Записки Ленинградского ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени горного института им. Г. В. Плеханова т. LX, вып. 2, 1971 г.

НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ ПОЯВЛЕНИЯ МОЗАИЧНЫХ КРИСТАЛЛОВ КВАРЦА В КВАРЦИТАХ

А. А. Кораго, Д. В. Никитин

Месторождения горного хрусталя на Приполярном Урале были открыты в тридцатых годах, когда разведочные работы с целью отыскания коренных источников ставились по находкам поверхностных россыпей кристаллов кварца. В дальнейшем основное внимание геологов, изучавших и разведывавших месторождения горного хрусталя, было направлено на изучение условий образования и закономерностей размещения хрусталеносных тел. В решении этой проблемы достигнуты большие успехи, и в настоящее время установлено значительное число косвенных признаков, указывающих на возможность обнаружения на данном участке слепых гнезд горного хрусталя [5, 6, 12].

Вопросу же об условиях, необходимых для образования высококачественных кристаллов кварца, имеющему в настоящее время особенно большое значение, почти не уделялось внимания. Известно лишь, что кристаллы высококачественного пьезокварца, как правило, встречаются в хрусталеносных кварцевых жилах и минерализованных трещинах, локализованных в кварцитах и мраморах, в то время как кристаллы из гнезд, расположенных в сланцах, в абсолютном большинстве случаев обладают плохим качеством, причем важнейшим дефектом их является мозаичное сложение. Однако и в гнездах, залегающих в кварцитах, встречаются порою только мозаичные кристаллы. Следует сказать, что мозаичность кристаллов является вообще широко распространенным и серьезным дефектом кристаллов кварца на месторождениях Приполярного Урала.

В настоящей работе исследуется возможность предсказания качества кристаллов кварца из кварцитов, а именно наличия или отсутствия в них мозаичности.

Ориентировка кристаллов кварца в друзах как показатель ориентировки породообразующих зерен кварца во вмещающих породах. Рассмотрим хрусталеносные тела, совпадающие по простиранию с трещинами региональной сланцеватости, но обратные по падению,— назовем их секущими,— и хрусталеносные тела, расположенные почти перпендикулярно к трещинам региональной сланцеватости в плане и разрезе,— обозначим их как поперечные * (рис. 1). Зарождение региональ-

* Поперечные трещины также являются секущими. Термин поперечные — традиционный для геологов-кварцевиков и употреблен для удобства.

ной сланцеватости, чрезвычайно широко развитой на Приполярном Урале, происходило в период важнейшей для Урала герцинской складчатости, сминавшей в складки отложения ордовика-девона и обусловившей кристаллизационную дифференциацию в породах. Эта дифференциация проявилась в перераспределении некоторых минералов в породах и пространственной переориентировке минеральных зерен, что приводило к образованию линейных текстур. Закономерную пространственную ориентировку приобретали и зерна кварца, ориентируясь удлинением параллельно трещинам региональной сланцеватости. При этом ориентировка тройных осей симметрии кварцевых зерен совпадала с их удлинением. Степень проявления кристаллизационной дифференциации находится в прямой зависимости от степени рассланцевания пород. Естественно, что чем более пластичными были породы, тем дальше шел процесс дифференциации, тем более закономерной становилась пространственная ориентировка зерен кварца.

Нами была рассмотрена ориентировка кристаллов кварца из хрустальных гнезд и минерализованных трещин, локализованных в трещинах различного залегания. Щетки кристаллов из минерализованных трещин особенно благоприятны для исследования, так как здесь связь нарастающих на стенки кристаллов с зернами кварца вмещающей породы проявляется значительно отчетливее. Сложнее эта зависимость в связанных с кварцевыми жилами хрустальных гнездах, в которых кристаллы не непосредственно нарастают на вмещающие породы, а имеют в основании оторочку из жильного кварца.

