

ГЕНЕЗИС ПИОНЕРСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

А.Д. Извекова, Б.Б. Дамдинов, М.Л. Москвитина, Л.Б. Дамдинова
Геологический институт СО РАН, Улан-Удэ, Россия, boxjer@mail.ru

Пионерское месторождение расположено в истоках р. Китой на правом берегу р. Самарта, в 3.5 км на юго-восток от пос. Самарта, в 8.5 от крупнейшего в регионе Зун-Холбинского золоторудного месторождения. Месторождение сложено породами гарганского метаморфического комплекса архейско-протерозойского возраста, на котором с тектоническим несогласием залегают породы иркутской свиты венд-кембрийского возраста [8]. Породы гарганского метаморфического комплекса – самые древние породы района. Их возраст оценивается в 2.9 млрд. лет [1]. Породы представлены плагиогнейсогранитами, реже амфиболитами и мигматитами. Осадочные породы чехла слагают восточный фланг месторождения. Они представляют собой редуцированный разрез иркутской свиты состоящий из песчаников, карбонатных и кремнисто-карбонатных отложений [9]. В рудном поле Пионерского месторождения обнаружены также редкие дайки основного состава, отнесенные к барунхолбинскому вулканоплутоническому комплексу, представленные в основном сильно измененными (хлоритизированными, реже лиственитизированными) базитовыми породами. Однако сведения о возрасте дайковых пород отсутствуют. Породы месторождения подвержены динамометаморфическим и метасоматическим изменениям. Метаморфические образования на участке представлены милонитами, и катаклазированными березитами. Метасоматические образования присутствуют в виде безезитов и лиственитов.

⁴⁰Ar/³⁹Ar датирование мусковита из золотоносных жил позволило оценить возраст руд в 420±3 млн. лет [5]. Такое значение опровергает представления об архейском возрасте месторождения, а также значительно отличается от возраста пространственно ассоциирующих гранитоидов сумсунурского комплекса.

Рудные тела Месторождения представляют собой малосульфидные пирит-кварцевые и карбонат-пирит-кварцевые прожилки и жилы, которые находятся в зонах дробления и в зонах милонитизации и расщепления. Кварц в жилах и прожилках является основным минералом, присутствует в виде молочно-белого внешне безрудного кварца (1 генерация) и серого кристаллического, с которым связана рудная минерализация (2 генерация). Также в кварцевых жилах встречается хлорит, карбонат, мусковит. Из рудных минералов в жилах преобладает пирит, реже встречается халькопирит, пирротин, галенит, теллуриды, самородное золото и единичные зерна блеклой руды. Пирит встречается чаще остальных сульфидов в виде вкрапленности или прожилковидных агрегатов, образует идиоморфные зерна, часто ассоциирует с халькопиритом. Установлено что пирит присутствует в виде двух генераций. В пустотах и трещинах пирита 2 генерации отлагается кварц, теллуриды, золото. Самородное золото заполняет трещинки и пустоты в кварце 2 генерации и пирите 2 генерации, так как выделилось в последнюю стадию рудообразования. Формы выделения золота в основном крючковатые, пластинчатые. Оно предположительно образуется раньше всех теллуридов, при этом ассоциируя с калаверитом, алтаитом, петцитом, теллуровисмутитом, мелонитом. Все эти минералы обрастают золото по краям. Особенностью руд Пионерского месторождения является большое количество минералов теллуридной ассоциации, которые представлены широким набором минеральных видов, среди которых диагностированы теллуриды Bi, Au, Ag, Pb, Hg и Ni: алтаит, петцит, гессит калаверит, мелонит, теллуровисмутит, пильзенит, колорадоит, раклиджит, волинскит, цумоит, тетрадимит.

Теллур считается мантийным элементом, а теллуриды являются типичными минералами плутоногенно-гидротермальных, эпитептермальных и порфириновых месторождений, формирующихся преимущественно на конвергентных границах плит – активных континентальных окраинах островодужного и андийского типов [11, 15]. Происхождение месторождений указанных типов генетически связывается с надсубдукционными магматическими расплавами. В орогенных месторождениях золота теллуриды также присутствуют [14, 10, 20]. Считается, что появ-

ление теллуридов в рудах орогенных месторождений свидетельствует о магматогенном происхождении рудообразующих флюидов [19].

