

В. А. Попов

К МИНЕРАЛОГИИ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АМЕТИСТОВ ВАТИХА

V. A. Popov

TO MINERALOGY OF VATIKHA AMETHYSTS DEPOSIT

The general direction of mineral-forming processes at the Vatikha deposit is fixed as: high-temperature metamorphic and magmatic (with granite pegmatites) → skarns → greisens → beresites → argillizites. Amethysts are connected with processes of argillization. At the deposit, to the present time 46 minerals are known.

Месторождение Ватиха на Среднем Урале в настоящее время не разрабатывается [1]. По-видимому, не скоро появится новая информация о минералах и новые модели происхождения минерализации на этом месторождении. Небольшую книгу А. С. Та-ланцева и В. Н. Рябкова [7] можно назвать достаточно полной обзорной работой, в которой изложены геологические, структурные, минералогические и термобарометрические данные, высказаны соображения о некоторых кажущихся парадоксах в минералообразовании. Ранее, в 60—70 годах текущего столетия, минералогия ватихинских жил изучалась Ю. П. Сорокиным [4, 5, 6]. Им приведено краткое описание 15 жильных минералов. Среди геологических материалов о месторождении в процессе разведки и попутной добычи данные по онтогении минералов для ретроспективного моделирования минералообразования фактически упущены, и сейчас нет возможности их компенсировать в полной мере. При экскурсии на Ватиху в 1977 году мной были собраны и впоследствии обработаны некоторые материалы, позволяющие дополнить картину развития минерализации на месторождении.

Мурзинское аметистоносное поле, в которое входит месторождение Ватиха, находится в центральной западной части эндо- и экзоконтакта Мурзинского гранитного массива, рвущего гнейсы и амфиболиты, и самого испытавшего разгнейсование, особенно в краевых частях. Аметистоносные трещинные структуры секут контактовую зону в субширотном восток-северо-восточном направлении, накладываясь на более древние трещинные структуры (преимущественно, субмеридионального простирания) с преобладанием более высокотемпературной минерализации (пегматитов, аплитов, скарнов и др.). В целом, в Мурзинском аметистоносном поле проявлена вся последовательно развитая минерализация от ранней метаморфической через позднюю метаморфическую и магматическую и далее до постмагматической. При этом, деформации комплекса пород менялись по направлению, а минерализация проявлялась либо в разных трещинных структурах, либо телескопировалась в разной комбинаторике. Это определило совмещение в одних структурах либо сходной (аналогичной) минерализации, либо контрастно различной. Аметистовая минерализация, как наиболее поздняя, в разных местах наложена на граниты, пегматиты, скарны, березиты. На месторождении Ватиха в единых структурах среди гранитов произошло существенное наложение аргиллизитов на березиты, а местами на мирмекитизированные, скарнированные или грейзенизированные граниты.

Породы, вмещающие аметистоносные жилы, неоднородны по составу, структуре и текстуре. Амфиболиты полосчатые, в разных полосках соотношение амфибола и плагиоклаза разное. Полосчатость их сечется жилками гранитного состава с амфиболом, после чего породы превращены в пегматиты. Участками в амфиболитах проявлены биотитизация и скарнирование. Скарны по составу существенно пироксеновые с разным количеством скаполита, граната, апатита, магнетита, титанита и амфибола. В апоамфиболитовых скарнах пироксен светло-зеленый (диопсид), а в апогранитовых — темно-зеленый (геденбергит). В скаполитсодержащих скарнах пироксен образовался, преимущественно, до скаполита, кое-где встречается мелкий ортит. Граниты на месторождении разной зернистости, массивные, пятнистые или полосчатые, порфирированные, с разным количеством темноцветных минералов. Взаимоотношения между разновидностями гранитов не ясны; установлено только, что мелкозернистые биотитовые граниты пересечены жилами лейкократовых гранитов и гранитных пегматитов.

