

О.М. Берлибле, В.В. Мурзин, Е.А. Петров

**ТЕРМОДИНАМИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ЖИЛЬНОГО
КВАРЦА БЫНЬГОВСКОГО ЗОЛОТОРУДНОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ
(СРЕДНИЙ УРАЛ) ПО ДАННЫМ ИССЛЕДОВАНИЯ
ГАЗОВО-ЖИДКИХ ВКЛЮЧЕНИЙ**

Быньговское месторождение рассматривается нами как типовой объект для разработки модельных представлений о флюидном режиме формирования золотого оруденения, генетически связанного с известково-щелочными гранитоидами островодужной обстановки [Смирнов, Ведерников, 1999]. Оно характеризуется хорошей геологической изученностью (вскрыто горными выработками до глубины 500 м), а также детальными исследованиями стадийности рудообразования и минерального состава продуктивных кварцевых жил и сопровождающих их зональных околорудных метасоматитов березит-лиственитовой формации [Сазонов, 1984; Берзон, 1995 и др.].

В то же время сведения о термодинамических условиях формирования месторождения весьма немногочисленны и охватывают преимущественно околорудные метасоматиты. Так, А.И. Грабежеевым с использованием паргонитового геотермометра определены температуры образования лиственита – 410 °С, березита – 410 °С и жильной кварц-серицитовая породы – 400 °С [Грабежев, 1973]. В работе [Сазонов и др, 1979] приводятся РТ-условия формирования внешней, промежуточной и внутренней колонки березита по данным доломит-кальцитового геотермобарометра – соответственно, 465–420–395 °С и 1,2–1,1–0,75 кбар.

В данной работе представлены результаты исследования РТ условий формирования жильного кварца (жила Восточная) методом гомогенизации газовой-жидких включений (ГЖВ). Жильный кварц на месторождении представлен тремя основными генерациями. Наиболее ранняя представлена молочно-белым непрозрачным кварцем деформированным и насыщенным большим количеством трещин. Первичные включения микроскопических размеров в нем нами не обнаружены, поскольку уничтожены при последующих деформациях. Вероятно, в нем присутствуют включения очень

мелкие (субмикроскопические), недоступные для наблюдений фазовых переходов. Кварц второй генерации серый полупрозрачный, образовавшийся при перекристаллизации молочно-белого кварца и располагающийся в последнем в виде полос или участков произвольных форм. По данным Р.О. Берзона он характеризуется большей величиной светопропускания и в 1.5–2 раза меньшими значениями потерь при прокаливании и общего объема ГЖВ по сравнению с ранним кварцем. К третьей генерации мы отнесли водно-прозрачные кристаллы кварца, выполняющего полости в боковых участках жил, выполненных кроме того карбонатами, сульфидами, серицитом, хлоритом, ректоритом [Берзон, 1995]. Кристаллы кварца в гнездах очень часто подвергнуты хрупким и пластическим деформациям и последующей регенерации.

Включения в кварце второй генерации относятся к классу первичных, произвольно локализованных в кварцевой массе, а также мнимовторичных, располагающихся преимущественно в залеченных плоскопараллельных трещинах. В ходе исследования по фазовому составу выделено два типа включений – двух- и трехфазовые (рис. 1). Обычно эти включения объемные в виде призматических отрицательных кристаллов, однако встречаются также конусные, округлые, амебообразные, иногда неправильные угловатые. В залеченных трещинах они часто уплощены.

Наиболее распространенным типом флюидных включений являются двухфазовые существенно водные (85–95% вода + 15–5% газовый пузырек) имеют размеры от 45x20 мкм до 15x8 мкм и менее. Гомогенизация двухфазовых включений происходит в жидкую фазу при температуре 120–200±3 °С (рис. 2). Температура декрепитации этих включений значительно выше температуры гомогенизации и составляет 310±3 °С. Трехфазовые включения углекислотные (вода + жидкая углекислота + углекислый газ). Размер

Рис. 1. Типичные двух- (а) и трехфазовые (б) газожидкие включения в кварце Быньговского месторождения.

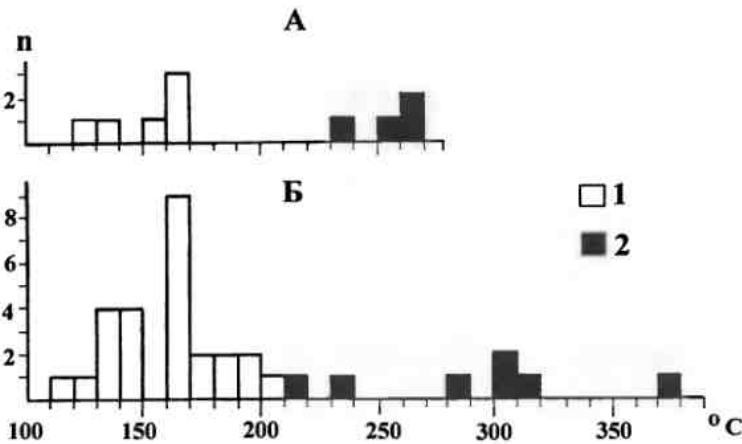
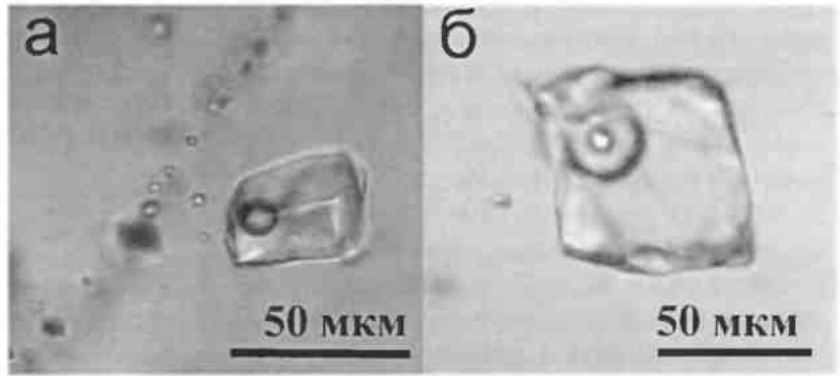


Рис. 2. Гистограммы распределения температур гомогенизации двух- (1) и трехфазовых (2) ГЖВ в кристалле (А) и жильном кварце (Б).

