

УДК 549.01.08

ПЕРВЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПРИМЕНЕНИЯ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КАМЧАТКИ

¹Андреева Е.Д., ^{1,2}Яблокова Д.А.

*Институт вулканологии и сейсмологии ДВО РАН
Камчатский государственный университет им. Витуса Беринга*

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

Современными методами термобарогеохимии и рамановской спектроскопии комбинационного рассеяния изучены газовой-жидкие включения в жильном кварце миоценовых золоторудных месторождений Центральной Камчатки. Установлено, что температуры гомогенизации газовой-жидких включений меняются в пределах 130-280 °С, а концентрации солей не превышают 2 % вес. в пересчете на NaCl. В составе газовой фазы включений обнаружено присутствие малых количеств CO₂, соединений типа C-H, COS.

Ключевые слова: газовой-жидкие включения, рамановская спектроскопия, термобарогеохимия

ВВЕДЕНИЕ

Физико-химические параметры минерализованных растворов, температуры и механизмы осаждения рудного вещества могут быть установлены на основе минеральных ассоциаций, их смены во времени и пространстве, химических составов основных рудных минералов и типам гидротермально-измененных пород. Однако наиболее эффективным подходом, позволяющим дать максимально полную оценку физико-химическим условиям рудообразующей среды, считается изучение системы газовой-жидких включений. Включение – это деформированный участок минерала-хозяина (рис. 1), заполненный частицами минералообразующей среды, образовавшийся в процессе роста кристалла (так называемое первичное включение) или при последующих деформациях (вторичное включение). Наиболее удобным материалом для изучения включений относят кварц, слагающий до 90% жильной массы эпитеpmальных месторождений. Кри-

сталлы кварца содержат огромное количество первичных и вторичных включений и тесно ассоциируют с рудной минерализацией, что позволяет давать относительную оценку температуре, давлению и концентрации, при которых происходило отложения рудных минералов. Карбонаты, адуляр и сфалерит также широко используются для изучения газовой-жидких включений.

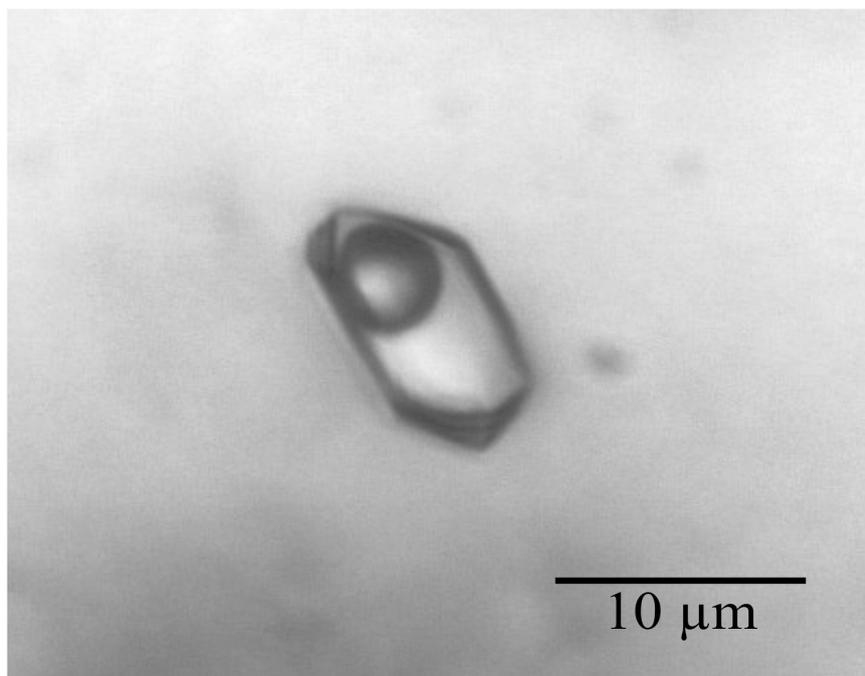


Рис. 1. Первичное единичное двухфазное газовой-жидкое включение с типичными формами негативных кристаллов в рудном кварце месторождения Кунгурцевское.

Метод рамановской спектроскопии (РС) дает возможность определять вещества размером от 10 до 100 мкм и более при сохранности образца. Спектроскопия рассеянного света применяется в различных областях современных наук, в том числе и науках о Земле.

