

В.Н.Смирнов, Г.Ю.Шардакова, Н.С.Бородина, С.В.Прибавкин, Е.А.Зинькова

ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПОРОД ШАРТАШСКОГО МАССИВА И РУДОНОСНЫХ ДАЕК БЕРЕЗОВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Геохимические особенности пород Шарташского массива уже были рассмотрены в ряде публикаций [3, 6 и др.], однако полученные в последнее время методом ICP-MS (лаборатория Университета Гранады, руководитель - проф. Ф.Беа) данные по содержанию редких элементов открывают более широкие возможности для выявления особенностей состава разных типов пород, условий образования и эволюции исходных для них магматических расплавов.

Шарташский массив представляет собой многофазную гранитоидную интрузию. По данным Р.С.Куруленко [2, 4], процесс становления массива состоял из трех интрузивных фаз, каждая из которых сопровождалась внедрением многочисленных даек разнообразного состава. Первая фаза представлена крупнозернистой, вторая - среднезернистой, а третья - мелкозернистой разновидностью гранитов*. Среди пород, слагающих дайки и жилы, выделены лейкограниты, пегматиты, аплиты, тоналит-, гранодиорит- и гранит-порфиры, а также лампрофиры с химизмом известково-щелочного типа. Вся эта совокупность пород рассматривалась Р.С.Куруленко как сложная многоритмичная серия, состоящая из трех интрузивно-дайковых комплексов. В последние годы в пределах массива была обнаружена также дайка субщелочного лампрофира [8], по-видимому, более молодая по сравнению с другими породами.

Магматические образования расположенного в экзоконтактовой зоне Шарташского массива

*В публикациях Р.С.Куруленко [2,4 и др.] эти преобладающие в Шарташском массиве петрографические разновидности названы адамеллитами, однако в соответствии с рекомендуемой в настоящее время классификацией магматитов [7] их следует отнести к гранитам.

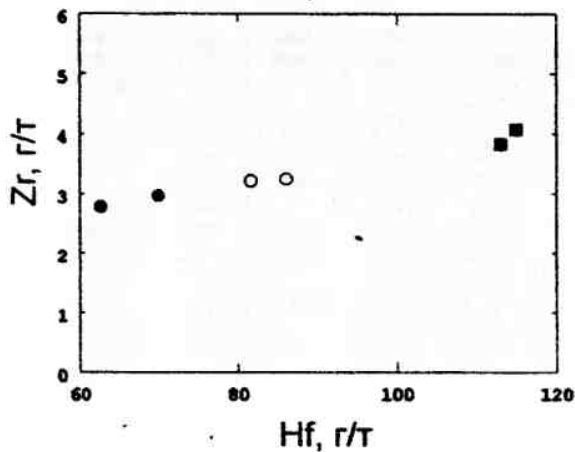
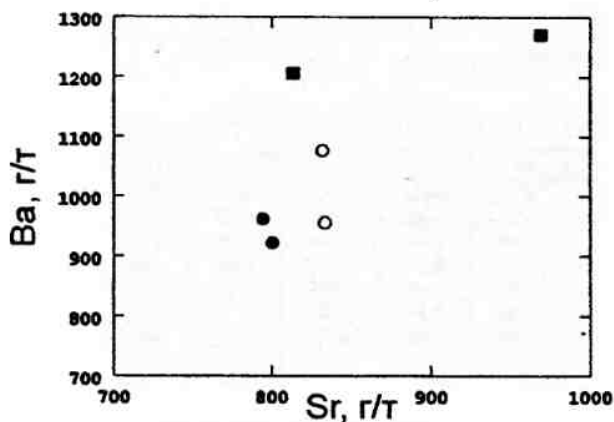


Рис. 1. Диаграммы Ba-Sr и Zr-Hf для гранитов главных интрузивных интрузивных фаз Шарташского массива.

1 - граниты первого, 2 - второго, 3 - третьего ритмов (дайкино-интрузивных комплексов)

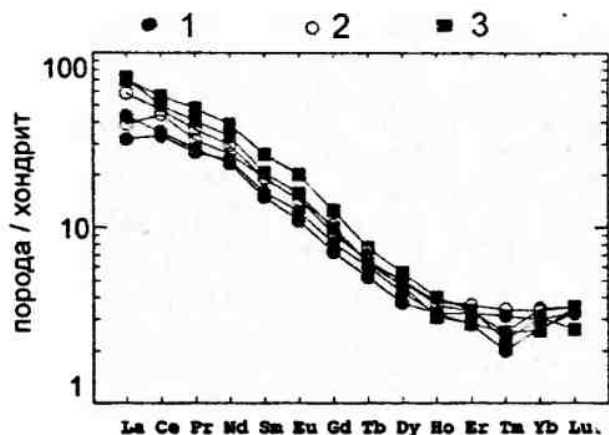


Рис. 2. Графики нормированного по хондриту распределения РЗЭ в гранитах главных интрузивных фаз Шарташского массива.