газового пузырька в них при 16°C – 3–5%, жидкой углекислоты – 15–50% общего объёма включения. Размеры включений от 75x40 мкм до 10x10 мкм. Частичная гомогенизация углекислоты происходит в жидкую фазу при температуре 21–29°C. Дальнейшее нагревание приводит к растрескиванию (декрепитации) большей части включений ($T_d=160-270^\circ\text{C}$). Полная гомогенизация происходит в водную фазу при температуре 210–310°C.

По углекислотным включениям было рассчитано давление минералообразующего флюида по методу предложенному В.Б.Наумовым и С.Д. Малининым [Наумов, Малинин, 1968; Пизнюр, 1986]. Расчет произведен для включений с начальной температурой декрепитации в диапазоне 225–270°C и частичной гомогенизации 21–26 °C. Температура полной гомогенизации принята 280–310°C, исходя из значений T_g , для тех углекислотных включений, которые достигли гомогенизации не взорвавшись (см.рис. 1). Оно составило $0,9-1,1 \pm 0,1$ кбар. Температура

образования жильного кварца оценена по температуре гомогенизации двухфазовых включений с учетом поправки на давление и составила 300–220°C (поправка к температуре гомогенизации +70–100°C при солёности раствора 5–15% NaCl) [Рёддер, 1987].

Включения в изученном нами прозрачном кристалле кварца третьей генерации расположены зонально – количество их возрастает по направлению от головки к основанию. Эти включения являются первичными. Кроме того, в залеченной трещинке, проходящей через весь кристалл, присутствуют мнимовторичные включения. Морфология ГЖВ разнообразна – цилиндрические, короткопризматические отрицательные кристаллы, овальные, реже правильные треугольные или таблитчатые, а также неправильные угловатые.

По фазовому составу среди них зафиксированы аналогичные вышеописанным существенно водные двухфазовые (75–95% вода+5–25% газ) и углекислотные трехфазовые

(вода + 5–35% жидкая углекислота + 1–7% углекислый газ). Двухфазовые включения имеют размеры от 220x40 мкм до 17x5 мкм и меньше. Температура гомогенизации их происходит в жидкую фазу при $120-160 \pm 3^\circ\text{C}$. Трехфазовые включения несколько крупнее – от 300x300 мкм до 40x5 мкм и меньше. Гомогенизация этого типа включений проходит в два этапа. При температуре от 18 до 31°C углекислый газ растворяется в жидкой углекислоте (частичная гомогенизация), а затем при температуре $230-270 \pm 3^\circ\text{C}$ происходит полная гомогенизация включений (см. рис. 2). Очень часто включения с углекислотой взрываются при температуре $130-290 \pm 3^\circ\text{C}$, не достигнув температуры гомогенизации. Давление, определенное по методу В.Б. Наумова и С.Д. Малинина по трем включениям с последовательно зафиксированными температурами частичной, полной гомогенизации и декрепитации составило $0,7-0,8 \pm 0,1$ кбар. Температуры образования кристалла кварца $190-240^\circ\text{C}$ (поправка на давление к температурам гомогенизации двухфазовых включений $+60-85^\circ\text{C}$).

Таким образом, формирование кварцевых жил Быньговского месторождения по РТ-условиям является завершением развития внутренней зоны березитов-лиственитов.

Список литературы

Берзон Р.О. Быньговское месторождение золото-сульфидно-кварцевой рудной формации (Урал) // Геология рудных месторождений. 1995. Т. 37. № 5. С. 417–426.

Грабежьев А.И. Об одинаковом интервале температур формирования уральских золоторудных и редкометалльных гидротермальных месторождений и соответственно березитов и грейзенов // Ежегодник-1972 ИГТ. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1973. С. 154–157.

Наумов В.Б., Малинин С.Д. Новый метод определения давления по газово-жидким включениям // Геохимия. М.: Наука, 1968. № 4. С. 432–441.

Пизнюр Ф.В. Основы термобарогеохимии. Львов: Вища школа, 1986. 199 с.

Рёддер Э. Флюидные включения в минералах. Т. 1. М.: Мир, 1987. 558 с.

Сазонов В.Н. Березит-лиственитовая формация и сопутствующее ей оруденение. Свердловск: УрО АН СССР, 1984. 208 с.

Сазонов В.Н., Таланцев А.С., Илясова Л.К. и др. РТХ-условия формирования месторождений золото-сульфидно-кварцевой формации Урала // Основные параметры природных процессов эндогенного рудообразования. Т. 2. Новосибирск: СО Наука, 1979. С. 145–154.

Смирнов В.Н., Ведерников В.В. Геохимическая эволюция вулканизма Петрокаменско-Верхотурской зоны и ее геодинамическая интерпретация // Палеозоны субдукции: тектоника, магматизм, метаморфизм, седиментогенез. Екатеринбург: УрО РАН, 1999. С. 138–140.