

ПЕТРОЛОГИЯ АППИНИТОВ ГОРНОГО АЛТАЯ И САЛАИРА

А.И. Гусев, Н.И. Гусев¹, Г.И. Розискул

Бийский педагогический государственный университет, г. Бийск

Аппиниты характеризуются повышенными концентрациями магния, стронция, бария, лёгких РЗЭ, показывающими мантийную природу (Fowler, Henney et al., 2001). В то же время они имеют относительно пониженные концентрации ниобия, тантала. Стронций-неодимовые изотопные данные отвечают их генерации из обогащённой мантии (Fowler, Henney, 1996; Muir et al., 1997).

В Горном Алтае аппиниты обнаружены в краевых частях небольших штоков (площадью от 2 км² до 96 км²) Айского ареала, локализованного на севере Горного Алтая: Айского, Айчёнка, Бабырганского, Мохнатого, Типешкинского. По геофизическим данным породы указанных массивов объединяются на глубине в единый гипабиссальный плутон. Распространение аппинитов на современной поверхности не значительное и связано это с тем, что массивы ареала слабо эродированы. Предполагается их более широкое распространение на глубине. В составе айского комплекса (Т_{1а}) нами выделены 5 фаз внедрения: 1-монцогаббро, монцониты, меланосиениты; 2- сиениты, кварцевые сиениты и граносиениты; 3- тоналиты; 4- биотитовые умеренно-щелочные граниты и лейкограниты; 5- флюорит-содержащие двуслюдяные лейкограниты. К аппинитам относятся все породы первых двух фаз внедрения, для которых характерны повышенные концентрации магния, стронция, бария, лёгких РЗЭ. Соотношения изотопов стронция и неодима близки к таковым мантийного источника обогащённой мантии типа ЕМ II (Емельянова, Гусев, 2005). Массивы Айского ареала сопровождаются редкими дайками лампрофиров: минетт, вогезитов, керсантитов. Отмечены также дайки долеритов, диоритов, сиенитов.

Аппиниты обнаружены также в породах ранних фаз внедрения теранджикского (Т_{1t}) и тархатинского (Т_{1tr}) комплексов, развитых на юго-востоке Горного Алтая. В составе первого из них выделяется единственный массив размерами 2?1,5 км в объёме Курайского тектонического блока и приуроченного к висячему блоку Кубадринского разлома. В составе массива выделяются 3 фазы внедрения: 1- монцогаббро, монцониты и монцодиориты, 2-кварцевые монцодиориты и кварцевые сиениты, 3- граниты биотитовые и двуслюдяные. Теранджикский штوك сопровождается дайками шонкинитов, вогезитов, сиенит-порфиров, трахиандезитовых порфиров и трахидацитовых порфиров.

Массивы тархатинского комплекса локализованы в области рифтогенной впадины в Южно-Алтайском мегаблоке и приурочены к зоне Саржематинского разлома. Здесь выделяются Тархатинский штук (площадью 3 км²) и более мелкие Жанедунгуйский (0,2 км²) и Безымянный (0,08км²). В Тархатинском ареале выделяются 3 фазы внедрения: 1-монцониты, монцодиориты; 2- кварцевые сиениты, граносиениты и кварцевые сиениты, сиениты; 3- граниты и умеренно-щелочные лейкограниты. Последние образуют мелкие тела и жилы среди сиенитов и кварцевых сиенитов. Вблизи интрузивных массивов распространены дайки минетт, вогезитов, спессартитов, долеритов, диоритов.

Аппиниты встречены также в составе жерновского монцонит-граносиенит-гранит-лейкогранитового мезоабиссального комплекса (Р₂ – Т_{1z}), образующими 2 ареала: Жерновской и Горновской. По имеющимся петрохимическим и петрографическим материалам гранитоиды жерновского комплекса подразделяются на 5 фаз внедрения.

