

МИКРОСТРУКТУРЫ ЖИЛЬНОГО КВАРЦА ЭПИТЕРМАЛЬНОГО СЕРЕБРЯНОГО РУДОПРОЯВЛЕНИЯ АИД (ТАРЫНСКИЙ СУБВУЛКАНИЧЕСКИЙ МАССИВ, ВОСТОЧНАЯ ЯКУТИЯ)

О. А. Суставов

Vein quartz microtextures at the epithermal silver occurrence Aid (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)

O. A. Sustavov

New data about the microtextural features and the formation conditions of the varieties of vein quartz at the occurrence Aid, listed below in the order reflecting the sequence of their formation.

Fine-grained *hypidiomorphic quartz* – complicated by oriented at different angles to each other the extended along c-axis individuals with close to linear boundaries; often occurs in isolation from other varieties of quartz, mainly on the periphery of the occurrence. Crypto- and fine-grained hypidiomorphic quartz is usually heavily soiled with mineral impurities; was precipitated from solutions involving products of rocks fine grinding in fault zones.

Medium-grained parallel-columnar (“comb”) quartz – aggregate of elongated along the c-axis individuals, growing on the walls of the veins; it is characterized by recurrent capture of large number of fluid inclusions during the growth and by the subhomboidal splitting of individuals. Micro-crypto-grained splitted (“chalcidonic”) quartz is characterised by a fanlike or similar to the cross the extinction of grains; it forms veins, often crossing the hypidiomorphic and comb quartz.

Substantiates the link of succession of unsplit hypidiomorphic to splitted comb and chalcidonic quartz with the increasing of speeds of solutions, their acidity and the degree of silica supersaturation.

The presence of kaolinite argillizites and chalcidonic quartz, and the existence in chalcidonic quartz and in injection cocade breccias born with some of the deep the fragments of fine-banded quartz veins with dense impregnation of ore minerals provide an indication of a small depth of erosion at the occurrence.

Keywords: Eastern Yakutia; silver mineralization; vein quartz; comb quartz; chalcidonic quartz; splitting of quartz.

Приводятся новые данные о микроструктурных особенностях и условиях образования разновидностей жильного кварца рудопроявления Аид, перечисленных далее в порядке, отражающем последовательность их образования. Мелкозернистый гипидиоморфный кварц сложен ориентированными под различными углами друг к другу удлиненными по оси с индивидами с близкими к прямолинейным ограничениями; нередко встречается отдельно от других разновидностей кварца, преимущественно по периферии рудопроявления. Крипто- и мелкозернистый гипидиоморфный кварц обычно сильно загрязнен минеральными примесями; отлагался из растворов, захватывавших продукты тонкого измельчения пород в зонах разломов. Средне-мелкозернистый параллельно-шестоватый («гребенчатый») кварц – агрегат вытянутых по оси с индивидов, нарастающих на стенки жил; ему свойствен периодический захват при росте большого количества флюидных включений и субромбоздрическое расщепление индивидов. Микро-криптозернистый расщепленный («халцедоновидный») кварц характеризуется веерообразным или крестоподобным угасанием относительно крупных зерен; образует жилы, нередко пересекающие гипидиоморфный и гребенчатый кварц. Обосновывается связь последовательной смены нерасщепленного гипидиоморфного кварца расщепленными гребенчатым и халцедоновидным кварцем с увеличением скоростей перемещения растворов, возрастанием их кислотности и степени пересыщения кремнеземом. Присутствие на рудопроявлении каолиновых аргиллизитов и халцедоновидного кварца, а также наличие в халцедоновидном кварце и в инъекционных кокардовых брекчиях принесенных с некоторых глубин обломков тонкополосчатых кварцевых жил с густой вкрапленностью рудных минералов служат указанием на малую глубину эрозивного среза рудопроявления.

Ключевые слова: Восточная Якутия; серебряное оруденение; жильный кварц; гребенчатый кварц; халцедоновидный кварц; расщепление кварца.

Рудопроявление Аид, содержащее эпитермальное серебряное оруденение серебро-сурьмяного типа [1, 2], находится в юго-восточной части Верхояно-Кольской орогенной области, в пределах крупного (площадью 1500 км²) Тарынского субвулканического массива раннемеловых гиперстеновых дацитов (рис. 1). В рудных телах, приуроченных к брекчиевым и прожилково-жильным зонам, окруженным метасоматически измененными породами, выделяются арсенопирит-пиритовая, галенит-сфалерит-халькопиритовая и пираргирит-фрейбергитовая рудные минеральные ассоциации [1–3].

