

УДК 553.065.12

ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫЕ ГАЗОВО-ЖИДКИЕ ВКЛЮЧЕНИЯ В ЖИЛЬНОМ КВАРЦЕ МЕДНО-ПОРФИРОВОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ МАЛМЫЖ, ДАЛЬНИЙ ВОСТОК РОССИИ

Буханова Д.С.

Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН

Научный руководитель к. г.- м. н. Округин В.М.

В работе представлены данные термобарогеохимических исследований жильного кварца из различных зон Центрального участка медно-порфирикового месторождения Малмыж, которое расположено в северо-восточной части Средне-Амурской депрессии в 80 км от г. Комсомольск на Амуре. Образцы отобраны во время полевых работ 2011-2012 гг. из керна скважин на горизонтах от 90 до 600 м. В жильном кварце выявлено и охарактеризовано четыре основных типа флюидных включений преимущественно содержащих минеральные фазы. Методами рамановской спектроскопии диагностированы некоторые из фаз включений. Представлена эволюция флюида месторождения начинается с магматических температур.

Ключевые слова: медно-порфириковые месторождения, Малмыж, высокотемпературные включения, эволюция флюида.

Медно-порфириковое месторождение Малмыж расположено на территории Нанайского района Хабаровского края в 80 км юго-западнее г. Комсомольск-на-Амуре (рис. 1). Это северо-восточная часть Средне-Амурской депрессии на останцовых горных грядах, носящих название Малмыжских высот. Высоты расположены на правом берегу р. Амур и вытянуты в северо-восточном направлении на 25 км.

КРАТКАЯ ГЕОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕРРИТОРИИ

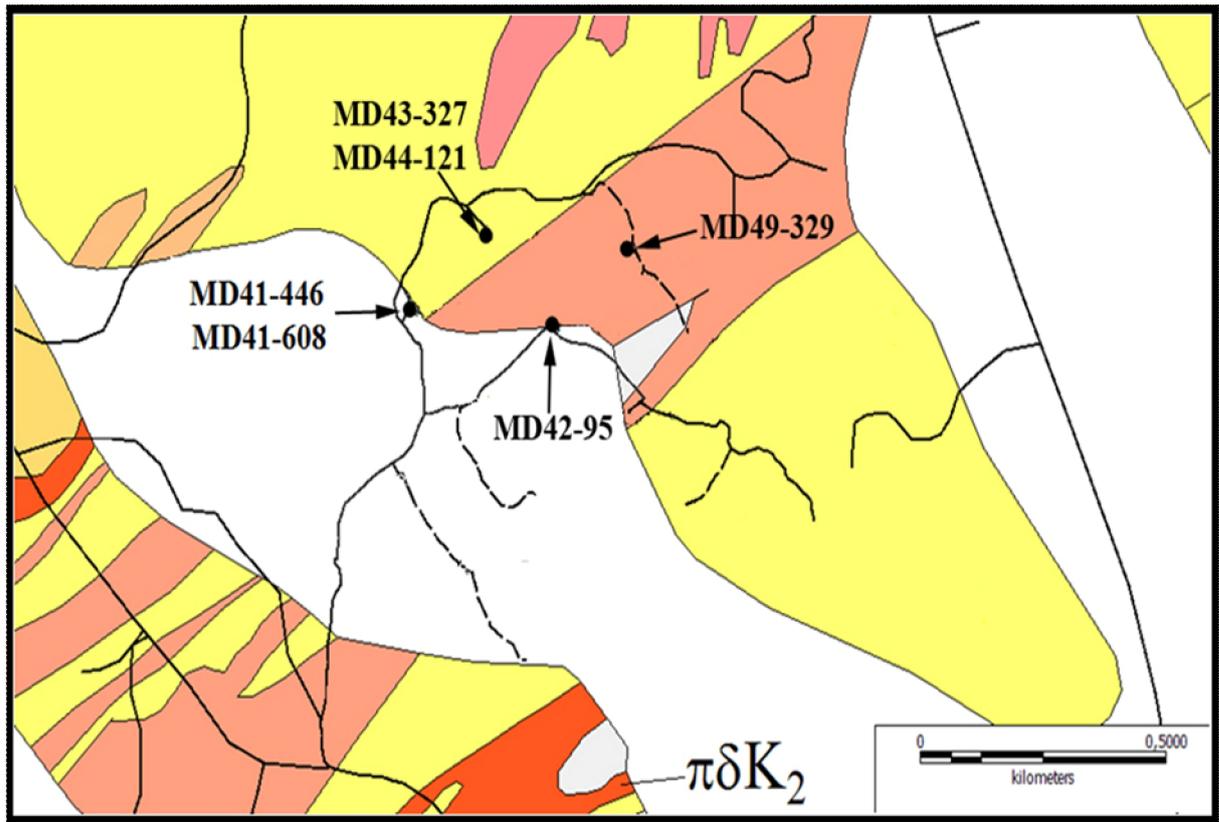
В геологическом строении Малмыжской останцовой гряды принимают участие осадочные терригенные отложения верхнемелового возраста, прорванные верхнемеловыми интрузиями и дайками диорит-гранодиоритового состава и перекрытые четвертичными рыхлыми образованиями преимущественно аллювиального, озерно-аллювиального и пролювиального генезисов (рис. 2).



