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

МЕСТО ХРУСТАЛЕОБРАЗОВАНИЯ СРЕДИ ПРОЦЕССОВ ИЗМЕНЕНИЯ МЕТАМОРФИЧЕСКИХ ГОРНЫХ ПОРОД

В. Д. Никитин, *С. А. Руденко*, *В. Ю. Эшкин*

До сих пор ряд важных общих вопросов, касающихся условий образования кварцевых жил и хрустальных гнезд, развитых в пределах хрусталеносных полей, остается в известной мере дискуссионным.

Многие исследователи относят месторождения горного хрусталя к типичным постмагматическим (гидротермальным) образованиям. Наиболее последовательно эти положения развивают представители школы Ленинградского горного института как применительно к полям кварцевых жил [6], так и к полям хрусталеносных пегматитов [9, 10].

Сторонники латераль-секреционной концепции [2, 3, 4] относят месторождения горного хрусталя к образованиям типа альпийских жил, считая, что структурно-текстурные особенности жильного кварца связаны со степенью метаморфизма вмещающих пород, что хрусталеобразующие растворы являются по своей природе метаморфогенными, а кристаллы горного хрусталя образуются в жилах, залегающих лишь в породах, претерпевших метаморфизм определенной ступени. Хрусталеносные пегматиты при этом рассматриваются обычно в качестве образований особого генетического типа.

Наши исследования одного из хрусталеносных полей Урала выявили целый ряд фактов, подтверждающих первую точку зрения.

В пределах этого хрусталеносного поля на сравнительно небольшой территории среди метаморфических горных пород распространены хрусталеносные пегматиты и кварцевые жилы. Благодаря пройденным здесь многочисленным горным выработкам и буровым скважинам были проведены наблюдения, позволяющие судить о месте хрусталеобразования среди различных процессов изменения метаморфических горных пород.

Рассматриваемая территория сложена метаморфическими породами протерозойского возраста, образующими седловидную антиклинальную структуру, шарнир которой вытянут в северном направлении и полого погружается к северу, меняя свое простирание с меридионального на север-северо-восточное. Эта антиклиналь осложнена складками второго, третьего и более мелких порядков, которые обычно распространены на ее крыльях. Метаморфические породы представлены кварц-биотитовыми, двуслюдяными, дистен-, амфибол- и графитсодержащими сланцами и мраморами. Отдельные горизонты сланцев богаты ставролитом, гранатом, кордиеритом или магнетитом. Многие разновидности сланцев

содержат некоторое количество плагиоклаза, состав которого меняется от альбит-олигоклаза до андезина. Парагенезисы минералов кристаллических сланцев (кварц + плагиоклаз + биотит + гранат + ставролит; кварц + плагиоклаз + биотит + мусковит + кордиерит; дистен + кварц + + мусковит + плагиоклаз и т. д.) свидетельствуют о том, что эти породы возникли в условиях амфиболитовой фации метаморфизма [5, 8].



Рис. 1. Система петлеобразных кварц-биотитовых жилок перекристаллизации в кварц-биотитовом сланце:
1 — кварц; *2* — биотит; *3* — кварц-биотитовый сланец

Метаморфическая толща прорвана дайками основных пород (ныне амфиболитов), при этом число даек возрастает с запада на восток. В восточной части поля обнажается крупный гранитный массив герцинского возраста. Повсеместно развита в пределах поля древняя кора выветривания, мощностью от 2 до 20 *м* и только вдоль тектонических нарушений или вдоль контактов пород разного состава резкие заглубления коры достигают местами 50—100 *м*.

Среди кристаллических сланцев довольно распространены своеобразные породы сегрегационного типа, которые представляют собой зоны или жилы преобразования. Эти зоны наложены на породы метаморфической толщи и образуют в них единую систему согласных и секущих прожилков и жил.

Минеральный состав жил преобразования тождествен минеральному составу метаморфических пород. Так, например, среди кварц-биотитовых сланцев залегают жилы кварц-биотитового состава (рис. 1), а в гранатосодержащих сланцах — жилы с крупными кристаллами граната; среди кварц-биотит-ставролитовых сланцев в жилах преобразования, помимо кварца, встречаются биотит и ставролит (рис. 2). В дистенсодержащих сланцах жилы преобразования имеют дистен-кварцевый состав. Если в состав сланцев входит плагиоклаз, то по периферии жил преобразования возникают плагиоклазовые оторочки (рис. 3).

