

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-Sukhoy 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

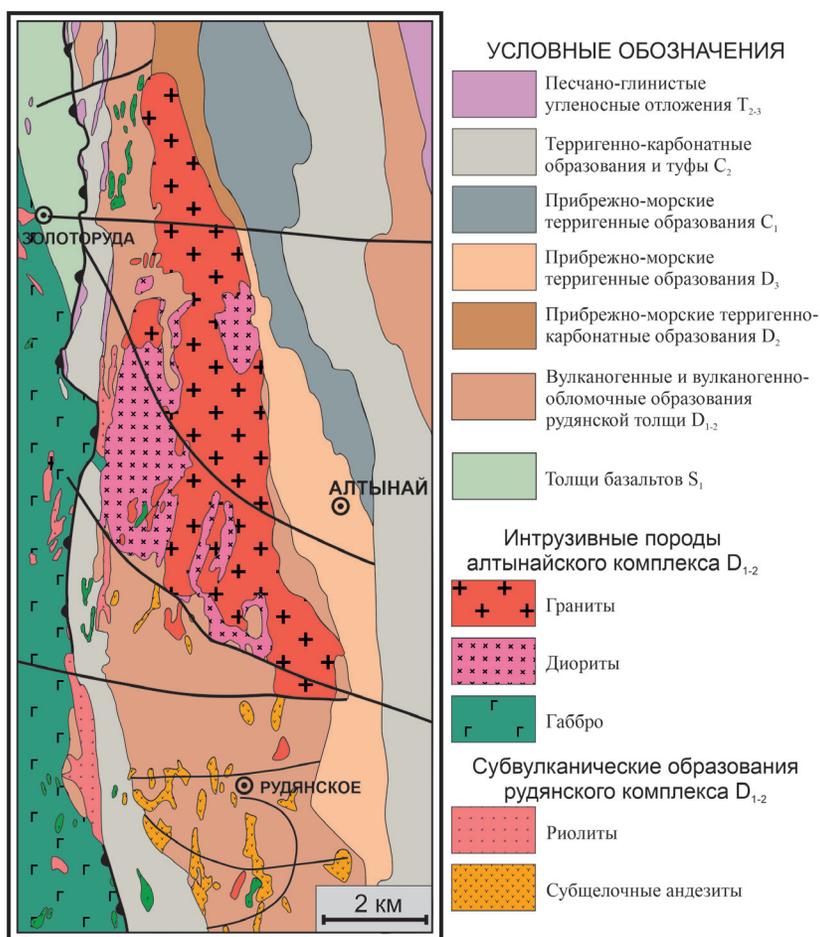


Рис. 1. Обобщенная схема Алтынайского массива и вмещающих пород по данным [Олерский и др., 1978; Государственная..., 2017].

от метаморфически измененных пород зеленосланцевой фации метаморфизма, которые обладают сходным набором минеральных ассоциаций. Данная задача особенно актуальна для Восточно-Уральской вулканогенной зоны, в структурно-вещественных комплексах которой установлена порфировая минерализация. Породы в пределах этой зоны метаморфически преобразованы в условиях зеленосланцевой фации [Олерский и др., 1978].

Данная работа проводилась с целью изучения минеральных ассоциаций и выявления пропилитизированных пород среди вулканогенно-осадочных образований рудянской толщи Алапаевско-Сухоложского тектонического блока в центральной части Восточно-Уральской вулканогенной мегазоны, что может способствовать оценке перспективности этой области на выявление новых медно-порфировых объектов.

