

## МИНЕРАЛОГИЯ И ГЕОХИМИЯ БОЛЬШЕИНЗЕРСКОЙ И СУРАНСКОЙ СВИТ НИЖНЕГО РИФЕЯ (ЮЖНЫЙ УРАЛ) ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ШЛИХОВОГО ОПРОБОВАНИЯ

© 2018 г. А. Г. Захарова, С. В. Мичурин, А. А. Шарипова

**Реферат.** Приводятся результаты минералогического и геохимического изучения аллювиальных отложений большеинзерской (руч. Бзяк) и суранской свит (руч. Караелга). В минеральном составе установлен кварц (преобладает), полевой шпат, эпидот, каолинит, мусковит, доломит и акцессорные минералы (гетит, гематит, рутил, титанит, магнетит, пирит, монацит, циркон, флюорит). Сравнительный анализ геохимических особенностей цирконов различных типов из суранской и большеинзерской свит показывает, что они гетерогенны. Наиболее обогащены Th и U округлые цирконы красного цвета из аллювиальных отложений суранской свиты. Величина Th/U отношения в них изменяется от 0.13 до 0.50, в цирконах гиацинтового типа — 0.47–1.78. Вместе с тем полученные немногочисленные данные по цирконам красного цвета из отложений большеинзерской свиты показывают, что они геохимически (отсутствие U, Y, низкие концентрации Th) отличаются от цирконов красного цвета из аллювиальных отложений суранской свиты. В аллювиальных отложениях суранской свиты выявлены сравнительно высокие содержания Zr, Co, Cr, Ni, Zn, Pb, Y, а также РЗЭ, которые в сумме составляют около 600 г/т. Наиболее вероятными минералами концентраторами лантаноидов являются апатит и монацит. В аллювиальных отложениях руч. Караелга впервые обнаружено золото, в котором установлена высокая проба (около 940) и Au/Ag отношение, в среднем равное 16.5, что несколько отличается от состава золота из коренных месторождений и рудопроявлений Авзянского рудного района в Ямантауском антиклинории.

**Ключевые слова:** большеинзерская свита, суранская свита, минералогический состав, циркон, элементы-примеси, золото

## MINERALOGY AND GEOCHEMISTRY OF THE BOLSHEINZER AND SURAN FORMATIONS OF THE LOWER RIPHEAN (SOUTHERN URALS) ON THE RESULTS OF SCHLICH SAMPLING

A. G. Zakharova, S. V. Michurin, A. A. Sharipova

**Abstract.** The results of the mineralogical and geochemical study of alluvial deposits of the Bolsheizer (Bzyak stream) and Suran Formations (Karaelga stream) are presented. Quartz (predominant), feldspar, epidote, kaolinite, muscovite, dolomite and accessory minerals (goethite, hematite, rutile, titanite, magnetite, pyrite, monazite, zircon, fluorite) are found in the mineral composition. A comparative analysis of the geochemical characteristics of various types of zircons from the Suran and the Bolsheizer Formations shows that they are genetically heterogeneous. The most rich in Th and U are rounded red zircons from the alluvial deposits of the Suran Formation. The Th/U ratio in them varies from 0.13 to 0.50, and in zircons of hyacinth colour — 0.47–1.78. At the same time, the few data obtained on red zircons from the deposits of the Bolsheizer Formation show that they are geochemically (absence of U, Y, low Th concentrations) differ from the red zircons from the alluvial deposits of the Suran Formation. In the alluvial sediments of the Suran Formation, relatively high contents of Zr, Co, Cr, Ni, Zn, Pb, Y, and also REE, which in total amount make up about 600 g/t, were revealed. The most likely minerals for lanthanide concentrators are apatite and monazite. Gold was first found in alluvial sediments of the Karaelga stream, in which a high assay (about 940) and Au/Ag ratio was found, on average equal to 16.5, which is slightly different from the composition of gold from primary deposits and ore manifestations of the Avzyan ore region in the Yamantau anticlinorium.

**Keywords:** Bolsheizer suite, Suran suite, mineralogical composition, zircon, impurity elements, gold

**Для цитирования:** Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А. Минералогия и геохимия большеинзерской и суранской свит нижнего рифея (Южный Урал) по результатам шлихового опробования // Геологический вестник. 2019. № 1. С. 101–112. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-8>.

**For citation:** Zakharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A. Mineralogy and geochemistry of the Bolsheizer and Suran Formation of the lower Riphean (Southern Urals) on the results of schlich sampling // Geologicheskii vestnik. 2019. No. 1. P. 101–112. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-8>.

## Введение

Нижнерифейские образования широко распространены на Южном Урале. В южной части Башкирского мегантиклинория в составе нижнего рифея выделяют (снизу вверх) большеинзерскую, суранскую и юшинскую свиты, являющиеся возрастными аналогами соответственно айской, саткинской и бакальской свит, развитых в его северной части [Козлов и др., 1989]. Породы нижнерифейских свит простираются в субмеридиональном направлении и занимают обширную территорию свыше 1000 км<sup>2</sup>. Вместе с тем, несмотря на их значительную мощность и площадь выходов, только в единичных публикациях с той или иной степенью детальности затрагиваются вопросы их минералогии и геохимии [Сергеева, 1982; Гареев, 1989; Ларионов, 1990; Мичурин и др., 2014]. Большинство этих работ было опубликовано около 20–30 лет назад на основе приближенно-количественного спектрального анализа, значительно уступающего по точности современным аналитическим методам.

Мы провели минералогическое и геохимическое изучение шлиховых проб, отобранных из аллювиальных отложений ручьев Бзяк и Караелга, которые дренируют породы большеинзерской свиты и отложения бердагуловской подсвиты суранской свиты соответственно. Ручьи являются правыми притоками р. Бол. Авзян и протекают севернее д. Исмакаево. Целью исследований являлось сопоставление минералого-геохимических особенностей аллювиальных отложений большеинзерской и суранской свит нижнего рифея на основе современных методов исследования. Кроме того, одной из задач являлась оценка золотоносности аллювиальных отложений ручьев, поскольку они впадают в р. Бол. Авзян, известную своими золотоносными россыпями, расположенными к югу от д. Исмакаево.