Изотопные составы серы в рудах Пионерского месторождения имеют значения ($\delta^{34}\text{S} = 0.9 - 4.5\%$), характерные для магматической или мантийной серы. Такие значения соответствуют сере других орогенных месторождений золота в обрамлении Гарганской «глыбы» [6], что свидетельствует о едином источнике серы. Главным источником серы считаются породы офиолитового комплекса, содержащие реликты древних субмаринных сульфидных руд (отложений «черных курильщиков»), развитые в вулканогенно-осадочной части офиолитовой ассоциации и имеющие идентичные значения $\delta^{34}\text{S}$ ($\sim 0 - 4\%$) [4]. Фрагменты офиолитовых пород (лиственитизированных ультрабазитов) присутствуют и в рудном поле Пионерского месторождения (уч. Надежда). В то же время, близкие значения изотопного состава серы характерны и для руд плутоногенно-гидротермальных месторождений [17].

Значения изотопного состава кислорода в кварце соответствуют таковому для золото-кварцевых орогенных месторождений с теллуридами [20]. В то же время, изотопный состав кислорода в рудном кварце Пионерского месторождения близок к составу древних метатерригенных пород, входящих в состав «Гарганской глыбы» – фундамента Тувино-Монгольского микроконтинента [7], которые, в данном случае, являются рудовмещающим субстратом. Расчет равновесного изотопного состава флюида для температуры 285°C , согласно уравнению [18], показывает значения $\delta^{18}\text{O}$ в интервале $5.0 - 6.1\%$. Такие значения характерны для магматогенного флюида [12] относительно обогащенного легким изотопом. Возможно, в близповерхностных условиях эти флюиды смешивались с небольшим количеством метеорных вод, что привело к некоторому «облегчению» изотопного состава кислорода во флюиде (до значений менее 6%) и, наряду с общим снижением P-T параметров рудообразующей системы, обусловило падение общей солености флюида от 8-10 (в кварце) до 3-4 мас.% экв. NaCl (в позднем карбонате) и уменьшение температуры минералообразования (от 285 до 225°C).

Влияние вмещающих пород на состав оруденения отмечается в минералогическо-геохимических характеристиках руд. Так, в кварцевых жилах из лиственитов появляются Ni-, Co-содержащие минералы, характерные для ультрабазитов – герсдорфит, пентландит, кобальтин, аллоклазит, тогда как в жилах, залегающих в гранитогнейсах, присутствуют молибденит и минералы Bi, то есть минералы, характерные для плутоногенных месторождений. Наличие сосуществующих теллуридов Bi и Ni могут свидетельствовать о том, что рудообразующий флюид взаимодействовал как с породами гранитоидного состава (гранитогнейсы), так и с базит-ультрабазитами. Такие породы известны в пределах месторождения – это вмещающие гранитогнейсы и блоки лиственитизированных ультрабазитов. Как показано предшественниками, рудовмещающие архейские гранитогнейсы и амфиболиты Гарганской «глыбы», а также породы офиолитового комплекса Восточного Саяна относительно обогащены золотом [2]. К сожалению, данные по концентрациям теллура в этих породах отсутствуют. Нами в единичных пробах гранитогнейсов из рудного поля Пионерского месторождения, определены содержания до 2 г/т теллура. Известно, что теллур – редкий элемент, кларк которого в верхней коре составляет 0.27 мг/т [13]. Однако содержания теллура относительно высоки в базитовых породах, особенно в базальтах ОИВ, где они достигают 29 мг/т [21].

Таким образом, минералогическо-геохимические и изотопные данные свидетельствуют о магматогенной природе рудообразующих флюидов, сформировавших Пионерское месторождение. Их происхождение связано с наличием глубинного магматического очага в период формирования месторождения. Косвенным признаком существования такого очага является присутствие редких даек базитов, залегающих вблизи рудных зон. Возраст этих даек неизвестен, однако их залегание субсогласно с простиранием золотоносных жильных зон. Взаимодействие первичного магматогенного флюида с вмещающими породами, содержащими повышенные концентрации золота и, возможно, теллура, привело к дополнительному обогащению руд этими элементами и формированию небольшого по запасам, но очень богатого золоторудного месторождения с широким спектром минералов теллуридной ассоциации.

Магматогенная природа рудообразующих флюидов обусловила обогащение руд теллуридами по сравнению с месторождениями-аналогами, залегающими в идентичной геологической обстановке – Владимирским, Барун-Холбинским, где теллуридные минералы в рудах практически отсутствуют, либо встречаются в виде мелких единичных микровключений [3].

