

**КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ
УФАЛЕЙСКОГО КОЛЛИЗИОННОГО БЛОКА (ЮЖНЫЙ УРАЛ)**

Ю.А. Поленов*, В.Н. Огородников, В.Н. Сазонов**, Е.В. Рахов**, А.Н. Савичев*****

**Уральский государственный горный университет*

620144, г. Екатеринбург, Куйбышева, 30

E-mail: polenov.y.@usmga.ru

***Институт геологии и геохимии УрО РАН*

620151, г. Екатеринбург, Почтовый пер., 7

E-mail: root@igg.e-burg.su

****ОАО «Кыштымский ГОК»*

456870, Челябинская обл., г. Кыштым, Каслинское шоссе, 3

Поступила в редакцию 6 апреля 2005 г.

Уфалейский коллизионный блок сложен преимущественно образованиями Уфалейского гнейсово-мигматитового комплекса, к которому с востока примыкают метаморфизованные океанические и островодужные вулканогенно-осадочные и интрузивные породы, а с запада – среднерифейские авлакоген-рифтогенные в основном осадочные отложения. В пределах блока развито большое количество полигенных, полихронных кварцевых жил, которые авторами работы (вслед за Г.Н. Вертушковым) подразделяются на две формации: первая – первично-зернистого кварца, вторая – вторично-зернистого кварца, и семь субформаций, которые являют собой онтогенетические типы. Первая формация включает прожилки (и жилы) метаморфической дифференциации, тела метасоматических кварцитов и гидротермальных кварцевых жил выполнения. Вторая формация представлена гранулированным (вторичным) кварцем. Движущей силой формирования кварц-жильных образований второй формации является рекристаллизация крупногигантозернистого кварца и перекристаллизация тонко- и мелкозернистого кварцевого агрегата. Оба эти процесса приводят к очистке кварца (до содержания 10-20 ppm Al – главного элемента-примеси в кварце). Наложение на такой кварц кислотного выщелачивания приводит к дополнительной очистке его за счет развития тонкозернистого метасоматического, «льдиноподобного» кварца. Вхождение элементов-примесей в кристаллическую структуру кварца контролируется температурой (с ее повышением их количество возрастает) и давлением (с его повышением содержание примесей уменьшается). Предлагаемая формационная классификация кварц-жильных образований позволяет проследить динамику их развития, т.е. установить состояние первичной кварцевой субстанции и сложную трансформацию «первичного» кварца в гранулированный («вторичный»).

Ключевые слова: *Уфалейский блок, кварцевые жилы, перекристаллизация, очищение.*

**QUARTZ-VEINED MINERALIZATION
OF THE UFALEYSKIY COLLISION BLOCK (SOUTH URALS)**

Yu.A. Polenov*, V.N. Ogorodnikov, V.N. Sazonov**, E.V. Rachov**, A.N. Savichev*****

**Urals State Mining University*

***Institute of Geology and Geochemistry, Urals Branch of RAS*

****Joint-stock Company «Kyshtymskiy Mining Separation Industrial Complex»*

There are the plenty of polygenic and polychronic quartz veins within Ufaleyskiy collision block among the gneiss-migmatitic complex. We divide all of them into two formations (after G.N. Vertushkov): the first – primary granulated quartz, the second – secondary granulated quartz, and seven subformations which are considered by authors as ontogenetic types. The first formation include veinlets (and veins) of metamorphic differentiation, metasomatic quartzites and hydrothermal quartz veins.

The second formation is represented by granulated (secondary) quartz which was generated by recrystallization of quartz-veined formation. This process is the reason of quartz's purified from elements admixtures up to 10-20 ppm Al (the main element admixture in this mineral). The acidic leach superimposed on recrystallized quartz makes it steel cleaner.

Key words: *Ufaleyskiy block, quartz veins, recrystallization, purification.*

Уфалейский коллизионный блок включает (рис. 1) широко развитые допалеозойские гнейсы и амфиболиты в его центральной части; окаймленные на западе динамосланцами Таганайско-Указарской зоны смятия, а в СЗ части – гранитоидами Нижне-Уфалейского массива, а также пироксенитами, габбро и габбро-амфиболитами. На востоке, по контакту между Уфалейским и Карабашским блоками, фиксируются разнообразные слюдиты, кварциты, бластомилониты и эклогитоподобные породы. В рассматриваемом тектоническом блоке, впрочем, как и в других блоках, существенно представленных гнейсово-мигматитовыми комплексами, среди полезных ископаемых преобладают неметаллические разновидности [Кейльман, 1974; Минерагения..., 1977; Огородников, 1993].

Начало систематическому изучению кварца на Урале положено Г.Н. Вертушковым, в работах которого были сформулированы принципы минералогического картирования, основанного на использовании информационных ресурсов индивидов кварца. Картирование и оценка промышленной значимости кварцево-жильных объектов проводилась на основе анализа структурных типов жильного кварца [Вертушков и др., 1970].

На начальной стадии жильный кварц Уфалейского гнейсово-мигматитового комплекса подразделялся на два структурных типа [Вертушков и др., 1970]:

Гиганто-зернистый массивный кварц (формация А):

- а) стекловидный;
- б) молочно-белый;

Гранулированный кварц (формация Б):

- а) однородный;
- б) неоднородный.

К первому типу были отнесены первичные структуры, обусловленные процессами роста индивидов, ко второму типу – структу-

ры вторичные, возникшие в процессе метаморфических преобразований жильного кварца.

Позднее С.Ш. Юсупов с соавторами [1979] предложили выделять на Урале четыре кварцево-жильные формации, включающие все известные промышленные месторождения и проявления кварцевого сырья:

1. Раннегеосинклинальная формация кварцевых жил (формация I), сложенных средне-крупнозернистым массивным, молочно-белым, реже серовато-белым кварцем.

2. Позднегеосинклинальная формация кварцевых жил (формация II), представленных тонко-мелкозернистым гранулированным кварцем.

3. Раннеорогенная формация кварцевых жил (формация III), сложенных крупно-среднезернистым гранулированным кварцем.

4. Позднеорогенная хрусталеносная формация кварцевых жил (формация IV), представленных крупно-гигантозернистым светло-серым, часто полупрозрачным кварцем.

Е.П. Мельников [1988] эндогенные кварцево-жильные образования разделил на 2 группы – магматогенную и метаморфогенную. Магматогенная группа подразделена на 11 кварцосодержащих и кварценосных формаций: редкометально-пегматитовую, хрусталеносно-пегматитовую, силекситовую, кварцево-апоскарновую, кварцево-апогрейзеную, кварцево-полевошпатовую, вторично-кварцитовую, кварцево-пропилитовую, кварцево-березитовую, кварцево-аргиллизитовую, джаспероидную.

