

## РАСПРЕДЕЛЕНИЕ РЗЭ, ПЕТРО- И ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ГАББРО-ДОЛЕРИТОВ АВЗЯНСКОГО РУДНОГО РАЙОНА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)

© 2018 г. А.А. Шарипова, С.В. Мичурин, В.Н. Никонов,  
Е.О. Калистратова, В.М. Горожанин, А.Г. Захарова

**Реферат.** Изучены петрохимические и геохимические особенности интрузивных пород, встречающихся в пределах площади месторождений и рудопроявлений золота Исмакаевской и Горноприисковской рудных зон в Авзянском рудном районе Южного Урала. Габбро-долериты из рудопроявлений золота по геологическим и петрохимическим показателям несколько различаются, что послужило предыдущим исследователям основой для их выделения в разные возрастные группы — ранне-среднерифейскую в Исмакаевской рудной зоне и вендскую в Горноприисковской зоне в районе рудопроявления Богряшка. В габбро-долеритах Исмакаевской рудной зоны (Улюк-Бар, Кургашлинское), установлены повышенные концентрации хрома (до ~4000 г/т), которые, вероятно, обусловлены сравнительно высокой магнезиальностью неизменных разностей этих магматических пород. Вместе с тем габбро-долериты из рудопроявлений золота имеют близкие тренды распределения лантаноидов, сходные с таковыми в предположительно позднерифейских габбро-долеритах, развитых вне пределов рудопроявлений, а также совпадающие с графиками нормированных содержаний лантаноидов по среднерифейским интрузивным комплексам Башкирского мегантиклинория. Сходство распределения РЗЭ в магматических породах из рудопроявлений золота Авзянского рудного района позволяет высказать предположение о том, что они являются не разновозрастными образованиями, а дифференциатами одного магматического источника, образованными, вероятно, в среднерифейское время.

**Ключевые слова:** Башкирский мегантиклинорий, месторождение золота, габбро-долериты, редкие и редкоземельные элементы, рифей

## DISTRIBUTION OF REE, PETRO- AND GEOCHEMICAL FEATURES OF GABBRO-DOLERITES OF AVZYAN ORE REGION (SOUTHEN URALS)

A. A. Sharipova, S. V. Michurin, V. N. Nikonov,  
E. O. Kalistratova, V. M. Gorozhanin, A. G. Zakharova

**Abstract.** The petrochemical and geochemical features of intrusive rocks occurring within the area of the gold deposits and ore occurrences of the Ismakaevo and Gornyi Priisk ore zones in the Avzyan ore region of the Southern Urals have been studied. The gabbro-dolerites from gold ore occurrences differ somewhat in geological and petrochemical parameters, that served the previous researchers as a basis for their isolation in different age groups — the Early Middle Riphean in the Ismakaevo ore zone and the Vendan zone in the Gornopriisk zone in the Bogryashka ore zone. In gabbro-dolerites of the Ismakaevo ore zone (Ulyuk-Bar, Kurgashlya), elevated concentrations of chromium (up to ~4000 g/t) have been established, which are probably due to the relatively high magnesia of the unchanged representatives of these igneous rocks. At the same time, gabbro-dolerites from gold ore occurrences have similar lanthanide distribution trends, similar to those in supposedly Late Riphean gabbro-dolerites, developed outside of ore gold occurrences, and also coincide with the graphs of normalized lanthanide contents of the Middle Riphean intrusive rocks of the Bashkir meganticlinorium. The similarity of the distribution of REEs in igneous rocks from the gold ores of the Avzyan ore region suggests that they are not uneven-age formations, but differentiates of a single magmatic source, probably formed in the Middle Riphean time.

**Keywords:** Bashkir meganticlinorium, gold deposit, gabbro-dolerite, rare and rare-earth elements, Riphean

**Для цитирования:** Шарипова А.А., Мичурин С.В., Никонов В.Н., Калистратова Е.О., Горожанин В.М., Захарова А.Г. Распределение РЗЭ, петро- и геохимические особенности габбро-долеритов Авзянского рудного района (Южный Урал) // Геологический вестник. 2019. № 1. С. 91–100. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-7>.

**For citation:** Sharipova A.A., Michurin S.V., Nikonov V.N., Kalistratova E.O., Gorozhanin V.M., Zakharova A.G. Distribution of REE, petro- and geochemical features of gabbro-dolerites of Avzyan ore region (Southern Urals) // *Geologicheskii vestnik*. 2019. No. 1. P. 91–100. DOI: <http://doi.org/10.31084/2619-0087/2019-1-7>.

## Введение

Геохимическая характеристика при изучении магматических образований является одной из основных задач. Широко распространенным методом генетической интерпретации геохимических данных является анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ), которое контролируется их содержанием в магматическом источнике и равновесиями «минерал – расплав» [Интерпретация..., 2001]. В целом распределение редкоземельных элементов отражает степень фракционирования расплава. Мы провели изучение интрузивных пород, встречающихся в пределах площади месторождений и рудопроявлений золота Исмакаевской (Улюк-Бар, Кургашлинское) и Горноприискской (Горный Прииск, Богряшка) рудных зон в Авзянском рудном районе, с целью сравнительного анализа их петрохимических и геохимических особенностей [Шарипова и др., 2018]. Всего изучено 20 образцов габбро-долеритов. На классификационной диаграмме в координатах «содержание кремнезема – содержание суммы щелочей» (TAS-диаграмма) большинство фигуративных точек составов интрузивных пород попадают в поле габбро (рис. 1). Основная часть проб взята из коллекции А.А. Алексева, который в пределах площади рудопроявлений золота по геологическим и петрохимическим данным выделял разновозрастные ранне-среднерифейские и вендские магматические образования. Согласно исследованиям этого автора, общими и выдержанными особенностями магматизма района являются базальтоидный характер и принадлежность его производных преимущественно к габбро-долеритовой формации, а также дайковая и силловая форма залежей, для которых почти всегда устанавливаются закаленные мелкозернистые эндоконтактные зоны. Слагающие дайки магматические породы претерпели интенсивные изменения, связанные с неоднократным проявлением метаморфизма [Алексеев, 1984].