Метасоматически измененные породы наблюдаются на данном рудопроявлении в коренных выходах на поверхность и в виде обломков в различных цементируемых кварцем брекчиях – в том числе в гидротермальных инъекционных брекчиях (рис. 2), в которых обломки пород принесены с некоторых глубин ниже современного эрозивного среза [4–6]. Породы в коренных выходах и в обломках представляют собой преимущественно измененные дациты, которые можно представить следующим рядом: гидрослюдисто-хлоритовые пропилиты, хлорит-кварцевые метасоматиты (хлоритсодержащие гидротермальные кварциты),

адюляризированные породы, гидрослюдистые и каолинит-гидрослюдистые аргиллизиты, каолиновые аргиллизиты. Преобладающим распространением, как и на многих других эпитермальных месторождениях [7], пользуются гидрослюдистые и каолинит-гидрослюдистые аргиллизиты.

Исходные гиперстеновые дациты, не подверженные указанным метасоматическим изменениям, состоят из вкрапленников плагиоклаза, гиперстена, биотита и основной массы, содержащей калиевый полевой шпат и кварц. В пропилизированных породах плагиоклаз вкрапленников сильно серицитизирован, темноцветные минералы почти полностью замещены хлоритом, калиевый полевой шпат основной массы пелитизирован. На дифрактограммах полученной отмучиванием тонкой фракции диагональных под микроскопом каолиновых аргиллизитов (в ориентированных и неориентированных препаратах) имеются максимумы 0,718–0,719 нм, которые исчезают при прокаливании при 650 °С, что подтверждает наличие каолинита. На дифрактограммах каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов наблюдаются максимумы 1,02 и 0,718 нм. После прокаливании при 650 °С первый максимум остается, а второй исчезает, из чего можно сделать вывод, что в породе присутствуют слюдястый минерал (судя по форме максимума, он представлен гидрослюдой) и каолинит (аналитик Н. Г. Сапожникова), что подтверждает микроскопическую диагностику пород.

Разновидности жильного кварца рудопроявления Аид частично описаны автором ранее [6, 8–10], ряд сведений о кварце рудопроявления имеется в работах [2, 11, 12]. В настоящей статье приводятся новые данные о микроструктурных особенностях и условиях образования разновидностей жильного кварца, некоторые из которых отмечаются впервые, а также рассматриваются установленные при изучении кварца признаки развития оруденения на глубину.

Жильный кварц характеризуется в данной статье на основании наблюдений в шлифах под микроскопом: по размеру зерен (в поперечнике) выделяется *средне-* (1–5 мм), *мелко-* (0,2–1 мм), *микро-* (0,02–0,2 мм) и *криптозернистый* (менее 0,02 мм) кварц; по форме и степени идиоморфизма индивидов – *параллельно-шестоватый* и *гипидиоморфный* кварц; по наличию или отсутствию выявляемого под микроскопом расщепления индивидов [6, 13, 14] – *расщепленный* и *нерасщепленный* кварц. Разновидности кварца, присутствующие на рудопроявлении, рассматриваются далее в порядке, в целом (с некоторыми отклонениями) отражающем последовательность их образования на рудопроявлении.

Мелкозернистый гипидиоморфный [8, 15] (subhedral [14]) кварц (ГК.) сложен ориентированными под различными углами друг к другу удлиненными по оси с индивидами с близкими к прямолинейным ограничениями; между этими индивидами располагаются зерна с сечениями изометричной и неправильной формы (рис. 3, а). Индивиды кварца нерасщепленные (хотя некоторым крупным зернам иногда свойственно слабое периферическое расщепление), выросшие из зародышей, располагавшихся преимущественно не на стенках, а внутри объема жильных полостей [8].

