

УДК 552.3:550.4:550.42:550.93

**ПЕТРОЛОГИЯ АНОРОГЕННЫХ ГРАНИТОИДОВ
БЕЛОУБИНСКО-КОКСИНСКОГО МЕЖДУРЕЧЬЯ
(ПРИГРАНИЧНЫЕ ОБЛАСТИ РЕСПУБЛИК АЛТАЙ И КАЗАХСТАН)**

Гусев А.И.

*Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бииск,
e-mail: anzerg@mail.ru*

В статье рассмотрены актуальные вопросы петрологии анорогенных гранитоидов Белоубинско-Коксинского междуречья приграничных территорий Казахстана и Республики Алтай. Массивы этих биотитовых и двуслюдяных умеренно-щелочных гранитов и лейкогранитов относятся к калбинскому комплексу поздней перми. Среди них выявлены два подтипа: A_1 и A_2 . В них проявлен тетрадный эффект фракционирования РЗЭ М-типа. Формирование гранитоидов происходило в результате плавления граувакк и пералюминиевых лейкогранитов. Ультракислые разности пород генерировались в результате фракционирования ортоклаза и альбита. С массивами гранитоидов связано кварцево-жильное, грейзеновое, пегматитовое оруденение Sn, Ta, Nb, W, Mo.

Ключевые слова: петрология, анорогенные гранитоиды, тетрадный эффект фракционирования РЗЭ, фракционирование ортоклаза, альбита

**PETROLOGY OF ANOROGENIC GRANITOIDS OF BELOUBINSKO-KOKSINSKOE
INTERRIVERS (NEAR BORDER REGIONS OF REPUBLIC ALTAI AND KAZAKHSTAN)**

Gusev A.I.

The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail.ru

Vital questions of petrology of Beloubinsko-Koksinskii interrivers of near border regions Kazakhstan and Republic Altai discern in paper. Massifs of it biotites and two-mica moderate alkali granites and leucogranites carry off Kalbinskii complex late Permian. Two subtypes: A_1 and A_2 reveal between its. Tetrad effect fractionation of REE M-type display in granitoids. Forming of granitoids happen in result of melting graywacke and peraluminous leucogranites. Ultra acid variety of rocks generated in result fractionation of orthoclase and albite. Quartz lode, greisens and pegmatites ore mineralization of Sn, Ta, Nb, W, Mo related with granitoids.

Keywords: petrology, anorogenic granitoids, tetrad effect fractionation of REE, fractionation of orthoclase and albite

Анорогенные гранитоиды позднепермско-раннетриасового возраста калбинского типа на территории Алтая и Казахстана имеют важное металлогеническое значение. С ним связаны жильные, грейзеновые, пегматитовые месторождения Sn, W, Mo, Ta, Nb, что и определяет актуальность исследования. Интрузивные образования, отнесенные к калбинскому комплексу, на рассматриваемой Российской части представлены единственным мелким Верхне-Коксинским массивом в Холзунско-Сарымсактинской зоне в верховьях реки Коксочки. Данный комплекс выделен на смежных к северо-западу территориях Казахстана и северо-западного Алтая [4], где представлен массивами гранитоидов нормальной и повышенной щелочности [2]. Цель работы – исследование петрологии анорогенных гранитоидов восточной части Казахстана и приграничной территории Республики Алтай.

Результаты исследований. На смежной к западу казахстанской части площади интрузивные образования калбинского комплекса слагают ряд крупных массивов: Белоубинский, Нарымкинский, Талово-Тургусунский, Березовский. Наиболее крупный и приближенный к Верхне-Коксинскому Белоубинский массив, по данным Е.С. Левицкого (1961), рассма-

тривающего данные гранитоиды в составе пермского калбинского комплекса, сложен однообразными порфиroidными гранитами повышенной щелочности с небольшим преобладанием калия над натрием ($Na_2O = 3,50\%$, $K_2O = 4,80\%$ при $SiO_2 = 71,73\%$). Характерно снижение глиноземистости (индекс Шенда в гранитах = 1,02, в лейкогранитах = 0,97) и известковистости ($K_i = 0,14$ в гранитах, 0,04 – в лейкогранитах) и повышение апатитности (K_a в гранитах = 0,6, в лейкогранитах = 0,69) в породах более поздней фазы.