## Методы исследования

Содержания породообразующих окислов и некоторых редких элементов определены рентгенофлуоресцентным анализом на спектрометре VRA-30 в ИГ УФИЦ РАН (г. Уфа, аналитик В.Ф. Юлдашбаева) с использованием рентгеновской трубки с Rh-анодом (30–40 кВ, 30 мА). Предел обнаружения при измерении  $\text{SiO}_2$ ,  $\text{Al}_2\text{O}_3$  составлял 0.1 мас. %,  $\text{TiO}_2$ ,  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{CaO}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $S_{\text{общ}}$  — 0.01 мас. %,  $\text{MgO}$  — 0.2 мас. %,  $\text{As}$ ,  $\text{Pb}$  — 0.001 мас. %.

Концентрации редких элементов (в том числе РЗЭ) определены методом ICP MS на масс-спектрометре ELAN-9000 в ИГГ УрО РАН (г. Екатеринбург, аналитики Н.В. Чередниченко и Н.В. Адамович). Содержания РЗЭ в габбро-долеритах нормировались на содержания лантаноидов в углеродистом хондрите C1 по [Sun, McDonough, 1989]. Аномалии Eu и Ce рассчитывались по формулам:

$$\begin{aligned} \text{Eu}/\text{Eu}^* &= \text{Eu}_n / (\text{Sm}_n / (\text{Tb}_n \times \text{Eu}_n) 0.5) 0.5; \\ \text{Ce}/\text{Ce}^* &= \text{Ce}_n / ((2\text{La}_n + \text{Sm}_n) / 3). \end{aligned}$$

## Результаты исследования и их обсуждение

В пределах площади рудопроявлений золота Авзянского района интрузивные породы зафиксированы главным образом в керне картировочных и поисковых скважин, бурившихся в 70–80 гг. прошлого столетия. Согласно исследованиям А.А. Алексева [Чернов и др., 1982ф], на площади Исмакаевской рудной зоны развиты ранне-среднерифейские габбро-долериты, которые по составу неоднородны и представлены серией от меланократовых магнезиальных до кварцсодержащих габбро-долеритов. В зависимости от степени дислокационного метаморфизма они обладают массивным или сланцеватым сложением и преимущественно апо- или бластоидиобазовой структурой. Кроме офитовой в них нередко наблюдаются элементы пойкилоофитовой и апогаббровой структур. Первичные минералы размером 1–4 мм почти всегда замещены метасоматическими: клинопироксен — актинолитовым амфиболом в ассоциации с хлоритом; плагиоклаз — альбитом в ассоциации с клиноцоизитом, эпидотом, серицитом; титаномагнетит — лейкоксеном, мелкозернистым сфеном в ассоциации с ксеноморфно-округлыми выделениями рутила. В породах часто присутствует гидрогранат (гроссуляр, гибшит). Отличительными петрохимическими особенностями ранне-среднерифейских габбро-долеритов являются высокие основность и магнезиальность и сравнительно низкие железистость, щелочность и титанистость ( $\leq 1.2$  мас. %  $\text{TiO}_2$ ). В них повышено содержание Cr (в среднем 380 г/т по 30 образцам, полуколичественный спектральный анализ), Ni (225 г/т), Cu (135 г/т) по сравнению с кларками для основных пород. По устному сообщению С.Г. Ковалева, в габбро-долеритах Исмакаевской рудной зоны содержание Cr составляет 300–500 г/т (данные ИСП МС по двум образцам).

