

## Минералы амазонитовых гранитов Тургинского массива (Восточное Забайкалье)

© Д. А. Варламов<sup>1</sup>, О. В. Удоратина<sup>2</sup>, А. А. Цыганков<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Институт экспериментальной минералогии РАН, г. Черноголовка, Россия. E-mail: dima@iem.ac.ru

<sup>2</sup> Институт геологии Коми НЦ УрО РАН им. Н. П. Юшкина, г. Сыктывкар, Россия.

E-mail: udoratina@geo.komisc.ru

<sup>3</sup> Геологический институт СО РАН, г. Улан-Удэ, Россия. E-mail: tsygan@ginst.ru

Описана акцессорная и рудная минерализация литий-фтористых амазонитовых гранитов Тургинского массива (Восточное Забайкалье), представленная Ta-Nb (Sn) — колумбитом, фергусонитом, (ильмено)рутилом; минералами редких земель — флюоцеритом, фтор- и фтор-фосфокарбонатами, Y-REE флюоритом; касситеритом.

**Ключевые слова:** амазонитовые граниты; минералы редких металлов и редких земель; Восточное Забайкалье.

## Minerals from amazonite granites of Turgin massif (Eastern Transbaikalia)

D. A. Varlamov<sup>1</sup>, O. V. Udoratina<sup>2</sup>, A. A. Tsygankov<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Institute of experimental mineralogy, RAS, Chernogolovka, Russia. E-mail: dima@iem.ac.ru

<sup>2</sup> Institute of geology Komi SC named Yushkin N. P., Ural branch RAS, Syktyvkar, Russia.

E-mail: udoratina@geo.komisc.ru

<sup>3</sup> Geological institute, SB RAS, Ulan-Ude, Russia. E-mail: tsygan@ginst.ru

The article describes accessory and ore mineralization of lithium-fluoric amazonite granites of the Turgin Massif (Eastern Transbaikalia), represented by Ta-Nb (Sn) minerals — columbite, fergusonite, (ilmene) rutile; REE minerals — fluocerite, fluorine and fluorine-phosphate carbonates, Y-REE fluorite; cassiterite.

**Keywords:** Amazonite granites; minerals of rare metals and REE; Eastern Transbaikalia.

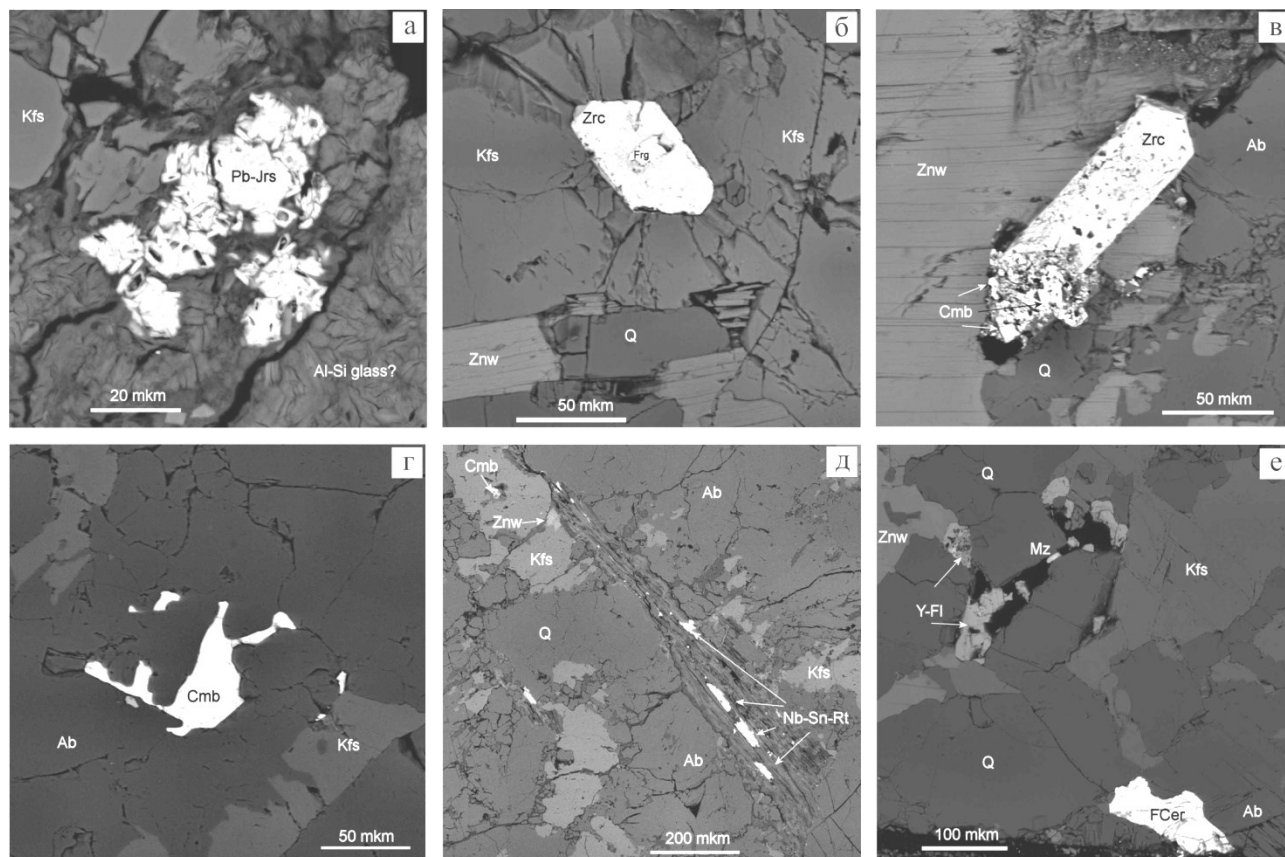
В статье рассмотрены результаты изучения литий-фтористых амазонитовых гранитов сложно-построенного Тургинского массива. Тургинский массив расположен в Восточном Забайкалье в Газимуро-Аргунской структурно-формационной зоне. Массив слагают породы двух комплексов: **шахтаминского** (монцодиорит-гранодиорит-гранитового) и **кукульбейского** (гранит-лейкогранитового), присутствуют амазонитовые граниты, рассматриваемые как самые поздние производные дифференциации гранитных магм.

