УДК 549.514.81: 552.321(571.62)

М.М.МАЧЕВАРИАНИ, *студентка, wmdmaria@gmail.com*
В.И.АЛЕКСЕЕВ, *канд. геол.-минерал. наук, доцент, wia59@mail.ru*
Санкт-Петербургский государственный горный университет

M.M.MACHEVARIANI, *student, wmdmaria@gmail.com*
V.I.ALEKSEEV, *PhD in geol. & min. sc., associate professor,wia59@mail.ru*
Saint Petersburg State Mining University

ТИПОМОРФНЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЦИРКОНА ИЗ ГРАНИТОИДОВ ВЕРХНЕУРМИЙСКОГО МАССИВА (ПРИАМУРЬЕ)

При помощи комплекса электронной и оптической микроскопии различного разрешения и систем микроанализа исследованы типоморфные признаки цирконов из гранитоидов Верхнеурмийского массива в Приамурье. Комплексное изучение кристалломорфологии и элементного состава цирконов позволило оценить условия кристаллизации гранитов и провести типизацию цирконов из разных интрузивных фаз. Особенности цирконов могут быть использованы при региональном расчленении интрузивных образований и поисках редкометалльных гранитов.

***Ключевые слова*:** циркон, типоморфизм, гранитоиды, кристалломорфология.

TYPOMORFIC FEATURES OF THE ZIRCON FROM VERCHNEURMIJSKY GRANITE MASSIF (PRIAMURYE)

Having used electron microscopy permits and microanalysis systems researched typomorphic features of the zircons from Verchneurmijsky granite massif in Priamurye. Crosscutting study of the zircon crystal morphology and ultimate composition to predict peculiar properties of minerageneses conditions and afford opportunity to draw sharp disjunction of zircon features from different intrusive phases. Features of the zircons can be used at regional partition of intrusive formations and searches of rare-metal granites.

***Key words*:** zircon, typomorfizm, granitoids, morphology of crystall.

Введение. В районе Баджальского и Мяо-Чанского хребтов Приамурья широко распространены гранитоидные плутоны, которые играют важную роль в локализации редкометалльного оруденения крупнейшего Баджало-Комсомольского оловорудного района. Гранитоиды принадлежат к разным возрастным сериям и породным ассоциациям, поэтому их типизация традиционно вызывает споры и требует привлечения новых источников информации [1]. Выявление типоморфных особенностей акцессорных минералов гранитоидов способствует корректному расчленению интрузивных образований и поискам редкометалльных гранитов в Приамурье.

Циркон, широко распространенный акцессорный минерал, является одним из важнейших минералов-индикаторов условий петрогенеза. Нами были изучены цирконы из гранитоидов Верхнеурмийского массива, сложенного четырьмя фазами: крупно-, средне-, мелкозернистыми биотитовыми гранитами и среднезернистыми циннвальдитовыми гранитами, относимыми к литий-фтористому геохимическому типу и контролирующими гигантское Правоурмийское оловорудное месторождение [2]. По совокупности оптических наблюдений в биотитовых гранитах выделены бурые и бесцветные коротко- и длиннопризматические цирконы с тонкой осцилляторной зонально-

стью. Редкометалльные циннвальдитовые граниты содержат субизометричный грубозональный циркон.

Кристалломорфология циркона. Эволюционный кристалломорфологический анализ распределения морфотипов циркона для 12 проб цирконов (30-50 зерен на пробу) показал контрастное различие морфологии цирконов из биотитовых (Zrn-BT) и циннвальдитовых (Zrn-ZNW) гранитов. Практически непрерывный «шток» основных морфотипов (I.A. = 700 °C, I.T. = 300-800 °C) характерен для потенциально рудоносных гранитов субщелочно-лейкогранитовой формации [4]. Кристаллизация биотитовых гранитов проходила в маловодных условиях при достаточно высоких температурах (900 °C для гранит-порфира, 850 °C для микро-, крупно- и среднезернистых биотитовых гранитов). Широкий диапазон морфотипов циркона по оси I.A. свидетельствует о гетерогенности материнского расплава. Формирование редкометалльных циннвальдитовых гранитов связано с флюидонасыщенным расплавом, имевшим температуру 750-650 °C, и завершалось уже в гидротермальных условиях (рис.1).