Для рассматриваемых жил и зон, в отличие от жил заполнения, несвойственны явления нарастания кристаллов на стенки полых трещин. Напротив, часто наблюдается постепенное увеличение размера зерен по мере перехода от исходной метаморфической породы к зоне. Крупные кристаллы граната, ставролита, биотита и других минералов этих зон

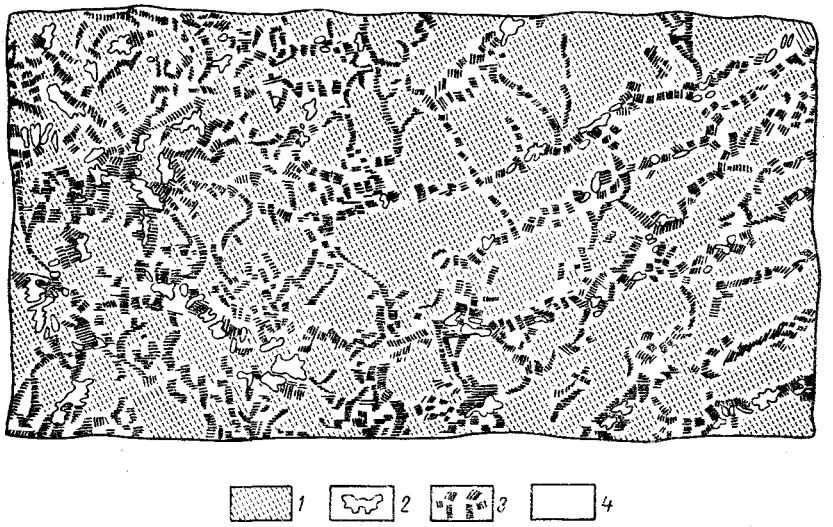


Рис. 2. Система прожилков перекристаллизации ставролит-кварц-биотитового состава в ставролитсодержащем кварц-биотитовом сланце:

1 — ставролитсодержащий сланец; *2* — ставролит; *3* — биотит; *4* — кварц

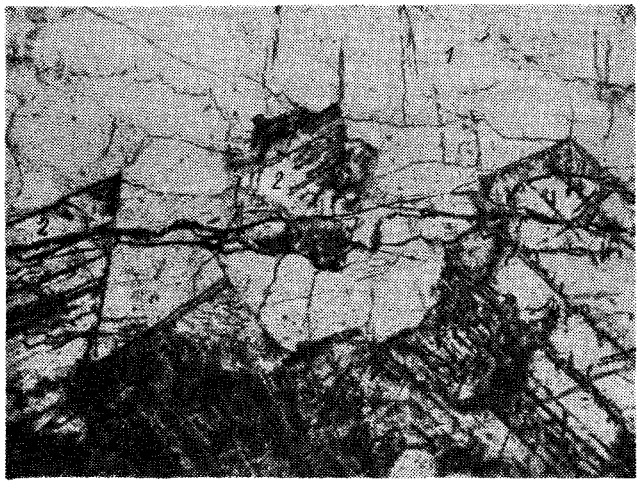


Рис. 3. Плагиоклазовая оторочка биотит-кварцевой зоны преобразования в биотит-кварцевом сланце, содержащем плагиоклаз:

1 — кварц; *2* — плагиоклаз. Ув. 10

часто содержат реликты минеральных индивидов исходных метаморфических пород. Внутри жил сохраняются реликты вмещающих сланцев.

В образовании этих жил и зон главное место принадлежит процессу собирательной перекристаллизации, который сопровождается метаморфической дифференциацией вещества. Размер жил и прожилков преобразования обычно мал. Мощность их колеблется от 5 *мм* до 15 *см* и редко достигает 0,5 *м*.

Если процессы преобразования рассматриваемого типа развиваются в участках метаморфических пород, где залегают тела амфиболитов, то и эти породы подвергаются преобразованию. Но поскольку амфиболиты отличаются по составу от вмещающих сланцев, то процесс преобразования сопровождается явлениями биметасоматического типа. В амфиболитах нередко в значительном количестве появляется кварц, а в окружающих сланцах — амфибол. Не исключено, что именно в это время происходит и массовая биотитизация амфиболитов. К числу пород, возникающих благодаря преобразованию амфиболитов, относятся породы амфибол-кварц-полевошпатового состава.

Рассмотренные явления преобразования протекали на завершающих стадиях становления комплекса метаморфических пород. Жилы преобразования как наиболее ранние продукты изменения метаморфических пород секутся дайками гранит-аплитов и кварцевыми жилами.

В породах коры выветривания жилы преобразования (особенно содержащие полевой шпат) выделяются в виде светлоокрашенных зон и внешне очень напоминают зоны гидротермально измененных пород, возникшие в период хрусталеобразования.

В толще метаморфических пород весьма распространены тела гранит-аплит-пегматитов и кварцевые жилы. Первые концентрируются преимущественно в восточной, а вторые — в западной частях хрусталеносного поля.

