

А. С. Целуйко¹, Н. Н. Анкушева^{1,2}

*¹ – Южно-Уральский государственный университет, филиал в г. Миассе
celyukoa@rambler.ru*

² – Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс

Физико-химические параметры гидротермальных процессов на Юбилейном медноколчеданном месторождении, Южный Урал

В работе представлены результаты исследований флюидных включений в кварце из фрагмента сульфидной трубы «черного курильщика» Юбилейного месторождения на Южном Урале [Медноколчеданные..., 1988; Масленников, 2006]. Целью работы была оценка условий формирования гидротермальных ассоциаций Юбилейного месторождения и сравнительный анализ с другими колчеданными объектами Урала и современными аналогами.

Юбилейное месторождение расположено в Бурибайском рудном районе в пределах Западно-Магнитогорской палеоостровной дуги. Вмещающие породы месторождения связаны с базальт-бонинитовым основанием бимодальной мафической Баймак-Бурибаевской свиты [Spadea et al., 1998]. На месторождении установлено шесть рудных тел, и в данный момент обрабатывается второе [Медноколчеданные..., 1988]. Рудные тела линзовидной, сундукообразной и пластообразной формы залегают на контакте базальтовой и андезит-риолит-дацитовый толщ и реконструированы как

пологие сильно разрушенные сульфидные холмы [Масленников, 2006]. На месторождении преобладают массивные и брекчиевидные руды, состоящие из пирита, халькопирита и сфалерита. В рудах хорошо сохранились колломорфные, метаколлоидные и эмульсионные текстуры.

На месторождении обнаружено несколько типов сульфидных труб – аналогов современных «черных» и «белых курильщиков» [Maslennikov et al., 2013]. Нами исследован фрагмент сфалерит-пирит-халькопиритовой многоканальной трубы «черного курильщика» диаметром до 20 см (обр. юб-12-20-1) из кровли второго рудного тела, сложенного обломочными медно-цинковыми рудами.

Аншлифы были изучены на микроскопе Olympus BX-51. Для термобарогеохимического изучения отобран кварц из осевого канала сульфидной трубы. Прозрачно-полированные шлифы толщиной 0.2–0.3 мм изготовлены в шлифовальной мастерской ИМин УрО РАН. Исследования флюидных включений проведены по стандартной методике в микрокриотермокамере THMSG-600 (Linkam), позволяющей производить измерения температур фазовых переходов в интервале –196 до +600 °С, с микроскопом Olympus и управляющим программным обеспечением LinkSys V-2.39. Точность измерений составляет ± 0.1 °С в интервале температур –20...+80 °С и ± 1 °С за пределами этого интервала. Солевой состав растворов во включениях оценивался по температурам эвтектик [Борисенко, 1977]. Температуры гомогенизации фиксировались в момент исчезновения газового пузырька при нагревании препарата в термокамере и приняты за минимальные температуры процесса минералообразования [Реддер, 1987]. Концентрации солей в растворах рассчитывались по температурам плавления последних кристаллических фаз [Bodnar, Vityk, 1994]. Результаты измерений обработаны в программе Statistica 6.1.

Стенки каналов трубы «черного курильщика» сложены крупнозернистым удлиненным и изометричным халькопиритом с включениями сфалерита, самородного золота, теллурувисмутита и колорадоита. Копьевидный крустификационный халькопирит, характерный для сульфидных труб месторождения, в изученном образце встречается редко и выражен неотчетливо. Оболочка трубы сложена агрегатами почковидного колломорфного, дендритовидного, тонко- и мелкозернистого пирита в халькопиритовом и кварцевом цементе. В пирите и халькопирите оболочки обнаружены включения сфалерита, самородного золота и колорадоита. Осевого канал заполнен кварцем с обильными флюидными включениями. Характерной особенностью сульфидных труб с кварцевым заполнением осевого канала является золото-теллуридная ассоциация аксессуарных минералов (в отличие от труб с карбонатами, для которых характерна золото-галенит-теннантитовая ассоциация). Редкие минералы обнаруживаются в краевых частях халькопиритовой стенки трубы и часто ассоциируют со сфалеритом. Пробность самородного золота в сульфидных трубах с кварцем выше, чем с карбонатом (826–853 и 757–787 ‰, соответственно).