Сравнительно более низкая температура образования циннвальдитового гранита косвенно подтверждает возможность участия в процессе фторидных комплексов. Перерыв в вертикальном температурном тренде распределения морфотипов циркона отражает, вероятно, наложение на закристаллизованные породы олово- литий- и фторсодержащих флюидов, отделившихся в процессе эманационной дифференциации.

Химический состав циркона. Электронная микроскопия в режимах BSE, SE, CL и рентгеноспектральный анализ элементного состава позволили уточнить типизацию Zrn-BT и Zrn-ZNW. Медленные скорости кристаллизации биотитовых гранитов обусловили формирование однородных цирконов, в то время как результатом быстрой кристаллизации литий-фтористых гранитов явилось образование пористых скелетных форм циркона (рис.2, *б*). Сетчатое строение зерен Zrn-ZNW может быть обусловлено также их растворением, вследствие быстрой смены условий роста кристалла. Стоит отметить также характерную для цирконов Zrn-ZNW сетку трещин гетерометрии, возникающих в результате разгрузки внутренних напряжений кристаллической решетки, осложненной дефектами (рис.2, *а*). История эволюции магмы при непрерывном росте циркона оставила свой отпечаток в виде осцилляторной зональности

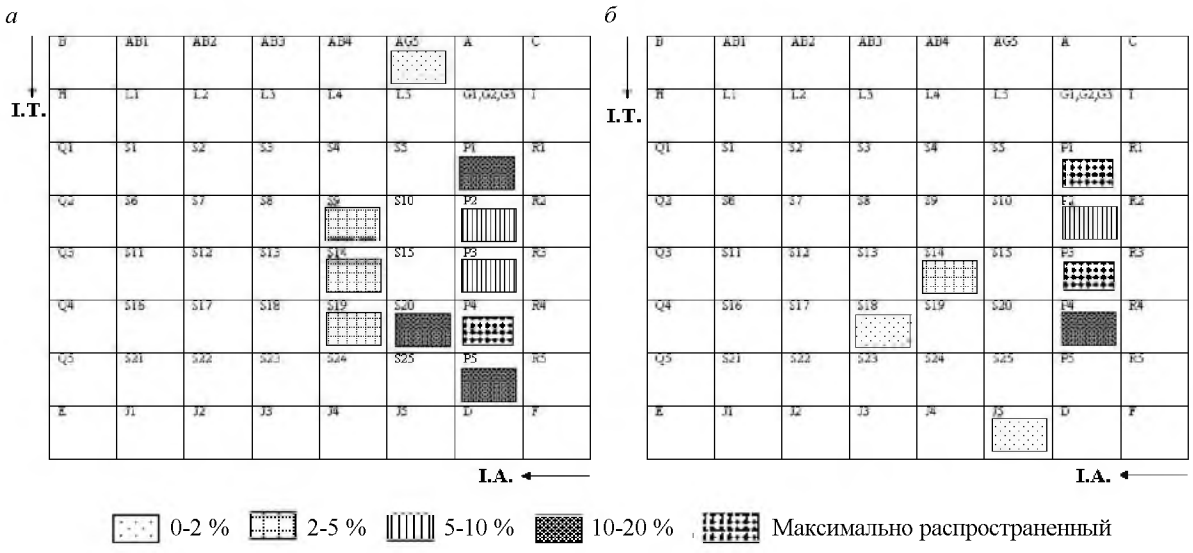


Рис.1. Характерные «штоки» распределения морфотипов циркона на диаграмме Ж.Пюпина [1]: *а* – для биотитовых (Zrn-BT); *б* – циннвальдитовых (Zrn-ZNW) гранитов Верхнеурмийского массива

