

Е. Б. Борисова^{1,2}, А. А. Иванова², Е. В. Баданина¹

¹ Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург, Россия

² Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

ОСОБЕННОСТИ АКЦЕССОРНОЙ МИНЕРАЛИЗАЦИИ Li–F АМАЗОНИТОВЫХ ГРАНИТОВ ТУРГИНСКОГО МАССИВА В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ

Аннотация

Тургинский массив представляет собой сложный интрузив, состоящий из двух комплексов пород: шахтаминский (158 млн лет) и кукульбейский (139 ± 2 млн лет). Ряд дифференциатов кукульбейского комплекса пород завершается образованием амазонитовых гранитов. Однако в сравнении с аналогичными редкометалльными интрузивами, достаточно широко распространенными на территории Забайкалья, отличительной особенностью амазонитовых гранитов Тургинского массива является их безрудность. Изучение типохимизма акцессорных минералов из трёх разновидностей гранитов кукульбейского комплекса позволит выявить особенности формирования гранитов массива и, возможно, объяснить причины отсутствия редкометалльного руденения.

Ключевые слова:

амазонитовые плюмазитовые Li–F граниты, Восточное Забайкалье, акцессорная минерализация, фториды и фторокарбонаты LREE, флюоцерит, бастнезит, алланит, группа пирохлора, группа самарскита.

Е. В. Borisova^{1,2}, А. А. Ivanova², Е. V. Badanina¹

¹ Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

² Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg, Russia

COMPARISON OF THE TYPOCHEMISM OF ACCESSORY MINERALS FROM Li–F AMAZONITE GRANITES OF THE TURGINSKY MASSIF AND RARE-METAL GRANITES OF EASTERN TRANSBAIKALIA

Abstract

The Turginsky massif is a complex intrusion consisting of two rock complexes: Shakhtaminsky (158 Ma) and Kukulbey (139 ± 2 Ma). A number of differentiations of the Kukulbey complex of rocks ends with the formation of amazonite granites. However, in comparison with similar rare-metal intrusions, which are fairly widespread in the territory of Transbaikalia, a distinctive feature of the amazonite granites of the Turginsky massif is their barrenness. The study of the typochemism of accessory minerals from three varieties of granites of the Kukulbey complex will make it possible to identify the peculiarities of the formation of granite massifs and, possibly, explain the reasons for the absence of rare-metal mineralization.

Keywords:

amazonite peraluminous Li–F granites, Eastern Transbaikalia, accessory minerals, fluorides and fluorcarbonates of LREE, fluocerite, bastnaesite, allanite, pyrochlore group, samarskite group.

Введение

Целью нашего исследования было изучение типохимизма акцессорных минералов амазонитовых гранитов Тургинского массива, расположенного в Восточном Забайкалье. Как известно, в Восточном Забайкалье находятся многочисленные месторождения Ta, Li, Sn, W, обычно связанные с массивами редкометалльных Li–F амазонитовых гранитов — Орловский, Этыкинский, Ачиканский. В отличие от этих рудоносных объектов в породах Тургинского

массива отмечается очень низкая концентрация редких металлов, что обуславливает интерес к данному объекту. Полученные результаты позволили выявить некоторые особенности условий образования гранитов Тургинского массива и сравнить их с особенностями известных рудоносных объектов.

Тургинский массив сложен породами двух интрузивных комплексов: шахтаминского монцодиорит-гранодиорит-гранитового ($159,2 \pm 3,7$ млн лет) и кукульбейского гранит-лейкогранитового ($133,8 \pm 1,2$ млн лет). Редкометалльное оруденение, как правило, связано с породами кукульбейского комплекса, представляющими собой ряд дифференциатов, завершающийся образованием Li-F гранитов. В составе этого комплекса Тургинского массива выделяют крупнозернистые порфиридные биотитовые граниты (Бт); среднезернистые граниты с Li-биотитом и с гороховидным морионоподобным кварцем (Li-Бт); мелкозернистые амазонитовые граниты со слюдами циннвальдитового состава (Амаз).

Методы

Акцессорные минералы размером до 300 мкм были выделены из трёх типов гранитов. Морфология минералов была описана при помощи оптического микроскопа Leica DM4500P, состав изучен методом сканирующей электронной микроскопии в Научно-исследовательском парке СПбГУ «Геомодель» с использованием сканирующего электронного микроскопа Hitachi S-3400N.

