

УДК 549.51: 553.412

НЕКОТОРЫЕ РАЗНОВИДНОСТИ КВАРЦА ЭПИТЕРМАЛЬНЫХ СЕРЕБРЯНЫХ ПРОЯВЛЕНИЙ ТАС-КЫСТАБЫТСКОГО МАГМАТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА (ЯКУТИЯ): СТРОЕНИЕ АГРЕГАТОВ, ИК-СПЕКТРЫ, РЕНТГЕНОЛЮМИНЕСЦЕНЦИЯ

О.А. СУСТАВОВ

*Уральский государственный горный университет
620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30; e-mail: olsustavov@mail.ru*

Изучены разновидности кварца серебряного рудопоявления Аид и серебросодержащих жил золоторедкометалльного месторождения Эргелях. Приведены новые данные о строении агрегатов гребенчатого кварца и не описанного ранее позднего крупнозернистого кварца. Проанализированы инфракрасные и рентгенолюминесцентные спектры. Рассмотрены переходы в процессе роста гребенчатого кварца от мелких нерасщепленных призматических кристалликов к вытянутым по оси *c* более широким расщепленным частям индивидов, а затем к прозрачным головкам кристаллов. Образование прозрачных головок кристаллов гребенчатого кварца сменяется выделением слабозмучатого крупнозернистого нерасщепленного кварца, заполняющего осевые части жил. Для гребенчатого кварца типична ОН (Li)-полоса поглощения в ИК-спектре, свойственная радиационному цитриновому кварцу, и рентгенолюминесценция в области 390–415 нм. Более поздний нерасщепленный крупнокристаллический кварц характеризуется отсутствием ОН (Li)-полосы поглощения в ИК-спектре и рентгенолюминесценцией в области 530–535 нм.

Ключевые слова: Восточная Якутия; серебряное оруденение; гребенчатый кварц; расщепление кварца; инфракрасные спектры кварца; рентгенолюминесценция кварца.

SOME VARIETIES OF QUARTZ AT THE EPITHERMAL SILVER OCCURENCES OF TAS-KYSTABYT MAGMATIC BELT (YAKUTIA): TEXTURES, IR-SPECTRA, X-RAY LUMINESCENCE

O.A. SUSTAVOV

*Ural state mining university
620144, Russia, Ekaterinburg, Kuibisheva str., 30; e-mail: olsustavov@mail.ru*

Varieties of quartz at silver occurrence Aid and silver veins of gold-rare metals deposit Ergelyah are studied. New data on the textures of comb quartz and earlier not documented the late coarse-grained quartz is presented; the IR- and X-ray luminescence spectra are analyzed. The transitions in growth process of comb quartz from the near-seldge small unsplit crystals to wider split parts of the individuals, elongated along the *c*-axis, and then to transparent heads of crystals is considered. The formation of transparent heads of comb quartz crystals is replaced by crystallization of coarse-grained unsplit faintly smoky quartz, filling the axial parts of veins. The OH (Li) absorption band is typical in the IR-spectrum of comb quartz, which is usual to radiation citrine quartz, and the X-ray luminescence is in the field of 390–415 nm. Later unsplit coarse-grained quartz is characterized by the absence of OH (Li) absorption band in the IR-spectrum, and X-ray luminescence in the field of 530–535 nm.

Key words: Eastern Yakutia, silver deposits, comb quartz, quartz splitting, IR-spectra of quartz, X-ray luminescence of quartz.

Тас-Кыстабытский позднемезозойский магматический пояс расположен в юго-восточной части Верхояно-Колымской орогенной области и состоит из крупного Тарынского субвулкана и прерывистой цепи гранитоидных массивов, одним из которых является Эргеляхский массив [14]. В данном магматическом поясе известен ряд серебряных проявлений, из которых рассматриваются рудопоявление Аид и участок развития серебросодержащих

жил на золоторедкометалльном месторождении Эргелях.