Литература

1. Анисимова И.В. Возраст фундамента Гарганской глыбы (Восточный Саян): результаты U-Pb геохронологических исследований // Изотопные системы и время геологических процессов. Материалы IV Российской конференции по изотопной геохронологии: ИГГД РАН, 2009. Т. 1. С. 35-36.
2. Гребенщикова В.И., Шмотов А.П. Этапы формирования Зун-Холбинского золоторудного месторождения (Восточный Саян) // Геология и геофизика. 1997. Т. 38. №4. С. 756-764.
3. Гордиенко И. В., Рошкетаяев П. А., Гороховский Д. В. Окинский рудный район Восточного Саяна: геологическое строение, структурно-металлогеническое районирование, генетические типы рудных месторождений, геодинамические условия их образования и перспективы освоения // Геология рудных месторождений. 2016. № 5. С. 405-429.
4. Дамдинов Б. Б. Минеральные типы месторождений золота и закономерности их размещения в юго-восточной части Восточного Саяна // Геология рудных месторождений. 2019. Т. 61. №2. С. 23-38.
5. Дамдинов Б. Б., Дамдинова Л. Б. Зун-Оспинское золоторудное месторождение (Восточный Саян): особенности геологического строения, состав руд и генезис // Геология рудных месторождений. 2018. Т. 60. №3. С. 274-300.
6. Миронов А.Г., Жмодик С.М. Золоторудные месторождения Урик-Китойской металлогенической зоны (Восточный Саян, Россия) // Геология рудных месторождений. 1999. Т. 41. № 1. С. 54-69.
7. Овчинникова Г. В., Крылов Д. П., Козаков И. К., Ковач В. П., Сергеева Н. А. Источники гранитоидов Тувино-Монгольского массива и его обрамления по данным изотопного состава свинца, неодима и кислорода // Петрология. 2009. Т. 17. № 6. С. 613-622.
8. Рошкетаяев П.А. Золото Бурятии. Улан-Удэ.: БНЦ СО РАН, 2000. 464 с.
9. Федотова А.А., Хаин Е.В. Тектоника юга Восточного Саяна и его положение в Урало-Монгольском поясе. Москва.: Научный мир, 2002. 176 с.
10. Bi S.J., Li W., Li Z. K. Gold distribution in As-deficient pyrite and telluride mineralogy of the Yangzhaiyu gold deposit, Xiaqingling district, southern North China craton // Mineralium Deposita. 2011. Vol. 46(8). P. 925-941.
11. Hart C.J.R. Reduced intrusion-related gold systems. In Goodfellow WD (ed.) Mineral deposits of Canada: A synthesis of major deposit types, district metallogeny, the evolution of geological provinces, and exploration methods. Geol Assoc Canada, Mineral Deposits Division, Spec Publ, 2007. 5:95-112.
12. Hoefs J. Stable Isotope Geochemistry (sixth ed.), Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2009. P. 285.
13. Hu Z, Gao S. Upper crustal abundances of trace elements: a revision and update // Chemical Geology. 2008. Vol. 253. P. 205-221.
14. Kelley K.D., Romberger S.B., Beaty D.W., Pontius J.A., Snee L.W., Stein H.J., Thompson T.B. Geochemical and geochronological constraints on the genesis of Au-Te deposits at Cripple Creek, Colorado // Econ. Geol. 1998. Vol. 93. P. 981-1012.
15. Lang J.R., Baker T. Intrusion-related gold systems: the present level of understanding // Mineralium Deposita. 2001. Vol. 36. P. 477-489.
16. Ohmoto H. Isotopes of Sulfur and Carbon, in Geochemistry of Hydrothermal Ore Deposits. New York.: John Wiley and Sons. 1979. 434 p.
17. Seal R. R. Sulfur Isotope Geochemistry of Sulfide Minerals // Reviews in Mineralogy & Geochemistry. 2006. Vol. 61. P. 633-677.
18. Sharp Z.D., Gibbons J.A., Maltsev O., Atudorei V., Pack A., Sengupta S., Shock E.L., Knauth L.P. A calibration of the triple oxygen isotope fractionation in the SiO₂ - H₂O system and applications to natural samples // Geochimica et Cosmochimica Acta. 2016. Vol. 186. P. 105-119.
19. Spence-Jones C.P., Jenkin G.R.T., Boyce A.J., Hill N.J., Sangster C.J.S. Tellurium, magmatic fluids and orogenic gold: an early magmatic fluid pulse at Cononish gold deposit, Scotland // Ore Geol Reviews. 2018. Vol. 102. P. 894-905.
20. Wang D., Zhen S., Liu J., Carranza E. J. M., Wang J., Zha Z., Li Y., Bai H. Mineral paragenesis and hydrothermal evolution of the Dabaiyang tellurium-gold deposit, Hebei Province, China: Constraints from fluid inclusions, H-O-He-Ar isotopes, and physicochemical conditions. // Ore Geology Reviews. 2021. Vol. 130. 103904.
21. Yi W., Halliday A. N., Alt J. C., Lee D. C., Rehkamper M., Garcia M. O., Su Y. J. Cadmium, indium, tin, tellurium, and sulfur in oceanic basalts: implications for chalcophile element fractionation in the Earth // J. Geophys. Res. 2000. Vol. 105.P. 18927-18948.