Гранит-аплиты залегают в виде тел дайкообразной формы, рассекают собранные в складки метаморфические породы и содержат ксенолиты этих пород. Приконтактовые изменения метаморфических пород около гранит-аплитов крайне незначительны. Все это свидетельствует о том, что гранит-аплиты возникли в результате кристаллизации кислой магмы, внедрившейся в толщу консолидированных пород по системе новых трещин, после того как процесс прогрессивного метаморфизма полностью завершился.

Пегматиты являются составной частью гранит-аплитовых тел. В некоторых из них на долю пегматитовой составляющей приходится значительный объем. Образование пегматитов — результат перекристаллизации гранит-аплитов в условиях системы открытого типа [10]. Больше того, кристаллы кварца в пегматитовых жилах не являются продуктами конечных стадий кристаллизации каких-то замкнутых и изолированных магматических масс, а образовались благодаря процессам, наложенным на пегматиты. Кристаллы кварца разрастались здесь лишь в тех участках пегматитовых тел, которые являлись экранами (своего рода ловушками) для восходящих хрусталеобразующих растворов, продвигавшихся по системе новых тектонических трещин в пегматите.

Таким образом, период хрусталеобразования отделен от периода становления метаморфических пород значительным промежутком времени, в течение которого происходило формирование гранит-аплитов и последующее преобразование их в пегматит.

Кварцевые жилы. Многие особенности пространственного размещения, формы, строения и минерального состава жил выяснены благодаря исследованиям геологов И. А. Алмазовой, Я. К. Аношкина, А. П. Ланецкого и др. В пределах хрусталеносного поля кварцевых жил обнаружено несколько сотен. Жилы имеют плитообразную или линзовидную форму. Нередко встречаются более сложные по форме жилы при наличии апофиз, развитых по системам оперяющих трещин. Зачастую отчетливо видно, что жилы приурочены к трещинам отрыва в пластах более хрупких метаморфических пород (рис. 4) или в телах амфиболитов.

Кварцевые жилы залегают группами. Группы жил образуют жильные поля. В пределах групп отдельные жилы залегают нередко кулисообразно. Наблюдается также избирательная приуроченность групп жил к горизонтам более хрупких пород. Размеры жил не превышают 20—30 *м*

(редко 50) по простиранию и 10—20 *м* по падению. Мощность жил составляет 0,1—2,0 *м* (редко 3,0). Простирание жил разнообразно, однако преобладают жилы северо-западного простирания (320—350°). Многие жилы имеют крутое (40—80°) падение и северное склонение. Сложены жилы крупно- и гигантокристаллическим кварцем. Отдельные индивиды кварца (размером иногда 30—40 *см* по длине и 15 *см* в поперечнике) ориентированы своими тройными осями симметрии поперек жил и несут на своей поверхности индукционные грани.

Кварцевые жилы представляют собой типичные жилы заполнения. Такое заключение основывается на следующих их особенностях: 1) жилы в большинстве случаев рассекают смятые в складки метаморфические породы, не считаясь с формой складок; 2) по периферии жил отсутствуют сколько-нибудь существенные приконтактовые изменения метаморфических пород; 3) жилы имеют специфические особенности внутреннего строения.

Во многих жилах кварц сильно метаморфизован. Наблюдаются все стадии перехода от прозрачного стекловидного (дымчатого или бесцвет-

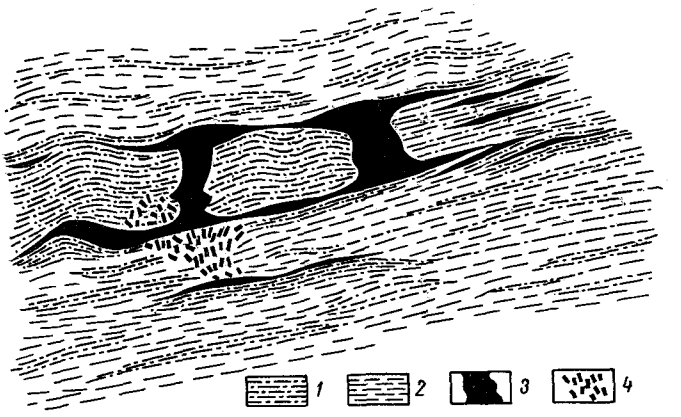


Рис. 4. Кварцевые жилы, приуроченные к трещинам отрыва в сланцах:

1 — биотит-кварцевый сланец; *2* — кварц-биотит-серицитовый сланец; *3* — кварцевая жила; *4* — мусковитизированный сланец

ного) до молочно-белого кварца, характеризующегося сильной трещиноватостью и развитием различного типа метаморфических структур [3]. Интенсивность метаморфизма кварца в различных жилах варьирует очень сильно. Иногда даже в пределах одного жильного тела встречаются все переходы от прозрачного до сильно метаморфизованного кварца. Поскольку все породы рассматриваемого поля метаморфизованы в условиях амфиболитовой фации, а жилы образованы в полностью сформированных метаморфических породах, связывать каким-либо образом структурно-текстурные особенности жильного кварца с процессом формирования вмещающих метаморфических пород не представляется возможным.