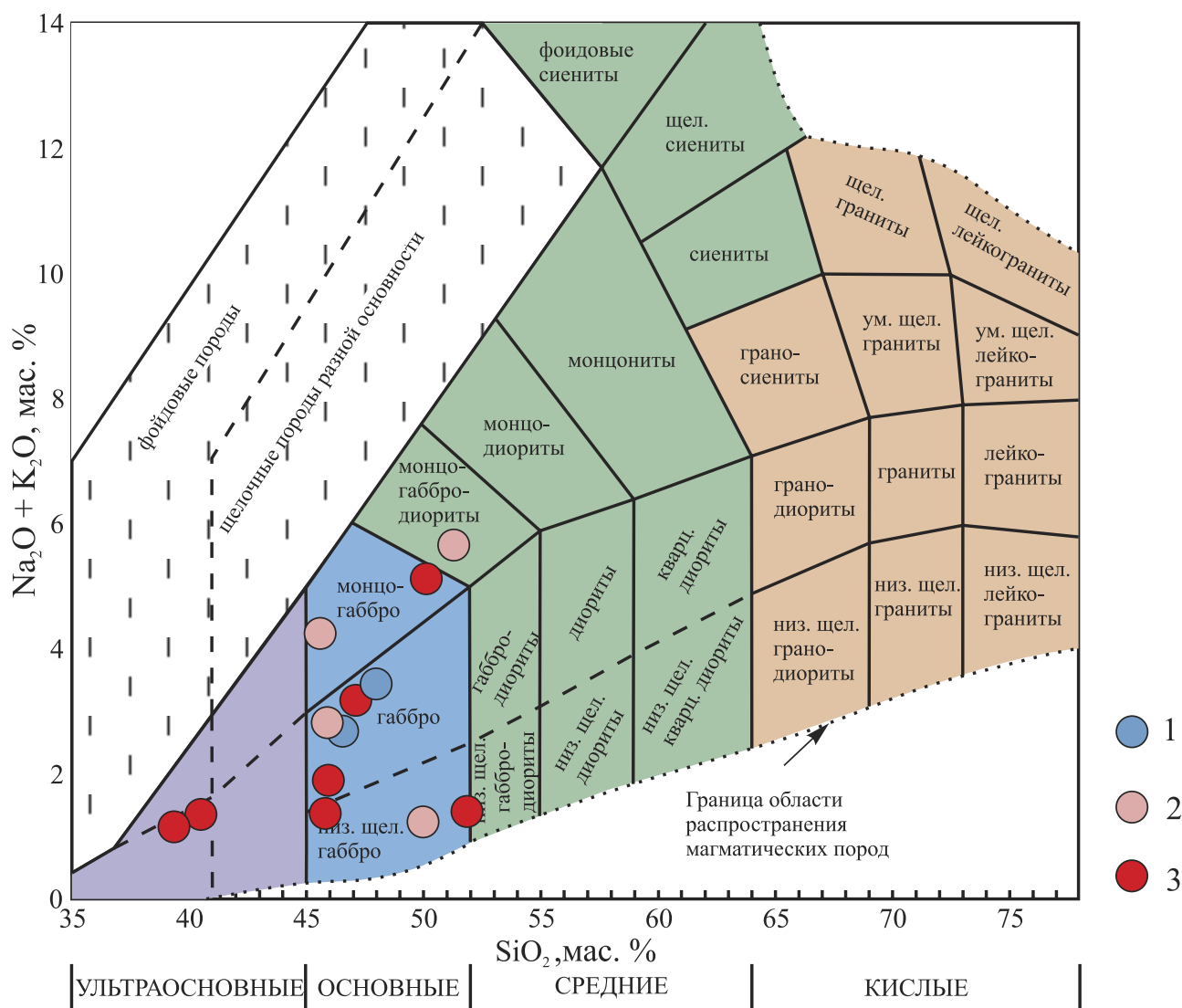


Рис. 1. Состав интрузивных пород Авзянского рудного района на TAS-диаграмме

Условные обозначения: 1 — Горный прииск; 2 — Богряшка; 3 — Кургашлинское.

Fig. 1. The composition of the intrusive rocks Avzyan ore region on the TAS-diagram

Legend: 1 — Gornyi Priisk deposit; 2 — Bogryashka ore occurrence; 3 — Kurgashlya ore occurrence.

Согласно выводам геологов-поисковиков [Чернов и др., 1982ф], габбро-долериты Исмакаевской рудной зоны образовались ранее золотоносных кварцевых жил, которые по нашим данным [Шарипова и др., 2017], имеют позднерифейский возраст (~1000 млн лет). Мы полагаем, что формирование золотоносных кварцево-жильных систем Авзянского рудного района было обусловлено флюидной миграцией в рамках тектоно-термального (рифтогенного?) этапа в осадочном бассейне на востоке Русской платформы, который по времени совпадал с широко распространенным в других регионах мира гренвилльским орогенезом.

Нами в месторождении Улюк-Бар в 2017 г. отобраны образцы сильно измененных габбро-долеритов, вскрытых поисковыми канавами. Они представляют собой темно-бурые железненные и окварцованные хлорит-гематит-гетит-каолинит-кварцевые рассланцованные аподиабазовые породы с реликтами роговой обманки. Структура — диабазовая, миндалины и первичные минералы замещены кварцем, гематитом, хлоритом. По результатам микроскопического изучения установлено, что порода состоит из кварца (основной минерал) в виде отдельных зерен и зернистых агрегатов и значительного количества гидроокислов

железа (по-видимому, тонкодисперсного гетита и гематита). Размер зерен кварца — 0.2–0.3 мм, зерна чистые без пойкилитовых включений. Гидроокислы железа вытягиваются в полосы, подчеркивая микроплойчатую (флюидальную) текстуру породы. Второстепенные минералы представлены хлоритом, слюдястыми (глинистыми) минералами, занимающими интерстициальное пространство между кварцем и гидроокислами железа. Хлорит часто образует гломеры размером до 0.8–1.0 мм, состоящие из прямоугольных чешуек. Плаггиоклаз встречается в единичных кристаллах с полисинтетическими двойниками. Размеры кристаллов по удлинению составляют 0.5–0.8 мм. Также в хлорит-глинистой с гидроокислами железа массе встречен неидентифицированный минерал. Его оптические свойства — одноосный, отрицательный, показатель преломления ~1.6–1.65, угол погасания (~10–12°), величина двупреломления не более 0.01.

В минеральном составе измененных габбро-долеритов по результатам рентгенофазового анализа установлены (в %): кварц (40–50), каолинит (10–20), гетит (13–20), гематит (2–3), мусковит (2–3), титанит (1.5–3.5), клинохлор (до 1.5). В них отмечаются сравнительно высокие содержания оксидов (мас. %): Si (51.2–54.5), Al (18.1–19.7), Ti (2.1–2.3), Fe (12.5–13.1) и практически полное отсутствие оксидов Mg (0.1–1.4), Ca и щелочей ( $\leq 0.1$ ) (табл. 1, обр. М-1016ю, М-1016-с, М-1017).

Кроме того, по результатам рентгенофлуоресцентного анализа в них фиксируются высокие содержания (в г/т) Ni (335–531), V (432–469) и значительные концентрации As (1622–1911) и Cr (1340–4362) (табл. 2). Вероятным As-содержащим минералом согласно результатам рентгенофазового анализа является леллингит ( $\text{FeAs}_2$ ). Минерал-носитель Cr не выявлен. Вынос магния, кальция, щелочей и концентрирование в породах глинозема, железа, хрома, мышьяка, очевидно, является результатом метасоматических изменений габбро-долеритов, усиленных в зоне гипергенеза. Аномально высокое для магматических пород значение ППП (потери при прокаливании) в образцах измененных габбро-долеритов (М-1016ю, М-1016с, М-1017, см. табл. 1), при отсутствии в их составе карбонатных минералов, связано с разложением при высоких температурах минералов, содержащих гидроксильную группу (каолинита, мусковита, клинохлора).