Первая фаза представлена кварцевыми монцонитами, монцодиоритами, и редко кварцевыми диоритами. Вторая фаза – гранодиоритами. Третья фаза - умеренно-щелочные меланограниты (адамелиты), граниты и граноси-

1. Представительные анализы темноцветных минералов из пород Горновского массива

Компоненты	Клинопироксен (Монцодиорит)	Амфибол (Граносиенит)	Амфибол (Нордмаркит)	Биотит (Гранит умеренно-щелочной)	Биотит (Лейкогранит)	Биотит (Лейкогранит с флюоритом)
SiO ₂	50,87	38,54	45,10	36,78	36,96	39,21
TiO ₂	0,53	1,69	1,11	3,95	2,21	1,71
Al ₂ O ₃	2,05	12,06	7,61	12,94	16,92	11,42
Fe ₂ O ₃	5,45	13,55	5,72	12,05	9,35	8,42
FeO	4,47	6,98	10,02	13,10	10,0	6,02
MgO	11,40	8,11	11,99	8,07	9,85	12,90
MnO	0,61	0,66	0,72	0,47	0,6	1,83
CaO	22,10	10,55	11,59	0,01	0,01	0,33
Na ₂ O	0,96	2,01	2,67	0,22	0,23	0,23
K ₂ O	0,02	2,35	1,15	9,11	9,46	9,65
F	0,36	1,08	1,45	1,50	2,11	4,31
Cl	0,02	0,07	0,12	0,14	0,17	0,08
H ₂ O ⁺	0,05	0,55	1,25	1,39	2,08	2,95
Сумма	98,89	98,20	100,5	99,93	99,95	98,98

2. Представительные анализы аппинитов Горного Алтая

Компо- ненты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
SiO ₂	48,71	50,13	50,93	55,27	56,21	57,12	49,77	54,77	59,10	48,35	55,37	61,19
TiO ₂	1,42	1,24	1,19	1,18	1,35	1,44	1,07	1,12	1,32	1,08	1,22	1,02
Al ₂ O ₃	16,76	13,03	13,51	13,56	10,23	16,17	12,35	12,56	13,17	13,12	12,53	13,14
Fe ₂ O ₃	4,30	4,35	3,40	3,79	3,52	3,07	3,12	3,81	3,05	5,21	3,77	3,35
FeO	3,97	4,65	3,55	4,34	3,47	3,98	3,55	4,34	3,78	4,78	4,34	2,28
MnO	0,12	0,16	0,14	0,18	0,20	0,17	0,13	0,18	0,17	0,14	0,18	0,17
MgO	9,75	7,85	9,80	6,11	11,5	5,48	11,58	7,11	7,48	9,71	7,31	7,68
CaO	8,24	9,22	7,20	6,55	3,5	1,52	9,81	6,55	2,50	7,9	3,53	1,50
Na ₂ O	2,18	3,22	4,25	4,08	4,11	3,65	2,52	4,08	3,65	2,78	2,88	2,65
K ₂ O	4,11	3,67	4,12	3,76	3,8	7,23	4,03	3,88	5,23	3,45	6,78	6,23
П.п.п	2,39	1,45	0,90	1,67	1,1	0,32	2,01	0,61	0,22	2,51	0,81	0,22
P ₂ O ₅	1,06	0,97	0,97	0,93	0,56	0,32	1,12	0,98	0,31	0,75	1,18	0,31
?	100,0	99,94	99,96	99,75	99,55	99,47	99,94	99,99	99,98	99,78	99,90	99,71
Li	17,5	21,2	21,5	20,5	25,2	30,0	16,3	20,3	31,0	16,2	20,9	33,0
Rb	82	95	97	104	105	125	86	106	122	81	246	126
Cs	2,0	1,2	2,0	1,8	2,2	2,1	1,7	1,8	2,1	1,9	1,8	2,0
Be	6,0	6,3	7,4	7,5	5,0	2,5	4,5	7,7	2,7	5,5	7,7	3,7
Sr	1876	1951	2370	2720	2930	2200	1965	2630	2120	1982	1610	1120
Ba	2115	2072	2050	1970	2120	2500	2214	1920	2450	2145	997	2150
La	32	14	17	16	33	17	35	16	19	28	16	29
Ce	55	42	43	44	54	46	58	46	49	51	46	47
Nd	26	21	21	22	25	22	31	23	22	24	23	21
Sm	8,5	6,8	6,7	6,6	6,5	6,5	9,7	6,6	6,7	8,3	6,6	6,4
Eu	2,6	1,71	1,7	1,67	1,72	1,64	2,8	1,69	1,66	2,7	1,69	1,56
Gd	8,4	6,9	6,8	6,6	6,5	6,5	8,5	6,7	6,8	8,3	6,7	6,4
Tb	1,3	1,2	1,0	1,1	1,0	1,1	1,4	1,1	1,1	1,4	1,1	0,9
Dy	6,1	5,5	5,2	5,3	5,2	5,1	5,5	5,4	5,4	6,4	5,4	5,2
Tm	0,8	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,9	0,6	0,5	0,9	0,6	0,5
Yb	2,1	3,6	3,8	3,4	3,0	3,1	2,2	3,7	3,3	2,2	3,7	3,5
Lu	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6	0,5	0,9	0,6	0,5	0,9	0,6	0,4
Y	22	20,7	20,1	19,8	20,3	19,7	23	19,9	19,7	24	20,7	18,4
Sc	7,5	6,8	6,9	6,7	6,6	6,5	7,3	6,7	6,5	7,3	6,8	6,3
Th	3,1	4,3	4,4	4,5	4,8	5,8	3,2	4,7	5,9	2,9	4,7	6,9
Hf	2,6	4,6	4,3	4,8	3,6	4,9	2,5	4,8	4,9	2,4	4,5	5,5
Ta	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,6
Nb	7,4	6,2	6,3	6,2	4,2	6,3	6,4	6,3	6,5	5,2	6,6	6,4
Zr	155	342	327	338	327	334	125	335	314	1,64	295	284