Рудопоявление Аид (эпитермальное серебряное оруденение серебросурьмяного типа [3]) залегает среди гиперстеновых дацитов Тарынского субвулканического массива. В рудных телах, которые приурочены к брекчиевым и прожилково-жильным зонам и окружены ореолами аргиллизированных, адуляризированных и окварцованных пород,

выделены следующие минеральные ассоциации: зонально-полосчатая кварц-адуляровая с пиритом, халькопирит-сфалерит-галенитовая, фрейбергит-пираргиритовая, кварц-карбонатная и кварц-дик-китовая [3].

Золоторедкометалльное месторождение Эргелях расположено в пределах одноименного позднеюрско-ранненеокомового [15] гранитоидного массива и окружающих массив контактовых роговиков, образовавшихся по верхнетриасовым песчано-глинистым породам. Серебросодержащие кварцевые жилы (со сфалеритом, халькопиритом, галенитом и фрейбергитом) на месторождении Эргелях приурочены к поздним разрывным нарушениям в гранитоидах и контактовых роговиках [8, 15].

На рассматриваемых серебряных проявлениях распространён гребенчатый [8, 9, 13] (крустификационный, друзовидный, шестовато-гребенчатый, сферолитовый [2, 15]) и халцедоновидный [2, 6, 8, 9] (криптозернистый [2, 15], тонкозернистый [6, 15]) жильный кварц. Гребенчатый кварц этих рудопроявлений отчасти охарактеризован с использованием рентгеноструктурного, атомно-абсорбционного и других видов анализов в [2, 8–10, 15]. В настоящей статье приведены новые данные о строении агрегатов гребенчатого кварца и не описанного ранее позднего крупнозернистого кварца, а также анализируются ИК- и рентгенолюминесцентные спектры этих разновидностей кварца.

Строение агрегатов кварца

Гребенчатый кварц (K_1) образован вытянутыми вдоль оси с индивидами, ориентированными субперпендикулярно обрастаемым поверхностям (параллельно-шестоватые агрегаты первого типа, по Д.П. Григорьеву [8–10]). Длина индивидов K_1 на рудопроявлении Аид достигает 2–4 см, на месторождении Эргелях — 12 см (фотографии образцов

гребенчатого кварца из рудопроявления Аид и месторождения Эргелях см. [2, 10, 15]). Характерно расщепленное строение индивидов, проявляющееся в наличии в их боковых частях систем слабо разориентированных между собой тонких субиндивидов, удлинённых преимущественно поперёк граней ромбоэдров [9] (рис. 1, 2).

Рост агрегатов кварца K_1 обычно начинается с возникновения на стенках жильных трещин мелких нерасщепленных и не замутненных флюидными включениями кристалликов кварца. Слагающие основной объём друзы более крупные индивиды образуются в процессе геометрического отбора при росте таких кристалликов. При этом переход в процессе роста агрегата от не расщепленных мелких призматических кристалликов к крупным расщепленным индивидам нередко сопровождается резким усилением захвата кварцем кристалло-

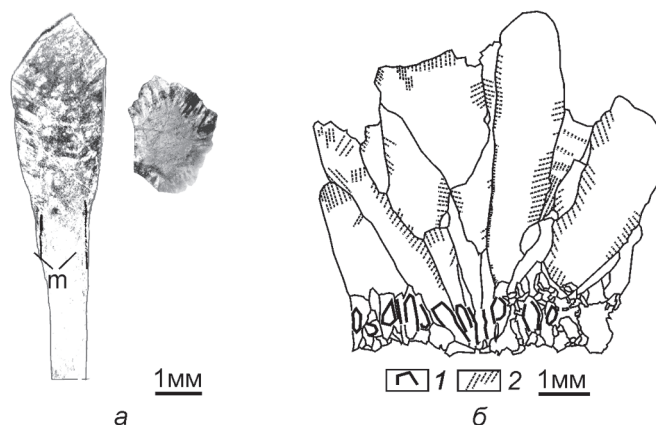


Рис. 1. Гребенчатый кварц K_1 из рудопроявления Аид: а — из халцедон-кварцевой жилы [13] (слева — продольное сечение индивида, m — скопления флюидных включений по зонам роста гексагональной призмы, без анализатора; справа — поперечное сечение верхней части индивида, по периферии кристалла — расщепление, николи скрещены); б — из кварцевой жилы с фрейбергитом (1 — зоны роста, интенсивно замутненные флюидными включениями, 2 — субиндивиды расщепления)

