Записки Ленинградского орденов Ленина и Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова, т. XLIX, вып. 2, 1965 г.

УДК 553.87

ОБ ОБРАЗОВАНИИ КВАРЦЕВЫХ ТЕЛ И ХРУСТАЛЬНЫХ ГНЕЗД В КАРБОНАТНЫХ ПОРОДАХ

А. И. Бочкарев

В соответствии с существующей теорией [Захарченко, 1955; Карякин, 1954, 1960; Лазько, 1960; Токмаков, 1957], месторождения горного хрусталя формируются минимум в две последовательные стадии: а) образование кварцевых тел; б) образование хрустальных гнезд. Для образования кварцевых тел источником SiO_2 является магматический очаг, для образования кристаллов гнезд — вмещающие породы или ранее образовавшиеся кварцевые тела.

Аналогично выделяют наложенные (на кварцевые тела) хрустальные гнезда и «минерализованные (хрусталеносные) трещины» *. Около последних значительно интенсивнее проявлено гидротермальное изменение вмещающих пород, выраженное прежде всего в выносе SiO_2. Вблизи наложенных гнезд такое изменение более слабое, ибо SiO_2 здесь заимствовался из кварцевого тела.

Таким образом, минерализованные (хрусталеносные) трещины могут образовываться лишь в породах, богатых SiO_2. Большинство месторождений горного хрусталя приурочено к песчаникам, кристаллическим сланцам, кварцитам, гранитоидам, т. е. к породам с высоким содержанием SiO_2 [Лисицин, 1957]. Однако значительные скопления горного хрусталя встречены и в таких казалось бы неблагоприятных породах, как кальцитовые и доломитовые мраморы.

Вопросами генезиса одного из месторождений горного хрусталя Урала, расположенного среди карбонатных пород, занимается В. Ю. Эшкин [1960, 1963, 1964]. Рассмотрим основные положения этих работ и сравним их с данными, полученными нами на том же месторождении.

Краткая геологическая характеристика месторождения. Промышленно ценные хрусталеносные объекты месторождения приурочены к линзе мраморов, залегающей среди кварц-слюдистых сланцев протерозойского возраста. Линза вытянута в северо-западном направлении, азимут падения 40°, $<$ 40—60°. Мощность линзы в среднем 200—250 *м*, по простиранию она прослежена на 800 *м*. В состав линзы помимо кальцитовых и доломитовых мраморов входят мраморы смешанного состава с переменным соотношением кальцита и доломита. Эти разности часто внешне не отличимы друг от друга.

На северо-востоке мраморы контактируют с согласной интрузией гранодиоритов. Контакт четкий, хотя и извилистый; каких-либо реакционных явлений, связанных с магматической стадией [Жариков, 1960], в мраморах не обнаружено. Маломощные зоны актинолитизации,

* Термин, применяемый геологами-кварцевиками к хрустальным гнездам, не связанным пространственно с кварцевыми телами.

серпентинизации, отальковання и флогопитизации, встреченные в приконтактовой зоне мраморов, по-видимому, связаны с поступлением первых порций постмагматических растворов.

Структурно линза мраморов приурочена к осевой части крупной антиклинальной складки северо-восточного простирания и расположена в участке периклинального замыкания пород, вызванного погружением шарнира антиклинали в северо-восточном направлении.

На месторождении интенсивно проявлена дизъюнктивная тектоника в виде зон рассланцевания приконтактовой части гранодиоритов и сланцев и многочисленных трещин в мраморах. Мощные (до 3—5 *м*) зоны рассланцевания в гранодиоритах и сланцах на контакте с мраморами свидетельствуют об интенсивных тектонических подвижках по контактовому шву, которые играют огромную роль в процессе хрусталеобразования. Вследствие неровного очертания контактовой поверхности зоны рассланцевании имеют локальное развитие.

По данным полевых наблюдений, на месторождении можно выделить трещины, связанные с двумя планами деформаций: основным и дополнительным. Основная деформация связана с региональной складчатостью. Она обусловила появление двух систем трещин скалывания северо-восточного простирания и соответственно юго-восточного и северо-западного падения под углами 40—60°, и системы трещин отрыва, близких к горизонтальным (ось *B* эллипсоида деформации горизонтальна, северо-восточного простирания; ось *C* горизонтальна, северо-западного простирания; ось *A* — вертикальна).

