

УДК 552.3:550.4:550.42:550.93

**АНОРОГЕННЫЕ ГРАНИТОИДЫ БУТАЧИХИНСКОГО МАССИВА ГОРНОГО АЛТАЯ: ГЕОХИМИЯ, ПЕТРОЛОГИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ****<sup>1</sup>Гусев А.И., <sup>2</sup>Гусев Н.И., <sup>1</sup>Красова А.С.***<sup>1</sup>Алтайская государственная академия образования им. В.М. Шукшина, Бийск, e-mail: anzerg@mail.ru;**Всероссийский геологический институт им. А.П. Карпинского (ВСЕГЕИ), Санкт-Петербург*

Приведены геологические, петрохимические, геохимические и петрологические данные по породным типам Бутачихинского массива Горного Алтая. Массив формировался в позднем девоне (абсолютный возраст составляет 369 млн. лет) в 5 фаз в гомодромной последовательности от габброидов до умеренно-щелочных лейкогранитов. В гранодиоритах, гранитах и лейкогранитах отмечаются щелочные роговые обманки – рибекит, арфведсонит и озонит. Набор пород свидетельствует о принадлежности массива к габбро-гранитоидной серии повышенной щёлочности. Химизм породных типов изучен на основе 72 силикатных и количественных спектральных анализах. По соотношениям иттрия, ниобия и галлия породы массива отнесены к анорогенным гранитоидам  $A_2$  – типа, связанным с мантийными горячими точками и плюмами. Низкие значения отношений  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  в рибекитовых гранитах, варьирующие от 0,70413 до 0,70429, указывают на мантийный источник расплавов. С гранитоидами массива связано уран-редкометалльно-редкоземельное оруденение с флюоритом.

**Ключевые слова:** петрохимия, геохимия, петрология, анорогенные гранитоиды, абсолютный возраст, изотопы стронция, оруденение редких элементов и редких земель.

**ANOROGENIC GRANITOIDS OF BUTACHIKHINSKII MASSIVE OF GORNYI ALTAI: GEOCHEMISTRY, PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION****<sup>1</sup>Gusev A.I., <sup>2</sup>Gusev N.I., <sup>1</sup>Krasova A.S.***<sup>1</sup>The Shukshin Altai State Academy of Education, Biisk, e-mail: anzerg@mail. ru;**<sup>2</sup>A.P. Karpinsky Russian Geological Research Institute, Saint-Petersberg*

Geological, petrochemical, geochemical and petrological data lead on rock types Butachikhinskii massive of Mountain Altai. Massive form in late Devonian (absolute age composed 369 mln. years) in 5 phases in homodromic sequence from gabbro to moderate-alkalic leicogranites. The alkalic hornblends – ribekite, arfvedsonite, ozonite noted in granodiorites, granite and leicogranites. Enrolment of rocks testify about accessoty of massive to gabbro-granitoids series of increased alkalinity. Chemically rock types studied on basis 72 silicate and quantitative spectral analysis. Rocks of massive carry on ratio of yttryi, niobium and gallium to anorogenic granitoids  $A_2$ -types, that it connected with mantle hot point and plums. Low means of ratio  $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$  in ribekite granites, vary from 0,70413 to 0,70429, order on mantle source of melts. Uranium-rare metals- rare elements ore mineralization with fluorite connected with granitoids of massive.

**Keywords:** petrochemistry, geochemistry, petrology, anorogenic granitoids, absolute age, isotopes stroncium, ore mineralization of rare elements and rare earths elements

Бутачихинский массив находится в среднегорной части Горного Алтая в левом борту реки Щебеты (левый приток реки Ануй). Он образует крупное дискордантное тело овальной формы по отношению к вмещающим породам площадью более 70 км<sup>2</sup>. Сателлитом Бутачихинского массива является более мелкий Елиновский, которые по геофизическим данным соединяются на глубине. Ранее С.А. Кузнецовым в составе массива выделялись два самостоятельных комплекса: 1 – среднедевонских габброидов и 2 – майорский, куда были включены все кислые разности пород. Позднее В.А. Кривичиковым все породы Бутачихинского, Елиновского и Аскагинского массивов были объединены с топольнинским массивом в единую топольнинскую ассоциацию среднедевонского возраста [4]. Современные определения абсолютного возраста пород локальным уран-свинцовым методом по цирконам (лаборатория ВСЕГЕИ,

г. Санкт-Петербург) по двум пробам (Топольнинского и Караминского массивов) получены следующие результаты. Цирконы обеих проб совершенно идентичные: прозрачные слегка желтоватого цвета. Кристаллы идиоморфные, габитус призматический, тип гиацинтовый и цирконовый с отчетливой тонкой зональностью. Удлинение от 2 до 3–4. По содержаниям U = 164–557 г/т, Th = 47–289 г/т они также совершенно идентичны, отношение Th/U в обеих пробах почти совпадают 0,28–0,58. Полученные конкордантные возраста для Топольнинского массива по 10 точкам 397,4 ± 4,4 млн лет, Караминского массива: 399,3 ± 4,6 млн лет соответствуют границе нижнего и среднего девона и могут быть приняты в качестве возраста становления топольнинского комплекса (ранний-средний девон).

