

ГЕОХИМИЯ

С.С. Боровиков, А.И. Грабежев, В.И. Сотников, Г.В. Пальгуева, В.Г. Гмыра

НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ ФЛЮИДНАЯ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЯ
ГИДРОТЕРМАЛИТОВ ГУМШЕВСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Гумшевское месторождение, относимое нами к скарново-медно-порфировой системе [Грабежев, Азовскова, 2000], сформировалось в зоне глубинного Серовско-Маукского разлома, что обусловило директивность всех наблюдаемых структур от макро- до микроуровня. Линейное субмеридиональное простирание при крутом (60–80°) восточном падении свойственно как главной Гумшевской дайке кварцевых диоритов $D_{1,2}$ возраста и ее многочисленным апофизам, так и останцам мраморов, кристаллических сланцев, серпентинитов. В полной мере это относится и к телам скарнов, разнообразных последующих метасоматитов и руд, для которых характерна линейная полосчатость при нередкой наблюдаемой ориентировке минералов, в том числе и рудных – сульфидов и магнетита. Из сказанного следует, что формирование месторождения, вплоть до заключительных стадий минералообразования, происходило в условиях стрессового давления. Это должно было сопровождаться перекристаллизацией ранних ассоциаций в низкотемпературном направлении, если исходить из регрессивного развития процесса. Возможно, этим объясняется широкое распространение на месторождении относительно низкотемпературных эпидот-гранатовых фаций скарнов. По геотермометру Л.Я. Арановича температура их образования не превышает 360–400°C. Примерно такая же температура получается по геотермометру Л.Л. Перчука для гранат-амфиболовой ассоциации, если использование этого геотермометра является в данном случае корректным. Температуры формирования послескарновых карбонатсодержащих метасоматитов и кварц-карбонатных жил по кальцит-доломитовому геотер-

мобарометру обычно варьирует, по определениям В.В. Мурзина, от 400–450 до 250°C, опускаясь в ряде образцов до 150–200°C.

Изучение газовой-жидких включений подтверждает широкое развитие низкотемпературных изменений в пределах месторождения. В кварце и карбонате из прожилков и мелких обособлений в различных метасоматитах присутствуют однофазные (раствор) и двухфазные (раствор>газ и газ>>раствор) включения размером обычно не более 20 мкм. В жильном кварце двухфазные включения характеризуются неправильной формой вакуолей, мелкие (до 5 мкм и меньше), существенно газовые, включения обычно обладают изометричной, близкой к сферической формой. В карбонате флюидные включения часто имеют форму отрицательного кристалла. Большинство флюидных включений в кварце и карбонате трассируют залеченные трещины и являются вторичными или псевдвторичными. В изученных образцах первичные флюидные включения встречаются весьма редко. В качестве критериев предполагаемого первичного происхождения включений при отсутствии кристаллической огранки минерала-хозяина были выбраны следующие особенности их расположения: обособленное положение одиночных включений или их скоплений по системам трещин, роевидное распределение флюидных включений в отдельных зернах минералов, расположение включений в виде закономерно ориентированных полосок и субпараллельных цепочек (фрагменты зон роста), приуроченность включений к контактному швам отдельных минеральных зерен [Ермаков, 1972; Реддер, 1978]. В изученных образцах было обнаружено весьма ограниченное количество флюидных вклю-

чений, которые могли быть определены как первичные, исходя из данных критериев. Такие, по всей видимости первичные, включения обнаружены в гранате обр. 3610-567, где они находятся в зонах роста отдельных зерен. Тоже относится к кварцу из образцов 3644-194 и 3652-455, эпидоту из обр. 3616-558 (табл.).