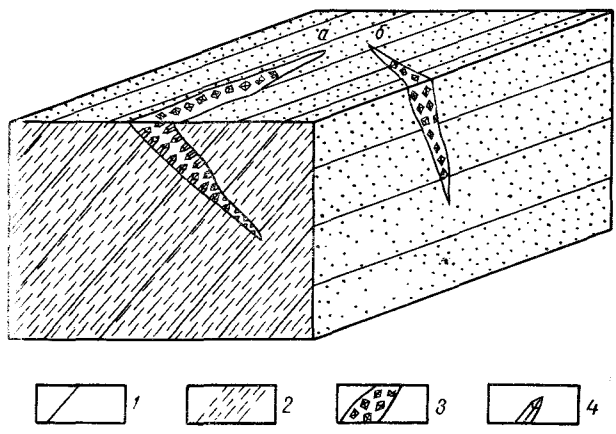


Рис. 1. Соотношение хрусталеносных тел различного залегания с трещинами региональной сланцеватости и ориентировка в них кристаллов кварца:

1 — трещины региональной сланцеватости; *2* — пространственная ориентировка зерен кварца (линейные текстуры); *3* — хрусталеносные тела (секущие *а* и поперечные *б*); *4* — кристаллы кварца

Исследования проводились на друзах и щетках, в которых доступно наблюдению все множество не соприкасающихся друг с другом кристаллов, а не только «победивших» благодаря удачной ориентировке при геометрическом отборе.

Как уже указывалось, секущие трещины совпадают по простиранию с трещинами региональной сланцеватости, имеют противоположное падение и составляют со сланцеватостью угол около 90°. На основании изучения щеток из этих трещин установлено, что абсолютное большинство кристаллов нарастает почти перпендикулярно стенкам трещин, небольшая часть кристаллов направлена под углом 50—60° к ним, а кристаллов, растущих параллельно стенкам, не наблюдается (рис. 2). В поперечных трещинах, как показывают полевые наблюдения, обычно отмечается нарастание кристаллов почти параллельно стенкам. Количество таких кристаллов достигает в различных друзах 70—85%. Около 15% составляют кристаллы, растущие под углом до 20—25° к стенкам трещин, и отмечаются лишь отдельные кристаллы, ориентированные под углом 50—80° к стенкам.

Так как в настоящее время Г. Г. Леммлейном [8], А. Е. Карякиным [4], Д. П. Григорьевым [2] и другими убедительно доказано, что зародышами кристаллов кварца являются зерна породообразующего кварца вмещающей породы, то по ориентировке кристаллов, нарастающих на стенках, можно судить о пространственной ориентировке породообразующих зерен кварца. Таким образом, с достаточной степенью приближения по расположению кристаллов в друзах можно судить об ориентировке кварцевых зерен вмещающей породы. Исходя из этого, можно сделать вывод, что в секущих трещинах породообразующие зерна кварца обращены в полость преимущественно своими тройными осями симметрии, на поверхности же поперечных трещин зерна кварца ориентированы тройными осями параллельно стенкам (рис. 1). К другому выводу пришел Г. Г. Леммлейн [8] на основании изучения одного ориентированного шлифа из стенки поперечной трещины («трещины разрыва», по Г. Г. Леммлейну). По данным этого исследователя, оптические оси зерен кварца параллельны стенке поперечной трещины и перпендикулярны сланцеватости, при этом кристаллы кварца параллельны стенке трещины. Однако в таком случае в секущих трещинах кристаллы были бы, так же как и в изученной им трещине, ориентированы в основном параллельно стенкам, чему противоречит приведенный фактический материал. Следует заметить, что закономерная пространственная ориентировка кварцевых зерен, наблюдаемая на Приполярном Урале, достаточно хорошо известна и отвечает ориентировке зерен в S-тектонитах [3].

