

А. А. Иванова^{1,2}, Л. Ф. Сырцо²

¹ Институт геологии и геохронологии докембрия РАН, Санкт-Петербург, Россия

² Санкт-Петербургский государственный университет, Институт наук о Земле, Санкт-Петербург, Россия

ТУРГИНСКИЙ МАССИВ В ВОСТОЧНОМ ЗАБАЙКАЛЬЕ КАК ПРИМЕР РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ Li–F ГРАНИТОВ А-ТИПА

Аннотация

В отличие от классических редкометалльных плюмазитовых гранитов Восточного Забайкалья лейкограниты Тургинского массива характеризуются слабым концентрированием Li и Ta, обогащением высокочargedными элементами (РЗЭ, Zr, Th, U), акцессорной минерализацией апаитового характера. Предложено относить лейкограниты Тургинского массива к гибриднему типу редкометалльных гранитов, промежуточному между плюмазитовыми и апаитовыми. По петрохимическим признакам граниты классифицируются как граниты А-типа.

Ключевые слова:

редкометалльные Li–F граниты А-типа, гибридный тип редкометалльных гранитов, апаитовая акцессорная минерализация, Тургинский массив, Восточное Забайкалье, геохимия.

A. A. Ivanova^{1,2}, L. F. Syritso²

¹ Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS, Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University, Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg, Russia

THE TURGA MASSIF IN EASTERN TRANSBAIKALIA AS AN EXAMPLE OF A-TYPE RARE METAL Li–F GRANITES

Abstract

In contrast to the classical peraluminous rare-metal granites in Eastern Transbaikalia the leucogranites of the Turga massif are characterized by a weak concentration of Li and Ta, enrichment of the high field strength elements (REE, Zr, Th, U) and accessory mineralization with peralkaline character. It is proposed to include the leucogranites of the Turga massif to the hybrid type of rare-metal granites, intermediate between peraluminous and peralkaline. Based on petrochemical features, these granites are classified as A-type granites.

Keywords:

A-type rare-metal Li–F granites, hybrid type of the rare-metal granites, peralkaline accessory mineralization, the Turga massif, Eastern Transbaikalia, geochemistry.

Введение

Как известно, редкометалльные плюмазитовые и апаитовые граниты принципиально различаются по геодинамическому режиму формирования, источникам плавления, геохимическим особенностям и металлогенической нагрузке. Примерами классических плюмазитовых Li–F гранитов могут служить амазонитсодержащие Орловский и Этыкинский массивы в Восточном Забайкалье, являющиеся месторождениями Ta и Li. В качестве массивов редкометалльных щелочных гранитов рассматриваются обычно Арыскан, Улуг-Танзек, Катугинский, Зашихинский массивы.

В этом отношении исключительный интерес представляют собой массивы, не вписывающиеся в традиционные характеристики указанных объектов. В рамках данной работы предлагается рассмотреть Тургинский массив Li–F гранитов в Восточном Забайкалье как пример промежуточного типа гранитоидного магматизма. Традиционно этот массив относили к редкометалльным плюмазитовым гранитам. Однако здесь происходит очень слабое концентрирование традиционных для таких систем рудных элементов — Li и Ta. В процессе детального изучения нами был установлен ряд нестандартных черт для гранитов Тургинского массива.

Тургинский интрузив является полиформационным и состоит из двух разновозрастных комплексов пород: шахтаминского монцодиорит-гранодиоритового ($159,2 \pm 3,7$ Ma) и кукульбейского гранит-лейкогранитового ($133,8 \pm 1,2$ Ma), с которым традиционно и связывается редкометалльное оруденение.

Материал и методика исследований

Исследование Тургинского массива проводилось на породном, минеральном и расплавном уровнях с применением современных методов (Иванова и др., 2018; Иванова, Сырицо, 2018, 2019). На основании данных о петрохимическом и редкоэлементном составе дифференциатов кукульбейского комплекса установлены основные закономерности развития массива, проведена типизация по индикаторным параметрам и дискриминационным диаграммам. Установлен специфический набор акцессорных минералов. Проведено сопоставление с классическими для региона плюмазитовыми массивами.