Температуры гомогенизации вторичных двухфазных включений (раствор>газ) в кварце и карбонате находятся в интервале 115–210°C, большинство включений гомогенизируется при 140–180°C (табл., рис. 1). В незамутненных гранате и эпидоте флюидные включения встречаются редко и температура их гомогенизации не превышает 200°C. Для немногочисленных предположительно первичных включений температура гомогенизации также низка – 135–185°C, поднимаясь до 370–390°C только в отдельных участках кварца из эпидот-кварцевых обособлений в эпидозите (обр. 3652-455). Исследова-

ние флюидных включений с помощью метода криометрии позволяет заключить, что они содержат водно-солевые растворы с общей концентрацией солей от 2 до 9 мас.% в NaCl эквиваленте (табл., рис. 2). Эти растворы по содержанию основных солевых компонентов можно отнести к водно-солевым системам CaCl₂ + H₂O с переменным содержанием NaCl, MgCl₂ и KCl (температура эвтектики –55 + –49°C), NaCl + H₂O с примесью MgCl₂ и KCl (температура эвтектики –38 + –37 и –23 + –22°C), а также KCl + H₂O, где KCl резко преобладает в растворе над прочими соевыми компонентами (температура эвтектики составляет –10°C) [Борисенко, 1977; 1982]. Во включениях в кальците и кварце в образце 3345-698 вымораживалась фаза гидрата NaCl, который плавился при температуре –36 + –34°C во включениях в кальците и при –38 + –36,6°C во включениях в кварце. Эти данные дают возможность оценить concentra-

Результаты исследований флюидных включений в минералах Гумешевского месторождения

Номер пробы	Минерал	Фазовый состав	T°C гомогенизации	T°C эвтектики	T°C таяния льда	Общая концентрация, мас. % экв. NaCl
Эпидот-кварцевые обособления в эпидозите (А*)						
3652-455	Кварц	Ж>Г	160–200	-49	-6...-2	3,3–9,2
	Кварц	Ж≈Г	370–390	-55	-1,5...-1	1,7–2,5
Зоны сильной сульфидизации в мраморах (Б)						
3652-489	Карбонат	Ж>Г	130–175	-10	-6...-4	6,4–9,2
3676-342	Кварц	Ж>Г	170–210	-38...-37	-2...-1,5	3,0–3,3
Эпидот-ангидрит-кальцитовая жила (В)						
3616-558	Эпидот	Ж>Г	160–185	-10	-3...-2	3,3–4,9
Альбит-кальцитовая жила (Г)						
3337-266	Кальцит	Ж>Г	150–160	-37	-4...-3,5	5,0–6,4
Кварцевые и кварц-карбонатные жилы безрудные (Д)						
3701-207	Кварц	Ж>Г	135–170	-38...-37	-2...-1,8	3,0–3,3
3345-698	Кальцит	Ж>Г	125–150	-55	-9...-8	
	Кварц	Ж>Г	160–165	-55	-5...-4	
3644-194	Кварц	Ж>Г	135–145	-23...-21	-5...-4	6,4–7,9
Мелкие кварц-кальцитовые обособления в сульфидно-кварц-карбонатных метасоматитах с реликтами граната и эпидота (Е)						
3610-567	Гранат	Ж>Г	140-145	-23...-22	-1,5...-1	1,7–2,5
	Кальцит	Ж>Г	140-145	-23...-22	-1,5...-1	1,7–2,5
3870-385	Кварц	Ж>Г	115-150	-38...-37	-5...-4	6,4–7,9

Примечание. * Здесь и ниже см. рис. 1, А–Д. Под карбонатом имеется ввиду ассоциация кальцита и анкерита. Определения выполнены А.А. Боровиковым (ИГ СО РАН, Новосибирск).

