

УДК 552.3:550.4:550.42:550.93

## ПЕТРОЛОГИЯ И ОРУДЕНЕНИЕ АНОРОГЕННЫХ ЩЕЛОЧНЫХ ГРАНИТОИДОВ ЕЛИНОВСКОГО МАССИВА ГОРНОГО АЛТАЯ

Гусев А.И., Гусев Н.И.

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

Приведены геологические, геохимические и петрологические данные по щелочным гранитоидам Елиновского массива среднего девона. Датировка абсолютного U-Pb возраста по циркону на масспектрометре SHRIMP II дала цифру 369 млн лет. В составе массива описаны 2 фазы внедрения (рибекитовые граниты и лейкократовые умеренно-щелочные граниты) и единичные дайки умеренно-щелочных лейкогранитов. С гранитоидами парагенетически связано урановое штокверковое и скарновое флюорит-редкометалльно-редкоземельное оруденение. Помимо флюорита в рудах отмечены циркон (малакон), иттриалит, фергусонит. Оруденение сопровождается метасоматитами фельдшпатоидного типа в виде альбитизации гранитоидов.

**Ключевые слова:** анорогенные граниты, рибекит, возраст, циркон, штокверк, урановая смолка, скарны, флюорит, редкие земли, редкие элементы

## PETROLOGY AND ORE MINERALIZATION OF ANOROGENIC GRANITOIDS OF ELINOVSKII MASSIF OF MOUNTAIN ALTAI

Gusev A.I., Gusev N.I.

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

New data of geological/ geochemical and petrological lead on alkali granitoids of Elinovskii massive of Middle Devonian. Date of absolute age on U-Pb age on zircon on masspectrometer SHRIMP II let 369 mln. years. Two phases of intrusive described (riebeckite granite and leicocratic sub-alkalic granites) and single dikes leicocratic sub-alkalic granites. Uranium stockwork and skarn fluorite-rare metals-rare earth metals ore mineralization linked with granitoids paragenetic. Zircon (malacon), iitrialite, fergussonite marked in ore mineralization besides of fluorite. Ore mineralization accompany bymetasomatites of feldshpites type in species albitization of granitoids.

**Keywords:** anorogenic granitoids, riebeckite, absolute age, zircon, stockwork, pitchblende, skarns, fluorite, rare elements, rare earth elements

Елиновский массив гранитоидов расположен в левом борту реки Щебеты (левый приток реки Ануй) и представляет собой трещинное тело северо-восточного простирания протяжённостью более 2 км и шириной от 0,5 до 1 км. На северо-восточном продолжении массива наблюдается несколько даек протяжённостью от 0,5 до 1 км и мощностью от 0,3 до 50 м. Сложен он рибекитовыми гранитами и лейкогранитами розовато- и желтовато-серой окраски. В составе доминирующих в массиве лейкогранитов преобладает призматический полевой шпат (50–60%), в значительном количестве (до 30–35%) отмечается кварц. Характерным темноцветным минералом лейкогранитов является амфибол, не равномерно распределённый в породе с редкими гломеропорфировыми скоплениями. Его содержания варьируют от 3 до 6% при среднем значении 4%. Спорадически отмечаются астрофиллит, эгирин. Характерна гипидиоморфнозернистая структура, местами переходящая в аллотриоморфнозернистую. Амфибол представлен крупными (до 0,5–1 см) удлинённо-призматическими кристаллами почти чёрного цвета с буровато-синим оттенком. Пересчёт на структурную формулу химического состава амфи-

бола показал, что по величине катионной группы ( $X=2,11-2,15$ ) он близок к рибекиту (для рибекита  $X=2$ , а для арфведсонита  $X=3$ ). Кроме того, близость к рибекиту устанавливается и по отсутствию алюминия в октаэдрической координации ( $Al_{VI}$ ). Микропертитовый полевой шпат образует в гранитах призматические кристаллы. По химизму полевой шпат характеризуется почти равными количествами натрия и калия при некотором преобладании последнего.

Химический состав породных типов массива представлен в табл. 1.

Примечание. Анализы выполнены в лаборатории Сибирского Исследовательского Центра (г. Новокузнецк).

На диаграмме ТАС породы Елиновского массива локализируются или в поле умеренно-щелочных гранитов, или в поле – известково-щелочных гранитов и на границе указанных полей (рис. 1). При этом в ультракислых разностях чаще появляются породы нормальной известково-щелочной серии.

В отличие от диаграммы ТАС, на диаграмме Л.В. Бородина (рис. 2), – породы Елиновского массива попадают в поле высоко щелочной серии (рис. 2).