Результаты и их обсуждение

Тургинский массив Li–F гранитов в Восточном Забайкалье отличается от рудоносных Орловского и Этыкинского массивов строением, минеральным составом, температурой кристаллизации и геохимической специализацией. Основной объем массива слагают породы с черным Li-сидерофиллитом (протолитионитом) с высоким содержанием железа и морионоподобным гороховидным кварцем. Наиболее поздние амазонитовые граниты представлены малыми штоками и дайками. Порфирировидные биотитовые граниты, которые обычно выделяются в качестве материнских в Li–F системах, в Тургинском массиве встречаются только в виде останцов в апикальной части массива. В связи с этим выделение типичных фаз породобразования в Тургинском массиве затруднено. Наиболее поздние амазонитовые граниты образуют небольшие штоки и дайки.

С одной стороны, по петрохимическому составу и повышенному содержанию литофильных редких элементов и фтора лейкограниты Тургинского массива относятся к геохимическому типу редкометалльных плюмазитовых гранитов, по Л. В. Таусону (Таусон, 1977). Однако они отличаются от типичных Li–F гранитов иной геохимической специализацией, безрудны на Ta и Li. В их составе отсутствуют топаз и snowball кварц, а также высоколитиевые слюды (лепидолит). По сравнению с аналогичными гранитами региона, лейкограниты Тургинского массива характеризуются более высокой температурой кристаллизации. При этом температура кристаллизации протолитионитовых гранитов оценивается в 830 ± 20 °C, в то время как для наиболее ранних биотитовых гранитов температура оценивается в 730 ± 20 °C (Иванова и др., 2018). Резкое повышение температуры кристаллизации сопровождается

накоплением Zr, REE, Th, U в протолитионитовых гранитах, существенным повышением железистости слюд и пород в целом. Протолитионитовые и амазонитовые граниты Тургинского массива характеризуются появлением специфической минерализации: уран-ториевые минералы, ниобаты, фториды, фторкарбонаты и силикаты редких земель.

Оценка геодинамических условий формирования Тургинского массива на основе интерпретации дискриминационных диаграмм позволяет предположить, что магматизм развивался на этапе перехода к внутриплитной обстановке с сохранением черт коллизионного режима, что согласуется с представлением ряда исследователей (Гордиенко и др., 2019) о пике орогенеза в Забайкалье при закрытии Монголо-Охотского океана в середине юры. На диаграммах (рис. 1) Дж. Пирса (Pearce et al., 1984) точки, отвечающие составу лейкогранитов Тургинского массива, образуют поле, тяготеющее к границе раздела синколлизионных и внутриплитных обстановок.

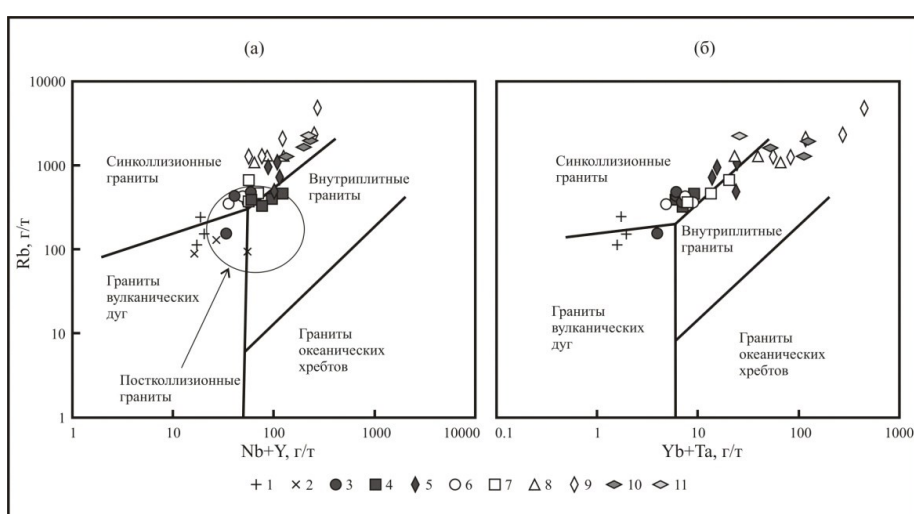


Рис. 1. Положение точек составов пород Тургинского, Орловского и Этыкинского массивов на дискриминационных диаграммах Пирса и др. (Pearce et al., 1984):

1–2 — шахтаминский комплекс: 1 — гранодиориты Тургинского массива, 2 — Орловский массив; 3–11 — кукульбейский лейкогранитовый комплекс, Тургинский массив: 3 — порфировидные биотитовые граниты, 4 — протолитионитовые граниты, 5 — амазонитовые граниты; Орловский массив: 6 — биотитовые граниты, 7 — двуслюдяные протолитионитовые граниты, 8 — порфиробластовые граниты, 9 — амазонитовые граниты

