ПЕТРОГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД КОТУРСКОГО МАССИВА (КУЗНЕЦКИЙ АЛАТАУ)

М. В. Полюхова, А. И. Чернышов

Национальный исследовательский Томский государственный университет, Томск

poluhova_geo@mail.ru, aich@ggf.tsu.ru

Объектом изучения являются породы юлинского комплекса на примере Котурского массива, расположенного на юго-восточном склоне Батеневского кряжа в Кузнецком Алатау. Исследуемый массив сложен преимущественно породами сиенит-граносиенитовой магматической формации. Актуальность исследования обусловлена появлением новых данных о составе пород юлинского комплекса, с которыми связаны медно-молибденовые рудопроявления. Поэтому породы массива представляют несомненный интерес для более детального их изучения. Петрогеохимическая характеристика пород Котурского массива приводилась преимущественно по оригинальным результатам силикатного и ICP-MS-анализов с целью выяснения закономерностей вариации составов и определения их эволюционной направленности. Установленные петрогеохимические особенности пород Котурского массива отражают их кристаллизацию из дифференцированных магматических расплавов, которые в различной степени контаминированы веществом земной коры. Закономерности распределения петро- и микроэлементов свидетельствуют о принадлежности пород массива к островодужно-коллизийному и преимущественно внутриплитным гранитоидам. Породы Котурского массива являются типичными для юлинского магматического комплекса малых интрузий.

Ключевые слова: Батеневский кряж, юлинский комплекс, петрография, сиениты, граносиениты, граниты, петрогеохимия, эволюция.

PETROGEOCHEMICAL FEATURES OF ROCKS OF KOTURSKY MASSIF (KUZNETSK ALATAU)

M. V. Polyukhova, A. I. Chernyshov

National Research Tomsk State University, Tomsk

The object of study — the rocks of the Yulinsk complex, as exemplified by the Kotursky massif, located on the southeastern slope of the Batenevsky ridge of Kuznetsk Alatau. The massif under study consists mainly of rocks of syenite-granosyenite magmatic formation. The relevance of the study is conditioned by new data on the composition of the Yulinsk complex with copper-molybdenum ore occurrences. The petrogeochemical characteristics of the rocks of the Kotursky massif was given mainly according to the original results of silicate and ICP-MS analyzes to elucidate the patterns of composition variation and to establish their evolutionary orientation. The established petrogeochemical features of the rocks of the Kotursky massif reflect their crystallization from differentiated magmatic melts, which are contaminated to varying degrees by the material of the earth's crust. The regularities of the distribution of petro- and microelements indicate that the rocks of the massif belong to the island-arc collision and, mainly, to intraplate granitoids. The rocks of the Kotursky massif are typical of the Yulinsk igneous complex of small intrusions.

Keywords: Batenevsky ridge, Yulinsk complex, petrography, syenites, granosyenites, granites, petrogeochemistry, evolution.

Объект и методы исследования

Объектом исследования является Котурский массив, расположенный в среднем течении р. Коксы, левого притока р. Енисея. Он находится в пределах Уйбатско-Батеневской металлогенической зоны Коксинского рудного узла и приурочен к осевой части Чалпанской антиклинали [7]. Целью настоящей работы является установление особенностей петрогеохимического состава пород Котурского массива. Этот массив является составным фрагментом юлинского сиенит-граносиенитового комплекса, формационная принадлежность которого была обоснована О. Ю. Перфиловой [2]. Юлинский комплекс на исследуемой территории представлен резко дискордантными, преимущественно умереннощелочными гипабиссальными телами. Интрузивные образования этого комплекса имеют позднеордовикский возраст. Нижняя возрастная граница юлинского комплекса определяется

прорывом пород раннеордовикского тигертышского комплекса; верхняя — налеганием с разрывом базальтов матаракской свиты нижнего девона [1].