Метасоматические процессы в гранитах Мурзинского массива классифицированы Ю. П. Сококиным [6], В. Н. Сазоновым и М. Б. Аринштейном [3] от ранних к поздним: калишпатизация, альбитизация, березитизация, аргиллизация. Не касаясь сложности классификации метасоматитов, можно, если называть процесс по ведущему минералу, добавить биотитизацию, окварцевание, гранатизацию, магнетитизацию, графитизацию, пиритизацию и т. п. Если рассматривать последовательно развивающиеся крупные процессы минералообразования, то можно увидеть ранние парагенезисы амфиболитовой фации, разновременные граниты, разновременные гранитные пегматиты варьирующего состава (и соответствующие им метасоматиты), кварцевые жилы, жильные скарновые образования. Позднее появились грейзеновые парагенезисы — кварц (часто дымчатый), мусковит, адуляр, ранний хлорит, анатаз, брукит, гематит, магнетит, графит, апатит, ранний пирит. Далее образовались березитовые минералы: кварц, серицит, пирит, хлорит, карбонаты, иногда галенит, маррит (?). Последними кристаллизовались минералы аргиллизитов — кварц (в том числе, аметист), каолинит, диккит, монтмориллонит, некоторые карбонаты, поздний пирит, цеолиты и другие.

Минералогическое картирование на месторождении не проводилось, последовательность кристаллизации минералов рассмотрена недостаточно, поэтому рассмотрим некоторые примеры формирования минерализации в отдельных участках. В керне скважин № 5, 6, 42 в гранитах отмечены следующие околотрещинные явления: контрастное покраснение полевых шпатов (развит тонкий гематит), побеление калишпата (образование щелей, каналов и пор вследствие растворения), серицитизация (очень разная — по калишпату или плагиоклазу, или по обоим полевым шпатам, или по кварцу, возможно, с предварительным его растворением), альбитизация, магнетитизация, аргиллизация.

В скважине № 6 на интервале 154—155 м в гранитах развиты агрегаты, состоящие из граната, пироксена, скаполита, амфибола и биотита. В одном из образцов титанит-плагиоклаз-пироксеновый скарноид амфиболизирован вдоль трещинок и рассечен кварц-плагиоклазовыми жилками, по том по трещинам прошла биотитизация.

На интервале 18.5—18.6 м скважины № 42 гранит с плагиоклазовыми жилками заполнения серицитизирован, причем серицит развился только по кварцу, не затронув калишпата и плагиоклаза (необычная ситуация!); калишпат стал пористым и белым, а плагиоклаз остался розовато-желтоватым.

Альбитизированный гранит на интервале 93.0—93.1 м скважины № 5 содержит 1—2 % мелких дипирамидальных кристаллов анатаза.

В керне скважины № 6 на интервале 92.2 м серицитолит по граниту состоит из двух серицитов — желтоватого расщепленного (по калишпату) и зеленоватого массивного (по плагиоклазу); в серицитолите есть мелкий анатаз.

В шахте на горизонте 90 м (штрек 3) взято несколько образцов (В-154). В двуполевошпатовом граните наблюдается красноватый плагиоклаз и побелевший калишпат (с большим количеством каналов и щелей в индивидах). Местами в граните видны пятна березитов с трещинами, заполненными зеленоватым серицитом с мелкими зеркальными кубиками пирита. В крупных трещинах на пороодообразующем кварце выросли бесцветные призматические кристаллы кварца, в последних зонах которых видны мелкие сферолиты клинохлора. Потом выросли пластинки кальцита, частично растворенные перед отложением таблитчатых расщепленных и скрученных индивидов бурого анкерита. В конце роста анкерит резко изменил форму: на пинакоиде {0001} появились трансляционные вершинные формы в виде спайноромбоэдрических зеленовато-серых наростов. Позднее все минералы покрылись плотной корочкой или массами серицита, после которых было частичное растворение серицита и нарастание амethysta на некоторых открывшихся участках (головках) кристаллов призматического кварца.