В метаморфогенной группе выделено 7 формаций: слюдяно-пегматитовая, силектитовая, дистен-кварцево-метасоматическая, дистен (эклогит)-сланцевая кварцево-жильная, глаукофан-зеленосланцевая, зеленосланцевая кварцево-жильная, дафторез-зеленосланцевая кварцево-жильная.

Такая систематика главнейших генетических и промышленных типов природных

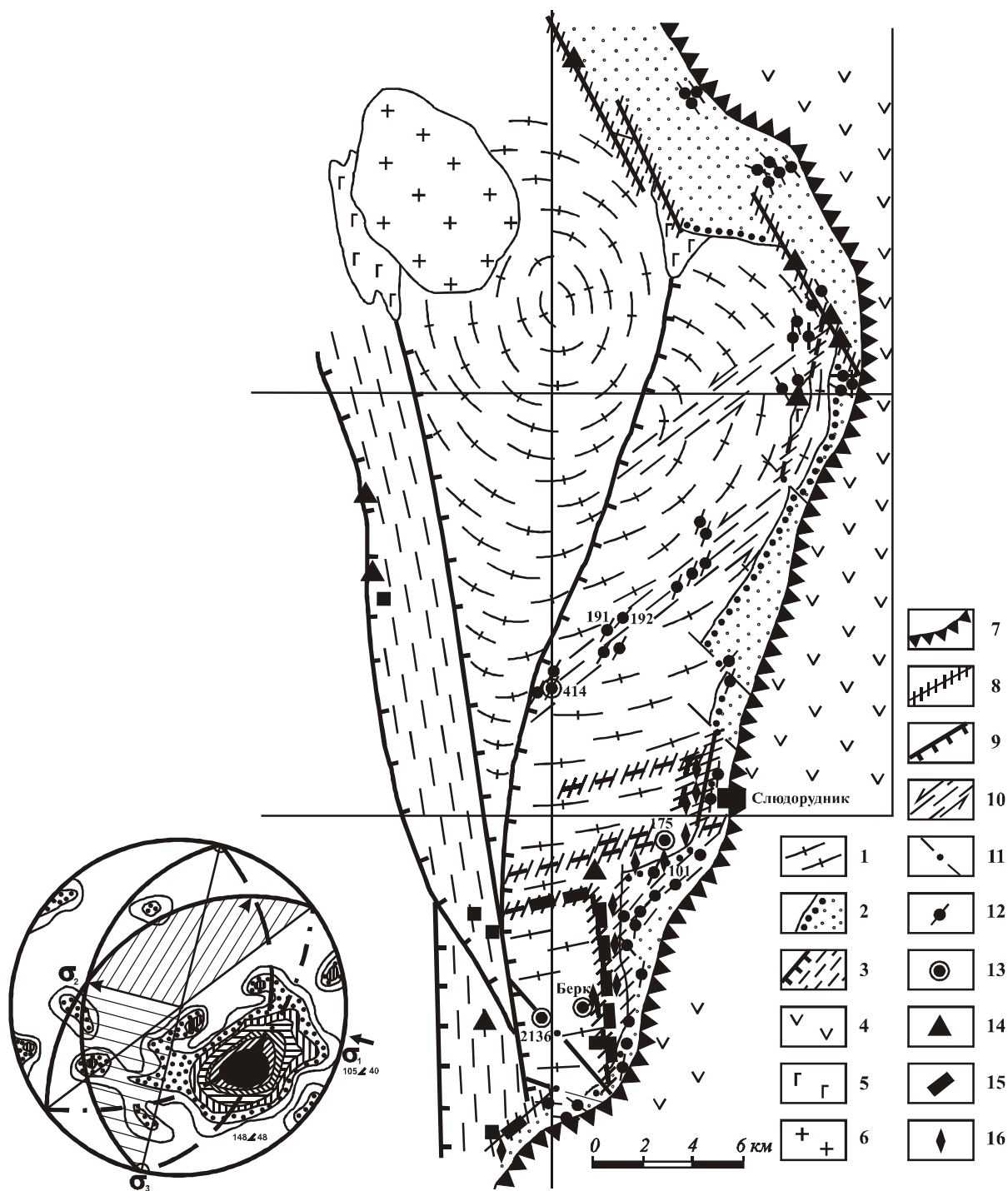


Рис. 1. Схематическая минерагеническая карта Уфалейско-Карабашского коллизийного блока (по [Кейльман, 1974] с добавлениями авторов).

1 – гнейсы и амфиболиты гнейсового блока; 2 – сланцы, кварциты, бластомилониты куртинской свиты; 3 – динамосланцы таганайско-указарской зоны смятия; 4 – вулканиты Карабашского тектонического блока; 5 – пироксениты, габбро, габбро-амфиболиты; 6 – гранитоиды Н-Уфалейского массива; 7 – Главный коллизийный шов; 8 – рифтогенные разрывы рифейского возраста, вмещающие тела древних гранитоидов, кварцитов и тел пироксенитов, вмещающих месторождения титано-магнетитовых руд кусинского типа; 9 – взбросы, надвиги; 10 – оперяющая Серебровский надвиг сдвиговая зона трещиноватости; 11 – сбросы; 12 – наиболее крупные кварцевые жилы; 13 – отрабатываемые в настоящее время кварцевые жилы и их номера; 14 – месторождения и проявления магнетита и гематита; 15 – древние кварциты (кварцитовые ломки); 16 – мусковитовые пегматиты с редкоземельной и редкометальной минерализацией.

В левом нижнем углу приведена диаграмма элементов залегания кварцевых жил и схема развития сдвиговой жилонмещающей зоны трещиноватости сформированной на Серебровском надвиге.

кварцевых образований [Мельников, 1988; Методы..., 1990], имеющая большое практическое значение для поисков, оценки и переработки кварцево-жильных объектов, страдает рядом недостатков. Механизм и условия образования, структурные особенности собственно кварцево-жильных тел ряда выделенных формаций не отличаются друг от друга, а сами формации характеризуют лишь общие генетические и кислотно-щелочные условия их формирования. Так в магматогенной группе к пегматовому генетическому типу относятся 3 формации, а к пневматолито-гидротермальному – 8 формаций, в последних кварц образуется преимущественно путем выполнения трещин, сопровождается околожильными изменениями различных минеральных составов, которые, в свою очередь, определяются температурными и кислотно-щелочными условиями развития систем. Разделение на магматогенную и метаморфогенную группы тем более условно, т.к. магматические плутоны внедряются в метаморфические породы, и растворы чаще всего имеют смешанный характер, генезис минеральных парагенезисов тех или иных формаций также имеет смешанное происхождение. Так пегматитовый генетический тип на ранних стадиях имеет признаки магматогенного происхождения, а на завершающих – отчетливое гидротермально-метасоматическое.