Верхне-Коксинский массив имеет очень небольшую (менее 1 км²) площадь выходов, овальную удлиненную в северо-северо-западном (согласно простиранию Тегерекского разлома) направлении. В их составе неравномернозернистые до порфиroidных и пегматоидные мусковит-биотитовые граниты. Наряду с тем, в эндоконтактной части массива фиксируется развитие альбититов монцонит-сиенитового состава ($Na_2O = 7,62\%$, $K_2O = 2,86\%$ при $SiO_2 = 62,19\%$), а в сланцах – окварцевание (до образования слюдяных кварцитов), актинолитизация, турмалинизация.

Граниты Верхне-Коксинского массива характеризуются неравномерной зернистостью и порфиroidностью с ва-

риацией от мелко-среднезернистых до крупнозернистых с размерами отдельных зерен кварца и полевого шпата до 1 см и более, примерно равными количественными соотношениями плагиоклаза, нередко представленного шахматным альбитом (он образует крупные зерна и иногда преобладает), и калиевого полевого шпата, представленного микроклином и амезонитом, часто фиксируется развитие мусковита по биотиту, в отдельных случаях фиксируется присутствие флюорита в прожилковидных скоплениях. Петрографически и петрохимически гранитоиды Верхне-Коксинского массива определяются как мусковитовые и мусковит-биотитовые микроклин-альбитовые лейкократовые граниты умеренно-щелочной серии с преобладанием натрия над калием ($\text{Na}_2\text{O} = 5,39\%$, $\text{K}_2\text{O} = 3,76\%$ при $\text{SiO}_2 = 73,21\%$; $\text{Kк} = 0,31$). Химический состав пород характеризуется высокой железистостью ($\text{Кж} = 0,76$), низкими содержаниями магния и кальция ($\text{Ки} = 0,04$) при повышенной глиноземистости (индекс Шенда = 1,08) и высокой алкаитности ($\text{Ка} = 0,64$), что позволяет идентифицировать данные гранито-

идами с геохимическим типом анорогенных гранитов А-типа, характерных для рифтогенной стадии внутриконтинентальных поздне-коллизонных геодинамических обстановок. Северо-западнее, на смежных листах Западного Алтая, в пределах петротипического Синюшинского ареала данного комплекса, лейкограниты третьей фазы характеризуются еще более высокой глиноземистостью (индекс Шенда = 1,13), а по своим петрохимическим особенностям и содержанию редких элементов (г/т, данные О. В. Мурзина: $\text{Sr} = 127$, $\text{Ba} = 190$, $\text{Rb} = 169$, $\text{Li} = 29$, $\text{Cs} = 2,6$, $\text{Nb} = 58$, $\text{Ce} = 101$) уклоняются к гранитам А-типа по Уолену и Коллинзу [11]. По нашим данным, в Верхне-Коксинском массиве содержания редких и радиоактивных элементов (в г/т: $\text{Ga} = 35$, $\text{Rb} = 103-108$, $\text{Ba} = 189$, $\text{Sr} = 84$, $\text{Y} = 26-12$, $\text{Zr} = 60-78$, $\text{Nb} = 84-103$, $\text{La} = 5,4-23,0$, $\text{Ce} = 16-64$, $\text{Yb} = 7,3-8,3$, $\text{Ta} = 1,7-1,8$, $\text{Th} = 15-17$, $\text{U} = 4,2-4,6$) даже при повышенных содержаниях рубидия более свидетельствуют о принадлежности пород гранитоидам анорогенного типа. Представительные анализы гранитоидов района сведены в таблице.