Рис. 1. Схема расположения месторождения Малмыж.

Широким распространением пользуются разрывные структуры северо-восточной, северо-западной и субмеридиональной ориентировки [1].

Интрузивные образования имеют ограниченное распространение, слагая 15-20%. Они представлены верхнемеловыми магматическими породами, относимыми к Нижнеамурской интрузивной серии. Намечается три фазы верхнемеловой интрузивной деятельности: 1. диориты, кварцевые диориты, кварцевые диоритовые порфириты; 2. гранодиориты, гранодиорит-порфиры и гранит-порфиры; 3. несколько условно намечается третья фаза магматизма, представленная жильной серией среднего состава: дайки диоритовых и кварцсодержащих диоритовых порфиритов. Морфология выходов интрузивных пород весьма разнообразна: от почти изометричных массивов до дайкоподобных трещинных тел. Во многом конфигурация магматических образований предопределяется трещинной тектоникой [1].



Условные обозначения:

	аллювиальные, озерные, дельтавно-пролювиальные отложения	<i>Метасоматиты:</i>		кварц-серицитовые и диаспор-серицитовые
	гранодиорит порфиры, гранодиориты			кварц-серицитовые и диаспор-серицитовые по интрузивным породам
	кварцевые диориты порфировидные, кварцевые диоритовые порфириты			кварц-хлоритовые
	диоритовые порфириты			точки отбора образцов керна скважин

Рис. 2. Схема геологического строения Центрального участка месторождения Малмыж (по Чернявскому В.С. 1974 [1] с дополнениями).

Выяснить степень контактового метаморфизма невозможно, т.к. гранодиориты всюду граничат с вторичными кварцитами. О значительной степени контактового метаморфизма лишь косвенно можно судить по наличию на контакте с интрузивной породой кварц-биотит-полевошпатовых метасоматитов развитых, вероятно, по кварц-биотитовым роговикам [1].

Определение абсолютного возраста для месторождения не проводилось.

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Для данной работы были изучены газовой-жидкие включения в кварце из кварц-сульфидных \pm магнетит жил и прожилков Центральной системы медно-порфирового месторождения Малмыж. Для изучения изобилия включений было отобрано 10 образцов керна скважин пересекающих рудное тело в различных частях системы.

Образцы исследованы минералогически, а также с помощью методов оптической микроскопии в проходящем свете. Подготовка пластинок и микроскопические исследования проводились в лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН.

Шесть из этих образцов были проанализированы методами термобарогеохимии, а для анализа дочерних фаз использовался метод рамановской спектроскопии. Измерения проводились в лаборатории Петрологии Московского Государственного Университета имени Ломоносова.