Таким образом, данная классификация не рассматривает полигенность развития, первичное или вторичное происхождение кварца, его преобразование при рекристаллизации и перекристаллизации, которые определяют его физические свойства, химическую чистоту и др., т.е. динамике процесса формирования кварцево-жильных образований в ней внимания не уделено.

Представляется очевидным, что формационная систематика должна основываться на происхождении и онтогении самих кварцево-жильных тел. Ниже излагается классификация кварцево-жильных образований, основанная на детальном изучении генезиса, закономерностей пространственного распределения и онтогении кварцево-жильных тел, располагающихся в пределах Уфалейского гнейсово-амфиболитового блока и обрамляющего его метаморфизованного вулканогенно-осадочного комплекса. Мы объединяем их в 2 формации и 7 субформаций, каждая из которых характеризуется своим механизмом формирования и занимает оп-

ределенную геологическую позицию (табл. 1).

Формация понимается нами в значении, как это было принято в работах Г.Н. Вертушкова и его учеников [Вертушков и др., 1970; Жильный..., 1980]. Субформация рассматривается нами как онтогенетический тип кварцево-жильного образования.

Формация первично-зернистого кварца

Формация первично-зернистого кварца включает в себя метаморфогенные кварцевые *прожилки и мелкие жилы метаморфической дифференциации*, тела *метасоматических кварцитов*, образовавшихся в результате замещения горных пород кварцем на стадии кислотно-выщелачивания, и *кварцевые жилы выполнения*, сложенные стекловидным и молочно-белым кварцем.

Субформация кварцевых прожилков и мелких жил метаморфической дифференциации. Под метаморфической дифференциацией мы понимаем перемещение вещества внутри метаморфических пород, преимущественно вдоль кристаллизационной сланцеватости, при воздействии температуры и давления на незначительных расстояниях, при участии поровых растворов. В породах, метаморфизованных в условиях амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций, формируется метаморфическая полосчатость, контрастно подчеркнутая согласными кварцевыми прожилками мощностью 2-3 см, редко больше. Такие прожилки достаточно выдержаны по мощности на протяжении первых метров, а зоны кварцевых прожилков метаморфической дифференциации прослеживаются на расстоянии первых десятков метров. *Кварцевые прожилки метаморфической дифференциации* сложены кварцем гранобластовой структуры с размером зерен до 0,5-2 мм. Условия их образования требуют наличия равновесного состояния (по крайней мере, химического) между поровыми растворами и горными породами, а также отсутствия зияющих трещин. Прожилки метаморфической дифференциации подвергаются деформации при тектонических воздействиях на метаморфические породы во время коллизий и сминаются в изоклинальные складки. Раннеколлизионные дайки плагиогранитов секут прожилки метаморфической дифференциации и, в свою очередь, сминаются во время поздней коллизии (рис. 2).

КВАРЦЕВО-ЖИЛЬНАЯ МИНЕРАЛИЗАЦИЯ

Таблица 1
Формации, субформации и минералого-технологические типы кварцево-жильных образований Уфалейского кварцевого района

Геодинамический режим	Формация	Субформация (онтогенетический тип)	Генетический тип	Структура кварца	Минералого-технологический тип (эталон)
Ранняя коллизия	Кварцево-жильные образования первично-зернистого кварца	Жилы метаморфической дифференциации	Метаморфогенный	Грануломорфная, средне зернистая, с ровными границами зерен	Серебровский (сл-3)
		Тела замещения (вторичные кварциты)	Гидротермально-метасоматический	Мелкозернистая с зубчатыми границами зерен	
		Жилы выполнения	Гидротермальный	Шестоватая, крупно-, гигантозернистая (молочно-белого кварца)	Карояновский (ж-35)
Поздняя коллизия	То же	То же	То же	Шестоватая, крупно-, гигантозернистая (стекловидного кварца)	Пугачевский (ж-88)
		Жилы перекристаллизации (по жилам метаморфической дифференциации)	Метаморфогенный	Гетеробластовая, крупнозернистая с ровными границами зерен	Слюдяногорский (ж-170)
	Кварцево-жильные образования вторично-зернистого гранулированного кварца	Жилы, сложенные неоднородно гранулированным кварцем (по телам замещения)	Метаморфогенно-метасоматический	Гетеробластовая, мелко-, среднезернистая с извилистыми границами зерен	Уфалейский (ж-175)
		Жилы, сложенные однородно гранулированным (по жилам выполнения)	То же	Гранобластовая, средне-, крупнозернистая с ровными границами зерен	Кыштымский (ж-101)
		Тела, сложенные тонкозернистым (метасоматическим «льдиноподобным») кварцем	Гидротермально-метасоматический	Гранобластовая, тонкозернистая с зубчатыми границами зерен	Егустинский (ж-414)