Алапаевско-Сухоложский тектонический блок – это субмеридиональная зона в восточной части Среднего Урала [Пучков, 2010]. Интрузивные образования в пределах зоны представлены гранодиоритовыми массивами алтынайского комплекса раннего-среднего девона [Грабежев и др., 2015]. Вмещающими для интрузивов считаются вулканогенно-обломочные породы девона, объединенные в рудянскую толщу [Государственная..., 2017] (рис. 1). Она сложена осадочно-пирокластическими породами непрерывной базальт-андезит-

дацит-риолитовой формации [Горелов, Николаев, 1968; Государственная..., 2017]. К югу от Алтынайского массива породы рудянской толщи прорваны дайками риолитовых и риолит-дацитовых порфиров и субвулканическими порфирами дацитов [Олерский и др., 1978].

Метаморфические преобразования пород Алапаевско-Сухоложской зоны характеризуются присутствием неравновесных минеральных ассоциаций и высокой изменчивостью интенсивности преобразования с участками неизменных пород [Олерский и др., 1978]. Отличительной особенностью этих преобразованных пород является повсеместное распространение рассеянной сульфидной вкрапленности в сочетании с выраженными метасоматическими изменениями. Имеются данные о рудопоявлениях и многочисленных точках минерализации медно-порфирового типа, расположенных на периферии и в экзоконтактах интрузивов, объединенные в Артемо-Алтынайский рудно-магматический ареал [Грабежев, Смирнов, 2012].

С целью характеристики закономерностей проявления пропилитизации были отобраны пробы из редких выходов вулканогенно-осадочных пород в юго-западном обрамлении Алтынайского массива, а также из керна скважины 334, которая пробурена Буламышской партией в период работ 1961–1967 гг. Для описания пород изготовлено 52 стандартных петрографических препарата, а также 35 аншлифов. Из интервалов керна наиболее интенсивно измененных андезитов отобраны пробы и выделены концентраты рудных минералов. Составы породообразующих и рудных минералов определены на СЭМ Tescan Mira LMS с ЭДС, аншлифы и минералы рудных концентратов проанализированы на сканирующем электронном микроскопе Hitachi S-3400N с ЭДС.

Породы рудянской толщи в юго-западном обрамлении Алтынайского массива по составу относятся к андезибазальтам и андезитам, реже дацитам. На глубине 85–125 м породы представлены измененными брекчированными андезитами и андезибазальтами. В обломках слабоизмененных андезитов наблюдаются (в более интенсивно измененных андезитах угадываются) реликтовые порфировые структуры с тонкозернистой гиалопилитовой или микролитовой основной массой (рис. 2а, б). Реликтовые вкрапленники представлены кристаллами плагиоклаза, реже, амфибола размером до 1×0.5 мм. Основная масса андезитов сложена микролитами плагиоклаза и амфибола.

Преобразование пород выражено в развитии амфиболов ряда тремолит-актинолит по магнезиальной роговой обманке, появлении кальцита в основной массе и в тонких прожилках. Широко распространен новообразованный альбит. Альбит и актинолит часто обнаруживаются в виде реликтовых включений в метакристаллах пирита (рис. 2д). Низкожелезистый эпидот в агрегате с пумпеллитом обрастает скопления пирита (рис. 2г, д). Ограниченное распространение имеет калиевый полевой шпат.

Метасоматизированные андезиты и андезибазальты характеризуются повсеместным распространением рудных минералов, средние содержания которых варьируют от 3–5 до 10–15 % по массе. Наиболее распространен типичный для пропилитов пирит. В нем постоянно присутствуют мелкие включения халькопирита, реже, пентландита и виоларита. Также обнаружены такие минералы Ni, как миллерит и герсдорфит (рис. 2е, ж). Они образуют сростания между собой или с халькопиритом.