В образце В-176 (горизонт 90 м) на кристаллах амethysta обнаружены скопления розоватого стильбита. На этом же горизонте в скважине № 27 в жилке с призматическим бесцветным кварцем найден мелкий (до 0.2 мм) галенит и серый игольчатый минерал с металлическим блеском, который в полевых условиях был назван джемсонитом. Дебаеграмма его все же ближе к марриту (основные линии, d , $\square(I)$): 3.84(6), 3.43(10), 3.16(9), 3.00(6), 2.87(9), 2.74(8), 2.06(6), 2.01(6). Идеальная формула маррита $PbAgAsS_3$. Однако, химического исследования минерала в то время выполнить не удалось, кроме качественного определения свинца, мышьяка и серы.

Из шахты на горизонте 60 м взят образец сложного скарнового агрегата, состоящего из кварца, эпидота, кальцита, граната, диоксида, скаполита, хлорита, магнетита и пирита. В этом образце обнаружены индукционные поверхности одновременного роста между гранатом, кальцитом, эпидотом и кварцем. На других минералах поверхности оказались сложными, измененными пластическими деформациями.

Геолог В. Н. Кокоулин предложил для исследования образец (НШ-1), оказавшийся гранат-кальцитовой породой с пиритом. Между индивидами граната и кальцита вскрываются индукцион-

ные поверхности одновременного роста, а пирит образовал идиоморфные кубические метакристаллы.

В образце из шахты, являющемся частью жильного агрегата на березитизированном граните, видно (рис. 1): сначала на стенках полости выросли редкие кристаллики анатаза, затем рос бесцветный призматический кварц, потом карбонаты (розовый кальцит → зеленоватые спайные ромбоэдри анкерита → белый

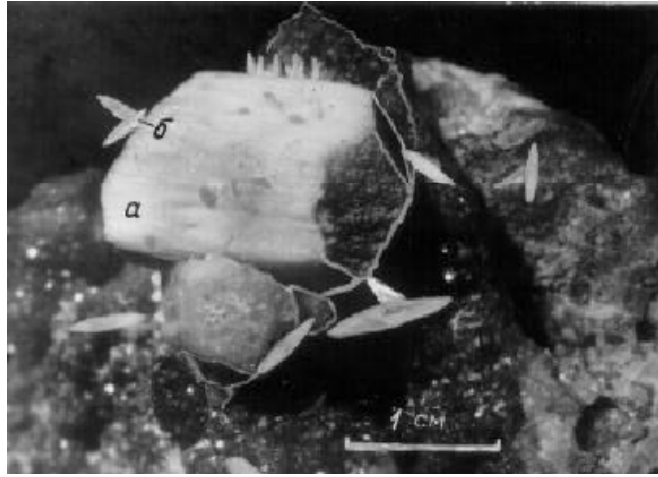


Рис. 1. Поздний кальцит в жильных полостях Ватихи:
а — белый короткопризматический; б — мутный желтоватый веретенообразный

короткопризматический кальцит → мутный желтоватый веретенообразный кальцит).

Интересный образец из шахты был в коллекции геолога Г. А. Корендясева. Первое впечатление — это друзы кристаллов пирита в виде кубов величиной до 1.2 см. С одной стороны друзы видна корочка кристаллов адуляра со сферокристаллами карбоната. Все кристаллы содержат включения «гельминтов» хлорита. Между всеми минералами наблюдаются индукционные поверхности одновременного или частично одновременного роста. Кристаллы адуляра слабо удлинены по оси [010], карбонат по составу отвечает анкериту, хлорит — клинохлору, пирит в конце роста начал выродиться в тетрагонтриоктаэдр (рис. 2). Этот парагенезис, по-видимому, следует отнести к грейзеновому.