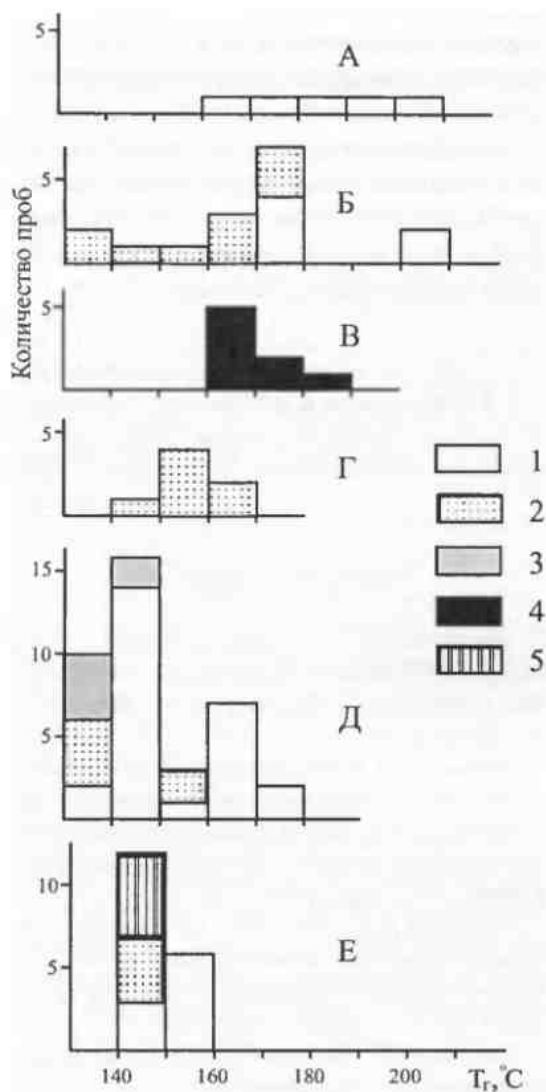


Рис. 1. Распределение температур гомогенизации газожидких включений в минералах Гумешевского месторождения.

А – эпидот-кварцевые обособления в эпидозите; Б – мелкие гнезда кварца и кальцита в сульфидных рудах; В – эпидот-ангидрит-кальцитовая жила; Г – альбит-кальцитовая жила; Д – кварцевые и кварц-карбонатные жилы; Е – кварц-кальцитовые обособления с реликтами граната и эпидота в метасоматитах. 1–2 – вторичные включения в кварце (1) и кальците (2); 3–5 – первичные включения в кварце (3), эпидоте (4) и гранате (5).

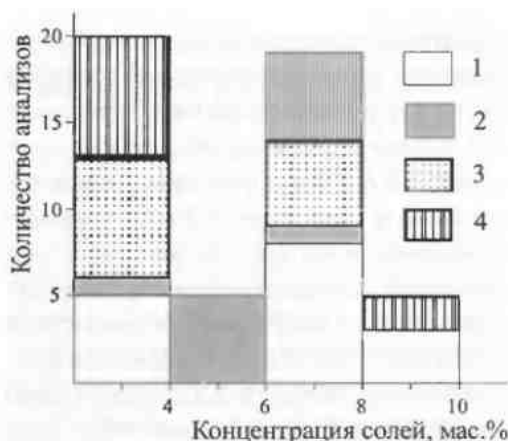


Рис. 2. Распределение концентрации солей (мас.% – экв. NaCl) в газожидких включениях из минералов Гумешевского месторождения.

1 – кварцевые и кварц-карбонатные жилы; 2 – альбит-кальцитовая и эпидот-ангидрит-кальцитовая жилы; 3 – кварц-кальцитовые обособления с реликтами граната и эпидота; 4 – мелкие гнезда кварца и кальцита в сульфидных рудах и эпидозитах.

1 мас. %. Важно отметить, что относительно высокотемпературные (370–390°C) включения в кварце из эпидот-кварцевых обособлений также характеризуются низкой концентрацией солей (1,7–2,5 г/экв. NaCl). Существенно газовые включения содержат весьма малоплотную газовую фазу, ни в одном из изученных газовых включений не было отмечено сжижения или кристаллизации CO₂, это свидетельствует о незначительных величинах давления флюида на момент образования изученных низкотемпературных включений.