Результаты

По составу акцессорных минералов три разновидности гранитов кукульбейского комплекса четко различаются. Бт граниты характеризуются типичным для плюмазитовых гранитов набором акцессорных минералов — циркон, гранат, монацит, фторапатит, ильменит, рутил. В Li-Бт гранитах возрастает минеральное разнообразие — Fe-гранат, циркон, монацит, ксенотим, флюорит, флюоцерит, алланит, бастнезит, паризит, торит, Fe-колумбит, рутил, ильменит. В Амаз гранитах — циркон, флюорит (Y), монацит, ксенотим, торит, Fe-колумбит, минералы группы пироклора, касситерит.

Циркон Тургинского массива отличается от рудоносных объектов уменьшением содержания Hf и увеличением содержания Th, U, REE, Y, Ti в примесном составе в рядах дифференциатов (Иванова и др., 2018). Помимо этого, циркон из Li-Бт гранитов характеризуется колечатым двойникованием и контрастно отличающимися зонами роста, что в совокупности говорит о значительном повышении температур кристаллизации и щелочности расплава на данном этапе. На диаграмме E. Пеллетера (Pelleter et al., 2007), где выделены поля магматического и гидротермального циркона на основе Ce / Ce^* — $(Sm / La)_N$ отношений, точки, отвечающие составу циркона из Тургинского массива, занимают промежуточное положение между полями циркона магматического и гидротермального происхождения (Иванова и др., 2018).

Во всех типах гранитов распространен монацит, ксенотим встречается преимущественно в виде включений. Монацит из Бт гранитов имеет максимальную концентрацию Th для этого массива (до 22,82 мас. %). В монаците из Li-Бт возрастающую роль играет LREE, монацит из Амаз гранитов имеет высокое содержание REE и Y. Этот факт необычен, так как для монацитов из массивов редкометалльных гранитов наблюдается обратная тенденция (Förster, 1998; Борисова и др., 2018).

В Тургинском массиве минералы группы колумбита-танталита представлены только ферроколумбитом $\text{Fe}^{2+}\text{Nb}_2\text{O}_6$ с очень низким содержанием Mn и Ta. В отличие от известных рудоносных массивов региона колумбиты Тургинского массива не обнаруживают значимой эволюции химического состава. В то же время в дифференциатах рудоносных Орловского и Этыкинского массивов для колумбита-танталита установлены тренды эволюции, выражающиеся в существенном возрастании содержания марганца, а затем тантала (Поваренных, 2008).

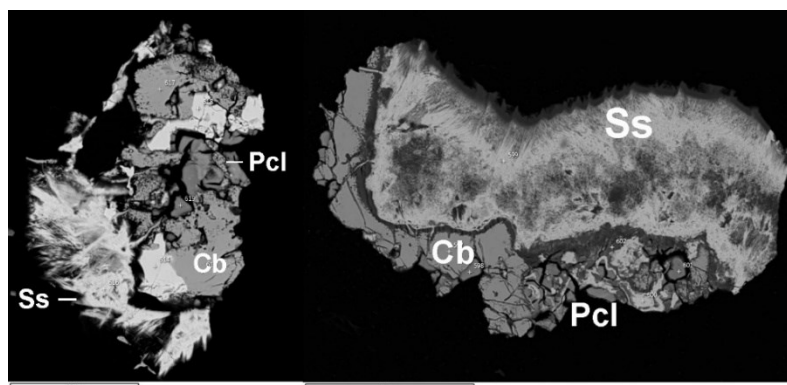


Рис. 1. Минералы групп пирохлора и самарскита (ishikawaite?) из Амаз гранитов: Cb — ферроколумбит; Plc — пирохлор; Ss — минерал группы самарскита

Fig. 1. Pyrochlore and samarskite groups minerals from amazonite granites: Cb — ferrocolumbite; Plc — pyrochlore; Ss — samarskite group mineral

В Li-Бт и Амаз гранитах обнаружены замещающие колумбит фазы Y, REE, U, Th, Nb, Ta состава (рис. 1). Основываясь на методе идентификации (Y, REE, U, Th) — (Nb, Ta, Ti) оксидов по каноническим переменным составам (Ercit, 2005), нами установлено присутствие минералов из группы пирохлора (пирохлор $(\text{NaCa})_2\text{Nb}_2\text{O}_6(\text{OH}, \text{F})$) и группы самарскита (возможно, ишикаваит UFeNb_2O_8) в Li-Бт и Амаз гранитах (рис. 1). При этом в рудоносных объектах (Этыка, Орловка) минералы группы пирохлора представлены микролитом, в Тургинском массиве присутствует только пирохлор.