По минеральному составу кварцевые жилы подразделяются (как и во многих других хрусталеносных провинциях) на два типа: мономинеральные и сложного минерального состава. Первые сложены кварцем и, если содержат другие минералы, то в качестве ничтожной примеси. Вторые представляют собой кварцевые жилы, содержащие минералы-силикаты алюминия: андалузит или силлиманит. Жилы с андалузитом, а иногда с андалузитом и силлиманитом обычно залегают среди переслаивающихся двуслюдяных и кварц-биотитовых ставролитсодержащих сланцев, а также в дистенсодержащих сланцах.

Андалузит и силлиманит развиваются, как правило, вдоль контактов кварцевых жил, а последний, кроме того — по системе тонких волосных трещин среди жильного кварца. Реже отмечается разрастание этих минералов вблизи жил вдоль трещин среди сланцев. В призальбандовых частях жил встречаются одиночные столбчатые кристаллы андалузита, иногда достигающие 3—4 *см* в поперечнике. Нередко андалузит замещен мусковитом.

Содержание андалузита и силлиманита в жилах, как правило, очень невелико (обычно составляет доли процента). То обстоятельство, что минералы - силикаты алюминия представлены в жилах иными модификациями, чем во вмещающих метаморфических породах, сам по себе свидетельствует о том, что образование этих минералов в жилах не представляется возможным связывать с процессом становления комплекса метаморфических пород и не позволяет рассматривать кварцевые жилы в качестве пород, возникших в период метаморфизма.

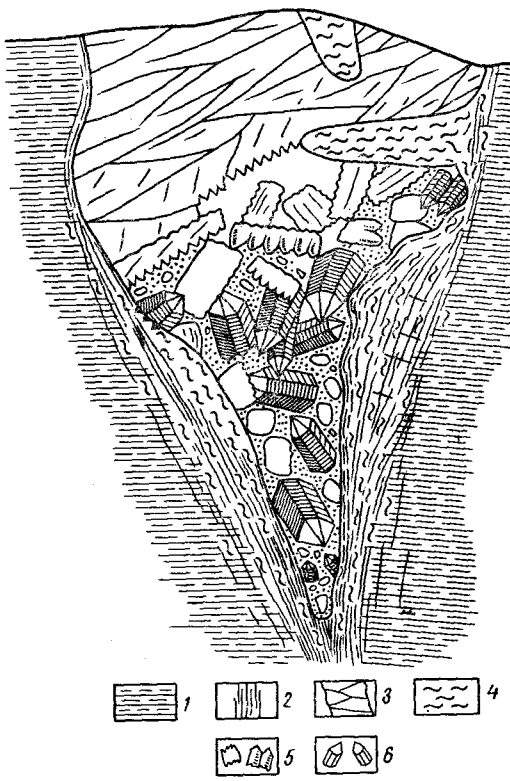


Рис. 5. Разрез кварцевой жилы с хрустальным гнездом, приуроченным к нижней (выклинивающейся) части жилы:

1 — сланец; *2* — разлистованный гидротермально измененный сланец; *3* — жильный кварц; *4* — гидротермально измененный сланец; *5* — обломки регенерированного жильного кварца; *6* — кристаллы кварца

Хрустальные гнезда в западной части поля встречаются преимущественно в кварцевых жилах. Однако из значительного числа жил, обнаруженных к настоящему времени, гнезда встречены только в единичных жилах. Практически все эти находки относятся к жилам, вскрытым в породах коры выветривания.

Количество гнезд в кварцевых жилах бывает различным. Чаще кварцевые жилы содержат одно гнездо, реже два-три, и только в одном случае количество гнезд превышало десять.

Хрустальные гнезда обычно располагаются в выклинивающихся по падению частях кварцевых жил и иногда наследуют форму этих выклинивающихся частей (рис. 5); в других случаях гнезда располагаются внутри кварцевых жил и имеют неправильную форму с частой сменой раздувов и пережимов или образуют серию более или менее изометричных мелких гнезд.

Размер кристаллов кварца в гнездах варьирует в очень широких пределах — от 2—3 *см* до 0,5 *м*, а в единичных случаях до 1,5 *м* по тройной оси симметрии.

