

ЧАСТЬ 5. МЕСТОРОЖДЕНИЯ ЦВЕТНЫХ МЕТАЛЛОВ

О.Ю. Плотинская

*Институт геологии рудных месторождений, петрографии,
минералогии и геохимии РАН, г. Москва, Россия
plotin@igem.ru*

Проблемы интерпретации геохронологических данных медно-порфировых систем на примере Южного Урала

O.Yu. Plotinskaya

*Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography,
Mineralogy and Geochemistry RAS, Moscow, Russia*

Problems of interpretation of geochronological data for porphyry copper systems: Southern Urals as example

Abstract. Problems and misinterpretations of age of several copper porphyry systems from the South Urals are discussed. Recent U-Pb and Re-Os dating provide more robust results than K-Ar due to their higher closure temperature.

Ключевой особенностью порфировых систем является близкий возраст рудоносных интрузий и руд. В настоящее время общепринятым является комплексный подход к определению изотопного возраста рудоносных пород (U-Pb метод по цирконам), руд (Re-Os по молибдениту) и околорудных метасоматитов ($^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ и Rb-Sr по серициту) [Chiaradia et al., 2013]. Это позволяет получать надежные данные о возрасте порфировой системы, а в случае молодых кайнозойских образований, и о продолжительности ее деятельности. На Южном Урале известно несколько порфировых систем. Настоящая работа посвящена обсуждению проблем изотопного датирования некоторых порфировых объектов Южного Урала. Наиболее крупные порфировые месторождения Урала приурочены к восточному флангу Восточно-Уральской мегазоны (объекты Биргильдинско-Томинского рудного узла (БТРУ) и месторождение Зелёный Дол) и к Зауральской мегазоне (месторождения Михеевское, Тарутинское и Бенкала).

Восточно-Уральская мегазона. Территория БТРУ находится чуть южнее г. Челябинска. Ранее территория БТРУ рассматривалась как океаническая островная дуга, активная с позднего ордовика до раннего девона, и возраст березняковской свиты был принят как силурийский [Язева, Бочкарев, 1995]. Позднее последовательность осадочных пород территории была интерпретирована как отложения рифта, заложившегося на активной континентальной окраине Восточно-Уральского микроконтинента [Кузнецов и др., 2018]. Большинство месторождений и рудопроявлений БТРУ пространственно и генетически связаны с малыми телами диоритов и андезитов биргильдинско-томинского комплекса [Грабежев и др., 1998]. Его возраст на основании Rb-Sr датирования пород Томинского месторождения (341 ± 6 млн лет) был принят как D_3-C_1 . Близкие и более молодые датировки (рис. 1) были получены K-Ar методом по серициту из метасоматитов месторождений Томинское, Биргильдинское и Березняковское (от 359 ± 9 до 290 ± 26 млн лет) [Грабежев и др., 1998]. Позднее был получен