В пробе из шахты (номер утерян) наблюдался внешне непривлекательный сложный агрегат из щели в граните: после сильного растворения порообразующего калишпата, на зерна магматического кварца narосли кристаллы бесцветного длиннопризматического кварца, на верхние грани которых narосли спайные ромбоэдры кальцита величиной до 13 мм, а потом выпал мелкочешуйча

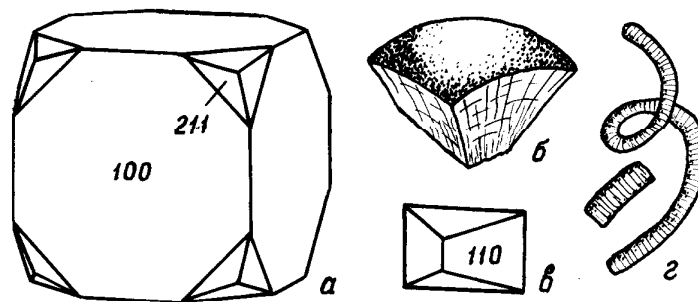


Рис. 2. Грейзеновый парагенезис из ранних жил Ватихи:
а — пирит; б — анкерит; в — адуляр; г — клинохлор

тый мусковит. Далее, на свободные нижние поверхности кристаллов кварца narос слой короткопризматического бесцветного кварца (рис. 3). Еще позднее на верхние поверхности агрегата narосла корочка мелких кристалликов спайноромбоэдрического анкерита. Гранит рассечен тонкими тре-

цинками, в которых наблюдается плотный зеленоватый серицит с кристалликами пирита {100}+{210}.

В образце В-2 на прозрачный удлиненнопризматический кварц naros хлорит, который позднее захвачен зоной короткопризматического бесцветного кварца, росшего частично одновременно с бурым анкеритом. Анкерит к концу роста расщепился, стал седловидным при таблитчатом габитусе поздних зон роста (рис. 4). На этот агрегат naros короткопризматический кальцит, который после тонкой пленки диккита начал резко вырождаться в веретеновидный мутный кальцит с расщеплением в поздних зонах роста.

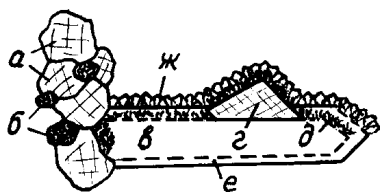


Рис. 3. Последовательная кристаллизация кварца и карбонатов:

а — полевого шпата; б — магматогенный кварц; в — длиннопризматический грейзеновый кварц; г — кальцит; д — мелкозернистый мусковит; е — короткопризматический кварц (периферическая зона); ж — корочка анкерита



Рис. 4. Таблитчатый расщепленный блочный анкерит на кварце.

Друза кристаллов аметиста с крупными кристаллами тупоромбоэдрического кальцита имеет номер Н-261. На аметист narosли мелкие зеркальные кубики пирита (иногда, с небольшими гранями октаэдра). Потом naros тупоромбоэдрический кальцит с резкой белой предпоследней зоной. На кальцит сверху naros мелкозернистый октаэдрический пирит. Там, где ранний пирит не перекрыт кальцитом, видно резкое его вырождение $\{100\} \rightarrow \{111\}$ с образованием трансляционных вершинных форм $\{111\}$ на $\{100\}$.

Сложная история кристаллизации записана в образце В-3052. В полости на зерна магматического кварца narosли кристаллы длиннопризматического слабо дымчатого кварца, в конце роста которых к ним присоединился пластинчатый кальцит (рис. 5). На кальцит местами выпал ромбоэдрический желтовато-зеленоватый анкерит с образованием мелких друз, потом — боченковидный мутный кальцит, после чего — плотная тонкая корочка каолинита. Крупный желтый тупоромбоэдрический кальцит позднее вырос только на свободных от каолинита нижних гранях пластинчатого кальцита. В периферической зоне роста кальцита началось расщепление кристаллов. Пирит в виде мелких кубиков naros на кальцит после остановки его кристаллизации.