Примечание. Содержания главных компонентов - в %, редких элементов - в г/т.

1-6 - Айский ареал: 1-3 - монцогаббро, 4-5 - монзониты, 6 - меланосиенит; 7-10 - Теранджикский ареал: 7 - монцогаббро, 8 - монзонит, 9 - монцодиорит; дайки: 10 - шонкинит; 11-12 - Тархатинский ареал: 11 - монзонит, 12 - монцодиорит.

Анализы выполнены в лаборатории ИМГРЭ (Москва): для главных компонентов - химическим методом, для редких элементов - методом ICP-ms

ениты. Четвертая фаза – биотитовые лейкограниты. Пятая фаза – лейкограниты с флюоритом. Аппинитовые характеристики, как и в других ареалах, показывают породы первых двух фаз внедрения.

Массивы Жерновского и Горновского ареалов жерновского копмплекса сопровождаются редкими дайками долеритов, диоритов, сиенитов и лампрофиров: минетт, одинитов, вогезитов, керсантитов.

Характерно, что петрография пород и их химизм во всех ареалах распространения аппинитов, весьма близки не только в Горном Алтае и Салаире, но и на территории всей западной части Алтае-Саянской складчатой области[Gusev, 2007].

Монцогаббро представляют собой крупнокристаллические породы тёмно-серой окраски, сложенные зональным анортоклазом, роговой обманкой, ортопироксеном, клинопироксеном, плагиоклазом. Плагиоклаз представлен лабрадором № 51-55. Монцогаббро и меланосиениты первой фазы образуют ксенолиты и ксеноблоки в приконтактовых частях Айской и других интрузий размером от первых десятков до сотен метров в поле развития сиенитов и кварцевых сиенитов. На контакте они перекристаллизованы с возникновением вторичного гранобластового агрегата биотит-кварц-полевошпатового состава. Представляют собой крупно-и гигантозернистые породы, сложенные преимущественно паргаситовой роговой обманкой (? = 50-54%) (табл. 1) и щелочным полевым шпатом, в незначительном объеме присутствует биотит. Вкрапленники плагиоклаза содержат включения клинопироксена

