

колчеданного месторождения (Ю. Урал) // *Металлогения древних и современных океанов–2005. Формирование месторождений на разновозрастных океанических окраинах*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2005. Т. 2. С. 77–82.

Борисенко А. С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // *Геология и геофизика*, 1977. № 8. С. 16–28.

Бортников Н. С., Симонов В. А., Богданов Ю. А. Флюидные включения в минералах из современных сульфидных построек: физико-химические условия минералообразования и эволюция флюида // *Геология рудных месторождений*, 2004. № 1. Т. 46. С. 74–87.

Зайков В. В., Мелекесцева И. Ю. Кобальт-медноколчеданное оруденение в ультрамафитах аккреционной призмы западно-Магнитогорской палеоостровной дуги // *Литосфера*, 2005. № 3. С. 73–98.

Книппер А. Л. Офикальциты и некоторые другие типы брекчий, сопровождающие доорогенное становление офиолитового комплекса // *Геотектоника*, 1978. № 2. С. 50–66.

Реддер Э. Флюидные включения в минералах: в 2-х т. Т. 1. Пер. с англ. М.: Мир, 1987. 560 с.

Юминов А. М., Симонов В. А., Зайков В. В. Физико-химические параметры гидротермальных процессов на Ишкининском колчеданном месторождении (Южный Урал) // *Уральский минералогический сборник № 12*. Миасс: ИМин УрО РАН, 2002. С. 98–110.

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.

Bonatti E., Emiliani G., Ferrara G., Honnorez J., Rydell H. Ultramafic-carbonate breccias from the Equatorial Mid Atlantic Ridge // *Marine Geol.* 1974. Vol. 16. P. 83–102.

Chi G., Lavoie D. A combined fluid-inclusion and stable isotope study of Ordovician ophicalcite units from Southern Quebec Appalachians, Quebec // *Geological Survey of Canada*, 2000. 9 p.

В. А. Симонов¹, Т. В. Шилова¹, В. В. Масленников², И. Р. Джонассон³

¹ – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск*
simonov@uiggm.nsc.ru

² – *Институт минералогии УрО РАН, г. Миасс*

³ – *Геологическая служба Канады, г. Оттава, Канада*

Флюидные включения в минералах «черных курильщиков» Галапагосского рифта, Тихий океан

Активные исследования дна Тихого океана позволили установить целый ряд гидротермальных полей с сульфидными рудами. Большинство гидротерм приурочено к структурам Восточно-Тихоокеанского поднятия. В то же время, к востоку от него в приэкваториальной зоне находится Галапагосский рифт, для которого также характерны гидротермальные руды. Здесь найдены крупные тела (протяженностью сотни метров и мощностью до 35 метров) массивных сульфидов, а также отдельные сульфидные постройки [Рона, 1986; Malahoff, 1982; Skirrow, Coleman, 1982 и др.].

Исследования с помощью глубоководных обитаемых аппаратов АЛВИН [Ridley et al., 1994] выявили значительные изменения пород океанической коры в районе активного действия гидротермальных систем Галапагосского рифта и дали возможность отобрать образцы сульфидных труб.

Детально были изучены образцы руд, представляющие собой сростки сульфидных труб и каналов. Значительный интерес представляют поверхности каналов, покрытые полупрозрачной корочкой кремнезема, состоящего из плотно упакованных шариков (микроферул) диаметром до 30–40 мкм. В этом кремнеземе были найдены и изучены методами термобарогеохимии [Ермаков, Долгов, 1979; Реддер, 1987] флюидные включения. Эксперименты с включениями проводились в среднетемпературной микротермокамере и в криокамере оригинальных конструкций [Симонов, 1993].

Флюидные включения (размерами до 30 мкм) располагаются в кремнеземе равномерно между микроферулами в тесной ассоциации с кристалликами сульфидов. Формы этих, скорее всего первичных, главным образом, двухфазовых (жидкость + газовый пузырек) включений, обладают округло-вогнутыми границами, зависящими от «упаковки» ферул. Таким образом, включения занимают фактически остаточное пространство между «микрошариками», в котором законсервировались растворы, отлагавшие кремнезем на внутренних стенках каналов сульфидных труб. По этим внешним признакам они имеют значительные черты сходства с изученными нами ранее включениями в опаловидном кремнеземе из гидротермальной постройки «Венский лес» в задуговом бассейне Манус (Тихий океан) и в колломорфном кварце из сульфидных руд гидротермального поля Менез Гвен (Срединно-Атлантический хребет) [Симонов и др., 2002; 2006].