Массив имеет эллипсоидальную форму (2.5×8 км²) и ориентирован в субширотном направлении (рис. 1). Его площадь в современном эрозионном срезе составляет ~20 км². Он является слабообнаженным, особенно его центральная и западная части с редкими делювиальными свалами, лишь в восточной части встречаются коренные обнажения, из которых были отобраны образцы для исследования.

Породы массива имеют неоднородный петрографический состав и представлены главным образом сиенитами, граносиенитами, реже гранитами при ограниченной роли монцонитов, монцодиоритов и щелочных сиенитов. По имеющимся точкам наблюдения в коренных обнажениях нами установлено зональное строение восточной части массива (рис. 1). Центральная часть сложена сиенитами, которые сменяются к пери-

Для цитирования: Полюхова М. В., Чернышов А. И. Петрогеохимические особенности пород Котурского массива (Кузнецкий Алатау) // Вестник геонаук. 2020. 4(304). С. 26—32. DOI: 10.19110/geov.2020.4.4.

For citation: Polyukhova M. V., Chernyshov A. I. Petrogeochemical features of rocks of Kotursky massif (Kuznetsk Alatau). Vestnik of Geosciences, 2020, 4(304), pp. 26—32. DOI: 10.19110/geov.2020.4.4.

Рис. 1. Схема геологического строения Котурского массива (составлена по материалам [7] с дополнениями авторов): 1 — углеродисто-кремнистые сланцы сорнинской свиты; 2 — известняки мартюхинской свиты; 3 — доломиты, известняки биджинской свиты; 4 — породы сиенит-граносиенитовой ассоциации юлинского комплекса: 5 — сиениты, 6 — граносиениты, 7 — умереннощелочные граниты, умереннощелочные лейкограниты; 8 — место отбора проб. Границы распространения пород условные. На врезке показано географическое положение Котурского массива

Fig. 1. The geological structure of the Kotursky massif (compiled from materials [7] with the additions of the authors): 1 — carbonaceous-siliceous schists of the Sorninsky suite; 2 — limestones of the Martyukhinskaya suite; 3 — dolomites, limestones of the Bigin suite; 4 — rocks of the syenite-granosyenite association of the Yulinsk complex: 5 — syenites, 6 — granosyenites, 7 — moderate alkaline granites, moderate — alkaline leucogranites; 8 — sampling site. The boundaries of the distribution of rocks are conditional. The inset shows the geographical location of the Kotursky massif

Рис. 2. TAS-диаграмма [9] для пород Котурского массива: 1 — граниты, умереннощелочные граниты, умереннощелочные лейкограниты; 2 — граносиениты, 3 — сиениты

Fig. 2. TAS diagram [9] for rocks of the Kotursky massif. 1 — granites, moderately alkaline granites, moderately alkaline leucogranites; 2 — granosyenites, 3 — syenites

фериит граносиенитами; краевые части представлены гранитами. Вмещающими породами массива являются кембрийские отложения мартюхинской и биджинской свит, сложенными преимущественно известняками. В эндоконтактовых частях известняки нередко подвергаются скарнированию. В скарновых образованиях отмечаются рудная минерализация и рудопроявления меди и молибдена.

Для проведения аналитических исследований использовались образцы пород, отобранных из коренных выходов в ходе маршрутных исследований в период проведения геолого-поисковых работ ООО «Сибирская горнорудная компания» в 2018–2019 гг. Вещественный состав пород определялся силикатным анализом по стандартной методике в испытательной лаборатории ОАО «Минусинская ГРЭ» (г. Минусинск, 12 анализов), восемь анализов заимствованы из дополнительных источников [5, 7]. Определение элементов-примесей проводилось методом ICP-MS в ЦКП «Аналитический центр геохимии природных систем» ТГУ (г. Томск, 15 анализов).

Петрогеохимическая характеристика пород Котурского массива

Породы Котурского массива отличаются значительной вариацией петрографического состава. Однако они представлены главным образом сиенитами, граносиенитами и гранитами, что соответствует их петрохимическим типам на TAS-диаграмме (рис. 2). По соотношению щелочей и кремнезема породы комплекса относятся преимущественно к умереннощелочным породам.