Хрустальные гнезда встречаются и непосредственно в метаморфических породах. Эти образования вошли в литературу под названием минерализованных трещин или минерализованных зон [6]. Формирование таких гнезд связано с развитием в породах зон вторичного рассланцевания и трещиноватости, вдоль которых происходит растворение метаморфических пород. В разрабатываемых таким образом полостях в результате единого процесса выщелачивания и роста образуются кристаллы кварца.

Хрустальные гнезда выполнены кристаллами или обломками кристаллов горного хрусталя, серицитом, мусковитом или хлоритом и глинистым материалом, состоящим из смеси каолинита и галлуазита. Здесь же встречаются мелкие игольчатые кристаллы рутила. В некоторых гнездах, особенно развитых среди пегматитов, встречаются кристаллы пластинчатого альбита (клевеландита).

Гнезда кристаллов кварца, встречающиеся в пределах хрусталеносного поля в пегматитовых и кварцевых жилах, а также непосредственно в метаморфических породах, возникли в единый период времени. Такое заключение хорошо согласуется, в частности, с данными термометрии (декрепитация). Поскольку все эти типы хрустальных гнезд образовались в результате воздействия на породы растворов, поступление которых контролировалось единой системой зон трещиноватости, наложенной на пегматиты, кварцевые жилы и вмещающие метаморфические породы, было намечено в пределах поля пространственное положение главных хрусталеконтролирующих зон, представляющих собой полосы значительного протяжения.

При выделении главных хрусталеконтролирующих зон в расчет были приняты все находки кристаллов кварца в коренном залегании. Кроме того, учитывались особенности распределения кристаллов кварца в россыпях — объектах, которые имеют здесь весьма широкое распространение и длительное время являлись важным промышленным источником кристаллосырья. Россыпи приурочены к руслам древних (третичных) логов, причем распределение кристаллосырья в логах крайне неравномерно. Участки с высоким содержанием кристаллосырья чередуются с участками, где концентрация кристаллов кварца очень низкая. Был выявлен целый ряд признаков, указывающих на отсутствие существенного переноса кристаллов кварца в период формирования логов (кристаллы кварца не окатаны, концентрируются они обычно не только в тальвегах, но и на склонах логов и т. д.), что свидетельствует о близости мест нахождения хрустальных гнезд в коренных породах, разрушенных в период образования логов. Такого мнения придерживаются многие геологи: С. А. Лясик, А. С. Могилевский, А. П. Ланецкий, Ю. А. Поленов, М. А. Калинин и др. Учет отмеченной особенности распределения кристаллосырья в логах значительно способствовал выделению хрусталеконтролирующих зон.

Однако выявление главных хрусталеконтролирующих зон является лишь первым шагом на пути к расшифровке структуры хрусталеносного поля. В пределах протяженных зон тектонических нарушений, служивших главными проводниками растворов, хрустальные гнезда располагаются обычно лишь в отдельных участках этих зон в связи с локальной анизотропией горных пород и особенностями их химического состава. Зачастую их пространственное положение обусловлено не столько ориентировкой главной зоны, сколько положением системы трещин, оперяющих главную зону, как это установлено, например, для Приполярного Урала [6]. Кроме того, более благоприятными для локализации хрустальных гнезд являются участки, которые подстилаются породами, служащими своего рода фильтром для гидротермальных растворов, снижающими в них содержание кремнезема [9]. В связи с этим встает вопрос о дальнейшей детализации структуры хрусталеносного поля. При его

решении, помимо анализа анизотропии толщи вмещающих пород и, в частности, учета физико-механических свойств пород разного типа, выяснения зависимости хрусталеобразования от химического состава пород, немалую роль может сыграть детальное изучение изменения вмещающих пород в период хрусталеобразования, разработка методов выявления этих измененных пород и четкое отграничение их от пород, преобразованных вне связи с процессами хрусталеобразования.

