

1. Грязнов О. Н., Шевкунов И.И. Рудоносные метасоматиты Южно-Шамейского молибденового месторождения (Средний Урал) // Геология рудных месторождений, 1994. Т. 36. № 1. С. 48 – 57.
2. Золов К.К., Попов Б.А., Рапопорт М.С. Глубинное строение и металлогения Урала. М.: Недра, 1990.
3. Левин В.Я., Антонова Л.Г., Золов К.К., Каткалов А.В., Мормиль С.И., Самсонов А.В. Геология и особенности рудогенеза Южно-Шамейского месторождения молибдена на Среднем Урале (Россия) // Геология рудных месторождений, 1995. Т. 37. № 6. С. 530 – 539.
4. Требоание к производству и результатам многоцелевого геохимического картирования масштаба 1:1000000. Приложения. М.: ИМГРЭ, 1999.

УДК 553.061

Ю.А. Поленов

ЭВОЛЮЦИЯ КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ УРАЛЬСКОГО АККРЕЦИОННО-СКЛАДЧАТОГО ОРОГЕНА (ОНТОГЕНИЧЕСКИЕ ТИПЫ КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНЫХ ОБРАЗОВАНИЙ УРАЛА)

Кварц – наиболее распространённый в природных образованиях минерал после полевых шпатов. Он входит в состав плутонических, вулканических, осадочных и метаморфических пород, является одним из главнейших минералов в жильных образованиях постмагматических месторождений различных полезных ископаемых.

Практика геологоразведочных и добычных работ на рудных месторождениях сложилась таким образом, что изучение геологических объектов ведётся с большим акцентом на интересующие промышленное производство полезные компоненты, и, как правило, уделяется недостаточно внимания очень распространённому минералу – кварцу. Так повелось, что при изучении рудных месторождений (золоторудных, вольфрамитовых, оловоносных, полиметаллических и др.), в которых кварц является чаще всего самым распространённым минералом, детального описания его типоморфных характеристик и особенностей не приводится. При изучении же кварцевых объектов с целью добычи пьезооптического и жильного кварца этому минералу уделяется много внимания, но из поля зрения нередко упускаются рудные минералы и их взаимоотношения с кварцем.

Высказанная разобщённость является отражением объективной действительности, которую следует преодолеть. Автор статьи, длительное время занимающийся исследованием кварцево-жильных образований уральских месторождений кварцевого сырья и рудного золота, пришёл к выводу о существовании для всех кварцево-жильных полей единых онтогенических типов кварцевых жил. Их формирование является следствием последовательно сменяющихся геодинамических обстановок развития того или иного региона.

Кварцево-жильные образования отличаются широкими вариациями состава, размеров и пространственного положения. Однако во всех этих телах кварц является главным, а иногда и единственным минералом жильной массы. На основе расшифровки способа зарождения кварца и других минералов кварцевых жил выделяются следующие онтогенические типы: перекристаллизации, замещения, выполения, рекристаллизации и сложной онтогении.

Основным процессом формирования жил перекристаллизации является перекристаллизация исходных пород под воздействием метаморфогенных факторов в зеленосланцевую эпидот-амфиболитовую и амфиболитовую фаций метаморфизма. По соответствию минерального состава жил и вмещающих пород жилы перекристаллизации подразделяются на сегрегационные и метасоматически-сегрегационные. Для рассматриваемых жил очень типичны явления укрупнения зёрен минералов и дифференциация минералов в пространстве, причём с увеличением их размеров степень дифференциации увеличивается. В маломощных прожилках в центральной части в подавляющем большинстве случаев концентрируется кварц, но изредка встречаются прожилки, центральная часть которых сложена плагиоклазом, ещё реже – биотитом. В двух последних случаях кварц соосредоточивается с двух сторон от биотитовой или плагиоклазовой сердцевинки. Такая

картина наблюдается, когда мощность прожилков не превышает 2 см. С увеличением их размеров кварц ещё более обособливается и всегда концентрируется в центральной части прожилков и жил, где ещё довольно часто сохраняются реликты исходных сланцев. По морфологическим особенностям выделяются линзовидные и плитовидные жилы и прожилки. Линзовидные жилы имеют незначительные размеры: по простиранию не более 3 м, по падению до 2 м, а по мощности не превышают 0,5 м. Плитовидные жилы, как правило, обладают выдержанной мощностью до 0,1-0,3 м и значительной для данного генетического типа жил длиной по простиранию — до 10 м. Такие прожилки и жилы почти всегда встречаются группами, образуя жильные зоны, и редко располагаются одиночно. В подавляющем большинстве случаев они являются согласными со сланцеватостью или полосчатостью, наблюдающимися во вмещающих породах, секущие прожилки и жилы встречаются значительно реже.