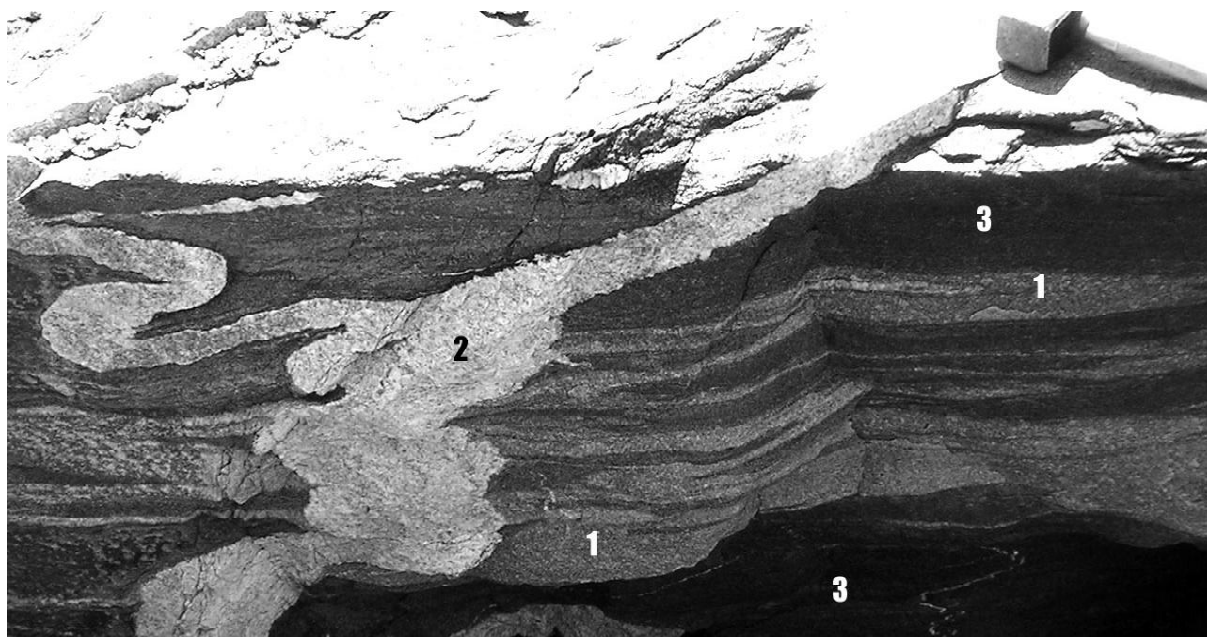


Рис. 2. Кварцевые прожилки метаморфической дифференциации (1) смятые в изоклинальные складки в биотит-амфиболовых гнейсах (3) секутся дайкой плагиогранита (2). Карьер по отработке жилы 175, Кыштымское месторождение гранулированного кварца.

Субформация кварцевых тел замещения (метасоматических кварцитов). В Уфалейском коллизионном блоке закартированы разновозрастные метасоматические кварциты, образовавшиеся при кислотном выщелачивании пород различного состава и поэтому имеющие различный минеральный состав: слюдяные, магнетитовые, кианитовые, графитистые, слюдяно-гранатовые и другие.

Наиболее древние из них образовались в рифтогенных тектонических зонах рифейского возраста, где наряду с древними биотитовыми гнейсо-гранитами, редкоземельными пегматитами, широкое развитие получили зоны относительно низкотемпературного метасоматического прокварцевания, представленные телами кварцитов мощностью до 75 м в раздувах и протяженностью до нескольких километров. Ориентировка тектонических зон имеет два направления: 345-360°, с восточным падением под углом 40-70° и 60-80° с крутым юго-восточным падением 60-85° (рис. 1). Кварциты представляют собой породу серого, желтовато-серого цвета, мелко-, среднезернистой структуры, толсто-плитчатого сложения, сланцевая текстура подчеркивается немногочисленными слюдястыми минералами. Кварц составляет 80-

90 % основной массы породы, в значительно меньшем количестве присутствует мусковит, биотит, полевые шпаты, магнетит, гранат, которые в большинстве своем представляют наложенные парагенезисы при последующих процессах метаморфизма и гранитизации.

Раннеколлизионные метасоматические кварциты претерпели позднеколлизионные метаморфогенно-метасоматические преобразования. Так в кварцитах Серебровского комплекса нами обнаружены структуры «сотового» кварца, которые образуются при α - β переходе, что говорит о высокотемпературном метаморфическом «отжиге» кварца при последующих тектонических движениях. Эти реликтовые образования сохранились только в зонах, где не проявились последующие коллизионные преобразования, т.е. не наложились гидротермально-метасоматические процессы (система оставалась сухой). Там, где ранние кварциты вовлекались в метаморфогенно-метасоматические преобразования, они превращены в тела, сложенные неоднородно гранулированным кварцем (уфалейского типа).

Более молодые метасоматические кварциты образовались при раннеколлизионных и позднеколлизионных тектоно-магматических и

метаморфических преобразованиях по породам куртинской свиты (рифей) в зоне влияния Главного коллизийного шва. В этой свите выявлены протяженные линейные тектонические зоны, в которых закартированы *слюдяные, магнетитовые, кианитовые, графито-слюдяные и графитовые кварциты*, представляющие собой центральные (стволовые) зоны максимального проявления кислотного выщелачивания, развитые в слюдяно-кварцевых, слюдяно-гранат-кварцевых бластомилонитах и амфиболитах. Минерализация кварцитов зависит от состава вмещающих пород и температуры гидротермальных растворов.

Наиболее молодые позднеколлизийные слюдяные кварциты состоят из кварца (70 % и выше), с размером зерен от 0,5 до 2 мм, биотита и мусковита в различных соотношениях. В ряде случаев присутствует гранат в виде округлых, изъеденных кварцем зерен размером 1-3 мм. С появлением графита кварциты переходят в графито-слюдяные разновидности. Собственно графитовые кварциты более мелкозернистые и содержат повышенное количество графита. Мощность тел этих кварцитов составляет 2-5 м, изредка в раздувах до 15 м, протяженность – несколько километров, что позволяет их использовать в качестве маркирующих горизонтов.

Кианитовые кварциты широко развиты в Таганайско-Указарской шовной зоне смятия вдоль горы Уфимский увал. Вмещающими породами являются амфиболиты, среди которых залегают мусковит-кварцевые сланцы как внешняя зона кислотного выщелачивания. Центральные части зон выполнены кианитовыми кварцитами. Мощность зон совместно с мусковит-кварцевой оболочкой составляет 50-100 м. Внутри кварцитов развиты зоны в виде линз размером 10 × 30 м, обогащенные крупно-кристаллическим кианитом с величиной зерен 2-5 см.

Субформация первично кристаллизованного кварца жил выполнения объединяет жилы, сложенные молочно-белым крупно-, гигантозернистым кварцем, сформированным в раннеколлизийный этап (карьяновский тип) и стекловидным крупно-, гигантозернистым кварцем, образованным во время поздней коллизии (пугачевский тип).

Жилы выполнения, локализованные в породах, метаморфизованных на уровне амфиболитовой и эпидот-амфиболитовой фаций,

сложены стекловидным кварцем, а жилы, залегающие в зонах зеленосланцевой фации, представлены молочно-белым. Кварцевые жилы данной субформации выполняют кулисообразные системы трещин отрыва, сформировавшиеся при сдвиго-взбросовых подвижках шовной зоны смятия. Кварцевые жилы в пределах месторождений концентрируются на отдельных участках, которые представлены как одиночными телами, так и кулисообразными сериями. Размеры жильных зон достигают 100 м по простиранию и 20-30 м по падению при ширине зон 10-15 м. Зоны характеризуются первичными структурами, обусловленными процессами роста индивидов в виде шестоватых агрегатов. Отдельные индивиды достигают в поперечнике 10-15 см при длине до 1 м.

