

Литература

- Гусев А. И. Металлогения золота Горного Алтая и южной части Горной Шории. Томск: СТТ, 2003. 350 с.
- Симонов В. А. Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: ОИГГМ СО РАН, 1993. 247 с.
- Симонов В. А., Гражданников С. А., Гаськов И. В., Боровиков А. А. Включения минералообразующих сред в кварце из медно-молибден-золото-порфирового Кульбичского месторождения (Горный Алтай) // Металлогения древних и современных океанов–2011. Рудоносность осадочно-вулканогенных и гипербазитовых комплексов. Миасс: ИМин УрО РАН. 2011. С. 189–191.
- Симонов В. А., Сотников В. И., Ковязин С. В. Уровень концентраций меди в гранитоидных расплавах, генерирующих разномасштабные Cu-Mo-порфировые оруденения // Актуальные проблемы рудообразования и металлогении. Тез. докл. Междунар. совещ. Новосибирск: Гео, 2006. С. 202–203.
- Соболев А. В. Включения расплавов в минералах как источник принципиальной петрологической информации // Петрология. 1996. Т. 4. № 3. С. 228–239.
- Соболев А. В., Слуцкий А. Б. Состав и условия кристаллизации исходного расплава сибирских меймечитов в связи с общей проблемой ультраосновных магм // Геология и геофизика. 1984. № 12. С. 97–110.
- Campos E., Touret J.L.R., Nikogosian I., Delgado J. Overheated, Cu-bearing magmas in the Zaldívar porphyry-Cu deposit, Northern Chile. Geodynamic consequences // Tectonophysics. 2002. Vol. 345. № 1–4. P. 229–251.
- Simonov V. A., Gaskov I. V., Kovyazin S. V. Physico-chemical parameters from melt inclusions for the formation of the massive sulfide deposits in the Altai–Sayan Region, Central Asia // Australian Journal of Earth Sciences. 2010. Vol. 57. P. 737–754.
- Sobolev A. V., Danyushevsky L. V. Petrology and Geochemistry of Boninites from the North Termination of the Tonga Trench: Constraints on the Generation Conditions of Primary High-Ca Boninite Magmas // Journal of Petrology. 1994. Vol. 35. P. 1183–1211.

В. А. Симонов, А. В. Котляров

*Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск
simonov@igm.nsc.ru*

Физико-химические параметры палеогидротермальных систем колчеданно-полиметаллического месторождения Кызыл-Таштыг, Восточная Тува

Колчеданно-полиметаллическое месторождение Кызыл-Таштыг приурочено к вулкано-тектонической депрессии. Рудовмещающие комплексы представлены вулканогенно-осадочными нижнекембрийскими отложениями туматтайгинской свиты [Кузубный и др., 2001], в состав которой входят базальты, андезибазальты, дациты и риолиты, а также вулканомиктовые брекчии и туфы соответствующего состава. Осадочные отложения представлены алевролитами, песчаниками, силицитами, известняками. Палеогидротермальное поле с промышленными колчеданно-полиметаллическими рудами приурочено к южному флангу кембрийского Каахемского рифта [Зайков, 2006].

Оруденение располагается на нескольких литолого-стратиграфических уровнях, к которым приурочены изученные нами отдельные рудопроявления и месторождения. Среди пород нижней толщи туматтайгинской свиты находится баритовое рудопроявление Перевальное, которое является одной из рудоподводящих зон. Рудные тела собственно Кызыл-Таштыгского месторождения и окварцованные метасоматиты участка Пиритовый Кар сосредоточены в низах разреза верхней толщи этой свиты. К наиболее высокому по разрезу рудоносному уровню приурочены барит-полиметаллические рудокласты рудопроявления Карового.

Физико-химические условия гидротермальных систем были установлены с помощью исследования флюидных включений методами криометрии и термометрии [Ермаков, Долгов, 1979; Реддер, 1987] в крио- и термокамерах оригинальных конструкций [Симонов, 1993]. Изучены включения в минералах из сульфидных руд Кызыл-Таштыгского месторождения, рудопроявления Перевальное и участков Пиритовый Кар и Каровый. Учитывая важную роль магматических процессов при формировании палеогидротермальных систем, были рассмотрены флюидные включения в минералах из андезитов и базальтов.