В образце В-2862 желтый тупоромбоэдрический кальцит naros на аметист. При этом обнару-

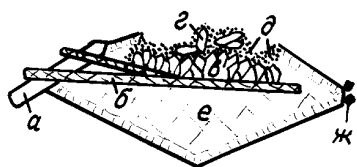


Рис. 5. Последовательность кристаллизации нескольких карбонатов:

а — длиннопризматический грейзеновый кварц; б — пластинчатый кальцит; в — анкерит; г — мутный кальцит; д — каолинит; е — тупоромбоэдрический желтый кальцит; ж — кубики пирита

жилось, что только с поздними зонами роста граней ромбоэдров у кварца есть небольшие индукционные поверхности с кальцитом, а призматические грани кварца

практически не росли. Следовательно, периферическая зона роста аметиста в этой полости соответствует длиннопризматическому кварцу (рис. 6), который не несет фиолетового цвета.

Для изучения анатомии кристаллов аметиста были распилены десятки индивидов, в которых отмечены разные случаи перехода от призматического бесцветного кварца к короткопризматическому аметисту. По анатомической картине можно выделить следующие типы кристаллов аметистов Ватихи:

1) крупные и средние кристаллы прозрачного аметиста без дымчатых пятен, без резких зон, нет трещин гетерометрии, почти нет газово-жидких включений, нет оптических напряжений, с почти гладкими гранями;

2) крупные и средние кристаллы с чередованием слабых аметистовых зон и резких узких дымчатых зон, с трещинами гетерометрии и газово-жидкими включениями;

3) крупные кристаллы аметиста с толстыми слоями-наплывами, пятнами дымчатой окраски, большим количеством газово-жидких включений и трещин гетерометрии;

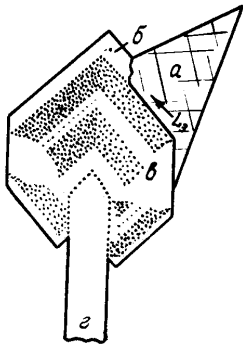


Рис. 6. Частичный одновременный рост тупоромбоэдрического кальцита (а) с периферической зоной призматического кварца (б) на аметисте (в), выросшем на вершине длиннопризматического кварца (г).

4) бесцветно-дымчатый пятнистый аметистовидный кварц, обычно многоглавые кристаллы (так называемые параллельные сростки), с грубой скульптурой, с включениями белой глины (в многочисленных случаях наблюдался нарост на аметист, то есть является наиболее поздним кварцем).

Во многих анатомических картинах аметистов видно, что аметистовый цвет распределен зонально и секториально. В зональности есть разные случаи появления аметистового цвета: сразу в месте начала роста скипетровидного нароста; в центре скипетра; на периферии скипетра. Появление бесцветных (хрусталевидных) зон и вариации габитуса бесцветных частей кристаллов тоже различны. Известность получили лишь некоторые эффектные типы аметистов Ватихи (рис. 7), образованные в участках выпадения части актов кристаллизации кварца (между длиннопризматическим и собственно аметистом). В этих участках везде перед ростом аметиста произошла кристаллизация серицита, каолинита или диккита, экранировавших поверхность длиннопризматических индивидов кварца. После этого в некоторых жилах слоистые силикаты частично растворены. Лишь на некоторых свободных или освобожденных от глины головках длиннопризматического кварца (рис. 7, б) начинали расти аметистовые части.

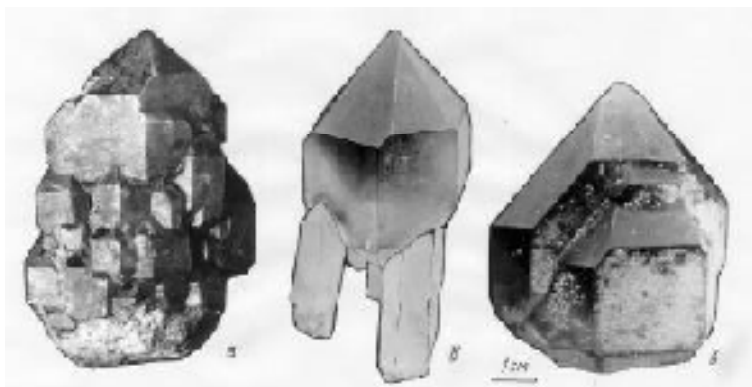


Рис. 7. Форма аметистов из разных полостей:

а — параллельный сросток («замок»); б — обрастание призматического кварца («тренога»); в — параллельный сросток с мелким наростом кальцитом (проявление гравитации).

