

**УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ РУД С ЗОЛОТОМ
КЫЗЫЛ-ТАШТЫГСКОГО
КОЛЧЕДАННО-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(ВОСТОЧНАЯ ТУВА) ПО ДАННЫМ ФЛЮИДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

Н.Н. Анкушева, Р.В. Кужугет

Оценены условия формирования полиметаллических и полиметаллически-баритовых руд с золотом Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения в Восточной Туве. Кристаллизация минеральных ассоциаций происходила из водных растворов с хлоридами Na и K при давлении 0,9 кбар. Полиметаллические руды отлагались при температурах 330–230 °С из растворов с соленостью 4–8,8 мас. % NaCl-экв, полиметаллически-баритовые руды – при 250–210 °С и солености 4–7,8 мас. % NaCl-экв. Повышенные концентрации солей и присутствие калия в растворах предполагают глубинный источник минералообразующих растворов.

Ключевые слова: флюидные включения, полиметаллические руды, золото, Кызыл-Таштыгское месторождение, Тува.

Кызыл-Таштыгское колчеданно-полиметаллическое месторождение находится в 120 км к северо-востоку от г. Кызыл Республики Тува. Оно расположено в Улугуйской колчеданоносной зоне среди нижнекембрий-

ских вулканогенных отложений верхнетуматтайгинской подсвиты (C_1tm_2) [5, 3]. Данная структура включает в себя Кызыл-Таштыгское, Дальнее месторождения и ряд рудопоявлений (Южное, Перевальное, Рудоносное и др.). Кызыл-Таштыгская депрессия размером 4×12 км ограничена с севера Кызыл-Таштыгским, а с юга – Караадырским глубинными разломами.

Породы в пределах рудного поля подвержены региональному метаморфизму зеленосланцевой фации, околорудные породы затронуты гидротермальными изменениями кварц-серицитовой формации. Вулканиды превращены в аргиллизиты и вторичные кварциты. Промышленное оруденение генетически связано с дацит-риолитовыми интрузиями. Все рудные тела месторождения компактно размещаются в пределах узкой полосы протяженностью 1200 м, шириной 130–250 м.

Средние содержания металлов в рудах Pb – 2,8 %, Zn – 10,3 %, Cu – 0,65 %, Au – до 2,5 г/т, Ag – до 121 г/т. Запасы месторождения категории B+C₁+C₂: Zn – 1295 тыс. т; Pb – 202 тыс. т; Cu – 166,6 тыс. т; Cd – 2,2 тыс. т, Se – 0,67 тыс. т. Запасы Au категории C₂ при среднем содержании 1,027 г/т составляют 15,4 т, Ag (48,71 г/т) – 730,6 т [6; 2].

Целью работы является установление физико-химических условий формирования полиметаллических и полиметаллически-баритовых руд с золоторудной минерализацией Кызыл-Таштыгского месторождения на основе термобарогеохимических исследований.

Флюидные включения анализировались в микротермокамере TMS-600 (Linkam) с микроскопом Olympus BX-51 в лаборатории термобарогеохимии Южно-Уральского госуниверситета (Миасс). Погрешность аппаратуры $\pm 0,1$ °C при $-20 \dots +80$ °C и ± 1 °C – за пределами интервала. Солевой состав растворов включений оценивался по температурам эвтектик [1]. Концентрации солей в растворах включений рассчитывались по температурам плавления последних кристаллов [9]. Результаты обработаны в программе Statistica 6.1.

По данным [5, 4], на месторождении выделено 6 рудных стадий (минеральных ассоциаций), золоторудная минерализация установлена в двух из них – полиметаллической и полиметаллически-баритовой (рис. 1).

Среди руд полиметаллической стадии различаются собственно полиметаллические, барит-полиметаллические, барит-доломит-полиметаллические типы. Минеральный состав руд полиметаллической стадии – галенит, халькопирит, сфалерит, пирит, доломит, кварц, барит, кальцит, хлорит, Zn-теннантит-тетраэдрит (Ag до 1,35 мас. %), электрум (мас. %: Au 67,71–39,52; Ag 60,42–32,18; Hg 0,00–0,07; Cu 0,00–0,26) \pm магнезит \pm кервеллеит Ag₂TeS; полиметаллически-баритовых – барит, пирит, галенит, халькопирит, сфалерит, блеклые руды, доломит, анкерит, кальцит, золото (мас. %: Au 70,43; Ag 30,01), электрум (мас. %: Au 61,12–33,52; Ag 66,42–36,25; Hg 0,00–0,01; Cu 0,00–0,01) \pm акантит Ag₂S.