Детальная петрохимическая характеристика главных типов пород Котурского массива рассматривается в эволюционном ряду «сиениты — граносиениты — граниты» и предусматривает их образование из исходной мантийной магмы основного состава, которая в процессе перемещения в верхние этажи литосферы, вероятно, неоднократно претерпела магматическую дифференциацию и контаминацию вмещающими коровыми породами с образованием производных расплавов субщелочного и кислого состава. Петрохимический анализ пород массива проводится по результатам силикатных анализов исследуемых пород (табл. 1).

Таблица 1. Химический состав пород Котурского массива (мас. %)

Table 1. The chemical composition of the rocks of the Kotursky massif (wt. %)

Элементы Elements	Сиениты / Syenites				Граносиениты / Granosyenites					
	6C2-2	20022	3C2-2	911912	270	2-C1-1	1-C3-3	12-C3-3	20023	5C3-4
SiO ₂	63.36	62.00	63.32	66.57	66.56	66.96	65.10	63.94	64.73	64.25
TiO ₂	0.48	0.66	0.51	0.31	0.39	0.50	0.53	0.54	0.59	0.52
Al ₂ O ₃	15.92	17.00	16.27	15.97	15.55	15.49	15.41	17.07	17.10	16.46
Fe ₂ O ₃	4.76	2.20	4.90	2.35	3.26	3.79	4.93	5.15	1.00	4.49
FeO	1.72	2.92	2.78	2.00	1.11	1.65	2.97	1.13	1.04	2.12
MnO	1.12	0.09	1.20	0.06	0.04	0.93	1.28	0.86	0.07	1.26
MgO	0.07	1.56	0.08	0.49	1.39	0.05	0.58	0.06	1.36	0.06
CaO	2.69	3.26	2.44	1.08	2.07	1.91	2.37	2.68	3.25	2.30
Na ₂ O	6.85	5.65	7.35	5.80	4.53	5.27	4.46	4.13	5.98	6.34
K ₂ O	3.60	3.76	2.16	4.59	3.79	3.14	3.10	3.00	3.43	2.84
P ₂ O ₅	0.30	0.24	0.27	0.08	0.30	0.30	0.28	0.18	0.30	0.33
ППП / POI	0.75	0.69	0.76	0.43	0.74	1.11	0.97	2.29	1.06	0.95
Сумма / Sum	99.70	100.00	99.00	99.70	99.70	99.30	98.70	101.00	99.90	99.60
Элементы Elements	Граносиениты / Granosyenites					Граниты / Granites				
	20021-2	516	519a	2-C2-2	911972	516в	516б	20024	20021-3	20024-1
SiO ₂	66.33	67.16	68.17	69.20	67.68	69.34	70.23	72.56	73.44	75.03
TiO ₂	0.44	0.41	0.37	0.36	0.45	0.39	0.39	0.20	0.17	0.08
Al ₂ O ₃	16.17	17.73	16.72	14.64	15.66	16.26	15.98	14.37	13.12	13.03
Fe ₂ O ₃	1.50	1.53	3.41	4.40	2.46	2.52	2.83	1.16	0.84	0.90
FeO	1.77	0.14	0.29	3.52	2.10	0.90	0.45	0.58	1.67	0.43
MnO	0.05	0.02	0.01	0.60	0.06	0.05	0.01	0.02	0.03	0.02
MgO	0.57	0.30	0.28	0.04	0.78	0.70	0.14	0.24	0.27	0.13
CaO	1.66	1.94	0.53	1.43	1.35	1.67	1.77	0.43	0.71	0.31
Na ₂ O	5.72	5.46	5.22	5.60	4.97	3.55	2.87	5.27	4.09	4.62
K ₂ O	4.04	4.11	3.77	3.17	3.37	2.95	3.16	3.43	4.65	4.35
P ₂ O ₅	0.18	0.30	0.30	0.18	0.15	0.18	0.14	0.30	0.05	0.02
ППП / POI	1.44	1.02	0.75	0.54	0.94	2.29	1.11	1.06	0.91	0.95
Сумма / Sum	99.90	100.10	99.80	99.80	100.00	100.80	99.10	100.00	99.90	100.00

Примечание. Заимствованные анализы: № 20022, 20023, 20021-2, 20024, 20021-3, 20024-1 — [5], 911912, 911972 — [7].