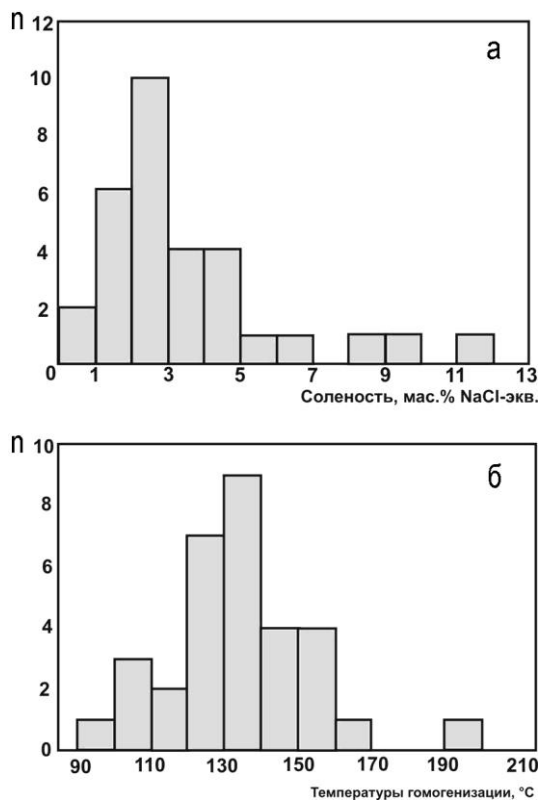
Кварц представлен молочно-белыми и прозрачными зернами размером до 0.5 см с равномерным распределением флюидных включений. Они представлены несколькими типами: однофазными жидкостными (светлыми), газовыми (темными) и двухфазными (светлая жидкость и газовый пузырек, который занимает 10–20 % от объема включения) включениями. Изученные двухфазные включения размером 10–20 мкм имеют округлую, изометричную, часто вытянутую форму. Распространены включения с элементами огранки. Включения часто образуют группы по 5–10 включений и приурочены к участкам прозрачного кварца.

Рис. 1. Гистограммы распределения значений солености (а) и температур гомогенизации (б) включений в кварце из канала сульфидной трубы Юбилейного месторождения.

Флюидные включения в кварце характеризуются температурами эвтектики $-21.8...-22.9$ °С (3 замера), $-23...-24$ °С (14 замеров), которые характерны для системы $\text{NaCl-H}_2\text{O}$ с примесью Na_2SO_4 , NaHCO_3 и KCl . Большинство последних кристалликов исчезает в интервале температур $-0.5...-4$ °С (25 замеров). Встречены единичные включения с температурами растворения последних кристалликов до -8 °С (3 замера). Кроме того, в 10 замерах последний кристаллик растворился при положительных температурах ($+5.3...+10$ °С), что может быть связано с наличием кристаллогидратов. Соленость флюидов варьирует от 0.88 до 11.7 мас. % NaCl-экв. с пиком 2–3 мас. % NaCl-экв. (рис. 1а). Термометрические исследования показали, что флюидные включения гомогенизируются в диапазоне от 90 до 200 °С с преобладаем интервала 130–140 °С (рис. 1б). Учитывая поправку на давление 20 °С, с учетом принятой глубины формирования ряда современных и древних колчеданосных бассейнов в 2500 м, и соответственно, давления около 250 бар [Масленников, 2006; Симонов и др., 2006 и др.], температуры формирования кварца из канала сульфидной трубы составляют 120–170 °С.

Присутствие в изученном кварце сингенетичных однофазных газовых и двухфазных включений указывает на фазовую сепарацию флюида, что подтверждается сильным разбросом значений солености относительно солености морской воды [Kelley, Delaney, 1987; Vanko et al., 2004].

Соленость и температуры флюидов, определенные для кварца трубы Юбилейного месторождения, сходны с таковыми для кварца из канала сульфидной трубы месторождения Яман-Касы, который образовался из флюидов с широким разбросом значений солености (от 0.6 до 12 мас. %) и температур гомогенизации (от 115 до 185 °С) (рис. 2), но с преобладанием солей NaCl и MgCl_2 [Симонов и др., 2006]. В то же время, кварц из канала сульфидной трубы Валенторского месторождения кристаллизовался из $\text{NaCl-KCl-H}_2\text{O}$ растворов с повышенной соленостью и температурами: соленость 5.6–8.9 мас. % NaCl-экв. , температуры не менее 160–200 °С [Симонов и др., 2007]. Наши данные сходны с результатами анализа включений в опаловидном кремнеземе из гидротермальных построек задугового бассейна Манус в Тихом океане [Симонов и др., 2002]. В составе растворов этих включений преобладает



