

Chiaradia M., Schaltegger U., Spikings R. et al. How accurately can we date the duration of magmatic-hydrothermal events in porphyry systems? // *Economic Geology*. 2013. Vol. 108. № 4. С. 565–584.

Hawkins T., Smith M.P., Herrington R.J. et al. The geology and genesis of the iron skarns of the Turgai belt, northwestern Kazakhstan // *Ore Geology Reviews*. 2017. Vol. 85. P. 216–246.

Plotinskaya O.Y., Zu B., Seltmann R. et al. Tectonic history of the Urals as stored in molybdenites of porphyry and greisen deposits // *Earth-Science Reviews*. 2023. Vol. 247. Article 104609.

***С.В. Берзин¹, С.В. Петров¹, Д.Л. Конопелько¹, М.Ю. Курапов¹,
Т.А. Головина², Н.Я. Черненко³, В.С. Червяковский⁴***

¹ – Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург, Россия
sbersin@ya.ru

² – АО Полиметалл УК, г. Санкт-Петербург, Россия

³ – ООО Полярная экспедиционная компания,
г. Санкт-Петербург, Россия

⁴ – Институт геологии и геохимии
им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Использование титанита в гранитоидах северо-восточной части п-ва Таймыр для прогноза Cu-Au-Mo-порфирового оруденения

***S.V. Berzin¹, S.V. Petrov², D.L. Konopelko², M.Yu. Kurapov¹,
T.A. Golovina³, N.Ya. Chernenko³, V.S. Chervyakovskiy⁴***

¹ – St. Petersburg State University, St. Petersburg, Russia

² – Polymetal UK, St. Petersburg, Russia

³ – Polar Forwarding Company, St. Petersburg, Russia

⁴ – Zavaritsky Institute of Geology and
Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Use of titanite from granites of the Northeast Taimyr Peninsula for the forecasting of porphyry Cu-Au-Mo mineralization

Abstract. Titanite from the Late Paleozoic-Early Mesozoic granitic plutons of the northeast of Taimyr Peninsula are studied by EPMA and LA-ICP-MS. The composition of titanite corresponds to igneous mineral. The temperature and pressure of its formation are estimated. The composition of titanite is compared with indicators of porphyry mineralization. The granitic plutons are thus classified as to the possible presence of porphyry Cu-Au-Mo mineralization.

Медь является одним из важнейших металлов, необходимых для развития экономики, при этом около 40 % меди в мире добывается из коренных медно-порфировых месторождений [Sillitoe, 2010]. Одними из наиболее интенсивно развивающихся в последние годы методов поисковых работ на Au-Cu порфировые месторождения являются методы оценки и дискриминации гранитоидов с точки зрения перспективности развития в них порфировых рудно-магматических систем, основанные на использовании аксессуарных минералов-индикаторов. Широко развитые на Таймыре позднепалеозойские-раннемезозойские гранитоиды считаются одними из наиболее перспективных объектов для обнаружения новых рудных месторождений [Проскурнин и др., 2021], однако эти массивы, как правило, крайне слабо изучены без применения современных методов исследований. Задачей работы является

изучение геохимических особенностей акцессорного титанита гранитоидов полуострова Таймыр с целью определения условий кристаллизации расплавов и перспектив связанного Cu-Au-Mo порфирового оруденения.

Изучен титанит из гранитоидов Пекинского, Дорожнинского, Тесемского и Кристифенсенского массивов, находящихся в северо-восточной части полуострова Таймыр. Состав минерала определен электронно-зондовым микроанализом на рентгеноспектральном микроанализаторе Cameca SX100 и масс-спектрометрией с индуктивно-связанной плазмой с лазерной абляцией на масс-спектрометре NexION 300S с приставкой NWR 213 в ЦКП «Гео-аналитик» Института геологии и геохимии УрО РАН по методике [Зайцева и др., 2016].

Титанит характеризуется низкими отношениями $Fe/Al_{ат.}$ (0.8–1.6) и Nb/Ta (6.2–12) и высокими содержаниями P3Э 10000–24000 и Y 2000–9000 г/т, повышенными отношениями Th/U 0.6–6.4 и высоким фракционированием P3Э [Aleinikoff et al., 2002; Cao et al., 2015; Fu et al., 2016]. Титанит кристаллизовался при температуре 642–716 °C (± 20 °C) (при P 0.22 ГПа) по данным термометра [Hayden et al., 2008], основанного на содержании Zr в титаните. Расчетное давление при кристаллизации титанита составило 220 ± 100 МПа по данным эмпирического барометра, базирующегося на вхождении Al в структуру титанита [Erdmann et al., 2019].

Титанит из большинства образцов характеризуется высокими содержаниями REE + Y 13000–31000 г/т, Ta 180–1100 г/т и Nb 1300–7800 г/т, низким отношением Zr/Hf <17.5, что указывает на сходство с титанитом из рудоносных гранитоидов, связанных с порфировыми месторождениями пояса Красной реки (юго-восток Китая) [Xu et al., 2015]. Содержания Th и U в титаните варьируют в пределах даже одного образца и плохо согласуются с полями «рудоносных» и «безрудных» гранитоидов [Xu et al., 2015]. Содержания F в титаните составляют 0.24–0.58 мас. %. Высокие содержания Ga (59–165 г/т) в титаните указывают на повышенные отношения Ga^{4+}/Ga^{3+} в расплаве и, соответственно, высокую степень окисления гранитных магм, что является благоприятным фактором для формирования Cu-Au-Mo порфирового оруденения. Отношение Eu/Eu* составляет 0.33–0.82, что также указывает на высокую степень окисления магмы [Pan et al., 2022].