Термобарогеохимические эксперименты проводились на установках Linkam THMS 600 и Linkam THMSG 1500. Для экспериментов с замораживанием использовалась установка Linkam THMS 600 с охлаждением жидким азотом. Для того чтобы определить минералы узники и летучие вещества в газовой-жидких включениях, образцы анализировались с использованием автоматического рамановского спектрометра XPIoRA (Horiba Scientific) с длиной волны 532 nm.

ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ

При описании газовой-жидких включений при комнатной температуре в проходящем свете были выделены следующие типы газовой-жидких включений (классификация принята аналогично E. Campos, 2002 [2], рис.3):

1. MS-тип – многофазные и пересоленные, содержащие как несколько растворимых полупрозрачных кристаллов, так дочерние рудные минералы

(вероятно магнетит, гематит, пирит и возможно халькопирит), а также небольшое количество жидких и газовых фаз (рис. 4А).

2. G-тип – преимущественно газовые включения низкой плотности и низкой солености, водная фаза наблюдается только в виде тонкого ободка.

3. В-тип – включения с высокой концентрацией солей в вакуолях (рассолы), характеризуются наличием галита и небольших непрозрачных кристаллов – дочерних минералов (скорее всего пирита или гематита). Могут также присутствовать и другие твердые фазы, такие как сильвин, а также неизвестные минералы.

4. W-тип – преимущественно жидкие включения, как правило, состоят из водного раствора низкой солености и небольшого пузырька пара.