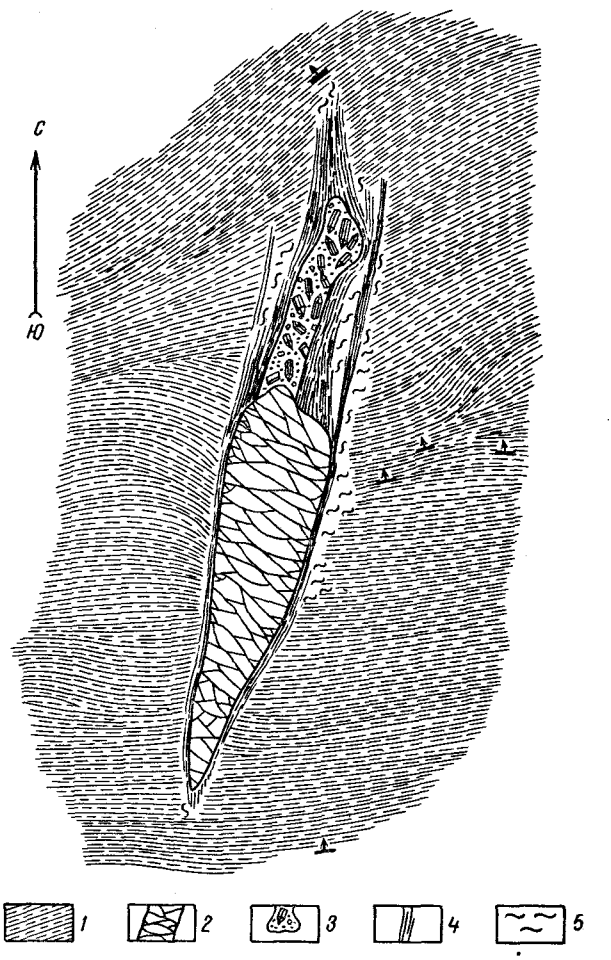


Рис. 6. Кварцевая жила с хрустальным гнездом на ее выклинивании:

1 — сланец; *2* — жильный кварц; *3* — хрустальное гнездо; *4* — раслистованный гидротермально измененный сланец; *5* — гидротермально измененный сланец

Гидротермальные изменения метаморфических пород. Весьма интенсивные изменения метаморфических пород наблюдаются по периферии хрустальных гнезд. Мощность ореола измененных пород вокруг хрустальных гнезд в кварцевых жилах и около минерализованных трещин зачастую превышает мощность самих гнезд (рис. 5). Окологнездовые измененные породы отличаются от обычных метаморфических пород сильной пористостью и большей рыхлостью. Ореол измененных пород вокруг гнезд в кварцевых жилах постепенно уменьшается по мощности при переходе от гнезда к жиле и на некотором удалении от гнезда вдоль контактов жилы со сланцами совершенно исчезает (рис. 6). Это является одним из свидетельств наложенности процессов хрусталеобразования на кварцевые жилы — благоприятные в тектоническом отношении места для развития этих процессов и источник кремнезема для разрастающихся кристаллов кварца в гнездах [6].

В забоях горных выработок, пройденных в коре выветривания, эти ореолы четко выделяются своей охристо-желтой или серовато-белой окраской. Во внутренних частях ореолов, прилегающих к гнезду, исчезает первоначальная сланцеватость метаморфических пород, причем иногда видна вторичная рассланцовка, простирающаяся параллельно

контурам гнезда (рис. 5 и 6). Во внешних частях ореолов иногда встречаются отдельные участки (реликты), где первоначальная сланцеватость сохраняется.

Минеральный состав окологнездовых измененных пород определяется присутствием двух групп минералов: реликтовых и вновь образованных. К реликтовым относятся минералы исходных метаморфических пород: кварц (в виде неправильных по форме зерен), гранат, ставролит, биотит и др. Ассоциации вновь образованных минералов идентичны ассоциациям, типичным для хрустальных гнезд. Сюда, прежде всего, относятся мелкие кристаллы рутила и кварца. Однако последние столь малы, что обнаруживаются зачастую лишь при просмотре породы под бинокулярной лупой. В зависимости от состава вмещающих метаморфических пород в измененных породах образуются серицит или мусковит (если гнезда залегают в мусковитовых, ставролит- и дистенсодержащих сланцах) или хлорит (если гнезда залегают в существенно биотитовых сланцах и амфиболитах). При переслаивании существенно мусковитовых и биотитовых сланцев в последних при гидротермальных изменениях хрусталеносного этапа также образуется мусковит за счет привноса глинозема из нижележащих, играющих роль фильтра горных пород. Как видим, к числу вновь образованных относятся и некоторые минералы исходных метаморфических пород. Однако при формировании окологнездовых пород изменяются размеры, форма и содержание этих минералов. Так, например, в несколько раз возрастает относительное содержание мусковита, размеры его индивидов увеличиваются до 10—20 *мм* в ряде случаев эти индивиды приобретают правильную кристаллографическую форму. Мы уже отмечали, что огранку приобретает и кварц. Известны примеры, когда в измененных породах возрастает содержание турмалина и размер его кристаллов.

Помимо изменений пород по периферии хрустальных гнезд, от них иногда в боковые метаморфические породы отходят серии маломощных минерализованных швов, для которых типичен тот же хрусталеносный парагенезис минералов. Такого рода минерализованные швы, участки в форме линз или пятен неправильной формы встречаются в метаморфических породах и вне непосредственной пространственной связи с кварцевыми жилами и хрустальными гнездами.