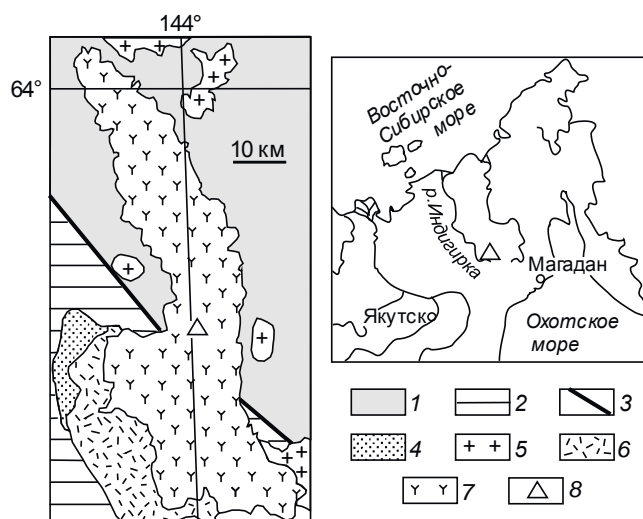


Рисунок 1. Местоположение и схема геологического строения района (по [19], с изменениями). 1 – Кулар-Нерский террейн; 2 – Верхоянский складчато-надвиговый пояс; 3 – Адыча-Тарынский разлом; 4 – верхнеюрские вулканогенно-осадочные образования; 5 – гранодиорит-гранитные, амаделлит-гранитные и диорит-гранодиоритовые плутоны; 6 – риолитовый комплекс; 7 – Тарынский субвулкан; 8 – рудопроявление Аид / **Figure 1.** The location and scheme of the geological structure (according to [19], as amended).

Мелкозернистый гипидиоморфный кварц нередко встречается отдельно от других разновидностей кварца, особенно на западном и южном флангах рудопроявления; характерно его присутствие в жилах, залегающих среди хлорит-кварцевых и гидрослюдистых метасоматитов.

Микро- и криптозернистый гипидиоморфный кварц (ГК₂) – рис. 3, б. Нередко сильно загрязнен мелкими обломками пород и чешуйками глинистых минералов – в некоторых случаях минеральных включений может быть больше, чем кварца.

ГК₂, густо насыщенный глинистыми минералами (в виде отдельных чешуек размерами не более 1 мкм, их скоплений, а также мелких обломков аргиллизированных дацитов), иногда заполняет промежутки между разобщенными между собой крупными кристаллами кварца (рис. 4). В этом случае в наиболее обширных промежутках между крупными кристаллами наблюдаются признаки слоистости ГК₂ (ориентированной под углом к стенке жилы), фиксируемой чередованием ГК₂ с обломками породы разного размера (рис. 4) и направленностью присутствующих в ГК₂ уплощенных обломков породы.

Средне-мелкозернистый параллельно-шестоватый («гребенчатый») кварц (ПК) сложен вытянутыми вдоль оси с индивидами, ориентированными субперпендикулярно обрастаемым поверхностям (параллельно-шестоватые агрегаты 1 типа, по Д. П. Григорьеву [8]) – рис. 4 (см. также [9, 10]).

Как показано в [8–10], рост агрегатов гребенчатого кварца нередко начинается с образования на стенках полостей мелких, разобщенных между собой нерасщепленных призматических кристалликов кварца (сходных с индивидами ГК). В ходе последующего роста этих индивидов в их крайних частях появляется расщепленный кварц с «перистым» [14] угасанием, состоящий из слабо разориентированных между собой субиндивидов, удлиненных поперек граней ромбоэдров. В образующемся таким образом агрегате гребенчатого кварца основную часть объема занимает нерасщепленный кварц осевых частей индивидов, а расщепленный кварц образует чехлы определенной толщины по краям индивидов [8–10].

Расщепление (а также густое замутнение первичными флюидными включениями) часто развито в агрегатах гребенчатого кварца полосами, параллельными обрастаемым поверхностям. В жиле, изображенной на рис. 4, имеется полоса расщепления и густого замутнения флюидными включениями, которая находится на расстоянии около 2 мм от стенки жилы. Она располагается между зоной приальбандового геометрического отбора и зоной, образованной отдельными крупными кристаллами кварца. Расщепление и густое замутнение в этой полосе нередко приурочены к дефектным пирамидам нарастания граней гексагональной призмы [8], появляющимся в верхней части зоны геометрического отбора.

В данной жиле присутствует также инъекционная кокардовая брекчия (верхняя часть рис. 4), в которой на обломки пород и «комки» ГК₂ нарастают корки мелкогребенчатого кварца (поперечник индивидов до 0,5 мм). В корках этого кварца также имеются параллельные обрастаемым поверхностям полосы, густо насыщенные флюидными включениями, подобные полосе в основании основной друзы. Эти полосы могут быть

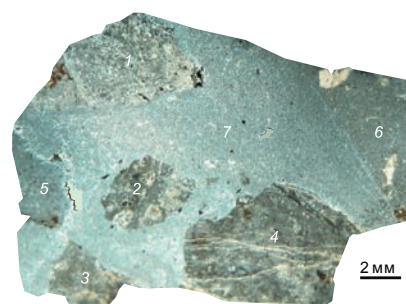


Рисунок 2. Гидротермальная инъекционная брекчия: обломки каолинит-гидрослюдистых аргиллизитов по дацитам различной структуры 1–4 и обломки сильно загрязненного минеральными примесями халцедоновидного (см. далее) кварца 5, 6 цементируются более чистым халцедоновидным кварцем 7; николи скрещены / **Figure 2.** The hydrothermal injection breccia: fragments of kaolinite-hydromicaceous argillites by dacites on different structures (1–4) and fragments of heavily soiled with mineral impurities chalcedonic (see below) quartz (5, 6) cemented by cleaner chalcedonic quartz (7); nicols are crossed.

