

Моргунова Н.Л., Выборнов А.А., Ковалюх Н.Н., Скрипкин В.В. Хронологическое соотношение энеолитических культур Волго-Уральского региона в свете радиоуглеродного датирования // Российская археология. 2010. № 4. С. 18–27.

Ткачев В.В. Степи Южного Приуралья и Западного Казахстана на рубеже эпох средней и поздней бронзы. Актобе: Актыбинский областной центр истории, этнографии и археологии, 2007. 384 с.

Чайковский И.И., Мулыгин М.Ю., Коротченкова О.И., Чиркова Е.П., Трапезников Д.Е. Минералогия медистых песчаников юга Соликамской впадины // Проблемы минералогии, петрографии и металлогении. Науч. чт. пам. П.Н. Чирвинского. 2018. № 21. С. 85–98.

Krinov D.I., Azarova Y.V., Struzhkov S.F., Natalenko M.V., Radchenko Y.I. On the discovery of rooseveltite, preisingerite, troegerite, and zeunerite in Bi-As-Cu-U-mineralization from the Oranzhevoye ore field, Verkhne-Kalzaninsky massif, Magadan region, Russia // New Data on Minerals. 2011. Vol. 46. P. 20–24.

Kuzhuget R.V., Zaykov V.V., Lebedev V.I., Mongush A.A. Gold mineralization of the Khaak-Sair gold-quartz ore occurrence in listwanites (Western Tuva) // Russian Geology and Geophysics. 2015. Vol. 56 (9). P. 1332–1348.

Palache C., Berman H., Frondel C. The system of mineralogy of James Dwight Dana and Edward Salisbury Dana. Yale University. Volume II, 1951.

Pekov I. Minerals first discovered on the territory of the former Soviet Union. Moscow: Ocean Pictures, 1998. 369 p.

Ю.А. Рыжкова

*Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии
и геоэкологии УрО РАН, Институт минералогии, г. Миасс
padushina@mail.ru*

Минералогия руд Назаровского цинкового месторождения

(Озернинский рудный узел, Бурятия)

(научный руководитель – д.г.-м.н. Е.В. Белогуб)

Озернинский рудный узел вмещает Озерное месторождение, которое является одним из крупнейших месторождений цинка в России: балансовые запасы на 1 января 2015 г. по категории В+С₁+С₂ 135 млн т руды со средними содержаниями Zn 6.16 %, Pb 1.17 %, Ag 35 г/т [<http://www.oz-mine.com/>]. Для сульфидных руд месторождения предполагается гидротермально-осадочный генезис [Ковалев, Бусленко, 1992]. Наряду с ним на площади рудного узла локализовано множество менее масштабных скарновых месторождений и проявлений (Назаровское, Гундуйское, Гурвунурское, Солонго и др.) [Янов, 1971]. Если Озерное месторождение, благодаря своему высокому рудному потенциалу, изучено детально [Кочеткова, 1972; Дистанов и др., 1972; Ковалев, Бусленко, 1992], то информация о рудах других месторождений носит отрывочный характер.

Целью данной работы стало определение структурно-текстурных особенностей, минерального состава и температуры кристаллизации руд Назаровского месторождения. Для исследования отбирались штучные пробы из керна скважин северного фланга месторождения. Оптические исследования проведены в Институте минералогии ЮУ ФНИЦ МиГ УрО РАН (г. Миасс) с помощью поляризационного микроскопа AxioScore A.1 с цифровой приставкой. Химический состав минералов проанализирован с помощью СЭМ Vega3 Tescan с ЭДС (аналитик И.А. Блинов).

Назаровское месторождение открыто в 1967 г. Его изучали В.Г. Беличенко, Е.И. Ткаченко, В.А. Варламов, С.В. Горбунов, Р.С. Тарасова, Э.Г. Дистанов, Г.Г. Русин, А.И. Бусленко, К.Р. Ковалев и другие исследователи. В настоящий момент лицензия УДЭ № 01220 БЭ на разведку и добычу золото-сульфидно-цинковых руд выдана корпорации ООО «Металлы Восточной Сибири».

Месторождение расположено в 4 км от Озерного месторождения в пределах Еравнинского останца и приурочено к зоне Назаровского разлома и экзоконтакту массива палеозойских гранодиоритов, прорывающих нижнекембрийские вулканогенно-осадочные породы по ослабленным контактам между пластовыми телами руд и вмещающими породами. Рудные тела приурочены к карбонатным и вулканогенно-карбонатным отложениям нижнего кембрия, частично подвергнуты контактовому метаморфизму и метасоматической переработке со стороны гранитоидов нижнепалеозойского витимканского комплекса [Бусленко, Ковалев, 1975]. На месторождении разведано пять золото-сульфидно-цинковых рудных тел с грубополосчатыми, прожилково-вкрапленными и кварц-гематитовыми рудами, выявлена золотоносная зона окисления, развитая над золото-сульфидными рудными телами и сульфидизированными метасоматитами [<http://mvs.metropol.ru/activity/gorsector/nazar/index.wbp>].