## Геологическое положение

Большеинзерская свита подразделяется на нижнюю, среднюю и верхнюю подсвиты [Козлов и др., 1989; Маслов и др., 1998]. Нижняя подсвита (мощность 220 м) представлена кварцевыми мелкозернистыми песчаниками с прослоями доломитов, известняков и углеродисто-глинистых сланцев. Средняя подсвита (мощность 1150 м) сложена кварцевыми и полевошпат-кварцевыми среднезернистыми песчаниками с прослоями (0.1–0.2 м)

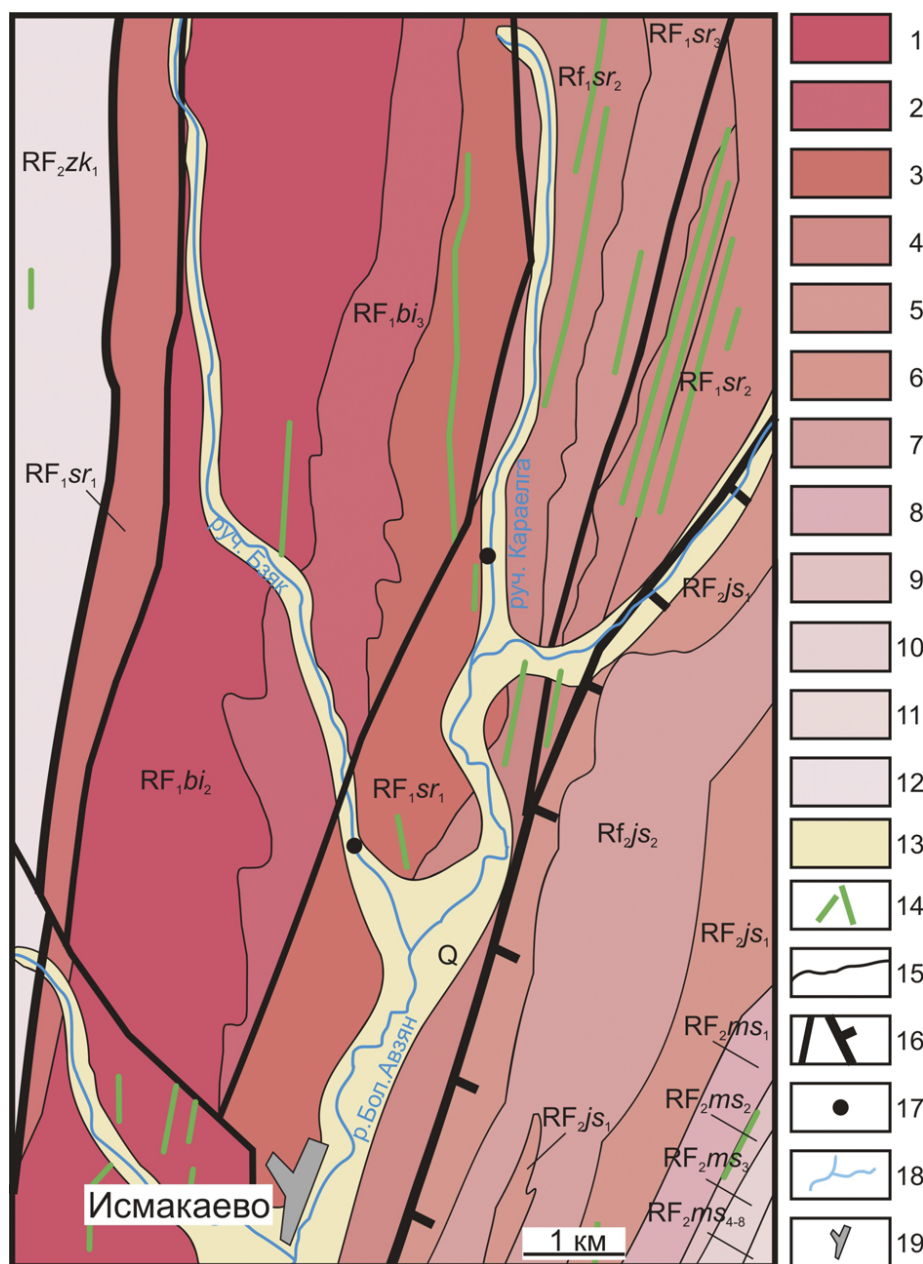
углеродисто-глинистых сланцев, кварцевых алевролитов и мелкогалечных конгломератов. Верхняя подсвита (мощность 780 м) представлена переслаиванием кварцевых песчаников, доломитов и углеродисто-глинистых сланцев.

Суранская свита в нижней и верхней частях разреза сложена карбонатными породами, в средней — сланцами, алевролитами и песчаниками. Она подразделяется (снизу вверх) на миньякскую, бердагуловскую, ангастакскую, сердаукскую и лапыштинскую подсвиты [Козлов и др., 1989; Маслов и др., 1998]. Миньякская подсвита (мощность 300–400 м) сложена преимущественно доломитами и известняками с маломощными прослоями низкоуглеродисто-глинистых и глинистых сланцев. Бердагуловская подсвита (мощность 400–550 м) представлена глинистыми, низкоуглеродисто-глинистыми и карбонатно-низкоуглеродисто-глинистыми сланцами с прослоями известняков и доломитов. Ангастакская подсвита (мощность 200–650 м) сложена кварцевыми алевролитами, глинистыми и серицит-кварцевыми сланцами, мергелями с прослоями известняков и доломитов. Сердаукская подсвита (мощность 200–600 м) представлена преимущественно глинистыми и низкоуглеродисто-глинистыми сланцами, алевролитами с прослоями известняков и доломитов. Лапыштинская подсвита (мощность 200–550 м) сложена известняками и доломитами с прослоями алевролитов, мелкозернистых песчаников и низкоуглеродисто-глинистых сланцев (рис. 1).

## Методы исследования

Пробы М-1001 (руч. Бзяк) и М-1008 (руч. Караелга) отобраны из неглубоких закопшек в местах отмели. Вес отобранных и 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 минералогическому анализу, а другую истерли и отправили на геохимическое изучение.

Минералогический анализ проводился по стандартной методике и включал выделение отдельных классов [Бакулина, 2014]. После разделения в бромформе проб М-1001 (200.3 г) и М-1008 (177.7 г) выделены легкая и тяжелая фракции. Легкая фракция преобладает в обеих пробах и составляет 97.4 и 70.5 мас. % соответственно. В тяжелой фракции выделены магнитная и немагнитная части. В результате разделения



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

Условные обозначения: 1–7 — 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>2</sub>mš<sub>1</sub>), 9 — казавдинская (RF<sub>2</sub>mš<sub>2</sub>), 10 — быковская (RF<sub>2</sub>mš<sub>3</sub>), 11 — верхняя (RF<sub>2</sub>mš<sub>4-8</sub>); 12 — зигальгинская (RF<sub>2</sub>zg<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.

**Fig. 1. Geological scheme of sediments of the Lower Riphean in the area of the Ismakaevo village (after [Larionov, 2003]) and the place of selection of schlich samples from the Bzyak and Karaelga streams**

Legend: 1–7 — sediments of the Lower Riphean, Formations: 1–2 — Bolsheinzher, Subformations: 1 — Middle (RF<sub>1</sub>bi<sub>2</sub>), 2 — Upper (RF<sub>1</sub>bi<sub>3</sub>); 3–5 — Suran, Subformations: 3 — Minyak (RF<sub>1</sub>sr<sub>1</sub>), 4 — Berdagulov (RF<sub>1</sub>sr<sub>2</sub>), 5 — Angastak (RF<sub>1</sub>sr<sub>3</sub>); 6–7 — Yusha, Subformations: 6 — Vyazov (RF<sub>1</sub>js<sub>1</sub>), 7 — Bagaryshta (RF<sub>1</sub>js<sub>2</sub>); 8–12 — deposits of the Middle Riphean, Formations: 8–11 — Mashak, Subformations: 8 — Kuzjelga (RF<sub>2</sub>mš<sub>1</sub>), 9 — Kazavda (RF<sub>2</sub>mš<sub>2</sub>), 10 — Bykov (RF<sub>2</sub>mš<sub>3</sub>), 11 — Upper (RF<sub>2</sub>mš<sub>4-8</sub>); 12 — Zigalga (RF<sub>2</sub>zg<sub>1</sub>); 13 — Quaternary sediments (Q); 14 — dikes of igneous rocks; 15 — boundaries of the Formations; 16 — tectonic disturbances of different orders; 17 — sampling sites; 18 — rivers and streams; 19 — Ismakaevo village.