Условные обозначения те же, что и на рис. 1

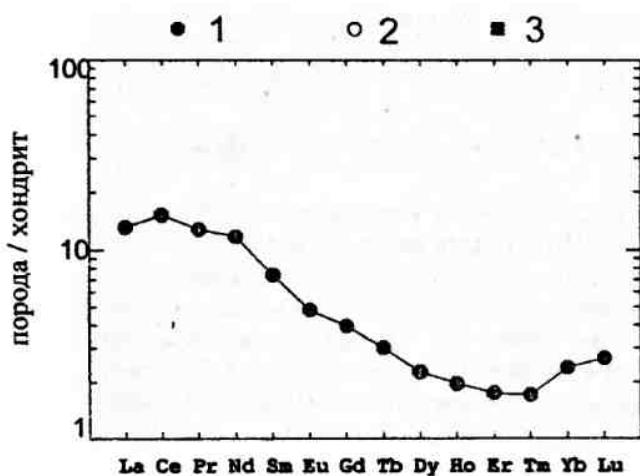


Рис. 3. График нормированного по хондриту распределения РЗЭ в аплите Шарташского массива

Содержания петрогенных и редких элементов в породах Шарташского массива и Березовского рудного поля

Компонент	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	9426	9171	9490	9460-6	9001	90168	9442	9007	9660	1496
SiO ₂ , мас.%	70,50	70,66	70,80	-	69,50	69,86	69,62	69,92	69,64	68,68
TiO ₂	0,26	0,27	0,27	-	0,30	0,36	0,32	0,30	0,34	0,31
Al ₂ O ₃	15,66	15,35	15,51	-	15,44	15,66	15,95	15,67	15,36	15,06
Fe ₂ O ₃	0,47	0,50	0,86	-	1,20	0,65	0,57	0,69	0,60	0,96
FeO	1,95	1,82	1,74	-	1,45	1,95	1,95	1,00	2,09	1,82
MnO	-	0,04	-	-	0,04	0,04	0,04	-	-	0,05
MgO	0,82	1,11	0,52	-	1,33	0,40	0,30	0,77	0,93	1,37
CaO	2,00	1,99	1,60	-	2,28	2,00	1,76	2,05	2,00	2,05
Na ₂ O	4,99	5,21	3,64	-	5,27	4,94	5,12	4,95	4,88	6,15
K ₂ O	3,45	2,89	3,13	-	2,84	2,93	3,49	3,76	3,20	2,76
P ₂ O ₅	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
П.п.п.	2,13	2,36	1,91	-	2,73	1,80	1,66	1,67	2,38	2,85
Li, г/т	34,66	31,89	34,05	12,69	35,60	34,24	28,88	25,20	21,72	28,52
Rb	88,52	86,38	100,10	142,04	83,76	90,24	128,84	96,36	85,00	98,53
Cs	1,88	1,61	2,66	3,49	1,65	1,83	4,42	2,60	2,80	2,44
Be	1,59	2,34	2,44	2,35	2,35	2,79	3,27	2,33	2,26	3,68
Sr	800	794	734	312	833	832	728	813	969	973
Ba	922	963	1020	377	956	1076	1087	1206	1271	1060
Sc	13,30	14,41	15,16	13,80	19,04	16,92	15,97	13,34	16,61	19,79
V	42,60	43,61	41,82	16,13	50,52	47,47	39,54	42,86	49,84	49,88
Cr	135,18	52,83	33,81	88,32	39,12	41,07	34,26	40,52	73,62	43,53
Co	6,62	5,81	6,03	2,89	7,20	6,45	5,19	5,03	7,92	7,92
Ni	72,57	32,76	38,82	14,65	25,66	15,91	9,87	28,16	53,40	33,54
Cu	25,11	26,20	33,26	17,43	31,72	17,29	12,49	11,05	8,85	2,08
Zn	74,61	92,77	70,26	19,34	89,66	332,13	91,64	92,83	111,17	102,50
Ga	35,95	36,09	37,54	28,37	35,77	37,15	40,70	40,71	41,30	39,19
Y	8,14	9,28	7,90	6,52	9,59	9,54	7,51	8,78	9,62	10,78
Nb	5,00	5,44	5,30	5,25	5,24	5,37	5,32	5,62	5,34	6,62
Ta	1,74	1,02	0,90	0,72	0,32	0,47	0,62	0,41	0,43	0,67