По сравнению с исходными породами их измененные разности характеризуются более низкими содержаниями SiO_2 и Al_2O_3 и меньшими содержаниями щелочей. Для преобразованных пород отмечается общий признак – пониженные содержания CaO. Во всех измененных породах присутствуют новообразованные карбонаты, преимущественно, кальцит как в виде жильных образований, так и в основной массе. Измененные андезитовые брекчии с пиритовой вкрапленностью отличаются существенно повышенной магнезиальностью: в 1.5–2.0 раза независимо от степени изменения пород. С увеличением интенсивности

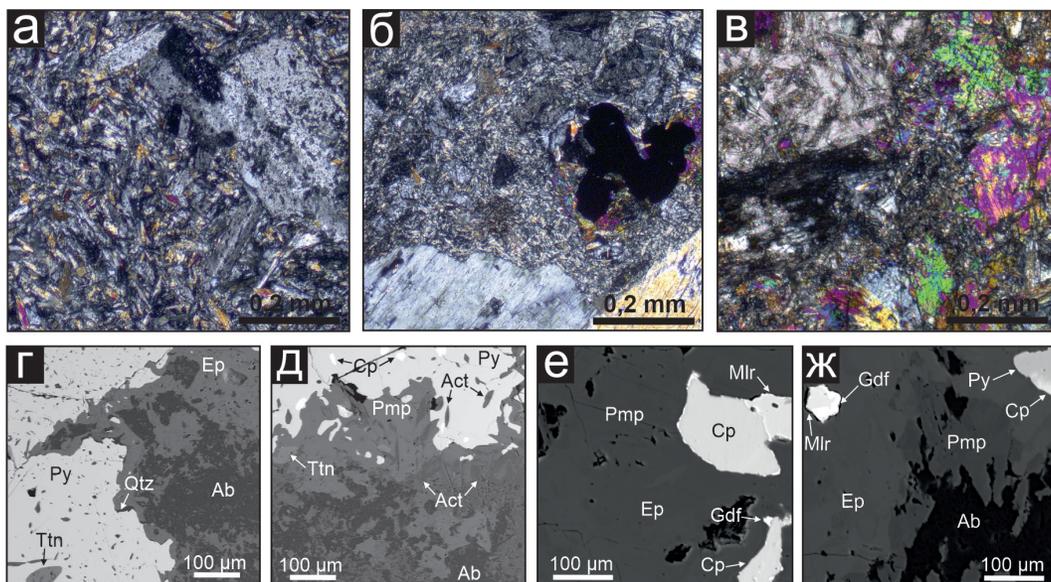


Рис. 2. Андезиты рудянской толщи: а – неизмененные, б – пропилитизированные; в – пропилиты полнопроявленные по андезитам; г–ж – BSE-фото минералов андезитов, подверженных пропилитизации: Qtz – кварц, Ep – эпидот, Pmp – пумпеллиит, Ab – альбит, Act – актинолит, Ttn – титанит, Py – пирит, Cr – халькопирит, Mlr – миллерит, Gdf – герсдорфит

пропилитизации закономерно увеличивается содержание FeO, достигая максимумов в полнопроявленных разностях.

Ассоциации новообразованных минералов позволяют отнести метасоматические изменения изученных андезитов к процессу пропилитизации. Этот метасоматический процесс, проявленный в вулканогенно-осадочных породах рудянской толщи, связан с внедрением пород алтынайского комплекса и наложен на ранее метаморфизованные эйфельские отложения.

Интенсивность пропилитизации не имеет строгой закономерности, процентные содержания и соотношения новообразованных минералов широко варьируют (рис. 2а–в). Преобладающими среди полнопроявленных метасоматитов являются пятнистые мелко-тонкозернистые эпидот-актинолит-карбонатные пропилиты (рис. 2в). В метасоматизированных андезитах и андезибазальтах повсеместно наблюдается вкрапленность рудных минералов. Минеральный состав полнопроявленных метасоматитов отличается от характерных минеральных ассоциаций метаморфических пород зеленосланцевой фации [Vernon, Clarke, 2008] появлением кальцита и пирита в качестве второстепенных, а иногда и породообразующих минералов.

Химический состав и соотношение петрогенных компонентов вулканитов рудянской толщи существенно меняется: пропилитизация протекает с выносом большинства компонентов [Василевский, 1973]. Повсеместное появление в измененных андезитах новообразованного кальцита отражает высокую карбонатность метасоматического флюида, характерную для пропилитизирующих растворов [Русинов, 1989].