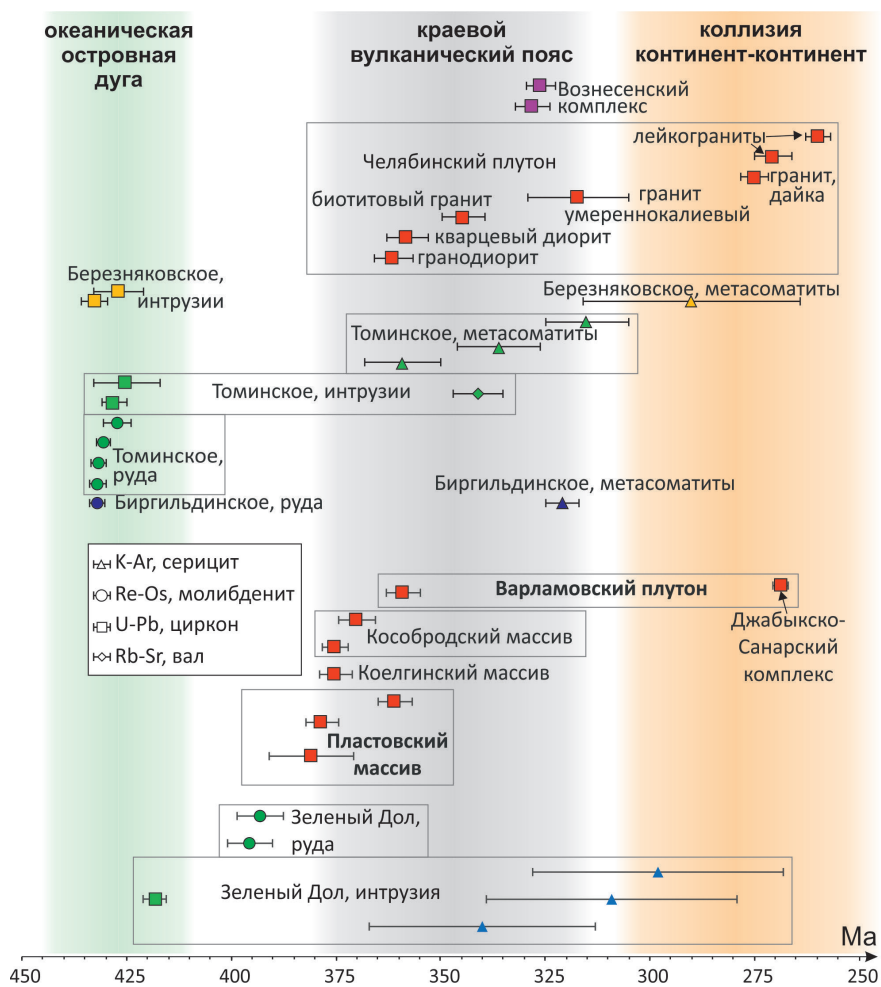


Рис. 1. Обобщение геохронологических данных для Восточно-Уральской мегазоны Южного Урала, с использованием данных из [Ферштатер, 2013; <https://geochron-atlas.vsegei.ru>].

U-Pb (SHRIMP-II) возраст цирконов из диоритов и диоритовых порфиров Томинского и Березняковского месторождений от 432.6 ± 3.2 до 425 ± 8 млн лет [Грабежев и др., 2017; <https://geochron-atlas.vsegei.ru>], что соответствует силуру (венлок-лудлов). Близкие значения (от 427.1 ± 3.3 до 432 ± 1.7 млн лет) были получены Re-Os методом по молибдениту месторождений Биргильдинское и Томинское [Plotinskaya et al., 2023 и ссылки внутри], и это позволяет уверенно говорить о силурийском возрасте интрузий и порфировых руд БТРУ.

Причиной расхождений между ранее полученными возрастными данными и новыми является низкая температура закрытия K-Ar системы в мусковите – менее 300°C [Chiaradia et al., 2013]. K-Ar возраст мог быть переустановлен в результате поздних термальных событий, которые на территории БТРУ, скорее всего, были вызваны внедрением двух основных фаз Челябинского плутона. Его первая фаза связана с субдукцией под Восточно-Уральский микроконтинент (рис. 1) и представлена крупными телами кварцевых диоритов, гранодиоритов и гранитов, U-Pb возраст которых составляет от 361 ± 5 до 344 ± 5 млн лет [Каллистов, 2014]. Вторая фаза связана с коллизией Восточно-Европейского и Казахстанского континентов и

представлена малыми телами гранитов и лейкогранитов, U-Pb возраст которых варьирует от 275 ± 3 до 260 ± 3 млн лет [Каллистов, 2014]. Минимальные оценки температур закрытия Re-Os системы в молибдените и U-Pb системы в цирконе составляют около 500 и 750 °C, соответственно [Chiaradia et al., 2013]. Они не были нарушены более поздними событиями, и это позволяет считать полученные по ним значения истинным возрастом образования порфирировых систем. Таким образом, территория БТРУ является фрагментом силурийской океанической островной дуги, и аналогичные фрагменты в пределах Восточно-Уральской мегазоны являются перспективными на порфирировое и/или эпitherмальное оруденение.