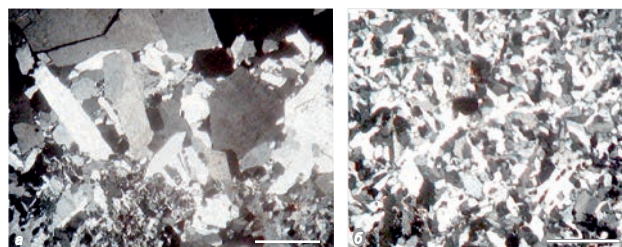


Рисунок 3. Гипидиоморфный кварц: а – мелкозернистый (масштабный отрезок – 1 мм); б – микрозернистый (масштабный отрезок – 0,3 мм); николи скрещены / **Figure 3.** Subhedral quartz.

приурочены к основаниям корок мелкогребенчатого кварца и к местам стыков корок, растущих навстречу друг другу.

С гипидиоморфным кварцем гребенчатый кварц в большинстве случаев пространственно разобщен. В случаях совместного нахождения гипидиоморфный кварц нередко является несколько более ранним, чем гребенчатый. Так, рост агрегатов гребенчатого кварца может начинаться, как отмечено ранее, с образования мелких разноориентированных нерасщепленных кристалликов кварца, сходных с индивидами, образующими гипидиоморфный кварц. Иногда встречается переходные разновидности между гипидиоморфным и гребенчатым кварцем [8].

Микро- и криптозернистый расщепленный («халцедоновидный») кварц (ХК) сложен зернами размерами менее 0,1 мм в поперечнике. Наиболее мелкие зерна имеют преимущественно неправильную форму, относительно крупные зерна часто вытянуты по оси. Расщепление кварца в относительно крупных зернах проявляется в плавном веерообразном или крестоподобном угасании зерен [8]; в связи с наличием постепенных переходов от микрозернистых к криптозернистым агрегатам наличие расщепления можно предполагать и в наиболее мелких зернах (размером меньше толщины шлифа).

Халцедоновидный кварц чаще всего встречается отдельно от гребенчатого и гипидиоморфного кварца, а в случаях совместного нахождения может пересекать эти разновидности кварца (рис. 5, а); отмечается нарастание ХК на отдельные кристаллы ГК (рис. 5, б). С крипто-микрозернистым гипидиоморфным кварцем ХК иногда связан постепенными переходами.

Минеральные примеси в халцедоновидном кварце представлены главным образом глинистыми минералами и обломками пород (преимущественно мелкими, размерами до 0,2–0,3 мм). Наиболее сильно загрязнен минеральными включениями криптозернистый ХК, количество включений в котором иногда достигает 10–20 % и более. Криптозернистый ХК нередко содержит каолинит и цементирует обломки каолинитовых аргиллизитов. Микрозернистый ХК содержит меньше минеральных включений, обломки пород в нем нередко разнородные и округленные, иногда присутствуют адуляр и замещенный кварцем пластинчатый кальцит.

В некоторых случаях микрозернистый халцедоновидный кварц образует глобулы размерами до 5–8 см, в промежутках между которыми наблюдаются принесенные растворами инородные обломки, в том числе обломки богатых рудными минералами тонкополосчатых кварцевых агрегатов (рис. 6, а). В этих агрегатах наблюдаются ритмы, начинающиеся с частично расщепленного друзового кварца и завершающиеся цементирующим друзовый кварц микрозернистым (0,02 мм) гипидиоморфным кварцем, густо насыщенным рудными минералами (рис. 6, б). Эти облом-



Рисунок 4. Призальбандовый участок жилы: гребенчатый кварц 1 с зоной расщепления и густо замутнения флюидными включениями 2 цементируется микрозернистым гипидиоморфным кварцем с обломками пород размерами до 0,02 мм 3 и до 1 мм 4, а затем перекрывается кокардовой брекчией (5 – наиболее крупные обломки пород) с поздним мелкогоребенчатым кварцем (6, черное – густо замутнение флюидными включениями) / **Figure 4.** Near-wall vein portion.