Zr	62,65	69,93	91,18	54,37	86,02	81,56	161,66	114,92	112,96	129,44
Hf	2,78	2,97	3,86	3,45	3,25	3,22	5,72	4,07	3,83	5,49
Mo	5,56	4,36	4,64	4,92	4,52	4,03	4,36	3,87	4,17	3,85
Sn	0,55	0,01	0,04	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
Tl	0,53	0,50	0,70	0,93	0,72	0,54	0,73	0,67	0,51	0,71
Pb	50,05	46,31	49,94	45,24	40,14	37,09	35,12	51,33	38,84	43,88
U	5,19	3,19	5,38	3,37	9,43	2,84	6,02	8,47	5,49	9,20
Th	12,37	12,11	14,08	15,59	9,61	9,43	15,38	11,86	8,07	11,54
La	14,30	10,52	10,82	4,33	19,34	12,83	22,94	23,69	23,05	27,55
Ce	30,50	28,92	34,32	13,10	40,71	38,27	47,11	43,12	48,73	60,49
Pr	3,67	3,49	3,09	1,66	4,75	4,12	5,07	5,32	6,26	7,56
Nd	14,58	15,25	12,79	7,37	18,61	16,53	17,29	20,96	24,54	28,27
Sm	3,01	3,19	2,78	1,51	3,85	3,89	3,43	4,15	5,32	5,65
Eu	0,84	0,95	0,88	0,37	1,11	1,11	1,03	1,20	1,54	1,41
Gd	2,01	2,23	1,84	1,09	2,83	2,54	2,47	2,71	3,42	3,76
Tb	0,26	0,30	0,26	0,15	0,31	0,32	0,30	0,31	0,38	0,42
Dy	1,28	1,46	1,30	0,77	1,72	1,70	1,29	1,60	1,90	2,03
Ho	0,25	0,25	0,23	0,15	0,29	0,28	0,22	0,24	0,31	0,36
Er	0,63	0,73	0,57	0,39	0,81	0,75	0,61	0,64	0,76	0,92
Tm	0,07	0,11	0,08	0,06	0,12	0,09	0,07	0,09	0,08	0,13
Yb	0,59	0,66	0,55	0,52	0,74	0,76	0,52	0,57	0,68	0,76
Lu	0,11	0,11	0,09	0,09	0,12	0,12	0,09	0,12	0,09	0,17

ва Березовского рудного поля представлены, по данным Н.А.Ершовой [1], дайками гранит-порфи-
ров, лампрофиров и диоритовых порфиритов.

Содержания редких элементов определены в гранитах главных интрузивных фаз и наиболее
характерных разновидностях жильных пород Шарташского массива, а также аналогичных образо-
ваниях из Березовского рудного поля (см. таблицу). Анализ этих данных показывает, что суще-
ственных различий в составе гранитоидов разных фаз внедрения нет. Выявленные изменения хи-
мизма пород в процессе формирования массива сводятся к следующему. В гранитах главных инт-
рузивных фаз от раннего этапа становления к последующим происходит довольно значительное
увеличение количества Zr и Ba; в меньшей мере, но также устойчиво растут содержания Hf, Sr,
общее количество РЗЭ и величина La/Yb (рис. 1, 2). Наблюдаемые различия не могут быть объяс-