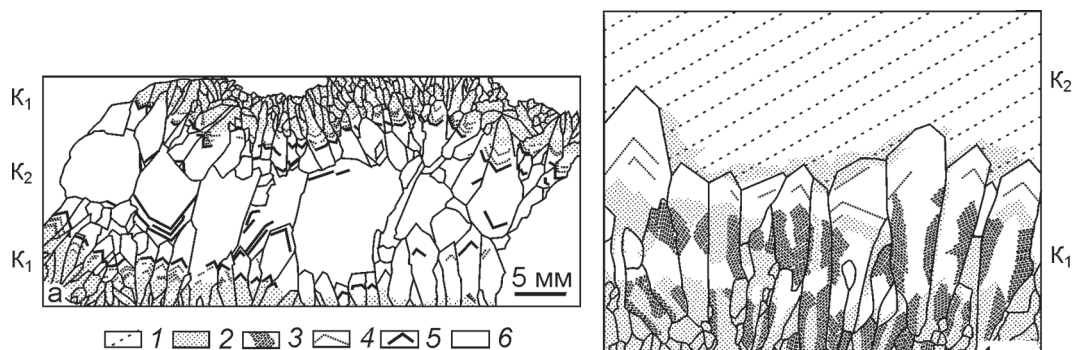


Рис. 2. Постепенный (а) и резкий (б) переходы от призматического гребенчатого кварца K_1 к осевому крупнозернистому кварцу K_2 , месторождение Эргелях: 1 — направление оси с индивидом K_2 ; б — распределение флюидных включений: 2 — однородное (б) и неоднородное в сочетании с приуроченным к границам субиндивидов расщепления (а), 3 — по границам субиндивидов расщепления (б), 4 — по «тонким» зонам роста по ромбоэдру, 5 — по «толстым» зонам роста (а), 6 — включений мало

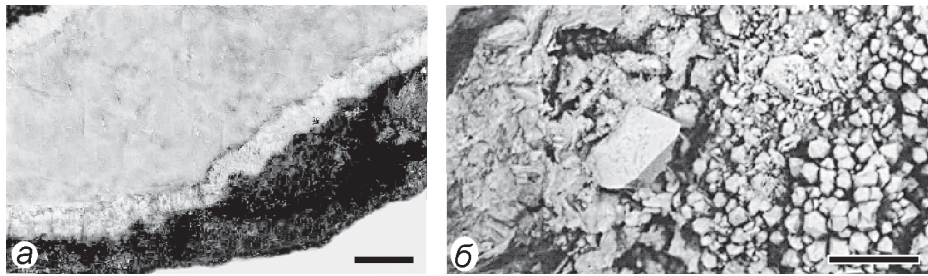


Рис. 3. Кварц K_1 и K_2 в штуфах: а — каймы K_1 вдоль стенок и крупнокристаллический K_2 в осевой части жилы (черное — вмещающий роговик); б — крупный кристалл K_2 (в центре), нарастающий в друзовой полости на щетку мелких кристаллов K_1 (напыление оксидом магния); длина масштабного отрезка 1 см

образующих растворов. В результате на мелких приальбандовых кристалликах возникают внешние зоны роста (преимущественно по гексагональной призме), интенсивно замутненные флюидными включениями (рис. 1).

В расщепленных боковых частях индивидов кварца K_1 первичные флюидные включения (двухфазовые, с температурами гомогенизации 180—240° [2, 8, 10]) образуют преимущественно прямолинейные полосовидные скопления («линии»), ориентированные в направлении вытянутости субиндивидов расщепления. Захват кварцобразующих растворов с образованием таких линий включений обычно происходил в процессе роста агрегата кварца K_1 периодически. В связи с этим участки развития данных флюидных включений прослеживаются в агрегате в виде полос, параллельных обрастаемой поверхности (рис. 2, б). В осевых частях индивидов, часто относительно свободных от расщепления и флюидных включений, нередко наблюдаются отдельные зоны роста по ромбоэдру, фиксируемые кварцевыми присыпками [10].