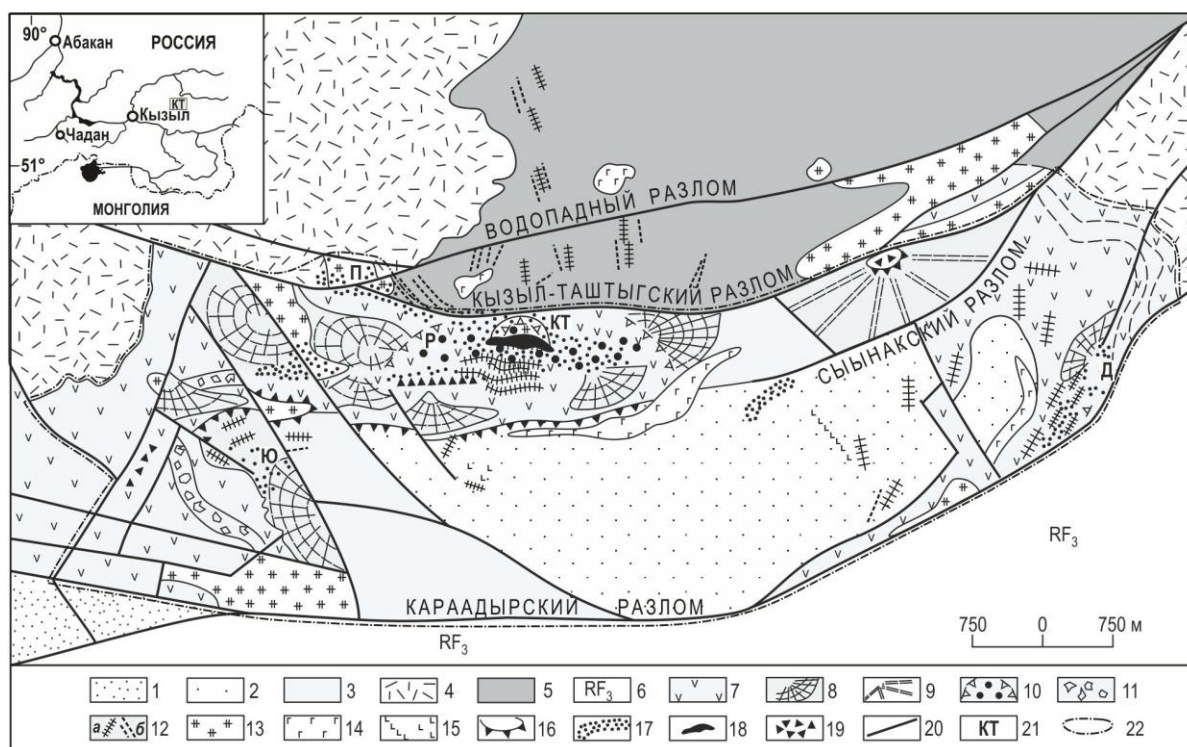


Рис. 1. Схема геологического строения
Кызыл-Таштыгского рудного поля по данным [3]:

1 – песчаники и алевролиты таштыгхемской свиты ($E_3 ts$); 2 – туфы, песчаники, алевролиты и известняки сыынакской свиты ($E_1 sn$); 3 – вулканогенно-осадочные породы верхней подсвиты туматтайгинской свиты ($E_1 tm_2$); 4–5 – вулканические поднятия: 4 – фрагменты риолит-дацитовых плато туматтайгинской свиты ($E_1 tm_2$); 5 – базальтовое плато туматтайгинской свиты ($E_1 tm_1$); 6 – рассланцованные песчаники и алевролиты охемской свиты ($RF_3 oh$); 7 – базальтовые, андезит-базальтовые покровы; 8 – риолит-дациловые купола; 9 – постройки андезит-дацит-риолитового состава; 10 – кальдерная депрессия с вулканогенно-терригенными отложениями; 11 – глыбовые брекчии, вулканоколлювий; 12–14 – поздние субвулканические и гипабиссальные интрузии и дайки: 12 – дайки и силлы диабазов (а), риолитов и дацитов (б); 13 – крупные субвулканические и гипабиссальные интрузии риолитов, жерловины с вулканическими брекчиями кислого и смешанного состава; 14 – габбро-диабазы, габбро-диориты; 15 – долериты; 16 – надвиги; 17 – серицит-кварцевые метасоматиты; 18 – колчеданно-полиметаллические рудные тела; 19 – рудокластиты; 20 – разрывные нарушения; 21 – месторождения (КТ – Кызыл-Таштыгское, Д – Дальнее) и рудопроявления (Ю – Южное, П – Перевальное, Р – Рудоносное); 22 – контур рудного поля.