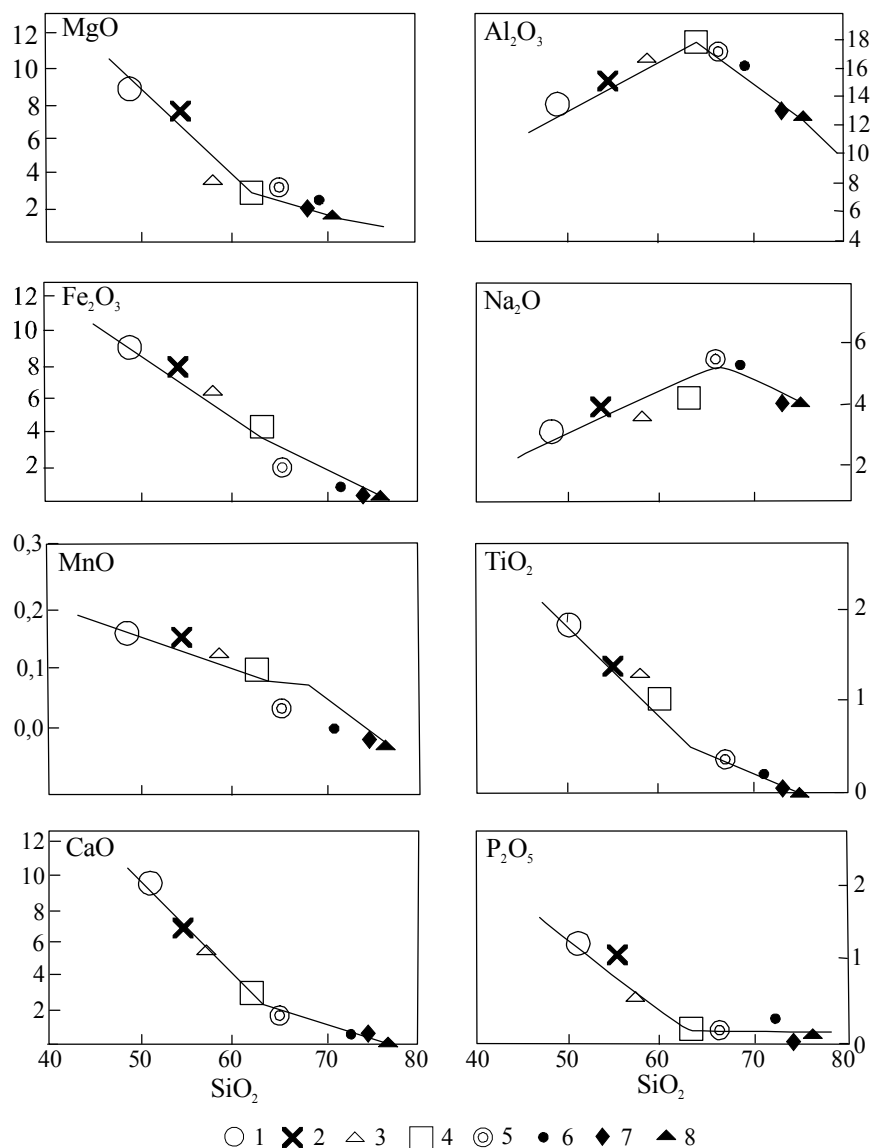


Рис. 1. Диаграмма Харкера для пород айского комплекса.

1 - *monzonit*, 2 - *monzonit*, 3 - *monzonit*, 4 - *monzonit*, 5 - *monzonit*, 6 - *monzonit*, 7 - *monzonit*, 8 - *monzonit*.

(салит), биотита, сфена и амфибола. Среди аксессуаров отмечены апатит, ильменит. В монцонаббро зафиксированы повышенные концентрации магния (от 7,85 до 11,58 %), стронция (от 1876 до 2370 г/т), бария (от 2115 до 2214 г/т), фосфора (от 0,97 до 1,12 %) и пониженные – тантала и ниобия (табл.2).

Монзониты представляют собой крупнокристаллические породы розовато-серой окраски, сложенные зональным анортоклазом, роговой обманкой ($f=53-58$), ортопироксеном, клинопироксеном, биотитом, плагиоклазом. Краевые части зонального анортоклаза содержат микровключения салита, биотита, роговой обманки. Биотит по составу отвечает сидерофиллиту и отличается от слюд остальных разновидностей пород самыми низкими концентрациями магния. Аксессуары включают мелкие выделения сфена, апатита. Для них характерны весьма высокие концентрации магния (от 6,11 до 11,5%), фосфора (от 0,56 до 1,18 %), стронция (от 1610 до 2930 г/т) и бария (от 997 до 2120 г/т).

