ГЕОХИМИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И РУДОНОСНОСТЬ РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ ГРАНИТОВ ЗАШИХИНСКОГО МАССИВА, ВОСТОЧНЫЙ САЯН

М.А. Шаповалов, Н.В. Алымова

Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия, alymova@igc.irk.ru

С проявлениями щелочногранитного магматизма связаны уникальные месторождения с комплексной (Ta, Nb, Zr, TR) редкометальной минерализацией. К подобным массивам относится Зашихинское тантал-ниобиевое месторождение, расположенное в Нижнеудинском районе Иркутской области и приуроченное к позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометальной зоне. Руды месторождения обогащены высокими концентрациями тантала, ниобия, циркония, редкоземельными элементами иттриевой группы. Вопрос происхождения щелочных гранитов массива является предметом дискуссии. С одной стороны, ряд авторов полагает, что массив сложен щелочными редкометальными агпайтовыми гранитами [13, 12, 4, 1], а уникальная редкометальная минерализация связана с процессами длительной кристаллизационной дифференциации расплава с закономерным накоплением несовместимых элементов к конечным продуктам магматического процесса [8, 11, 6, 15]. С другой стороны, существует и противоположная точка зрения, согласно которой редкометальное оруденение образовалось в результате постмагматической метасоматической переработки гранитов [3, 10, 2].

Зашихинский массив сложен щелочными гранитами, образующими обособленное тело, которое внедрено в Хайламинский массив гранитоидов среднепалеозойского огнитского комплекса. В плане массив имеет эллипсоидную, вытянутую в северо-западном направлении форму, его площадь составляет около 1,3 км². Глубина эрозионного среза равна около 300 м. Граниты Зашихинского массива – это средне- и мелкозернистые породы с массивной текстурой и гипидиоморфнозернистой структурой. Их минеральный состав (об. %): кварц (20-45), микроклин (5-25), альбит (25-70). Кроме того, в породах встречаются щелочной амфибол (арфведсонит), пироксен (эгирин), слюда, флюорит, криолит, торит, пирохлор, карбонаты и сульфиды.

Минералами-концентраторами тантала, ниобия и других редких элементов в породах и рудах массива, представляющими основную практическую ценность при эксплуатации месторождения, являются колумбит и Nb-рутил (концентраторы тантала и ниобия), циркон и циртолит (концентраторы циркония, иттрия, гафния), ксенотим и гагаринит (концентраторы элементов иттриевой группы). Рудные минералы демонстрируют спектры REE типичные для минералов магматического происхождения и образуют мелкую рассеянную вкрапленность, которая, в целом, равномерно распределена в породах массива [1].

В пределах Зашихинского массива выделены три фациальные разновидности гранитов: 1) амфиболсодержащие кварц-микроклин-альбитовые (фация 1) – породы с порфировыми выделениями “гороховидного” кварца и удлиненными призмами черного амфибола (арфведсонита). Эти граниты слагают тело в юго-западной приконтактовой части Зашихинского массива и являются наиболее ранней фациальной разновидностью слагающих его пород; 2) лейкократовые кварц-альбит-микроклиновые редкометальные (фация 2) – для них характерны как крупные “гороховидные” вкрапленники кварца, так и его мелкие зерна в основной массе породы. Данная фациальная разновидность гранитов наблюдается в центральной части месторождения; 3) лейкократовые кварц-альбитовые, переходящие в альбититы (фация 3) – существенным отличием данной фации является наличие участков мономинеральных альбититов среди кварц-альбитовых образований. Границы между фациями гранитов массива нечеткие, с постепенными переходами. Выделенная последовательность фациальных разновидностей пород массива связана с магматической дифференциацией щелочно-гранитных расплавов, обогащенных флюидными компонентами.