Исследованные флюидные включения двухфазные, находятся в виде отдельных включений либо образуют группы из нескольких включений, не связанные с трещинами в кристаллах. Включения имеют округлую или вытянутую форму, часто в форме негативного кристалла, размеры 10–20 мкм.

Барит-полиметаллические руды полиметаллической стадии из водно-хлоридных растворов состава NaCl-KCl-H₂O с соленостью 5–8,8 мас. % NaCl-экв. Температуры гомогенизации флюидных включений составляют 250–155 °С (рис. 2а, б).

Поздние руды полиметаллически-баритовой стадии образовались из растворов с солевым составом NaCl-H₂O и NaCl-KCl-H₂O и соленостью 4–7,8 мас. % NaCl-экв. Температуры гомогенизации флюидных включений составляют 180–140 °С (рис. 2а, б). Полученные результаты согласуются с ранее полученными данными [7; 8] по флюидным включениям в барите.

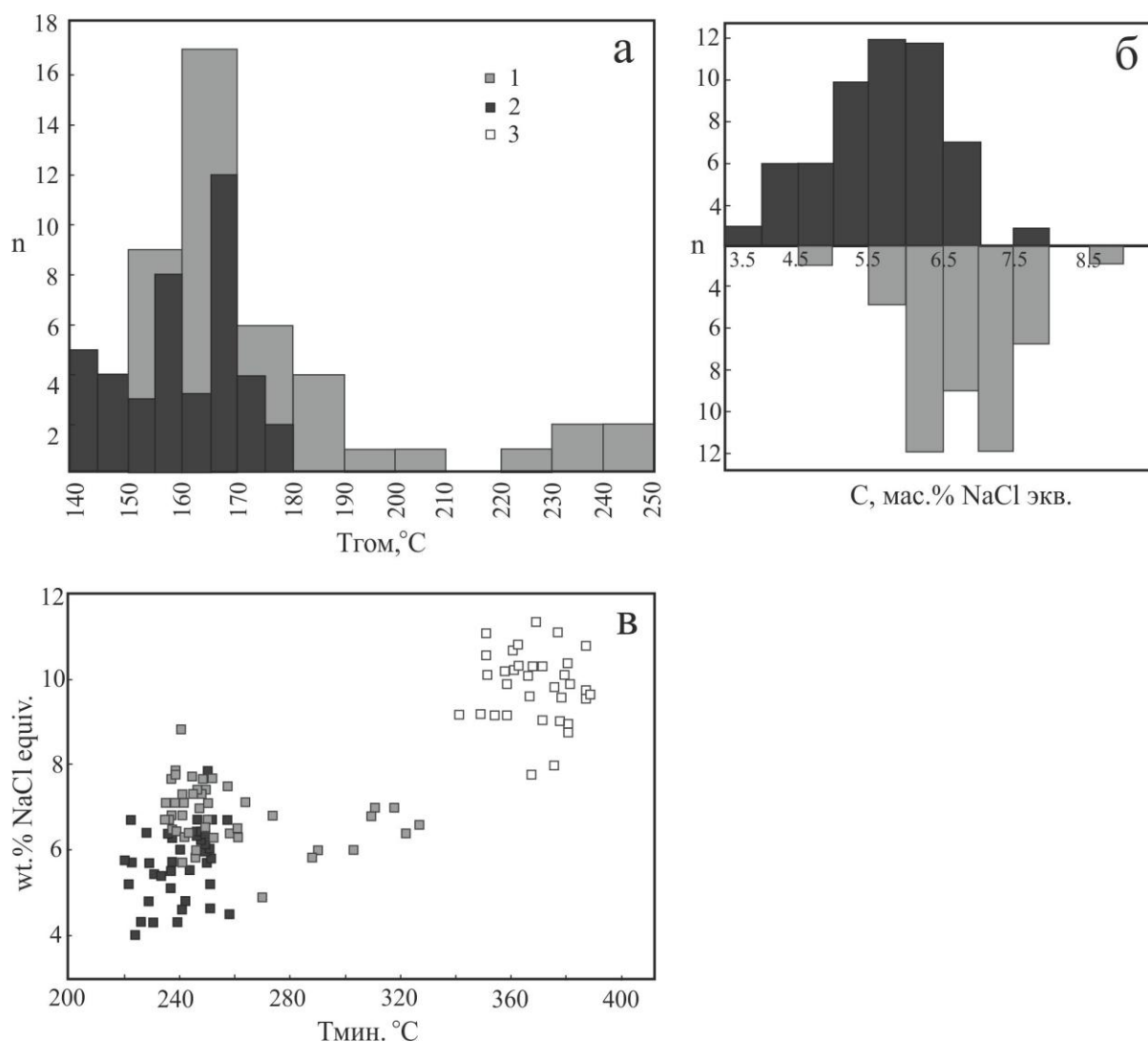


Рис. 2. Результаты исследования флюидных включений:

а, б – гистограммы значений температур гомогенизации (а) и солености (б) флюидных включений; в – соотношение температур минералообразования и солености флюидных включений.

