

Таким образом, даже далеко не полно рассмотренная в данной работе эпигенетическая минерализация осадочного месторождения железных руд достаточно сложна. Вследствие их сильного влияния на качество руд, эпигенетические минералы представляют несомненный интерес, не говоря о чисто научной стороне дела. Поэтому дальнейшее изучение этих минералов и процессов их образования на осадочных месторождениях несомненно было бы важно.

ЛИТЕРАТУРА

1. Керченский железорудный бассейн. М.: Недра, 1966. 576 с.
2. Юрк Ю.Ю., Шнюков Е.Ф., Лебедев Ю.С., Кириченко О.Н. Минералогия железорудной формации Керченского бассейна. Симферополь: Крымиздат, 1960. 450 с.
3. Тугаринов А.И. Общая геохимия. М.: Атомиздат, 1973. 288 с.
4. Смирнов Г.А., Федорова Г.Г., Пумпянский А.М. Условия образования кремнистых тел в карбонатных породах. — В кн.: Литология и полезные ископаемые. М.: Изд-во АН СССР, 1969, № 3, с. 119.
5. Слетов В.А. Морфология кремнистых тел в карбонатных породах Подмосковья и их генезис. — В кн.: Новые данные о минералах СССР. М.: Наука, 1977, вып. 26, с. 112.
6. Дымков Ю.М. Природа урановой смоляной руды. Вопросы генетической минералогии. М.: Атомиздат, 1973. 240 с.
7. Степанов В.И. О происхождении так называемых "колломорфных" агрегатов минералов. Сб.: Онтогенетические методы изучения минералов. М.: Наука, 1970, с. 198.
8. Морозкин В.В. О генезисе агрегатов кристаллитового типа. — В кн.: Новые данные о минералах СССР. М.: Наука, 1976, вып. 25, с. 82.
9. Леммлейн Г.Г. О происхождении плоских кварцев с "белой полосой". — В кн.: Вопросы минералогии, геохимии и петрографии. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1946, с. 98.
10. Буканов В.В. Горный хрусталь Приполярного Урала. Л.: Наука, 1974. 212 с.
11. Юшкин Н.П. Минералогия и парагенезис самородной серы в экзогенных месторождениях. Л.: Наука, Ленингр. отд., 1968. 187 с.
12. Григорьев Д.П., Капитонов М.Д. Два типа друз минералов. — ДАН СССР. 1953, т. 89, № 3, с. 543.
13. Слетов В.А. Морфология сталактитоподобных образований гетита из Байкальского месторождения. — В кн.: Новые данные о минералах СССР. М.: Наука, 1976, вып. 25, с. 205.
14. Котляр В.Н. Основы теории рудообразования (Общий курс месторождений полезных ископаемых). М.: Недра, 1970. 463 с.
15. Бушинский Г.И. Условия накопления сидеритов, вивианитов и бурых железняков в болотах Белоруссии. — Бюлл. МОИП, Нов. серия, т. 51, отд. геол., 1946, т. 21, № 3, с. 65.
16. Смирнов С.И. Геохимия подземных вод в зоне гипергенеза сульфидных месторождений. — В кн.: Проблемы гидрогеологии. М.: Недра, 1960, с. 277.
17. Перельман А.И. Геохимия эпигенетических процессов (Зона гипергенеза). Изд-е 3-е, перераб. и дополнен. М.: Недра, 1963. 331 с.
18. Магакьян И.Г. Рудные месторождения (Промышл. типы мест-й металл. пол. ископ.). Ереван: Изд-во АН АрмССР, 1961. 542 с.

УДК 550.43

М.И. НОВГОРОВОДА, Е.В. ВЛАСОВА

ВОДА И УГЛЕКИСЛОТА В КВАРЦЕ ЗОЛОТОРУДНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ (по данным ИК-спектроскопии)

Спектры поглощения кварца в инфракрасной области неоднократно использовались для характеристики этого минерала в месторождениях самых различных генетических типов. В работах Г. Бруннера [1], А. Каца [2] было показано, что наблюдаемые в области $3300-3600 \text{ см}^{-1}$ полосы поглощения различной степени разрешенности могут быть отнесены к валентным колебаниям ОН-группировок, ассоциированных с Al, замещающим Si, а также с Na, K, Li, локализованных в дефектах структуры кварца.