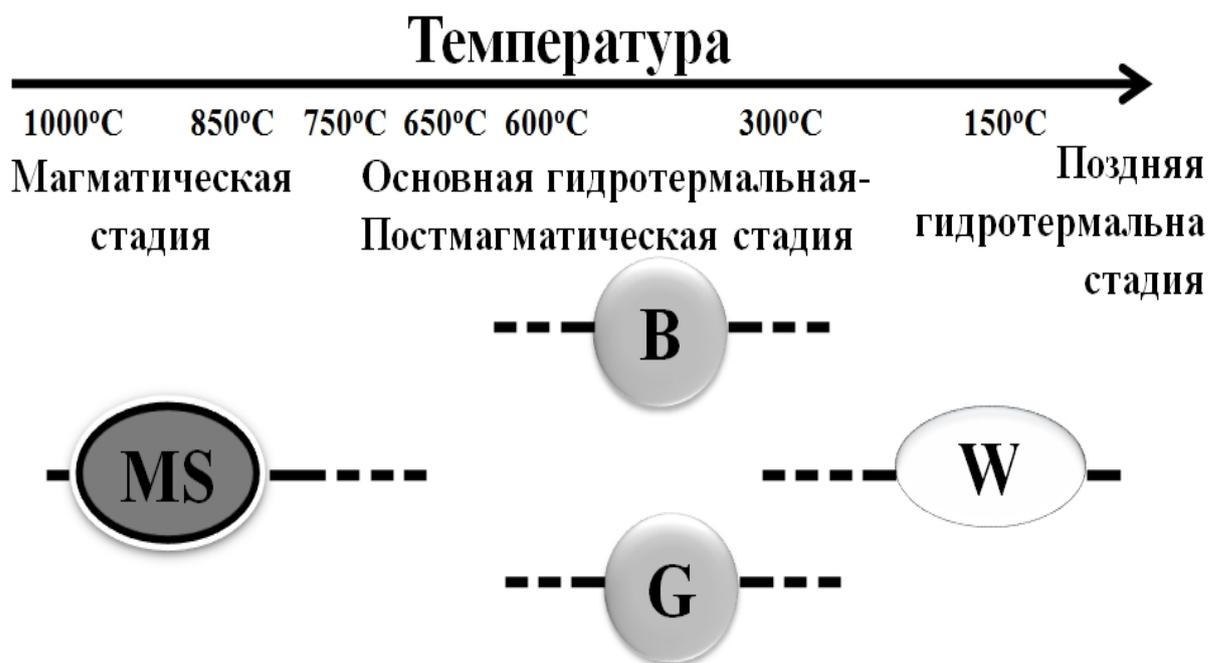


Рис. 3. Эволюция флюида месторождения Малмыж начинается с магматических температур от 1000 до 670°C - включения типа MS завершают магматическую стадию; при охлаждении, в постмагматической гидротермальной обстановке в диапазоне температур от 600 до 330°C происходил захват включений типа В и G; слабоминерализованные, преимущественно жидкие включения типа W захватывались при температурах менее 300°C, что являлось конечным притоком флюида в систему.

Включения **MS** («multi solid») типа – чрезвычайно соленые, практически не содержат каких-либо жидких фаз при комнатной температуре (до 10% от общего объема включения). В этом отношении они напоминают "безжидкостные" включения, описанные Schiffries (1990) в комплексе Бушвелд [3], даже если характер содержащихся в них минеральных веществ очень разный.

Среди включения типа **MS** выделяется два подтипа. Подтип **MS₁** характеризуется относительно небольшими размерами – менее 10 μm . Газовая фаза в таких включениях преимущественно не превышает 10-20% объема вакуоли. Размер газового пузырька во включениях подтипа **MS₂** более или менее постоянен – около 30% объема вакуоли. В таких включениях газ сжимает и деформирует твердые вещества, которые составляют около 70% от их объема. Включения подтипа **MS₂** расположены случайно, в то время как для подтипа **MS₁** более характерно линейное распределение вдоль растущих граней в кристалле-хозяине.

Размер включений **MS** не превышает 30 μm , во время наблюдений при комнатной температуре не всегда легко отличаются от более типичных включений типа **B**. Они могут быть определены лишь при постепенном нагреве до высоких температур (вплоть до 1000°C). Гомогенизируют включения типа **MS** всегда в жидкость. Для включений подтипа **MS₁** это температуры 850-1000°C, а для **MS₂** 670-730°C. Кроме дефицита жидкости и относительно постоянного объема газовой фазы, они содержат четко определенные, постоянные минеральные вещества, достаточно легко узнаваемые под микроскоп. Преимущественно этот типичный набор дочерних минералов: три полупрозрачных кристалла и небольшой рудный. Растворимые полупрозрачные кристаллы – это галит (NaCl), сильвин (KCl) и вероятно хлорид железа – полупрозрачный минерал, который обычно показывает зеленовато-голубой цвет и имеет сильное двулучепреломление (рис. 4А).

Нередко кристаллы хлоридов также содержат едва различимую рудную фазу.