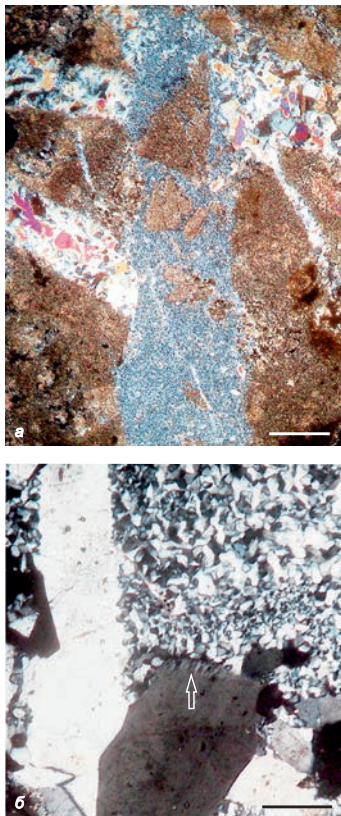


Рисунок 5. Взаимоотношения халцедоновидного и гипидиоморфного кварца: а – жилы гипидиоморфного кварца (переходного к гребенчатому – см. [8]) пересекаются жилой криптозернистого ХК с обломками вмещающего дацита (в свою очередь пересеченной тонким кварцевым прожилком); утолщенный шлиф (масштабный отрезок – 0,3 мм); б – микрозернистый ХК цементирует призальбандовую корку кристаллов ГК; стрелка – расщепление наружной зоны роста кристалла ГК, (масштабный отрезок – 0,1 мм) / **Figure 5.** Relations between chalcedonic quartz and subhedral quartz.

ки были, вероятно, принесены растворами, поступавшими при образовании ХК (см. далее) с более глубоких горизонтов рудопроявления. Подобные густо насыщенные рудными минералами обломки наблюдаются также в ряде инъекционных кокардовых брекчий (подобных изображенной на рис. 4), где они, вместе с другими обломками, обрастают каймами гребенчатого кварца.

Условия образования разновидностей кварца и выводы

Известно, что формирование эпitherмального оруденения рассма-

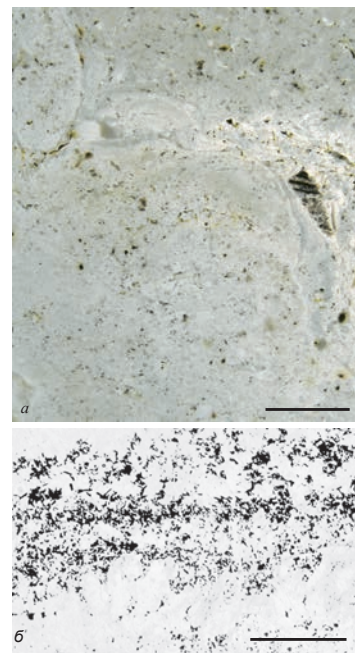


Рисунок 6. Кварц из тонкополосчатых жил с густой вкрапленностью рудных минералов: а – обломок (справа) между почковидными выделениями халцедоновидного кварца (пластина толщиной 1,5 мм), масштабный отрезок – 10 мм; б – кварц, густо насыщенный рудными минералами (черное), из другого подобного обломка (шлиф, без анализатора), масштабный отрезок – 0,5 мм / **Figure 6.** Quartz from the fine-banded veins with dense impregnation of ore minerals.

триваемого типа происходит в близповерхностных условиях (на глубинах до 1–2 км от поверхности), в верхних частях высокотемпературных гидротермальных систем [16, 17] – в условиях, сходных с наблюдаемыми в современных геотермальных областях. Воды, циркулирующие при образовании подобного эпitherмального оруденения, являются преимущественно метеорными, хотя имеется также приток магматических флюидов. На глубине эти воды в большинстве случаев близки к насыщению кремнеземом до состояния равновесия с кварцем [5]; из растворенных газов они содержат преимущественно CO₂.

Кварц в рассматриваемой эпitherмальной обстановке отлагается из поднимающихся насыщенных кремнеземом растворов, температура которых по мере подъема понижается (в связи с кондуктивной потерей тепла и кипением, обусловленным падением давления при переходе растворов на малые глубины) [5]. О кипении растворов при образовании гребенчатого кварца свидетельствует, в частности, одновременное присутствие в нем первичных флюидных включений с разной степенью наполнения, а также двухфазных включений совместно с включениями с жидкой CO₂ и с минералами-узниками [6]. «Неспокойный» рост гребенчатого кварца, проявляющийся, в частности, в периодическом захвате большого количества включений кристаллообразующих растворов и периодическом расщеплении индивидов гребенчатого кварца [8, 10], может быть связан с обычными в эпitherмальных условиях резкими градиентами давления и температуры (нередко связанными с сейсмичностью и гидротермальными извержениями [16, 17]).