Note. Derived analyses: 20022, 20023, 20021-2, 20024, 20021-3, 20024-1 — [5], 911912, 911972 — [7].

В нормальном гомодромном ряду от сиенитов к граносиенитам отмечаются незначительные тенденции к дальнейшему увеличению содержаний SiO_2 (от 62.00 до 69.20 %), уменьшению CaO (от 3.26 до 1.35 %) и Na_2O (от 7.35 до 4.13 %).

В ряду от граносиенитов к гранитам отмечается увеличение содержаний SiO_2 (от 63.94 до 70.23 %). Проявляется отчетливая тенденция к уменьшению содержаний TiO_2 (от 0.59 до 0.39 %), суммарного FeO (от 7.90 до 3.28 %), MnO (от 1.28 до 0.01 %), CaO (от 3.25 до 1.67 %), Na_2O (от 6.85 до 2.87 %), K_2O (от 4.11 до 2.95 %), P_2O_5 (от 0.33 до 0.14 %).

Среди гранитов выделяются граниты нормальной щелочности и умереннощелочные. В этом ряду отчетливо прослеживается увеличение содержаний SiO_2 (от 69.34 до 75.03 %), Na_2O (от 2.87 до 5.27 %), K_2O (от 2.95 до 4.65 %) и уменьшение TiO_2 (от 0.39 до 0.08 %), Al_2O_3 (от 16.25 до 13.03 %), суммарного FeO (от 3.42 до 1.74 %), CaO (от 1.77 до 0.31 %).

Эволюция составов пород в ряду «сиениты — граносиениты — граниты» отчетливо прослеживается на

Рис. 3. Поля составов пород Котурского массива на диаграммах Харкера [12]: 1 — граниты, умереннощелочные граниты, умереннощелочные лейкограниты, 2 — граносиениты, 3 — сиениты

Fig. 3. Fields of rock compositions of the Kotursky massif on the Harker diagrams [12]. 1 — rranites, moderately alkaline granites, moderately alkaline leucogranites, 2 — granosyenites, 3 — syenites

диаграммах Харкера (рис. 3). Распределение фигуративных точек на диаграммах показывает, что поля составов пород обычно перекрываются, однако на них можно установить эволюционные тренды изменения содержаний для некоторых элементов. Так, для SiO_2 — CaO , Na_2O прослеживается тренд убывания в ряду «сиениты — граносиениты — граниты». Для TiO_2 отмечается также постепенное убывание содержаний в эволюционном ряду. Другие элементы не обнаруживают заметного закономерного изменения.

На классификационной диаграмме [11] « $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}) - \text{SiO}_2$ » в ряду «сиениты — граносиениты — граниты» фигуративные точки последовательно попадают в поля щелочно-известковой — известково-щелочной и щелочной серий, преимущественно в первые две. Полученные результаты хорошо согласуются с данными О. Ю. Перфиловой [3].

Анализ распределения редкоземельных элементов (РЗЭ) в исследуемых породах массива показал, что в гранитах отмечается наиболее низкое суммарное содержание РЗЭ (до 180 г/т), что характеризует конечную стадию формирования пород массива. В сиенитах отмечается незначительное отличие (269–328 г/т, среднее — 299 г/т) от содержаний РЗЭ в граносиенитах, где содержание возрастает (310–384 г/т, среднее — 337 г/т). На диаграмме распределения РЗЭ, нормированных к хондриту C1 [10], отчетливо видно, что тренды для сиенитов, граносиенитов, гранитов имеют сходство и характеризуются отрицательным наклоном (рис. 5).