Предшественниками [1–4] отмечается промышленная безрудность амазонитовых гранитов Тургинского массива, но это сравнительно с продуктивной минерализацией, характерной для амазонитовых гранитов Орловского и Этыкинского массивов, развитых в этой же зоне. Тем не менее, поздние дифференциаты кукульбейского комплекса изученные нами развитые в пределах Тургинского массива также несут рудную минерализацию, хотя и в существенно меньших масштабах.

Нами проводились микрозондовые исследования порообразующих и акцессорных минералов в ИЭМ РАН, г. Черноголовка (электронные сканирующие микроскопы Tescan VEGA TS 5130MM и CamScan MV2300 с EDS и WDS спектрометрами Oxford Instruments). Исследовались образцы коллекции, ранее собранной при участии авторов в ходе исследований этого региона (2002–2008 гг.) в рамках научной школы Г. П. Зарайского.

Изученные амазонитовые граниты Тургинского массива (дайка, г. Каменистая, «Джидоканский выход») представлены мелко-тонкозернистыми, массивными породами серовато-белого цвета с голубоватым оттенком — амазонитовыми гранитами. Под микроскопом наблюдаются гранитовые микро-структуры и развитие альбитизации (пластинчатого и шахматного альбита). Темноцветные минералы (1–5 об.%) представлены слюдами (как правило, фторсодержащими) — Li-Fe мусковитом, циннвальдитом и Fe-полилитионитом (как правило, также с небольшими содержаниями марганца), также изредка встречаются агрегаты ярозита и плюмбоярозита в стеклоподобных Al-Si агрегатах. По петрохимии амазонитовые граниты щелочные высококальциевые породы: (в мас.%) SiO<sub>2</sub> 73, (Na<sub>2</sub>O+K<sub>2</sub>O) 10, ASI 0.87, низкотитанистые (0.01), низкомагнезиальные (0.1). Содержание P3Э невысокое, при ровных «плечах» наблюдается глубокий европиевый минимум. На мультиэлементных диаграммах наблюдается преобладание крупноионных элементов над высокозарядными, с резкими минимумами Ti, P. Нами установлено, что амазонитовые граниты Тургинского массива (кукульбейский комплекс) формировались 152 млн лет назад (U-Pb, SIMS), протолит амазонитовых гранитов молодой (T<sub>DM2</sub> 0.79–0.53 млрд лет.) и мантийный ( $\epsilon_{\text{Nb}}(t)$  +4.6 – +9.2) по происхождению [5].

В породе наряду с минералами гранитной матрицы (Kfs+Ab+Q) развиты различные слюды от мусковита (Li-F-Fe содержащего) до циннвальдита и полилитонита. Встречаются розетки ярозита и плумбоярозита (рис. 1, а), формирующиеся, вероятно, при разложении галенита, образующегося в свою очередь при выделении свинца из амазонита.



**Рис. 1.** Акцессорные минералы гранитоидов: а) плумбоярозит в стеклоподобной Al-Si фазе; б) фергусонит в цирконе; в) сросток зонального Th-циркона с розеткой колумбита; г) танталоколумбит; д) высокониобиевые оловосодержащие рутилы; е) фтор-REE фазы — флюоцерит *Fcer*, Y-REE содержащий флюорит.