Халцедоновидный кварц образуется, по видимому, при более высоком пересыщении растворов кремнеземом по сравнению с гребенчатым кварцем [8]. По [5], высокое пересыщение кремнеземом в эпitherмальной обстановке нередко свойственно быстро поднимающимся наиболее глубинным растворам, которые в силу достаточно высоких исходных температур наиболее сильно насыщались кремнеземом в исходном резервуаре. Отлагавшийся ранее гребенчатый кварц кристаллизовался, вероятно, из растворов с более низкими концентрациями кремнезема, что могло быть обусловлено меньшими скоростями подъема этих растворов (при медленном подъеме в результате взаимодействия с вмещающими породами растворы несколько теряют первоначальную насыщенность кремнеземом) или же поступлением растворов с меньших глубин (где температуры ниже и растворы слабее насыщаются кремнеземом). Кроме того, колебания степени насыщения растворов кремнеземом могут быть связаны с изменением интенсивности кипения [9] (на кипение растворов при образовании халцедоновидного кварца указывает, в частности, присутствие в нем адюляра и кварцевых псевдоморфоз по пластинчатому кальциту [16]), а также, вероятно, и с другими причинами.

Кристаллизация мелкозернистого гипидиоморфного кварца могла происходить из приуроченных к более обширным площадям «квази-

стационарных» [17] относительно медленно текущих [16], слабее пересыщенных кремнеземом и менее кислых растворов (последнее отмечено ранее для гипидиоморфного кварца, развитого вблизи золото-серебряного рудопоявления Альфа в Куларском районе Восточной Якутии [13]). На рудопоявлении Аид указанные условия, по-видимому, имели место, в частности, в периферических частях рудопоявления, в том числе в жилах, залегающих среди хлорит-кварцевых метасоматитов. Таким образом, переход от нерасщепленного мелкозернистого гипидиоморфного кварца к расщепленному гребенчатому, а затем к халцедоновидному кварцу можно связывать с увеличением скорости перемещения растворов [5, 16], возрастанием их кислотности и степени пересыщения кремнеземом [8, 13]. Крипто- и микрозернистый ГК₂, загрязненный минеральными примесями, отлагался, по-видимому, из растворов, захватывавших продукты тонкого измельчения пород в зонах разломов.

На эпитермальных золото-серебряных месторождениях с увеличением глубины кварц-каолинитовые метасоматиты обычно сменяются гидрослюдисто-кварцевыми и кварц-адуляровыми метасоматитами [18]. Исходя из этого, присутствие на данном рудопоявлении каолинитовых аргиллизитов можно рассматривать как указание на то, что в данном случае обнажается верхняя часть оруденелой зоны (заключение о незначительности эрозионного среза данного рудопоявления, основанное на характере минеральных ассоциаций рудных тел и метасоматитов, ранее также сделано в работе [3]). К выводу о малом эрозионном срезе можно прийти и на основании широкого распространения на рудопоявлении халцедоновидного кварца – по [18], отложение халцедоновидного кварца обычно происходит в верхних частях золото-серебряных месторождений. В качестве прямого признака наличия оруденения на нижележащих горизонтах рудопоявления можно, по-видимому, рассматривать отмеченное ранее присутствие в халцедоновидном кварце и инъекционных кокардированных брекчиях принесенных с некоторых глубин обломков тонкополосчатых кварцевых жил с густой вкрапленностью рудных минералов (рис. 6).