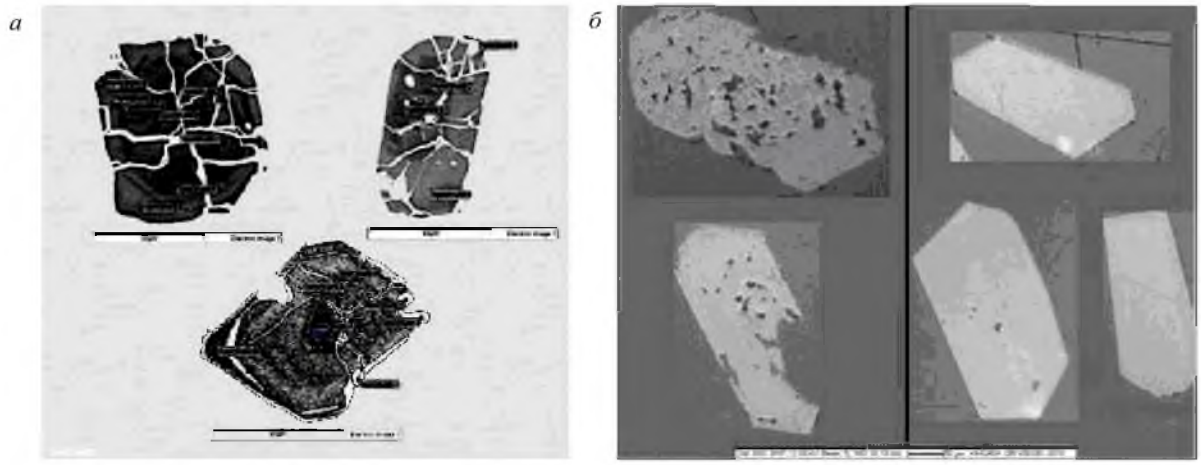


Рис.2. Анатомия индивидов циркона из биотитовых (Zrn-BT) и циннвальдитовых (Zrn-ZNW) гранитов Верхнеурмийского массива: *а* – в режиме BSE; *b* – в режиме SE

Химический состав цирконов в гранитоидах Верхнеурмийского массива

Компонент, %	Zrn-BT			Zrn-ZNW		
	max	min	среднее	max	min	среднее
SiO_2	33,65	31,70	32,82	43,45	30,06	32,92
ZrO_2	67,04	58,50	65,08	67,38	39,04	59,20
Na_2O				2,95	0,72	1,58
Al_2O_3	2,55	2,55	2,55	5,59	0,91	1,65
P_2O_5				15,01		14,31
CaO				1,46	0,46	0,67
Fe_2O_3	5,42	0,52	1,50	12,61	0,64	1,07
Y_2O_3				15,63		6,69
Ce_2O_3				1,45		1,35
Nd_2O_5				1,53		1,26
Sm_2O_3				0,66		0,64
Gd_2O_3				1,68		1,63
Dy_2O_3				2,73		1,84
Ho_2O_3	0,21	0,206	0,21	2,90		2,90
Er_2O_3				3,34		3,34
Yb_2O_3				2,84	2,84	1,23
HfO_2	2,31	0,05	1,13	11,71	0,68	3,06
ThO_2	0,61	0,02	0,29	11,60	0,05	1,75
UO_2	1,67	0,19	0,95	40,19	0,24	2,41
ZrO_2/HfO_2			57,6			19,3

Zrn-BT, выявленной в режиме катодолюминесценции. Цирконы Zrn-ZNW обладают более грубой зональностью, что говорит о менее стабильных условиях роста кристаллов при быстром охлаждении материнского расплава и нарушении регулярности решетки вследствие изоморфизма и формирования микроминералов-узников.

Состав циркона в отношении редких элементов непостоянен и зависит от типа материнских пород и возраста минерала. Для цирконов Верхнеурмийского плутона характерна изоморфная примесь Fe(0,4-1,0 % по массе). Вероятный механизм изоморфного замещения: $Fe^{2+} + 3(Y,REE)^{3+} + P^{5+} = 3Zr^{4+} + Si^{4+}$; $Fe^{2+} + 4(Y,REE)^{3+} + P^{5+} = 4Zr^{4+} + Si^{4+}$

[5]. Цирконы биотитовых гранитов – $(Zr_{0,97}$ $Fe_{0,02}$ $U_{0,01})Si_{0,99}O_4$ – свободны, как правило, от примесей, а цирконы циннвальдитовых гранитов – $(Zr_{0,65}$ $U_{0,12}$ $Th_{0,09}$ $Hf_{0,04}$ $Fe_{0,02})Si_{0,99}O_4$ – содержат повышенные концентрации редких элементов: Hf, Th, U, REE, особенно в периферических частях зерен. Наиболее контрастны различия цирконов по содержанию гафния. Отношение Zr/Hf в цирконах циннвальдитовых и биотитовых гранитов составляет соответственно 19 и 58 (см. таблицу, рис.3).