Рудопроявление Перевальное. Исследования барита из барит-полиметаллических руд рудопроявления Перевальное позволили выяснить установить температуры эвтектик ($-22...-24.5$ °C), плавления последних кристалликов ($-1.7...-2.8$ °C) и гомогенизации ($122-256$ °C). Исходя из этих показателей, состав рудообразующих гидротермальных растворов представлен $\text{NaCl}+\text{H}_2\text{O}$ (с примесью KCl), а концентрация солей составила 2.5–4.3 мас. %. Судя по составу и низким концентрациям солей, источником гидротермальных растворов служила морская вода. В целом, эти параметры соответствуют результатам исследования флюидных включений в барите из современных гидротермальных систем задугового бассейна Вудларк, Тихий океан [Binns et al., 1993].

Месторождение Кызыл-Таштыг. В барите из барит-полиметаллических руд собственно Кызыл-Таштыгского месторождения флюидные включения обладают температурами эвтектик от -24 до -25 °C, что показывает преобладание NaCl с примесью KCl . Растворение последних кристалликов наблюдалось в интервале температур $-2...-5.5$ °C, что свидетельствует о солености 3–8.5 мас. %. Температуры гомогенизации составляют 150–270 °C. В целом, по температурам и по содержанию солей растворы Кызыл-Таштыгского месторождения имеют близкие характеристики с гидротермами месторождения Яман-Касы (Южный Урал) [Симонов и др., 1998].

Участок Пиритовый Кар. Исследовались флюидные включения в жильном кварце. Эксперименты в термокамере показали, что преобладают включения с температурами гомогенизации 110–140 °C. Криометрические исследования флюидных включений показали, что растворы замерзают при $-36...-32$ °C, а температуры эвтектики составляют $-26...-32$ °C. Таким образом, среди солей в гидротермальной системе кроме NaCl присутствует значительное количество MgCl_2 . Выделяются две группы включений по содержанию солей: первая – с низкими концентрациями солей от 1.5 до 4 мас. %, вторая – с соленостью 7–9 мас. %.

Участок Каровый. По данным термометрии температуры гомогенизации флюидных включений в баритовых рудокластах составляют 112–348 °C, что хорошо согласуется с данными предыдущих исследователей [Калеев, 1990]. Криометрический анализ показал, что, судя по замеренным температурам эвтектик, состав минералообразующих растворов был близок к морской воде (преобладание NaCl с незначитель-

ными примесями KCl и Na₂SO₄). Концентрация солей, определенная по температурам плавления последних кристалликов (–1.3...–3.35 °C) составляет 1.9–5.2 мас. %, что близко к солёности морской воды. Таким образом, скорее всего, основой гидротермальных рудообразующих растворов на рудопроявлении Каровое была морская вода.

Сравнивая полученные результаты по рудопроявлению Каровое с данными по флюидным включениям в минералах других рудообразующих гидротермальных систем, наблюдаем существенное сходство как с параметрами современных гидротермальных растворов, действующих на дне задугового бассейна Вудларк [Binns et al., 1993] (состав – NaCl+KCl+Na₂SO₄, концентрация солей – 2.7–6.9 мас. %, температуры гомогенизации флюидных включений – 203–316 °C), так и с физико-химическими условиями древних гидротермальных рудообразующих систем (месторождение Яман-Касы, Урал) [Симонов и др., 1998].

Постмагматические флюиды. Исследовались флюидные включения в кварцевых вкрапленниках андезитов из верхней толщи туматтайгинской свиты. В кварце этих пород были найдены и изучены расплавные включения [Симонов и др., 1999]. Рядом с первичными расплавными располагаются серии вторичных флюидных включений, представляющих постмагматические гидротермальные растворы. Эксперименты в микротермокамере свидетельствуют о преобладании включений с температурами гомогенизации 145–179 °C. В то же время есть более высокотемпературные включения – до 230 °C. Криометрический анализ флюидных включений показал, что температуры эвтектики составляют от –27.5 до –31.25 °C, т.е. среди солей преобладает NaCl с возможной примесью MgCl₂. Температуры плавления последних кристалликов составляют –4.4...–3.1 °C, –12.5...–6.8 °C, а также до –15 °C. Соответственно концентрации солей составляют 4.7–7.2 и 8.1–14.4 мас. %, встречаются и более высокие содержания до 17.8 мас. %.