Вмещающие породы Назаровского месторождения представлены гранодиоритами, диоритами, полосчатыми и мраморизованными известняками, песчаниками, скарнами пироксен-эпидот-гранатового состава. Они прорваны дайками долеритовых порфиритов и граносиенит-порфиров (рис. 1). Среди рудообразующих минералов преобладают пирит, сфалерит, арсенопирит. В различных соотношениях встречаются халькопирит, галенит, пирротин, марказит, густавит, магнетит, гематит, рутил.

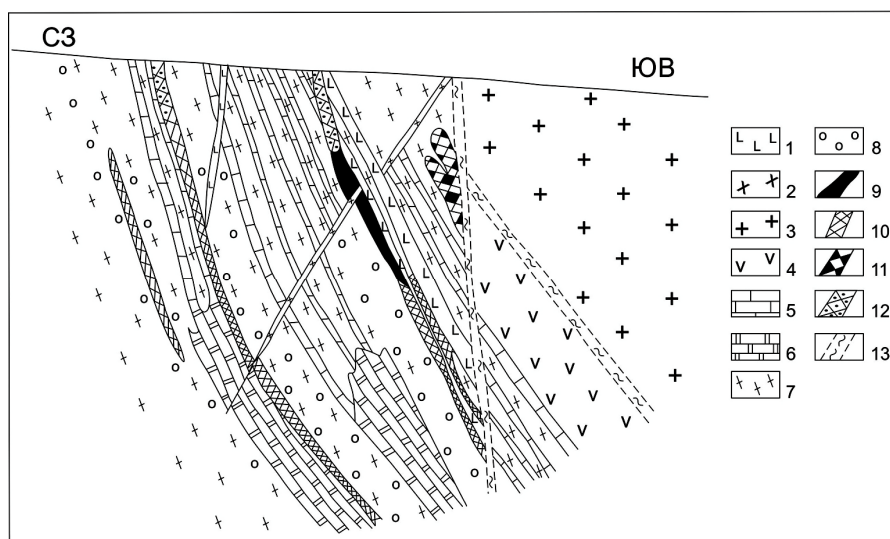


Рис. 1. Разрез северной части Назаровского месторождения (по [Бусленко, Ковалев, 1975], с упрощениями).

1, 2 – дайки долеритовых порфиритов (1) и граносиенит-порфиров (2); 3 – гранодиориты, диориты; 4 – кварцевые порфиры; 5, 6 – известняки полосчатые (5) и мраморизованные (6); 7 – песчаники; 8 – пироксен-эпидот-гранатовые скарны; 9–11 – колчеданно-полиметаллические руды: грубополосчатые (9), прожилково-вкрапленные (10), кварц-гематитовые (11); 12 – зона окисления над телами пироксен-магнетитовой руды; 13 – тектонические нарушения.