На многих кристаллах аметиста в районе прикрепления их к «ножкам» видны следы отжимания глины росшими индивидами аметиста (уплотнение глины, слой-наплывы с отпечаточной поверхностью). При отжимании глины захватывались другие длиннопризматические кристаллы кварца. Поскольку на последних не было чистой поверхности (без пленки глины), то срастания с ними

аметиста не происходило. В некоторых случаях такие призматические кристаллики легко достаются из скипетра.

Очень разнообразны карбонаты Ватихи. Поздние карбонаты частично изучены на микрозоне [7]. Состав раннего кальцита из скарнов изучен нами в двух пробах — В-1 и НШ-1, соответственно (мас. %): СаО 53.40 и 53.77, MgO 0.55 и 0.70, MnO 0.42 и 0.15, Fe₂O₃ 0.31 и 0.24, СО₂ 43.83 и 43.64, нерастворимый остаток 0.30 и 0.48, сумма 98.81 и 98.98 (хим. лаб. Ильменского заповедника).

В целом, карбонаты кристаллизовались, начиная со скарнов, в условиях разных минеральных формаций вплоть до конца аргиллизитовой. Образовались кальциты, анкериты, доломиты и сидериты. По разрозненным наблюдениям удалось частично проследить лишь смену формы кристаллов кальцита: таблитчатый (почти папиришпат) → спайноромбоэдрический → короткопризматический → тупоромбоэдрический → веретенновидный (длиннопризматический).

Очевидно, разнообразны и другие минералы Ватихи, но по ним очень мало данных. Например, пирит менял форму многократно. Неполный хронологический ряд его выглядит так: {100} → {321} → {100+210} → {100} → {111}. Многократно менялась форма кварца, хотя статистически ранний грейзеновый и березитовый кварц — длиннопризматический и удлиненнопризматический, а поздний (аргиллизитовый) — короткопризматический. Особенно скудны сведения по грейзеновым минералам (часть раннего кварца, ранние мусковит и пирит, адуляр, хлорит, анатаз, брукит). Среди минералов березитов, кроме кварца, серицита и пирита, есть карбонаты, галенит, халькопирит, маррит (?) и другие. Слабо изучены слоистые силикаты, минералы глин, поздние минералы.

Приведенные материалы показывают сложную историю минералообразования на месторождении Ватиха. Участки, продуктивные на высококачественный аметист, кажутся оригинальными. Однако, в целом, поздний период развития системы достаточно обычен: от высоких температур минералообразования к низким на фоне неоднородно развивающейся трещинной системы с изменением направления деформаций. Мурзинское аметистоносное поле имеет огромные размеры в плане [7] и, по-видимому, должно иметь достаточно большую глубину развития минерализации (аналогично, например, в Березовском рудном поле аметисты встречаются как на поверхности, так и в керне скважин на глубине более километра).

Названные в книге [7] вопросы и парадоксы, относящиеся к оригинальности аметистообразования Ватихи, объясняются историей развития конкретных участков трещинных структур. Между кристаллизацией бесцветных призматических кварцев и короткопризматических аметистов в конкретных участках всегда был разрыв с отложением серицита, карбонатов, пирита, глинистых минералов. Но в целом в гидротермальной системе прекращения минералообразования не было. Поскольку до отложения кварца с аметистовой окраской часто рос бесцветный кварц разного габитуса, то в препаратах далеко не всегда можно четко разграничить ранний березитовый кварц и поздний аргиллизитовый кварц, тем более, что не существует точно определенных цифр температуры перехода березитовой формации в аргиллизитовую. На месторождении неоднократно происходило растворение порообразующих и жильных минералов, как ранних, так и поздних.