на электромагните немагнитной фракции были получены электромагнитная и неэлектромагнитная фракции (табл. 1).

Геохимическое изучение включало следующие виды анализов: рентгенофлуоресцентный (РФА), атомно-абсорбционный, рентгеноспектральный с индуктивно связанной плазмой (ИСП АЭС) и определение химического состава минералов рентгено-спектральным микроанализом на растровом электронном микроскопе с энергодисперсионным спектрометром (JEOL JSM 7100F). Более подробно методика исследований описана нами ранее [Захарова и др., 2018a].

Среди новых методик следует отметить изучение монофракций рентгенофазовым анализом и микроскопические исследования с применением электронного микроскопа.

### Результаты и их обсуждение

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 подсвита 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).

Общими минералами в тяжелой фракции шлиховых проб большеинзерской и суранской свит являются: циркон, рутил, пирит, флюорит, апатит, эпидот. В большеинзерской свите установлены еще ильменит и актинолит. Рентгенофазовый анализ этих минералов показал, что в составе сростков актинолита присутствуют (в %) актинолит (35–40), клинохлор (23–27), кварц (15–20), титанит (10–15), рутил (4–7), а в сростках ильменита — ильменит

(70–75), хлоритоид (9–11), гематит (5–6), рутил (4–5), гетит (3–4), кварц (3–4).

В тяжелой фракции шлиховой пробы из суранской свиты установлены гетит, магнетит, гранат и золото. Описание минералов было приведено нами ранее [Захарова и др., 2018]. В количественном отношении основными акцессорными минералами в суранской свите за исключением железосодержащих минералов являются по мере увеличения содержания в пробе монацит, циркон, рутил.

Рутил в обеих свитах наблюдается в виде зерен удлиненной (столбчатой) формы с вертикальной штриховкой на гранях (призмы «карандашики»), в суранской свите иногда в колеччатых двойниках. Цвет рутилов в основном темный до черного (нигрин), реже коричневый. Размеры зерен в большеинзерской свите от 0.18×0.31 до 0.21×0.85 мм (преобладают 0.52×0.60 мм); в суранской свите — 0.19×0.28 до 0.48×0.96 мм, преобладают зерна размером 0.31×0.69 мм. Анализ зерен рутила в суранской свите на растровом электронном микроскопе показывает, что в его составе часто отмечается примесь Сг (0.12–0.75 мас. %), в одном случае установлена примесь Мп (0.07 мас. %).

Циркон в большеинзерской свите встречается в основном темно-красного и светло-розового цвета присутствуют редкие зерна серого цвета. Зерна округлой и сфероидальной формы с хорошей степенью окатанности. Встречаются прозрачные и полупрозрачные разновидности. Размер темно-красных зерен колеблется от 0.10×0.16 до 0.12×0.43 мм, преобладают зерна размером 0.16×0.19 мм. Размер светло-розовых зерен от 0.12×0.15 до 0.23×0.33 мм, преимущественно 0.15×0.23 мм.

В суранской свите циркон присутствует преимущественно в виде окатанных и полуокатанных зерен, округлой и сфероидальной формы. Размер зерен колеблется от 0.12×0.16 до 0.36×0.60 мм, преобладают зерна размером 0.24×0.31 мм. Больше частью встречаются цирконы розового и красного цвета. Изредка присутствуют цирконы темно-

Таблица 1

Вес выделенных классов в составе тяжелой фракции проб М-1001 и М-1008

Table 1

The weight of the selected classes in the composition of the heavy fraction of samples M-1001 and M-1008

№ образца	магнитная	немагнитная	
		электромагнитная	неэлектромагнитная
М 1001 (р. Бзяк)	0.3 г (5.9 мас. %)	4.5 г (93.8 мас. %)	0.3 г (6.2 мас. %)
М 1008 (р. Караелга)	1.6 г (3.1 мас. %)	49.0 г (96.8 мас. %)	1.6 г (3.2 мас. %)



красного и серого цвета, иногда с лиловым оттенком. Встречаются прозрачные и полупрозрачные разновидности. В некоторых кристаллах наблюдаются газово-жидкие включения. В отдельных зернах отмечаются включения других минералов. Только в аллювиальных отложениях суранской свиты нами встречены призматические кристаллы циркона, которые по сравнению с окатанными цирконами встречаются реже и, вероятно, относятся к гиацинтового типу. Подобный тип цирконов в большеинзерской свите ранее описывала Н.Д. Сергеева [1982]. Их размер колеблется от 0.11×0.26 до 0.17×0.42 мм. В этих удлиненных зернах просматриваются грани и в тоже время они в достаточной мере окатаны.

Изученные цирконы в свитах различаются между собой тем, что в аллювиальных отложениях суранской свиты они встречаются в большом количестве, имеют в среднем больший размер и отличаются многообразием форм и цвета по сравнению с таковыми большеинзерской свиты. Среди цирконов суранской свиты часто встречаются разновидности от темно-красного до серого цвета, среди которых присутствуют цирконы удлиненной формы со слабо выраженной огранкой. Последние отнесены нами к гиацинтового типу.

По результатам геохимического изучения рентгенофлуоресцентным и рентгеноспектральным методами в обеих пробах выявлены высокие содержания Zr (табл. 2). Кроме того, в пробе М-1008 (суранская свита) установлены сравнительно высокие содержания 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. Co и Ni, как сидерофильные элементы, имеющие высокое сродство с железом, вероятнее всего, связаны с железосодержащими минералами, гетитом, гематитом и магнетитом, содержание которых, как и  $Fe_2O_{3\text{общ}}$ , в пробе довольно высокое. Исходя из результатов энергодисперсионного анализа химического состава рутила, высокие концентрации Cr в пробе могут быть связаны с этим минералом.