Монцодиориты розовато-серые, средне – крупно зернистые, массивные. Структура: гипидиоморфнозернистая с элементами пойкилитовой, монзонитовой. Отмечаются порфирировидные разности. Размер зерен слагающих минералов от 0,8 до 2,5 мм. Минеральный состав кварцевых монзонитов: калиевый полевой шпат 27 -35%, плагиоклаз 45-60%, роговая обманка 0-15%, кварц 10%. Роговая обманка по составу отвечает переходной разности между эденитом и обыкновенной роговой обманкой (табл. 1). Акцессорные минералы: апатит, сфен, магнетит и редко циркон. Калиевый полевой шпат пелитизирован, наблюдается слабо выраженная пятнистая микропертитовая структура. Минеральный состав монцодиоритов: калиевый полевой шпат-27-35%, плагиоклаз- 37-42%, биотит-до 10%, роговая обманка-до 18%, в единичных шлифах моноклинный пироксен (до 20%), по составу отвечающий диопсиду (табл. 1). Акцессорные минералы (сфен, циркон, апатит, рудный)- 1%. Модель распределения РЗЭ отвечает умеренному типу фракционирования (отношения лантана к иттербию составляют 21,6). Они также характеризуются наиболее высокой суммой концентраций РЗЭ из всех пород Горновского массива и отсутствием европейской аномалии.

Рис. 2. Диаграмма A_0 – A_c (по Л.В. Бородину) для аппинитов Горного Алтая.

Поля серий пород: I- известково-щелочной, II- умеренно-щелочной, III- щелочной, IV- высокощелочной. 1-3 - Айский ареал: 1 - монцогаббро, 2 - монцонит, 3 - меланосиенит; 4-7 - Теранджикский ареал: 4 - монцогаббро, 5 - монцонит, 6 - монцодиорит; дайки: 7 - шонкинит; 8-9 - Тархатинский ареал: 8 - монцонит, 9 - монцодиорит.

Меланосиениты сложены каликатровым полевым шпатом, амфиболом феррогастингситового ряда ($f=49-60\%$), редко биотитом, ортопироксеном, клинопироксеном, а в интерстициях указанных минералов содержат плагиоклаз и кварц (2-4%); акцессорные минералы представлены (г/т) магнетитом (4942), сфеном (126), апатитом (55) и цирконом (4). Характерны крупные (3-5 мм) эвгедральные выделения сфена. Меланосиениты характеризуются высокой щелочностью ($K_2O = 7,23\%$, $Na_2O = 3,65\%$), титанистостью (1,44% TiO_2) и фосфористостью (0,32% P_2O_5), высоким содержанием (г/т) бария (2500), стронция (2200), циркония (334), ниобия (6,3), урана (5) и тория (5,8).

На диаграммах Харкера в дифференциатах аппинитов происходит закономерное уменьшение содержаний магния, железа, марганца, кальция, титана, фосфора и увеличение глинозёма, натрия с увеличением концентраций кремнекислоты в породах айского комплекса (рис. 1).

На диаграмме Л.С. Бородина, построенной в координатах a_0 – A_c (относительная щёлочность $(Na+K \setminus Ca)$ – общая кислотность) все породные типы аппинитов попадают в поле умеренно-щелочного поля (рис. 2).

Литература

1. Емельянова Ю.В., Гусев А.И. Петрология и рудоносность интрузивов Айского комплекса // Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, гидрогеология, геоэкология, минеральные и водные ресурсы. Горно-Алтайск, 2005, №2, с.62-68.
2. Gusev A.I. The appinites of Siberian Superplum // Large igneous Provinces of Asia, Mantle Plumes and Metallogeny. International Symposium. Novosibirsk, 2007, p. 162-164.
3. Fowler M.B., Henney P.J. Mixed Caledonian appinite magmas: implications for lamprophyre fractionation and high Ba-Sr granite genesis // Contributions to Mineralogy and Petrology, 1996, v. 126, p. 199-215.
4. Fowler M.B., Henney P.J., Darbyshire D.P.F., Greenwood P.B. Petrogenesis of high Ba-Sr granites: the Rogart pluton, Sutherland // Journal of the Geological Society, London, 2001, v.158, p.521-534.
5. Muir R.J., Ireland T.R., Bentley M.R., Fitches W.R., Maltmann A.J. A Caledonian age for the Kiloran Bay appinite intrusion on Colonsay, Inner Hebrides // Scottish Journal of Geology, 1997, v. 33, p. 75-83.