Судя по форме кристаллов, раннее минералообразование происходило, преимущественно, в слабощелочных-щелочных средах, позднее (в процессе аргиллизации) — в нейтральных средах [2]. Ясно, что для образования центров аметистовой окраски в кварце необходимы не только ионы железа и низкие температуры [7], нейтральная среда, но и особый тип строительных частиц, который возникает при определенной комбинации физических условий и химизма среды. Аметистовые предцентры окраски заложены уже в строительных частицах, которые встраиваются только в пирамиды нарастания граней ромбоэдров, причем пирамиды роста разных ромбоэдров часто различаются интенсивностью фиолетовой окраски. Другие строительные частицы идут на образование бесцветного кварца в пирамидах нарастания этих же ромбоэдров. Третьи частицы образуют «горный хрусталь» в пирамидах нарастания граней гексагональной призмы. Центры аметистовой окраски являются ростовыми и весьма «нежными» образованиями, поскольку термическая обработка выше 300 °С ведет к необратимому их исчезновению. Отсюда ясно, что не всякие атомы железа в структуре кварца дают аметистовую окраску. Важна форма его вхождения в кварц — сорт строительной частицы, сформированной средой кристаллизации.

К настоящему времени минеральный кадастр Ватихи составляют 46 минералов (в алфавитной последовательности): адуляр, актинолит, алланит (ортит), альбит, альмандин, анальцит, анатаз, андезин, андрадит, анкерит, апатит, биотит, брукит, галенит, геденберgit, гематит, графит, гипс, гетит, диксит, диопсид, доломит, иллит, кальцит, каолинит, кварц, клинохлор, лабрадор, магнетит, маррит (?), микроклин, монацит, монтмориллонит, мусковит (серицит), олигоклаз, ортит, пирит, псиломелан, рутил, сидерит, стильбит, скаполит, титанит, феррогорнблендит (роговая обманка),

халькопирит, циркон, эпидот. Минералы несут признаки многократного отложения и растворения, пластических и хрупких деформаций. В целом, в гидротермальной системе частично сохранились щели и гнезда с аметистами. Значительно большая часть прозрачного кварца (в том числе, с аметистовой окраской) и карбоната превращена в мутный жильный агрегат. Кондиционный аметист обязан своим происхождением не только благоприятным физико-химическим условиям в гидротермальной системе, но и конкретному онтогенезу минерала в разных участках системы.

Литература

1. *Емлин Э. Ф.* Самоцветная полоса Урала: приключение, которое никогда не кончается // Мир камня, 1996, № 10. С. 4—14.
2. *Попов В. А.* Практическая кристалломорфология минералов. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1984. 190 с.
3. *Сазонов В. Н., Аринштейн М. В.* Пространственные и возрастные соотношения продуктов метасоматоза с аметистовой минерализацией (на примере месторождения Ватиха, Средний Урал) // Метасоматические формации и фации. Свердловск, УНЦ АН СССР, 1979. С. 77—86.
4. *Сорокин Ю. П.* Относительное изменение количества вещества при околожильном метасоматизме // Тр. Тюменск. индустр. ин-та, 1968, вып. 1. С. 58—63.
5. *Сорокин Ю. П.* Месторождение аметистов Ватиха (Средний Урал) // Тр. Тюменск. индустр. ин-та, 1968, вып. 1. С. 70—79.
6. *Сорокин Ю. П.* Минералогия жил метаморфогенного генезиса // Межвуз. темат. сб. Тюменск. индустр. ин-та, 1976, № 51. С. 68—89.
7. *Таланцев А. С., Рябков В. Н.* Генезис аметистовой минерализации на месторождении Ватиха (Средний Урал). Свердловск: УрО АН СССР, 1989. 59 с.