Используя температурные зависимости изоморфных замещений в кварце $[\text{Si}^{4+} \rightleftharpoons$

$\rightleftharpoons \text{Al}^{3+} + \text{Li}, \text{K}, \text{Na}^{+1}$] А.Л. Комов с соавторами [3] предложил новый геотермометр, основанный на соотношении плотности полос поглощения $\text{OH}(\text{Li})/\text{OH}(\text{Al})$. Однако В.И. Павлишиным с соавторами [4] отмечается противоположная тенденция изменения этого отношения с температурой и справедливо подчеркивается, что помимо температурного фактора, возможности насыщения кварца примесями щелочных металлов диктуются прежде всего различным поведением щелочей в минералообразующих процессах разного типа. Следовательно, различия в интенсивностях и позиции полос поглощения, обусловленных гидроксильными группировками, стабилизированными в структуре кварца катионами щелочей, могут служить типоморфными признаками кварца разного генезиса. Возможности ИК-спектроскопии при изучении типоморфизма кварца положительно рассмотрены в ряде работ [4 – 6].

Следует отметить, что помимо различий в позиции полос поглощения гидроксидов, в образцах кварца из разных месторождений варьирует интенсивности полос поглощения в области 2360 см^{-1} , обусловленные присутствием линейных молекул газообразной CO_2 , локализованных в дефект-каналах кварца. Н.Б. Бархударян и А.М. Гребенчиковым был предложен способ оценки потенциальной золотоносности кварцевых жил по максимальному насыщению кварца углекислотой [5]. Однако этот способ нельзя считать универсальным. Как было показано авторами настоящей статьи [6], золотоносные генерации кварца одного из малоглубинных месторождений Узбекистана характеризуются интенсивными полосами поглощения OH -группировок при отсутствии полос поглощения газообразной CO_2 .

В настоящей работе предпринята попытка сопоставления кварца, изученного методом ИК-спектроскопии, из двух групп золоторудных месторождений: малоглубинной формации и формации больших глубин.

Кварц из малоглубинных кварцево-жильных руд изучался на примере ряда золоторудных месторождений одного из районов Средней Азии. Геологическое строение района определяется наличием жесткого фундамента (гнейсированные гранитоиды среднего палеозоя), перекрытого чехлом вулканогенно-осадочных пород верхнего палеозоя [7]. По данным М.О. Сулейманова и О.В. Белоплютовой [8, 9], месторождения тяготеют к полого-падающей межформационной зоне окварцевания и контролируются протяженным разломом. В пределах одного из них в зоне окварцевания наблюдается большое количество обломков гранитоидов, цементируемых гидротермальным кварцем различных генераций. Золотоносные кварцевые прожилки маломощны, часто с раздувами и пустотами интраминерализационного выщелачивания. Рудные тела другого месторождения представлены простыми и сложными крутопадающими карбонат-кварцевыми жилами, секущими измененные гранитоиды, а также пологими зонами окварцевания. Такие зоны наиболее характерны для третьего месторождения, в котором известны также тела минерализованных эруптивных брекчий среднего состава. По геологическим построениям глубина формирования верхних частей золоторудных месторождений была не более 600 м.

Рудные тела содержат незначительное (около 2%) количество сульфидов, увеличивающееся с глубиной. Минеральные ассоциации и признаки последовательности их формирования, в кварцевых жилах на изученных верхних горизонтах месторождений типичны для золото-кварцевых руд зоны малых глубин. Выделяются ранне- и позднепродуктивные ассоциации кварца с самородным золотом и сульфидами меди, железа, свинца, межпродуктивные – локализующиеся в пустотах гидротермального выщелачивания ранних агрегатов кварца и послепродуктивные – обычно в виде маломощных кварц-карбонатных прожилков, секущих ранее образованные минеральные агрегаты. Детальная минералогическая характеристика разновременных генераций кварца приведена в работах исследователей Узбекистана [10 – 12]. Первые золото-содержащие генерации кварца представлены мелкозернистыми халцедоновидными агрегатами с признаками раскристаллизации из первичного гелевого состояния. Межпродуктивные генерации кварца (2-я генерация) отличаются более крупнозернистым строением агрегатов (размер зерен 1–3 мм), нередко они обнаруживаются также в виде одиночных