Таблица 1

Химический состав пород Елиновского массива (масс. %)

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	MNO	MGO	CAO	NA <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	PPP	SUMMA
76,82	0,07	11,95	0,82	1,86	0,03	0,2	0,1	3,86	4,32	0,03	0,02	100,08
78,02	0,06	11,59	0,69	1,93	0,03	0,2	0,09	6,41	0,95	0,03	0,21	100,21
77,04	0,06	12,03	0,52	1,33	0,03	0,2	0,16	4,11	4,18	0,03	0,22	99,91
76,27	0,06	12,08	0,38	1,73	0,03	0,2	0,22	3,96	4,17	0,03	0,23	99,36
76,03	0,11	12,08	1,52	1,22	0,01	0,4	0,22	3,82	4,1	0,02	0,35	99,88
75,83	0,11	12,27	0,86	1,73	0,03	0,2	0,1	4	4,49	0,03	0,18	99,83
75,69	0,16	11,54	2,33	1,21	0,06	0,22	0,34	3,64	4,2	0,02	0,4	99,81
75,69	0,1	12,28	1,1	1,73	0,12	0,2	0,07	3,91	4,25	0,03	0,21	99,69
74,33	0,17	13,03	1,21	1,4	0,04	0,2	0,11	3,99	4,96	0,03	0,36	99,83
71,21	0,21	14,47	2,32	1,26	0,09	0,2	0,13	5,42	4,1	0,03	0,52	99,96
77,67	0,09	11,4	0,94	1,2	0,03	0,1	0,08	3,82	4,6	0	0,06	99,99
76,39	0,1	11,99	1,35	0,77	0,01	0,01	0,01	3,79	4,8	0,01	0,34	99,57

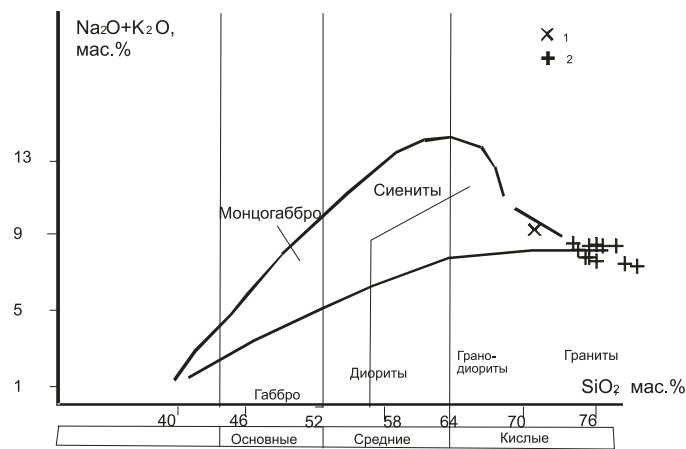


Рис. 1. Петрохимическая диаграмма TAS диагностики горных пород в координатах SiO<sub>2</sub> – (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) для пород Елиновского массива: Граниты умеренно-щелочные 1 фазы; 2 – умеренно-щелочные и известково-щелочные лейкограниты 2 фазы

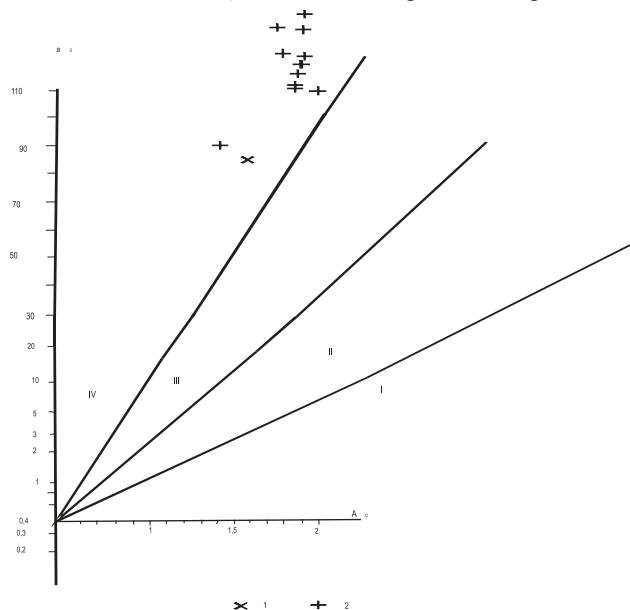


Рис. 2. Диаграмма Ac – a<sub>0</sub>[1] для пород Елиновского массива. Петрохимические серии пород по Л.В. Бородину: I – известково-щелочная; II – умеренно-щелочная; III – щелочная, IV – высоко-щелочная. Остальные условные см. на рис. 1

На диаграмме  $R_1$ – $R_2$  породные типы Елиновского массива попадают в разные поля: рибекитовые граниты I фазы – в поле позднеорогенных пород, а умеренно-щелочные и известково-щелочные лейкограниты – в поля анорогенных и синколлизийонных гранитов (рис. 3).