Породы Котурского массива обогащены легкими РЗЭ с последовательным понижением содержаний к средним и тяжелым элементам. Повышенные содержания характерны для сиенитов и граносиенитов с преобладанием последних. При этом отчетливо видно, что их содержания минимальные для гранитов.

Рис. 4. Составы пород Котурского массива на классификационной диаграмме [11] « $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}) - \text{SiO}_2$ ». 1 — граниты, умереннощелочные граниты, 2 — граносиениты, 3 — сиениты

Fig. 4. Compositions of rocks of the Kotursky massif in the classification diagrams [11] « $(\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O} - \text{CaO}) - \text{SiO}_2$ ». 1 — granites, moderately alkaline granites, 2 — granosyenites, 3 — syenites

В распределении редких элементов в ряду «сиениты — граносиениты — граниты» можно выделить три тренда (табл. 2). Для первого характерно уменьшение в этом ряду Cu, Zn, U, для второго отмечается уменьшение Rb, Pb, Be, Cs, Mo. Для третьего тренда выявлено увеличение содержаний Ti, Ba, Sr, V, Ga, Sc от сиенитов к граносиенитам с последующим уменьшением к гранитам.

Мультиэлементные спектры (рис. 5), нормированные по примитивной мантии [14], характеризуются ярко выраженными отрицательными аномалиями по Cs, Ba, Nb, Eu. Тренды распределения имеют схожий характер для каждой из фаз формирования массива. Наиболее четко проявленная отрицательная ниобиевая аномалия в распределении элементов может быть явным признаком контаминации расплава и индикатором вовлечения корового компонента в магматические процессы. Наибольшие значения для крупноионных литофильных элементов характерны для гранитов, что характеризует конечную стадию формирования и связь с флюидами земной коры.

Обсуждение результатов исследования

Полученные результаты свидетельствуют, что породы Котурского массива отличаются заметной вариационностью щелочности от нормальнощелочных до умереннощелочных со значительным преобладанием последних.

На классификационной диаграмме Фроста [12] отчетливо видно, что составы пород массива попадают в поля высокоглиноземистых и малоглиноземистых гранитоидов (рис. 6) [11]. На дискриминационных геохимических диаграммах [13] устанавливается, что породы массива попадают в поле преимущественно внутриплитных гранитоидов и иногда в поле островодужно-коллизионных (рис. 6).

Выводы

Таким образом, петрогеохимические особенности пород Котурского массива, очевидно, отражают их кри-

Таблица 2. Содержание редких элементов в породах Котурского массива (г/т)

Table 2. The content of rare elements of rocks of the Kotursky massif (g/t)