Т а б л и ц а

Химические составы пород массивов Белоубинско-Коксинского междуречья

Оксиды, %, элементы – г/т	1	2	3	4	5	6	7
SiO_2	71,75	75,6	74,7	73,3	75,8	73,21	77,19
TiO_2	0,07	0,06	0,06	0,06	0,06	0,07	0,06
Al_2O_3	13,8	13,01	12,5	13,8	13,0	14,2	12,01
Fe_2O_3	0,48	0,32	0,30	0,40	0,30	0,45	0,28
FeO	1,05	0,98	1,02	1,05	1,11	0,91	0,84
MnO	0,08	0,05	0,10	0,07	0,09	0,06	0,05
MgO	0,6	0,14	0,48	0,50	0,15	0,55	0,10
CaO	0,9	0,35	0,35	0,80	0,39	0,90	0,36
Na_2O	3,51	4,61	4,28	4,25	4,28	5,39	3,54
K_2O	4,82	4,43	4,23	4,35	4,65	3,76	5,62
P_2O_5	0,05	0,04	0,05	0,04	0,03	0,05	0,05
Σ	99,96	99,97	99,86	99,83	100,0	99,85	100,36
Ga	30,5	30,3	32,3	30,2	30,4	35,0	33,4
Rb	110	352	123	124	447	108	103
Sr	28	15,5	17	17	15,6	26	12
Y	58	40	58	59	39,0	60	78
Zr	83	61	87	86	62	84	103
Nb	24	95,4	25	26	97,5	23	22
Mo	1,1	1,1	1,3	1,6	1,0	1,5	1,1
Sn	3,5	2,3	2,5	2,4	2,14	3,7	2,3
Cs	1,1	11,8	0,9	0,9	11,2	0,8	1,6
Ba	190	80	183	182	78	189	156
La	5,5	12,4	2,8	2,8	12,5	5,4	23
Ce	16,1	30,5	23	22	31,3	16	64

Окончание таблицы

Pr	2,1	2,3	1,2	1,1	2,32	2,0	7,5
Nd	8,7	7,1	5,1	5,2	7,29	8,6	30
Sm	3,4	2,1	2,4	2,4	2,12	3,3	8,3
Eu	0,35	0,12	0,28	0,3	0,11	0,3	0,6
Gd	5,8	2,0	4,8	4,8	2,04	5,7	9,8
Tb	1,4	0,35	1,2	1,3	0,4	1,3	1,9
Dy	11,5	3,31	9,5	10,1	3,45	10	13,0
Ho	2,4	0,91	2,2	2,3	0,96	2,3	2,7
Er	7,3	3,85	7,1	7,2	3,91	7,1	7,8
Tm	1,2	0,95	1,2	1,1	1,02	1,1	1,3
Yb	7,4	8,6	7,0	7,1	9,33	7,3	8,3
Lu	1,2	1,0	1,1	1,0	1,72	1,1	1,2
ΣPЗЭ	132,35	115,49	126,88	127,7	117,47	131,5	257,4
Hf	5,0	4,5	4,9	4,8	5,0	4,9	5,7
Ta	2,0	1,9	1,6	1,6	1,8	1,7	1,8
W	1,8	1,7	1,5	1,5	1,6	1,7	1,3
Th	16	16,2	15,5	15	16,1	15,0	17,0
U	4,5	4,6	3,3	3,1	4,5	4,2	4,6
Cr	10,5	9,3	8,1	8,4	9,78	10,0	9,5
V	8,0	6,1	5,5	5,8	6,4	7,0	6,6
Cu	13,0	12,0	13,1	13,0	12,7	13,1	12,8
Zn	12,5	10,3	12,0	12,5	10,6	12,0	11,5
Pb	51,5	45	48,5	51,2	49	50,0	48
Sb	1,3	1,1	1,2	1,1	1,03	1,1	1,05
Be	6,1	6,0	6,1	6,2	5,8	6,0	5,9
TE ₁	1,19	1,27	1,96	1,82	1,26	1,17	1,18
TE _{1,3}	1,18	1,07	1,54	1,51	1,08	1,13	1,12
Eu/Eu*	0,24	0,18	0,25	0,27	0,16	0,21	0,20
(La/Yb) _N	0,49	0,95	0,26	0,26	0,89	0,49	1,83
(Sm/Yb) _N	0,49	0,26	0,37	0,36	0,24	0,49	1,08
(Gd/Yb) _N	0,63	0,19	0,55	0,54	0,18	0,63	0,95
Ta/Nb	0,083	0,02	0,064	0,061	0,018	0,073	0,081
Rb/Cs	100,0	29,8	136,7	137,8	39,9	135,0	64,4
Rb/Sr	3,93	22,7	7,23	7,29	28,6	4,15	8,58
Th/U	3,56	3,52	4,7	4,84	3,58	3,57	3,7
K _{апп}	0,6	0,69	0,68	0,62	0,69	0,64	0,76