Результатами полевых исследований 2018 г. явились данные по габбро-долеритам, отобраным из рудопроявления Кургашлинское (южная канава) (табл. 1, 2). Как показывают данные рентгенофлуоресцентного анализа и петрографические наблюдения, в этих породах существенно нарушен первичный баланс петрогенных оксидов и широко развит комплекс вторичных минеральных образований. В частности, можно отметить высокую дисперсию в содержаниях почти всех породообразующих

Таблица 1

Содержание породообразующих оксидов (мас. %) в габбро-долеритах  
Исмакаевской рудной зоны

Table 1

The content of rock-forming oxides (wt. %) in gabbro-dolerites of the Ismaikaevo ore zone

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> обш	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ППП	Сумма
М-1016ю	52.44	2.30	19.66	13.11	0.11	0.15	0.11	$\leq 0.1$	0.02	0.37	10.43	98.75
М-1016с	54.54	2.07	18.05	12.48	0.43	0.64	0.11	$\leq 0.1$	0.04	0.33	9.83	98.56
М-1017	51.22	2.22	18.82	13.08	0.42	1.39	0.11	$\leq 0.1$	0.02	0.31	11.08	98.70
А-12719	52.34	2.84	13.94	12.62	0.17	7.85	1.40	0.16	2.17	0.45	5.82	99.76
М-1267	40.47	2.98	13.31	22.08	0.11	11.44	1.78	1.33	0.03	0.24	6.87	100.65
М-1277	39.34	3.44	12.78	21.19	0.15	12.26	0.88	1.11	0.04	0.27	7.89	99.36
М-1278	51.85	2.54	11.95	15.93	0.15	8.40	1.04	1.35	0.05	0.22	5.57	99.06
М-1279	32.57	3.68	15.46	23.88	0.24	11.26	2.20	1.81	0.04	0.37	7.87	99.40
М-1280	45.80	2.57	12.00	20.47	0.16	9.40	1.58	1.35	0.02	0.32	6.20	99.89
М-1281	50.12	0.99	17.44	13.71	0.09	6.12	0.66	5.10	0.03	0.23	4.57	99.07
А-13201	45.98	1.09	10.87	11.14	0.17	10.90	11.8	1.91	1.01	0.19	4.22	99.28
А-13633	47.14	1.46	13.95	11.9	0.14	8.22	9.69	2.74	0.44	0.12	3.96	99.76

Примечания: М-1016ю, М-1016с, М-1017, А-12719 — месторождение Улюк-Бар; А-1267–А-13633 — рудопроявление Кургашлинское.  
Notes: М-1016ю, М-1016с, М-1017, А-12719 — the Ulyuk-Bar field; А-1267–А-13633 — Kurgashlya ore occurrence.

Таблица 2

Содержание V, Cr, Ni, Cu, As (г/т) в габбро-долеритах Авзянского рудного района

Table 2

Content of V, Cr, Ni, Cu, As (g/t) in gabbro-dolerites of Avzyan ore region

Образец	V	Cr	Ni	Cu	As
М-1016ю	458.5	3858.8	458.1	119.2	1221.6
А-12719	317.1	94.4	58.7	82.9	2.4
М-1267	429.8	915.6	185.9	26.9	81.2
М-1277	465.8	924.8	178.5	44.5	39.7
М-1278	286.4	632.6	153.9	26.9	104.3
М-1279	459.6	1466.8	338.5	9.8	124.5
М-1280	340.6	988.1	333.4	94.2	218.7
М-1281	199.8	141.6	132.2	0.0	45.1
А-13201	188.7	333.8	88.7	56.1	25.7
А-13633	287.6	186.4	69.9	88.1	0.9
А-12038	318.0	77.8	54.8	155.5	5.2
А-12039	314.7	83.0	51.9	122.3	1.7
А-12042	288.7	65.3	52.2	150.6	1.8
А-12354	296.5	65.3	52.2	157.9	2.1
А-14067	90.0	78.1	28.2	23.0	4.2
А-14069	147.5	177.5	48.4	41.4	6.7
А-12790	214.5	58.7	33.5	83.1	0.9
А-12794	266.4	26.7	74.4	103	1.3

элементов (за исключением кальция и калия), а также значительное возрастание в составе пород  $Fe_2O_3$  (до 23.9 мас. %) и  $TiO_2$  (до 3.7 мас. %) при явной потере  $SiO_2$  (до 32.6 мас. %) и  $K_2O$  (до 0.02 мас. %). Следует отметить, что в дайке из рудопроявления Кургашлинское, так же как и габбро-долеритах месторождения Улюк-Бар, фиксируются аномально высокие содержания хрома, достигающие ~1500 г/т (см. табл. 2). При этом Cr здесь обнаруживает самые высокие коэффициенты корреляции с железом (0.94),  $TiO_2$  (0.91) и CaO (0.85). Это указывает на то, что хром может быть связан с титанитом (хромсфеном?) и входит в него в виде примеси.

Таким образом, приведенные материалы показывают, что наиболее яркой геохимической особенностью габбро-долеритов, развитых в пределах площади Исмакаевской рудной зоны, являются повышенные концентрации хрома, которые, вероятно, обусловлены сравнительно высокой магнизиальностью наименее измененных разностей этих магматических пород. Например, в габбро-долеритах, вскрытых скв. № 7813 (обр. А-13201, А-13633) содержание MgO составляет 8.22–10.9 мас. %, а Cr — 186.4–333.8 г/т (см. табл. 1 и 2). Если рассмотреть связь хрома и магния, то она двоякая. В образцах, отобранных в пределах каждой точки

наблюдения, коэффициент корреляции у этой пары положительный (Кургашлинское — 0.8; Улюк-Бар — 0.2). Однако в целом по Исмакаевской зоне, согласно данным, приведенным в таблицах 1 и 2, коэффициент корреляции между хромом и магнием отрицательный (–0.79), что обусловлено, на наш взгляд, разным содержанием этих элементов в изученных габбро-долеритах и разной степенью изменения последних.

К вендской возрастной группе А.А. Алексеев [Чернов и др., 1982ф; Алексеев, 1984] относил роговообманковые эссексит-долериты (обр. А-12041, А-14067, А-14069 табл. 3), встречающиеся только в золоторудном проявлении Богряшка Горноприисковской рудной зоны. Их наименее измененные разности представлены средне-крупнозернистыми слабопорфировидными породами гипидиоморфной структуры. Темноцветные минералы в неизмененных породах были представлены клинопироксеном, к настоящему времени полностью замещенным актинолитом в мелких пойкилитовых включениях в роговой обманке, и идиоморфной роговой обманкой (керсутит) в порфировидных выделениях. В породах присутствует апатит, ассоциирующий с кислым плагиоклазом и калишпатом. Из петрохимических черт породам этой группы

Таблица 3

Содержание породообразующих оксидов (мас. %) в габбро-долеритах Горноприисковой рудной зоны

Table 3

The content of rock-forming oxides (wt. %) in gabbro-dolerites of the Gornopriisk ore zone

