов можно сделать вывод, что минералогические и геохимические особенности шлиховой пробы в основном наследуются из низкоуглеродисто-глинистых сланцев бердагуловской подсвиты и в меньшей степени из габбро-долеритов, развитых вблизи руч. Караелга. Появление редкоземельной минерализации (монацита, апатита) в шлиховой пробе, вероятно, связано с ее широким присутствием в осадочных нижнерифейских породах, в которых она образовалась в результате метаморфогенных процессов [14].

Li, Sc, V, Mo, Ba по сравнению со средними содержаниями в глинистых сланцах  $RF_{1, sr}$  находятся в шлиховой пробе в меньших или близких концентрациях (значения их нормирования колеблются от 0,2 до 1,75), что, по-видимому, объясняется вхождением



14. Алексеев А.А., Тимофеева Е.А. Редкоземельные фосфаты в горных породах и аллювиальных

отложениях западного склона Южного Урала // Литосфера. 2008. № 1. 140–145.

## REFERENCES

- Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Larionov N.N., Maslov A.V., Sergeeva N.D., Bibikova E.V., Genina L.A., Ronkin Yu.L. Nizhniy rifey Yuzhnogo Urala [Lower Riphean of the South Urals]. Moscow, Nauka, 1989. 208 p. (In Russian).
- Gareev E.Z. Geokhimiya osadochnykh porod stratotipicheskogo razreza rifeya [Geochemistry of sedimentary rocks of the Riphean stratotype section]. PhD Thesis in Geology. Moscow, GEOKHI, 1989. 24 p. (In Russian).
- Larionov N.N. Karbonaty suranskoj svity nizhnego rifeya yuga Bashkirskogo megantiklinoriya [Carbonates of the Lower Riphean Suran Formation of the southern Bashkir Meganticlinorium]. Geologiya dokembriya Yuzhnogo Urala i vostoka Russkoy plity [Precambrian geology of the South Urals and the east of the Russian Plate]. BNTs UrO AN SSSR. Ufa, 1990, pp. 63–72. (In Russian).
- Michurin S.V., Biktimerova Z.R., Kanipova Z.A., Danilenko S.A. Tsink v karbonatnykh porodakh suranskoj svity nizhnego rifeya (Yuzhnyy Ural) [Zinc in carbonate rocks of the Lower Riphean Suran Formation (South Urals)]. Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana i sopedelnykh territoriy [Geology, minerals and geocology problems of Bashkortostan, the Urals and adjacent regions]. Proceedings of the 10th Interregional Science & Research Conference. Ufa, May 13–15, 2014, Ufa, 2014, pp. 150–154. (In Russian).
- Bakulina L.P. Shlikhovie oprobovanie i analiz shlikhovykh prob [Heavy concentrate sampling and analysis]. Ukhta, UGTU, 2014. 126 p. (In Russian).
- Kopchenova E.V. Mineralogicheskij analiz shlikhov [Heavy concentrate mineralogical analysis]. Moscow, Izdatelstvo geologicheskoy literatury, 1951. 213 p. (In Russian).
- Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. Mineralogicheskie i geokhimicheskie osobennosti otlozheniy berdagulovskoy podsvity suranskoj svity nizhnego rifeya po rezultatam shlikhovogo oprobovaniya (Yuzhnyy Ural) [Mineralogical and geochemical features of sediments of the Lower Riphean Berdagul Subformation of the Suran Formation according to the results of heavy concentrate sampling (South Urals)]. Proceedings of the 12th Interregional Science & Research Conference. May 21–23. Ufa, 2018, pp. 227–237. (In Russian).
- Sergeeva N.D. Sopostavlenie ayskoy i bolshheinzerskoj svit nizhnego rifeya Bashkirskogo megantiklinoriya Yuzhnogo Urala po aktsesornym mineralam [Comparison of the Lower Riphean Ay and Bolshoy Inzer Formations of the Bashkir Meganticlinorium of the South Urals based on accessory minerals]. Verkhniy dokembriy i paleozoy Yuzhnogo Urala (stratigrafiya i litologiya) [Upper Precambrian and Paleozoic of the South Urals (stratigraphy and lithology)]. Ufa, BFAN USSR, 1982, pp. 20–26. (In Russian).
- Michurin S.V., Sharipova A.A., Krupenin M.T., Zamyatin D.A., Musina A.M., Popov V.A. Sulfidnaya mineralizatsiya, samorodnoe zoloto i ego geokhimicheskie svyazi v rifeyskikh otlozheniyakh Avzyanskogo rudnogo rayona (Yuzhnyy Ural) [Sulphide mineralization, native gold and its geochemical relationships in the Riphean deposits of the Avzyan Ore Field (South Urals)]. Litosfera – Lithosphere, 2018, vol. 18, no. 1, pp. 61–81. (In Russian).
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V. Geokhimiya zolota zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Geochemistry of gold on the western slope of the South Urals]. Geologiya i perspektivy rasshireniya syryevoy bazy Bashkortostana i sopedelnykh territoriy [Geology and prospects for expanding the raw material base of Bashkortostan and adjacent regions]. Proceedings of the IVth Republican Geological Conference. Ufa, 2001, pp. 134–140. (In Russian).
- Sergeeva N.D., Krasnobaev A.A., Kozlov V.I. Redkozemelnye elementy v tsirkonakh osadochnykh porod verkhnego dokembriya Bashkirskogo megantiklinoriya na Yuzhnom Urale [Rare-earth elements in zircons of the Upper Precambrian sedimentary rocks of the Bashkir Meganticlinorium in the South Urals]. Endogennyye protsessy formirovaniya zemnoy kory Yuzhnogo Urala [Endogenous processes in the formation of the Earth's crust of the South Urals]. Collected papers. Ufa, BNTs UrO AN SSSR, 1988, pp. 84–93. (In Russian).
- Kovalev S.G., Vysotsky I.V., Puchkov V.N., Maslov A.V., Gareev E.Z. Geokhimicheskaya spetsializatsiya strukturno-veshchestvennykh kompleksov Bashkirskogo Megantiklinoriya [Geochemical specialization of structural and compositional complexes of the Bashkir Meganticlinorium]. Ufa, DesignPress, 2013. 268 p. (In Russian).
- Alekseev A.A. Rifeysko-vendskiy magmatizm zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Riphean-Vendian magmatism on the western slope of the South Urals]. Moscow, Nauka, 1984. 128 p. (In Russian).
- Alekseev A.A., Timofeeva E.A. Redkozemelnye fosfaty v gornykh porodakh i allyuvialnykh otlozheniyakh zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Rare-earth phosphates in rocks and alluvial sediments on the western slope of the South Urals]. Litosfera – Lithosphere, 2008, no. 1, pp. 140–145. (In Russian).

*Исследования выполнены в рамках темы № 0252-2016-0005 государственного задания ИГ УФИЦ РАН.*