Стекловидный гигантозернистый кварц иногда слагает крупные самостоятельные жилы (Щербаковская, 3, 3а). Кварц в таких жилах разбит системами открытых и залеченных трещин. По степени прозрачности выделяются многочисленные переходные разновидности, визуально характеризующиеся как прозрачные, полупрозрачные, замутненные. Наблюдается прямая зависимость степени прозрачности (коэффициент светопропускания) от содержания в кварце газово-жидких включений.

Прозрачные участки в стекловидном кварце имеют вид блоков различной формы, спорадически распределенных в замутненной массе. Размеры прозрачных блоков достигают иногда 40-50 см² по плоскости раскола.

Прозрачные блоки этого кварца аналогичны прозрачным разновидностям горного хрусталя. Прозрачный кварц обладает высокой химической чистотой и прозрачностью (Т как правило выше 60 %).

Молочно-белый кварц характерен для подавляющего числа кварцевых жил выполнения. Его цвет обусловлен большим количеством микроскопических газово-жидких включений, имеющими как первичное, так и вторичное происхождение. Содержание их в жилах настолько велико, что прозрачные участки лишь с большим трудом устанавливаются в штуфах и обычно не превышают 1-2 мм в поперечнике.

Раннеколлизийные кварцево-жильные тела являются хорошей основой для последующих позднеколлизийных преобразований, приводящих к формированию жил особо чистого кварца.

Формация вторично-зернистого (гранулированного) кварца

Гранулированный кварц является вторичным по отношению к первичному кварцу, слагавшему кварцево-жильные тела на первоначальной стадии их образования. В Уфалейском гнейсово-мигматитовом комплексе нами выделяется четыре субформации кварцево-жильных образований, сложенных гранулированным кварцем.

Субформация жил перекристаллизации по прожилкам и мелким жилам метаморфической дифференциации (слюдяногорский тип). Кварцево-жильные тела этого типа образовались по первичным кварцевым прожилкам и маломощным жилам метаморфической дифференциации, образовавшимся во время рифейского и раннеколлизийного этапов метаморфизма, испытавших во время ранней и поздней коллизий перекристаллизацию с укрупнением зерна под воздействием метаморфогенных поровых растворов. Собирающей перекристаллизации с укрупнением индивидов во время коллизий подвергаются все породообразующие минералы, но только кварц образует достаточно крупные прожилки и жилы.

Наложение процессов перекристаллизации на ранее сформированные кварцевые жилы грануломорфного первично-зернистого кварца при последующих этапах регионального метаморфизма уровня амфиболитовой фации приводит к появлению достаточно мощных средне-, крупнозернистых жил перекристаллизации (рис. 3), пригодных для промышленного осво-

ения. Мы считаем целесообразным, выделить самостоятельный *слюдяногорский тип*, а в качестве генотипа представить жилу 170, ранее рассматриваемую в уфалейском типе.

Субформация тонко-среднезернистого неоднородно гранулированного кварца по кварцево-жильным телам замещения (уфалейский тип). Этот тип гранулированного кварца является результатом процессов перекристаллизации и последующей рекристаллизации первичных тонко-мелкозернистых метасоматических кварцитов, залегающих среди амфиболитов и амфибол-биотитовых гнейсов. Перекристаллизация также широко проявлена среди метаморфогенно-метасоматических тел плагиоклазитов мусковитовых пегматитов в качестве кварц-мусковитового замещающего комплекса и монокварцевых тел замещения. Типовыми представителями кварцево-жильных образований, сложенных этим типом кварца, является уникальная по размерам и запасам кварцевая жила 175 и кварцевые тела, локализованные среди мусковитовых пегматитов (жилы 3, 4, «Беркутинская» и др.)

Большинство кварцевых жил «уфалейского типа» пространственно сосредоточено в пределах гнейсового блока, где сконцентрирована основная часть жил метаморфической дифференциации и перекристаллизации. Кварцево-жильные образования этого генотипа представлены гранулированным кварцем мелко-среднезернистой структуры. Длина жил, как правило, составляет несколько метров, однако отдельные кварцевые жилы достигают длины в сотни метров, при мощности 0,5-5 м и более.

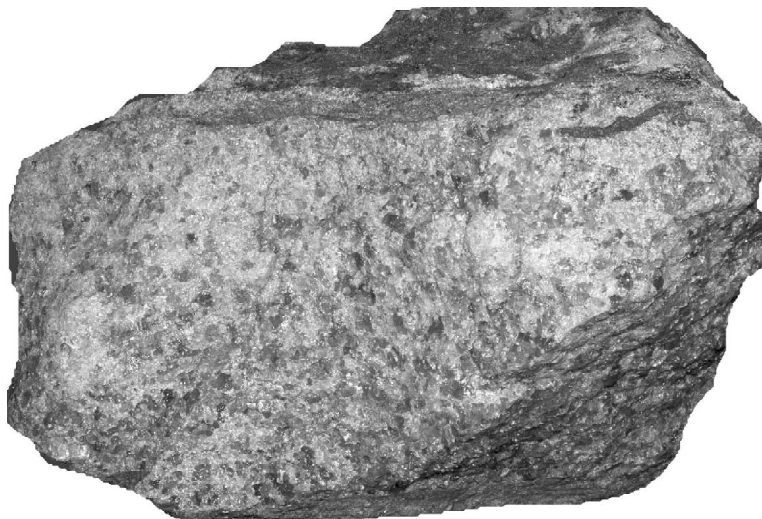


Рис. 3. Кварцевая жила перекристаллизации.

Реликты первичного тонко-зернистого грануломорфного кварца (светло-серые реликты) в средне-крупнозернистом новообразованном гранулированном агрегате.

Жила 170 (слюдяногорский тип), Кыштымское месторождение гранулированного кварца. Длина глыбы 75 см.