Примечание. Анализы выполнены: силикатные – химическим анализом, на микроэлементы – методом ICP-MS и ICP-AES в лаборатории ИМГРЭ (г. Москва). N – элементы нормированы по [5]. TE_{1,3} – тетрадный эффект фракционирования PЗЭ (среднее значение между первой и третьей тетрадами) по В. Ирбер [9]; TE₁ – тетрадный эффект фракционирования PЗЭ первой тетрады; K_{апп} – коэффициент апаитности (Na₂O+K₂O): Al₂O₃. Белоубинский массив: 1 – гранит умеренно-щелочной, 2 – лейкогранит умеренно-щелочной; Берёзовский массив: 3 – лейкогранит умеренно-щелочной; Нарымкинский массив: 4 – лейкогранит умеренно-щелочной; Талово-Тургусунский массив: 5 – лейкогранит умеренно-щелочной; Верхне-Коксинский массив: 6 – лейкогранит умеренно-щелочной, 7 – аляскит умеренно-щелочной.

Химический состав пород позволяет сделать некоторые выводы: 1 – породы сравниваемых массивов весьма близки по химизму; 2 – они имеют высокие торий-урановые отношения, свидетельствующие о сравнительно не изменённых наложенными процессами породах; 3 – в них отмечается почти не дифференцированный тип распределения PЗЭ; 4 – в породах проявлен

тетрадный эффект фракционирования PЗЭ; особенно заметен он для первой тетрады редкоземельных элементов; максимальные значения TE₁ выявлены для лейкогранитов умеренно-щелочных Нарымкинского (1,96) и Талово-Тургусунского (1,82) массивов, характеризующихся наличием редкометалльных пегматитов. По соотношению Y, Nb, Ga, позволяющему разделить гранито-

иды на 2 подтипа: A_1 и A_2 [1, 6]. Устанавливается, что большая часть анализов пород анализируемых массивов попадают в поле A_2 типа гранитоидов, а умеренно-щелочные лейкограниты Белоубинского и Талово-Тургусунского массивов – в поле A_1 гранитоидов (рис. 1).

Модель распределения РЗЭ на диаграмме показывает европейский минимум для всех пород анализируемых интрузивных массивов и выпуклую кривую для первой и третьей тетрад редкоземельных элементов, характерных для тетрадного эффекта

распределения редкоземельных элементов М-типа (рис. 2).

На диаграммах композиционных экспериментальных расплавов (рис. 3, а; 3, б) анализируемые породы попадают в область плавления метаграувак, а на рис. 3, с умеренно-щелочные лейкограниты Белоубинского, Талово-Тургусунского массивов и умеренно-щелочной аляскит Верхнекоксинского массива тяготеют к экспериментальным расплавам плавления пералюминиевых лейкогранитов.