Дополнительный план деформации связан с формированием участка периклинального замыкания антиклинали, на котором расположено месторождение. Этой деформацией обусловлено появление двух, близких к вертикальным, систем трещин скалывания меридионального и широтного простирания и системы трещин отрыва, совпадающих по простиранию с трещинами скалывания основного плана деформации (ось *A* горизонтальна, северо-восточного простирания; ось *B* — вертикальна; ось *C* — горизонтальна, северо-западного простирания).

Таким образом, эллипсоид деформации дополнительного плана как бы повернут на 90° относительно эллипсоида деформации основного плана около оси *C*.

Кварцевые тела. В. Ю. Эшкин [1960] в образовании хрусталеносных тел месторождения выделяет две последовательные стадии: 1) образование крупных кварцевых тел обычно линзовидной формы; 2) образование прожилковых зон и хрустальных гнезд.

Не отрицая возможности неоднократного поступления кварцсодержащих растворов, мы, тем не менее, считаем образование крупных кварцевых тел и прожилковых зон одновременным процессом. Доказательством тому служит одинаковое сложение крупных кварцевых тел и мелких прожилков молочно-белым жильным кварцем мелкозернистой структуры. Кроме того, кварцевые прожилки и крупные тела не пересекаются, хотя зачастую занимают различные трещины. Эти факты говорят об одновременном заполнении кварцем пересекающихся трещин, что свидетельствует о синхронном приоткрывании их. Иногда мелкие прожилки образуют густую сеть ответвлений от крупных кварцевых тел (рис. 1, *а*).

На месторождении можно выделить кварцевые тела трех типов.

1. Кварцевые тела жильного типа выполняют преимущественно трещины скалывания с юго-восточным падением, близкие к вертикальным трещины скалывания широтного простирания, и пологие трещины отрыва. Контакты этих тел с вмещающими породами, как правило, четкие, хотя и извилистые, форма обычно плосколинзовидная. Характерно, как отмечено выше, наличие густой сети мелких ответвлений. Размер тел по простиранию колеблется в пределах 5—10—20—50—120 *м* по падению 1—3—8—25 *м*, по мощности 0,2—1,5—2,5 *м* (рис. 1, *б*).