В щелочных гранитах Елиновского массива цирконы плоские изометричные, часто лепешковидные, около 20% – суби-

диоморфные. Цвет желтоватый, розоватый до красно-бурого и коричневого. Цирконы содержат много включений, зональность грубая. По 10 замерам в цирконах получен возраст  $369 \pm 10$  млн лет (поздний девон). Содержание урана и тория в них в два раза выше, чем в Топольнинском и Караминском массивах ( $U = 456-1102$  г/т,  $Th = 180-639$  г/т, отношение  $Th/U = 0,31-0,60$ ).

Такой разброс возрастов пород указанных массивов свидетельствует о разных одновременных комплексах, объединяемых ранее в единую топольнинскую ассоциацию.

По нашим данным Бутачихинский массив сложен разнообразными по составу по-

родами, образовавшимися в гомодромной последовательности и включающими 5 фаз:

- 1 – габбро;
- 2 – диориты;
- 3 – гранодиориты, кварцевые сиениты;
- 4 – граниты, умеренно-щелочные граниты, редко – щелочные граниты;
- 5 – лейкограниты, умеренно-щелочные лейкограниты.

В гранодиоритах, гранитах и лейкогранитах, помимо биотита, присутствуют щелочные роговые обманки: рибекит и редко – озанит, указывающие на принадлежность указанных пород к щелочным гранитоидам.

Химический состав породных типов главных компонентов представлен в табл. 1.

**Таблица 1**

Средние составы породных типов Бутачихинского массива (масс. %)

Породные типы	SiO <sub>2</sub>	TiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	FeO	MgO	CaO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Сумма
Габбро 1 ф (n = 9)	51,18	1,09	16,52	2,91	6,39	5,91	9,23	2,64	1,31	0,17	99,48
Диориты 2 ф (n = 2)	53,22	1,04	16,29	2,97	6,66	5,22	8,87	2,89	1,16	0,18	99,77
Гранодиориты 3 ф (n = 3)	67,04	0,61	16,21	0,64	3,94	1,14	2,54	3,89	2,99	0,23	99,32
Кварцевые сиениты 3 ф (n = 2)	64,4	0,55	15,75	0,61	2,88	1,10	2,54	3,94	3,74	0,19	99,76
Граниты 4 ф (n = 16)	70,84	0,34	15,55	0,77	2,36	0,82	1,75	3,66	3,96	0,15	99,51
Граниты ум.-щел. 4 ф (n = 4)	70,44	0,30	15,27	0,73	1,70	0,6	1,58	3,8	4,68	0,14	99,31
Граниты щел. 4 ф (n = 2)	68,86	0,4	14,86	0,55	2,22	0,7	1,81	4,22	5,51	0,14	99,32
Лейкограниты 5 ф (n = 23)	74,66	0,14	12,96	0,94	1,65	0,21	0,77	3,56	4,25	0,05	99,38
Лейкограниты ум.-щел. 5 ф (n = 11)	74,75	0,15	12,68	0,90	1,63	0,17	0,58	4,0	4,36	0,03	99,54

**Примечание.** Анализы выполнены в лаборатории Сибирского Испытательного Центра (г. Новокузнецк). 1ф–5 ф – фазы становления массива; n – количество проб; сокращения: щел.- щелочные, ум.-щел. – умеренно-щелочные.

Характерной особенностью пород массива является увеличение содержания калия в гранитоидах 4 и 5 фаз и преобладание калия над натрием (табл. 1) В направлении от ранних к поздним фазам снижается количество глинозёма, титана, железа, магния. Особенностью пород массива является несколько повышенная фосфористость. В целом набор породных типов и их химизм позволяет отнести к габбро-гранитоидной серии повышенной щёлочности.

На диаграмме ТАС (рис. 1) породы комплекса располагаются на границе известково-щелочной и умеренно-щелочной серий.