Впервые для подобных объектов Восточного Забайкалья в Li-Бт гранитах были обнаружены редкие фториды, алюмосиликаты и фторидокарбонаты LREE: фторид редкоземельных элементов — флюоцерит $(\text{La}, \text{Ce})\text{F}_3$, силикат LREE — алланит $(\text{Ca}, \text{Ce}, \text{La})_2(\text{Al}, \text{Fe})_3(\text{SiO}_4)_3(\text{OH})$, а также фторидо-карбонаты — паризит- $(\text{Ce}) \text{Ca}(\text{Ce}, \text{La})_2(\text{CO}_3)_3\text{F}_2$ и бастнезит $(\text{Ce}, \text{La}, \text{Y})\text{CO}_3\text{F}$.

Флюоцерит встречается преимущественно в Li-Бт гранитах, но также в малом количестве присутствует в Амаз гранитах завершающей фазы. Имеет различные формы выделения, присутствует как в виде призматических кристаллов с гранями гексагональной бипирамиды, так и в срастаниях с бастнезитом, кварцем, ильменитом, рутилом (рис. 2, a, b). Согласно исследованиям амазонитовых гранитов Северного Тянь-Шаня (Фельдман, 1973), наличие флюоцерита в гранитоидах свидетельствует о повышенной щелочности в пределах плюмазитового петрохимического типа (рис. 2, c).

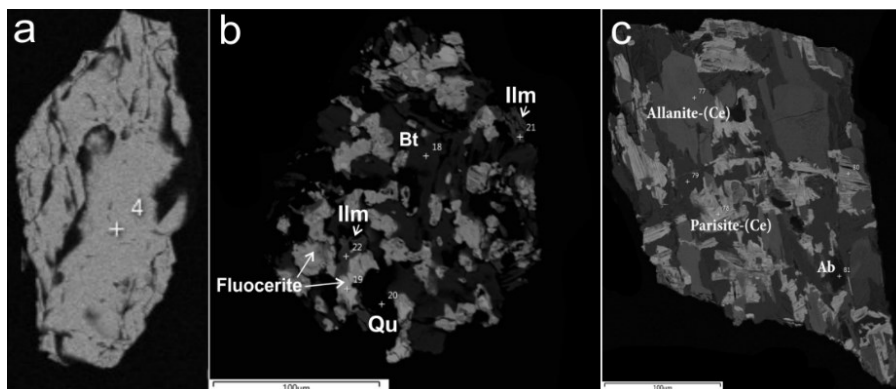


Рис. 2. Кристалл флюоцерита (a); срастание флюоцерита, биотита (Bt), кварца (Qu) и ильменита (Ilm) (b); замещение алланита паразитом (c)

Fig. 2. Fluocerite crystal (a); accretion of fluocerite, biotite, quartz and ilmenite (b); replacement of allanite with parasite (c)

Были оценены температуры образования пород по различным геотермометрам: 1) по уровню концентрации Ti в цирконе «Ti-in-Zircon» (Ferry et al., 2006); 2) по зависимости морфологии циркона от температуры (Pupin, 1980); 3) по степени насыщения силикатного расплава Zr (Watson, Harrison, 1983); 4) по коэффициенту распределения Gd в сосуществующем монаците и ксенотиме (Gratz, Henrich, 1998). Для Бт гранитов рассчитанные температуры варьируют в диапазоне от 800 до 600 °С, для Li-Бт гранитов — от 1540 до 820 °С, для Амаз гранитов — от 700 до 800 °С. Парадоксальным является факт высокой температуры кристаллизации Li-Бт гранитов.