Автор благодарен Н. Г. Сапожниковой (УГГУ) за проведение рентгеноструктурных анализов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гамянин Г. Н., Горячев Н. А., Бортников Н. С., Аникина Е. Ю. Типы серебряного оруденения Верхояно-Колымских мезозойд // Тихоокеанская геология. 2003. № 6. С. 113–126.
2. Горячев Н. А., Гамянин Г. Н., Прокофьев В. Ю. и др. Серебро-сурьмяная минерализация Яно-Колымского пояса (Северо-Восток России) // Тихоокеанская геология. 2011. № 2. С. 12–26.
3. Гамянин Г. Н. Типы золоторудных месторождений Восточной Якутии // Вопросы рудоносности Якутии. Якутск: Изд-во ЯФ СО АН СССР, 1974. С. 5–34.
4. Калинин А. И., Ольшевский В. М., Костырко Н. А., Болдырев М. В. Инъекционные брекчии на близповерхностных месторождениях Северо-Востока СССР и их значение при локальном прогнозе // Тихоокеанская геология. 1986. № 1. С. 71–82.
5. Fournier R. O. Silica minerals as indicators of conditions during gold deposition // U. S. Geological Survey Bulletin. 1985. № 1646. P. 15–26.
6. Суставов О. А. Серебряная минерализация и некоторые особенности жильного кварца (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // Изв вузов. Геология и разведка. 1990. № 1. С. 32–35.
7. Русин В. Л. Метасоматические процессы в вулканических толщах. М.: Наука, 1989. 214 с.
8. Суставов О. А. Структуры кристаллизации кварца в жильных полостях / Урал. минералог. школа-2005. Екатеринбург: УГГУ, 2005. 93 с.
9. Суставов О. А. Халцедон-кварцевая жила на эпитермальном серебряном рудопоявлении Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) / Урал. минералог. школа-2014. Екатеринбург: Ин-т геологии и геохимии УрО РАН, 2014. С. 235–239.
10. Суставов О. А. Некоторые разновидности кварца эпитермальных серебряных проявлений Тас-Кыстабытского магматического комплекса (Якутия): строение агрегатов, ИК-спектры, рентгенолюминесценция // Изв. вузов. Геология и разведка. 2015. № 6. С. 45–49.
11. Гамянин Г. Н. Минералогический аспект золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд. М.: ГЕОС, 2002. 222 с.
12. Суставов О. А. Катаклаз и пластическая деформация кварца на эпитермальном серебряном рудопоявлении Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // Литосфера. 2015. № 3. С. 135–142.
13. Суставов О. А. Расщепление кварца при формировании золото-серебряного оруденения в терригенных толщах (Восточная Якутия) // Докл. АН СССР. 1991. Т. 318, № 3. С. 717–720.
14. Adams A. A microscopic study of vein quartz // Econ. Geol. 1920. Vol. 15, № 8. pp. 623–664.
15. Малишевская А., Рыка В. Петрографический словарь. М.: Недра, 1989. 590 с.

Олег Анатольевич Суставов,

olsustavov@mail.ru

Уральский государственный горный университет
Россия, Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30

16. Simmons S. F., White N. C., John D. A. Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits // Econ. Geol. 2005. Vol. 100. P. 485–522.
17. Rowland J. V., Simmons S. F. Hydrologic, magmatic, and tectonic controls on hydrothermal flow, Taupo volcanic zone, New Zealand: Implications for the formation of epithermal vein deposits // Econ. Geol. 2012. Vol. 107. pp. 427–457.
18. Гончаров В. И., Сидоров А. А. Термобарогеохимия вулканогенного рудообразования. М.: Наука, 1979. 207 с.
19. Тектоника, геодинамика и металлогения территории республики Саха (Якутия) / отв. ред. Л. М. Парфенов, М. И. Кузьмин. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.