Нами были проанализированы зерна циркона на растровом электронном микроскопе с определением Mg, Al, Si, Cl, Ti, K, P, Ca, Sc, Mn, Fe, Se, Y, Zr, Nb, La, Ce, Nd, Hf, Ta, Th, U. В шлиховой пробе М-1008 (суранская свита) изучены удлиненные зерна циркона, отличающихся от других

Таблица 2

Химический состав шлиховых проб М-1001 и М-1008 (мас. %), содержание в них редких и редкоземельных элементов (г/т)

Table 2

The chemical composition of schlich samples М-1001 and М-1008 (wt. %), the content of rare and rare earth elements (g/t)

Окисел, элемент	М-1001		М-1008	
	РФА	ИСП АЭС	РФА	ИСП АЭС
SiO <sub>2</sub>	87.60	—	73.28	—
TiO <sub>2</sub>	0.53	0.37	1.33	0.93
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4.34	2.5	4.43	3.90
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3.11	2.66	11.71	17.84
MnO	0.03	0.02	0.07	0.07
MgO	2.08	0.52	2.46	0.82
CaO	0.35	0.07	1.55	1.43
Na <sub>2</sub> O	0.27	0.09	0.27	0.20
K <sub>2</sub> O	0.54	—	0.55	—
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.03	0.06	0.17	0.14
S <sub>общ</sub>	0.01	—	0.03	—
ППП	1.09	—	3.55	—
сумма	99.96	—	99.39	—
Li		4.8	—	3.6
Be			—	1.5
Cl	30.5	—	—	—
Sc	14.4	2.0	15.7	6.4
V	57.2	33.3	164.3	138.8
Cr	40.1	43.0	112.6	202.6
Co	11.3	13.3	103.5	79.7
Ni	—	17.7	33.0	151.8
Cu	41.8	16.0	58.2	79.6
Zn	7.9	4.9	77.0	97.5
As	12.1	—	107.5	—
Rb	37.2	—	21.1	—
Sr	49.3	23.2	37.8	105.4
Y	20.4	18.7	33.0	35.5
Zr	400.3	—	654.8	—
Nb	11.8	2.8	5.0	17.8
Mo	—	0.7	—	0.7
Ba	177.5	127.0	458.3	246.7
La	—	46.1	—	146.0
Ce	—	86.6	—	306.2
Pr	—	10.2	—	21.8
Nd	—	44.5	—	114.9
Eu	—	2.5	—	7.4
Dy	—	5.3	—	8.4
Yb	—	0.7	—	3.9
Pb	47.4	6.8	48.5	46.2
ΣREE	—	123.5	—	596.3

разновидностей наличием граней, которые мы условно отнесли к цирконам гиацинтового типа и цирконы красного цвета округлой формы; в пробе М-1001 (большеинзерская свита) — цирконы красного цвета.

По распределению элементов-примесей в цирконах гиацинтового типа не выявлено геохимической зональности разной направленности в отдельных зернах, что позволяет рассматривать эту разновидность цирконов как генетически единую (рис. 2 и табл. 3).

От центральной части зерен к краевой в них происходит уменьшение концентраций U и Th, увеличение содержаний Hf, Ta, Ce, а также не четко выраженное увеличение (проявленное не во всех зернах) — Nb, Nd и Y. В случае с последними двумя элементами из общей выборки выпадает одно зерно циркона, в котором наблюдается противоположная тенденция — в центральной части по сравнению с краевой он обогащен Nd и Y. Причем только в этом зерне отмечаются максимальные содержания иттрия, составляющие 1.91–3.37 мас. %. Возможно, такие большие концентрации иттрия обусловлены микровключениями ксенотима, который в качестве изоструктурной примеси довольно часто отмечается в цирконах [Краснобаев, 1986]. Отметим при этом, что Y и Nd являются един-

ственными элементами из изученной выборки, которые обнаруживают сравнительно высокие коэффициенты корреляции с Zr, равные 0.53 и 0.48 соответственно. По содержанию La в отдельных зернах обнаруживается и прямая (увеличение содержания от ранних к поздним зонам роста кристалла) и обратная геохимическая зональность, хотя в целом он обнаруживает сильную связь с Ce (коэффициент корреляции равен 0.83), у которого фиксируется обратная зональность.

Распределение элементов-примесей в красных зернах немного отличается от цирконов гиацинтового типа (рис. 3, табл. 4). По мере роста зерна в красных зернах увеличиваются содержания Hf, Ce, Nb, Nd, La и U, что наблюдается и в цирконах гиацинтового типа, за исключением U, распределение которого противоположно. Отметим, что U показывает сильную связь с Ce и La, коэффициенты корреляции с которыми равны соответственно 0.67 и 0.74. Распределение Th, Ta, и Y в красных зернах отвечает обратной геохимической зональности, обусловленной обеднением этих элементов в поздних генерациях циркона. Поведение двух последних элементов в красных зернах отличается от их поведения в цирконах гиацинтового типа, где наблюдается прямая геохимическая зональность. Y обнаруживает высокие коэффициенты

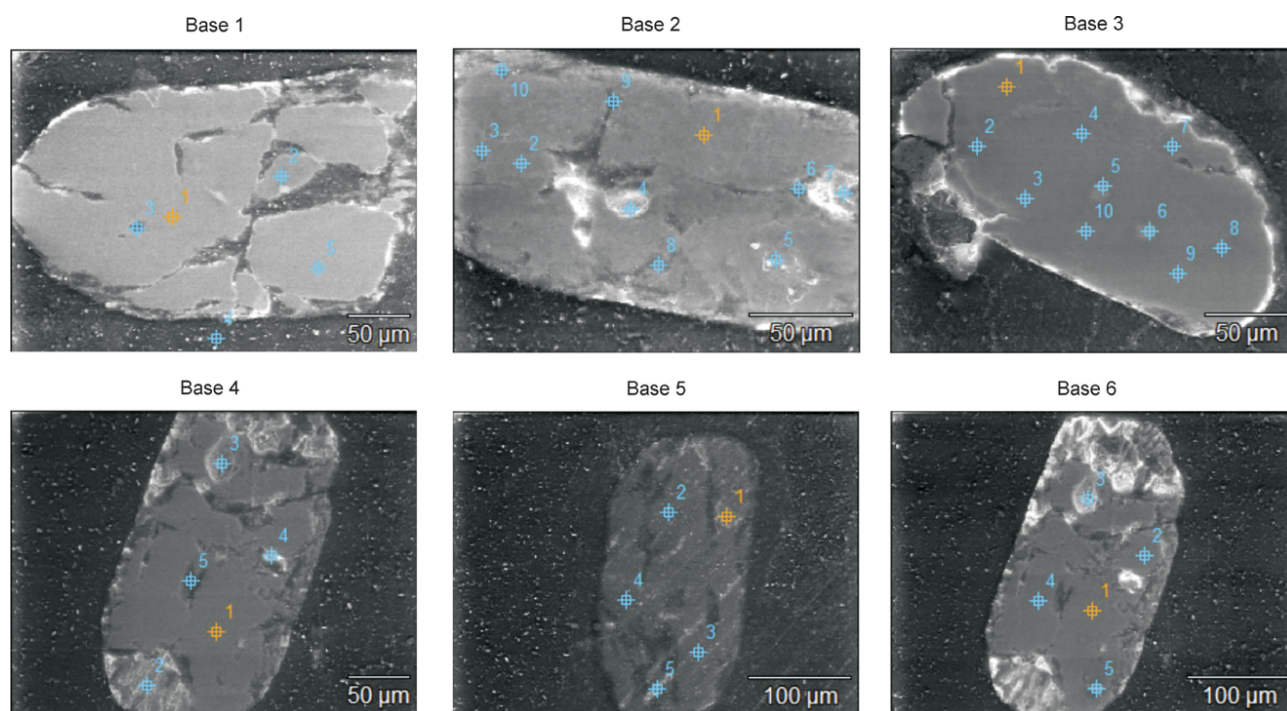


Рис. 2. Изображение зерен цирконов гиацинтового типа под растровым электронным микроскопом и точки анализа