При этом кварцевые сиениты, граниты, умеренно-щелочные граниты, щелочные граниты и умеренно-щелочные лейкограниты попадают в поле умеренно-щелочных пород. Остальные породные типы локализируются в пределах известково-щелочной серии (рис. 1).

Микроэлементный состав пород сведен в табл. 2.

Характерной особенностью пород массива является увеличение содержания рубидия, бария, цезия и фтора в направлении от начальных к конечным фазам (см. табл. 2).

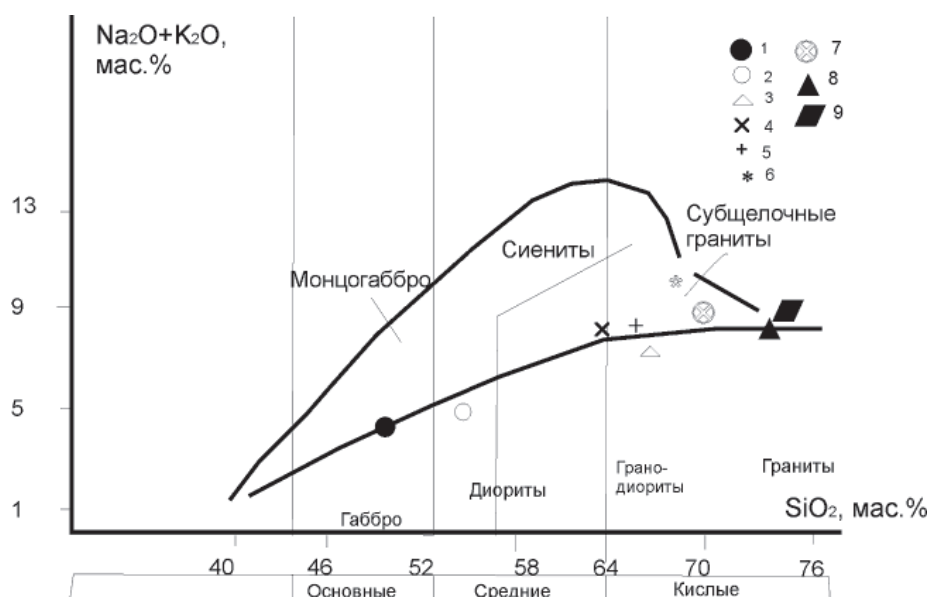


Рис. 1. Петрохимическая диаграмма диагностики горных пород в координатах  $SiO_2 - (Na_2O + K_2O)$  для породных типов Бутачихинского массива: 1 – габбро; 2 – диориты; 3 – гранодиориты; 4 – кварцевые сиениты; 5 – граниты; 6 – граниты щелочные; 7 – граниты умеренно-щелочные; 8 – лейкограниты; 9 – умеренно-щелочные лейкограниты

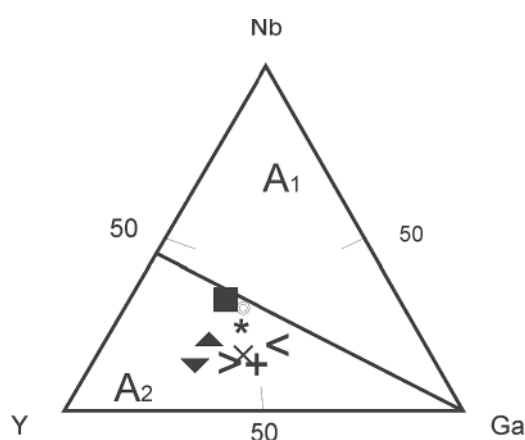
Таблица 2

Микроэлементный состав породных типов Бутачихинского массива (г/т)

Элементы	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Li	22	12	14	17	22	23	20	21	11
Be	0,1	0,1	0,5	0,8	0,7	0,8	1,0	0,9	2,5
Sc	41	34	25	30	4,5	4,8	5,0	5,1	6,5
Ti	5200	3500	2780	2550	1450	1250	1300	950	600
V	195	290	155	145	43	35	38	12	7,5
Cr	135	77	80	75	15	14	22	29	26
Co	35	36	25	30	5,1	5,0	4,9	4,8	2,5
Ni	110	65	45	42	16	14	13	17	14
Ga	26	24	25	25	23	24	25	23	20
Rb	34	32	75	90	125	120	122	119	115
Sr	430	600	550	535	130	145	156	156	185
Y	44	40	35	38	39	40	41	38	48
Zr	204	110	105	104	115	90	95	65	45
Nb	23	21	15	16	7	12	14	21	14
Cs	1,9	1,0	2,1	3,5	6,0	5,0	5,4	6,1	6,0
Ba	560	610	550	525	600	620	650	770	910
La	10	11	21	23	43	38	37	36	44
Yb	3,7	3,3	3,5	4,0	5,3	5,1	5,0	5,4	4,2
Pb	21	15	18	16	25	22	21	23	22
Th	4,1	2	3,5	4,1	4,0	6	10	13	10
U	2,1	2	1,9	2,1	2,1	2,2	2,1	3,5	2,2
Mo	1,8	4,5	2,2	2,0	0,7	2,5	3,4	1,8	1,5
Sn	6,2	12	6,4	7,9	7,4	6,6	7,0	5,7	4,5
F	510	400	480	500	550	580	600	590	670