Руды: 1 – полиметаллические, 2 – полиметаллически-баритовые, 3 – серноколчеданные.

Давление при отложении полиметаллических руд месторождения Кызыл-Таштыг оценено в 0,91 кбар [5]. Поправка на давление определялась с помощью диаграммы ΔT к температуре гомогенизации [11]. При таких давлениях и концентрации солей поправка составляет 80 °С, а температуры образования руд составляют 320–225 и 250–210 °С соответственно (рис. 2в).

По данным [10, 4], самые ранние серноколчеданные руды на Кызыл-Таштыгском месторождении отлагались $MgCl_2$ - $NaCl$ - H_2O растворами с соленостью 8–11 мас. % $NaCl$ -экв. при температурах 300–400 °С.

Таким образом, термобарогеохимические исследования руд Кызыл-Таштыгского месторождения фиксируют тенденцию понижения температур минералообразования и солености гидротермальных растворов от ранней серноколчеданной стадии к поздним полиметаллическим и полиметаллически-баритовым рудам с золотой минерализацией: от 400 до 210 °С и от 11 до 4 мас. %, соответственно. Повышенные концентрации солей и присутствие калия в растворах предполагают глубинный источник минералообразующих растворов.

Работа поддержана РФФИ (грант 16-35-00244 мол_а) и Правительством РФ (Постановление № 211 от 16.03.2013 г.), соглашение № 02.А03.21.0011.

Библиографический список

1. Борисенко, А.С. Изучение солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии / А.С. Борисенко // Геология и геофизика. – 1997. – № 8. – С. 16–28.
2. Войтов, М.Д. Анализ запасов Кызыл-Таштыгского полиметаллического месторождения для обоснования строительства рудника / М.Д. Войтов, А.А. Вети // Вестник КузГТУ. – 2012. – № 6. – С. 45–48.
3. Зайков, В.В. Вулканизм и сульфидные холмы палеоокеанических окраин: на примере колчеданосных зон Урала и Сибири / В.В. Зайков. – 2-е изд., доп. – М.: Наука, 2006. – 429 с.
4. Кужугет, Р.В. Минералогия и условия образования медно-цинковых и медных руд Кызыл-Таштыгского колчеданно-полиметаллического месторождения (Восточная Тува) / Р.В. Кужугет, Н.Н. Анкушева // Успехи современного естествознания. – 2016. – № 12-2. – С. 414–422.
5. Кузубный, В.С. Кызыл-Таштыгский колчеданно-полиметаллический рудный узел Восточной Тувы / В.С. Кузубный, В.А. Макаров, Е.А. Калеев. – Красноярск, 2001. – 292 с.
6. Лебедев, Н.И. Минеральные ресурсы Тувы: обзор и анализ полезных ископаемых / Отв. ред. д-р г.-м. наук В.И. Лебедев; Н.И. Лебедев. – Кызыл: ТуВКОПР СО РАН, 2012. – 284 с.
7. Симонов, В.А. Палеогеодинамические условия развития гидротермальных систем Кызыл-Таштыгского месторождения (Восточная Тува) / В.А. Симонов, В.В. Зайков, С.В. Ковязин // Металлогения древних и современных океанов – 1999. – Миасс: ИМин УрО РАН, 1999. – С. 16–23.

8. Симонов, В.А. Физико-химические параметры палеогидротермальных систем колчеданно-полиметаллического месторождения Кызыл-Таштыг, Восточная Тува / В.А. Симонов, А.В. Котляров // Металлогения древних и современных океанов – 2013. – Миасс: ИМин УрО РАН, 2013. – С. 152–155.

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

10. Melekestseva, I.Yu. Massive sulfides from ancient and modern margins of the Asian paleocean and Pacific: Textures, mineralogy and fluid inclusion data / I.Yu. Melekestseva, N.N. Ankusheva, G.A. Tret'yakov, V.V. Zaykov, V.A. Simonov // Marine minerals of the Pacific: Science, Economics, and the Environment: 37th Underwater Mining Institute. – Tokyo, 2007. – P. 177–187.

11. Potter, R.V. Pressure correction for fluid-inclusion homogenization temperatures, based on the volumetric properties of the system NaCl-H₂O / R.V. Potter // U.S. Geological Survey J. Research. – 1977. – Vol. 5. – P. 603–607.

[К содержанию](#)