Головки замутнённых флюидными включениями индивидов кварца K_1 в сереброносных жилах месторождения Эргелях обычно сложены прозрачным нерасщепленным кварцем. Перед образованием прозрачных головок в индивидах кварца K_1 нередко возникают интенсивно насыщенные флюидными включениями «толстые» зоны роста по ромбоэдру (рис. 2, а). Внутри прозрачных головок индивидов кварца могут присутствовать лишь отдельные тонкие зоны роста с очень мелкими флюидными включениями. Следует отметить отсутствие здесь кварцевых присыпок, которые отмечаются по зонам роста ранее образовавшихся частей индивидов. На поверхностях раздела смежных прозрачных головок индукционные грани совместного роста обычно более правильные и более чётко параллельные между собой, чем те же грани на поверхностях раздела между индивидами в ранее образовавшейся основной части агрегата [10].

В сереброносных жилах месторождения Эргелях образование прозрачных головок кристаллов кварца K_1 иногда сменяется выделением слабодымчатого крупнозернистого нерасщеплённого

кварца K_2 , заполняющего осевые части жил (рис. 2, 3). В некоторых случаях размер индивидов K_2 в осевой части жилы достигает десятков миллиметров (при поперечнике индивидов приальбандового K_1 , не превышающем 1—2 мм), в связи с чем один индивид кварца K_2 может нарастать на десятки смежных головок кристаллов кварца K_1 (рис. 2, б; 3, а).

В некоторых жилах встречаются отдельные ограниченные кристаллы K_2 , нарастающие в друзовых полостях на приальбандовые щетки кварца K_1 (рис. 3, б). Кристаллы K_2 значительно крупнее (до 10 мм в поперечнике) индивидов ранее выделившегося K_1 , часто зональные, сложены слабодымчатым стекловидным кварцем и обладают гексагонально-призматическим (короткопризматическим, сходным с наблюдающимся у многих аметистов) габитусом.

ИК-спектры и рентгенолюминесценция кварца

Съёмка ИК-спектров проводилась в Институте геологии и геохимии УрО РАН С.П. Главатских на ИК-Фурье-спектрометре Spectrum One фирмы Perkin Elmer, при комнатной температуре; препараты — полированные с двух сторон монокристалльные пластинки кварца толщиной 1,5—3 мм. Спектры гребенчатого кварца K_1 из серебросодержащих жил рудопроявления Аид и месторождения Эргелях характеризуются наличием в той или иной степени выраженных полос поглощения 3380, 3430 и 3315 см^{-1} , а также резкой полосы поглощения 3480 см^{-1} . На ИК-спектре кварца K_2 полоса поглощения 3480 см^{-1} отсутствует (рис. 4, а).

Рентгенолюминесцентные измерения в области 350—550 нм проведены в Институте геологии и геохимии УрО РАН С.Л. Вотяковым и В.Я. Крохалевым по методике, описанной в работе [1]. Спектры рентгенолюминесценции гребенчатого кварца K_1 из рудопроявления Аид (рис. 4, б) и из серебросодержащих жил месторождения Эргелях (рис. 4, в) характеризуются четко выраженным максимумом 410—415 нм (осложненным слабым подмаксимумом, близким к 530—535 нм). Кварцу K_2 присущ иной характер рентгенолюминесценции (рис. 4, в):