Компонент	11	12	13	14	15	16
	9842	sh-1	sh-2	sh-3	9654	9814
SiO ₂ , мас. %	64,45	44,55	37,75	39,47	63,51	69,25
TiO ₂	0,30	3,92	3,14	3,16	0,46	0,28
Al ₂ O ₃	15,72	9,43	9,91	9,85	17,50	17,61
Fe ₂ O ₃	3,17	6,29	8,39	6,20	1,35	2,34
FeO	1,09	8,25	12,55	11,59	1,82	1,09
MnO	0,06	0,04	1,45	0,89	0,14	0,05
MgO	1,93	10,50	3,85	9,24	1,97	1,22
CaO	2,90	3,81	4,31	3,65	2,34	0,71
Na ₂ O	6,15	1,44	1,68	1,17	4,39	4,90
K ₂ O	2,65	5,29	5,75	5,93	3,36	5,33
P ₂ O ₅		2,15	2,48	2,24	-	-
П.П.П	4,11	2,52	7,88	4,67	3,65	2,99
Li, г/т	35,49	209,90	127,40	316,40	21,93	12,19
Rb	79,15	115,00	87,00	114,00	120,11	194,32
Cs	1,76	4,10	2,15	3,64	3,66	1,56
Be	1,95	0,00	0,00	0,00	3,32	2,72
Sr	1571	706	550	618	1311	50
Ba	1293	3133	1545	2586	1921	600
Sc	17,65	24,70	24,30	25,70	32,57	13,80
V	91,10	249,30	276,20	281,90	115,26	32,00
Cr	36,40	546,00	215,40	571,80	307,53	58,38
Co	12,53	54,40	37,60	52,30	26,79	5,96
Ni	87,43	271,30	88,50	290,00	0,00	89,70
Cu	31,41	33,90	3,50	5,50	77,87	17,93
Zn	157,84	254,50	151,80	261,30	98,31	41,41
Ga	42,66	23,30	23,60	22,10	40,98	33,28
Y	14,22	25,30	27,80	22,00	16,93	6,01
Nb	7,80	172,40	190,00	164,90	6,86	4,99
Ta	0,57	14,60	13,80	11,80	0,78	0,46
Zr	185,79	348,30	364,70	282,20	176,37	141,10
Hf	6,11	10,70	10,10	8,43	6,27	5,10
Mo	4,28	0,00	0,00	0,00	4,49	4,82
Sn	0,01	0,00	0,00	0,00	0,46	5,27
Tl	0,56	0,00	0,00	0,00	0,72	0,69
Pb	40,30	24,70	12,40	11,60	44,12	3402,0
U	9,13	17,12	8,31	12,00	7,75	7,78
Th	11,13	12,52	13,51	10,84	20,16	17,53
La	32,18	253,80	263,40	217,40	59,98	38,76
Ce	92,54	464,60	481,30	392,80	119,13	62,14
Pr	10,44	51,24	53,13	46,31	14,27	6,67
Nd	43,78	183,84	194,37	153,50	53,62	24,94
Sm	8,59	22,40	23,10	18,35	9,77	3,86
Eu	2,26	5,93	5,80	4,87	2,92	1,14
Gd	5,61	10,51	10,58	8,91	6,45	2,79
Tb	0,63	1,25	1,22	0,99	0,78	0,28
Dy	3,01	5,59	5,65	4,60	3,92	1,03
Ho	0,47	0,97	0,96	0,80	0,57	0,14
Er	1,22	2,40	2,44	1,98	1,81	0,46
Tm	0,14	0,33	0,34	0,27	0,24	0,03
Yb	0,94	2,02	2,31	1,68	1,64	0,40
Lu	0,14	0,27	0,32	0,23	0,29	0,05

Примечание. 1-4 - породы I ритма (дайкового интрузивного комплекса) Шарташского массива: 1-2 - граниты главной фазы; 3 - гранит-порфир; 4 - аплит; 5-7 - породы II ритма: 5, 6 - граниты главной фазы; 7 - гранит-порфир; 8-11 - породы III ритма: 8, 9 - граниты главной фазы; 10 - гранит-порфир; 11 - лампрофир; 12-14 - лампрофиры субщелочного состава; 15-16 - жильные породы Березовского рудного поля: 15 - лампрофир Платоновской дайки; 16 - гранит-порфир Соймановской дайки. Данные по окислам приведены в мас.%. по чистым элементам - в г/т.

нены результатом кристаллизационной дифференциации единого родоначального расплава либо разной степенью селективного плавления одного субстрата, так как заключаются главным образом в разном содержании некогерентных редких элементов, поведение которых лишь в слабой степени контролируется этими петрогенетическими процессами. Влияние флюидного режима, по-видимому, также не могло быть значительным. По имеющимся данным [5], составы флюида в гранитных расплавах разных фаз внедрения были близки. Таким образом, можно сделать вывод, что решающим фактором, определявшим содержание элементов-примесей в расплавах, из которых происходила кристаллизация гранитов, являлся характер плавящегося субстрата.