№ п. п. Element/Проба	Сиениты / Syenites		Граносиениты / Granosyenites					Граниты / Granites	
	3-C2-2	6-C2-2	5C3-4	3-C1-1	1-C3-3	2-C1-1	12-C3-3	2-C2-2	ПК-23
Ba	339.6	1257.3	1281.9	1328.5	1400.3	1412.1	1134.5	1121.8	151.6
Sr	529.2	1044.8	1411.9	1303.3	1245.5	1295.7	404.1	872.1	27.4
Rb	53.4	89.6	90.8	101.9	101.2	115.8	91.4	126.3	158.5
Zr	69.4	59.9	4.6	67.4	90.9	92.4	105.2	54.0	96.3
Zn	41.4	82.5	49.9	46.8	51.7	46.9	77.7	48.8	16.8
V	60.1	61.4	66.5	65.1	70.3	65.4	81.5	39.6	9.4
Ga	22.5	24.8	26.2	26.7	26.2	28.3	23.9	28.0	21.4
Th	15.3	14.4	12.8	15.8	13.9	14.0	17.3	22.1	17.9
Pb	4.7	23.3	12.9	16.2	15.5	15.9	11.1	19.9	9.6
Cu	41.0	42.4	16.0	24.8	19.4	20.9	102.7	15.9	10.5
Y	21.8	24.8	23.9	24.6	24.1	24.9	29.2	11.8	8.9
Sc	4.2	4.3	5.0	4.4	4.8	4.7	5.0	2.6	0.6
U	4.2	2.6	2.5	5.1	2.7	2.9	2.8	2.2	3.7
Nb	23.8	26.8	25.7	27.3	27.3	28.8	34.1	18.5	25.7
Be	2.7	3.3	3.7	3.8	3.5	4.0	2.3	4.4	4.2
Mo	1.4	0.7	1.1	0.8	1.1	0.9	1.2	1.8	-
Cs	0.2	0.9	0.6	0.7	0.8	1.0	0.3	1.7	0.1
La	62.9	77.0	69.0	69.2	71.4	75.9	89.0	51.2	48.0
Ce	120.9	149.7	140.6	147.5	144.8	156.6	175.1	81.3	82.4
Pr	12.7	16.9	15.1	16.0	16.6	16.9	18.2	7.3	6.0
Nd	45.5	55.1	54.5	56.3	62.4	63.3	64.1	26.0	16.0
Sm	7.2	8.5	8.7	8.8	8.9	9.1	10.2	3.9	2.0
Eu	1.9	2.2	1.9	2.3	2.2	2.3	2.1	1.0	0.4
Gd	6.8	6.6	7.9	6.8	6.7	6.9	9.6	3.9	1.6
Tb	0.8	0.9	0.9	1.0	1.0	1.0	1.1	0.4	0.2
Dy	4.2	4.7	4.7	5.0	4.7	4.9	5.7	2.1	1.3
Ho	0.8	0.9	0.9	1.0	0.9	1.0	1.1	0.4	0.3
Er	2.4	2.6	2.6	2.7	2.5	2.6	3.3	1.3	1.0
Tm	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.5	0.2	0.2
Yb	2.3	2.6	2.4	2.6	2.4	2.6	3.1	1.3	1.4
Lu	0.3	0.4	0.3	0.4	0.3	0.4	0.4	0.2	0.2

Рис. 5. Мультиэлементные диаграммы концентрации элементов в породах Котурского массива: А — нормированные к хондриту C1 [10], В — нормированные по примитивной мантии [14]. 1 — граниты, 2 — граносиениты, 3 — сиениты

Fig. 5. Multi-element concentration diagrams of elements in the rocks of the Kotursky massif: A — normalized to chondrite C1 [10], B — normalized to the primitive mantle [14]. 1 — granites, 2 — granosyenites, 3 — syenites

сталлизируют из производных дифференцированных магматических расплавов, образовавшихся из базальтовых магм мантийного происхождения [3]. В процессе перемещения в верхние этажи литосферы они, вероятно, были в различной степени контаминированы коровым веществом. По геохимическим особенностям устанавливается, что породы массива соответствуют преимущественно внутриплитным гранитоидам, реже островодужно-коллизийным. Согласно предыдущим исследованиям, образование исходных расплавов осуществлялось в обстановке активной континентальной окраины андийского типа (тыловых рифтов и надрифтовых прогибов) [1]. Породы Котурского массива являются типичными для юлинского магматического комплекса малых интрузий. Они относятся к сиенит-граносиенитовой формации и представляют собой гранитоиды латитового ряда согласно классификации Л. В. Таусона [8].

Литература

1. Котельников А. Д., Макаренко Н. А., Дербан А. Г., Котельникова И. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации масштаба 1 : 200 000. Издание второе. Серия Минусинская. Лист N-46-XIX (Усть-Бюрь). Объяснительная записка. СПб.: Картографическая фабрика ВСЕГЕИ, 2018. 330 с.