По составу редкометальные породы Зашихинского месторождения относятся к агпайтовым щелочным гранитам и характеризуются высокими содержаниями большинства некогерентных элементов. В них фиксируются повышенные содержания Y, Zr, Hf, Ta, Nb, Th, U, Zn, Ga, REE по отношению к кларковым содержаниям [17], повышенная щелочность (Na₂O+K₂O до 12,68 мас. %) и низкие содержания Ca, Mg, Al, Ba, Sr. Петрохимические характеристики иссле-

двух редкометалльных пород и их минеральный состав отвечают гранитам А-типа [18, 14] и отнесены к областям пересыщенных щелочами гранитов [16]. По содержаниям Ta, Li, Rb, Be, F руды месторождения приближаются к плюмазовым танталоносным литий-фтористым гранитам [5].

Рис. Схема геологического строения Зашихинского массива [6]. 1 – четвертичные отложения; 2 – раннепротерозойские породы: сланцы, микрогнейсы, амфиболиты бирюсинской свиты (PR₁br₂); 3–5 – породы Зашихинского массива: 3 – кварц-альбитовые граниты и альбититы (фация 3), 4 – лейкократовые кварц-альбит-микроклиновые граниты (фация 2), 5 – амфиболсодержащие кварц-микроклин-альбитовые граниты (фация 1); 6–8 – среднепалеозойские интрузивные породы: 6 – пегматоидные амфиболовые граниты, 7 – граниты, сиениты, граносиениты огнитского комплекса (D₂og), 8 – диориты хойто-окинского комплекса (Pz₁ho). На врезке показано положение Зашихинского массива (звездочка) в строении Восточно-Саянской зоны редкометалльного магматизма

Главным рудным минералом является колумбит, находящийся в ассоциации с цирконом, арфведсонитом, эгирином, гагаринитом, криолитом. Арфведсонит и эгирин – типоморные минералы щелочных пород, которые могут образовываться только в условиях высокой агпаитности при $Ka > 1,0$ [5]. Известно, что для щелочных гранитов с $Ka > 1,0$ ведущая роль концентратора тантала и ниобия принадлежит пироксиду, который находится в ассоциации с цирконом, арфведсонитом, гагаринитом и алюмофторидами (например, криолитом). Подобный минеральный состав характерен для гранитов Катугинского массива, близкого с Зашихинским по рудно-формационному типу. В породах Зашихинского месторождения помимо слюды, характерных для агпаитовых щелочных гранитов (полилитионита, литиевого лепидомелана), обнаружены мусковит, лепидолит, протолитионит [2], то есть типичные минералы литий-фтористых гранитов. Также в экзоконтактовых зонах Зашихинского месторождения найдены онгонитоподобные дайки [7]. Как известно, онгониты выступают субвулканическими аналогами литий-фтористых гранитов [9, 5].

Таким образом, по минералогическим и геохимическим особенностям пород Зашихинского месторождения массив сложен гранитами, близкими по минеральным ассоциациям как к щелочным агпаитовым разновидностям, так и к гранитам Li-F типа. Агпаитовые и Li-F граниты кристаллизуются из гранитовых магм разных геохимических типов и данные разновидности гранитов не встречаются в пределах одного редкометалльного массива. На основе приведенных данных можно заключить, что Зашихинское месторождение образовано из магмы “переходного состава”, характеризующейся минеральными парагенезисами, промежуточными между парагенезисами щелочных агпаитовых и литий-фтористых гранитов.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-05-00261_a, интеграционного проекта ИИЦ СО РАН (блок 1.4), государственного задания по Проекту № 0284-2021-0008.