Формирование кварцевых жил замещения связано с привнесом кремнезёма и метасоматическим замещением вмещающих пород кварцем. Этот процесс сопровождается многими другими разновидностями метасоматических явлений, что значительно затрудняет расшифровку онтогении кварцевых жил замещения, особенно их рудной составляющей. Наиболее ярко кварцевые жилы замещения наблюдаются в амфиболитах. Они сложены мелкозернистым кварцем метасоматически замещающим роговую обманку, за счёт чего контакты жил с амфиболитами неровные, извилистые, заливообразные. Среди жильного кварца сохраняется много реликтов роговой обманки, помимо которой иногда встречаются отдельные чешуйки хлорита и редкие зёрна плагиоклаза. Размеры кварцевых жил этого типа очень небольшие: по простиранию они редко превышают 1-2 м, по падению — 0,5-1,5 м, а их мощность колеблется от 0,1 до 0,3 м и очень редко достигает 0,5 м. Залегают такие тела в амфиболитах, как правило, параллельно контактам амфиболитов с вмещающими сланцами или параллельно наблюдающейся в них рассланцовке. Довольно часто вокруг таких жил наблюдается окварцевание. Кварц описываемых жил мелкозернистый, сахаровидный, светло-серый. Размеры гранул колеблются от 1-2 до 4-5 мм. В отличие от жил перекристаллизации здесь не наблюдается увеличение размеров зёрен от зальбандов к центру жил. Все гранулы имеют, как правило, относительно одинаковые размеры как в центре жилы, так и в приконтактных их участках. Линии разграничения между зёрнами кварца отличаются довольно спокойным характером и в значительной степени состоят из прямолинейных участков.

Кварцево-жильные тела выполнения образовались путём выполнения открытых систем трещин кварцевым материалом. К этому онтогеническому типу относятся мономинеральные кварцевые, полевошпат-кварцевые, андалузит-кварцевые жилы, жилы альпийского типа, минерализованные трещины и полости.

К жилам выполнения прежде всего относятся мономинеральные кварцевые образования, сложенные крупным и гигантозернистым кварцем, имеющие чёткие и резкие контакты с вмещающими породами. Размеры и форма этих жил полностью обусловлены системой трещин, причём чаще они приурочены к трещинам скола, частично используя другие системы трещин, и несколько реже отмечается их связь с трещинами отрыва. В тех случаях, когда жилы приурочены к трещинам отрыва, они имеют, в первом приближении, линзовидную, чечевицеобразную, значительно реже сложную форму и средние размеры. Их длина по простиранию колеблется от 2 до 15 м, по падению — от 1-2 до 5-7 м и по мощности — от 0,1 до 1-2 м. Когда эти жилы приурочены к сколовым трещинам, для них, помимо небольших и средних размеров и линзовидной формы, характерна ещё и плитообразная форма со значительными размерами по простиранию (до 100 м), падению (до 20-50 м) и незначительная мощность (до 2-3 м). Эти жилы относятся к мономинеральным кварцевым образованиям и сложены крупно- и гигантозернистым кварцем, увеличение размеров индивидов которого нередко удаётся наблюдать от зальбандов к центру жилы. Отдельные блоки жильного кварца отделяются друг от друга индукционными гранями и достигают по удлинению 30-40 см, причём оси третьего порядка индивидов кварца ориентированы перпендикулярно или под достаточно большим углом (от 40-45° и выше) к зальбандам. Помимо кварца, в описываемых жилах в существенном количестве не встречаются никакие другие минералы, хотя в качестве аксессуарных встречены рутил, пирит, ильменит, турмалин и др. минералы. Для таких жил общепринята точка зрения о полном привносе кремнезёма гидротермальными растворами с последующим отложением его в полых трещинах.

К жилам выполнения относятся кварцевые тела с полевошпатовой оторочкой в зальбандах. Такие образования по характеру последних подразделяются на два класса: кварцевые жилы с

оторочкой, образовавшейся путём свободного роста, и кварцевые жилы с оторочкой, образовавшейся путём метасоматического роста в сторону сланцев и свободного – в полость.