Главные преимущества рамановской спектроскопии: - возможность идентификации микрообъекта с размерами 1-10 мкм; - определение отдельных составляющих газовой смеси и жидкости - делают его незаменимым для изучения состава флюидных включений. Впервые метод был применен к изучению состава газовой-жидких включений в 1975 г. [4].

В данном сообщении приводятся первые результаты изучения газового состава флюидных включений в жильном кварце золоторудных миоценовых месторождений Кунгурцевское и Золотое (Центральная Камчатка).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью получения достоверной информации о генетической природе гидротермальных растворов двадцать представительных образцов жильного кварца продуктивных минеральных ассоциаций были подготовлены для последовательного изучения методами рудной микроскопии, термбарогеохимии и рамановской спектроскопии. Образцы для исследований были отобраны из естественных обнажений рудных тел, поверхностных горных выработок и керна скважин в течение полевых сезонов 2010-2011 гг. Исследования проводились в лабораториях вулканогенного рудообразования ИВиС ДВО РАН и Департамента наук о Земле университета Хоккайдо (Саппоро, Япония).

Рудная микроскопия. Визуально микроскопические исследования включений проводились с помощью микроскопов отраженного света Nikon E400 POL, оснащенного цифровой камерой Nikon.

Термбарогеохимия. Микротермометрия газово-жидких включений осуществлялась с помощью термокриокамеры Linkam TH-600 в лаборатории группы рудных месторождений (университет Хоккайдо). Точность измерения криометрии составила $0.1\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$ и гомогенизации $1\text{ }^{\circ}\text{C min}^{-1}$, соответственно.

Рамановская спектроскопия. Исследования состава газовой фазы включений в жильном кварце выполнялись на рамановском микроскопе inVia компании Renishaw с использованием лазера с длиной волны 532 нм в лаборатории коллективного пользования университета Хоккайдо.

ГЕОЛОГИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ

Балхачский золоторудный узел, объединяющий Бараньевское, Золотое и Кунгурцевское золото-серебряные месторождения и серию мелких золоторудных проявлений, располагается в Центрально-Камчатском вулканическом поясе (рис. 2). В экономическом отношении золоторудный узел занимает юго-восточную часть Центрально-Камчатского горнорудного района и находится примерно в 40 км на юго-восток от Агинского Au-Ag-Te месторождения, на базе которого в течение 6 лет успешно функционирует ГОК [2].