	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> общ	MnO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	ППП	Сумма
A-12038	46.6	2.05	13.56	13.81	0.14	5.41	6.39	1.93	0.74	0.33	8.17*	99.13
A-12039	48.00	2.09	13.28	14.3	0.19	5.97	7.01	2.6	0.84	0.32	4.60**	99.2
A-12042	45.90	2.09	12.75	13.52	0.16	6.31	6.42	2.43	0.38	0.32	9.07***	99.35
A-12354	49.98	2.29	11.84	13.13	0.16	5.05	6.82	—	1.23	0.35	6.22	97.17
A-14067	51.31	1.98	18.55	11.23	0.07	5.08	1.76	2.88	2.79	0.29	4.01	99.95
A-14069	45.59	1.82	14.8	12.62	0.13	6.66	7.53	2.47	1.77	0.24	6.06	99.69

Примечания: А-12038, А-12039 — месторождение Горный прииск; А-12042, А-12354, А-14067, А-14069 — рудопроявление Богряшка. Звездочкой отмечены значения ППП с CO<sub>2</sub>: \* 3.63; \*\* 1.21; \*\*\* 4.73. Прочерк — нет данных.

Notes: А-12038, А-12039 — Gornyi Priisk; А-12042, А-12354, А-14067, А-14069 — Bogryashka ore occurrence. The asterisk denotes the values of the loss on ignition with CO<sub>2</sub>: \* 3.63; \*\* 1.21; \*\*\* 4.73. Dash — no data.

присущи высокая титанистость (2–3 мас. % TiO<sub>2</sub>), повышенная щелочность (в сумме до 5–5.5 мас. %) и пониженная известковистость [Чернов и др., 1982ф].

Вместе с тем тренды нормированных содержаний РЗЭ разновозрастных раннесреднерифей-

ских и вендских магматических пород, установленных в пределах площади рудопроявлений золота Исмакаевской и Горноприисковой рудных зон удивительно сходны между собой (рис. 2). Все проанализированные образцы характеризуются повышенными содержаниями легких лантаноидов. В целом

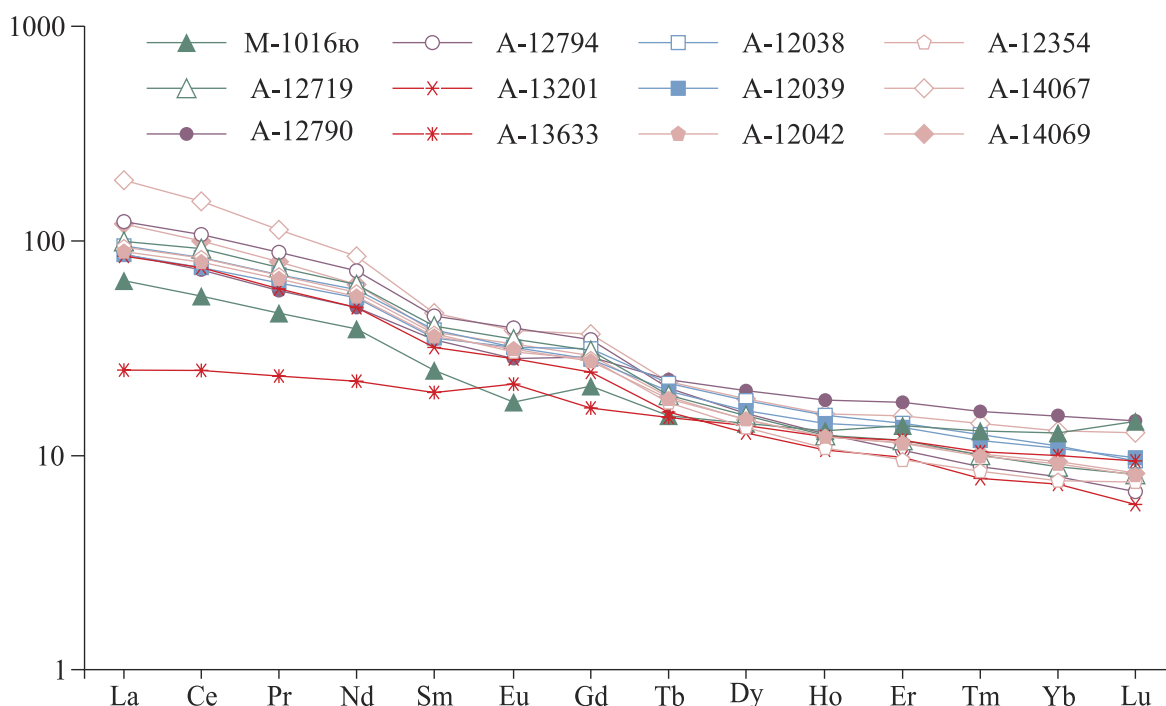


Рис. 2. Диаграмма нормированных содержаний РЗЭ в габбро-долеритах, встречающихся в пределах площади месторождений и рудопроявлений золота Исмакаевской и Горноприисковой рудных зон

Fig. 2. Diagram of the normalized contents of REE in gabbro-dolerites occurring within the area of deposits and ore occurrences of the gold of Ismakaevo and Gornopriisk ore zones

распределение РЗЭ характеризуется сильным фракционированием легких лантаноидов относительно тяжелых  $La_n/Yb_n$  — 5.06–14.59,  $Sm_n/Yb_n$  — 1.93–5.41. При этом легкие и тяжелые редкие земли фракционированы примерно одинаково:  $La_n/Sm_n$  — 2.35–

4.00,  $Gd_n/Yb_n$  — 1.65–4.22. Eu аномалия слабо положительная.