В карбонате из минералов базальтовых порфиритов флюидные включения имеют следующие характеристики: температуры эвтектик – –24.5...–26 °C, температуры плавления последних кристалликов – –1.7...–3.5 °C, температуры гомогенизации – 110–140 °C, редко 275 °C. Таким образом установлено, что на магматические комплексы Кызыл-Таштыгского рудного поля оказывали воздействие гидротермальные системы с минимальными температурами 110–140°C (редко до 275 °C). Преобладали соли натрия (NaCl) с примесью KCl при общей солёности не более 2.5–5.5 мас. %, то есть, скорее всего, источником этих растворов была морская вода.

Работа выполнена при поддержке Интеграционного проекта совместных исследований СО РАН и УрО РАН.

Литература

- Ермаков Н. П., Долгов Ю. А. Термобарогеохимия. М.: Недра, 1979. 271 с.
- Зайков В. В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин: на примере колчеданосных зон Урала и Сибири. М.: Наука, 2006. 429 с.
- Калеев Е. А. Генетические типы колчеданного оруденения и условия формирования Кызыл-Таштыгского рудного поля (Восточная Тува) // Дис. ... канд. геол.-мин. наук. Красноярск, 1990. 220 с.
- Кузубный В. С., Макаров В. А., Калеев Е. А. и др. Кызыл-Таштыгский колчеданно-полиметаллический рудный узел Восточной Тувы. Красноярск. 2001. 292 с.
- Реддер Э. Флюидные включения в минералах. М.: Мир, 1987. 632 с.

Симонов В. А., Зайков В. В., Ковязин С. В. Палеогеодинамические условия развития гидротермальных систем Кызыл-Таштыгского месторождения (Восточная Тува) // Металлогения древних и современных океанов–1999. Рудоносность гидротермальных систем. Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. С. 16–23.

Симонов В. А., Зайков В. В., Масленников В. В. Физико-химические условия формирования рудообразующей гидротермальной системы черного курильщика Яман-Касы (Уральский палеоокеан) // Металлогения древних и современных океанов–1998. Руды и генезис месторождений. Миасс: ИМин УрО РАН, 1998. С. 32–36.

Симонов В. А. Петрогенезис офиолитов (термобарогеохимические исследования). Новосибирск: Изд-во ОИГТМ СО РАН, 1993. 247 с.

Binns R. A., Scott S. D., Bogdanov Yu. A. et al. Hydrothermal oxide and gold-rich sulfate deposits of Franklin Seamount, Western Woodlark basin, Papua New Guinea // Economic Geology. 1993. Vol. 88. № 8. P. 2122–2153.

**А. А. Терлеев¹, Д. А. Токарев¹, В. А. Симонов²,
А. В. Каньгин¹, С. И. Ступаков²**

¹ – *Институт нефтегазовой геологии и геофизики СО РАН, г. Новосибирск
erleevAA@ipgg.sbras.ru*

² – *Институт геологии и минералогии СО РАН, г. Новосибирск*

Новые данные по палеонтологии туматтайгинской эффузивно-осадочной свиты нижнего кембрия Кызыл-Таштыгского рудного поля (Восточная Тува)

В вулканогенно-осадочных толщах туматтайгинской свиты нижнего кембрия, вмещающих колчеданное месторождение Кызыл-Таштыг (Восточная Тува), были выявлены органические остатки, существовавшие в зонах действия гидротермально-рудообразующих систем, близких по своим характеристикам к современным «черным курильщикам» на дне океанов. Ранее нами эти остатки относились к микробиальным остаткам, которые были обнаружены в миндалилах базальтов и карбонат-кварц железистых породах (яшмоиды). В результате детальнейших микроскопических исследований и апробации у ведущих палеоальгологов удалось установить таксономическую принадлежность этих остатков. В миндалилах базальтов определены цианобактерии рода *Girvanella* Nicholson et Etheridge.

Исследования флюидных включений показали, что базальты, содержащие цианобактерии в миндалилах, находились под воздействием гидротермальных растворов (с минимальными температурами 120–180 °С), по составу (NaCl) и солёности (около 3.5 мас. %), соответствующих морской воде. Эти физико-химические параметры близки по своим значениям к характеристикам части гидротермальных систем, формировавших сульфидные руды Кызыл-Таштыгского месторождения [Симонов и др., 1999; Каньгин и др., 2011; Терлеев и др., 2012].

В железисто-кремнистых породах туматтайгинской свиты нижнего кембрия Кызыл-Таштыгского рудного поля Восточной Тувы определены колонии водорослей родов *Renalcis* Vologdin, *Botomaella* Korde и цианобактерий рода *Obruchevella* Reitlinger.