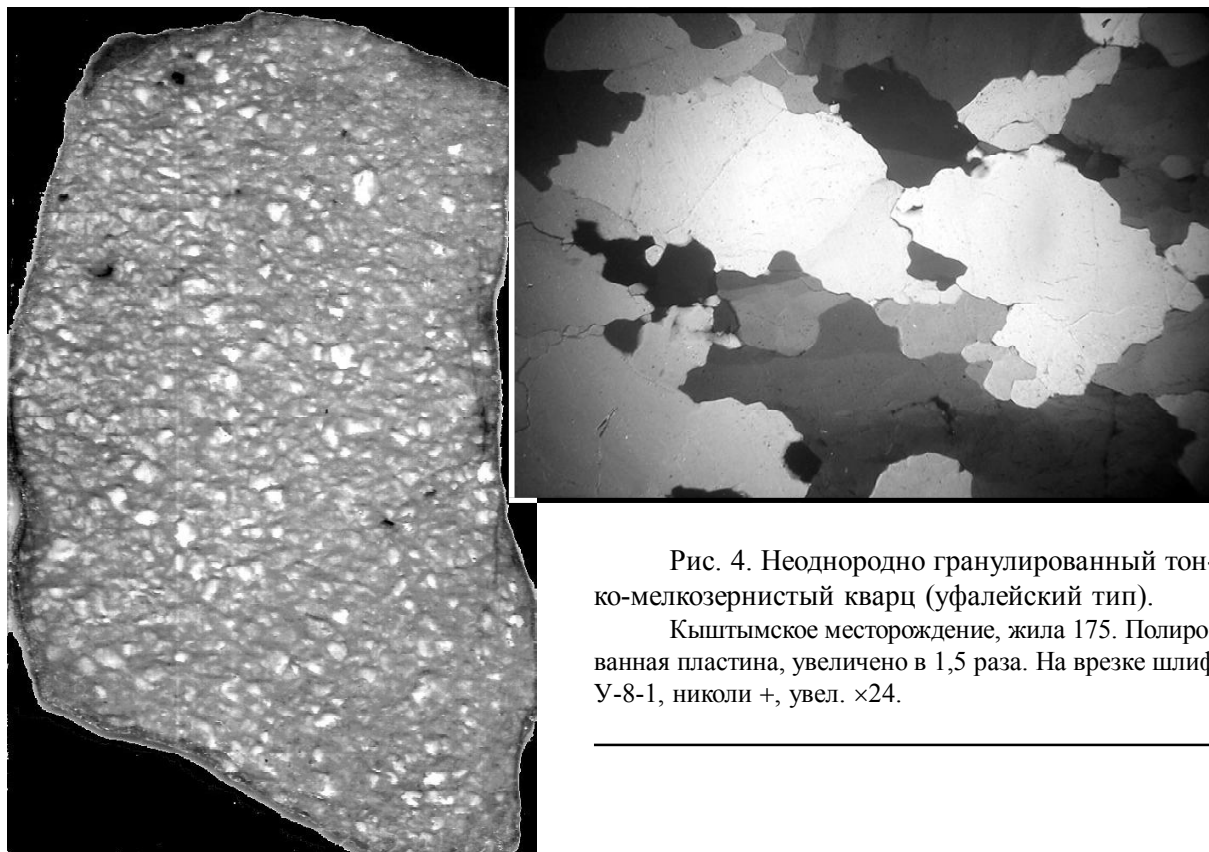


Рис. 4. Неоднородно гранулированный тонко-мелкозернистый кварц (уфалейский тип).

Кыштымское месторождение, жила 175. Полированная пластина, увеличено в 1,5 раза. На врезке шлиф У-8-1, николи +, увел. $\times 24$.

Жилы сложены тонко-, мелкозернистым (0,5-2 мм) агрегатом зерен кварца типичной гранобластовой структуры (рис. 4). Наиболее характерной структурной особенностью данной разновидности кварца является неоднородное строение агрегата, сформированное под влиянием двух коллизий, выраженное в наличии нескольких групп гранул: тонко-, мелкозернистых грануломорфных участков исходных индивидов метасоматических кварцитов; новообразованных метаморфогенных средне-, крупнозернистых гранул, являющихся результатом процессов перекристаллизации и новообразованных тонко-, мелкозернистых гранул, являющихся продуктом процессов рекристаллизации. В гранулированном кварце по метасоматическим кварцитам, зерна чаще всего имеют неровные зубчатые границы с большим количеством выступов и углублений, многочисленными трещинками и заколами, идущими от границы внутрь гранулы, которые являются типичными для метасоматических кварцитов. При процессах рекристаллизации появляется уже более прямолинейный полигональный рисунок границ зерен, типичный для гранулированного кварца.

Гранулированный кварц этих жил обладает рядом свойств, положительно выделяющих его среди других субформаций гранулированного кварца. К таким свойствам относятся высокий коэффициент светопропускания, низкие значения потерь при прокаливании, отношения «влага-газ», что связано с незначительным содержанием в нем газовой-жидких включений.

Субформация средне-крупнозернистого однородно гранулированного кварца по жилам выполнения (кыштымский тип). Кварцево-жильные образования этого типа являются продуктом рекристаллизации стекловидного и молочно-белого кварца жил выполнения, претерпевших высокотемпературный метаморфизм в стадию поздней коллизии.

Кварцевые жилы «кыштымского типа» отчетливо размещаются в зоне влияния Главного коллизионного шва. Пространственно и генетически они приурочены к зоне смятия Главного коллизионного шва и Серебрянского надвига, где в оперяющих сдвиговых зонах северо-восточного направления (рис. 1) ранее сформированные кварцевые жилы стекловидного и молочно-белого кварца активно подверглись грануляции во время поздней коллизии. Кварцевые жилы «кыштымского» типа отличаются средними размерами, т.к. локализируются