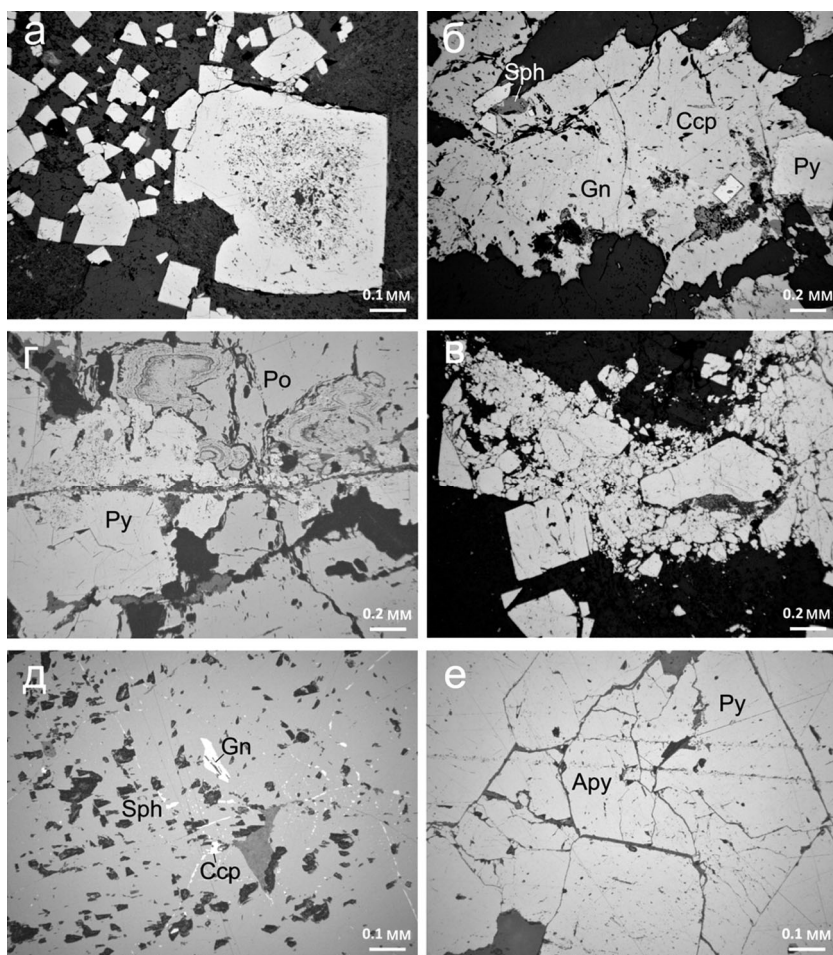


Рис. 2. Структуры руд Назаровского месторождения: а – идиоморфные кристаллы пирита, сцементированные нерудным материалом; б – идиоморфные кристаллы пирита (Py), субгедральные и ангедральные зерна галенита (Gn) и сфалерита (Sph) в халькопирите (Ccp); в – катаклазированный кристаллический пирит, сцементированный нерудным материалом; г – замещение пирротина (Po) тонкозернистым агрегатом пирита (Py); д – эмульсионная вкрапленность халькопирита (Ccp) и ангедральные зерна галенита (Gn) в сфалерите (Sph); е – ксеноморфные агрегаты арсенопирита (Apy), выполняющие трещины в пирите (Py).

Рудные минералы образуют прожилково-вкрапленную, вкрапленную, массивную, реже пятнистую и гнездово-вкрапленную текстуры. Прожилково-вкрапленная, вкрапленная и гнездово-вкрапленная руда характеризуется скоплением агрегатов удлиненной, сложной формы, состоящих из пирита, сфалерита, реже пирротина. Массивные руды состоят из равномерных скоплений пирита, пирротина и сфалерита в разных соотношениях.

Пирит образует эвгедральные с огранкой пентагондодекаэдра и куба (рис. 2а, б), скелетные, катаклазированные кристаллы (рис. 2в), зерна субгедральной, ангедральной формы и агрегаты типа «птичьего глаза» (рис. 2г). Часто зерна пористые, трещиноватые.

Трещины и поры выполнены жильными минералами, халькопиритом, галенитом, сфалеритом, арсенопиритом. Пирит содержит включения практически всех перечисленных выше минералов размером не более 0.05 мм. Единичны сростания включений халькопирита с пирротинном, сфалеритом, галенитом.

Сфалерит образует трещиноватые ангедральные, интерстиционные выделения. Трещины и поры выполнены пирит-марказитовыми агрегатами, халькопиритом, пиритом, пирротинном, арсенопиритом, галенитом. В сфалерите присутствуют включения арсенопирита (до 0.2 мм), халькопирита, галенита (рис. 2д), пирита, пирротина, густавита (5–30 мкм). Часто халькопирит сростается с галенитом и пирротинном, а пирротин – с арсенопиритом. В составе сфалерита отмечены примеси Fe, Mn, Cu.

Арсенопирит преимущественно субгедральный, ангедральный, реже ксеноморфный (рис. 2е), содержит включения халькопирита, пирротина, пирита, сфалерита, галенита. Арсенопирит сростается и образует включения в пирите, сфалерите. Размер включений не превышает 0.05 мм. В составе арсенопирита наблюдаются небольшие вариации соотношения As и S от 0.87 до 0.97 мас. % (табл.).

Т а б л и ц а

Химический состав арсенопирита (мас. %)

№ п/п	As	Fe	S	Сумма	Формулы	As, ат. %	Температура, °С
1	44.97	34.82	19.77	99.56	$\text{Fe}_{1.01}\text{As}_{0.97}\text{S}_{1.00}$	32.62	463
2	44.29	35.15	20.56	100.00	$\text{Fe}_{0.98}\text{As}_{0.92}\text{S}_{1.00}$	31.75	431
3	43.64	34.95	21.41	100.00	$\text{Fe}_{0.94}\text{As}_{0.87}\text{S}_{1.00}$	31.05	398
4	43.14	35.60	21.27	100.00	$\text{Fe}_{0.96}\text{As}_{0.87}\text{S}_{1.00}$	30.68	381
5	44.10	35.22	20.68	100.00	$\text{Fe}_{0.98}\text{As}_{0.91}\text{S}_{1.00}$	31.57	431
6	44.14	34.63	20.89	99.66	$\text{Fe}_{0.95}\text{As}_{0.90}\text{S}_{1.00}$	31.66	424
7	45.49	34.76	20.54	100.80	$\text{Fe}_{0.97}\text{As}_{0.95}\text{S}_{1.00}$	32.47	455
8	44.59	34.46	20.43	99.49	$\text{Fe}_{0.97}\text{As}_{0.93}\text{S}_{1.00}$	32.18	445

П р и м е ч а н и е . Формула рассчитана для S = 1.