Примечание. Анализы выполнены количественным спектральным методом в лаборатории Сибирского Испытательного Центра (г. Новокузнецк).

По соотношениям Y–Nb–Ga все породные типы Бутачихинского массива локализируются в поле анорогенных гранитоидов A<sub>2</sub> типа (рис. 2).



○ 1 ■ 2 ▲ 3 ▼ 4 + 5 × 6 \* 7 < 8 > 9

Рис. 2. Диаграмма Y–Nb–Ga по Дж. Эби [6] для гранитоидов Бутачихинского массива.

Поля гранитоидов по Дж. Эби [6]:

A<sub>1</sub> – анорогенные гранитоиды A<sub>1</sub> – типа постколлизионных обстановок;

A<sub>2</sub> – анорогенные гранитоиды A<sub>2</sub> – типа мантийных горячих точек и плюмов.

Бутачихинский массив: 1 – габбро 1 ф.; 2 – диориты 2 ф.; 3 – гранодиориты 3 ф.; 4 – кварцевые сиениты 3 ф.; 5 – граниты рибекитовые 4 ф.; 6 – граниты умеренно-щелочные 4 ф.; 7 – граниты щелочные рибекитовые 4 ф.; 8 – лейкограниты 5 ф.; 9 – лейкограниты умеренно-щелочные 5 ф.

Ранее нами кислые породы Бутачихинского массива были отнесены к агапитовым редкометалльным гранитоидам (A<sub>2</sub> – тип гранитов), объединенным в елиновский комплекс (D<sub>3e</sub>), включающий массивы: Елиновский, Аскатинский, Бутачихинский и другие [2]. Это однополевошпатовые гиперсольвусные граниты со щелочными роговыми обманками и редким биотитом. Для последнего характерны высокие концентрации фтора (3,1–4,6%), высокая железистость (74–90), низкие содержания хлора (0,03–0,1%), магния (MgO 3,11–4,5%). В рибекитовых гранитах Елиновского массива, являющегося сателлитом Бутачихинского, отношения <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr составляют 0,70413–0,70429, указывающие на мантийный источник магмы. Они сравнительно маловодные. Характеризуются низкими температурами кристаллизации и умеренными общими давлениями (1000–1500·10<sup>2</sup> кПа). От ранних к поздним фазам внедрения наблюдается значительное снижение фугитивности кислорода и воды, за-

метное увеличение активности и летучести плавиковой кислоты. В биотитах лейкогранитов Бутачихинского массива и Елиновского сателлита отмечается самое высокое содержание ниобия, а также повышенные концентрации тантала, циркония, цезия, олова, указывающих на геохимическую специализацию лейкогранитов на указанный спектр элементов [3].

Геохимическая специализация на указанные элементы реализована и в металлогеническом профиле оруденения, связанного с этим массивом. В контакте Еиновского сателлита выявлено *Елиновское флюорит-редкоземельное проявление*. Участок Елиновского проявления находится на водоразделе рек Баблайка и Щебеты. В 300 м от вершины горы с отметкой 1174,2 м по азимуту 45°. Выявлено оно в 1957 г. А.В. Кривчиковым. В 1958 году здесь было пройдено 14 канав, вскрывших оруденение. Рудная зона приурочена к контакту среднезернистых рибекитовых гранитов Елиновского массива с известняками куимовской свиты верхнего силура. Граниты вблизи контакта каолинизированы, окварцованы и обохрены по трещинам. Известняки скарнированы и мраморизованы. Скарновая ассоциация представлена гранатом, пироксеном, эпидотом, везувианом. В скарнированных известняках наблюдается серия кварцевых, кварц-карбонатных и кварц-флюоритовых жил. Простираение жил северо-западное (285–300°), падение северо-восточное под углами 45–90°. Мощность жил до 0,8 м. Они прослеживаются по простираению на первые десятки метров. В отдельных жилах флюорит составляет до 50% объема породы. Иногда в кварце наблюдается мелкая, довольно редкая вкрапленность галенита и сфалерита. Минеральной формой редкоземельных элементов являются поликраз, фергусонит и малакон, локализующиеся в измененных гранитах и флюорит-кварцевых жилах. Размеры вкрапленности 1–2 мм. Рентгеноспектральный анализ каолинизированного гранита дал следующие результаты: Y – 0,01–0,03%, Yb – 0,01–0,03%. Спектральный анализ бороздовых проб по кварцу с сульфидами показал наличие Pb до 0,3–1%, Zn до 1%.