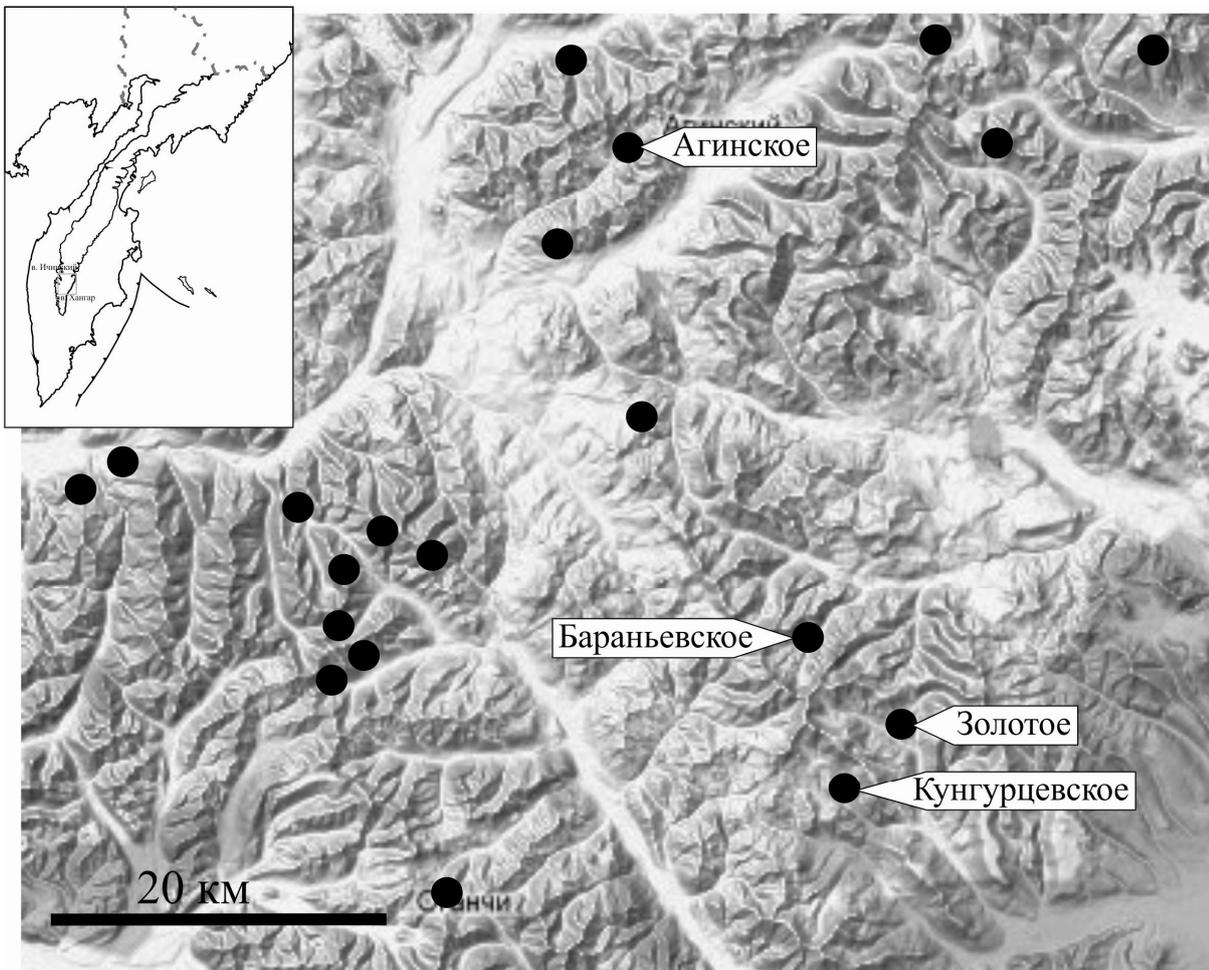


Рис. 2. Схематическая карта Центрально-Камчатского горнорудного района. Показано положение Балхачского рудного узла, Агинского месторождения и других золоторудных объектов.

Золото-серебряные месторождения рудного узла неравномерно распределены в пределах Балхачской вулcano-тектонической структуры, имеющей форму близкую к изометричной при диаметре до 22 км и занимающей большую часть тектонического блока (размером 30×30 км), «вырезанного» крупными разломами северо-западного и северо-восточного направлений. Основная промышленная рудная минерализация сосредоточена в южном секторе структуры, отделенного от северного системой субширотных разломов северо-западного простирания [1]. В геологическом строении рудного узла принимают участие верхнемеловые отложения ирунейской свиты, сложенной разнообломочными туфами среднего и основного составов (фундамент территории). Миоценовые андезиты и андезибазальты кимитинского комплекса служат рудовмещающими для рудных тел месторождений. Верхнемиоцен-плиоценовые покровные и субвулканические образования кахтунского и крерукского комплексов относятся к пострудным образованиям.

Месторождения Кунгурцевское и Золотое локализованы на южном фланге вулcano-тектонической структуры Балхач. К/Ag датировки жильного адуляра показали возраст рудной минерализации 21 и 17 млн. лет, соответственно [3].

Руды месторождений - классические эпитеpмальные жильные образования типа LS, характеризуются крустификационными, колофоморфно-полосчатыми и брекчивыми текстурами. Кварц, слагающий более 90% жильной массы, представлен прозрачными кристаллическими агрегатами. Главный рудный минерал – самородное золото образует рассеянную вкрапленность в жильной массе, сростается с рядом рудных минералов и концентрируется в виде микроскопических включений в пирите. Химический состав самородного золота обоих месторождений достаточно близок. Оно однородное и его пробность меняется в пределах 754-934 (Золотое) и 809-894 (Кунгурцевское).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Кунгурцевское месторождение

Гребенчатые кристаллы жильного кварца месторождения содержат редкие первичные включения при большом распространении вторичных и псевдвторичных типов. Первичные включения с формами негативных кристаллов и размерами около 10 нм встречаются в верхних и центральных частях кристаллов. Двухфазные включения преобладают в своем распространении над однофазными (газовыми) включениями. Газовые включения часто встречаются совместно с двухфазными включениями. Температуры гомогенизации первичных включений в кварце рудных зон 14 и 17 составляют 210-270 °С и 130-220 °С, соответственно. Растворы, из которых происходило отложение руд, отличаются невысокой плотностью. Это в подавляющей массе - низкосолевые 0.7-1.7 вес. % в пересчете на NaCl.