Ореолы пропилитов и пропилитизированных пород обычно картируются на флангах медно-порфировых систем [Sillitoe, 2010]. Поэтому широкая пропилитизация вулканитов в экзоконтактах массивов и в ассоциации с субвулканическими телами порфиров рассматривается как признак метасоматического изменения пород в порфировых колоннах. В то же время, расположение зон пропилитизации в краевых частях рудно-магматических

систем и характер протекания метасоматических процессов обычно не приводит к концентрированию в этих метасоматитах рудной минерализации.

Таким образом, очевидно, что для пород рудянской толщи характерно интенсивное преобразование вследствие гидротермально-метасоматических процессов и широкого распространение пропилитизации. Пропилиты наложены на ранее метаморфизованные в условиях зеленосланцевой фации вулканогенно-осадочные отложения. Наиболее существенно пропилитизации подвержены вулканы среднего состава. Интенсивное преобразование пород вблизи крупных интрузивов и небольших тел порфириров, брекчирование и повсеместное распространение новообразованной сульфидной вкрапленности является благоприятным признаком, указывающим на высокие перспективы выявления медно-порфирировых объектов в изучаемом районе.

Исследования проведены в ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН в рамках государственного задания по теме ГЗ 075-00622-24-00. Микроскопические аналитические работы выполнены в рамках государственного задания ИГГ УрО РАН, тема № 123011800014-3 с использованием оборудования ЦКП «Геоаналитик».

Литература

- Василевский М.М.* Вулканизм, пропилитизация и оруденение. М.: Недра, 1973. 280 с.
- Горелов Н.А., Николаев И.Ф.* Отчет о результатах геолого-геофизических поисковых работ на медные руды в Сухоложском районе Свердловской области за 1961–1967 гг. Пос. Полдневая, 1968. 1054 с. ФБУ ТФГИ по Уральскому федеральному округу, № 31000.
- Государственная геологическая карта РФ. Масштаб 1:200 000 (второе поколение). Среднеуральская серия. Лист О-41-XXVI (Асбест) / Ред. Г.А. Петров. СПб.: Картфабрика ВСЕГЕИ, 2017.
- Грабежьев А.И., Коровко А.В., Азовскова О.Б., Прибавкин С.В.* Потенциально промышленная Алапаевско-Сухоложская медно-порфирировая зона (Средний Урал) // Литосфера. 2015. № 3. С. 79–92.
- Грабежьев А.И., Смирнов В.Н.* Артемовско-Алтынайский рудномагматический ареал медно-порфирирового типа (Средний Урал): U-Pb SHRIMP-II возраст, петрогеохимия гранитоидов и генетическая специфика // Литосфера. 2012. № 6. С. 78–89.
- Олерский В.П., Машаров А.А., Грабежьева Т.Г. и др.* Геологическая съемка и геологическое доизучение масштаба 1:50 000 групповым методом Рефтинской площади. Свердловск, 1978. 1081 с. ФБУ ТФГИ по Уральскому федеральному округу, № 35656.
- Омельяненко Б.И.* Околорудные гидротермальные изменения пород. М.: Недра, 1978. 215 с.
- Пучков В.Н.* Геология Урала и Приуралья (актуальные вопросы стратиграфии, тектоники, геодинамики и металлогении). Уфа: ДизайнПолиграфСервис, 2010. 280 с.
- Русинов В.Л.* Метасоматические процессы в вулканических толщах. М.: Наука, 1989. 214 с.
- Robb L.* Introduction to ore-forming processes. John Wiley & Sons, 2020. 383 p.
- Sillitoe R.H.* Porphyry copper systems // Economic Geology. 2010. Vol. 105. № 1. P. 3–41.
- Vernon R.H., Clarke G.L.* Principles of metamorphic petrology. Cambridge University Press, 2008.