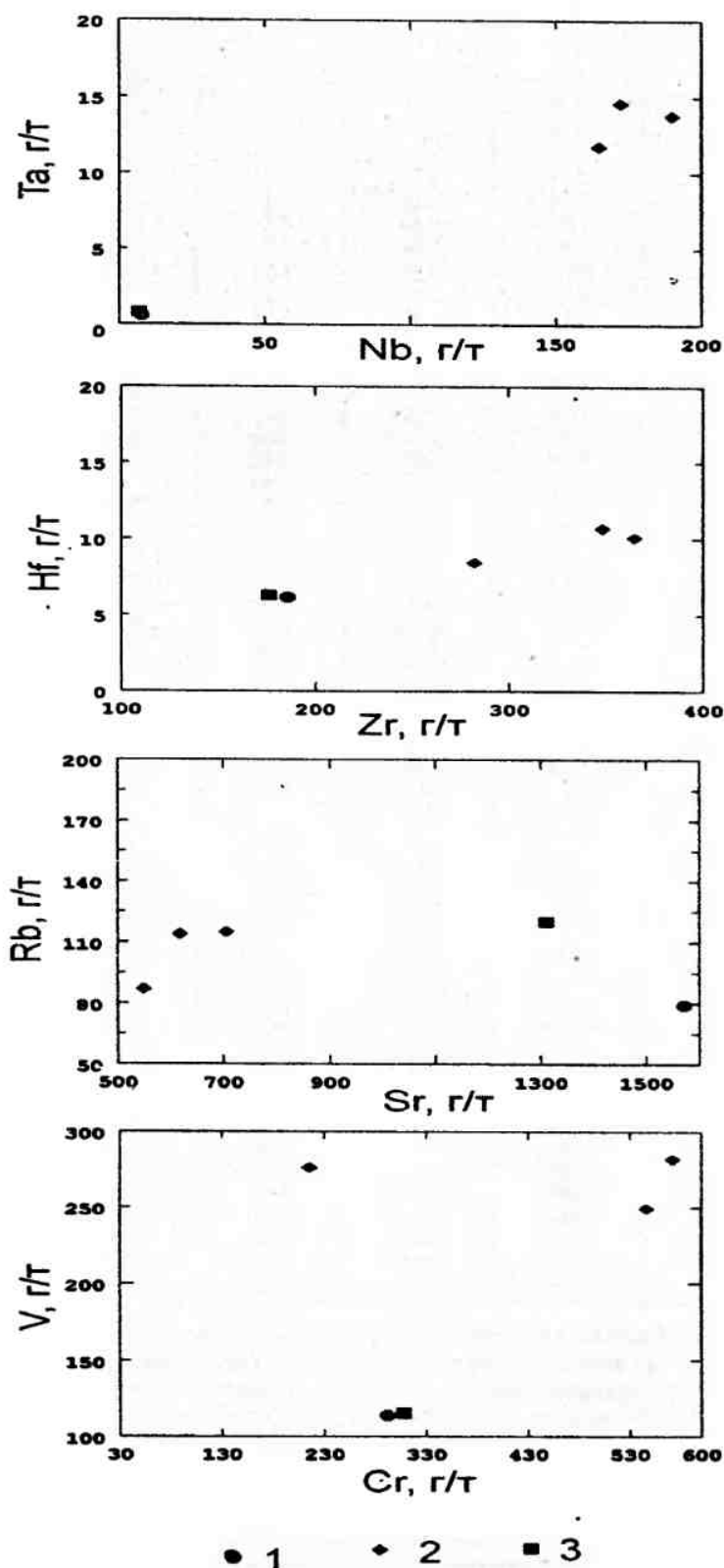


Рис. 4. Графики Ta-Nb, Hf-Zr, Rb-Sr, V-Cr для лампрофиров Шарташского массива и Березовского рудного поля.