Результаты рамановского сканирования газово-жидких включений представлены на рис. 3. Состав включений достаточно примитивный, что характерно для условий эпитермальной среды. Спектры в начальной части графиков относятся к минералу-хозяину, то есть это рамановские спектры кварца. Пики CO₂ достаточно малы для точной визуализации и были диагностированы только в единичных включениях. Однако присутствие CO₂ в малых количествах не исключается во всех включениях. В составе газовой фазы включений установлены соединения типа С-Н. В небольших количествах определены COS и CO₂ в жидкой фазе.

Месторождение Золотое

Включения в жильном кварце месторождения представлены двумя разновидностями: существенно водные двухфазные и газовые с четкой внешней огранкой. Среди обоих типов выделены первичные и вторичные разновидности. Размеры включений весьма мелкие, редко превышают 10-15 нм. Полная гомогенизация первичных включений наблюдалась в диапа-

зоне температур 160-280 °С. Вторичные включения «гомогенизировались» в областях более низких температур 160-250 °С.

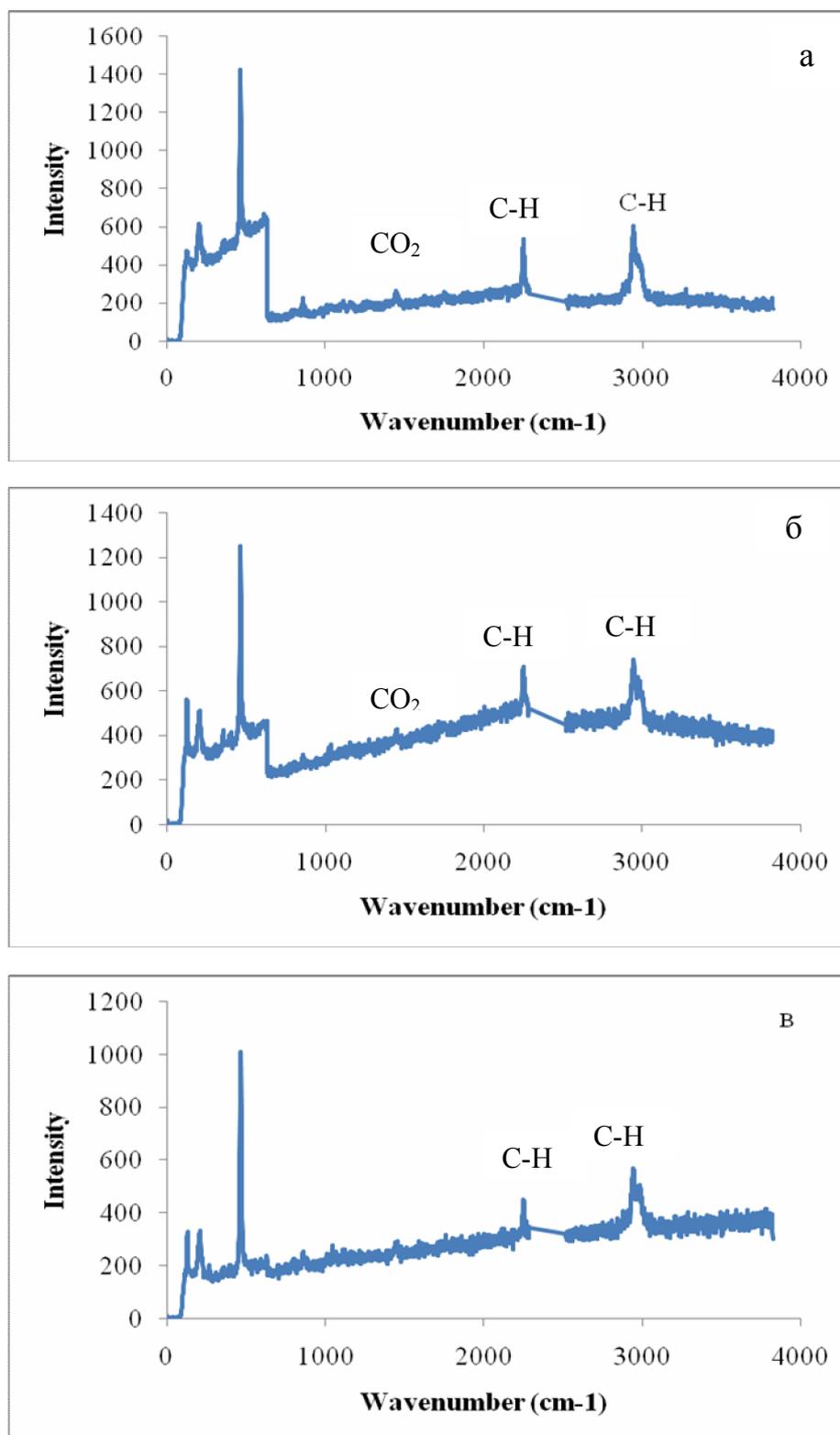


Рис. 3. Рамановские спектры, иллюстрирующие состав газожидких включений в кварце месторождений Кунгурцевское (а – рудная зона 17 и б – рудная зона 14) и Золотое (в).

Спектры рамановской спектроскопии газовой-жидких включений приведены на рис. 3. В составе включений месторождения Золотое также диагностированы соединения типа С-Н, CO₂, COS.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Жильный кварц, тесно ассоциирующий с рудной минерализацией, содержит большое количество первичных, вторичных и псевдоторичных включений.

Газово-жидкие включения представлены двумя разновидностями: существенно водные двухфазные и газообразные.

Температуры гомогенизации изменяются в пределах 190 до 280°С в рудоносном кварце месторождения Золотое и 130-270 °С в жильном кварце месторождения Кунгурцевское.

Концентрации солей не превышают 2 вес. % в пересчете на NaCl для включений обоих месторождений.

По данным рамановской спектроскопии газовой состав включений минералообразующих флюидов примитивный с преобладанием воды в газообразном состоянии. Обнаружено присутствие малых количествах CO₂. Установлено наличие соединений типа С-Н, COS.