Fig. 2. Image of grains of zircons of hyacinth type under a scanning electron microscope and points of analysis

Таблица 3

Состав зерен цирконов гиацинтового типа по данным изучения на растровом электронном микроскопе (мас. %)

Table 3

The composition of grains of zircons of hyacinth type according to the study on a raster electron microscope (wt. %)

Base	1			2		3					
Точки	pt1	pt2	pt5	pt1	pt4	pt4	pt5	pt6	pt7	pt8	pt9
Mg	0.00	0.00	0.00	0.00	0.07	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.74	1.25	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Si	11.55	11.74	11.40	21.94	22.72	22.95	23.71	23.17	23.85	20.46	24.43
O	33.29	34.08	33.90	30.94	30.21	30.43	29.46	31.23	29.37	29.63	28.75
Ca	0.00	0.00	0.00	0.03	0.50	0.11	0.06	0.16	0.13	0.00	0.01
Sc	0.08	0.00	0.14	0.12	0.10	0.09	0.13	0.00	0.08	0.24	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.05	0.00	0.14	0.35	0.00	0.04	0.06	0.23
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	3.37	1.91	2.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.55	0.00
Zr	47.43	48.57	48.07	43.97	43.02	43.18	41.81	42.74	42.69	42.92	41.75
Nb	0.31	0.47	0.65	0.97	0.00	0.51	0.45	0.00	0.97	1.71	1.04
La	0.19	0.00	0.68	0.00	0.32	0.08	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00
Ce	0.42	0.00	0.65	0.00	0.20	0.20	0.00	0.02	0.15	0.00	0.16
Nd	0.05	0.56	0.00	0.00	0.12	0.01	0.00	0.15	0.16	0.45	0.00
Hf	0.43	0.49	0.81	1.62	0.80	2.12	2.14	1.03	1.85	2.97	2.33
Ta	1.11	0.00	0.53	0.22	0.00	0.00	0.00	0.36	0.00	0.30	0.08
Th	0.65	0.00	0.15	0.00	0.89	0.00	1.88	0.34	0.00	0.00	0.52
U	0.37	0.94	0.31	0.15	1.05	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Σ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Base	4			5			6			
Точки	pt1	pt4	pt5	pt1	pt2	pt5	pt1	pt2	pt4	pt5
Mg	0.00	0.00	0.28	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.97	2.06	1.00	1.31
Si	13.71	18.36	21.05	18.22	18.97	17.63	21.57	19.45	20.47	19.98
O	34.17	29.82	29.98	32.51	32.07	32.44	29.99	31.27	31.34	31.32
Ca	0.00	1.56	1.39	0.32	1.12	0.61	0.05	0.05	0.00	0.20
Sc	0.00	0.00	0.05	0.13	0.00	0.00	0.22	0.00	0.08	0.00
Mn	0.00	0.68	0.00	0.01	0.00	0.00	0.03	0.14	0.13	0.00
Fe	0.00	0.00	0.00	0.00	0.62	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Y	0.00	1.36	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.49	0.00	0.00
Zr	48.60	42.15	42.63	46.20	45.65	46.15	42.52	44.50	44.52	44.53
Nb	1.08	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.16	0.05	0.00	0.00
La	0.11	0.00	0.84	0.00	0.00	0.55	0.21	0.14	0.27	0.00
Ce	0.09	0.00	1.18	0.00	0.00	0.89	0.12	0.67	0.00	0.36
Nd	0.82	0.00	0.00	0.26	0.18	0.00	0.14	0.00	0.00	0.35
Hf	1.42	3.43	1.37	1.72	0.87	1.31	2.28	1.14	1.88	1.41
Ta	0.00	2.65	1.23	0.63	0.52	0.00	0.00	0.00	0.31	0.52
Th	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.42	0.92	0.00	0.00	0.00
U	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.83	0.04	0.00	0.00
Σ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

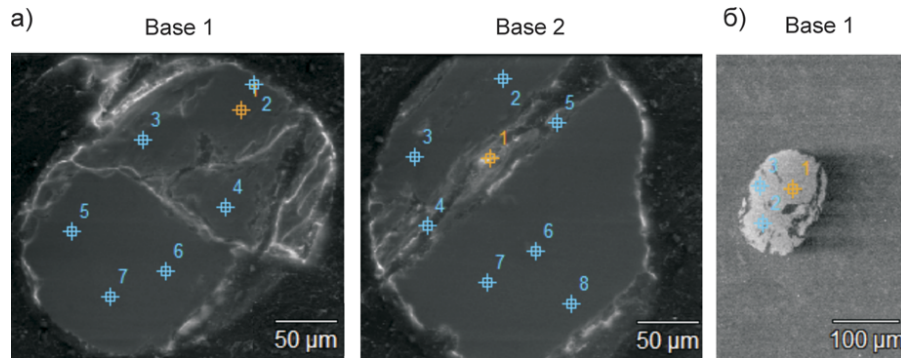


Рис. 3. Изображение зерен цирконов красного цвета под растровым электронным микроскопом шлиховых проб из ручьев Караелга (а) и Бзяк (б)

Fig. 3. Image of red zircon grains under a scanning electron microscope of schlich samples from the Karaelga (a) and Bzyak (b) streams

Таблица 4

Состав зерен цирконов красного цвета шлиховых проб М-1008 и М-1001 по данным изучения на растровом электронном микроскопе (мас. %)

Table 4

Composition of red zircon grains of schlich samples М-1008 and М-1001 according to data obtained on a scanning electron microscope (wt. %)

Проба	М-1008	М-1008	М-1008	М-1008	М-1008	М-1008	М-1008	М-1001	М-1001	М-1001
Base	4			5				1		
Точки	pt1	pt2	pt5	t4	pt5	pt6	pt7	pt1	pt2	pt3
Be	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Mg	0.18	0.09	0.28	0.11	0.00	0.00	0.00	0.07	0.41	0.25
Al	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.09	0.00	0.62
Si	16.63	23.08	23.51	21.40	21.28	21.29	17.34	14.53	12.40	14.22
P	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
O	29.39	28.86	29.71	29.87	29.80	31.38	31.84	30.64	41.75	34.41
Ca	2.27	0.31	0.37	0.17	0.00	0.06	0.07	0.00	0.00	0.00
Sc	0.00	0.00	0.13	0.03	0.00	0.00	0.05	0.30	0.09	0.07
Ti	—	—	—	—	—	—	—	0.05	0.00	0.07
Cr	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.10	0.00	0.00
Mn	0.00	0.00	0.00	0.00	0.08	0.00	0.09	0.02	0.03	0.02
Fe	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.15	0.04	0.03
Se	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.80	0.43	0.00
Y	0.00	0.00	0.00	1.07	0.75	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Zr	41.72	41.02	42.14	42.40	42.27	44.60	45.26	48.57	42.23	48.97
Nb	0.00	0.00	1.12	0.00	0.00	0.00	0.90	2.97	0.00	0.00
La	0.15	0.33	0.00	0.09	0.43	0.00	0.42	0.40	0.17	0.05
Ce	0.00	0.55	0.00	0.34	0.41	0.00	0.01	0.14	0.12	0.00
Nd	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.16	0.47	0.17	0.00	0.00
Hf	2.05	1.53	2.26	1.99	2.30	1.74	1.76	0.81	2.35	0.96
Ta	1.33	0.00	0.50	0.18	0.00	0.08	0.05	—	—	—
Th	0.68	0.48	0.00	2.36	0.00	0.00	0.46	0.22	0.00	0.34
U	1.38	3.76	0.00	0.00	2.68	0.69	1.27	0.00	0.00	0.00
Σ	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00