1 - известково-щелочной, 2 - субщелочные лампрофиры Шарташского массива, 3 - лампрофир из Платоновской дайки Березовского рудного поля

В двух ранних ритмах (дайково-интрузивных комплексах) гранит-порфиры заметно отличаются от предшествующих им гранитов главных фаз повышенным количеством некоторых некогерентных (Rb, Sr) и легкоплавких элементов (Zr, Hf) при меньшем содержании тугоплавких (Mg, Cr). Очевидно, что такой характер различий обусловлен разной степенью плавления субстрата при образовании исходных для гранитов и гранит-порфиром магм. В третьем ритме указанная закономерность изменения состава от гранитов к гранит-порфирам не сохраняется, различия ограничиваются только более высокими концентрациями Rb, Zr и Hf в гранит-порфирах по сравнению

с гранитами. По-видимому, в рамках этого ритма особенности состава гранитоидных расплавов в значительной степени определялись гетерогенностью плавящегося субстрата, при этом процессы генерации расплавов, скорее всего, происходили, как и в более ранних ритмах, с уменьшением объема вылавок, на что указывает относительное обогащение жильных гранитоидов легкоплавкими компонентами.

Аплит, судя по единственному имеющемуся анализу, отличается от гранитов и гранит-порфиров меньшим содержанием практически всех элементов-примесей, за исключением Rb, количество которого возрастает, что является обычным для пород, формирующихся из остаточных дифференцированных расплавов. Некоторое своеобразие изученного образца аплита заключается в том, что на графике нормированного по хондриту распределения РЗЭ (рис. 3) отсутствует отрицательная европиевая аномалия, характерная для пород такого генезиса.

Обе разновидности лампрофиров, наоборот, характеризуются повышенным по сравнению с гранитоидами количеством большинства редких элементов. Исключение составляют более низкое содержание Rb в известково-щелочной разновидности лампрофиров и незначительно уменьшенное количество Sr в субщелочной разновидности.

Сравнение пород Шарташского массива по особенностям состава с аналогичными породами Березовского месторождения очень затруднено высокой степенью околорудных изменений последних. Результаты такого сопоставления показывают, что гранит-порфиры сравниваемых объектов довольно близки по содержанию Ta, Nb и особенно Zr и Hf, для которых можно предположить относительно слабую подвижность в процессе березитизации, и заметно отличаются по содержанию всех других элементов (см. таблицу). Приходится констатировать, что имеющиеся данные не позволяют корректно оценить степень сходства сравниваемых образований. Лампрофиры Березовского рудного поля по количеству Zr, Hf, Ta и Nb полностью аналогичны известково-щелочным лампрофиром из даек Шарташского массива. По содержанию других элементов сходство не столь очевидно, но и резких различий тоже нет (рис. 4). Возможно, что наблюдаемая разница по содержанию ряда компонентов - в значительной мере - результат метасоматических преобразований пород, в той или иной мере затронувших практически все геологические образования в пределах рудного поля. Субщелочная же разновидность лампрофиров отличается более высокими концентрациями всех элементов-примесей при отсутствии каких-либо признаков общности состава с лампрофирами, развитыми на месторождении. Таким образом, имеющиеся данные указывают на несомненные черты сходства в составе известково-щелочных лампрофиров Шарташского массива и Березовского месторождения, хотя и не позволяют однозначно отождествлять эти образования.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант N 98-05064826)

Список литературы

1. Ершова Н.А. Дайки золоторудных полей Среднего и Южного Урала, их связь с гранитоидным магматизмом и значение для прогнозирования и поисков оруденения: Автореф. дис. ...канд. геол.-минер. наук. М., 1980.
2. Куруленко Р.С. История формирования гранитоидов Шарташского массива//Ежегодник-1976 Ин-та геологии и геохимии УНЦ АН СССР. Екатеринбург, 1977. С. 39-41.
3. Куруленко Р.С. Распределение редких элементов в гранитоидах Шарташского массива на Среднем Урале//Редкие элементы в гранитоидах Урала. Свердловск, 1981. С. 104-113.
4. Куруленко Р.С. Шарташский массив на Среднем Урале - пример проявления сложного орогенного магматизма//Формационный анализ магматитов. Свердловск, 1989. С. 128-129.
5. Куруленко Р.С., Воронина Л.К. Фтор и хлор в минералах и породах Шарташского массива как индикаторы магматической дифференциации и рудоносности//Ежегодник-1989 Ин-та геологии и геохимии УрО РАН. Свердловск, 1990. С. 57-61.
6. Куруленко Р.С. Редкие земли в гранитоидах Шарташского массива// Ежегодник-1994/Ин-т геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1995. С. 137-138.
7. Петрографический кодекс. С.-Пб.: ВСЕГЕИ, 1995. 127 с.
8. Прибавкин С.В. Лампроитоподобные породы в Шарташском массиве// Ежегодник-1996 Ин-та геологии и геохимии УрО РАН. Екатеринбург, 1997. С. 76-81.