Для сравнительного анализа на диаграмму нанесены данные по двум образцам габбро-долеритов (обр. А-12790, А-12794, табл. 4), отобранных

Таблица 4

Содержание некоторых редких элементов и РЗЭ (г/т) в габбро-долеритах Авзянского рудного района

Table 4

The content of some rare elements and REE (g/t) in gabbro-dolerites of Avzyan ore region

Элементы Образцы	М-1016ю	А-12719	А-13201	А-13633	А-12038	А-12039	А-12042	А-12354	А-14067	А-14069	А-12790	А-12794
Cs	0.19	0.39	10.52	0.40	1.05	0.84	1.36	4.53	2.92	1.66	0.56	2.37
Rb	1.10	33.86	59.76	12.08	14.82	14.00	9.46	34.85	66.66	28.30	40.40	92.69
Ba	6.72	193.47	221.85	81.70	210.18	221.25	97.55	320.13	940.17	934.01	241.31	717.66
Th	1.82	1.80	2.85	0.76	1.65	1.56	1.48	1.59	9.74	4.38	4.39	1.39
U	1.42	0.47	0.97	0.21	0.41	0.39	0.39	0.41	2.58	1.59	1.05	0.36
Ta	0.51	1.46	0.97	0.36	1.35	1.21	1.22	1.09	1.75	1.38	0.67	1.02
Nb	8.68	26.23	16.58	6.08	24.82	22.14	23.03	19.39	28.92	24.24	12.28	19.78
Sr	3.05	8.49	463.66	155.99	112.88	268.76	236.45	219.78	134.83	276.76	169.74	610.98
Hf	2.37	2.73	1.99	1.67	2.17	2.58	2.10	1.95	4.01	3.13	3.40	3.08
Zr	98.62	143.49	89.19	80.25	121.82	129.02	115.99	115.27	227.20	167.48	169.34	159.17
Y	22.12	18.23	15.82	18.79	23.19	21.71	18.70	15.48	24.55	19.18	28.16	18.34
La	15.43	23.65	20.16	5.98	22.38	20.48	21.37	22.32	45.24	28.19	20.39	29.21
Ce	33.55	56.16	45.78	15.37	50.87	46.28	48.89	50.90	93.39	60.88	44.99	65.16
Pr	4.35	7.16	5.76	2.25	6.54	6.07	6.26	6.56	10.76	7.56	5.55	8.33
Nd	18.18	29.46	22.89	10.35	27.34	25.34	25.74	26.96	39.30	29.19	22.87	33.80
Sm	3.80	6.09	4.84	3.02	5.92	5.44	5.49	5.69	7.07	5.75	5.28	6.76
Eu	1.03	2.03	1.63	1.25	1.85	1.85	1.80	1.77	2.20	1.93	1.65	2.29
Gd	4.37	6.35	5.08	3.45	6.40	5.82	5.72	5.85	7.52	6.03	5.97	7.09
Tb	0.57	0.72	0.60	0.57	0.81	0.74	0.69	0.66	0.83	0.70	0.84	0.76
Dy	3.56	3.89	3.23	3.51	4.55	4.14	3.82	3.45	4.65	3.73	5.10	3.95
Ho	0.74	0.71	0.60	0.70	0.87	0.80	0.73	0.61	0.89	0.70	1.01	0.70
Er	2.27	1.95	1.61	1.94	2.36	2.23	1.92	1.58	2.53	1.90	2.90	1.76
Tm	0.34	0.25	0.20	0.27	0.32	0.30	0.25	0.22	0.36	0.26	0.41	0.23
Yb	2.19	1.52	1.25	1.70	1.88	1.83	1.57	1.31	2.20	1.60	2.62	1.36
Lu	0.37	0.21	0.15	0.24	0.24	0.25	0.21	0.19	0.33	0.21	0.37	0.17
ΣРЗЭ	90.75	140.15	113.78	50.6	132.33	121.57	124.46	128.07	217.27	148.63	119.95	161.57
Lan/Ybn	5.06	10.58	10.92	2.40	8.07	7.60	9.26	11.62	13.95	11.96	5.29	14.59
Smn/Ybn	1.93	4.36	4.20	1.94	3.42	3.23	3.81	4.74	3.49	3.91	2.19	5.41
Lan/Smn	2.62	2.42	2.60	1.24	2.36	2.35	2.43	2.45	4.00	3.06	2.41	2.70
Gdn/Ybn	1.65	3.38	3.28	1.65	2.75	2.57	2.95	3.62	2.76	3.05	1.84	4.22
Ce/Ce*	1.06	1.14	1.10	1.06	1.09	1.08	1.10	1.10	1.06	1.08	1.06	1.09
Eu/Eu*	0.88	1.09	1.09	1.14	1.00	1.07	1.06	1.04	1.04	1.09	0.96	1.12

Примечания: А-12790, А-12794 — габбро-долериты, отобранные в 1–1.5 км западнее рудопроявления Кургашлинское, Привязка остальных образцов указана в примечании к табл. 1 и 3.

Notes: А-12790, А-12794 — gabbro-dolerites, selected 1–1.5 km west of the Kurgashlya ore occurrence. Binding of the remaining samples is indicated in the note tabl. 1 and 3.

А.А. Алексеевым западнее Караташского разлома вне пределов площади рудопроявлений золота, приблизительно в 1–1.5 км на запад от рудопроявления Кургашлинское. Эти образцы характеризуются распределением лантаноидов, аналогичным с их распределением в габбро-долеритах из рудопроявлений золота (см. рис. 2). По геологическим и петрохимическим показателям А.А. Алексеев относил их к позднерифтовой возрастной группе, которая, по его представлениям, наиболее широко развита в пределах Авзянского рудного района.

Некоторые отличия в трендах появляются в образцах А-13633 и М-1016ю габбро-долеритов Исмакаевской рудной зоны. От всех образцов М-1016ю отличается наличием хорошо проявленной отрицательной Eu аномалии, вместе с тем в нем сохраняется общий отрицательный уклон тренда при незначительном положительном наклоне от Dy до Lu. Этот образец габбро-долерита

наиболее сильно изменен вторичными метасоматическими и гипергенными процессами и с этой точки зрения его отличие в распределении РЗЭ от других образцов довольно легко объяснимо.

В образце А-13633 распределение лантаноидов отличается умеренным фракционированием легких земель относительно тяжелых ( $La_n/Yb_n = 2.40$ ). В области легких редких земель тренд имеет горизонтальный вид, что отражают низкие величины  $La_n/Sm_n = 1.24$ . Тренд тяжелых лантаноидов имеет слабый наклон ( $Gd_n/Yb_n = 1.65$ ).