Таким образом, по данным изучения состава титанита Пекинского, Дорожнинского, Тесемского и Кристифенсенского гранитных массивов показана перспективность п-ва Таймыр на Cu-Au-Mo порфировое оруденение.

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 23-27-00283).

Литература

Зайцева М.В., Путьшев А.А., Шапова Ю.В., Вотяков С.Л. U-Pb-датирование цирконов с помощью квадрупольного масс-спектрометра с индуктивно связанной плазмой NexION300S и приставки для лазерной абляции NWR213 // Аналитика и контроль. 2016. Вып. 20. № 4. С. 294–306.

Проскурнин В.Ф., Петров О.В., Романов А.П. и др. Центральное-Арктический золотосодержащий медно-молибден-порфировый пояс // Региональная геология и металлогения. 2021. № 85. С. 31–49.

Aleinikoff J.N., Wintsch R.P., Fanning C.M., Dorais M.J. U-Pb geochronology of zircon and polygenetic titanite from the Glastonbury Complex, Connecticut, USA: an integrated SEM, EMPA, TIMS, and SHRIMP study // Chemical Geology. 2002. Vol. 188. P. 125–147.

Cao M., Qin K., Li G. et al. In situ LA-(MC)-ICP-MS trace element and Nd isotopic compositions and genesis of polygenetic titanite from the Baogutu reduced porphyry Cu deposit, Western Junggar, NW China // Ore Geology Reviews. 2015. Vol. 65. P. 940–954.

Erdmann S., Wang R., Huang F. et al. Titanite: A potential solidus barometer for granitic magma systems // Comptes Rendus Geoscience 2019. Vol. 351. P. 551–561.

Fu Y., Sun X.M., Zhou H.Y. et al. In-situ LA-ICP-MS U-Pb geochronology and trace elements analysis of polygenetic titanite from the giant Beiya gold-polymetallic deposit in Yunnan Province, Southwest China // Ore Geology Reviews. 2016. Vol. 77. P. 43–56.

Hayden L.A., Watson E.B., Wark D.A. A thermobarometer for sphene (titanite) // Contribution to Mineralogy and Petrology. 2008. 155. P. 529–540.

Pan L.-Ch., Hu R.-Zh., Bi X.-W. et al. Titanite major and trace element compositions as petrogenetic and metallogenic indicators of Mo ore deposits: Examples from four granite plutons in the southern Yidun arc, SW China // American Mineralogist. 2018. Vol. 103. P. 1417–1434.

Sillitoe R.H. Porphyry Copper Systems // Economic Geology. 2010. Vol. 105. P. 3–41.

Xu L., Bi X., Hu R. et al. LA-ICP-MS mineral chemistry of titanite and the geological implications for exploration of porphyry Cu deposits in the Jinshajiang - Red River alkaline igneous belt, SW China // Mineralogy and Petrology. 2015. Vol. 109. P. 181–200.

V.S. Zhdanova^{1,2}, S.Yu. Stepanov¹, R.S. Palamarchuk¹, A.V. Korneev¹

*¹ – Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН, г. Миасс, Россия
valeriia.zh.rock@gmail.com*

² – Институт геологии и геохимии им. А.Н. Заварицкого УрО РАН, г. Екатеринбург, Россия

Пропилитизация андезитов рудянской толщи в пределах Артемовско-Алтынайского рудно-магматического ареала (Средний Урал)

V.S. Zhdanova^{1,2}, S.Yu. Stepanov¹, R.S. Palamarchuk¹, A.V. Korneev¹

¹ – South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Miass, Russia

² – Zavaritsky Institute of Geology and Geochemistry UB RAS, Yekaterinburg, Russia

Propylitic alteration of andesites of the Rudyanskaya Sequence at the Artemovsk-Altynai ore-magmatic area (Central Urals)

Abstract. The Alapaevsk-Sukhoi Log tectonic zone in Central Urals includes the Artemov-Altynai ore-magmatic area. The country rocks include tuffs and lavas of the Early-Middle Devonian pyroxene-plagioclase andesites-basalts. There are metamorphosed under greenschist facies and are tectonically deformed. After the intrusion of granodiorite plutons and subvolcanic bodies, the country rocks were hydrothermally altered. A large propylitic alteration halo occurs in volcanic rocks around the intrusive. Strong propylitic alteration with sulfides, brecciation of andesites, and also Cu mineralization can indicate the lateral areas of a porphyry copper system.

Пропилиты – метасоматиты имеющие широкое распространение в разнообразных геологических обстановках, и их формирование может быть инициировано различными геологическими процессами. Поля пропилитизированных пород характерны для районов распространения вулканогенно-осадочных образований, которые прорываются субвулканическими телами [Русинов, 1989; Василевский, 1973]. Наиболее интенсивно процессы пропилитизации проявляются в условиях региональных тектонических нарушений [Омельяненко, 1978].

Широкое распространение пропилитизации является признаком потенциальной рудоносности пород [Омельяненко, 1978]: ореолы пропилитов могут оконтуривать рудные тела, а также быть характерны для порфирировых систем [Vermon, Clarke, 2008; Robb, 2020]. Поэтому при изучении перспективных на обнаружение медно-порфирирового оруденения районов важно отличать гидротермально преобразованные пропилитизированные породы