хорошо оформленных кристаллов гексагонально-призматического облика, окрашенных в дымчатый, сиреневатый или серый цвет. Поздние золотоносные генерации кварца образуют среднезернистые (так называемые сахаровидные) агрегаты молочно-белого цвета, либо грубошестоватые сростки. Кварц такого типа наиболее распространен в пределах первых двух месторождений. Послепродуктивный кварц (4-я генерация) разнообразен по морфологии своих выделений, цвету, прозрачности и размерам зерен; встречаются как тонкополосчатые тонкозернистые агрегаты, так и гребенчатые сростки. Отличить его от раннего золотоносного кварца-I удастся лишь по текстурно-структурным соотношениям с ранее образованными минеральными агрегатами. Эти разновидности кварца широко развиты в рудах верхних горизонтов третьего месторождения.

Кварц из глубинных кварцево-жильных руд изучался на примере одного из месторождений Южного Урала, расположенного в пределах грабен-синклиналиной структуры, приуроченной к одной из ветвей регионального глубинного разлома, прослеживающегося по всему восточному склону Урала [13]. Рассланцованные и метаморфизованные в фации зеленых сланцев вулканогенно-осадочные породы D_2-S_1 рассечены телами серпентинитов и амфиболитов, развитых по породам базит-ультрабазитового состава, гранитоидами ранне- и позднегеосинклиналиных стадий развития региона (D_2-S_1 , S_{1-2}) и дайками микроклиновых гранитов. Золото-карбонатно-кварцевые жилы тяготеют к меридионально-вытянутым участкам углисто-сланцевой полосы на востоке рудного поля и эффузивно-осадочной толщи в его центральной части. Кварцевые жилы, подчиняясь в своем распределении основным разрывным нарушениям субмеридионального, северо-восточного и северо-западного простирания, представлены мощными (до 2–3 м) телами, сопровождающимися зонами прожилкового окварцевания. В рудоносных измененных породах с неравномерной вкрапленностью пирита, магнетита, хромшпинелидов наблюдается система мелких кварцевых прожилков лестничного или штокверкового типа (участки в вулканогенных породах), линейно вытянутых или нечетких с "размытыми" границами (участки песчано-сланцевой полосы). Прожилки сложены грубозернистыми минеральными агрегатами полупрозрачного жильного кварца с неправильными скоплениями карбонатов (анкерита, кальцита, сидерита); в краевой части прожилков концентрируется полевой шпат. Нечетко полосчатые текстуры прожилков обусловлены линейно-вытянутыми параллельно зальбандам реликтами вмещающих пород.

В образовании кварцевых жил и прожилков большую роль играли процессы мобилизации, переотложения и перекристаллизации. Наиболее ранний кварц (первая генерация) интенсивно деформирован с признаками пластических деформаций, свидетельствующих о воздействии медленно нарастающих тектонических напряжений в условиях сжатия. Ко второй генерации кварца отнесен тонкий гетерогранобластовый агрегат его зерен, развивающийся в межблоковом и межзерновом пространстве крупнозернистого деформированного кварца. В участках наложения поздних минеральных ассоциаций количество такого кварца возрастает за счет захвата и перекристаллизации вещества пограничных деформированных блоков. К третьей генерации относится кварц, входящий в состав маломощных кварцевых или кварц-карбонатных прожилков, секущий мелкозернистый кварц. Этот кварц, образованный после того, как ранний кварц испытал хрупкие и пластические деформации, по всей видимости, является результатом местного переотложения и перегруппировки вещества. Унаследованность размещения различных генераций кварца в одних и тех же системах жил и прожилков, заимствование вещества ранее отложенного кварца поздними его генерациями в процессах перекристаллизации и локального переотложения привели к однотипности геохимических особенностей кварца различных его генераций.