Литература

1. Алымова Н.В., Владыкин Н.В. Особенности состава рудообразующих минералов в редкометалльных щелочных гранитах Зашихинского массива (Иркутская область) // Записки российского минералогического общества. 2021. № 1. С. 76-91.
2. Архангельская В.В., Рябцев В.В., Шурига Т.Н. Геологическое строение и минералогия месторождений тантала России. М.: ВИМС, 2012. 191 с.
3. Архангельская В.В., Шурига Т.Н. Геологическое строение, зональность и оруденение Зашихинского тантал-ниобиевого месторождения // Отечественная геология. 1997. № 5. С. 7-10.
4. Бескин С.М. Геология и индикаторная геохимия тантал-ниобиевых месторождений России (редкометалльные граниты). Москва: Научный мир, 2014. 112 с.
5. Владыкин Н.В. Минералого-геохимические особенности редкометалльных гранитоидов Монголии. Новосибирск: Наука, 1983. 200 с.
6. Владыкин Н.В., Алымова Н.В., Перфильев В.В. Геохимические особенности редкометалльных гранитов Зашихинского массива, Восточный Саян // Петрология. 2016. Т. 24. № 5. С. 554-568.
7. Дергачев В.Б., Анникова И.Ю. Онгонитоподобные дайки Зашихинского месторождения (Восточные Саяны) // Доклады РАН. 1993. Т. 332. № 5. С. 614-616.
8. Зарайский Г.П., Аксюк А.М., Девятова В.Н., Удоратина О.В., Чевычелов В.Ю. Цирконий-гафниевый индикатор фракционирования редкометалльных гранитов // Петрология. 2009. Т. 17. № 1. С. 28-50.
9. Коваленко В.И., Коваленко Н.И. Онгониты – субвулканические аналоги редкометалльных литий-фтористых гранитов. Труды совместной Советско-Монгольской экспедиции, 1976. Вып. 15. 128 с.
10. Кудрин В.С., Шурига Т.Н. Российский опыт открытия уникальных и крупных комплексных редкометалльных (Ta, Nb, Y, TR, Zr) месторождений в щелочных кварц-альбит-микроклиновых метасоматитах и пути его реализации в современных условиях / Мат. конф. «Крупные и уникальные месторождения редких и благородных металлов». Санкт-Петербург: Горный институт, 1998. С. 79-84.
11. Ярмолюк В.В., Кузьмин М.И. Позднепалеозойский и раннемезозойский редкометалльный магматизм Центральной Азии: этапы, области и обстановки формирования // Геология рудных месторождений. 2012. Т. 54. № 5. С. 375-399.
12. Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Козловский А.М., Никифоров А.В., Травин А.В. Состав, источники и механизмы формирования редкометалльных гранитоидов позднепалеозойской Восточно-Саянской зоны щелочного магматизма (на примере массива Улан-Тологой) // Петрология. 2016. Т. 24. № 5. С. 515-536.
13. Ярмолюк В.В., Лыхин Д.А., Шурига Т.Н., Воронцов А.А., Сугоракова А.М. Возраст, состав пород, руд и геологическое положение бериллиевого месторождения Снежное: к обоснованию позднепалеозойской Восточно-Саянской редкометалльной зоны (Россия) // Геология рудных месторождений. 2011. Т. 53. № 5. С. 438-449.
14. Frost C.D., Frost B.R. On ferroan (A-type) granitoids: their compositional variability and modes of origin // J. Petrol. 2011. Vol. 52. P. 39-55.
15. Gladkochub D.P., Donskaya T.V., Sklyarova E.V., Kotov A.B., Vladykin N.V., Pisarevsky S.A., Larin A.M., Salnikova E.B., Saveleva V.B., Sharygin V.V., Starikova A.E., Tolmacheva E.V., Velikoslavinsky S.D., Mazukabzova A.M., Bazarova E.P., Kovach V.P., Zagornaya N.Yu., Alymova N.V., Khromova E.A. The unique Katugin rare-metal deposit (southern Siberia): Constraints on age and genesis // Ore Geol. Reviews. 2017. No. 91. P. 246-263.
16. Maniar P.D., Piccoli P.M. Tectonic discrimination of granitoids // GSA Bulletin. 1989. 101 (5). P. 635-643.
17. Wedepohl. The composition of the continental crust // Geochimica et Cosmochimica Acta. 1995. Vol. 59. No. 7. P. 1217-1232.
18. Whalen J.B., Currie K.L., Chappell B.W. A-type granites: geochemical, characteristics, discrimination and petrogenesis // Contributions to Mineralogy and Petrology. 1987. Vol. 95. P. 407-419.