Рис. 6. Составы пород Котурского массива на классификационных диаграммах: А — Фроста [11]; В, С — Пирса [13]. Поля гранитоидов: А — peraluminous — высокоглинозистые, metaluminous — малоглинозистые, peralkaline — высокощелочные (агпайтовые); В, С — VAG + syn-COLG — островодужно-коллизийные, VAG — островодужные, syn-COLG — коллизийные, ORG — граниты океанических хребтов, WPG — внутриплитные; $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O + K_2O)$, $A/CNK = Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$. Условные обозначения: 1 — граниты, умереннощелочные граниты, 2 — граносиениты, 3 — сиениты

Fig. 6. Compositions of rocks of the Kotursky massif on classification diagrams: A — Frost B. R. [11]; B, C — Pearce J.A. [13]. Fields of granitoids: in the diagrams: B, C — VAG + syn-COLG — island-arc collision, VAG — island-arc, syn-COLG — collision, ORG — granites of ocean ridges, WPG — intraplate; $A/NK = Al_2O_3/(Na_2O + K_2O)$, $A/CNK = Al_2O_3/(CaO + Na_2O + K_2O)$. Legend: 1 — granites, moderately alkaline granites, 2 — granosyenites, 3 — syenites

2. Перфилова О. Ю. Особенности вещественного состава юлинского монзонит-граносиенитового комплекса ордовикского возраста (Кузнецкий Алатау) // Минералы и руды Красноярского края. Красноярск: РИУ КНИИГиМС, 1999. С. 75–80.
3. Перфилова О. Ю., Махлаев М. Л., Сидорас С. Д. Ордовикская вулканоплутоническая ассоциация в структурах горного обрамления Минусинских впадин // Литосфера. 2004. № 3. С. 137–152.
4. Полохова М. В. Особенности вещественного состава сиенит-граносиенитового юлинского комплекса (Республика Хакасия) // Проблемы геологии и освоения недр: Труды XXIII Международного симпозиума имени академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина (Томск, 8–12 апреля 2019 г.): В 2 т. / Нац. исслед. Том. политех. ун-т, Инжен. школа природ. ресурсов; гл. ред. А. С. Боев; под ред. Е. Ю. Пасечник. Томск: Изд-во ТПУ, 2019. Т. 1 С. 124–125.
5. Рихванов Л. П. и др. Геологическая позиция и возраст Котурского массива батеневского кряжа // Геология и геофизика. 1989. № 8. С. 54–59.
6. Рублёв А. Г. Изотопно-геохронологическое изучение интрузивных образований Алтае-Саянской складчатой области в помощь среднемасштабному геологическому картированию / Красноярскгеолсъемка. СПб., 1995. 102 с.
7. Секретарёв М. Н., Липишанов А. П., Михайленко В. В. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200000. Изд. второе. Серия Минусинская. Лист N-46-XIII (Сорск). Объяснительная записка. М.: МФ ВСЕГЕИ, 2015. 205 с.
8. Тauson Л. В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов. М.: Наука, 1977. 280 с.
9. Шарпенко Л. Н., Костин А. Е., Кухаренко Е. А. TAS-диаграмма «сумма щелочей — кремнезем» для химической классификации и диагностики плутонических пород // Региональная геология и металлогения. 2013. № 56. С. 40–50.
10. Boynton W. V. «Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies» in Rare earth element geochemistry, Ed. by P. Henderson (Elsevier, Amsterdam, 1984), P. 63–114.
11. Frost B. R., Barnes C. G., Collins W. J., Arculus R. J., Ellis D. J., Frost C. D. A geochemical classification for granitic rocks // Journal of Petrology, 2001. V. 42. P. 2033–2048.
12. Harker A. The natural history of igneous rocks. Methuen. London, 1909.
13. Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the granitic rocks // Journal of Petrology, 1984. V.25. P.956–983.
14. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, 1989. Special Publications 42, P. 313–345.