Выводы. Таким образом, в составе гранитов Баджальского района установлены два типа циркона. Первый тип Zrn-BT включает типичные магматические цирконы, характерные для пород начальных членов редкометалльных гранитоидных серий – гранодиоритов, нормальных гранитов. Свойства цирконов второго типа Zrn-ZNW позволяют связывать их генетически с редкометалльными гранитами субщелочно-щелочногранитовых формаций – литий-фтористыми гранитами [3]. Hf-содержащий циркон второго типа сформировался во флюидонасыщенном расплаве и на поздних стадиях своего роста подвергался интенсивному гидротермальному воздействию.

Полученный комплекс типоморфных признаков циркона гранитоидов позволяет проводить петрологические корреляции и выделять в Приамурье ранее не выявленные редкометалльные граниты литий-фтористого типа. После количественного исследования выявленных признаков они могут быть использованы для оценки степени потенциальной рудоносности гранитов.

Исследования выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ, госконтракт № 14.740.11.0192.

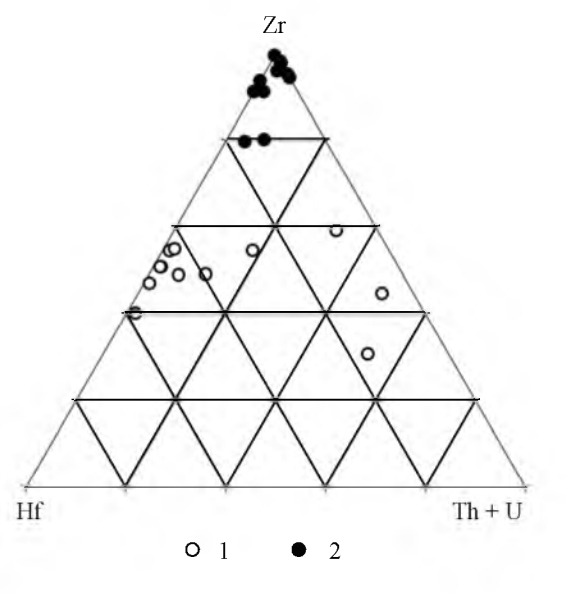


Рис.3. Различие состава цирконов в биотитовых (1) и циннвальдитовых (2) гранитах Верхнеурмийского массива

ЛИТЕРАТУРА

1. *Григорьев С.И.* Особенности вещественного состава позднемезозойских гранитоидов Баджальского и Комсомольского рудных районов, их петрогенезис и связь с оруденением // Региональная геология и металлогения. 1997. № 6. С.103-115.

2. *Кривовичев В.Г.* Абсолютный возраст и геохимические особенности гранитов Верхнеурмийского массива (Приамурье, Дальний Восток) / В.Г.Кривовичев, А.И.Брусницин, А.Н.Зайцев // Геохимия. 1996. № 2. С.106-111.

3. *Марин Ю.Б.* Акцессорные минералы гранитоидных серий оловянных и молибденовых провинций // Записки РМО. 2004. № 6. С.1-7.

4. Реставрация условий и кинетики становления гранитов редкометальных формаций по кристалломорфологии акцессорного циркона / Р.Л.Бродская, Е.Ю.Марина, Г.К.Шнай и др. // Записки ВМО. 1986. № 1. С.50-62.

5. *Hoskin P.W.O., Schaltegger U.* The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis // Zircon: Reviews in mineralogy and geochemistry. 2003. Vol.53. № 1. P.27-62.

REFERENCES

1. *Grigor'ev S.I.* Material composition of Late Mesozoic granitoids from Badzhalskii and Komsomolskii ore regions, petrogenesis and relationship with mineralization // Regional geology and metallogeny. 1997. N 6. P.103-115.

2. *Krivovichev V.G., Brusnitsin A.I., Zaitsev A.N.* The absolute age and geochemical features of Verhneurmii granite massif (Amur Region, Far East) // Geochemistry. 1996. N 2. P.106-111.

3. *Marin Yu.B.* Accessory minerals from granitoid series of tin and molybdenum provinces // Proceedings of the WMO. 2004. N 6. P.1-7.

4. *Brodskaya R.L., Marina E.Yu., Shnai G.K.* et al. Restoration of conditions and the kinetics of formation of REE granite formations on the crystal morphology of accessory zircon // Proceedings of the WMO. 1986. N 1. P.50-62.

5. *Hoskin P.W.O., Schaltegger U.* The composition of zircon and igneous and metamorphic petrogenesis // Zircon: Reviews in mineralogy and geochemistry. 2003. Vol.53. N 1. P.27-62.

Научный руководитель чл.-кор. РАН *Ю.Б.Марин*