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

диоморфные. Цвет желтоватый, розоватый до красно-бурого и коричневого. Нередки ювелирные гиацинты. Цирконы содержат много включений, зональность их грубая. По 10 замерам в цирконах получен возраст  $369 \pm 10$  млн лет (поздний девон) (рис. 4.). 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  $Th/U = 0,31$ – $0,60$ ).

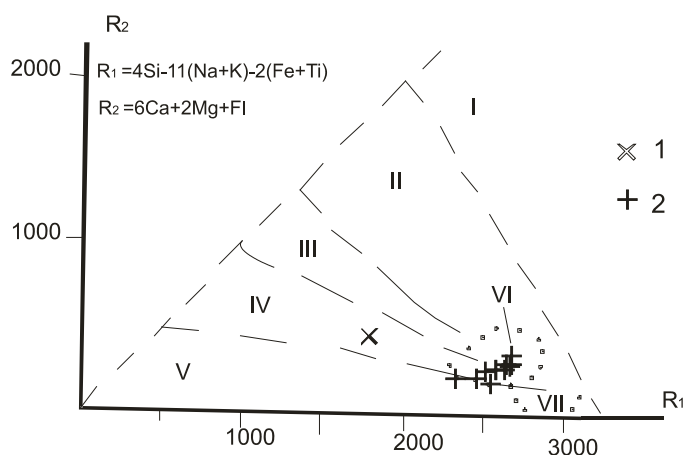


Рис. 3. Диаграмма  $R_1$ – $R_2$  по [4] для пород Елиновского массива.

Поля на диаграмме: I – мантийные плагитограниты, II–VII – гранитоиды островодужные (II), постколлизийонных поднятий (III), позднеорогенные (IV), анорогенные (V), синколлизийонные (VI), посторогенные (VII). Остальные условные см. на рис. 1

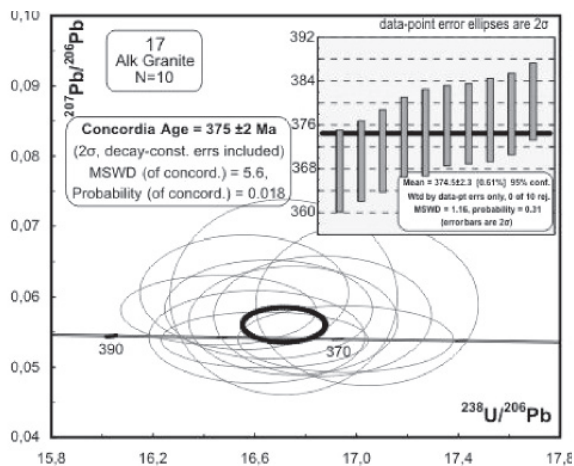
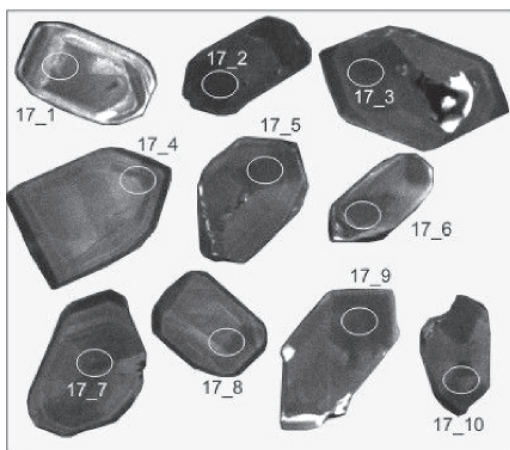


Рис. 4. Морфология кристаллов циркона, по которым определён абсолютный возраст и диаграмма  $U$ - $Pb$  отношений с конкордиями для циркона на кривой возраста для рибекитовых лейкогранитов Елиновского массива

Описания циркона выполнены Н.Г. Бережной. Локальный  $U$ - $Pb$  анализ циркона проведен по классической методике [5] на вторично-ионном масспектрометре (SIMS) SHRIMP II в Центре изотопных исследований ВСЕГЕИ (аналитики А.Н. Ларионов, Е.Н. Лепехина, Н.В. Родионов, И.П. Падерин).  $U$ - $Pb$  отношения нормализовались на значение 0.0668, приписанное стандартному циркону TEMORA. Погрешности из-

мерений единичных анализов приведены для интервала  $1\sigma$ , погрешности вычисленных конкордантных возрастов и пересечений с конкордией – на уровне  $2\sigma$ . Графики строились с использованием программы ISOPLOT/EX.

В процессе проведения работ по НИР нами получены новые данные по химизму Елиновского массива. Представительные анализы породных типов представлены в табл. 2.