корреляции с Th (0.65) и Ce (0.52), у которого фиксируется прямая геохимическая зональность.

Цирконы обоих сравниваемых типов из отложений суранской свиты обогащены Th и U, которые распространены в кристаллах неравномерно. Содержание Th варьирует в красных зернах от 0.46 до 2.36 мас. %, в цирконах гиацинтового типа этот диапазон несколько меньше и составляет 0.15–1.88 мас. %. Содержание U колеблется в красных цирконах от 0.69 до 3.76 мас. %, в призматических кристаллах урана содержится гораздо меньше — 0.04–1.05 мас. %. Таким образом, в суранской свите наиболее обогащены Th и U округлые цирконы красного цвета. Величина Th/U отношения в них изменяется от 0.13 до 0.50, в цирконах гиацинтового типа — 0.47–1.78, что свидетельствует о генетическом различии сравниваемых типов цирконов.

Содержания Y в цирконах гиацинтового типа составляет в среднем 0.5 мас. %, в красных зернах — 0.26 мас. %.

По распределению содержаний элементов-примесей в цирконах красного цвета из аллювиальных отложений большеинзерской свиты (М-1001) обнаруживается и прямая и обратная геохимическая зональность (см. рис. 3, табл. 4). Содержания Th и Hf увеличиваются от центра кристаллов к их краю, содержания Nb, La, Ce, Nd по мере роста кристалла уменьшаются, при этом они хорошо коррелируются друг с другом. Отметим, что Y и U присутствуют в крайне низких концентрациях, как правило, на уровне предела обнаружения, вследствие чего отношение Th/U рассчитать затруднительно. Наиболее сильная связь в цирконах красного цвета из аллювиальных отложений большеинзерской свиты отмечается между Zr и Th с коэффициентом корреляции, равным 0.96.

Вместе с тем полученные немногочисленные данные по цирконам красного цвета из отложений большеинзерской свиты показывают, что они геохимически (отсутствие U, Y, низкие концентрации Th) отличаются от цирконов красного цвета из аллювиальных отложений суранской свиты. Поскольку содержания элементов-примесей напрямую связаны с коэффициентами распределения концентраций элементов в расплаве, на данном этапе исследования полученные данные позволяют сделать вывод о том, что цирконы красного цвета из аллювиальных отложений в суранской и большеинзерской свитах имеют различный генезис.

В аллювиальных отложениях суранской свиты (обр. М-1008, руч. Караелга) найдены две пластин-

ки золота, размерами 0.06×0.18 и 0.07×0.31 мм. Поверхность золотин неровная, ямчатая, слабоокатанная, ноздреватая и участками дендритообразная. 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 руч. Караелга протекает в нескольких км северо-восточнее. В золоте этой зоны, встречающемся в коренных породах, отношение Au/Ag находится стабильно на уровне 5–8 [Мичурин и др., 2018], а в золоте, найденном в коре выветривания — 27–28 [Ковалев и др. 2001]. В Горноприисковой рудной зоне, расположенной в ~10–15 км южнее исследуемого участка, отношение Au/Ag составляет более 21 [Мичурин и др., 2018], что также отличается от фиксируемого в золоте из руч. Караелга. Из приведенных материалов следует, что найденное золото по химическому составу отличается от золота 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 [Ковалев и др., 2001], которые, однако, находятся довольно далеко за пределами района исследований (рис. 4).

## Выводы

Минералогически шлиховые пробы, отобранные из ручьев Бзяк и Караелга, которые дренируют породы большеинзерской и суранской свит нижнего рифея, представлены кварцем (преобладает), полевыми шпатами, эпидотом, каолинитом, мусковитом, доломитом и аксессуарными минералами, к которым относятся гетит, гематит, рутил, титанит, магнетит, пирит, монацит, циркон, флюорит.

По результатам нашего исследования преобладающими минералами в тяжелой фракции, за исключением железосодержащих минералов, являются по мере увеличения флюорит — циркон — рутил. Однако, по данным Н.Д. Сергеевой [1989], породы нижнего рифея характеризуются турмалин-рутил-циркон-апатитовой ассоциацией. Вероятно, расхождение результатов связано с тем, что мы изучали не пробы-протоочки коренных пород, а аллювиальные отложения, в которые попали аксессуарные минералы не только осадочных,