Геологи полевых партий иногда отождествляют с хрусталеносными кварцевыми жилами или с измененными породами, возникшими в период хрусталеобразования, рассмотренные нами в начале статьи жилы и зоны преобразования метаморфических пород. Кристаллические сланцы, слагающие метаморфическую толщу, являются породами, богатыми кварцем (85—95%), поэтому существенной составной частью жил преобразования является кварц. При документации горных выработок и керна буровых скважин, пройденных в участках концентрации жил и прожилков преобразования, также жилы нередко рассматриваются как продукты окварцевания пород, а участки концентрации таких жил как зоны окварцевания — зоны, перспективные в отношении хрусталеносности. Это заключение, по нашему мнению, является ошибочным, так как жилы и зоны преобразования по времени формирования сильно оторваны от периода хрусталеобразования. Они возникают значительно раньше кварцевых жил заполнения и пересекаются ими.

Кроме того, некоторые исследователи усматривают генетическую связь между процессом хрусталеобразования и процессом образования амфибол-кварц-полевошпатовых и кварц-полевошпатовых пород. На наш взгляд, это заключение также является ошибочным, так как и эти породы являются продуктом наиболее раннего преобразования кристаллических сланцев.

К явлениям гидротермального изменения пород, помимо рассмотренных, относятся процессы альбитизации, хлоритизации, карбонатизации, образования в породах сульфидов (пирита, халькопирита и пирротина) и некоторые другие.

При проведении поисково-разведочных работ важно отличать измененные породы, возникшие в связи с процессом хрусталеобразования, от измененных пород иного типа, особенно при исследовании хрусталеносных полей, территория которых покрыта мощной корой выветривания. Зоны измененных пород разного типа в коре выветривания визуально отличать в большинстве случаев практически невозможно, поэтому чисто визуальный метод документации дает малонадежные результаты. Необходимо для документации горных выработок и буровых скважин, пройденных в коре выветривания, применять простые и оперативные приемы разграничения измененных пород, например, минералогический экспресс-анализ, который осуществляется на месте полевых работ геологических партий и состоит в отборе небольших по объему проб измененных пород, промывке их для удаления глинистой составляющей и дальнейшему просмотру отмытой части под бинокулярной лупой. В отмытой части проб легко обнаруживаются устойчивые в коре выветривания минералы и в том числе минералы, свойственные измененным породам, возникшим в период формирования хрустальных гнезд (мелкие кристаллики кварца, игольчатый рутил, мусковит или гидромусковит, хлорит и т. д.).

Данные полевой документации, проверенные методом экспресс-анализа, наносятся затем на геологическую карту. Анализ этих данных и позволит значительно уточнить пространственное положение и закономерности размещения хрусталеносных зон и отдельных хрусталеносных узлов, а также наметить участки для проведения более детальных поисково-разведочных работ.

Об источнике минералообразующих растворов. К тому времени, когда началось течение процессов образования кварцевых жил, хрустальных гнезд и различных гидротермально измененных пород, процесс формирования метаморфической толщи (этап прогрессивного метаморфизма) полностью завершился. Ассоциации минералов гидротермально измененных пород свидетельствуют о том, что эти породы возникают в условиях понижающейся температуры. Общепризнано, что превращение высокотемпературных ассоциаций минералов в низкотемпературные («регрессивный метаморфизм») не может происходить без участия растворов. Каков же источник этих растворов?

При прогрессивном метаморфизме высоких ступеней, как это отмечается многими исследователями [5, 11], происходит дегидратация исходных пород и минералов, и возникающие при этом растворы в силу открытого характера системы удаляются из нее; происходит как бы «высушивание» пород. Таким образом, возникновение растворов, вызывающих гидротермальное изменение пород *in situ*, маловероятно и, следовательно, неизбежен посторонний источник растворов. В расчет могут быть приняты три источника: растворы, поступающие из подкоровых глубин (ювенильные или «сквозьмагматические», по Д. С. Коржинскому); растворы, мобилизованные из смежных районов, где прогрессивному метаморфизму подвергаются более молодые осадочно-вулканогенные формации или, напротив, перемещенные из зон метаморфизма более высоких ступеней (метаморфогенные растворы) [1, 12]; и, наконец, растворы магматогенного происхождения (постмагматические), связанные обычно с процессами становления магматических комплексов гранитоидного типа.

В нашем случае естественнее всего говорить о поступающих извне постмагматических растворах, являющихся производными гранитов герцинского возраста.