REFERENCES

1. Gamyani G. N., Goryachev N. A., Bortnikov N. S., Anikina E. Yu. 2003, *Tipy serebryanogo orudneniya Verkhoyano-Kolymykh mezozyoid* [Types of silver mineralization of Verkhoyansk-Kolyma Mesozooid], *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 6, pp. 113–126.
2. Goryachev N. A., Gamyani G. N., Prokofev V. Yu. et al. 2011, *Serebryano-sur'myanaya mineralizatsiya Yano-Kolymykh poyasa (Severo-Vostok Rossii)* [The silver-antimony mineralization of the Yana-Kolyma belt (Northeast Russia)], *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 2, pp. 12–26.
3. Gamyani G. N. 1974, *Tipy zolotorudnykh mestorozhdeniy Vostochnoy Yakutii* [Types of gold deposits of Eastern Yakutia]. *Voprosy rudoznosti Yakutii* [Problems of Mineral Ore Resources of Yakutia], Yakutsk, pp. 5–34.
4. Kalinin A. I., Ol'shevskiy V. M., Kostyrko N. A., Boldyrev M. V. 1986, *In'ektsionnye brekchii na blizpoverkhnostnykh mestorozhdeniyakh Severo-Vostoka SSSR i ikh znachenie pri lokal'nom prognoze* [Injection breccias on the near-surface deposits of North-East of the USSR and their importance in the local forecast]. *Tikhookeanskaya Geologiya* [Russian Journal of Pacific Geology], no. 1, pp. 71–82.
5. Fournier R. O. 1985, Silica minerals as indicators of conditions during gold deposition. *US Geological Survey Bulletin*, no. 1646, pp. 15–26.
6. Sustavov O. A. 1990, *Serebryanaya mineralizatsiya i nekotorye osobennosti zhil'nogo kvartsa (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya)* [Silver mineralization and some features of vein quartz (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)]. *Izv. vuzov. Geologiya i razvedka* [Proceedings of the Higher Schools. Geology and Exploration], no. 1, pp. 32–35.
7. Rusinov V. L. 1989, *Metasomaticheskie protsessy v vulkanicheskikh tolshchakh* [Metasomatic processes in the volcanic strata], Moscow, 214 p.
8. Sustavov O. A. 2005, *Struktury kristallizatsii kvartsa v zhil'nykh polostyakh* [Structures of quartz crystallization in vein cavities], *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola – 2005* [Ural Mineralogical School – 2005], Ekaterinburg, 93 p.
9. Sustavov O. A. 2014, *Khaldsedon-kvartsevaya zhila na epitermal'nom serebryanom rudoproyavlenii Aida (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya)* [Chalcedonic quartz vein on the epithermal silver ore occurrence Aida]. *Ural'skaya mineralogicheskaya shkola – 2014* [Ural Mineralogical School – 2014], Ekaterinburg, pp. 235–239.
10. Sustavov O. A. 2015, *Nekotorye raznovidnosti kvartsa epitermal'nykh serebryanykh proyavleniy Tas-Kystabyt'skogo magmaticheskogo kompleksa (Yakutiya): stroenie agregatov, IK-spektry, rentgenoluminesentsiya* [Some varieties of quartz of epithermal silver occurrences of Tas-Kystabyt magmatic belt (Yakutia): textures, IR-spectra, X-ray luminescence]. *Izv. vuzov. Geologiya i razvedka* [Proceedings of the Higher Schools. Geology and Exploration], no. 6, pp. 45–49.
11. Gamyani G. N. 2002, *Mineralogo-geneticheskie aspekty zolotogo orudneniya Verkhoyano-Kolymykh mezozyoid* [Mineralogical and genetic aspects of the gold mineralization of the Verkhoyansk-Kolyma Mesozooides], Moscow, 222 p.
12. Sustavov O. A. 2015, *Kataklaz i plasticheskaya deformatsiya kvartsa na epitermal'nom serebryanom rudoproyavlenii Aida (Tarynskiy subvulkanicheskiy massiv, Vostochnaya Yakutiya)* [Cataclasis and plastic deformation of the quartz on silver epithermal ore occurrence Aida (Tarynsky subvolcanic massif, Eastern Yakutia)]. *Litosfera* [Lithosphere], no. 3, pp. 135–142.
13. Sustavov O. A. 1991, *Rasshcheplenie kvartsa pri formirovaniy zoloto-serebryanogo orudneniya v terrigenykh tolshchakh (Vostochnaya Yakutiya)* [Splitting of quartz in the formation of gold-silver mineralization in clastic sequences (Eastern Yakutia)]. *Doklady AN SSSR* [Reports of the USSR Academy of Sciences], vol. 318, no. 3, pp. 717–720.
14. Adams A. 1920, A microscopic study of vein quartz. *Economic Geology*, vol. 15, no. 8, pp. 623–664.
15. 1989, *Petrograficheskiy slovar'* [Petrographic dictionary], Moscow, 590 p.
16. Simmons S. F., White N. C., John D. A. 2005, Geological characteristics of epithermal precious and base metal deposits. *Economic Geology*, vol. 100, pp. 485–522.
17. Rowland J. V., Simmons S. F. 2012, Hydrologic, magmatic, and tectonic controls on hydrothermal flow, Taupo volcanic zone, New Zealand: Implications for the formation of epithermal vein deposits. *Economic Geology*, vol. 107, pp. 427–457.
18. Goncharov V. I., Sidorov A. A. 1979, *Termobarogeochemiya vulkanogenno-gudoobrazovaniya* [Thermobarogeochemistry of volcanogenic mineralization], Moscow, 207 p.
19. 2001, *Tektonika, geodinamika i metallogeniya territorii respubliki Sakha (Yakutiya)* [Tectonics, geodynamics and metallogeny of the territory of the Republic of Sakha (Yakutia)], Moscow, 571 p.

Oleg Anatol'evich Sustavov,

olsustavov@mail.ru

Ural State Mining University
Ekaterinburg, Russia