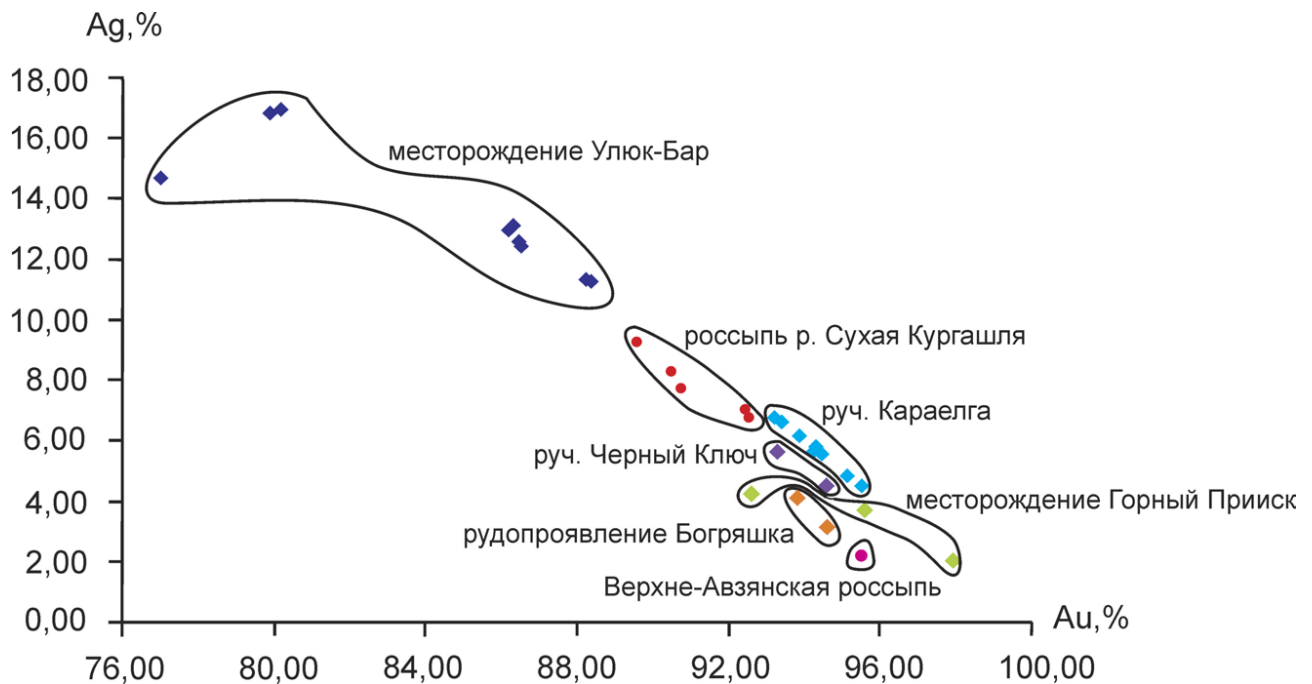


Рис. 4. Химический состав Au и Ag из руч. Караелга, россыпи р. Сухая Кургашля, руч. Черный Ключ, рудопоявления Богряшка, Верхне-Авзянской россыпи и месторождения Горный Прииск

Fig. 4. The chemical composition of Au and Ag Karaelga stream, placer Suhaya Kurgashlya river, Chernyi Klyuch stream, Bogryashka ore occurrences, Verkhne-Avzyan alluvial deposit and the Gornyi Priisk deposit

но и магматических пород. На это указывает присутствие в аллювиальных отложениях суранской свиты цирконов гиацинтового типа, а также сходство геохимических трендов распределения элементов в изученных пробах с габбро-долеритами Исмакаевской рудной зоны [Захарова и др., 2018a].

Сравнительный анализ геохимических особенностей цирконов различных типов из суранской и большеинзерской свит показывает, что они гетерогенны. Наиболее обогащены Th и U округлые цирконы красного цвета из аллювиальных отложений суранской свиты. Величина Th/U отношения в них изменяется от 0.13 до 0.50, в цирконах гиацинтового типа — 0.47–1.78. Вместе с тем полученные немногочисленные данные по цирконам красного цвета из отложений большеинзерской свиты показывают, что они геохимически (отсутствие U, Y, низкие концентрации Th) отличаются от цирконов красного цвета из аллювиальных отложений суранской свиты.

По результатам геохимического изучения в пробах выявлены сравнительно высокое содержание Zr. В аллювиальных отложениях ручья Караелга обнаружено золото, в котором установлена высокая пробность (около 940) и Au/Ag отношение,

в среднем равное 16.5, что несколько отличается от золота из коренных месторождений и рудопоявлений Авзянского рудного района в Ямантауском антиклинории. Находка золота севернее известных золотоносных россыпей района диктует необходимость проведения дальнейших исследований. Здесь же установлены относительно большие концентрации Co, Cr, Ni, Zn, Pb, Y, а также PЗЭ, которые в сумме составляют около 600 г/т. Наиболее вероятными минералами концентраторами лантаноидов являются апатит и монацит. Co и Ni, вероятнее всего, связаны с железосодержащими минералами (гетит, гематит, магнетит), Y — с цирконом, Cr — с рутилом, в котором установлена постоянная примесь хрома на уровне 0.12–0.75 мас. %.

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

#### Список литературы:

Бакулина Л.П. Шлиховое опробование и анализ шлиховых проб. — Ухта: Изд-во УГТУ, 2014. — 126 с.

Гареев Э.З. Геохимия осадочных пород стратотипического разреза рифея: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук / ГЕОХИ АН СССР. — М., 1989. — 24 с.

*Захарова А.Г., Мичурин С.В., Шарипова А.А.* Минералогические и геохимические особенности отложений бердагуловской подсвиты суранской свиты нижнего рифея по результатам шлихового опробования (Южный Урал). // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Сб. статей 12-ой Межрег. науч.-практ. конф., Уфа, 21–23 мая 2018 г. – Спб: Свое издательство, 2018. – С. 227–237.

*Ковалев С.Г., Высокский И.В.* Геохимия золота западного склона Южного Урала // Геология и перспективы расширения сырьевой базы Башкортостана и сопредельных территорий: Матер. IV Республ. геол. конф. – Уфа, 2001. – Т. 2. – С. 134–140.

*Козлов В.И., Краснобаев А.А., Ларионов Н.Н., Маслов А.В., Сергеева Н.Д., Бибикова Е.В., Генина Л.А., Ронкин Ю.Л.* Нижний рифей Южного Урала. – М.: Наука, 1989. – 81 с.

*Краснобаев А.А.* Циркон как индикатор геологических процессов. – М.: Наука, 1986. – 147 с.

*Ларионов Н.Н.* Карбонаты суранской свиты нижнего рифея юга Башкирского мегантиклинория // Геология докембрия Южного Урала и востока Русской плиты: Сб. статей / БНЦ УрО АН СССР. – Уфа, 1990. – С. 63–72.

*Ларионов Н.Н.* Государственная геологическая карта Российской Федерации. М. 1:200000. Южно-Уральская сер. N-40-XXII (Тукан). СПб.: МПР РФ, 2003.

*Маслов А.В., Гареев Э.З., Крупенин М.Т.* Осадочные последовательности рифея типовой местности (ретроспективный обзор седиментологических, палеогеографических, литолого-минералогических и петрогеохимических исследований). – Уфа: Принт, 1998. – 225 с.

*Мичурин С.В., Биктимерова З.Р., Канипова З.А., Даниленко С.А.* Цинк в карбонатных породах суранской свиты нижнего рифея (Южный Урал) // Геология, полезные ископаемые и проблемы геоэкологии Башкортостана, Урала и сопредельных территорий: Матер. и докл. / 10-я Межрег. науч.-практ. конференция, Уфа, 13–15 мая, 2014 г. – Уфа: ДизайнПресс, 2014. – С. 150–154.

*Мичурин С.В., Шарипова А.А., Крупенин М.Т., Замятин Д.А., Мусина А.М., Попов В.А.* Сульфидная минерализация, самородное золото и его геохимические связи в рифейских отложениях Авзянского рудного района (Южный Урал) // Литосфера. – 2018. – Т. 18, № 1. – С. 61–81.

*Сергеева Н.Д.* Сопоставление айской и большеинзерской свит нижнего рифея Башкирского мегантиклинория Южного Урала по аксессуарным минералам // Верхний докембрий и палеозой Южного Урала (стратиграфия и литология). – Уфа: БФАН СССР, 1982. – С. 20–26.

*Сергеева Н.Д.* Минералогическая корреляция верхнедокембрийских образований Южного Урала: Автореф. дис. ... канд. геол.-мин. наук. – Свердловск, 1989. – 24 с.