По наиболее значимым элементам для генетической интерпретации исследуемых пород были построены спайдер-диаграммы (рис. 3), в которых измеренные концентрации элементов нормированы к их содержанию в примитивной мантии по [McDonough et al., 1991]. На спайдер-диаграмме содержания более подвижных крупноионных литофильных элементов (LILE) (Cs, Rb, Ba, K, Sr)

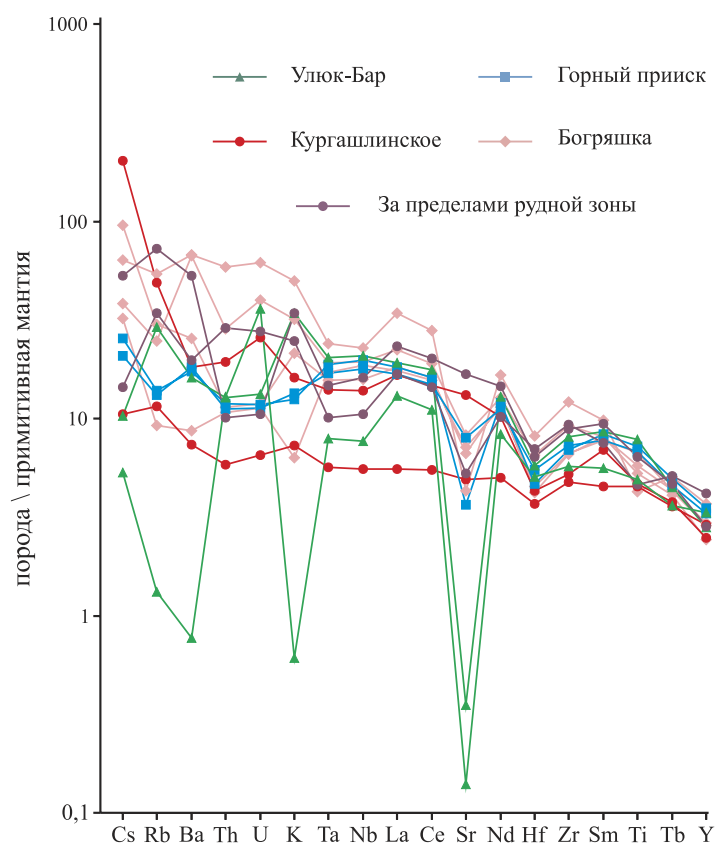


Рис. 3. Спайдер-диаграмма нормированных микроэлементов в габбро-долеритах, встречающихся в пределах площади месторождений и рудопроявлений золота Исмакаевской и Горноприискской рудных зон

Fig. 3. Spider-diagram of normalized microelements in gabbro-dolerites occurring within the area of deposits and ore occurrences of the gold of Ismaeovo and Gornopriisk ore zones

могут зависеть от поведения флюидной фазы и характера вторичных процессов, тогда как содержания менее подвижных высокозарядных элементов (HFSE) (Y, Hf, Zr, Ti, Nb, Ta) контролируются составом источника и зависят от различных процессов, происходящих в ходе магматической эволюции [Интерпретация..., 2001]. Так как магматические породы из месторождений и рудопроявлений золота Авзянского рудного района подвергались вторичным изменениям, тренды распределения LILE в пробах различаются. Одинаково ведет себя Sr, образуя отрицательные аномалии (за исключением обр. А-12794, А-13201), при этом содержания Sr напрямую зависят от степени измененности пород. Его минимальное содержание приходится на образец М-1016ю из наиболее измененного габбро-долерита, в котором в отличие от других проб также наблюдается сильное обеднение по Ba, K и обогащение U. Почти для всех проб долеритов характерна положительная аномалия по Nd (выпадают из тренда образцы А-12794 и А-13201) и отрицательная аномалия по Hf. В ряде проб (М-1016ю, А-13201, А-12354, А-14067, А-14069, А-12790, А-12794) наблюдаются максимум по La и тантал-ниобиевый минимум, что обычно свойственно надсубдукционным магматитам [Интерпретация..., 2001].

Проведенное изучение особенностей габбро-долеритов, развитых в пределах пло-



щади месторождений и рудопроявлений золота Авзянского рудного района, позволяет сделать следующие выводы.

Габбро-долериты по геологическим и петрохимическим показателям несколько различаются, что послужило основой для их выделения А.А. Алексеевым [1984] в разные возрастные группы — ранне-среднерифейскую в Исмакаевской рудной зоне и вендскую в Горноприисковской зоне (Богряшка). Согласно нашим данным, наиболее яркой особенностью габбро-долеритов, развитых в Исмакаевской рудной зоне (Улюк-Бар, Кургашлинское), являются повышенные в них концентрации хрома, которые, вероятно, обусловлены сравнительно высокой магнезиальностью неизмененных разностей этих магматических пород. Обогащение даек хромом за счет его привноса из вмещающих терригенных пород не подтверждается, поскольку в песчаниках большеинзерской свиты вблизи даек, по нашим данным ( $n=13$ ), фиксируются около-кларковые содержания Cr (~30 г/т), сходные с концентрациями этого элемента в песчаниках этого стратиграфического интервала за пределами рудной зоны.

Вместе с тем габбро-долериты из рудопроявлений золота имеют близкие между собой тренды распределения лантаноидов, сходные с таковыми в предположительно позднерифейских габбро-долеритах, развитых вне пределов площади рудопроявлений, а также совпадающие с графиками нормированных содержаний лантаноидов по среднерифейским интрузивным комплексам Башкирского мегантиклинория [Ферштатер, Холоднов, 2016]. Сходство распределения РЗЭ в магматических породах Авзянского рудного района позволяет высказать предположение о том, что они являются не разновозрастными образованиями, а, вероятно, дифференциатами одного магматического источника, и образованы приблизительно в одно время. Из этого следует, что, возможно, габбро-долериты в рудопроявлениях золота Авзянского рудного района имеют среднерифейский возраст.

Анализ спайдер-диаграммы по редким и некоторым редкоземельным элементам в целом показывает их одинаковое распределение в габбро-долеритах Авзянского района с некоторыми значительными отличиями в области LILE, обусловленными степенью метасоматических изменений.