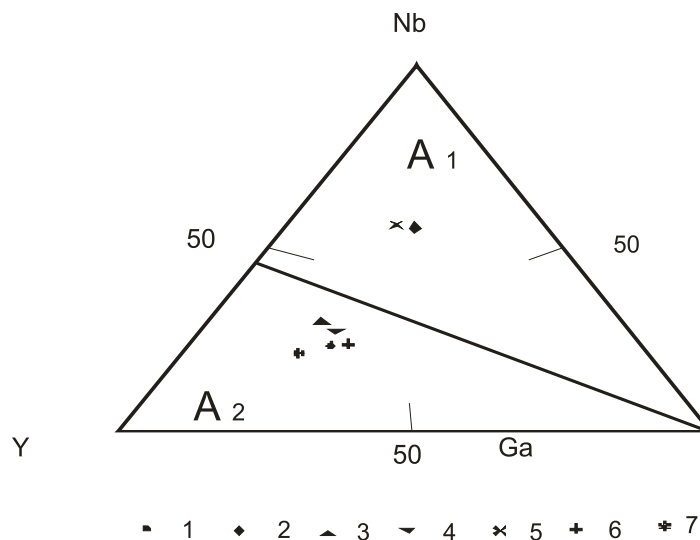


Рис. 1. Диаграмма Y-Nb – Ga по Дж. Эби [6]

для гранитоидов Белоубинско-Коксинского междуречья Белоубинский массив:

1 – умеренно-щелочной гранит, 2- умеренно-щелочной лейкогранит;

3 – лейкогранит умеренно-щелочной Берёзовского массива; 4 – лейкогранит умеренно-щелочной Нарымкинского массива; 5 – умеренно-щелочной лейкогранит Талово-Тургусунского массива; Верхне-Коксинский массив; 6 – умеренно-щелочной лейкогранит, 7 – умеренно-щелочной аляскит

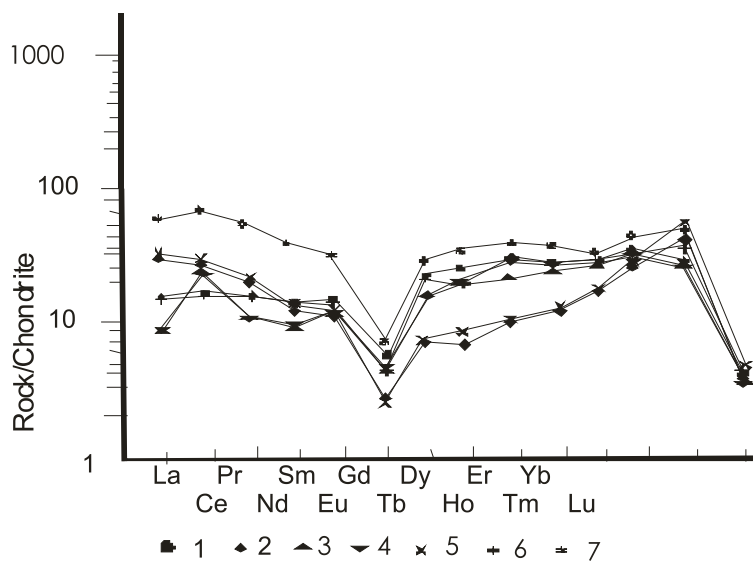


Рис. 2. Модель распределения РЗЭ, нормированных относительно хондрита по [5] для породных типов интрузий Белоубинско-Коксинского междуречья. (Условные обозначения те же, что на рис. 1)

Ультракислые породы всех массивов располагаются на максимуме степени известково-щелочного фракционирования ортоклаза и альбита. Экспериментально установлено, что этой ситуации могут отвечать: уменьшение щёлочности в процессе взаимодействия вода-породы или небольшая степень ассими-

ляции пелитов, которые и будут легко увеличивать показатель A/CNK, что и имеет место для конечных дифференциатов анализируемых массивов (рис. 3, d).

На диаграмме A/NK – A/CNK по Маньяру и Пикколи [10] породы всех массивов попадают в поле пералюминиевого типа (рис. 4).