### References:

*Bakulina L.P.* Shlihovoe oprobovanie i analiz shlihovykh prob [Schlich sampling and analysis of schlich samples]. Ukhta, Publishing house of the USTU, 2014. 126 p. (In Russian).

*Gareev E.Z.* Geohimiya osadochnykh porod stratotipicheskogo razreza rifeya [Geochemistry of sedimentary rocks of the stratotype section of Riphean] Abstract. dis. ... kand. geol.-min. sciences. Moscow: GEOKNI, 1989. 24 p. (In Russian).

*Kovalev S.G., Vysotskii I.V.* Geohimiya zlota zapadnogo sklona Juzhnogo Urala [Geochemistry of gold from the western slope of the Southern Urals] // Geologiya i perspektivy rasshireniya syr'evoi bazy Bashkortostana i sopredel'nykh territorii: Materialy IV Respublikanskoi geologicheskoi konferencii [Geology and expansion prospects the raw material base of Bashkortostan and adjacent territories: Materials IV Republican Geological Conference]. Ufa, 2001. V. 2. P. 134–140. (In Russian).

*Kozlov V.I., Krasnobaev A.A., Larionov N.N., Maslov A.V., Sergeeva N.D., Bibikova E.V., Genina L.A., Ronkin Ju.L.* Nizhnii rifei Juzhnogo Urala [Lower Riphean of the Southern Urals]. M: Nauka, 1989. 81 p. (In Russian).

*Krasnobaev A.A.* Cirkon kak indikator geologicheskikh processov [Zircon as an indicator of geological processes]. M.: Nauka, 1986. 21(147) p. (In Russian).

*Larionov N.N.* Karbonaty suranskoi svity nizhnego rifeya juga Bashkirskogo megantiklinoriya [Carbonates of the Suran suite of the Lower Riphean of the south of the Bashkir meganticlinorium] // Geologiya dokembriya Juzhnogo Urala i vostoka Russkoi plity [Geology of the Precambrian of the Southern Urals and the East of the Russian Plate]: Collection of articles / BNC Urals Academy of Sciences of the USSR. Ufa, 1990. P. 63–72. (In Russian).

*Larionov N.N.* Gosudarstvennaya geologicheskaja karta Rossijskoj Federacii. M. 1:200000. Juzhno-Ural'skaja ser. N-40-XXII (Tukan) [State geological map of the Russian Federation. M 1:200000. South Urals ser. N-40-XXII (Tukan)]. Spb.: Ministry of Natural Resources of the Russian Federation, 2003. (In Russian).

*Maslov A.V., Gareev E.Z., Krupenin M.T.* Osadochnye posledovatel'nosti rifeya tipovoi mestnosti (retrospektivnyy obzor sedimentologicheskikh, paleogeograficheskikh, litologo-mineralogicheskikh i petrogeohimicheskikh issledovanii) [Sedimentary sequences of Riphean typical terrain (retrospective review of sedimentological, paleogeographic, lithological, mineralogical and petrogeochemical studies)]. Ufa: Print, 1998. 225 p. (In Russian).

*Michurin S.V., Biktimerova Z.R., Kanipova Z.A., Danilenko S.A.* Cink v karbonatnykh porodah suranskoi svity nizhnego rifeya (Juzhnyi Ural) [Zinc in carbonate rocks of the Suran suite of the Lower Riphean (Southern Urals)] // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geoekologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nykh territorii [Geology, minerals and geoecology problems of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories]: Materials and reports / 10th Interregional Scientific and Practical Conference. Ufa, May 13–15, 2014. Ufa: DesignPress, 2014. P. 150–154. (In Russian).

*Michurin S.V., Sharipova A.A., Krupenin M.T., Zamjatin D.A., Musina A.M., Popov V.A.* Sul'fidnaja mineralizacija, samorodnoe zloto i ego geohimicheskie svjazi v rifejskikh otlozhenijah Avzjanskogo rudnogo rajona (Juzhnyj Ural) [Sulphide mineralization, native gold and its geochemical relationships in the Riphean deposits of the Avzyan ore region (Southern Urals)] // Lithosphere. 2018. V. 18, No. 1. P. 61–81. (In Russian).

*Sergeeva N.D.* Sopotavlenie aiskoi i bol'sheinzerskoj svit nizhnego rifeya Bashkirskogo megantiklinoriya Juzhnogo Urala po aksesornym mineralam [Comparison of the Ai and Bolsheinzers suites of the Lower Riphean of the Bashkir Meganticlinoria].

rium of the Southern Urals along Accessory Minerals] // Verhni dokembrii i paleozoi Juzhnogo Urala (stratigrafiya i litologiya) [Upper Precambrian and the Paleozoic of the Southern Urals (stratigraphy and lithology)]. Ufa: BFAN USSR, 1982. P. 20–26. (In Russian).

*Sergeeva N.D.* Mineralogicheskaya korrelyatsiya verhnedokembriiskih obrazovaniy Juzhnogo Urala [Mineralogical Correlation of Upper Precambrian Formations of the Southern Urals]: Abstract of. dis. ... kand. geol.-miner. sci. Sverdlovsk, 1989. 24 p. (In Russian).

*Zaharova A.G., Michurin S.V., Sharipova A.A.* Mineralogicheskie i geokhimicheskie osobennosti otlozhenii berdagulovskoi

podsvity suranskoi svity nizhnego rifeya po rezul'tatam shlihovogo opobovaniya (Juzhnyi Ural) [Mineralogical and geochemical features of sediments of the Berdagul Subformation of the Suran Formation of the Lower Riphean according to the results of schlich sampling (Southern Urals)] // Geologiya, poleznye iskopaemye i problemy geokologii Bashkortostana, Urala i sopredel'nyh territorii: Sbornik statei 12-oi Mezhhregional'noi nauchno-prakticheskoi konferencii, Ufa, 21–23 may 2018 g. [Geology, mineral resources and problems of geocology of Bashkortostan, the Urals and adjacent territories: Collection of articles of the 12th Interregional Scientific and Practical Conference, Ufa, May 21–23, 2018]. Ufa, 2018. P. 227–237. (In Russian).

#### *Сведения об авторах:*

**Захарова Анна Геннадиевна**, Башкирский государственный университет (БашГУ), г. Уфа; Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: anna\_zakharova.ig@mail.ru

**Мичурин Сергей Васильевич**, канд. геол.-мин. наук, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: s\_michurin@mail.ru

**Шарипова Айсылу Азатовна**, Институт геологии — обособленное структурное подразделение Федерального государственного бюджетного научного учреждения Уфимского федерального исследовательского центра Российской академии наук (ИГ УФИЦ РАН), г. Уфа. E-mail: aysyluazatovna@mail.ru

#### *About the authors:*

**Zakharova Anna Gennadievna**, Bashkir State University (BSU), Ufa; Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: anna\_zakharova.ig@mail.ru

**Michurin Sergey Vasilyevich**, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: s\_michurin@mail.ru

**Sharipova Aisylu Azatovna**, Institute of Geology — Subdivision of the Ufa Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: aysyluazatovna@mail.ru