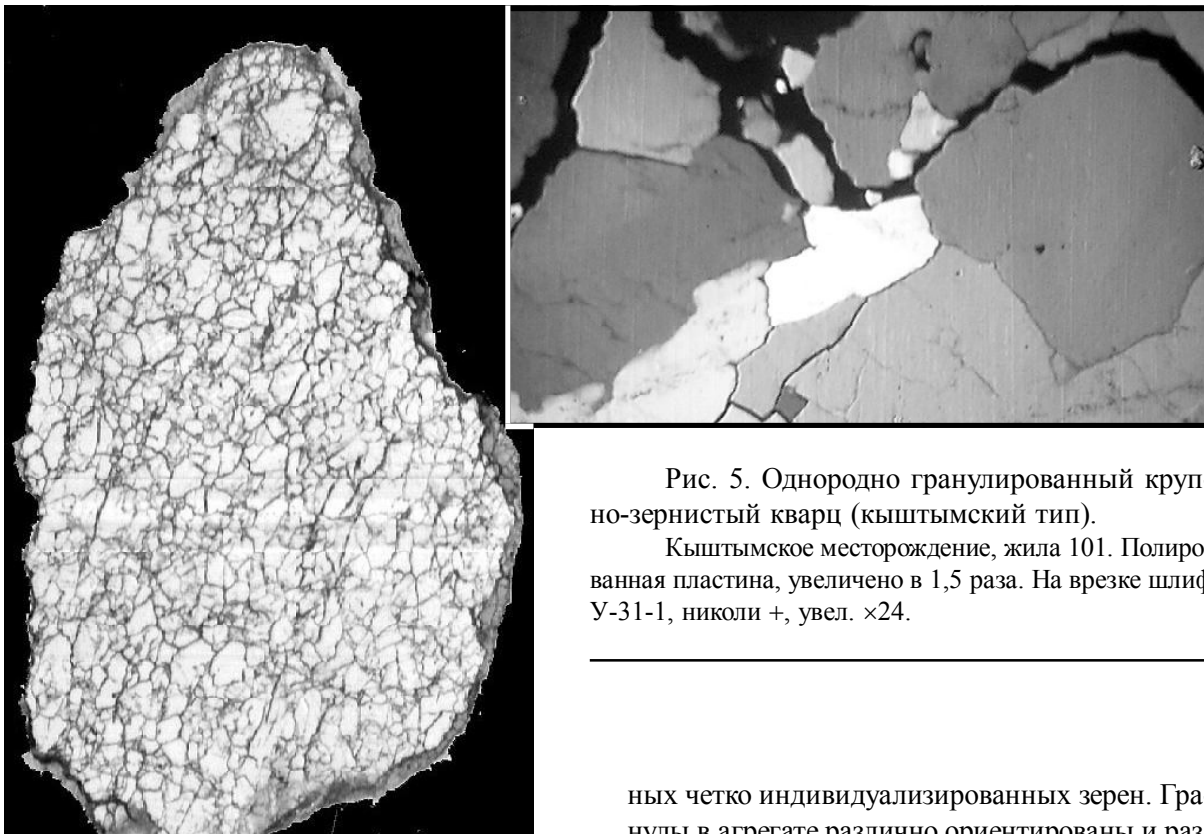


Рис. 5. Однородно гранулированный крупно-зернистый кварц (кыштымский тип).

Кыштымское месторождение, жила 101. Полированная пластина, увеличено в 1,5 раза. На врезке шлиф У-31-1, николи +, увел. $\times 24$.

в трещинах отрыва, реже – скалывания, оперяющих зоны взбросо-сдвигов.

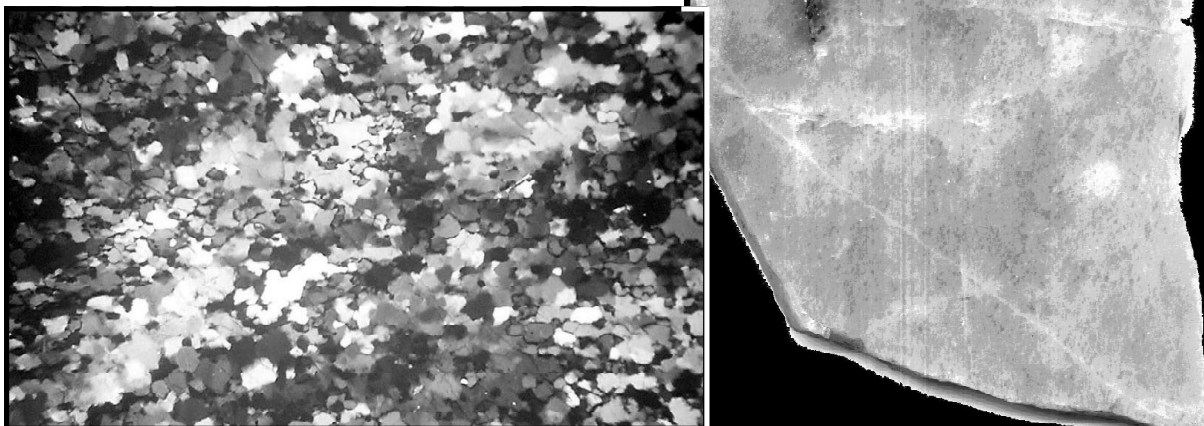
Гранулированный кварц «кыштымского» типа представляет собой равномернозернистый агрегат прозрачных или слабозамутнен-

ных четко индивидуализированных зерен. Гранулы в агрегате различно ориентированы и разделены прямолинейными поверхностями соприкосновения, имеют изометрическую или удлиненную форму с ровными округлыми контурами границ (рис. 5).

Широко распространенной разновидностью гранобластовой структуры является мозаичная структура, когда кварцевый агрегат обладает полигональными, часто шестиугольными

Рис. 6. Развитие метасоматического тонкозернистого, «льдиноподобного» кварца по гранулированному.

Жила 2136, пластина, натуральная величина, шлиф У-18-б, николи +, увел. $\times 24$.