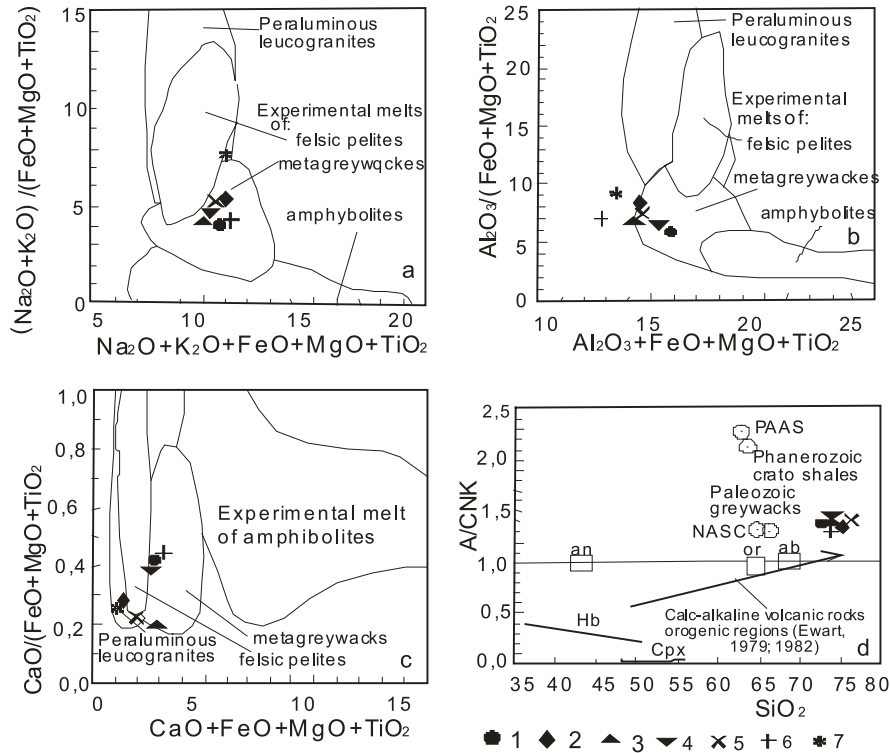


Рис. 3. (a), (b), (c) – диаграммы композиционных экспериментальных расплавов из плавления фельзических пелитов (мусковитовых сланцев), метаграувак и амфиболитов [11] для пород массивов Белоубинско-Коксинского междуречья; (d) – диаграмма (SiO_2 – A/CNK) для пород массивов Белоубинско-Коксинского междуречья. Тренд известково-щелочного фракционирования вулканических пород орогенных регионов по [7, 8]. A – Al_2O_3 , CNK – сумма CaO, Na_2O , K_2O . Условные обозначения те же, что на рис. 1

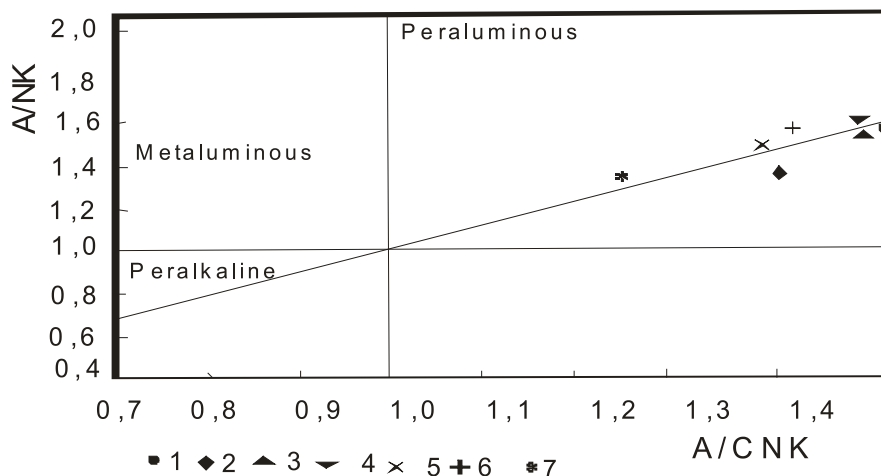


Рис. 4. Диаграмма A/NK – A/CNK по Маньяру и Пикколи [10] для пород массивов Белоубинско-Коксинского междуречья. Остальные обозначения на рис. 1. A = Al_2O_3 , N = Na_2O , K = K_2O , C = CaO