Переходя к обсуждению результатов ИК-спектроскопического исследования кварцев, следует вкратце остановиться на методике получения спектров. Плоскопараллельные полированные пластинки кварца толщиной 0,5–1 мм были сняты на приборе UR-10 в диапазоне $2000-3800\text{ см}^{-1}$. В области $700-1800\text{ см}^{-1}$ образцы снимались обычным порошковым методом. Получены спектры 80 образцов кварца, кроме того, для ряда

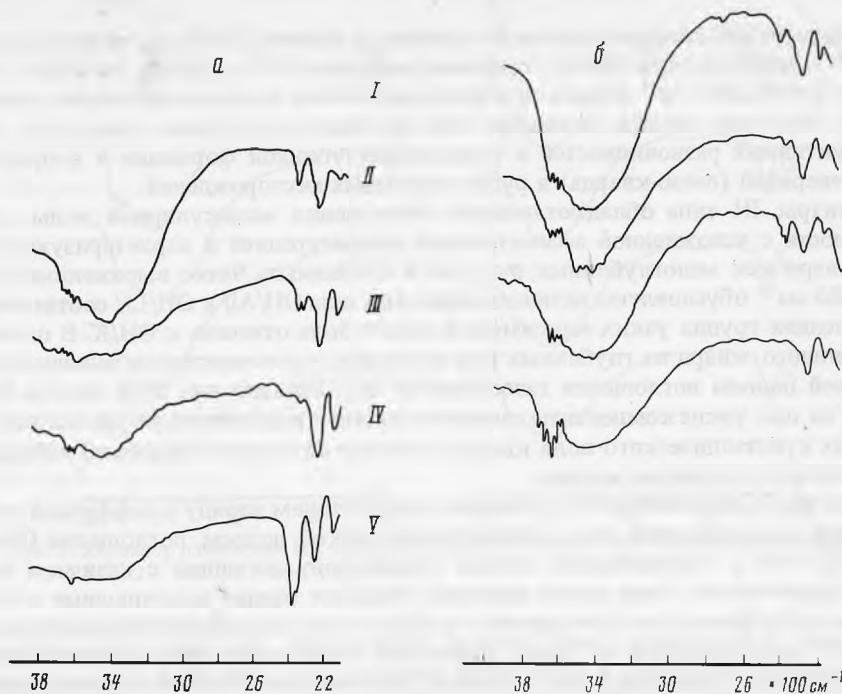


Рис. 1. ИК-спектры различных типов кварца (I–V) из месторождений глубинной (а) и малоглубинной (б) формации

образцов проведен ступенчатый прогрев в вакууме в интервале температур 400–600° с последующей съемкой.

Конфигурация спектров позволила выделить среди них характерные типы (рис. 1).

Анализируя полученные данные, следует иметь в виду, что состояние протонных группировок (H_2O и OH^-) и CO_2 , находящее отражение в ИК-спектрах, является интегральной функцией генетических факторов роста кварца и наложенных процессов его преобразования. Именно этим можно объяснить факт непостоянства корреляции установленных типов ИК-спектров кварца с выделенными ранее его генерациями. Тем не менее отмечено различие в ИК-спектрах поглощения золотоносных и незолотоносных кварцев описанных выше двух групп месторождений. Как можно видеть из рис. 1, специфическими типами спектра являются I для малоглубинных месторождений и V для глубинных, тогда как II, III и IV типы несут в себе черты сходства.

В спектрах I типа наблюдаются сильные диффузные полосы поглощения полимеризованных молекул воды с максимумом около 3400 см^{-1} . Высоочастотное крыло этой полосы осложнено узкими, очень слабыми полосами поглощения $3580, 3600, 3620, 3640 \text{ см}^{-1}$. Эти полосы, согласно исследованиям Гриффитса и Рочестера [14], вызваны поверхностными OH -группами с различной степенью водородной связи: гидроксилы на активных центрах поверхности пластинки кварца или же группы OH , возникающие при диссоциации воды, сорбированной на поверхности индивидов кварца. По данным Саксена [15], данная группа полос может быть вызвана дефектами типа OH/K . ИК-спектры I-го типа свойственны кварцу, наиболее насыщенному водой. Такой кварц встречается среди всех генераций в малоглубинных рудах и отсутствует в рудах глубинной формации. Существование полимеризованных молекул воды характерно для газово-жидких включений, однако низкотемпературный облик спектра может быть обусловлен в равной мере как первоначальной средой кристаллизации кварца, так и обстановкой более позднего его преобразования.