2. Perfilova O. Yu. *Osobennosti veshchestvennogo sostava yulinskogo montsonit-granosiyenitovogo kompleksa ordovikskogo vozrasta (Kuznetskiy Alatau)* (Features of the material composition of the Yulinsk monzonite-granosyenite complex of the Ordovician age (Kuznetsk Alatau)). Minerals and ores of the Krasnoyarsk Territory. Krasnoyarsk: RIU KNIIGiMS, 1999, pp. 75–80.
3. Perfilova O. Yu., Makhlaev M. L., Sidoras S. D. *Ordovikskaya vulkano-plutonicheskaya assotsiatsiya v strukturakh gornogo obramleniya Minusinskih vpadin* (Ordovician volcanic-plutonic association in the mountainous framing structures of the Minusinsk Depression). Lithosphere, 2004, No. 3, pp. 137–152.
4. Polyukhova M. V. *Osobennosti veshchestvennogo sostava siyenit-granosiyenitovogo yulinskogo kompleksa (Respublika Khakasiya)* (Features of the material composition of the syenite-granosyenite Yulinsk complex (Republic of Khakassia)). Problems of geology and subsurface development: proceedings of the conference. Tomsk: TPU Publishing House, 2019, pp. 124–125.
5. Rikhvanov L. P. et al. *Geologicheskaya pozitsiya i vozrast Koturskogo massiva batenevskogo kryazha* (Geological position and age of the Kotursky massif of the Batenevsky ridge). Geology and Geophysics, 1989, No. 8, pp. 54–59.
6. Rublev A. G. *Izotopno-geokhronologicheskoye izucheniye intruzivnykh obrazovaniy Altaye-Sayanskoy skladchatoy oblasti v pomoshch' srednemasshtabnomu geologicheskomu kartirovaniyu* (Isotope-geochronological study of intrusive formations of the Altai-Sayan folded region to help medium-scale geological mapping). Public Foundation FGUGP «Krasnoyarskgeolsyomka». St. Petersburg, 1995, 102 pp.
7. Secretaries M. N., Lipishanov A. P., Mikhailenko V. V. and other. *Gosudarstvennaya geologicheskaya karta Rossiyskoy Federatsii. Masshtab 1:200000. Izdaniye vtoroye. Seriya Minusinskaya. List N-46-XIII (Sorsk). Ob'yasnitel'naya zapiska* (State geological map of the Russian Federation. Scale 1: 200000. Second Edition. Minusinskaya series. Sheet N-46-XIII (Sorsk). Explanatory letter). Moscow: MF VSEGEI, 2015, 205 pp.
8. Tauson L. V. *Geokhimicheskiye tipy i potentsial'naya rudonost' granitoidov* (Geochemical types and potential ore bearing of granitoids). Moscow: Nauka, 1977. 280 pp.
9. Sharpenok, LN, Kostin A. E., Kukhareno E. A. *TAS-dia-gramma summa shchelochey—kremnezem dlya khimicheskoy klassifikatsii i diagnostiki plutonicheskikh porod* (TAS-diagram total alkalis — silica for the chemical classification and diagnosis of plutonic rocks). Regional geology and metallogeny, No. 56, 2013, pp. 40–50.
10. Boynton W. V. «Cosmochemistry of the rare earth elements: meteorite studies» in Rare earth element geochemistry, Ed. by P. Henderson (Elsevier, Amsterdam, 1984), pp. 63–114.
11. Frost B. R., Barnes C. G., Collins W. J., Arculus R. J., Ellis D. J., Frost C. D. A geochemical classification for granitic rocks. Journal of Petrology, 2001, V. 42, pp. 2033–2048.
12. Harker A. The natural history of igneous rocks. Methuen. London, 1909.
13. Pearce J. A., Harris N. B. W., Tindle A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of the granitic rocks. Journal of Petrology, 1984, V.25, pp. 956–983.
14. Sun S., McDonough W. F. Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geological Society, London, 1989, Special Publications 42, pp. 313–345.

Поступила в редакцию / Received 10.02.2020