Обсуждение результатов. Ранними исследованиями [3] высказано предположение о генезисе калбинских гранитов за счёт плавления богатых глинозёмом песчано-сланцевых метapelитов. Наши исследования значительно уточняют некоторые вопросы генезиса и номенклатуры этих гранитов. Приведенные результаты показывают, что описанные гранитоиды являются неоднородными и относятся к анорогенным гранитоидам двух подтипов: A_1 и A_2 . Их формирование происходило в результате плавления граувакк, а также – пераллюминиевых лейкогранитов. В их генерации прослеживается важная роль мантийно-корового взаимодействия, которое протекало по следующему сценарию: плавление мантийного источника типа EM II, выявляемое по изотопии стронция и неодима [2]. Кроме того, формирование ультракислых членов генетически связано с фракционированием альбита и ортоклаза с одновременной контаминацией корового материала пелитового состава. В распределении R3Э в породах выявлен M-тип тетрадного эффекта, сопровождавшегося высокими концентрациями и активностями флюидов, обогащённых фтором, водой и другими летучими компонентами.

Выводы

Таким образом, гранитоиды Белоубинско-Коксинского междуречья относятся к анорогенному типу и двум подтипам A_1 и A_2 . Все породы массивов относятся к пераллюминиевому типу. Их формирование связано с плавлением граувакк и пераллюминиевых лейкогранитов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гусев А.И. Дискриминация анорогенных гранитоидов // Современные наукоёмкие технологии, 2011. – №3. – С. 7-8.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И., Белозерцев Н.В. Посткинematические гранитоиды Калба-Нарымской зоны Казахстана и Алтая: петрология и флюидный режим // Успехи современного естествознания, 2011 – № 5. – С. 40-44.
3. Лопатников В.В., Изох Э.П., Ермолов П.В., Пономарёва А.П. Магматизм и рудоносность Калба-Нарымской зоны Восточного Казахстана. – М.: Наука, 1982. – 248 с.
4. Шокальский С.П., Бабин Г.А., Владимиров А.Г. и др. Корреляция магматических и метаморфических комплексов западной части Алтае-Саянской складчатой области. – Новосибирск, 2000. – 187 с.
5. Anders E., Greevesse N. Abundances of the elements: meteoric and solar // *Geochim. Cosmochim. Acta*, 1989. – V. 53. – P. 197-214.
6. Eby G.H. Chemical subdivision of the A-type granitoids: Petrogenetic and tectonic implications // *Geology*. 1992. – Vol. 20. – P. 641-644.
7. Ewart A. A review of the mineralogy and chemistry of Tertiary – Recent dacitic, latitic, rhyolitic and related salic rocks. – *Trondjemites, Dacites and Related Rocks*. – Amsterdam, 1979. – PP. 13-121.
8. Ewart A. The mineralogy and petrology of Tertiary – Recent orogenic volcanic rocks: with special reference to the andesitic-basaltic compositional range. – *Andesites: Orogenic Andesites and Related Rocks*. – Chichester, 1982. – Pp. 25-95.
9. Irber W. The lanthanide tetrad effect and its correlation with K/Rb, Eu/Eu*, Sr/Eu, Y/Ho, and Zr/Hf of evolving peraluminous granite suites // *Geochim Cosmochim Acta*. 1999. v.63, №3/4, p. 489-508.
10. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 1989. – V. 101. – PP. 635-643.
11. Patiño Douce, A.E. What do experiments tell us about the relative contributions of crust and mantle to the origins of granitic magmas? // *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 1999. – V. 168. – PP. 55-75.
12. Whalen, J.B., Currie, K.L., Chappell, B.W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // *Contributions to Mineralogy and Petrology*, 1987. – V. 95. – P. 407-419.