Основная особенность кварцевых жил первого класса заключается в существовании в их зальбандах полевошпатовой оторочки, мощность которой колеблется от 1 см до 3-5 см. Однотельные кристаллы и друзы плагиоклаза, слагающие оторочку, нарастают на стенках полых трещин, используя в качестве затравки зёрна плагиоклаза кристаллических сланцев. Во взаимоотношениях плагиоклаза и жильного кварца, нигде не отмечается явлений замещения кварца плагиоклазом, и наоборот. Последнее является свидетельством того, что свободный рост плагиоклаза предшествовал заполнению трещины крупнокристаллическим жильным кварцем, а это, в свою очередь, обусловило резкую, ступенчатую границу между плагиоклазом и кварцем, связанную идиоморфными очертаниями кристаллов полевого шпата. Плагиоклаз в таких жилах представлен альбитом. Такие кварцевые жилы, подобно мономинеральным кварцевым жилам, могли образоваться только при полном привносе всех компонентов гидротермальными растворами. Однако в данном случае эти растворы, учитывая условия миграции глинозёма и кремнезёма, должны были обладать повышенным содержанием натрия.

Более широко распространены кварцевые жилы выполнения с полевошпатовой оторочкой, сопровождающиеся изменениями боковых пород. Они встречаются как среди кристаллических сланцев, так и в амфиболитах. По форме тел эти жилы ничем принципиально не отличаются от мономинеральных кварцевых жил, а по своим размерам относятся к жилам средней величины. Сложены они, в основном, кварцем, однако в их зальбандах постоянно наблюдается полевошпатовая оторочка, мощность которой изменяется от 0,5-1 см до 0,3-0,5 м. В отдельных участках эта оторочка прерывается и либо совсем ничем не проявляется, либо на этих отрезках во вмещающих породах отмечается слабая полевошпатизация. Главная особенность формирования таких жил заключается в том, что кристаллы плагиоклаза разрастаются не только внутрь полых трещин, но и в сторону боковых пород, заменяя их, за счёт чего жилы имеют неровные, извилистые контакты, а изменения в кристаллических сланцах и амфиболитах развиваются не только вдоль жил, образуя зону шириной до нескольких сантиметров, но распространяются и недалеко в сторону по системам оперяющих трещин.

Кварц в описываемых жилах почти всегда представлен светло-дымчатой разновидностью с крупно- или гигантозернистой структурой, индивидуумы которого обрастают кристаллы плагиоклаза, заполняя свободное пространство между полевошпатовыми оторочками. Как показывают наблюдения, образование плагиоклазовой оторочки происходило до выполнения трещины кварцем. Это подчёркивается идиоморфными очертаниями плагиоклаза со стороны жильного кварца и отсутствием признаков замещения кварца плагиоклазом.

К жилам выполнения относятся и андалузит-кварцевые тела. Сложены такие жилы крупно-гигантозернистым кварцем преимущественно молочно-белого цвета, среди которого отмечается большое количество участков с полупрозрачным (до стекловидного) кварцем. В зальбандах этих жил широкое развитие имеет полевошпат-андалузитовая оторочка, мощность которой достигает 0,5 м. Помимо плагиоклаза и андалузита, в оторочках этого типа всегда встречаются агрегаты крупночешуйчатого мусковита, развивающегося по трещинам в кристаллах полевого шпата, андалузита и в жильном кварце. Граница между кристаллами кварца и андалузита чёткая, ступенчатая и обусловлена идиоморфными очертаниями кристаллов андалузита. Жильный кварц обрастает андалузит, заполняя пространство между его кристаллами. Граница между кристаллами андалузита и полевым шпатом нечёткая, расплывчатая, а ширина зоны развития андалузита по плагиоклазу, как правило, не превышает 0,5 см. Андалузитовая оторочка всегда отделена от сланцев полевошпатовой зоной, и только в редких случаях андалузит контактирует с неизменёнными сланцами. Андалузит встречается почти исключительно в виде кристаллов и всегда приурочен либо к зальбандам жил, либо к реликтам сланцев в самой жиле. Полевошпатовую оторочку сменяет мусковитовая зона, которая постепенно затухает в сланцах. Весьма характерно, что кварцевые жилы с полевошпат-андалузитовой оторочкой располагаются в сланцах, которые отличаются повышенным содержанием глинозёма. Как представляется, механизм образования андалузит-кварцевых жил аналогичен образованию полевошпат-кварцевых тел, вместе с тем их образование происходило при иных физико-химических условиях, благоприятных для появления высокоглинозёмистых минералов. По времени образования андалузит – более ранний минерал, чем цементирующий их жильный кварц.