В ИК-спектрах II-го типа диффузная полоса поглощения молекулярной воды нало-

жена на дискретный спектр с заметной ступенью в области 3300 см^{-1} и иногда полосой 3370 см^{-1} — дефекты типа ОН/Al/, слабыми полосами 3475 — ОН/К/ и 3580 — ОН/К/. В области 2350 — 2365 см^{-1} иногда присутствуют слабые полосы поглощения газообразной CO_2 . Этот тип спектра отмечался для крупных прозрачных кристаллов кварца межпродуктивных разновидностей в рудах малоглубинной формации и допродуктивных его генераций (пьезо-кварца) в рудах глубинных месторождений.

ИК-спектры III типа обладают полосой поглощения молекулярной воды средней интенсивности с усложненной асимметричной конфигурацией и характеризуют золотоносный кварц как малоглубинных руд, так и глубинных. Четко выраженные ступени 3300 и 3480 см^{-1} обусловлены наличием дефектов типа ОН/Al/ и ОН/Li/ соответственно, а обособленная группа узких максимумов может быть отнесена к ОН/К. В отличие от малоглубинного, кварц из глубинных руд постоянно характеризуется наличием четкой раздвоенной полосы поглощения газообразной CO_2 . Расщепление этой полосы (2360 — 65 см^{-1}) на две узкие компоненты свидетельствуют о несимметричности молекул CO_2 в условиях кристаллического поля кварца. Спектры этого типа чаще всего наблюдались в продуктивных генерациях кварца.

ИК-спектры IV типа близки III, отличаясь присутствием наряду с диффузной полосой поглощения молекулярной воды, обособленной четкой полосы поглощения ОН-групп (3610 — 3620 см^{-1}), осложненной тонкой структурой, связанной с наличием поверхностных гидроксидов. Этим типом спектров обладают ранние золотоносные генерации кварца малоглубинных месторождений и ранний кварц из кварц-полевошпатовых жил глубинного месторождения на Урале. Уральский кварц этого типа, помимо меньшего содержания воды, характеризуется широкой нерасщепленной полосой поглощения CO_2 (2360 см^{-1}) и постоянным присутствием тонких примесей карбонатного вещества (1470 см^{-1}). Отсутствие расщепления полосы валентных колебаний углекислоты свидетельствует о симметричности ее линейной молекулы.

ИК-спектры V типа, на которых фиксируется интенсивная полоса поглощения газообразной CO_2 , а также весьма слабая диффузная полоса поглощения молекулярной воды, характерны для крупнозернистого кварца, слагающего жилы, секущие кварц-карбонат-полевошпатовые метасоматиты (глубинное месторождение на Урале). Значительные количества углекислоты в структуре кварца не сопровождаются примесью карбонатного вещества.

Особенности структурного состояния воды уточнены при анализе изменений ИК-спектров в диапазоне 2000 — 4000 см^{-1} , снятых с пластинок кварца после каждого этапа их ступенчатого прогрева (рис. 2).

Нагревание до 400° образцов, характеризующихся ИК-спектрами I и IV типов, приводит к уходу небольших количеств H_2O , что сопровождается изменением структурного состояния воды. Удаление части воды в конденсированном состоянии приводит к ослаблению водородных связей между ее молекулами, что ведет к увеличению асимметрии полос поглощения валентных колебаний Н—О со стороны низких частот. На основной полосе поглощения появляется ряд дополнительных максимумов, свидетельствующих как о дискретных энергетических состояниях молекул воды в газовой-жидких включениях, так и о наличии групп ОН, связанных с дефектами структуры кварца: полосы поглощения, соответствующие им, до нагрева образцов были перекрыты сильными полосами поглощения воды газовой-жидких включений.

При более высоких температурах интенсивность диффузной полосы H_2O постепенно снижается, а отдельные максимумы обособляются. Таким образом, на ИК-спектрах можно выделить ступень 3290 — 3300 см^{-1} четкие полосы 3380 , 3440 , 3475 см^{-1} , ступень 3560 см^{-1} , отвечающие соответственно ОН/Al/, ОН/Li/ и ОН/К/ дефектам. В ИК-спектрах некоторых образцов можно заметить обособление полосы 3610 см^{-1} , отвечающей валентным колебаниям ОН-групп со слабыми водородными связями. Судя по исчезновению тонкой структуры в этой области ИК-спектра, гидроксильные группы, адсорбированные на поверхности анализируемых образцов, отсутствуют. Сохранение поглощения в области 3400 см^{-1} свидетельствует о том, что часть молекулярной воды