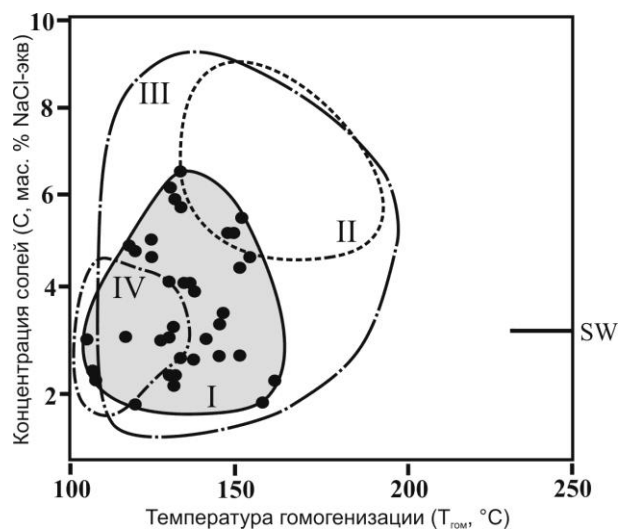


Рис. 2. Диаграмма соотношения концентраций солей (С, мас. % NaCl-экв.) и температур гомогенизации ($T_{\text{гом}}$, °C) кварца из сульфидных труб: I – Юбилейного месторождения; II – Валенторского месторождения [Симонов и др., 2007]; III – Яман-Касы [Симонов и др., 2006]; IV – опаловидный кремнезем бассейна Манус [Симонов и др., 2002]. SW – соленость морской воды при нормальных условиях (25 °C).

NaCl с примесью KCl, концентрации солей в них варьируют от 1.6 до 4.2 мас. % NaCl-экв.

Температуры гомогенизации включений составили 102–118 °C, и, с учетом поправки на давление, температуры образования кремнезема были 128–145 °C.

По сравнению с ранее изученными флюидными включениями в карбонате из сфалерит-пирит-халькопиритовых труб «курильщиков» Юбилейного месторождения включения в кварце обладают сходным солевым составом, но являются более низкотемпературными (90–200 °C против 180–227 °C) и обладают более широким разбросом солёности (0.88–11.7 мас. % против 3.5–7.0 мас. % NaCl-экв.).

Таким образом, получены новые термобарогеохимические данные по условиям формирования гидротермальной минерализации сульфидных труб медноколчеданного месторождения Юбилейное. Данные по гомогенизации включений в кварце Юбилейного месторождения сходны с температурой образования опаловидного кремнезема из современных гидротермальных построек бассейна Манус. В перспективе планируется изучение термобарогеохимических параметров формирования других рудных фаций Юбилейного месторождения.

Автор благодарен В. В. Масленникову и Н. Р. Аюповой за помощь в работе. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект 14-05-00630).

Литература

- Борисенко А. С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Геология и геофизика. 1977. № 8. С. 16–28.
- Медноколчеданные месторождения Урала / Под ред. В. А. Прокина, Ф. П. Буслаева, М. И. Исмаилова и др. Свердловск: УрО АН СССР, 1988. 241 с.
- Масленников В. В. Литогенез и колчеданообразование. Миасс: ИМин УрО РАН, 2006. 384 с.
- Реддер Э. Флюидные включения в минералах: в 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 560 с.
- Симонов В. А., Арсентьева Е. А., Масленников В. В. Фазовая сепарация рудообразующего флюида в гидротермальных системах Валенторского колчеданного месторождения (Северный Урал) // Металлогения древних и современных океанов–2007. Гидротермальные и гипергенные рудоносные системы. Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. С. 77–79.
- Симонов В. А., Бортников Н. С., Лисицын А. П. и др. Физико-химические условия минералообразования в современной гидротермальной постройке «Венский лес» (задуговой бас-

сейн Манус, Тихий океан) // Металлогения древних и современных океанов–2002. Формирование и освоение месторождений в офиолитовых зонах. Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. С. 61–68.

Симонов В. А., Ковязин С. В., Тереня Е. О. и др. Физико-химические параметры магматических и гидротермальных процессов на колчеданном месторождении Яман-Касы, Южный Урал // Геология рудных месторождений. 2006. Т. 48. № 5. С. 423–438.

Bodnar R. J., Vityk M. O. Interpretation of microthermometric data for H₂O-NaCl fluid inclusions // Fluid inclusions in minerals: methods and applications. Pontignana-Siena, 1994. P. 117–130.

Kelley D. S., Delaney J. R. Two-phase separation and fracturing in mid-ocean ridge gabbros at temperatures greater than 700 °C // Earth and Planetary Science Letters. 1987. Vol. 83. P. 53–56.

Maslennikov V. V., Ayupova N. R., Maslennikova S. P., et al. Mineral and chemical peculiarities of vent chimneys from the Yubileynoye VMS deposit at the Early Devonian basalt-boninite basement of West Magnitogorsk arc, the Southern Urals, Russia // Proceedings of the 12 SGA Biennial Meeting. Uppsala, 2013. Vol. 4. P. 1512–1515.

Vanko D. A., Bach W., Roberts S. et al. Fluid inclusion evidence for subsurface phase separation and variable fluid mixing regimes beneath the deep-sea PACMANUS hydrothermal field, Manus Basin back arc rift, Papua New Guinea // Journal of Geophysical Research. 2004. Vol. 109. P. 1–14.

Spadea P., Kabanova L. Ya., Scarrow J. Petrology, geochemistry, and geodynamic significance of Mid-Devonian boninitic rocks from the Baimak-Buribai area (Magnitogorsk zone, Southern Urals) // Ofioliti. 1998. Vol. 23 (1). P. 17–36.