Акцессорные минералы достаточно разнообразны. Наиболее распространен циркон, представленный идиоморфными, хорошо ограниченными, зачастую зональными кристаллами до 500 мкм, при этом внутренние зоны обычно характеризуются сильно гидратированным или метамиктным состоянием. Иногда циркон содержит включения торита, фосфатов тория, монацита и ксенотима, фторкарбонатов редких земель, апатита. В сростках с цирконом — фергусонит (редко, рис.1, б), колумбиты (рис.1, в). Химически циркон (малоизменные зоны) характеризуется постоянными значительными примесями гафния (от 1–1.5 % HfO<sub>2</sub> до 6.5) и урана (1.5–2.5 % UO<sub>3</sub> до 5.5), в меньшей степени тория (зачастую Th нет, редко до 1.9 % ThO<sub>2</sub>).

Наибольший интерес представляют минералы ниобия и тантала, а также олова, последние представлены редким мелким (до 20 мк) беспримесным касситеритом, а также примесью олова в рутилах (до 1.3 % SnO<sub>2</sub>). Ta-Nb минерализация представлена достаточно часто встречающимся колумбитом с размерами выделений до 100 мкм (рис.1, г). Как правило, это колумбит с участием Mn-компоненты (в среднем Fe:Mn≈5). Содержания тантала варьируют от 1.5 % до 6–9 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, иногда в краевых зонах или пластинках достигая 21 % Ta<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Другим концентратором ниобия служит фергусонит (рис. 1 б), обычно с примесью Nd+Gd+Dy — до 24 % TR<sub>2</sub>O<sub>3</sub> и до 9 % ThO<sub>2</sub>+UO<sub>3</sub>). Однако, частота его встречаемости намного меньше, чем колумбита. Также достаточно большая доля ниобия сосредоточена в рутилах, часто встречающихся в форме иголок до 100-120 мкм в слюдяных агрегатах между чешуйками слюды (рис.1, д). Содержания ниобия в них достигают 10–12 % Nb<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, тантал, как правило, ниже порога обнаружения EDS, олово встречается спорадически и достигает 1.2–1.3 % SnO<sub>2</sub>. Ввиду постоянно присутствия примеси железа до 3–5 % FeO возможно это переходные разности к ильменорутилу.

Достаточно большое количество фаз представлено минералами редких земель, как правило, в

форме соединений с фтором и фосфором. Встречено небольшое количество монацита (зачастую с очень высокими содержаниями тория до 15 % и урана и вплоть до появления радиогенного (?) свинца), ксенотима (с примесями Dy и Gd), однако, основную роль играют флюоцерит-(Ce) (в некоторых случаях с преобладанием неодима) (рис.1, е), REE-фторкарбонаты (бастнезит и др.), бес- или малофтористые REE-карбонаты, REE-фосфокарбонаты и фосфаты (обычно ториевые). Большинство этих фаз, увы, плохо поддаются диагностике из-за малых размеров, агрегации в форме смесей и метамиктизации из-за большого количества тория и урана. Вероятно, значительная доля иттрия и легких REE сосредоточена во флюорите, большинство выделений которого (рис.1, е) содержит до 3–5 %  $Y_2O_3$  и 1.5–3 % легких  $TR_2O_3$ .

Среди прочих рудных минералов следует отметить торит и комплексные фосфаты тория, единичные зерна уранинита и галенита, небольшое количество апатита, редкие розетки натролита.

*Исследования проводятся в рамках проекта РФФИ № 17-05-00275*

1. Абушкевич В. С., Сырицо Л. Ф. Изотопно-геохимическая модель формирования Li-F гранитов Хангилейского рудного узла в Восточном Забайкалье. СПб.: Наука, 2007. 148 с.

2. Зарайский Г. П. Условия образования редкометалльных месторождений, связанных с гранитоидным магматизмом // Смирновский сборник–2004. М.: Фонд им. ак. В.И. Смирнова, 2004. С. 105–192.

3. Иванова А. А., Сырицо Л. Ф. Геохимические особенности Тургинского массива амазонитовых гранитов в Восточном Забайкалье // Месторождения стратегических металлов: закономерности размещения, источники вещества, условия и механизмы образования: тезисы докл. всеросс. конф., посвященной 85-летию ИГЕМ РАН (Москва, 25–27 ноября 2015). М.: ИГЕМ РАН, 2015. С. 53–55.

4. Козлов В. Д. Особенности редкоэлементного состава и генезиса гранитоидов шахтаминского и кукульбейского редкометалльных комплексов Агинской зоны Забайкалья // Геология и геофизика. 2011. Т. 52. № 5. С. 676–689.

5. Изотопно-геохимические характеристики гранитоидов шахтаминского и кукульбейского комплексов (Восточное Забайкалье): новые данные / О. В. Удоратина [и др.] // Граниты и эволюция Земли: мантия и кора в гранитообразовании: тезисы докл. III межд. геол. конф. (Екатеринбург, 28–31 августа). Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2017. С. 304–306. ISBN 978-5-7691-2482-2

**Удоратина Оксана Владимировна**, кандидат геолого-минералогических наук, ведущий научный сотрудник Института геологии Коми НЦ УрО РАН им. Н. П. Юшкина, г. Сыктывкар.