Таблица 2  
Представительные анализы породных типов Елиновского массивов (оксиды в масс. %, элементы – в г/т)

Оксиды и химические элементы	1	2	3	4
1	2	3	4	5
	71,25	75,4	76,1	76,0
SiO <sub>2</sub>	0,22	0,08	0,08	0,08
TiO <sub>2</sub>	14,50	12,4	12,3	12,9
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2,35	1,49	1,15	0,91
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,25	0,94	0,79	0,63
FeO	0,10	0,05	0,03	0,02
MnO	0,23	0,18	0,07	0,05
MgO	0,15	0,43	0,47	0,43
CaO	5,45	4,34	4,36	4,26
Na <sub>2</sub> O	4,12	4,27	4,28	4,63
K <sub>2</sub> O	0,15	< 0,05	< 0,05	< 0,05
Сумма	99,99	100	100	100
V	12,1	10,7	10,9	10,9
Cr	35,5	20,3	21,5	34,6
Co	2,1	1,04	1,39	1,43
Ni	2,2	2,05	2,99	1,83
Cu	4,5	1,95	2,25	3,27
Zn	145	163	149	112
Rb	250	246	226	141
Sr	275	1,85	1,95	5,11
Nb	35,1	23,8	25,9	17,7
Cs	7,7	2,89	4,66	1,35
Ba	204	17,1	24,9	186
Pb	19,5	5,8	16,5	6,83
Th	15,1	14,0	27,5	15,6
La	41,5	29,3	40,5	39,7
Ce	90,2	72,3	88,9	71,3

Геохимическая специализация на указанные элементы реализована и в металлогеническом профиле оруденения, связанного с этим массивом. В контакте Еиновского сателлита выявлено *Елиновское флюорит-редкоземельное проявление* [2, 3]. 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

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5
Pr	12,1	7,83	11,9	10,5
Nd	46,8	26,6	45,1	38,4
Sm	12,4	4,48	12,1	9,25
Eu	0,87	0,11	0,44	0,7
Gd	11,9	2,77	12,1	9,1
Tb	2,15	0,38	2,12	1,49
Dy	15,1	2,54	14,6	9,72
Ho	3,21	0,63	3,08	2,14
Er	10,2	2,15	9,03	6,25
Tm	1,78	0,55	1,41	1,03
Yb	10,2	3,89	9,4	6,39
Lu	1,41	0,63	1,34	0,98
Y	90,5	12,2	83,2	62,0
Σ РЗЭ	350,32	166,36	335,22	268,95
Ga	31,5	22,6	21,6	20,1
Zr	554	248	464	359
Sc	2,5	< 0,1	< 0,1	< 0,1
Hf	16,7	8,0	15,3	9,13
Ta	12,9	1,36	2,41	1,52
Mo	1,1	0,75	0,86	1,66
Sb	0,3	0,25	0,2	0,32
Sn	5,9	3,34	4,06	2,63
Be	4,5	3,67	4,73	3,79
W	1,3	0,73	0,89	0,6
U	6,3	4,54	6,27	3,83
Li	171,0	114,0	169,0	10,9
Ag	0,05	0,018	0,045	0,025

Примечание. Силиктный анализ выполнен в лаборатории ВСЕГЕИ. Определения редких элементов выполнены эмиссионной спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой на спектрометре «ОПТИМА-4300», для Cu, Zn, Pb, Li, – методом ISP-AES (аналитик Э.Г. Червякова), остальные элементы, в том числе РЗЭ – методом ISP-MS в той же лаборатории (аналитики В.А. Шишлов, В.Л. Кудряшов). ΣРЗЭ – сумма редкоземельных элементов.

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 простиранию 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, локализирующиеся 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%. В альбитизированных гранитах проявлено ураново-смолковое оруденение с содержаниями урана от 0,1 до 1,5%. 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.

В 2012 году в мощной дайке рибекитовых лейкогранитов обнаружено штокверковое оруденение урана в виде прожилков и вкрапленности кварца с урановой смолкой. Протяжённость штокверка более 100 м, мощность от 3 до 15 м. Содержание урана в зоне варьирует от 0,1 до 1,5%.

Таким образом, породы Елиновского массива имеют позднедевонский возраст по уран-свинцовому датированию методом SHRIMP II. В составе массива щелочные роговые обманки, однозначно определяют гранитоидные породы как щелочные, относящиеся к анорогенному типу. Металлогения Елиновского массива – уран-редкоземельная: скарновая флюорит-редкометалльно-редкоземельная и урановая.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бородин Л.С. Геохимия главных серий изверженных пород. – М.: Недра, 1981. – 230 с.
2. Гусев А.И., Гусев Н.И. // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2011. – №8. – С. 16–19.
3. Гусев А.И., Гусев Н.И., Красова А.С. // Успехи современного естествознания. – 2012. – № 4. – С. 222–226.
4. Batchelor R.A., Bowden P. // Chemical Geology. – 1985. – Vol. 48. – P. 43–45.
5. Williams I.S. // Rev. in Econ. Geology. – 1998. – № 7. – P. 1–35.