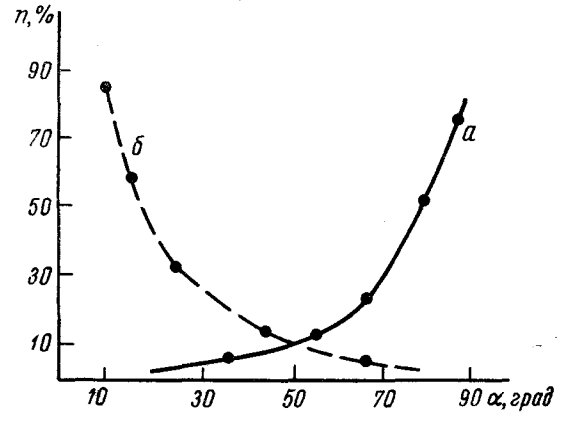


Рис. 2. Зависимость количества кристаллов n от угла наклона их α к стенкам в секущей $а$ и поперечной $б$ трещинах.
Точками показаны экспериментальные данные

Детальные исследования ориентировки кристаллов в друзах из множества изученных минерализованных трещин, локализованных в различных породах, показывают, что чем более рассланцованы эти породы, тем больший процент кристаллов ориентирован закономерно, потому что упорядоченность в пространственной ориентировке породообразующих зерен кварца возрастает от более жестких пород к более пластичным. Так, наибольшая ориентировка кристаллов наблюдается в минерализованных трещинах, расположенных в сланцах, и в интенсивно рассланцованных кварцитах; в тех же случаях, когда в кварцитах разко проявлено не рассланцевание, а гидротермальная переработка, ориентировка кристаллов проявляется только в заключительную стадию формирования друз после окончания геометрического отбора.

Причины образования мозаичных кристаллов. Не останавливаясь на всех возможных причинах появления грубой мозаичности в кристаллах, отметим кристаллизацию вещества с примесями и при резком пересыщении раствора, т. е. при большой скорости роста [1, 7, 9, 11 и др.]; другой причиной могут являться механические деформации [2, 10]. В. Е. Хаджи [10], исследуя появление линейных несовершенств

в искусственных кристаллах кварца, указывает, в частности, на наследование нарастающим слоем дислокаций затравки.*

Практически такую затравку с дислокациями, т. е. пластину, состоящую из ряда разноориентированных блоков, можно рассматривать как ряд самостоятельных зародышей с несколько различной пространственной ориентировкой, из которых образуется единый мозаичный кристалл.

Как показывают полевые исследования, грубомозаичные кристаллы встречаются обычно в секущих трещинах. При этом нами подмечена следующая закономерность: чем более рассланцованы вмещающие породы (сланцы, кварциты), тем больший процент кристаллов имеет мозаичное сложение.

Объяснение этого явления заключается, по нашему мнению, в следующем. В результате интенсивного рассланцевания пород в них создается высокая упорядоченность в пространственной ориентировке кварцевых зерен, т. е. возникает однозначная ориентировка тройных осей отдельных зерен. При этом в стенке секущей трещины обнажающиеся кварцевые зерна ориентированы почти параллельно. Несколько сближенных зерен кварца с почти параллельными осями могут являться той самой затравкой с дислокациями, о которой писал В. Е. Хаджи. Кристалл начинает расти сразу же из нескольких точек, соединяясь «корнями» в виде кварцевых клиньев с вмещающей породой, как это наблюдали ранее Г. Г. Леммлейн [9] и А. Е. Карякин [5]. Так как эти клинья имеют не совсем одинаковую ориентировку, то растущий кристалл «с рождения» получает мозаичное сложение.

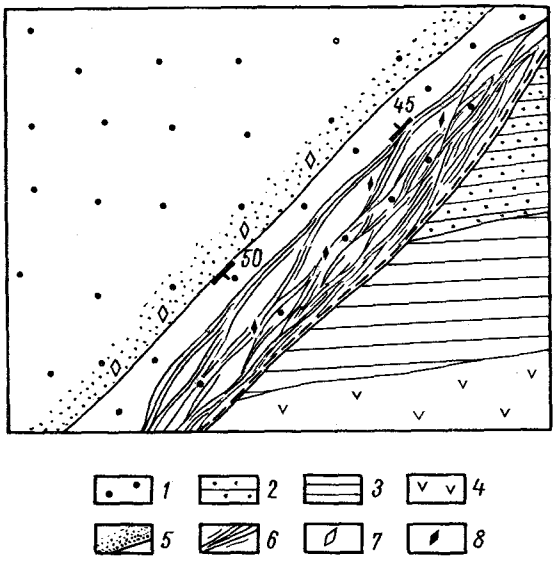


Рис. 3. Схема месторождения, залегающего в кварцитах:

1 — кварциты; *2* — известковистые сланцы; *3* — филлитовидные сланцы; *4* — кварц-эпидот-хлоритовые ортосланцы; *5* — зона сильного проявления процессов выщелачивания и метасоматоза; *6* — зоны интенсивного рассланцевания; *7* — находки с высококачественными кристаллами кварца; *8* — находки мозаичных кристаллов кварца

В тех случаях, когда в породах не отмечается строго закономерной ориентировки в расположении кварцевых зерен, кристалл при зарождении может использовать лишь одно зерно, в связи с чем он растет как монокристалл, если зародышевое зерно представляло собой единую кристаллическую решетку. Однако и из одного породообразующего зерна кварца может возникнуть первично-мозаичный кристалл, так как это зерно может быть сложено из мозаики отдельных блоков, что очень часто удается наблюдать при исследовании шлифов под микроскопом.

---

* Несмотря на то, что свои исследования В. Е. Хаджи проводил не над грубомозаичными кристаллами, представляется, что возникновение мозаичных кристаллов нередко бывает связано именно с такой причиной.

На примере одного из месторождений хрусталя в кварцитах рассмотрим приуроченность мозаичных кристаллов именно к интенсивно рассланцованным разностям этих пород.

На этом месторождении (рис. 3) можно выделить две полосы: восточную — с широким развитием интенсивно рассланцованных пород и отсутствием следов их выщелачивания — и западную, в которой чрезвычайно широко проявились процессы выщелачивания пород, а рассланцевание выражено слабо. Кристаллы кварца встречаются на всей площади месторождения, однако качество их резко различно. Кристаллы восточной полосы мозаичны, в то время как среди выщелоченных кварцитов встречаются высококачественные кристаллы.

Различная степень рассланцевания и выщелачивания на западном и восточном участках месторождения объясняется, по нашему мнению, следующими причинами. В восточной части месторождения, расположенного в пределах крупной тектонической зоны, в результате длительных и интенсивных тектонических движений вдоль межформационного контакта очень широкое развитие получили мощные зоны интенсивного рассланцевания пород. Частота трещин рассланцевания здесь составляет от 200 до 1000 на 1 *м*. Такое интенсивное рассланцевание пород привело к строгому упорядочению пространственных ориентировок зерен кварца в них, что, как было показано, неблагоприятно для образования высококачественных (гомогенных) кристаллов кварца.

В западной полосе месторождения, представляющей периферию основной тектонической зоны, широко развивавшаяся мелкая трещиноватость способствовала медленному просачиванию гидротермальных растворов, что в свою очередь вызывало интенсивное разъедание, выщелачивание и перекристаллизацию пород. В результате всех преобразований произошла статистическая дезориентировка оптических осей кварцевых зерен кварцитов западной полосы. Поэтому именно по периферии мощных зон рассланцевания с мозаичными кристаллами кварца можно ожидать развития хрустальных гнезд с высококачественным сырьем.

Расположенный в 6 *км* к югу участок по своему геологическому строению аналогичен восточной полосе рассмотренного месторождения. В восточной его части обнаружено значительное число россыпей и несколько гнезд с крупными кристаллами кварца. Почти все кристаллы кварца мозаичны. На основании имеющегося материала и по сопоставлению с ситуацией на описанном выше месторождении представляется важным разведочные работы сосредотачивать в западной части участка.