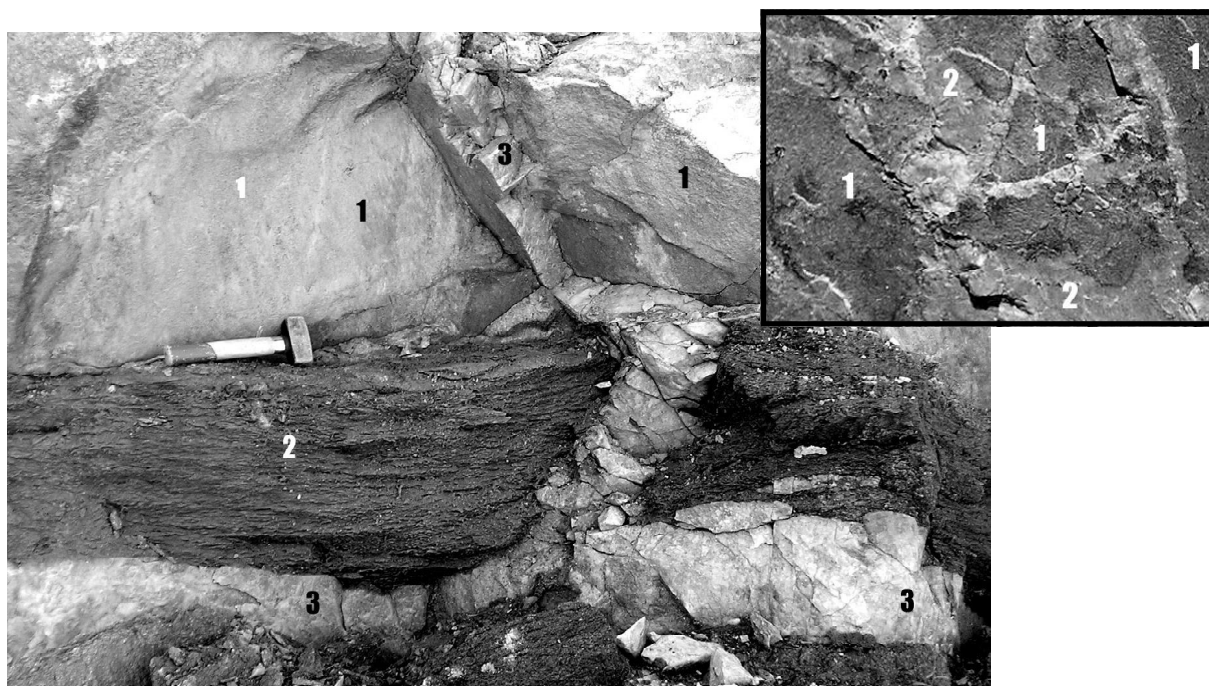


Рис. 7. Кварцевая жила 414 (3), залегающая в биотит-амфиболовых гнейсах (2), пересекает в центральной части тело раннеколлизионных гранодиоритов (1) и претерпевает вместе с ними будинаж и грануляцию.

Южный забой карьера по отработке жилы 414. На врезке видно как кварц (2) цементирует обломки раннеколлизионных гранодиоритов (1) Серебровского комплекса.

ми слабо удлинёнными контурами границ. Такая разновидность кварца наиболее широко представлена на Кыштымском месторождении.

Размер гранул кварца в жильных телах зависит от температурного режима метаморфизма, поэтому наиболее крупно-гранулированные структуры кварца фиксируются в зоне влияния Главного коллизионного шва, где уровень метаморфизма достигал амфиболитовой фации. По мере удаления от него к западу, к зоне Серебрянского надвига, где метаморфогенные преобразования были более низкотемпературными, гранулированный кварц обладает фрагментарной структурой.

Основным процессом, приводящим к образованию кварца «кыштымского» типа, является рекристаллизация крупно-, гигантозернистого кварца жил выполнения. В результате дислокационного метаморфизма, сопровождаемого высокими термическими воздействиями, происходит разукрупнение первичного зерна. По нашим наблюдениям, если температура рекристаллизации достигала уровня α - β превращений, кварц приобретал все черты, харак-

терные для гранулированного кварца «кыштымского» типа.

Субформация кварцевых жил, сложенных тонкозернистым (метасоматическим льдистоподобным) кварцем (егустинский тип). Кварц этого типа образуется метасоматическим путем в стадию поздней коллизии при процессах кислотного выщелачивания по кварцу «уфалейского» и «кыштымского» типов (рис. 6).

Такое преобразование приводит к дополнительному очищению кварцевого агрегата и делает кварц особо чистым с содержанием структурного алюминия менее 10 ppm.

Это характерно для кварцевых жил Кузнечихинского месторождения (191, 265, 414), для кварцевых жил Беркутинского месторождения, для жилы 2136, которые многими авторами относятся к уфалейскому типу, хотя по геологическим условиям образования они ближе к кыштымскому типу. Эти жилы сформированы во время ранней коллизии путем выполнения трещин отрыва, реже – скалывания в зоне северо-восточного взбросо-сдвига (рис. 1).

Возраст кварцевых жил подтверждается их секущим положением относительно гранодиоритов Серебровского комплекса. Кварц цементирует обломки гранитоидов, вместе с ними претерпевает будинаж, смятие в складки и грануляцию во время поздней коллизии (рис. 7). Позднеколлизионные микроклиновые граниты отчетливо секут как гранитоиды, так и кварцево-жильные тела.

Размещение кварцево-жильных образований в пределах Уфалейского коллизионного блока подчиняется целому ряду закономерностей. В гнейсовом блоке, по его периферии, преобладающим типом является неоднородный тонко-, мелкозернистый гранулированный кварц (уфалейский тип), совместно с которым наблюдаются жилы перекристаллизации (слюдяногорский тип). В пределах сланцевого обрамления, в зоне влияния Главного коллизионного шва, преобладающим типом является более однородный средне-, крупнозернистый гранулированный кварц (кыштымский тип).

В зоне влияния Главного коллизионного шва наряду с гранулированным кварцем, образованным по стекловидным кварцевым жилам ранней коллизии, развиты жилы первично кристаллизованного, стекловидного и молочно-белого кварца, сформированные во время поздней коллизии. В вулканогенно-осадочных породах Маукско-Карабашской зоны локализованы жилы только формации первично кристаллизованного кварца, причем жилы молочно-белого кварца преобладают.

Таким образом, в работе выделены 2 формации кварцево-жильных образований Уфалейского коллизионного блока. Каждая из формаций соответственно подразделена на 3 и 4

субформации. В целом, это дает возможность проследить динамику развития названных образований, то есть их первичный генезис (состояние первичной кварцевой субстанции) и сложную трансформацию «первичного» кварца в гранулированный, обусловленный РТ-параметрами системы.

Исследования проводились при частичной поддержке грантов Миннауки РФ (РНП.2.1.1.1840 и НШ-4210.2006.5).

Список литературы

- Вертушков Г.Н., Борисков Ф.Ф., Емлин Э.Ф. и др.* Жильный кварц восточного склона Урала. Свердловск: СГИ, 1970. 103 с.
- Жильный кварц Урала в науке и технике.* Свердловск: СГИ, 1980. 218 с.
- Кейльман Г.А.* Мигматитовые комплексы подвижных поясов. М.: Недра, 1974. 215 с.
- Мельников Е.П.* Геология, генезис и промышленные типы месторождений кварца. М.: Недра, 1988. 216 с.
- Методы изучения и оценки месторождений кварцевого сырья / Е.П. Мельников, С.В. Колодиева, М.Ф. Ярмач и др.* М.: Недра, 1990. 168 с.
- Минералогия метаморфогенных месторождений горного хрусталя и гранулированного кварца / Ю.М. Соколов, Е.П. Мельников, Е.К. Маханек и др.* Л.: Наука, 1977. 175 с.
- Огородников В.Н.* Закономерности размещения и условия сопряженного образования кварцево-жильных, хрусталеносных и золоторудных месторождений Урала. Докт. дисс. Екатеринбург: СГИ, 1993. (рукопись).
- Юсупов С.Ш., Мельников Е.П., Фаттахутдинов С.Г.* РТ-условия грануляции жильного кварца Урала. Уфа: БашФАН СССР, 1979. 48 с.

Рецензент доктор геол.-мин. наук А.И. Белковский