Криометрические исследования флюидных включений в кремнеземе из сульфидных труб «черных курильщиков» Галапагосского рифта показали, что растворы включений замерзают при $-38 - -42$ °С. Согласно значениям температур эвтектики ($-25 - -26$ °С) в растворах присутствует система $\text{NaCl}-\text{H}_2\text{O}$ с примесью KCl . Преобладают температуры плавления последних кристалликов около $-2.1 - -2.8$ °С, что говорит о невысоких содержаниях солей (3.1–4.3 мас. %). На гистограмме выделяется только один максимум с диапазоном 3–4 мас. %, что свидетельствует о явном преобладании морской воды в составе гидротермального флюида, циркулировавшего по каналам «черных курильщиков».

Эксперименты в микротермокамере установили два основных диапазона температур гомогенизации флюидных включений 135–160 и 170–250 °С. Есть отдельные замеры и до 330 °С. Вводя поправки на давление, согласно глубине расположения сульфидных руд в Галапагосском рифте (до 2850 м) [Рона, 1986], можно оценить истинные температуры формирования кремнезема: 170–190, 200–275 и до 350 °С.

По соотношению солености растворов и температур гомогенизации рассмотренные флюидные включения в кремнеземе образуют фактически одну группу (с интервалами 2.65–4.75 мас. % и 122–282 °С), отличающуюся по меньшим значениям параметров от данных по включениям в ангидрите типичных «черных курильщиков».

Сравнивая полученные данные по включениям в кремнеземе Галапагосского рифта с результатами исследования подобных флюидных включений в опаловидных разновидностях кварца гидротермального поля Менез Гвен (Срединно-Атлантический хребет) и из сульфидных построек бассейна Манус на западе Тихого океана [Симонов и др., 2002; 2006], видим как сходство, так и существенные отличия. По

составу растворов и их концентрациям включения из Галапагосского рифта наиболее близки к данным по включениям в минералах бассейна Манус – преобладает NaCl с примесью KCl и содержание солей в растворах минимальное: 1.6–4.2 мас. %. В то же время, температуры гомогенизации включений бассейна Манус существенно ниже – 102–118 °С. В случае поля Менез Гвен устанавливается обратная ситуация: температуры в целом близки (185–265 и до 350–440 °С), а составы (с возможной добавкой MgCl₂) и концентрации (5.0–7.8 и до 18.3–22.5 мас. %) отличаются.

При сравнении с результатами исследования типичных «черных курильщиков» выясняется, что минимальные значения солёности растворов флюидных включений (3.5–5 мас. %) в ангидрите из сульфидных руд как низкосрединговых (поля Логачев и ТАГ, Центральная Атлантика), так и высокосрединговых (поле 9° с.ш., Восточно-Тихоокеанское поднятие) хребтов, близки к данным по включениям в кремнеземе Галапагосского рифта. В то же время, температуры, а также преобладающие значения солёности растворов значительно выше при кристаллизации сульфидных построек с ангидритом. Таким образом, флюидные включения изученные в кремнеземе (опал, кварц) фиксируют, по всей вероятности, физико-химические параметры последних порций растворов, циркулировавших по каналам сульфидных труб «черных курильщиков» Галапагосского рифта.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта совместных исследований СО–УрО РАН (№ 98), Программы Президиума РАН № 17.

Литература

- Ермаков Н. П., Долгов Ю. А.* Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.
- Реддер Э.* Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. 632 с.
- Рона П.* Гидротермальная минерализация областей спрединга в океане М.: Мир, 1986. 160 с.
- Симонов В. А.* Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1993. 247 с.
- Симонов В. А., Бортников Н. С., Лисицын А. П., Викентьев И. В., Богданов Ю. А.* Физико-химические условия минералообразования в современной гидротермальной постройке «Венский лес» (задуговой бассейн 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., Драничникова В. В., Масленников В. В., Леин А. Ю., Богданов Ю. А.* Флюидные включения в кварце сульфидных построек гидротермального поля Менез Гвен (Срединно-Атлантический хребет) // Металлогения древних и современных океанов–2006. Условия рудообразования. Миасс: ИМин УрО РАН. 2006. С. 71–73.
- Malahoff A.* A comparison of the massive submarine polymetallic sulfides of the Galapagos Rift with some continental deposits // Mar. Tech. Soc. J., 1982. V. 16. № 3. P. 39–45.
- Ridley W. I., Perfit M. R., Jonasson I. R., Smith M. F.* Hydrothermal Alteration in Oceanic Ridge Volcanics – A Detailed Study at the Galapagos Fossil Hydrothermal Field // Geochim. Cosmochim. Acta, 1994. Vol. 58. Iss. 11. P. 2477–2494.
- Skirrow R., Coleman M.* Origin of sulphur and geothermometry of hydrothermal sulphides from the Galapagos Rift, 86° W // Nature, 1982. Vol. 299. P. 142–144.