Информативность химического состава арсенопирита для оценки температур рудообразования хорошо известна [Sharp et al., 1985]. Соотношение S и As в арсенопирите, ассоциирующем с различными минералами, зависит от температуры. Содержание As в изученном арсенопирите варьирует от 30.68 до 32.62 ат. %, что соответствует температуре его образования 381–463 °С (среднее, 428 °С) согласно арсенопиритовому геотермометру [Sharp et al., 1985]. Оцененные температуры отражают температуру образования руд Назаровского месторождения.

Таким образом, на основании арсенопиритового геотермометра предполагается, что руды Назаровского месторождения образованы в интервале температур 381–463 °С и, вероятно, являются рудами Озерного месторождения, регенерированными под воздействием высокотемпературных гидротермальных растворов, образованных при контактовом метаморфизме и внедрении даек. Это также подтверждается находкой густавита $\text{Ag}_{1.06}\text{Pb}_{1.03}\text{Bi}_{2.87}\text{S}_{6.00}$, который образует включения в основных рудных минералах и соответствует температуре образования руд Назаровского месторождения.

Литература

Бусленко А.И., Ковалев К.Р. Генетические особенности и метаморфизм руд Назаровского колчеданно-полиметаллического месторождения (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 1975. № 10. С. 73–82.

Дистанов Э.Г., Ковалев К.Р., Тарасова Р.С. Геологическое строение и генезис Озерного свинцово-цинкового колчеданного месторождения (Западное Забайкалье) // Геология рудных месторождений. 1972. № 2. С. 3–22.

Ковалев К.Р., Бусленко А.И. Гидротермально-осадочный рудогенез и полиметаморфизм руд Озернинского рудного узла (Западное Забайкалье). Новосибирск: Наука, 1992. 216 с.

Кочеткова К.В. Новые минералы Озерного колчеданного свинцово-цинкового месторождения (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика. 1972. № 8. С. 143–146.

Назаровское месторождение [Электронный ресурс]. URL: <http://mvs.metropol.ru/activity/gorsector/nazar/index.wbp/> (дата обращения 27.01.2020).

Озерное месторождение [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oz-mine.com/> (дата обращения 15.02.2020).

Янов Ю.М. Геологическая карта СССР масштаба 1:200000. Серия прибайкальская. Лист N-49-XXVIII. СПб: ВСЕГЕИ, 1971. 103 с.

Sharp Z.D., Essene E., Kelly W.C. A re-examination of the arsenopyrite geothermometer: pressure considerations and applications to natural assemblages // Canadian Mineralogist. 1985. Vol. 23. P. 517–534.

В.Д. Бровченко¹, В.В. Шиловских², С.Ф. Служеникин¹, М.А. Юдовская¹

¹ – Институт геологии рудных месторождений,
минералогии, петрографии и геохимии РАН, г. Москва
valeriiabrovchenko@gmail.com

² – Санкт-Петербургский государственный университет,
г. Санкт-Петербург

Образование Pd- и Ag-обогащенного пентландита на примере руд норильских месторождений

Находки Ag- и Pd-обогащенного пентландита широко распространены среди руд Cu-Ni-ЭПГ сульфидных месторождений [Todd et al., 1982; Holwell, McDonald, 2010; Sluzhenikin, 2011; Junge et al., 2015]. Однако содержания Pd и Ag в пентландите из таких руд, а также минеральные ассоциации сосуществующих сульфидов могут существенно варьировать, что свидетельствует о разнообразии процессов вхождения благородных металлов в сульфид. Целью данной работы является изучение минералогии богатых Ag и Pd разновидностей пентландита из руд норильских месторождений, а также сравнение особенностей их генезиса.

Нижние горизонты вертикальных жил г. Рудной, месторождение Норильск 1, состояли преимущественно из закаленных сульфидных твердых растворов (Mss и Iss) и пентландита [Дистлер и др., 1996], содержащего до 4.62 мас. % Pd. Mss и Iss часто формируют глобулы размером до 4 мм, где пентландит образует непрерывную внутреннюю кайму между внешней каймой из зерен Mss и ядром Iss. Согласно результатам рентгеноспектрального микроанализа, состав сульфидов нестехиометричен. Макро- и микроэлементы распределены неоднородно как в масштабах одного зерна, так и всего