

НЕУПОРЯДОЧЕННОСТЬ СТРУКТУРЫ КВАРЦА КАК ИНДИКАТОР
ОРУДЕНЕНИЯ

Портнов А.М.¹, Раков Л.Т.² (rakovlt@mail.ru), Дубинчук В.Т.³
Московское отделение. ¹ РГГРУ, ² ИГЕМ РАН, ³ ФГУП «ВИМС»

STRUCTURAL DISORDER IN QUARTZ AS AN INDICATOR OF
MINERALIZATION

Portnov A.M.¹, Rakov L.T.² (rakovlt@mail.ru), Dubinchuk V.T.³
Moscow branch. ¹ RSGPU, ² IGEM RAS, ³ FSUE "VIMS"

Исследование кварца методами спектроскопии, термобарогеохимии, дифрактометрии и электронной микроскопии показало, что неупорядоченность структуры характерна для кварца, кристаллизующегося в рудоносных гидротермах при резком ощелачивании растворов. Условия, при которых кислые углекислотные рудоносные растворы при дегазации и потере CO₂ в условиях малых глубин становятся щелочными и откладывают благородные металлы, изучались нами на близповерхностных золото-серебряных месторождениях Северо-Востока России и Чаткало-Кураминской металлогенической провинции Тянь-Шаня. Здесь ритмично-полосчатый жильный кварц тесно ассоциирует с адуляром, золотом и аргентитом.

Нами исследовались образцы кварца, отобранные из поперечных разрезов рудных жил. Ранее в микровключениях этих образцов методами термобарогеохимии определялась концентрация газов (Портнов, Власова, Хитаров, 1987). Было установлено, что наиболее высокая концентрация CO₂ (5-6 моль/кг раствора) характерна для безрудного кварца в зальбандах рудных жил. В кварце зоны рудоотложения содержание CO₂ резко снижено (0.6 моль/кг раствора). Эти данные положительно коррелируют с данными ИК-спектроскопии. Они фиксируют высокое содержание CO₂ в безрудном и отсутствие CO₂ в рудном кварце, тесно ассоциирующем с золотом и аргентитом. В рудном кварце появляются также интенсивные ИК-полосы поглощения К-ОН, Li-ОН, Al-ОН, что указывает на высокую щелочность растворов при рудоотложении (Портнов, Власова, Хитаров, 1987). Прямые наблюдения современных гидротерм Новой Зеландии показывают, что кварц-адуляровая ассоциация с золотом возникает в резко щелочной среде при pH=12 (Набоко, 1970).

Изучение золоторудных кварцев методом просвечивающей электронной микроскопии позволило выявить в них большое содержание пор и аморфизованных зон. В порах отсутствуют минеральные примеси, в них концентрируются, главным образом, газы и вода. Отмечено, что из присутствующих минеральных примесей наиболее распространены слоистые алюмосиликаты, локализованные в отдельных областях.

Диффрактограммы рудного кварца показали, что для него характерны уширенные полосы отражения, указывающие на существенные нарушения его кристаллической структуры. Они могут быть связаны с наличием обширных областей аморфизации в исследованных образцах.

Результаты изучения кварца из поперечных разрезов рудных жил методом электронного парамагнитного резонанса (ЭПР) также указывают на высокую степень неупорядоченности его структуры. Об этом свидетельствуют особенности спектров ЭПР образцов кварца, облученных γ -квантами от источника ^{60}Co дозой 10^8 рад. Обнаружено, что кроме сигналов от Al-O⁻-центров, связанных с изоморфным вхождением ионов Al³⁺ вместо Si⁴⁺ в регулярную решетку кварца, в спектре присутствуют линии парамагнитных центров, обусловленных примесью алюминия в неупорядоченных областях кварца.

Одними из таких центров являются Al-X-центры, располагающиеся в приповерхностном слое пор кварца (Раков, 2007). Данные анализа кинетики возникновения Al-X-центров дают основание предполагать, они связаны с ионами Al³⁺, ассоциированными с одной или двумя кислородными вакансиями.

Другие центры имеют неясную природу. Их линии ЭПР уширены и представляют собой, по сути дела, «подложку» под спектром Al-O⁻-центров. Концентрация неизвестных центров в образцах кварца варьирует в широких пределах и может значительно превышать содержание Al-O⁻-центров. Форма и место расположения линий этих центров в спектре ЭПР позволяют предположить, что они связаны с примесью Al, сконцентрированной в зонах высокой дефектности кварца. Неизвестные центры авторами были названы Al-D-центрами.

Появление Al-D-центров в золоторудных кварцах вызвано, по всей видимости, высокой скоростью их кристаллизации. Кроме того, высокая щелочность растворов при кристаллизации способствует образованию гелеподобных структур. Несмотря на то, что основная часть таких структур раскристаллизовывается при повышенных температурах рудоотложения, некоторые из них способны сохраняться. В них, вероятно, и локализуются дефекты, проявляющиеся в спектрах ЭПР как Al-D-центры.

Похожая ситуация наблюдается в гипергенных кварцах карбонатных отложений. Этот кварц, подобно рудному кварцу золото-серебряных месторождений, формируется в резко щелочной среде за счет замещения известняка и его выноса в форме Ca(HCO₃)₂.

Изучение методом ЭПР диагенетического и эпигенетического кварца в известняках среднего карбона и доломитизированных известняках верхнего карбона Подмосковья показало, что в них также присутствуют Al-D-центры. Их концентрация намного превышает содержание аналогичных дефектов в золоторудных кварцах. Причиной аномально высоких концентраций дефектов Al-D является низкая температура кристаллизации диагенетического и эпигенетического кварца. Благодаря этому подавляющая часть гелеподобных структур сохраняется, что создает условия для

локализации в кварце большого количества дефектов Al-D. Микродифракционные отражения эпигенетического кварца из карбонатных пород уширены, сходны с характеристиками рудного кварца близповерхностных золото-серебряных месторождений и указывают на разупорядоченность структуры кварца.

Таким образом, установлено, что рудоотложение на месторождениях золота и кристаллизация гипергенного кварца в карбонатных породах происходит в резко щелочной среде. Амфотерные свойства алюминия проявляются в разупорядочивании структуры кварца и возникновении дефектов Al-D. Наличие Al-D-центров в жильном кварце близповерхностных золото-серебряных месторождений, выявляемых методом ЭПР, может служить индикатором рудного процесса.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (проект № 08-05-01089).

Набоко С.А. Минералообразование в современных гидротермальных системах. // Проблемы петрологии и генетической минералогии. Т. 2. М.: Наука, 1970. С. 260-262.

Портнов А.М., Власова Е.В., Хитаров Д.Н. CO₂, как фактор рудопереноса и рудоотложения на близповерхностных золотосеребряных месторождениях. // Геол. рудн. местор., 1987, т. 29, № 4. С.111-114.

Раков Л.Т. Научные основы применения структурных дефектов в кварце в качестве индикатора минералообразования: Автореферат дис. ...докт. геол.-мин. наук. М., 2007. 46 с.