Об этом свидетельствует отмеченное выше зональное строение хрусталеносного поля, в восточной части которого обнажается крупный гранитный массив. Поступление постмагматических растворов вызвало образование кварцевых жил. Источником достаточно большого количества кремнезема, необходимого для образования кварцевых жил, не являются вмещающие метаморфические породы, так как по периферии кварцевых жил не наблюдается существенных изменений этих пород и, в частности, выщелачивания кремнезема. Несомненно, что кремнезем был привнесен постмагматическими растворами. При образовании гидротермально измененных пород привнос вещества этими растворами был значительно меньшим. Многие компоненты заимствовались растворами на месте.

Выводы

1. Процессы образования кварцевых жил, хрустальных гнезд и гидротермально измененных пород не связаны с процессом регионального метаморфизма, завершившимся возникновением толщи кристаллических сланцев. Они протекали во вполне сформированных метаморфических породах под влиянием постмагматических растворов, поступавших вдоль зон трещиноватости и вторичного рассланцевания в этих породах.

2. Период образования пегматитов и кварцевых жил предшествовал возникновению хрустальных гнезд. При образовании хрустальных гнезд в пегматитах и кварцевых жилах последние являлись лишь благоприятными структурными ловушками гидротермальных растворов. Залегающие в сланцах тела пегматитов и кварцевые жилы при тектонических подвижках подвергались дроблению и размятию в большей степени, чем сланцы. Поэтому кварцевые обособления в пегматитах и жильный кварц легче поддавались растворению и перекристаллизации под влиянием гидротермальных растворов. Соответственно с этим в телах пегматитов и кварцевых жилах хрустальные гнезда возникали чаще и обычно более крупных размеров, чем в кристаллических сланцах.

3. Процесс образования хрустальных гнезд определялся также химической активностью гидротермальных растворов, зависящей от их состава, на который влияли породы, подстилающие пегматитовые и кварцевые жилы. С этими породами реагировали гидротермальные растворы на своем пути к жилам.

4. Образование хрустальных гнезд в пегматитах, кварцевых жилах и метаморфических породах сопровождалось гидротермальным изменением метаморфических пород по периферии гнезд, а также возникновением минерализованных швов вне непосредственной связи с гнездами. Для гидротермального изменения пород типичен определенный парагенезис минералов, а этим минералам свойственны определенные типоморфные признаки.

5. Изменения метаморфических пород осуществлялись на протяжении длительного периода времени, и далеко не все из них связаны с процессом хрусталеобразования. Измененными породами являются и своеобразные жилы и зоны преобразования (существенно перекристаллизации) биотит-кварцевого, гранат-биотит-кварцевого и ставролит-биотит-кварцевого состава, а также полевошпат-кварцевые и амфибол-полевошпат-кварцевые породы, которые были сформированы задолго до периода образования кварцевых жил заполнения и хрустальных гнезд.

6. Изучение хрусталеносных полей в районах развития древней коры выветривания путем визуальных наблюдений не позволяет с достаточной достоверностью различать измененные породы, возникшие в период хрусталеобразования, от измененных пород иных типов. Такое различие легко установить полевым минералогическим экспресс-анализом, основанным на изучении парагенезиса минералов и их типоморфных признаков.

10687



ЛИТЕРАТУРА

1. Белевцев Я. Н. Метаморфогенные месторождения. В кн. «Генезис эндогенных рудных месторождений». Недра, 1968.
2. Вертушков Г. Н. Генезис кварца. Зап. Уральск. геолог. об-ва, вып. 1, 1948.
3. Вертушков Г. Н. Метаморфизм жильного кварца. Тр. Свердл. горн. ин-та, вып. XXII, 1955.
4. Вертушков Г. Н. Отношение влага : газ в газово-жидких включениях из кварца и его значение при изучении жильных месторождений. ДАН СССР, т. 166, № 6, 1966.
5. Елисеев Н. А. Метаморфизм. Недра, 1963.
6. Карякин А. Е., Смирнова Н. А. Структуры хрусталеносных полей. Недра, 1967.
7. Коржинский Д. С. Факторы минеральных равновесий и минералогические фации глубинности. Тр. ИГН АН СССР, вып. 12, 1940.
8. Никитин В. Д. Влияние вмещающих пород на тип минерализации эндогенных месторождений. ЗВМО, № 5, 1959.
9. Никитин В. Д., Руденко С. А., Эшкин В. Ю. К генезису хрусталеносных пегматитов Урала. Зап. ЛГИ, т. LII, вып. 2, 1967.
10. Никитин В. Д., Руденко С. А., Эшкин В. Ю. Особенности локализации кристаллов кварца в пределах одного из хрусталеносных полей. Зап. ЛГИ, т. LV, вып. 2, 1968.
11. Судовиков Н. Г. Региональный метаморфизм и некоторые проблемы петрологии. ЛГУ, 1964.
12. Тернер Ф. и Ферхуген Дж. Петрология изверженных и метаморфических пород. ИЛ, 1961.