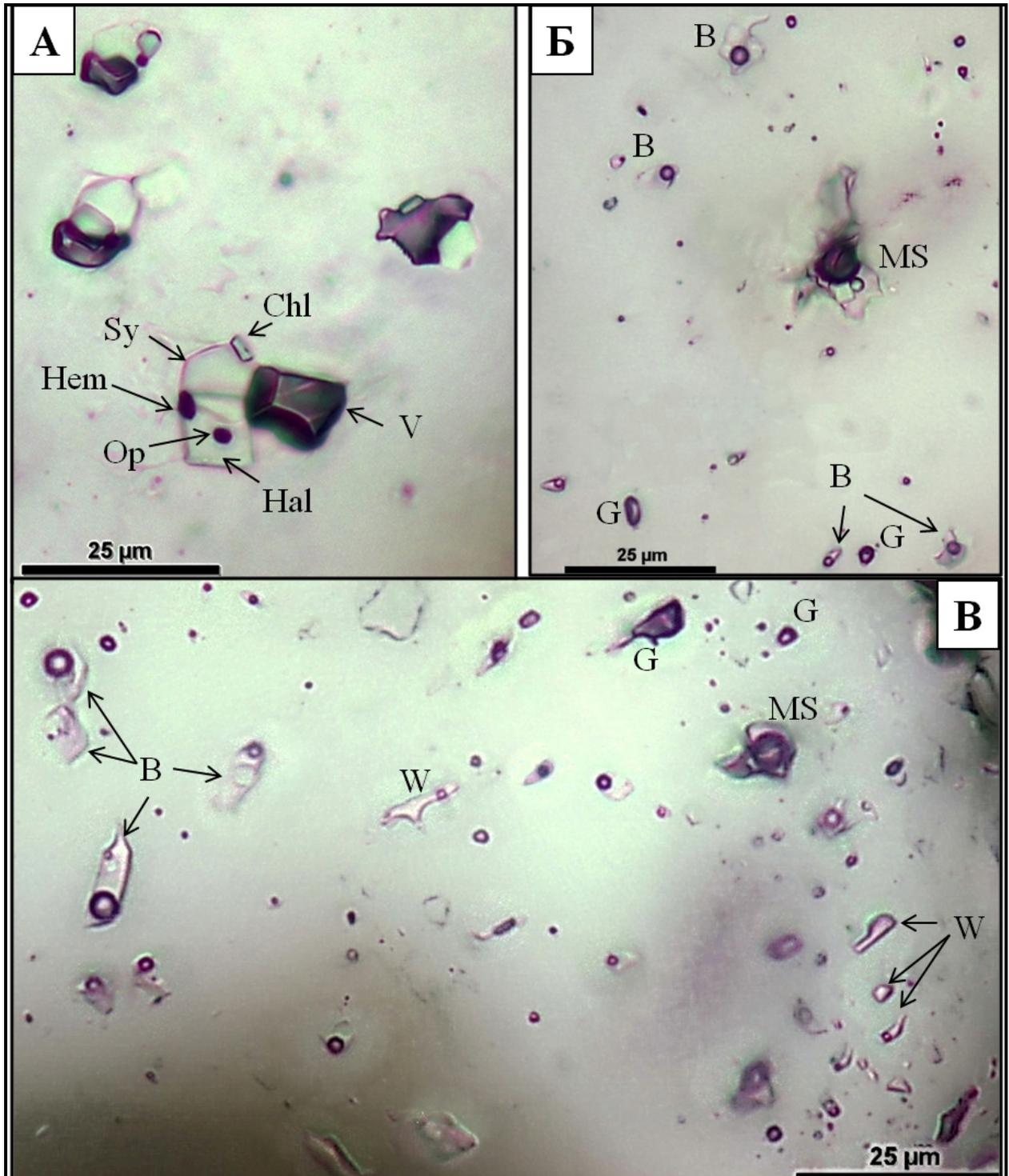


Рис. 4. Микрофотографии газОВО-жИДКИХ с твердыми фазами включений в кварце из сульфидно(халькопирит-пирит)-кварцевого прожилка (образец MD41-446). А: Включения подтипа MS₂. Б, В: Различные типы газОВО-жИДКИХ с минеральными фазами включений.
Условные обозначения: Hal - галит, Sy - сильвин, Hem - гематит, Op - рудный минерал, Chl - хлорид, V - газовая фаза.

Включения типа **В** («boil»), как правило, на 30-50% состоят из жидкой фазы, на 20-40% из газовой фазы и на 20-50% из минеральной – зачастую бесцветные кристаллы, часто это хорошо сформировавшиеся кубики галита (рис. 4Б, В). Включения подтипа B_1 - двухфазные, твердых фаз в них не наблюдается. Во включениях подтипов B_2 и B_3 , кубики NaCl сопровождается более округлыми прозрачными кристалликами – вероятно сильвин (KCl). В некоторых включениях типа В различных подтипов встречается небольшая фаза метана выявленная как при замораживании включений, так и с использованием рамановского спектрометра.

Чаще включения типа В распределены вдоль растущих граней в кристалле-хозяине, но реже наблюдаются и их отдельные скопления или же единичные проявления. Их размеры варьируют от нескольких микрон до 15-20 μm .