Fig 1. The rocks of the Turga, Orlovka and Etyka massifs on the diagrams of Pearce et al. (1984):

1–2 — the Shakhtaminskiy complex: 1 — granodiorites of the Turga massif, 2 — the Orlovka massif; 3–11 — Kukul'beyskiy leucogranite complex, Turga massif: 3 — porphyritic biotite granites, 4 — protolithionite granites, 5 — amazonite granites; Orlovka massif: 6 — biotite granites, 7 — two-mica protolithionite granites, 8 — porphyroblast granites, 9 — amazonite granites

Положение их сходно с положением точек состава модельного Орловского массива. Уточнение геодинамической обстановки возможно при помощи диаграммы Н. Харриса (Harris et al., 1986) для гранитов (рис. 2), в основу построения которой положены отношения Rb / Hf и Rb / Ta. Эта диаграмма может использоваться для разделения гранитов А-типа различной геодинамической специфики. Фигуративные точки состава кукульбейских гранитов Тургинского массива в целом приурочены к полю постколлизийных гранитов. Лишь точки состава ранних порфировидных биотитовых гранитов тяготеют к полю синколлизийных гранитов.

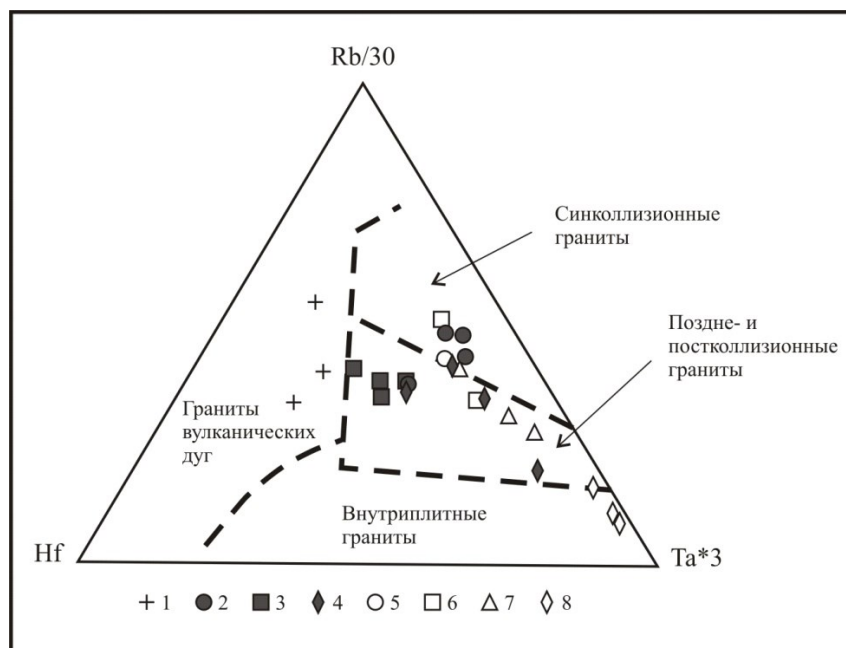


Рис. 2. Положение точек составов пород Тургинского и Орловского интрузивов на диаграмме Н. Харриса и др. (Harris et al., 1986).

Тургинский массив: 1 — гранодиориты шахтаминского комплекса; кукульбейский комплекс лейкогранитов: 2 — порфировидные биотитовые граниты, 3 — протолитионитовые граниты, 4 — амазонитовые граниты; Орловский массив: 5 — биотитовые граниты, 6 — двуслюдяные протолитионитовые граниты, 7 — порфиробластовые граниты, 8 — амазонитовые граниты

Fig. 2. The rocks of the Turga and Orlovka massifs on the diagram of Harris et al. (1986).

Turga massif: 1 — granodiorites of the Shakhtaminskiy complex; Kukul'beyskiy complex of leucogranites: 2 — porphyritic biotite granites, 3 — protolithionite granites, 4 — amazonite granites; Orlovka massif: 5 — biotite granites, 6 — two-mica protolithionite granites, 7 — porphyroblast granites, 8 — amazonite granites

Принадлежность гранитов Тургинского массива к А-типу, проявляющаяся на рассмотренных геодинамических диаграммах, находится в согласии с петрогеохимическими особенностями этих пород. Протолитионитовые граниты