Таким образом, наиболее перспективными на поиски высококачественного сырья являются относительно слабо рассланцованные, но интенсивно выщелоченные кварциты. Так как в сланцах однозначность в пространственной ориентировке кварцевых зерен особеннно велика, то вероятность появления в них качественных кристаллов очень мала. Правда, и в этих породах могут оказаться благоприятные условия для возникновения высококачественных кристаллов в случае, если породы будут предварительно интенсивно гидротермально проработаны и, как следствие, лишатся четкой линейности *.

Выводы

1. Кристаллы в различных трещинах имеют вполне определенную пространственную ориентировку в зависимости от положения этих трещин по отношению к линейным текстурам вмещающих горных пород.

* Это совершенно не мешает появлению мозаичности в кристаллах на более поздних стадиях роста.

2. По ориентировке кристаллов можно выяснить пространственную ориентировку кварцевых зерен во вмещающей породе.

3. В боковых породах тройные оси кварцевых зерен лежат в плоскости сланцеватости примерно перпендикулярно секущим трещинам.

4. Ориентировка кристаллов кварца в трещинах и пространственная ориентировка кварцевых зерен во вмещающих породах становятся тем более закономерными, чем более рассланцованы вмещающие породы.

5. Мозаичные кристаллы могут появляться не только в результате кристаллизации из пересыщенных растворов и из растворов с примесями, но и за счет роста из нескольких сближенных кварцевых зерен с незначительной разницей в ориентировке, играющих в этом случае ту же роль, что затравки с дислокациями в экспериментальной лаборатории.

6. Такие затравки с дислокациями в природе особенно часто возникают в интенсивно рассланцованных породах, в частности, в сланцах и кварцитах, в которых в результате кристаллизационной дифференциации появляется закономерное расположение оптических осей кварцевых зерен.

7. При гидротермальном метаморфизме боковых пород происходит дезориентировка тройных осей породообразующих зерен кварца, вследствие чего первично-мозаичные кристаллы появляются редко.

8. При изучении на поверхности россыпей мозаичных кристаллов кварца из гнезд в кварцитах следует особое значение придавать степени рассланцевания и выщелачивания вмещающих пород, сосредоточивая горные работы на поиски гнезд именно в выщелоченных кварцитах.

9. Участки, перспективные на поиски гнезд с кристаллами высокого качества, следует ожидать по периферии зон интенсивно рассланцованных пород, содержащих гнезда с мозаичными кристаллами кварца.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гогоберидзе Д. Б. Некоторые объемные дефекты кристаллов. ЛГУ, 1952.
2. Григорьев Д. П. Онтогения минералов. Изд-во Львовск. ун-та, 1961.
3. Елисеев Н. А. Основы структурной петрологии. Наука, 1967.
4. Карякин А. Е. Зарождение, рост и разрушение кристаллов кварца. ЗВМО, ч. 83, № 1, 1954.
5. Карякин А. Е. Поисковые признаки хрустальных гнезд. Зап. ЛГИ, т. XXXI, вып. 2, 1955.
6. Карякин А. Е., Смирнова В. А. Структуры хрусталеносных полей. Недра, 1967.
7. Кузнецов В. Д. Кристаллы и кристаллизация. Гостехиздат, 1953.
8. Леммлейн Г. Г. Об ориентировке кристаллов кварца в альпийского типа жилах на Урале. ДАН СССР, т. 22, № 1, 1939.
9. Рундквист Д. В. О некоторых особенностях морфологии и внутреннего строения минеральных агрегатов оловорудных близповерхностных месторождений. ЗВМО, ч. 87, вып. 4, 1958.
10. Хаджи В. Е. Образование дислокаций в процессе роста кристаллов кварца. «Минералог. сб. Львовск. ун-та», № 20, вып. 3, 1966.
11. Шубников А. В. Как растут кристаллы. Изд-во АН СССР, 1935.
12. Эшкин В. Ю. О строении жильного кварца хрусталеносного месторождения Урала. Зап. ЛГИ, т. XLIX, вып. 2, 1965.