Включения подтипов B_2 и B_3 выделены по температурам гомогенизации. При микроскопическом описании включения подтипа B_3 отличаются от подтипа B_2 лишь чуть более крупными размерами 10-20 μm . Иногда включения содержат зерна рудных минералов. Это могут быть микрозерна гематита, магнетита, пирита или даже халькопирита. Реже присутствуют и другие твердые фазы неизвестного состава.

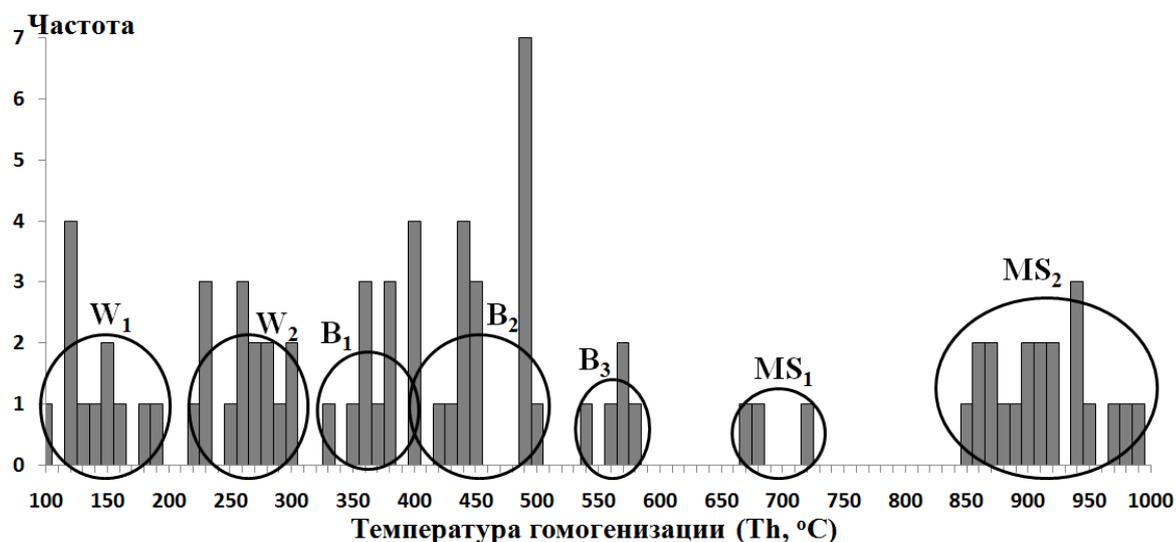


Рис. 5. Гистограмма температур гомогенизации газово-жидких включений.

Включения типа В гомогенизируют как в жидкую, так и в газовую фазу, что свидетельствует о связи данных включений с основными событиями вскипания гидротермального рудного раствора. Температуры гомогенизации включений подтипа В₁ от 331 до 409°С, В₂ от 405 до 503°С и В₃ от 542 до 580°С (рис. 5).

Включения типа G («gas rich») – преимущественно сложены газовой фазой, низко соленые и низкоплотные. Часто такие включения пространственно тесно связаны с включениями типа В. Газовая фаза в таких включениях занимает более 80 % от объема вакуоли, а водная фаза образует тонкий ободок вокруг пузырька (рис. 4Б, В). Размер этих включений колеблется от первых до 10 мкм. Они распределены случайным образом в пределах кристалла или образуют тесные скопления в центре зерна, либо выстраиваются по граням роста кристаллов или заполняют пространство при кристаллизации микротрещин (псевдо вторичные включения). Включения неправильной формы распространены редко.

Включения типа W («water rich») – преимущественно жидкие включения. Их легко отличить от включений типа В по значительно меньшему объему газового пузырька при комнатной температуре и отсутствию каких-либо дочерних минералов. Они всегда гомогенизируются в жидкость при более низкой температуре, чем включений типа В, от 220 до 305°С для включений подтипа W₂ и между 100 и 196°С для включений подтипа W₁. Во включениях подтипа W₁ все же иногда присутствует минеральная фаза – прозрачный белый кристаллик который растворяется при температурах около 100-150 °С. Вероятно вторичные включения подтипа W₁ характеризуют пострудные события внедрения низкотемпературного флюида отлагающегося в виде гипс-ангидритовых прожилков распространенных на месторождении.