Тургинского массива отличаются от пород других массивов повышенной железистостью (и в том числе высокожелезистым составом слюд), обогащением высоkozарядными элементами (Zr, Nb, Hf, PЗЭ, U, Th). В сочетании с низкими концентрациями Sr, P, Ti указанные особенности состава, определяющие резкие минимумы на мультиэлементных спектрах, являются характерными признаками *A*-типа гранитов (Гребенников, 2014; Туркина, 2014). Такое представление подтверждается положением их состава на диаграммах Дж. Вэйлина (Whalen et al., 1987) и А. В. Гребенникова (Гребенников, 2014), позволяющих выделить граниты *A*-типа. На диаграммах Дж. Вэйлина (рис. 3), учитывающих редкоэлементный состав, фигуративные точки состава протолитионитовых гранитов главной фазы Тургинского массива и частично амазонитовых гранитов ложатся в область *A*-гранитов. Согласно дискриминантной диаграмме для классификации магматических пород *A*-типа на основе петрохимического состава (рис. 4), предложенной А. В. Гребенниковым, лейкограниты Тургинского массива приурочены к полю *A*₂ — «кислые магматические ассоциации, проявленные в геодинамических условиях внутри- и окраинно-континентального типов», при этом локализация их соответствует обстановке внутриконтинентальных рифтов и областей континентальных горячих точек (Гребенников, 2014). Это обстоятельство согласуется с геодинамическими реконструкциями ряда исследователей (Коваленко и др., 2002; Ярмолюк и др., 2003), согласно которым магматизм в пределах Центрально-Азиатского складчатого пояса контролировался Центрально-Азиатским горячим полем мантии, обусловившим появление группы горячих точек, т. е. мантийных плюмов.

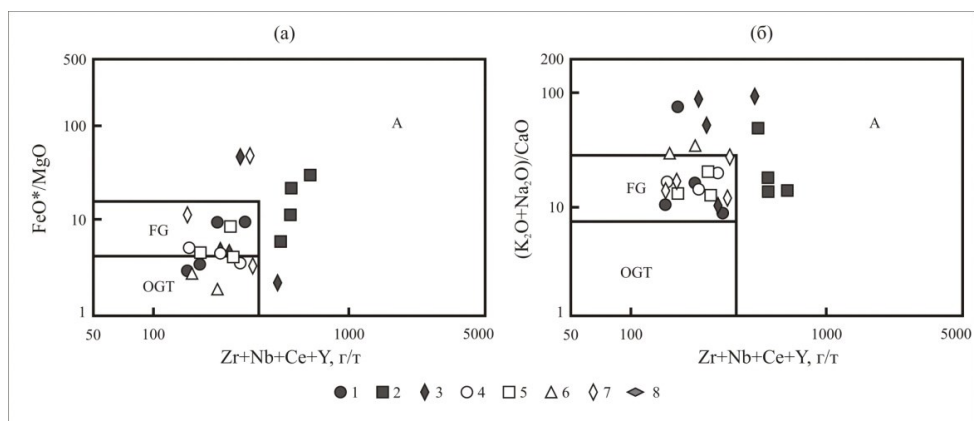


Рис. 3. Положение точек составов пород Тургинского и Орловского интрузивов на диаграммах Дж. Вейлина (Whalen et al., 1987).

Тургинский массив: 1 — порфировидные биотитовые граниты, 2 — протолитионитовые граниты, 3 — амазонитовые граниты; Орловский массив: 4 — биотитовые граниты, 5 — двуслюдяные протолитионитовые граниты, 6 — порфиробластовые граниты, 7 — амазонитовые граниты

Fig 3. The granites of the Turga and Orlovka massifs on the diagrams of Whalen et al. (1987). Turga massif: 1 — porphyritic biotite granites, 2 — protolithionite granites, 3 — amazonite granites; Orlovka massif: 4 — biotite granites, 5 — two-mica protolithionite granites, 6 — porphyroblast granites, 7 — amazonite granites

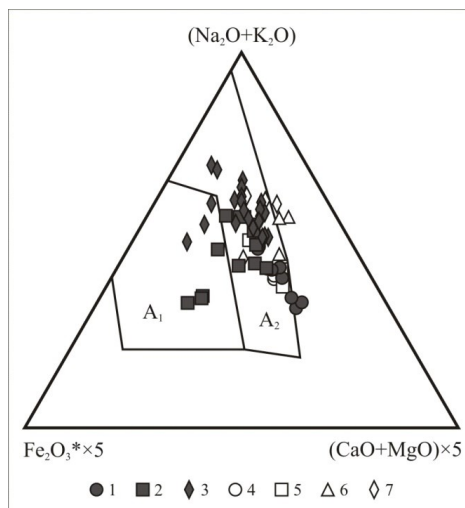


Рис. 4. Положение точек составов пород Тургинского и Орловского интрузивов на тройной петрогенетической диаграмме А. В. Гребенникова (Гребенников, 2014).