Расположенное южнее месторождение Зелёный Дол также связывают с интрузией биргильдинско-томинского комплекса. Однако U-Pb возраст цирконов (LA-ICPMS) из диоритовых порфиритов месторождения составил 418.3 ± 1.3 млн лет [Грабежев и др., 2017], что на 7–10 млн лет моложе, чем интрузии БТРУ. K-Ar возраст интрузии составил примерно от 350 до 280 млн лет. Re-Os возраст молибденита составляет 393.0 ± 5.6 и 395.6 ± 5.4 млн лет, т. е. почти на 30 млн лет моложе возраста рудоносной интрузии. Поскольку молибденит в изученных образцах тонкозернистый и несет в себе следы перекристаллизации, можно предположить, что его Re-Os возраст был переустановлен в результате более позднего тектонического и/или магматического события, и наиболее вероятным из них является внедрение ранних фаз Пластовского массива и/или других габбро-тоналит-гранодиорит-гранитных массивов на этой территории (рис. 1). Тем не менее, можно говорить о том, что месторождение Зелёный Дол сформировалось в обстановке той же островной дуги, что и месторождения БТРУ, но, возможно, несколько моложе.

Зауральская мегазона. Здесь расположено крупное медно-порфирировое месторождение Михеевское и скарновое Тарутинское, а восточнее, в Валерьяновской зоне – Бенкалинское месторождение. Ранее для диоритовых порфиритов Михеевского месторождения K-Ar методом были получены значения 368 ± 12 и 320 млн лет [Тевелев и др., 2006 и ссылки внутри] и возраст месторождения был принят как среднекаменноугольный. Однако Re-Os возраста молибденита, полученные по двум образцам (357.8 ± 1.8 и 356.1 ± 1.4 млн лет), хорошо согласуются с U-Pb возрастом циркона (SHRIMP-II) из порфирировидного кварцевого диорита 356 ± 6 млн лет [Грабежев и др., 2017]. Это позволяет считать полученный возраст около 357 млн лет (фамен-турне) возрастом образования Михеевского месторождения. Полученные радиогенные возраста позволяют связать формирование Михеевского и Тарутинского месторождений с островодужным магматизмом (рис. 2), имевшим место при субдукции под блок «тельбесских» пород, аккрецированных к восточной окраине Восточно-Уральского микроконтинента [Тевелев и др., 2006].

U-Pb (LA-ICPMS) возраст циркона из диоритовых порфиритов месторождения Бенкала составляет 334.7 ± 2.9 млн лет; близкие значения были получены и для расположенного южнее рудопоявления Жалтырколь – 336 ± 3 млн лет [Грабежев и др., 2017], однако Re-Os возраст молибденита Бенкалы значительно моложе (319.7 ± 4.4 млн лет) [Plotinskaya et al., 2023]. Возраст интрузии хорошо согласуется с данными о возрасте Соколовско-Сарбайского интрузивного комплекса и связанных с ним железорудных скарновых месторождений (приблизительно 345–326 млн лет, в том числе Re-Os возраст молибденита из Сарбайского месторождения, 336.2 ± 1.3 млн лет) [Hawkins et al., 2017]. U-Pb возраст циркона из пострудной дайки на Сарбайском месторождении составляет 322.2 ± 4 млн лет [Hawkins et al., 2017]. Более молодые K-Ar возраста были получены ранее по биотиту из гранодиорит-порфирив Бенкалинского месторождения – 311 ± 10 и 318 ± 10 млн лет и еще более молодые – по серициту – 306 ± 15 и 284 млн лет [Сыромятников и др., 1986]. Это, по-видимому, говорит о переустановке Re-Os и K-Ar изотопных систем вследствие более поздних тектонических процессов, хотя нельзя исключать, что молибденит из медно-порфирировой минерализации