Одной из разновидностей кварцевых жил выполнения являются жилы альпийского типа. При отнесении кварцевых тел к жилам альпийского типа следует строго придерживаться их

классического определения. Жила альпийского типа – жила, минеральный состав которой тесно связан с составом вмещающих горных пород. Такие жилы рассматриваются как продукт переотложения в трещинах материала вмещающих горных пород водными растворами метеоритного происхождения или связанными с региональным метаморфизмом.

К жилам выполнения относятся и минерализованные полости. Под минерализованной трещиной или полостью понимается геологическое тело, образованное в трещине или полости в результате постмагматической деятельности. Образование таких тел не связано с метаморфогенными процессами. Минеральный состав минерализованных трещин и полостей может резко отличаться от состава вмещающих горных пород, а нередко и совпадать. Классическим примером минерализованных полостей являются хрусталеносные тела, не связанные с кварцевыми жилами. Они обособлены от кварцевых жил и, располагаясь во вмещающих породах, часто приурочены к забандам жильных пород или лежат на их продолжении по простиранию и по падению. Многие хрустальные гнёзда, встречающиеся вдали от кварцевых жил, самостоятельно располагаются в секущих или поперечных трещинах, развитых во вмещающих породах. Хрустальные гнёзда, расположенные в тектонических зонах разлома в виде целой серии минерализованных трещин, образуют крупные хрусталеносные зоны. Иногда хрустальные гнёзда локализируются внутри преимущественно сложных и неправильной формы кварцевых тел. Они здесь приурочены к трещинам, ориентированным или параллельно секущим трещинам скалывания, или же параллельно поперечным трещинам отрыва. Такое расположение хрустальных гнёзд по отношению к кварцевым жилам даёт основание считать, что образование минерализованных полостей связано с самостоятельным этапом.

Кварцевые жилы рекристаллизации являются следствием процессов метаморфизма высоких стадий ранее образованных кварцево-жильных образований. Классическими представителями этого типа кварцево-жильных образований являются жилы гранулированного кварца. Гранулированный кварц является вторичным по отношению к первичному кварцу, слагавшему кварцевые жилы на первоначальной стадии их образования. Жилы гранулированного кварца имеют широкое распространение, достаточно большие размеры и, несомненно, являются важными геологическими объектами. Жилы, сложенные этим типом кварца, следует выделять в самостоятельный онтогенический тип.

Наибольшее распространение имеют кварцево-жильные образования сложной онтогении. В телах этого типа можно найти фрагменты жил перекристаллизации, замещения, выполнения, рекристаллизации. К таким образованиям относятся кварцевые ядра пегматитов, силекситы, полигенные кварцевые жилы.

История геологического развития месторождений кварцево-жильного типа является всегда сложной и охватывает значительные промежутки времени. Формирование кварцевых жил относится лишь к отдельным этапам развития месторождений, а возникшие кварцевые тела в последующие стадии формирования рудных полей подвергаются преобразованиям, нередко весьма значительным. В этой ситуации расшифровка онтогении кварцевых тел может помочь в выявлении геодинамических режимов формирования природных кварцевых образований и закономерностей их размещения в земной коре.

Формирование различных онтогенических кварцево-жильных образований обусловлено геодинамическими и термодинамическими условиями, существовавшими на определённых этапах развития Урала. В зависимости от проявленных типов метаморфизма и магматизма в определённые периоды развития Урала формируются кварцево-жильные образования разных онтогенических типов. Рассмотрим это на примере активной окраины, где геодинамические и термодинамические условия способствовали формированию наиболее продуктивных кварцево-жильных образований.

Кварцевые жилы - продукты зеленосланцевого метаморфизма

Кварцевые жилы зеленосланцевого метаморфизма выделяют многие исследователи кварцево-жильных месторождений. В эту формацию входят кварцевые жилы выполнения метаморфогенно-гидротермального генезиса, которые формируются при региональном низкотемпературном зеленосланцевом метаморфизме, который в классическом виде проявился в вулканогенных и кремнисто-вулканогенных натровых сериях островодужных зон и контролировался глубинными разломами, ограничивающими указанные структуры или осложняющими их внутреннее строение [4].