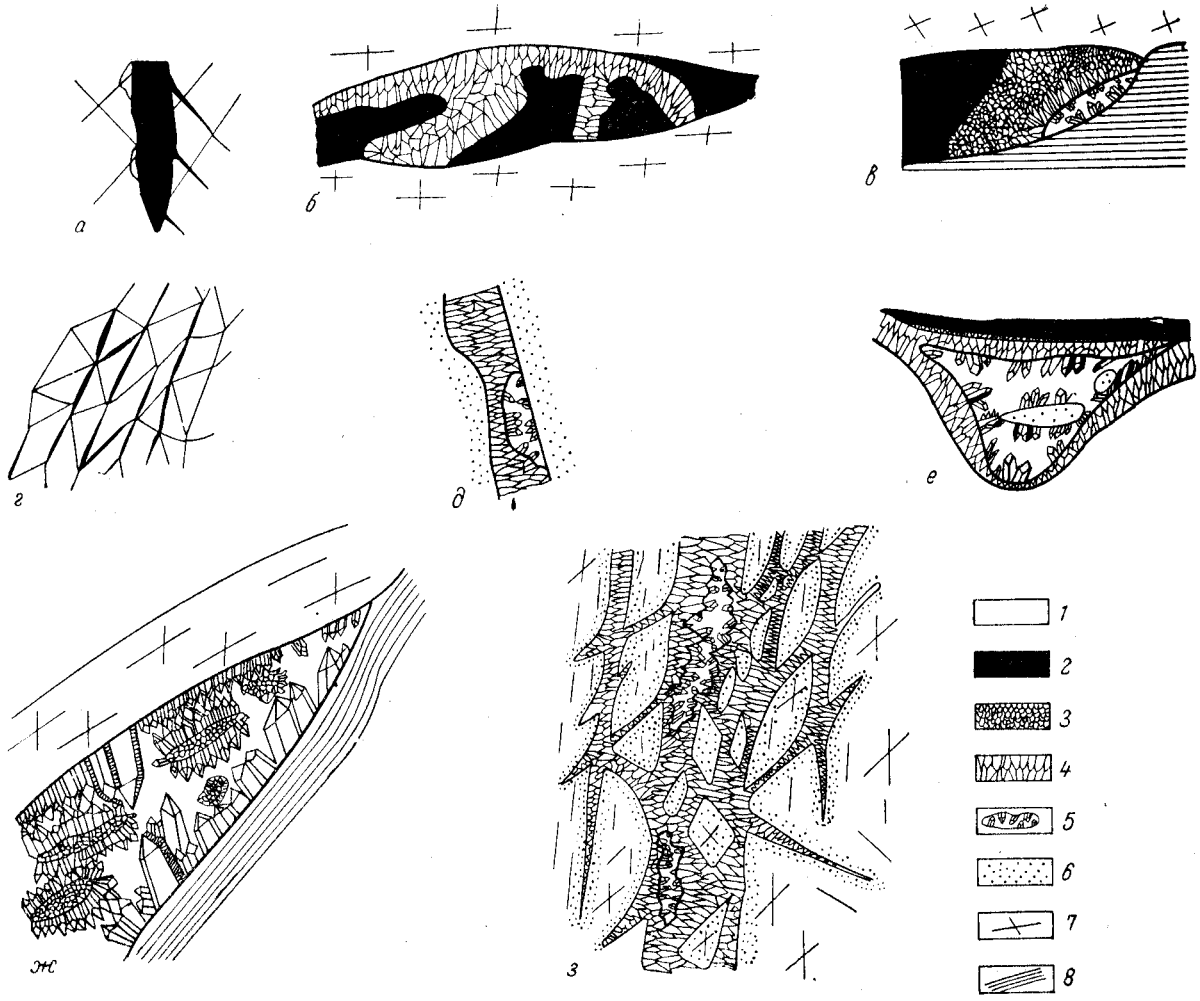


Рис. 1. Типы кварцевых тел и хрусталеносных гнезд.

1 — мраморы; *2* — мелкозернистый жильный кварц; *3* — средне- и крупнозернистый жильный кварц; *4* — кварц друзовой текстуры; *5* — хрустальные погреба; *6* — гидротермально измененные мраморы; *7* — трещины в мраморах; *8* — кварц-слюдистые сланцы.

2. Кварцевые тела, выполняющие полости, образовавшиеся при подвижках по волнистой контактовой поверхности мраморов со сланцами и гранодиоритами (полости отслаивания, рис. 1, *в*). Среди них встречаются как сравнительно небольшие (0,5 × 0,2 × 0,1 *м*) тела линзовидной формы, так и более крупные, судя по остаткам жильного кварца в ряде гнезд достигающие 30 *м* по простиранию, мощностью 3—4 *м* и выдержанные по падению на 20—50 *м*.

3. Мелкие кварцевые прожилки линзовидной формы достигают мощности 10—30 *см*, прослеживаются по простиранию на 20—50 *см*, по падению на 5—20 *см*. Они выполняют трещины скалывания и отрыва основного плана деформации, часто образуя целые зоны, обычно с преобладанием прожилков азимута падения 120—140°, ∠ 45—80° (рис. 1, *г*), хотя довольно многочисленны и зоны горизонтального залегания (по трещинам отрыва). Особого внимания заслуживает характер контакта прожилковых зон с вмещающими породами. Если каждый отдельный прожилок четко контактирует с окружающими породами, то вся зона в целом постепенно переходит в них, сменяясь трещиноватыми, а затем массивными мраморами (рис. 1, *г*). Размеры прожилковых зон на месторождении колеблются по простиранию от 5 до 97 *м*, по падению от 1,5 до 50 *м*, по мощности от 0,2 до 16 *м*.

Кварцевые тела месторождения, как и на большинстве месторождений горного хрусталя, — мономинеральные образования. Около них вмещающие породы незначительно окварцованы. Мощность измененной зоны не превышает долей сантиметра.

Промышленными объектами здесь, как и на всех месторождениях Урала, являются хрустальные гнезда. Встречаются два типа промышленных хрустальных гнезд: 1) гнезда, наложенные на кварцевые тела первого и второго типов (соответственно подтипы а и б); 2) гнезда, наложенные на кварцевые тела третьего типа. Вне кварцевых тел хрустальные погреба не встречены.

Среди мраморов отмечены полости, морфологически сходные с хрустальными. Пространственно не связанные с кварцевыми телами, они являются своеобразными «карбонатными погребами». В них встречены крупные кристаллы и друзы кальцита, анкерита и доломита; кристаллы кварца не наблюдались.