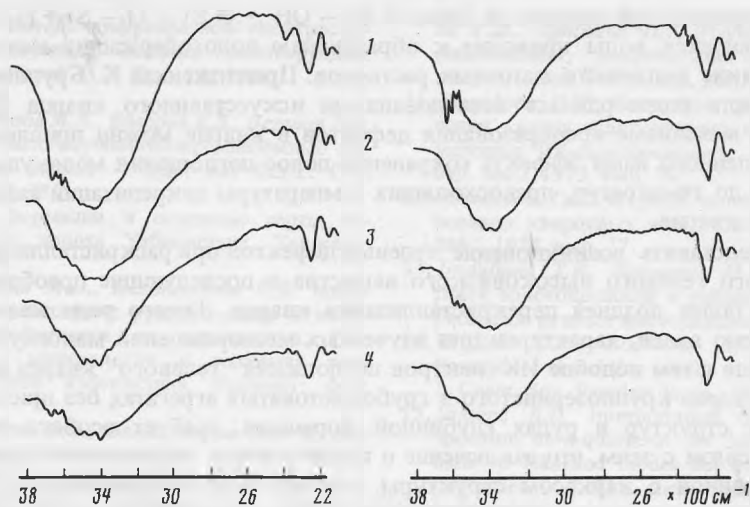


Рис. 2. Характер изменений ИК-спектров кварца в процессе их ступенчатого прогрева
 1 – 25°, 2 – 400°, 3 – 500°, 4 – 600°C

не удаляется даже при 600°. Аналогичное явление было отмечено В.И. Павлишиным с соавторами [4]. Возможно, что удаление части воды и ослабление водородных связей между ее молекулами способствует образованию связей между H₂O и кремнекислородным каркасом.

Следует отметить, что изменения ИК-спектров при нагревании, описанные выше, свойственны генерациям кварца, с которыми ассоциирует самородное золото. Поздние, практически безрудные агрегаты кварца почти полностью теряют воду при 500°.

Образцы кварца, характеризующиеся ИК-спектрами II и III типов, претерпевают при нагревании ряд изменений, аналогичных указанному, однако вода уходит из них значительно легче, почти полностью удаляясь при 600°; на спектрах остается и очень четко обособляется узкая полоса поглощения в области 3380 см⁻¹ – OH/Li/.

Таким образом, в исследованных генерациях кварца поведение воды при нагревании различно и определяется как различным структурным состоянием воды в вакуолях, так и характером дефектности структуры кварца, кристаллы которого захватывали при своем росте включения маточного раствора. Особо следует отметить факт неполного удаления воды при нагревании кварца до температур порядка 600°, существенно превышающих обычные температуры декриптации и гомогенизации газовой-жидких включений в кварце гидротермального генезиса.

Проведенные исследования подтверждают сделанный ранее вывод [6] о типоморфном значении факта наличия в ИК-спектрах полос поглощений гидроксильных группировок, наиболее четко проявленных в золотоносных генерациях кварца. Можно предположить, наличие хорошо известных дефектов [3], связанных как с замещениями кремния на алюминий, с компенсирующими избыточный заряд гидроксильными группировками в структурных каналах (дефекты типа OH Al/), так и с точечными дефектами типа OH/Me/. В изученных образцах кварца, судя по данным спектральных анализов и позиции полос поглощения в ИК-спектрах, компенсирующими щелочными металлами являются Na, K и Li. Вероятно, присутствуют также дефекты, получившие название гелевых [1]. Полосы поглощения, обязанные геле-дефектам, разрешены в области полос, отвечающих гидроксильным группировкам; они отличаются от полос поглощения OH-групп меньшей разрешенностью и поляризованностью (полосы поглощения в области 3290, 3300, 3380 см⁻¹) и остаются стабильными после нагрева образцов до 500–600°. Модель гелевого дефекта предполагает наличие в кварце локальных участков разупорядоченной и менее плотной структуры с дефектами типа Si – OH,

преобразующимися при нагреве по схеме $\equiv \text{Si} - \text{OH} \rightarrow \equiv \text{Si} - \text{O} - \text{Si} + \text{H}_2\text{O}$. Давление высвобождающейся воды приводит к образованию водосодержащих каверн, имитирующих жидкие включения маточных растворов. Предложенная К. Бруннером с соавторами модель подтвердилась исследованиями искусственного кварца [16]. Представления о механизме преобразования дефектов в кварце можно привлечь к объяснению выявленного нами эффекта сохранения полос поглощения молекулярной воды при нагреве до температур, превосходящих температуры декрепитации газовой-жидких включений в кварце.