Типичным примером такой области является Тагило-Магнитогорская мегазона. Кварцевые жилы этого района характеризуются незначительными размерами и очень бедным минеральным составом. Кварц составляет более 99% тела жилы. Структура кварца средне-крупнозернистая, реже мелкозернистая. Текстура массивная. Цвет кварца молочно-белый, реже серовато-белый. Для него характерно довольно низкое светопропускание ($T = 17,2\%$), высокие потери при прокаливании (0,072), высокий водный показатель (отношение H_2O/CO_2), равный 7,0, и высокое отношение Na к K (в среднем 3,0), определённое по газовой-жидким включениям. Такие параметры жильного кварца однозначно показывают, что это низкотемпературный кварц, сформировавшийся в условиях малых глубин (низких температур и давлений) при высоком парциальном давлении воды (P_{H_2O}), высоком химическом потенциале Na (μNa) и низком парциальном давлении углекислоты (P_{CO_2}) в минералообразующих растворах. Все эти условия отвечают зеленосланцевому метаморфизму, вернее, условиям его низкой кварц-альбит-мусковитовой субфации. Кварцевые жилы, сложенные таким кварцем, наблюдаются в виде реликтов среди метаморфических толщ, прошедших длительный путь геологического развития.

Кварцевые жилы стадии зеленосланцевого метаморфизма не образуют крупных скоплений, представляющих промышленный интерес, а по качеству кварца пригодны для производства многокомпонентного оптического кварцевого стекла [4].

Кварцевые жилы эпидот-амфиболитовой – амфиболитовой фаций

Для регионального метаморфизма эпидот-амфиболитовой – амфиболитовой фаций типичны процессы метаморфической дифференциации. С ними связано образование кварцевых прожилков метаморфической дифференциации, кварцевых жил перекристаллизации.

В результате процессов собирательной перекристаллизации образуются кварцевые тела, сложенные мелко-, среднезернистым светло-серым кварцем, зерна которого обладают высокой химической чистотой. Обычно размеры жил перекристаллизации небольшие [6], но при благоприятных геологических условиях они могут достигать и значительных размеров, как это наблюдается в кейвской свите на Кольском полуострове [2]. В этом случае жилы этого типа могут быть источником высококачественного кварцевого сырья.

В условиях амфиболитовой фации регионального метаморфизма претерпевает значительные преобразования кварц кварцево-жильных образований раннего этапа. Кварцевые жилы метаморфогенно-гидротермального генезиса, сложенные молочно-белым кварцем, и ранние жилы выполнения гидротермального генезиса преобразуются в кварцевые жилы гранулированного кварца.

Образование кварцевых жил "уфалейского типа" связано с этапом регионального метаморфизма, проявившегося в гнейсовых ядрах и нередко достигающего уровня гранулитовой фации. Жильный кварц этой формации характеризуется минимальным содержанием летучих компонентов (п. п. п. = 0,006), наибольшей величиной светопропускания ($T = 75 - 95\%$), наименьшим водным показателем ($H_2O/CO_2 = 1,8 - 2$), мелкозернистой структурой, по содержанию структурных примесей в кристаллической решётке гранулированный кварц является наиболее чистым, чем определяется его особая ценность. Все кварцепроявления и месторождения кварца этого типа сосредоточены по периферии гнейсовых ядер и образуют месторождения гранулированного кварца, пригодного для получения плавленого кремнезёма. Своеобразие структурных, геохимических и других особенностей жильного кварца этого типа в совокупности с петрологическими данными по метаморфическим комплексам позволяют заключить, что кварц этой формации сформировался при наиболее высоких температурах ($T = 600 - 700^\circ$) и давлениях ($P = 5 - 6$ кбар), при высоких P_{CO_2} , низких P_{H_2O} и умеренных μNa и μK [4].