Форма хрустальных гнезд первого типа, подтипа а, различна. Иногда это клиновидные или линзовидные образования, как бы дополняющие контур кварцевого тела (рис. 1, *д*). Зачастую форма приближается к округло-линзовидной или кавернозной, напоминая типичные полости растворения (рис. 1, *е*). Размеры гнезд колеблются от долей кубического метра до десятков кубометров.

Форма гнезд первого типа, подтипа б, крайне сложна. Размеры крупнейших гнезд достигают 30 × 4 × 30 *м* (рис. 1, *ж*).

Гнезда второго типа обычно не превышают 0,5 *м* в поперечнике. Форма их линзовидная или ветвящаяся, когда гнездо приурочено к пересечению трещин (рис. 1, *з*).

Четкой закономерностью на месторождении является прямая зависимость величины хрустальных гнезд от размеров кварцевых тел, на которые они наложены. Самые крупные гнезда на месторождении относились к первому типу. Очевидно, крупных кварцевых тел первого типа, выполняющих выдержанные открытые трещины, на глубине ожидать не приходится, в связи с чем не будет и крупных гнезд подтипа а.

Вместе с тем образование открытых полостей при подвижках по контактовой поверхности на ее изгибах может иметь место и на значительной глубине. В результате возможно и образование крупных кварцевых тел второго типа с наложенными на них гнездами подтипа б. Перспективность месторождения на глубине должна связываться, по-видимому, с этими гнездами.

Условия образования кварцевых тел и хрустальных гнезд в мраморах. Важнейшей чертой хрустальных гнезд, особенно второго типа, является наличие около них зоны интенсивно измененных вмещающих пород. При гидротермальном изменении кальцитовых мраморов, по В. Ю. Эшкину [1963], из них выносится MgO, CaO (808,9 *кг* из 1 $м^3$), CO_2 (465,2 *кг* из 1 $м^3$). При изменении доломитовых мраморов выносится MgO (118 *кг* из 1 $м^3$).

Таким образом, для ряда минералов гнездового выполнения, в частности карбонатов, источником слагающих их компонентов были, несомненно, вмещающие породы. Вместе с тем такие элементы, как Pb, Zn, W, Fe, Cu, вероятно, принесены из магматического очага.

Источник кремнезема для образования кварцевых тел и хрустальных гнезд. Как упоминалось, В. Ю. Эшкин [1964] предполагает сингенетичность хрустальных гнезд и прожилковых зон. Источником кремнезема для их образования он считает подстилающие породы — кварц-слюдистые сланцы, основываясь на данных изучения гидротермально измененных пород около крупного кварцевого тела первого типа с наложенными хрустальными гнездами. Зона изменения около этого тела захватывает, помимо мраморов, сланцы и гранодиориты. Результаты химических анализов [Эшкин, 1964] свидетельствуют о значительном выносе из гранодиоритов и сланцев SiO_2, Al_2O_3, Na_2O.

Как упоминалось, все хрустальные гнезда месторождения встречены только в непосредственной связи с кварцевыми телами. Образований типа «минерализованных (хрусталеносных) трещин» не обнаружено.

Все гнезда, наложенные на кварцевые тела, по данным многочисленного фактического материала, образовались, несомненно, за счет растворения — перекристаллизации жильной массы этих тел. В ряде случаев это подтверждает и сама форма наложенных гнезд, как бы продолжающая собой контур кварцевого тела (рис. 1, *в*, *д*).

Особого внимания заслуживают взаимоотношения разновидностей жильного кварца с кристаллами гнезд. Ряд исследователей, в частности, Г. Н. Вертушков [1946, 1948], полагает, что в общем случае мелко-, средне- и крупнозернистый массивный молочно-белый кварц образуется за счет метаморфизма (в основном грануляции) гигантокристаллического и друзового прозрачного кварца. В противовес этой точки зрения А. Е. Карякин [1954, 1960] и другие считают первичным молочно-белый мелкозернистый кварц, который затем в процессе образования хрустальных гнезд приобретал крупно- и гигантозернистую структуру. Таким образом, наличие крупно- и гигантокристаллического жильного кварца при оценке хрусталеносности кварцевых тел играет важную роль. Нами изучены несколько разновидностей жильного кварца. Подавляющее большинство кварцевых тел сложено мелко- и среднезернистым молочно-белым массивным кварцем. Структура такого кварца (рис. 2) не имеет ничего общего с гранулированной и представляет неправильное срастание отдельных кристаллических зерен. Кристаллически-зернистое (зональное) строение подобного мелкозернистого агрегата иногда фиксируется примесями в химическом составе отдельных зон [Игумнов, 1951] или расположением газово-жидких включений.