Легко представить возникновение гелевых дефектов при раскристаллизации кварца из первичного гелевого высоковязкого вещества и последующие преобразования их в процессе более поздней перекристаллизации кварца. Такого рода кварц, как это было отмечено выше, характерен для изученных месторождений малоглубинной формации. Вместе с тем подобие ИК-спектров поглощения "гелевого" кварца малоглубинных руд и кварца крупнозернистого в грубошестоватых агрегатах без признаков метакolloидных структур в рудах глубинной формации, требует особого обсуждения. Отметим в связи с этим, что заключение о присутствии в кварце молекулярной воды, прочно связанной с каркасом структуры, сделано В.И. Павлишиным с соавторами [4] на примере кристаллов горного хрусталя из гидротермальных жил Криворожского бассейна. Такого рода особенности общие для кварца различного генезиса, являются следствием общей причины, их обусловившей. В качестве последней можно принять известные представления Ф.В. Чухрова и О.О. Левицкого о кристаллизации кварца в жильных гидротермальных системах из высококонцентрированной по кремнезему массы гелеобразной консистенции с дальнейшим преобразованием кварца либо с сохранением метакolloидных структур (условия малых глубин), либо с полным их отсутствием (глубинные условия). В последнее время получены экспериментальные подтверждения этой гипотезы: В.Н. Румянцевым (устное сообщение; Годичная сессия МО ВМО, 1980), приведены экспериментальные данные по строению водных силикатных систем $\text{H}_2\text{O}-\text{SiO}_2-\text{Na}_2\text{O}-\text{K}_2\text{O}$, расслаивающихся в гидротермальных условиях с образованием гелеобразных (вследствие полимеризации силикатных ионов) существенно кремнеземистых масс.

Все вышеизложенное позволяет сделать следующие выводы:

1. Типоморфной особенностью золотоносных кварцев как из месторождений глубинной, так и малоглубинной формации является присутствие дефектов типа $\text{OH}/\text{Me}/$, где $\text{Me} - \text{Al}, \text{K}, \text{Na}, \text{Li}$.

2. Газообразная CO_2 , локализованная в дефект-каналах кварца в виде одиночных линейных молекул, наиболее четко проявляется на ИК-спектрах кварца глубинных месторождений. Не исключено, что стабилизация такого рода молекул в структуре кварца обусловлена влиянием давления, несомненно большим при кристаллизации кварца в глубинных условиях по сравнению с малоглубинными.

3. В золотоносных генерациях кварца предполагается наличие так называемых геле-дефектов, возникновение которых связано с раскристаллизацией кварца из первичного высоковязкого вещества.

ЛИТЕРАТУРА

1. Brunner G.O., Wondratschek H., Laves F. Ultra-rotuntersuchung über den Einbau von H in natürlichen Quartz. — Z. Elektrochem., 1961, В. 56, N 3.
2. Kats A. Hydrogen in α -quartz. — Philips Res. Repts. 1962, v. 17, 155.
3. Комов И.Л., Хетчиков Л.Н., Цинобер Л.И., Самойлович М.И. Применение ИК-спектроскопии и ЭПР к изучению геохимических особенностей формирования кристаллов кварца. Сб. Кристаллохимия минералов и геологические проблемы. М., 1975.
4. Павлишин В.И., Геворкьян С.В., Возняк Д.К. Типоморфные особенности кварца Украины по данным ИК-спектроскопии (на примере кварца камерных пегматитов, гидротермальных жил и редкометалльных метасоматитов). — Респ. межвед. сб. Региональная и генетическая минералогия, 1978, № 1.
5. Бархударян Н.Б., Гребенчиков А.М. При-