Средне-крупнозернистый гранулированный кварц ("кыштымского типа") концентрируется во внутренних зонах сланцевых обрамлений мигматитовых комплексов и генетически связан с проявлением высокоградиентного метаморфизма, который протекал в диапазоне P - T -условий амфиболитовой – зеленосланцевой фации, сопровождал зрелую стадию формирования гнейсово-мигматитовых комплексов и был общим для гнейсовых ядер и сланцевых обрамлений. Промежуточные значения содержания летучих компонентов в газовой-жидких включениях (п.п.п. – 0,013), высокое светопропускание ($T = 50 - 75\%$), повышенный водный показатель ($H_2O/CO_2 = 3,4$), низкое Na/K в этом кварце по сравнению с кварцем уфалейского типа указывают на его формирование в условиях средних глубин при умеренных T и P , высоких и средних P_{H_2O} и несколько большей, но ограниченной химической активности во флюидах калия. Кварцевые жилы этого типа

образуют месторождения гранулированного кварца, пригодного для плавки прозрачного кварцевого стекла [4].

Кварцевые жилы, связанные с плагногранитами тоналит-гранодиоритовой формации

Следующая группа жил образуется при внедрении и последующей раскристаллизации гранитоидов тоналит-гранодиоритовой формации, когда широко проявилась тектоническая трещиноватость в экзо- и эндоконтактных зонах плагногранитоидов [3]. Кварцевые жилы выполняют протяженные (0,2-1,5 км) трещины скола, реже отрыва, с крутыми углами падения 45-80° и представляют собой типичные жилы выполнения, с резкими контактами, практически лишённые околожильных изменений. К ним относятся "безрудные" мономинеральные кварцевые жилы мелко-белого кварца и "рудные" шеелит-кварцевые, шеелит-турмалин-кварцевые, золото-кварцевые жилы. Последующие тектонические подвижки в этих же зонах и вдоль блокоограничивающих региональных разломов, представляющих собой зоны дислокационного метаморфизма, зоны смятия и проницаемости для гидротермальных растворов, привели к активным гидротермально-метасоматическим преобразованиям пород. Процессы ранней щелочной стадии сопровождались наложенной биотитизацией, амфиболитизацией пород. Дальнейшая эволюция растворов, при понижении их температуры, сопровождалась процессами кислотного выщелачивания.

В кварцево-жильных полях, связанных с плагногранитами тоналит-гранодиоритовой формации, в стадию кислотного выщелачивания формируются золото-сульфидно-кварцевые жилы, сопровождающиеся околожильными лиственитизацией и березитизацией. Эти процессы накладываются на ранние кварцево-жильные образования, в том числе и шеелит-кварцевые.

Особенностью раннегерцинского этапа проявления гидротермально-метасоматической деятельности является высокая концентрация кремнезёма в начальных щелочных, существенно хлоридно-натровых высокотемпературных растворах. При образовании протяженных трещинных структур в результате падения давления происходит резкое снижение растворимости кремнезёма и как следствие образование жил выполнения. При наличии в растворах рудной нагрузки происходит выпадение и рудных минералов. Дальнейшая эволюция растворов в зонах проницаемости приводит к образованию метасоматитов ранней щелочной стадии, а по мере снижения температуры растворов и их раскисления - формированию кварцевых жил замещения или выполнения и замещения с широко развитыми околожильными изменениями [3].

Хлоридно-натриевые растворы имеют максимум кислотности при температуре около 350 °С [5]. В связи с этим образуются кварцевые жилы относительно высокотемпературные, сопровождающиеся обычно околожильными лиственитами и березитами, и которые при дальнейшей эволюции и нейтрализации растворов не могут формировать хрусталеносные полости. Этим объясняется отсутствие в относительно высокотемпературных грейзенах, кварц-касситеритовых, кварц-вольфрамитовых, кварц-топазовых, золото-кварцевых, золото-сульфидно-кварцевых жилах наложенных хрусталеносных полостей. Для жил выполнения этого этапа характерны лишь "остаточные" полости, образующиеся в закрытой системе.

Кварцево-жильные образования, связанные с кислыми гранитоидами

Поздняя коллизия сопровождалась альпинотипной складчатостью, высокотемпературным региональным метаморфизмом и гранитообразованием с формированием крупных массивов микроклиновых гранитов. С такими массивами генетически связаны пегматиты. В отличие от аналогичных образований Волыни, Казахстана и ряда других регионов пегматиты Урала развиты не в апикальных или эндоконтактных зонах гранитных массивов, а в породах экзоконтактных ореолов гранитных интрузий, метаморфизм которых соответствует уровню амфиболитовой фации. Это обусловлено генетической связью рассматриваемых пегматитов не непосредственно с массивами верхнепалеозойских биотит-плагноклаз-микроклиновых гранитов восточного склона Урала, а с их жильной фацией, представленной лейкократовыми аляскитоподобными и(или) аплитовидными гранитами [7]. На Урале в ряде районов наблюдались случаи перехода пегматитов в кварцево-полевошпатовые и кварцевые жилы.