Таким образом, о наличии первичного мелкозернистого молочно-белого кварца можно говорить уверенно.

Вместе с тем в кварцевых телах, особенно крупных, встречаются участки крупнозернистого и даже друзового кварца, обычно в центральной части тел. Следы перекристаллизации в данном случае отсутствуют, имеет место обычное симметрично-зональное строение кварцевой жилы. Очевидно, здесь наблюдается первичный крупнокристаллический кварц.

Однако подавляющее количество крупно- и гигантокристаллического кварца на месторождении является вторичным и связано с образованием наложенных хрустальных гнезд.

Повсеместно по мере приближения к гнездам молочно-белый мелкозернистый кварц приобретает крупно- и гигантозернистую структуру (рис. 1, *в*, *е*, *ж*, *з*). Все гнезда окружены полностью или частично оторочкой друзового кварца.

Под воздействием последующих тектонических напряжений почти во всех индивидах крупно- и гигантокристаллического кварца образуются многочисленные тектонические трещины (рис. 3, *а*). В участках особенно интенсивного дробления крупно- и гигантокристаллический полупрозрач-

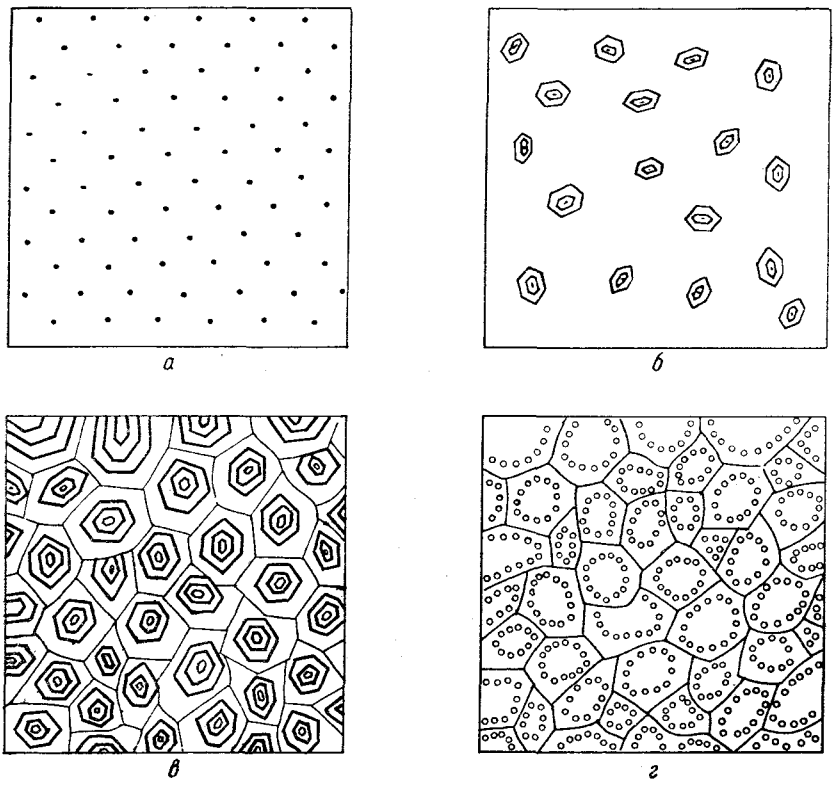


Рис. 2. Механизм образования первичного мелкозернистого кварца из растворов: *а* — возникновение центров кристаллизации, превращающихся в кристаллические зародыши; *б* — стадия свободного роста кристалликов; *в* — образование агрегата кристаллических зерен с неправильными внешними очертаниями; кристаллически-зональное строение фиксируется примесями в химическом составе отдельных зон; *г* — то же, кристаллически-зональное строение зерен фиксируется расположением газово-жидких включений.