Исследования выполнены при финансовой поддержке проектов ДВО РАН № 13-III-B-08-193 и РФФИ 12-05-31369 мол_а, в рамках программы стратегического развития ФГБОУ ВПО «Камчатский государственный университет имени Витуса Беринга» на 2012-2016 гг.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большаков Н.М., Фролов А.И., Минеев С.Д., Газизов Р.Б., Безрукова Л.А., Округин В.М. Геологическое строение золоторудного месторождения Бараньевское (Центральная Камчатка). - // Отечеств. геология. - 2010. - № 4. - С. 15-22
2. Округин В.М., Андреева Е. Д., Безрукова Л.А., Большаков Н.М., Минеев С.Д. Типоморфизм самородного золота Балхачского золоторудного узла (Центральная Камчатка). Материалы Всероссийской конференции «Самородное золото: типоморфизм минеральных ассоциаций, условия образования месторождений, задачи прикладных исследований.» - Москва. – 2010. – Т1.
3. Округин В.М. Новые данные о возрасте и генезисе эпitherмальных месторождений зоны перехода континент-океан (Северо-Западная Пацифика)//Материалы Всероссийского совещания, посвященного 90-летию академика Н.А. Шило (XII годовичное собрание Северо-Восточного отделения ВМО). Магадан, 3-6 июня 2003 г. Геодинамика, магматизм и минерогения континентальных окраин Севера Пацифики.Т. 3. Магадан: СВКНИИ ДВО РАН, 2003, с. 39-41.
4. Pironon J., Sawatzki J., and Dubessy J. NIR FT-Raman meicrospectroscopy of fluid inclusions: Comparisons with VIS Raman and FT-IR meicrospectroscopies // Geochim. Cosmochim. Acta. 55.- 1991. – P. 3885-3891.

**THE FIRST RESULTS OF RAMAN SPECTROSCOPY METHOD
APPLIED TO STUDY OF THE EPITHERMAL DEPOSITS
OF KAMCHATKA**

Elena D. Andreeva¹, Daria A. Yablokova^{1,2}

¹Institute of Volcanology and Seismology FEB RAS

²Vitus Bering Kamchatka State University

Fluid inclusions in gold-bearing quartz of the Au-Ag Zolotoe and Kungurcevscoe deposits were investigated by the Raman spectroscopy and microthermometry. Zolotoe and Kungurcevscoe deposits are located in the Central Kamchatka volcanic belt and characterized by early Miocene formation age, high Au/Ag ratio and similar alteration zone type. Homogenization temperature of fluid inclusions is varied from 130-280 °C, and salinity is less than 2 wt. NaCl eq. for both deposits. Fluid inclusions contain CO₂, C-H, COS. Results show a probably similar source of hydrothermal fluids.

Key words: fluid inclusions, raman spectroscopy