#### Список литературы:

Алексеев А.А. Рифейско-вендский магматизм западного склона Южного Урала. — М.: Наука, 1984. — 136 с.

Интерпретация геохимических данных / Под ред. Е.В. Склярской: Учеб. пособие. — М: Интермет Инжиниринг, 2001. — 288 с.

Ферштатер Г.Б., Холоднов В.В. Геохимия среднерифейских интрузивных пород Башкирского антиклинория — индикаторов начала формирования Палеоуральского океана // Ежегодник—2015 / ИГГ УрО РАН.— Екатеринбург, 2016. — С. 129–133. — (Тр. ИГГ УрО РАН; Вып. 163).

Шарипова А.А., Мичурин С.В., Крупенин М.Т., Гараева А.А., Канипова З.А. Жильный кварц из рудопроявлений золота в рифейских отложениях Авзянского рудного района (Южный Урал): минералогические и термодатиметрические особенности // Вестник Пермского университета. Геология. — 2017. — Т. 16, № 3. — С. 216–232.

Шарипова А.А., Мичурин С.В., Никонов В.Н., Калистратова Е.О., Горожанин В.М. Геохимические особенности и распределение РЗЭ в габбро-долеритах Авзянского рудного района (Южный Урал) // Геология, геоэкология и ресурсный потенциал Урала и сопредельных территорий: Сб. статей 6-й Всерос. молодеж. геол. конф., Уфа, 25–29 сент. 2018 г. — СПб: Свое издательство, 2018. — С. 144–148.

McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E., Hofmann A.W. K, Rb and Cs in the Earth and Moon and the evolution of the Earth's mantle // Geochim. and Cosmochim. Acta. — 1991. V. 56. — P. 1001–1012.

Sun S., McDonough W.F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication. — 1989. — No. 42. — P. 313–345.

#### References:

Alekseev A.A. Rifeisko-venetskii magmatizm zapadnogo sklona Yuzhnogo Urala [Riphean-Vendian magmatism of the western slope of the South Urals]. M.: Nauka, 1984. 136 p. (In Russian).

Fershtater G.B., Holodnov V.V. Geokhimiya srednerifeiskih intruzivnykh porod Bashkirskego antiklinoriya — indikatorov nachala formirovaniya Paleoural'skogo okeana [Geochemistry of Middle Riphean intrusive rocks of the Bashkir anticlinorium — indicators of the beginning of the formation of the Paleourals Ocean] // Ezhegodnik—2015 / IGG UrO RAS. Ekaterinburg, 2016. P. 129–133. (Publication IGG UrO RAS; Is. 163). (In Russian).

Interpretatsiya geokhimeskikh dannyyh [Interpretation of geochemical data]: Uchebnoe Posobie / E.V. Sklyarova (ed.). M: Internet Inzhiniring, 2001. 288 p. (In Russian).

McDonough W.F., Sun S., Ringwood A.E., Jagoutz E., Hofmann A.W. K, Rb and Cs in the Earth and Moon and the evolution of the Earth's mantle // Geochim. and Cosmochim. Acta. 1991. V. 56. P. 1001–1012.

Sharipova A.A., Michurin S.V., Krupenin M.T., Garaeva A.A., Kanipova Z.A. Zhil'nyi kvarts iz rudoproyavlenii zolota v rifeiskih otlozheniyah Avzyanskogo rudnogo raiona (Yuzhnyi Ural): mineralogicheskie i termokriometricheskie osobennosti [Quartz veins from Gold Occurrences in Riphean Deposits of the Avzyan Ore Region (South Urals): mineralogical and thermocryometric features] // Vestnik Permskogo universiteta. Geologiya. 2017. T. 16, № 3. P. 216–232. (In Russian).

*Sharipova A.A., Michurin S.V., Nikonov V.N., Kalistratova E.O., Gorozhanin V.M.* Geohimicheskie osobennosti i raspredelenie RZE v gabbro-doleritah Avzyanskogo rudnogo raiona (Juzhnyi Ural) [Geochemical features and distribution of REE in gabbro-dolerites of Avzyansky ore district (Southern Urals)] // *Geologiya, geoekologiya i resursnyi potentsial Urala i sopredel'nyh territorii: Sbornik statei VI Vserossiiskoi molodezhnoi geologicheskoi konferencii*, Ufa, 25–29 sent. 2018 g. [Geology,

geoecology and resource potential of the Urals and adjacent territories: Collection of articles of the VI All-Russian Youth Geological Conference, Ufa, September 25–29, 2018]. Saint-Peterburg: Svoe izdatel'stvo, 2018. P. 144–148. (In Russian).

*Sun S., McDonough W.F.* Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes // *Magmatism in the Ocean Basins. Geological Society Special Publication*. 1989. No. 42. P. 313–345.

*Сведения об авторах:*

**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

**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

**Никонов Владимир Николаевич**, Индивидуальный Предприниматель Бобров Александр Георгиевич (ИП Бобров А.Г.), г. Уфа. E-mail: nikon-ufa@mail.ru

**Калистратова Евгения Олеговна**, общество с ограниченной ответственностью «РН-Башкирский научно-исследовательский и проектный институт нефти» (ООО РН-БашНИПИнефть), г. Уфа. E-mail: pindyurinaevgeniya@mail.ru

**Горозханин Валерий Михайлович**, канд. геол.-минер. 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: Gorozhanin@ufaras.ru

**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

*About the authors:*

**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

**Michurin Sergey Vasil'evich**, 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

**Nikonov Vladimir Nikolaevich**, individual entrepreneur Bobrov Alexander Georgievich (IP Bobrov A.G.), Ufa. E-mail: nikon-ufa@mail.ru

**Kalistratova Evgeniya Olegovna**, Limited Liability Company “RN-Bashkir Research and Design Institute of Petroleum” (LLC “RN-BASHNIPINEFT”), Ufa. E-mail: pindyurinaevgeniya@mail.ru

**Gorozhanin Valerii Mihailovich**, candidate of geological and mineralogical sciences, Institute of Geology – Subdivision of the Ufa Federal Research Centre of the Russian Academy of Sciences (IG UFRC RAS), Ufa. E-mail: Gorozhanin@ufaras.ru

**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