ный и прозрачный кварц превращен в мелкозернистый молочно-белый гранулированный (рис. 3, *б*), где нет сложных срастаний между отдельными зернами. Они отделены друг от друга плоскостями тектонических трещин. Метаморфизм крупно- и гигантокристаллического кварца развит слабо, о чем свидетельствует прекрасная сохранность кристаллов гнезд.

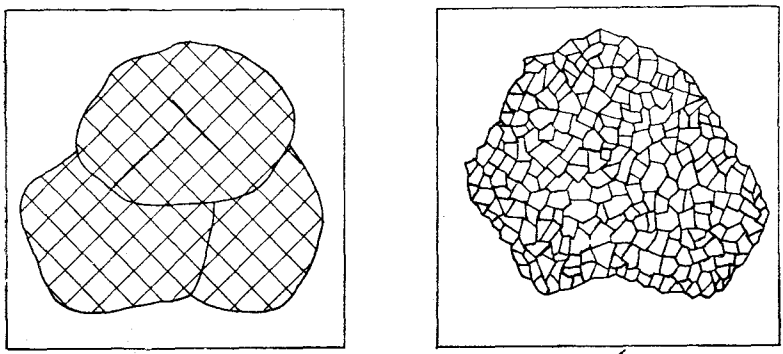
Итак, эволюция морфологических разностей кварца представляется в такой последовательности: 1) мелкозернистый молочно-белый массивный кварц с редкими зонами крупно- и гигантокристаллического кварца; 2) гигантокристаллический и друзовый полупрозрачный и прозрачный кварц, развивающийся за счет перекристаллизации кварца первой стадии; 3) молочно-белый гранулированный кварц, образованный путем дробления крупных индивидов кварца второй стадии.

Такая последовательность подтверждается данными термометрических исследований. Температура образования кварца первой стадии 350—400° (нижний предел), второй и третьей — 200—250°.*

Основная масса кварца представлена мелкозернистым кварцем первой стадии (кварцевые тела) и крупнозернистым кварцем второй стадии (хрустальные гнезда). Сами кристаллы гнезд, возможно, следует отнести к «друзовым коркам растворения» [Коржинский, 1950].

О многочисленных фактах выщелачивания SiO_2 из крупных кварцевых тел с образованием хрустальных погребов писали многие исследователи месторождений горного хрусталя. П. Т. Токмаков предложил такие гнезда называть наложенными внутрижильными хрусталеносными полостями [1957].

Поскольку в данном случае гидротермальные растворы в основном взаимодействовали с жильной массой кварцевых тел, изменения вмещающих пород, естественно, были незначительными, как это и наблюдается



а *б*

Рис. 3. Последовательность образования вторичного мелкозернистого кварца за счет дробления более крупных индивидов.

в действительности, если гнездо не выходит за пределы кварцевого тела, на которое оно наложено.

Более рельефно процессы гидротермального изменения вмещающих пород обнаруживаются при образовании гнезд второго типа, наложенных на прожилковые зоны. При этом наблюдаются своеобразные «брекчии» из угловатых и округлых обломков мраморов, сцементированные прожилками кварца гигантозернистой и друзовой текстуры (рис. 1, *з*). Подобные образования известны на рудных месторождениях. Обломки вмещающих пород в таких зонах подверглись такой же переработке, что и зальбанды зон [Руб, и др., 1961].

Иногда в таких зонах встречаются линзовидные полости, нацело выполненные ожелезненной карбонатной сыпучкой. Очевидно, это следствие полного растворения массы жильного кварца и ее выноса. Зачастую преобразование прожилков в таких зонах, как и в крупных кварцевых телах первого и второго типов, заключается в формировании гигантозернистой структуры и повышении прозрачности. Возможно, часть растворенного жильного кварца выносится из мест растворения и откладывается где-то выше по разрезу. Пересечение прожилков полупрозрачного гигантозернистого кварца с кварцевыми телами Ю. В. Эпкин [1960], например, рассматривает как доказательство разновременности образования прожилковых зон (кварцевые тела третьего типа) и кварцевых тел первого и второго типов. Однако отождествлять прожилки переотложенного

* Исследования проведены в лаборатории ВСЕГЕИ Н. А. Москалюк; проанализировано около 40 проб.