ВЫВОДЫ

В жильном кварце медно-порфирового месторождения Малмыж выявлено четыре типа газовой-жидких включений – MS (multi solids – многофазные преимущественно состоящие из минеральных агрегатов), В (рассо-лы), G (преимущественно газовые) и W (преимущественно водные).

MS включения, которые содержат ряд твердых при комнатной тем-пературе веществ, а также небольшую водную фазу (вероятно это система NaCl-KCl-((Fe, Mg, ±Cu) Cl)-H₂O, при средней солености 70 мас.% NaCl экв.) гомогенизируются при магматических температурах около 950°C.

Данные включения представляют собой первый эксгаляционный флюид, который отделялся от магмы на глубине. Их высокие температуры гомогенизации, сравнимые с величинами в расплавных включениях, могут указывать на захват несмешивающейся смеси силикатного расплава и сильно засоленных жидкостей изгнанных из магмы в виде MS включений. Данные указывают на чрезвычайно высокие температуры расплава и на возможное наличие меди магматического происхождения.

Благодарности

- сотрудникам и руководству ООО «Амур Минаралс» за организацию и проведение полевых работ, а также предоставление возможности отбора образцов для дальнейших исследований;
- сотрудникам лаборатории вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН – Лунькову В.Ф. за помощь в обработке каменного материала и Куликовой Р.Н. за помощь в подготовке пластинок;
- сотрудникам кафедры Петрологии МГУ - профессору Плечова П.Ю. и с.н.с. Щербакову В.Д. за предоставление возможности проводить термобарогеохимические исследования и анализ дочерних фаз методами рамановской спектроскопии на базе лаборатории Петрологии МГУ, а также за помощь и содействие в работе.

- научному руководителю – заведующему лабораторией вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН Округину В.М. за постоянную поддержку на всех этапах обучения и исследовательской деятельности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Чернявский В.С., Шавкунов Н.А. Отчет о результатах поисковых работ на золото на участках Малмыжских и Болоньских высот, Хоми, Карги и Юбилейном (Малмыжская партия), 1974-76 гг.; г. Хабаровск; 156 стр.
2. Campos E, Touret JLR, Nikogosian I, Delgado J (2002) Over-heated, Cu-bearing magmas in the Zaldívar porphyry-Cu deposit, Northern Chile. Geodynamic consequences. Tectonophysics, 345, 229-251.
3. Schiffries, C.M., 1990. Liquid-absent aqueous fluid inclusions and phase equilibria in the system $\text{CaCl}_2\text{-NaCl-H}_2\text{O}$. Geochimica et Cosmochimica Acta 54, 611-619.

HIGH-TEMPERATURE FLUID INCLUSIONS IN VEIN QUARTZ
FROM MALMYZH COPPER PORPHYRY DEPOSIT, RUSSIAN FAR EAST

Bukhanova D.S.

In this paper have been studied fluid and some melt inclusions in quartz from quartz-sulfide ± magnetite veins and veinlets of Malmyzh copper-gold porphyry deposit Central area, which is located in the north-eastern part of the Middle Amur depression, in 80 km from the Komsomolsk-on-Amur city. The samples were selected during field work in 2011-2012 from drill holes core at depths of 90 to 600 m. Five of these samples have been additionally analyzed by heating and cooling methods, for daughter phases investigation was used Raman spectroscopy method. More than 50 fluid inclusions were analyzed by microthermometry. Four types of fluid inclusions have been identified and characterized in vein quartz from deposit. Shows the fluid evolution at Malmyzh deposit begins with magmatic temperatures.

Keywords: copper-porphyry deposits, Malmyzh, high-temperature fluid inclusions, fluid evolution.