Тургинский массив: 1 — порфировидные биотитовые граниты, 2 — протолитионитовые граниты, 3 — амазонитовые граниты; Орловский массив: 4 — биотитовые граниты, 5 — двуслюдяные протолитионитовые граниты, 6 — порфиробластовые граниты, 7 — амазонитовые граниты

Fig 4. The granites of the Turga and Orlovka massifs on the diagrams of Grebennikov (2014). Turga massif: 1 — porphyritic biotite granites, 2 — protolithionite granites, 3 — amazonite granites; Orlovka massif: 4 — biotite granites, 5 — two-mica protolithionite granites, 6 — porphyroblast granites, 7 — amazonite granites

Выводы

По химизму лейкограниты Тургинского массива соответствуют А-типу гранитов, в то время как типичные Li–F граниты редкометалльных массивов Забайкалья традиционно относят к S-типу. Тургинский массив предлагается относить к новому для этого региона промежуточному (гибридному) геохимическому типу редкометалльных гранитов, в котором при сходной с рудоносными массивами Забайкалья (Орловский, Этыкинский массивы) плюмазитовости петрохимического состава породы сопровождаются рудной и акцессорной минерализацией, типичной для агпаитовых пород и отражающей их редкоземельно-цирконий-ториевую специализацию.

Благодарности

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (проект № 18-05-00957). Исследования проводились с использованием оборудования Научного Парка СПбГУ.

Литература

Гордиенко И. В., Метелкин Д. В., Ветлужских Л. И. Структура Монголо-Охотского складчатого пояса и проблема выделения Амурского микроконтинента // Геология и геофизика. 2019. Т. 60, № 3. С. 318–341.

Гребенников А. В. Гранитоиды А-типа: проблемы диагностики, формирования и систематики // Геология и геофизика. 2014. Т. 55, № 9. С. 1356–1373.

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 // ЗРМО. 2018. № 6. С. 1–21.

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. Особенности акцессорной минерализации Тургинского массива амазонитосодержащих Li–F гранитов в Восточном Забайкалье и её петрогенетическое значение // Материалы X Всероссийской молодежной научной конференции «Минералы: строение, свойства, методы исследования». Екатеринбург: Институт геологии и геохимии УрО РАН, 2019. С. 94–96.

Коваленко В. И., Ярмолюк В. В., Владыкин Н. В. и др. Эпохи формирования, геодинамическое положение и источники редкометалльного магматизма Центральной Азии // Петрология. 2002. Т. 10, № 3. С. 227–253.

Таусон Л. В. Геохимические типы и потенциальная рудоносность гранитоидов / АН СССР, Сиб. отд-ние; Ин-т геохимии. М.: Наука, 1977. 280 с.

Туркина О. М. Лекции по геохимии магматического и метаморфического процессов. Новосибирск: РИЦ НГУ, 2014. 118 с.

Ярмолюк В. В., Коваленко В. И. Глубинная геодинамика, мантийные плюмы и их роль в формировании Центрально-Азиатского складчатого пояса // Петрология. 2003. Т. 11, № 6. С. 556–586.

Harris N. B. W., Pearce J. A., Tindle A. G. Geochemical characteristics of collision-zone magmatism // M. P. Coward, A. C. Ries (Eds.). Collisions tectonics. Geol. Soc. Spec. Pub. 1986. Vol. 19. P. 67–81.

Pearce, J. A., Harris, N. W. & Tindle, A. G. Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks // Journal of Petrology. 1984. 25. P. 956–983.

Whalen J. B., Currie K. L. & Chappell B. W. A-type granites: geochemical characteristics, discrimination and petrogenesis // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1987. 95. P. 407–419.

Сведения об авторах

Иванова Анна Александровна

ведущий инженер, ИГГД РАН, anna_al_ivanova@mail.ru

Сырицо Людмила Федоровна

доктор геолого-минералогических наук, профессор,
кафедра геохимии Института наук о Земле СПбГУ

Ivanova Anna Aleksandrovna

Principal Engineer, Institute of Precambrian Geology and Geochronology RAS,

anna_al_ivanova@mail.ru

Syritso Liudmila Fedorovna

Doctor of Sciences (Geology & Mineralogy), Professor, Department of Geochemistry,
Institute of Earth Sciences, Saint Petersburg State University