жильного кварца с кварцевыми телами третьего типа нельзя. Как известно [Руб и др., 1961], отложение выщелоченных компонентов обычно завершает процесс выщелачивания и обусловлено понижением щелочности раствора. Возникновение прожилков полупрозрачного кварца (переотложенного) связано с образованием хрустальных гнезд, а не кварцевых тел на месторождении. Соответственно гидротермальные изменения вмещающих пород около прожилков полупрозрачного низкотемпературного кварца необходимо относить к этапу формирования хрустальных гнезд, а не кварцевых тел третьего типа. Аналогично следует объяснять и гидротермальные изменения в гранодиоритах и кварц-слюдистых сланцах вблизи кварцевых тел с наложенными на них хрустальными гнездами.

Анализ данных при изучении месторождений горного хрусталя, расположенных в кварц-слюдистых сланцах, сходных по составу со сланцами, развитыми на описываемом месторождении, показывает, что при заимствовании SiO_2 для образования кристаллов кварца из вмещающих пород в гнездах неизбежно присутствуют и другие минералы сланцев. Избирательного выноса только SiO_2 из кристаллических сланцев нигде не наблюдалось.

Именно этим фактом объясняется более высокое качество кристаллов (отсутствие примесей) в наложенных гнездах по сравнению с «минерализованными (хрусталеносными) трещинами» на месторождениях, залегающих в сланцах.

Если, согласно В. Ю. Эшкину [1964], источником кремнезема для образования кварцевых тел и хрустальных гнезд на описываемом месторождении считать подстилающие кварц-слюдистые сланцы, то невозможно объяснить мономинеральный состав кварцевых тел и отсутствие ряда специфических минералов сланцев в гнездах.

Выше упоминалась зависимость минерального состава гнезд от вмещающих пород.

В целом образование описываемого месторождения горного хрусталя представляется нам в такой последовательности: 1) образование сингенетичных и синхронных кварцевых тел трех типов; 2) образование хрустальных гнезд, наложенных на кварцевые тела.

Источником кремнезема для кварцевых тел послужил, по-видимому, магматический очаг. Кремнезем для образования хрустальных гнезд заимствован из ранее образованных кварцевых тел. Кристаллы кварца высокого качества образуются в хрустальных гнездах, залегающих в породах, богатых кремнеземом и бедных цветными компонентами. Качество кристаллов кварца на месторождениях Урала, как правило, низкое, если они расположены в кварц-хлорит-слюдистых сланцах, и высокое, если вмещающими породами служат кварциты или гранодиориты.

С этой точки зрения вполне объяснимо высокое качество кристаллов кварца на описываемом месторождении, где хрустальные гнезда залегают в практически мономинеральных кварцевых жилах, а вмещающие породы представлены карбонатными отложениями. Так как вмещающие породы на месторождении не содержат SiO_2, понятно отсутствие здесь хрустальных гнезд типа «минерализованных трещин».

Итак, образование месторождения горного хрусталя в карбонатных породах Урала полностью соответствует общей схеме возникновения месторождений горного хрусталя и является ее частным случаем.

О химизме растворов, формирующих месторождения горного хрусталя. Если принять двустадийность в образовании этих месторождений, то гидротермальные растворы первой стадии (образование кварцевых тел) должны обладать кислой реакцией (кварцсодержащие), а второй (образование хрустальных гнезд) — щелочной (кварцрастворяющие).

Кислотность растворов, по Д. С. Коржинскому [1964], необходимо определять по наличию в них не легколетучих кислотных компонентов типа Cl, F и т. п., а более устойчивых — типа SiO_2. Наличие же значи-

тельного количества SiO_2 в растворах, формирующих кварцевые тела с одновременным окварцеванием вмещающих пород, очевидно. С другой стороны, по устному сообщению И. И. Мирочникова, концентрация ионов K и Na, по данным химических анализов газово-жидких вытяжек, на описываемом месторождении достигает единиц процентов в кристаллах кварца, тогда как в жильной массе встречены лишь следы этих элементов. Проба маточной жидкости из кристалла показала щелочную реакцию. Аналогичные данные приведены А. И. Захарченко [1955] для месторождений Памира. Такая эволюция состава находится в полном соответствии с режимом кислотности и щелочности постмагматических растворов [Коржинский, 1958].

Практические рекомендации. 1. Если источником кремнезема для кристаллов кварца хрустальных гнезд, расположенных в карбонатных породах, являются ранее сформировавшиеся кварцевые тела (в общем случае, любые кварцсодержащие породы), то при поисках подобных месторождений необходимо в первую очередь исследовать карбонатные породы, в которых имеются такие образования.