- менение метода инфракрасной спектроскопии к изучению кварцев золоторудных месторождений. — Тр. ЦНИГРИ, 1974, вып. 112.
6. Новгородова М.И., Власова Е.В., Бершов Л.В. и др. Золото-карбонатно-кремнеземные минеральные смеси. — Изв. АН СССР. Сер. геол., 1976, № 7.
 7. Рудные формации и основные черты металлогении золота Узбекистана. Ташкент: Фан, 1969.
 8. Сулейманов М.О., Белоплотова О.В. Минеральные комплексы рудного поля и некоторые особенности их размещения. Сб.: Геология, минералогия и геохимия рудных районов Узбекистана. Ташкент: Фан, 1969.
 9. Сулейманов М.О., Белоплотова О.В. К систематизации золоторудных проявлений. — Зап. Узбек. отд. ВМО, 1970, вып. 23.
 10. Николаева Э.П., Бадалова Р.П., Рашидова Г.Ш., Ципкина П.Е. Изучение термолюминесценции, декрепитации и плотности кварца. — Зап. Узбек. отд. ВМО, 1975, вып. 28.
 11. Рашидова Г.Ш. Некоторые результаты изучения кварца золоторудного месторождения методом ИК-спектроскопии. — Зап. Узбек. отд. ВМО, 1973, вып. 26.
 12. Рашидова Г.Ш. О роли коллоидов в образовании кварцевых жил. — Зап. Узбек. отд. ВМО, 1974, вып. 27.
 13. Билибина Т.В., Богланов Ю.В. О перспективах золотоносности в районе Мугоджар. — Геология рудных месторождений, 1959, № 5.
 14. Griffiths D.M., Rochester C.H. YR-investigations water absorbtion on the surface of TiO_2 . — J. Chem. Soc. Faraday Trans., 1977, v. 1, N 10.
 15. Saksena B.D. Interpretation of the infrared spectrum of α -quartz in the 3μ region on the basis of localized modes due to substitutional impurities. — J. Phys. chem. Solids, 1963, v. 26, p. 247–255.

УДК 535.34

И.И. ПЛЮСНИНА

ИССЛЕДОВАНИЕ КРИСТАЛЛИЧНОСТИ КВАРЦА И ХАЛЦЕДОНА МЕТОДАМИ ИК-СПЕКТРОСКОПИИ, ДИФРАКТОМЕТРИИ И ЭЛЕКТРОННОЙ МИКРОСКОПИИ

Для исследования совершенства кристаллов очень широко применяют такие дифракционные методы как рентгенография, электронография и нейтронография. Наибольшее распространение имеет рентгеновская топография, дающая непосредственное изображение отдельных дефектов кристалла, и метод, основанный на измерении угловой ширины рентгеновских дифракционных максимумов. Показателем совершенства в этом случае является угловая ширина дифракционного максимума. Более совершенным считается кристалл, у которого угловая ширина дифракционного максимума близка к теоретическому значению, вычисленному для данного отражения в идеальном кристалле. Теоретическое значение зависит от данного вещества и от индекса межплоскостных отражений, наиболее распространенным для совершенного кристалла является значение порядка нескольких угловых секунд.

В работе Юм-Розери и Рейнора [1] показано, что при медленном вращении кристалла в параллельном пучке рентгеновских лучей для многих веществ каждое отражение наблюдается не в узком интервале углов, согласно закону Брэгга, а в интервале углов, оцениваемом от нескольких минут до нескольких градусов. Последнее является следствием того, что узкий пучок претерпевает отражение в некоторой области положений кристалла. Это означает, что реальный кристалл состоит из многочисленных блоков, слегка различающихся по ориентировке. Существование блочности или мозаичности кристаллов было впервые показано в работах Дарвина, Брэгга, Джеймса и др. [2, 3, 4].

В результате дальнейших рентгеновских исследований было признано, что реальные кристаллы состоят из большого числа блоков. Таким образом, существование в монокристалле и зернах поликристаллов участков со слабо отличающейся ориентировкой, стало экспериментально установленным фактом. Однако многие авторы называют это явление мозаичной структурой без его научного объяснения. Как известно, многие свойства минералов, их генезис, морфология, структурные особенности и границы существования фаз могут быть приняты, если рассматривать их с позиций структур-