На завершающей стадии становления гранитных интрузий в обрамлении в гнейсовых блоках в крутопадающих трещинах скола и отрыва формируются жилы выполнения, на которые накладываются гидротермально-метасоматические изменения. Кристаллизация этих жил идёт путём

заполнения трещин скалывания и отрыва при падении давления из высококонцентрированных щелочных растворов. Растворы на начальной высокотемпературной стадии существенно хлоридно-натровые, но по мере снижения температуры и взаимодействия с нижнекаменноугольными карбонатными отложениями становятся всё более бикарбонатными.

Бикарбонатные растворы имеют максимум кислотности при температуре около 150 °С, что значительно сказывается на минеральных парагенезисах хрусталеносных кварцевых жил. Образуются стекловидные кварцевые жилы гигантозернистой структуры. Нейтрализация растворов при таких низких температурах (180-300 °С) приводит к росту кристаллов горного хрусталя в полостях выщелачивания в кварцевых жилах или во вмещающих метасоматитах. Благоприятные условия для хрусталеобразования образуют довольно широкое поле, удалённое от границы гнейсового блока на 2-15 км по горизонтали. Так как граница гнейсового блока обычно полого уходит под породы обрамления, лучше пользоваться величиной удалённости кварцево-жильных полей от границы высокометаморфизованного и гранитизированного гнейсового блока. Эта граница отчётливо выделяется при анализе гравиметровых полей и практически отстроена и изучена на всех кварцево-жильных полях Южного Урала. Интервал удаления от этой поверхности благоприятных условий для хрусталеобразования устанавливается в 0,8-2,5 км. Для промышленных месторождений различных генотипов, образующихся при различных термодинамических условиях: Светлинский тип — 0,8-1,6 км, кварцево-жильные поля, размещённые в метаморфических породах эпидот-амфиболитовой фации, Астафьевский тип — 1,2-2 км и Теренсайский тип — 1,5-2,5 км, кварцево-жильные поля, локализованные в породах зеленосланцевой фации. Практически в аналогичный интервал 0,5-2 км укладываются и золоторудные месторождения метаморфогенно-гидротермального типа [1].

Эндогенные кварцевые жилы образуются при пегматитовых, пневматолитовых, гидротермальных, метасоматических и метаморфических процессах, но при всех этих процессах формирование жильного кварца происходит в результате свободной кристаллизации, метасоматического замещения, перекристаллизации и рекристаллизации, а поэтому все разнообразие онтогенетических видов кварцево-жильных образований для всех генетических типов сводится к телам перекристаллизации, замещения, выполнения и рекристаллизации. Урал является классической глобальной структурой земной коры, на примере которой можно проследить последовательность смены кварцево-жильных образований, характерных для различных геодинамических режимов растяжения и сжатия.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Корово-мантийное оруденение в салических блоках эвгеосинклинали // Сазонов В.Н., Попов Б.А., Григорьев Н.А. и др. Свердловск. УРО АН СССР, 1989. 113 с.
2. Костелов Н.П. Перспективы Кейвского кварценосного узла // Разведка и охрана недр. № 3, 1999, С. 15-16.
3. Кухарь Н.С., Огородников В.Н. Кварцево-жильная минерализация метаморфических комплексов Южного Урала // Геология метаморфических комплексов. Свердловск: СГИ, 1990. С. 105-113.
4. Мельников Е.П., Мельникова Н.И., Страшненко Г.И., Евстропов А.А. Эволюция метаморфогенных кварцево-жильных образований Уральского подвижного комплекса // Геология метаморфических комплексов. Вып. VI. Свердловск: СГИ, 1977. С. 99-102.
5. Овчинников Л.Н. Образование рудных месторождений. М.: Недра, 1988. 255 с.
6. Поленов Ю.А. Кварцевые жилы перекристаллизации и их связь с процессами метаморфизма // Тез. докладов III Всесоюз. симпозиума по метаморфизму. Т.2. Свердловск, 1977. С. 159-160.
7. Таланцев А.С. Камерные пегматиты Урала М.: Наука, 1988. 144 с.