2. При оценке месторождения горного хрусталя, залегающего в карбонатных породах, необходимо тщательно установить наличие тектонических подвижек около кварцсодержащих тел, которые могли бы создать подводящие каналы для растворов, формирующих хрустальные гнезда. Отсутствие таких подвижек может резко снизить перспективность месторождения. В этом отношении весьма показательны выводы геологов-кварцевиков по казахстанским месторождениям горного хрусталя. Из множества кварцевых жил они выделяют в качестве перспективных только те, которые после своего образования подверглись тектоническому воздействию.

3. Поскольку при образовании наложенных хрустальных гнезд жильная масса кварцевых тел (в общем случае — кварцсодержащих тел) подвергается перекристаллизации, а вмещающие породы интенсивной гидротермальной переработке (в описанном случае — зоны доломитизации, мусковитизации и т. п.), то эти явления могут служить прямыми поисковыми признаками промышленных объектов.

Эти выводы подтверждаются и данными разведки дальневосточных месторождений горного хрусталя, расположенных в карбонатных породах: 1) хрустальные погреба встречены только в непосредственной связи с кварцевыми жилами и телами кварцевых порфиров; 2) отчетливо проявлены более молодые по сравнению с кварцевыми жилами и телами порфиров тектонические подвижки, создавшие пути движения гидротермальных растворов второй стадии формирования месторождений горного хрусталя; 3) хрустальные погреба носят четко выраженный наложенный характер с широким развитием процессов растворения — перекристаллизации кварца.

Таким образом, установленные условия образования описанного месторождения Урала подтверждаются и для других месторождений горного хрусталя, расположенных в карбонатных породах.

ЛИТЕРАТУРА

Вертушков Г.Н. Жильный кварц из жил восточного склона Урала. ДАН СССР, т. 5, № 1, 1946.

Вертушков Г. Н. Генезис кварца. Зап. Уральского геол. об-ва, вып. 1, 1948.

Жариков В. А. Реакционные явления магматической и постмагматической стадий при формировании скарново-рудных месторождений. В кн. Магматизм и связь с ним полезных ископаемых. Госгеолтехиздат, 1960.

Захарченко А. И. Минералообразующие растворы и генезис кварцевых жил. Госгеолтехиздат, 1955.

Игумнов А. Н. О первичной структуре жильного кварца. ДАН СССР, т. 796, № 3, 1951.

Карякин А. Е. Зарождение, рост и разрушение кристаллов кварца. Зап. ВМО, ч. 83, вып. 1, 1954.

Карякин А. Е. О влиянии вмещающих пород на минеральный состав хрусталеносных кварцевых жил. Тр. ВНИИП, т. IV, вып. 1, 1960.

Коржинский Д. С. Факторы равновесия при метасоматозе. Изв. АН СССР, сер. геол., № 3, 1950.

Коржинский Д. С. Гидротермальная кислотно-щелочная дифференциация. ДАН СССР, т. 122, № 2, 1958.

Коржинский Д. С. Проблема кислотно-основного взаимодействия. Тезисы докл. на съезде ВМО, 1964. Ротапринт, 1964.

Лазько Е. М. О происхождении хрусталеносных кварцевых жил. Минер. сб. Львовск. ун-та, № 14, 1960.

Лисицын А. Е. Месторождения пьезокварца Америки и Австралии. Тр. ВНИИП, т. I, вып. 1, 1957.

Руб М. Г. и Макеев Б. В. Проявление метасоматической зональности около кварц-турмалиновых жил. Геология рудных месторождений, № 6, 1961.

Токмаков П. П. Хрусталеносные кварцевые жилы замещения и хрусталеносные полости перекристаллизации Алдана. Тр. ИГЕМ, вып. 10, 1957.

Эшкин В. Ю. Некоторые особенности генезиса и минералогии месторождения горного хрусталя в мраморах на Приполярном Урале. Тр. ВНИИП, т. III, вып. 2, 1960.

Эшкин В. Ю. Гидротермальные изменения карбонатных пород около хрусталеносных жил. Зап. ВМО, ч. 92, вып. 1, 1963.

Эшкин В. Ю. Об источниках минералообразующих компонентов на примере одного из хрусталеносных месторождений Приполярного Урала Зап. ВМО, ч. 93, вып. 6, 1964.