Впоследствии (Кузнецов, 1990) при обследовании канав видимой минерализации не обнаружено. Опробованию были подвергнуты скарнированные известняки, кварц-флюоритовые и кварц-карбонатные породы. Повышенное содержание элементов встречено лишь в измененных гранитах:

Zr – 0,1%, Nb – 0,005%, Ga – 0,001%, Y – 0,01%, Yb – 0,002%. Повышенной радиоактивностью до 65 мкр/ч на фоне 25 мкр/ч обладают дайки рибекитовых гранитов мощностью до 0,3 м и измененные граниты по зонам дробления. В первом случае в дайках повышенная радиоактивность, связанная с малаконом (малакон – дипирамидальная разновидность циркона с повышенными содержаниями U, TR, Th; содержание U – 0,8–1%, Th – 0,3% по рентгеноспектральному анализу), а во втором случае природа радиоактивности не выяснена. Местами в дайках наблюдается малакон в виде густой вкрапленности. Размер зерен малакона до 0,5 см. Местами отмечается густая вкрапленность циркона размерами от 0,5 до 2 мм. Химическим анализом в гранитах установлена диоксид Zr до 0,76%.

Другим, близким по составу проявлением, связанным с рибекитовыми гранитами, является проявление *Аскатинское*. Оно располагается в северном экзо- и эндоконтакте Аскатинского массива. Оруденение проявлено в метасоматически окварцованных и альбитизированных породах (местами представляющих настоящие альбититы), в которых установлена ниобиево-редкоземельная минерализация в виде иттриалита и фергусонита, образующих тонкую вкрапленность размерами 1–2 мм. Содержания в зоне иттрия составляют (%) 0,01–0,05, иттербия 0,01–0,04.

Таким образом, породы Бутачихинского массива имеют позднедевонский возраст, в отличие от Топольнских гранитоидов, датирующихся ранним-средним девонем. По-

роды Бутачихинского массива, в отличие от Топольнских (нормальные известково-щелочные породы, относящиеся к петрогенетическому I-типу гранитов), имеют повышенную щёлочность, относятся к анорогенному типу, генерирующемуся в обстановках горячих мантийных точек и плюмов. В составе массива имеются разности пород с щелочными роговыми обманками, однозначно определяемые породы как щелочные.

Металлогения сравниваемых массивов различна. Если с гранитоидами Топольнинского массива связано золото-медно-скарновое оруденение [1], то с массивами Бутачихинского ареала связано уран-редкометалльное и уран-редкоземельное оруденение с флюоритом [2, 3]. Гранитоиды Бутачихинского массива должны рассматриваться в составе самостоятельного комплекса, или относиться к майорскому комплексу щелочных гранитов, с которыми имеют большое сходство и близкий абсолютный возраст, описанных и детально изученных нами ранее [5].

#### Список литературы

1. Гусев А.И., Бедарев Н.П. Руды и металлы. – 1997. – № 2. – С. 100–109.
2. Гусев А.И. Проблемы геодинамики и минерации Южной Сибири. – Томск, 2000. – С. 53–61.
3. Гусев А.И. Известия Томского политехнического университета. – Томск, 2005. – № 4, Т. 307. – С. 43–47.
4. Кривчиков В.А., Селин П.Ф., Русанов Г.Г. Геологическая карта масштаба 1:200 000. Издание второе. Серия Алтайская. Лист М-45-1 (Солонешное). Объяснительная записка. – СПб.: ВСЕГЕИ, 2001. – 183 с.
5. Тимкин В.И., Гусев А.И., Дзагоева Е.А., Смородина М.А. Природные ресурсы Горного Алтая: геология, геофизика, экология, минеральные, водные и лесные ресурсы Алтая. – Горно-Алтайск, 2007. – № 1. – С. 40–45.
6. Eby G.N. Geology. – 1992. – Vol. 20. – P. 64–644.