Выводы

Для Li-Бт гранитов наблюдается изменение геохимической специализации с появлением специфического набора редких минералов, отражающих обогащение системы LREE, U, Th и F. Главная роль принадлежит фторидам и фторкарбонатным минералам: фторид редкоземельных элементов — флюоцерит $(La,Ce)F_3$, силикат LREE — алланит $(Ca,Ce,La)_2(Al,Fe)_3(SiO_4)_3(OH)$, а также фторидокарбонаты — паразит-(Ce) $Ca(Ce,La)_2(CO_3)_3F_2$ и бастнезит $(Ce,La,Y)CO_3F$, которые характерны для агпайтового типа пород.

Таким образом, по геохимическим особенностям, составу акцессорных минералов и температурному режиму образования пород граниты Тургинского массива резко отличаются от редкометалльных Li-F амазонитовых гранитов Восточного Забайкалья.

Литература

Борисова Е. Б., Иванова А. А., Баданина Е. В. Акцессорные минералы Тургинского массива амазонитовых гранитов в Восточном Забайкалье // Новое познание процессов рудообразования: VIII Российская молодёжная научно-практическая школа (Москва, 26–30 ноября 2018 г.). М., 2018. С. 68–73.

Иванова А. А., Сырицо Л. Ф. Геохимические предпосылки безрудности Тургинского массива амазонитовых гранитов в Восточном Забайкалье // Вопросы естествознания. 2018. № 3 (17). С. 64–70.

Иванова А. А., Сырицо Л. Ф., Баданина Е. В., Сагитова А. М. Циркон полиформационного Тургинского массива с амазонитовыми гранитами (Восточное Забайкалье) и его петрогенетическое значение // Записки Российского минералогического общества. 2018. Ч. CXLVII, № 6. С. 1–21.

Поваренных М. Ю. Типоморфизм минералов группы колумбита-танталита из редкометалльных танталоносных амазонит-альбитовых гранитов // Новые данные о минералах. М., 2008. Вып. 43. С. 37–44.

Фельдман Л. Г., Сурков Б. К., Столярова Т. И. Флюоцерит из редкометалльных гранитов Северного Тянь-Шаня и некоторые данные к генетической минералогии фторидов редкоземельных элементов // Труды минералогического музея им. А. Е. Ферсмана. 1973. Вып. 22. С. 143–157.

Ercit T. S. Identification and alteration trends of granitic-pegmatite-hosted (Y, REE, U, Th) — (Nb, Ta, Ti) oxide minerals: a statistical approach // The Canadian Mineralogist. 2005. Vol. 43. P. 1291–1303.

Ferry J. M., Watson E. B., Wark D. A., Thomas J. B. Crystallization thermometers for zircon and rutile // Contrib. Mineral. Petrol. 2006. Vol. 151. P. 413–433.

Förster H.-J. The chemical composition of REE-Y-Th-U rich accessory minerals from peraluminous granites of the Erzgebirge-Fichtelgebirge region, Germany. Part I: The monazite (Ce) — barbantite solid solution series // American Mineralogist. 1998. Vol. 83. P. 259–272.

Gratz R., Henrich W. Monazite-xenotime thermometry. Experimental calibration of the partitioning of gadolinium between monazite and xenotime // Mineral. 1998. Vol. 10. P. 579–588.

Pupin J. P. Zircon and granite petrology // Contrib. Miner. Petrol. 1980. Vol. 73. P. 207–220.

Watson E.B. Harrison T.M. Zircon saturation revisited: temperature and composition effects in a variety of crystal magma types // Earth Planet Sci. Lett. 1983. Vol. 64. P. 295–304.

Сведения об авторах

Борисова Евгения Борисовна

инженер, ИГГД РАН; бакалавр, студентка-магистрант, СПбГУ,
jenyaborisova98@gmail.com

Иванова Анна Александровна

инженер, ИГГД РАН

Баданина Елена Васильевна

доцент кафедры геохимии, СПбГУ

Borisova Evgeniya Borisovna

Engineer, IPGG RAS; Bachelor, Magistracy Student, SPbSU

Ivanova Anna Alexandrovna

Engineer, IPGG RAS

Badanina Elena Vasilyevna

Associate Professor, Department of Geochemistry, SPbSU