Возможным подтверждением исключительного широкого развития флюидной низкотемпературной перекристаллизации скарнов и метасоматитов месторождения является широкое распространение замутнения граната, эпидота и клиноцоизита. Обычно оно выражена слабо, но во многих случаях гранат и эпидот становятся полупрозрачными и даже непрозрачными. Ранее данное явление описано Д.С. Коржинским на примере полевого шпата из другого объекта и названо “мнимой пелитизацией”. Участки замутнения в гранате и эпидоте насыщены очень мелкими (1–10 мкм и меньше) двух-

цию CaCl₂ и NaCl в растворах включений в данном образце [Борисенко, 1977; 1982]. Растворы включений в кальците содержат CaCl₂ »8 мас.% и NaCl »2 мас.%, в кварце соответственно 6 и

фазовыми газовой-жидкими включениями с температурой гомогенизации ниже 200°C. В этих участках кроме флюидных включений фиксируются твердые минеральные включения размером 20–30 мкм и меньше в виде округло-изометричной, реже ромбовидной, таблитчатой или неправильной формы зерен. Сильно выражена и трещиноватость, которая также создает эффект замутнения. По микрозондовому анализу в полупрозрачных и непрозрачных участках фиксируется резкое понижение содержаний SiO_2 , Fe_2O_3 , CaO по сравнению с прозрачными гранатами. Содержания Al_2O_3 (соответственно 2,11–2,97 и 3,35 мас.%) примерно одинаково, свидетельствуя о небольшом содержании глинистых минералов, а также малой подвижности алюминия в данном процессе. Сумма указанных компонентов не превышает 60 мас.%. Содержание Na_2O в непрозрачных псевдоморфозах по гранату достигает 1,1–2,7 мас.% (в одном случае – до 5 мас.%), а хлора – 0,1–0,2 (редко до 0,6) мас.%. Возможно, эти компоненты связаны с газовой-жидкими включениями, так как в прозрачном гранате натрия и хлор не фиксируются.

Время развития указанного низкотемпературного процесса неясно. Возможно, он завершает формирование месторождения в D_{1-2} . Не исключено, что данный процесс сопутствует образованию мощного меденосного карста, скорее всего мезозойского возраста, который включает и золотоносные тела, относимые к гипогенным аргиллизитам [Савельева и др., 1997]. В этот период происходит формирование в карстовой зоне крупных блоков высококачественного малахита, которым месторождение прославилось в XVIII–XIX веках.

Таким образом, флюидные включения в кварце и карбонате из сегрегационных и про-

жилковых выделений в различных метасоматитах и кварц-карбонатных жил, а также из скарновых минералов, характеризуются весьма низкими температурами гомогенизации и соленью. Они являются преимущественно вторичными и первично-вторичными, фиксируя заключительный низкотемпературный этап повсеместной и интенсивной перекристаллизации в условиях очень низкого давления.

Авторы признательны Д.Д.Штейнбергу, В.В.Черепанову и В.П.Молошагу за помощь в работе. Исследования выполнены при финансовой поддержке РФФИ (проект 00-05-64496) и ФЦП «Интеграция».

Список литературы

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

Борисенко А.С. Анализ солевого состава растворов газовой-жидких включений в минералах методом криометрии // Использование методов термобарогеохимии при поисках и изучении рудных месторождений. М.: Недра, 1982. С. 37–47.

Грабежнев А.И., Азовскова О.Б. Гумешевское месторождение как представитель скарново-меднопорфировой системы // Ежегодник-1999. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН. 2000. С. 243–247.

Ермаков Н.П. Геохимические системы включений в минералах. М.: Недра, 1972. 376 с.

Реддер Е. Флюидные включения в минералах. Т. 1, 2. М.: Мир, 1987. 632 с.

Савельева К.П., Кокорин Н.П., Костромин Д.А. и др. Проявление полигенного золоторудного метасоматоза в районе Гумешевского медно-скарнового месторождения // Метасоматическая зональность полигенных и полихронных месторождений. Екатеринбург, 1997. С. 66–67.