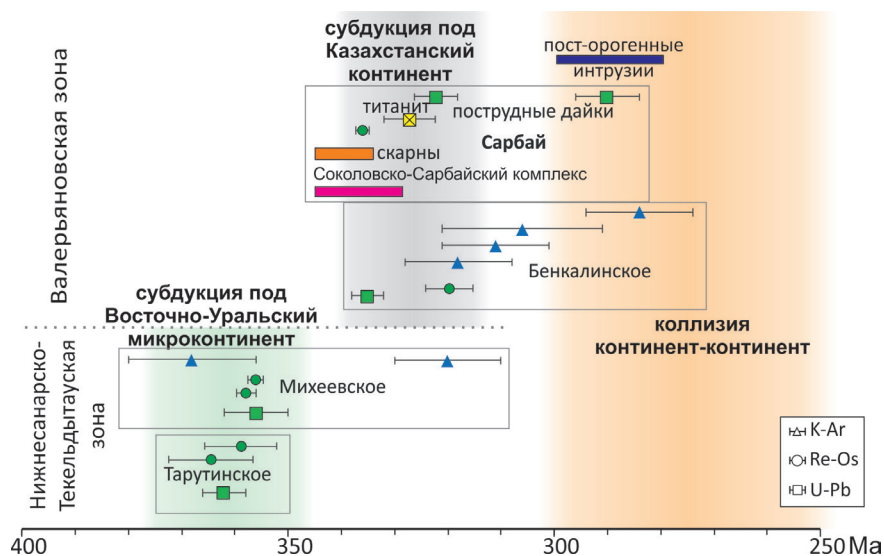


Рис. 2. Обобщение геохронологических данных для Зауральской мегазоны с использованием данных из [Hawkins et al., 2017].

Бенкалинского месторождения связан с другими, более поздними, интрузивными фазами. Таким образом, установить точный возраст образования Бенкалинского месторождения на основании имеющихся данных не представляется возможным.

Литература

Геохронологический атлас-справочник (БД «Геохронология»). <https://geochron-atlas.vsegei.ru/> Последнее обращение 29/02/2024.

Грабежев А.И., Кузнецов Н.С., Пужаков Б.А. Рудно-метасоматическая зональность медно-порфировой колонны натриевого типа (парагонитсодержащие ореолы, Урал). Екатеринбург: УГГА, 1998. 172 с.

Грабежев А.И., Шардакова Г.Ю., Ронкин Ю.Л., Азовскова О.Б. Систематика U-Pb возрастов цирконов из гранитоидов медно-порфировых месторождений Урала // Литосфера. 2017. Т. 17. № 5. С. 113–126.

Каллистов Г.А. Длительность и возрастные этапы становления Челябинского гранитоидного батолита. Информационный сборник научных трудов ИГГ УрО РАН // Ежегодник-2013. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. С. 343–349.

Кузнецов Н.С., Савельев В.П., Пужаков Б.А. и др. Государственная геологическая карта Российской Федерации. Масштаб 1 : 200 000. Издание второе. Серия Южно-Уральская. Лист N-41-VIII (Челябинск). Объяснительная записка. М.: Московский филиал ФГБУ «ВСЕГЕИ», 2018. 116 с.

Сыромятников Н.Г., Колесников В.В., Филимонова Л.Н. и др. О возрасте медно-порфирового оруденения и его тектоническом положении/ Медно-порфировые месторождения. Балхашский сегмент. Ред. Абдулин А.А., Чекабаев С.Е. Алма-Ата: Наука, 1986. С. 164-172.

Тевелев А.В., Кошелева И.А., Попов В.С. и др. Палеозойды зоны сочленения Восточного Урала и Зауралья / Труды лаборатории геологии складчатых поясов (вып. 4). М.: Геологический факультат МГУ, 2006. 300 с.

Феритатер Г.Б. Палеозойский интрузивный магматизм Среднего и Южного Урала. Екатеринбург: РИО УрО РАН, 2013. 368 с.

Язва Р.Г., Бочкарев В.В. Силурийская островная дуга Урала: структура, развитие, геодинамика // Геотектоника. 1995. № 6. С. 32–44.

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 акцессорных 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