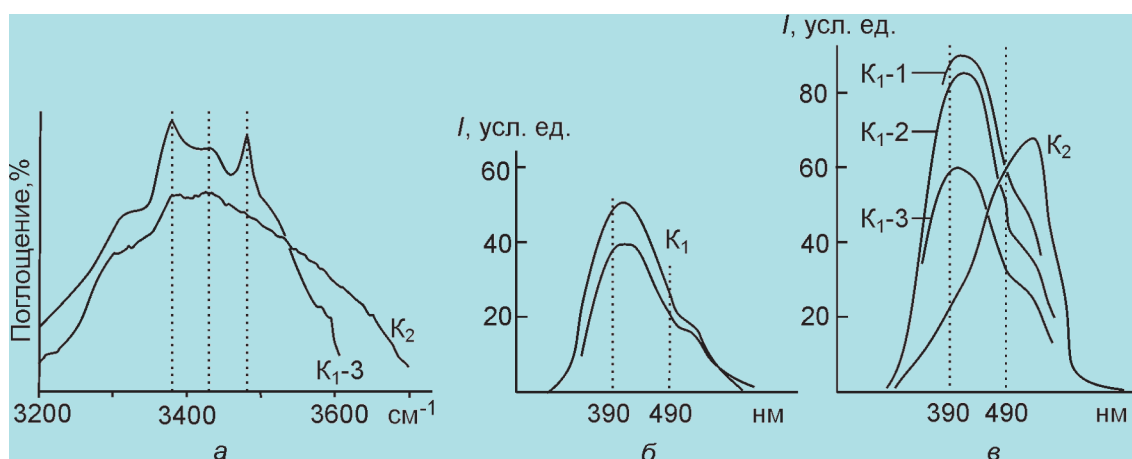


Рис. 4. Инфракрасные (а, пунктир — 3380, 3430, 3480 см⁻¹) и рентгенолюминесцентные (б, в) спектры кварца (а, в — Эргелях, б — Аид): К₁ — гребенчатый кварц (К₁, б — рис. 1, б; К₁₋₁ — рис. 2, б; 3, а; К₁₋₂ — нижняя часть индивида длиной 4 см, К₁₋₃ — верхняя часть того же индивида); К₂ — нарастающий на К₁ слабодымчатый крупнокристаллический кварц, рис. 2, б; 3, а; для наглядности интенсивность рентгенолюминесцентных спектров К₁₋₁ и К₂ увеличена в 3,3 раза

отсутствие свечения с длиной волны 410—415 нм и чётко выраженный максимум в области 530—535 нм (то же отмечено у кварца прозрачной головки одного из кристаллов К₁ месторождения Эргелях).

Обсуждение результатов и выводы

Гребенчатый кварц К₁, типичный для многих эпитермальных месторождений, образует сложенные расщепленными индивидами параллельно-шестоватые агрегаты первого типа, по Д.П. Григорьеву [10]. Переходы в процессе роста индивидов К₁ от призальбандового зародышевого нерасщеплённого кварца к основному расщеплённому кварцу, а затем к нерасщеплённым прозрачным головкам кристаллов нередко фиксируются резким усилением захвата кварцем кристаллообразующих растворов с образованием зон роста, интенсивно насыщенных флюидными включениями. В осевых частях жил прозрачные головки кристаллов в ряде случаев сменяются индивидами относительно прозрачного крупнозернистого нерасщеплённого кварца К₂.

Полосы поглощения 3380, 3430 и 3315 см⁻¹ на ИК-спектрах изученного гребенчатого кварца К₁ указывают на присутствие в нём [AlO₄/H⁺]⁰ примесных центров — групп ОН, компенсирующих избыток положительного заряда при замещении ионов Si⁴⁺ на ионы Al³⁺. Полоса поглощения 3480 см⁻¹ связана с [AlO₄/LiH]⁰ центрами — с колебаниями групп ОН, возмущенных межузловыми ионами Li⁺ [4, 5].

Свойственные кварцу К₁ полосы рентгенолюминесценции в области 390—415 нм связываются нами, вслед за рядом авторов, с наличием в кварце алюмолитиевых [AlO₄/Li⁺]⁰ центров [11]. В данном случае такой интерпретации отвечает высокое содержание лития в гребенчатом кварце К₁ по результатам спектрохимических и атомно-абсорбционных анализов: в кварце К₁ рудопроявления Аид —

16 · 10⁻⁴ % лития и более 0,3 % алюминия (лаборатория ПГО «Уралкварцсамоцветы»), 411 г/т Li₂O [2]; в кварце К₁ месторождения Эргелях — 325 г/т Li₂O [3]. Повышенные содержания лития и наличие связанных с [AlO₄/LiH]⁰ центрами интенсивных полос 3480 см⁻¹ в ИК-спектрах позволяют отнести кварц К₁ к радиационному цитриновому кварцу [4, 5].

Поздний крупнозернистый кварц К₂ характеризуется ИК-спектром и кривой рентгенолюминесценции, резко отличающимися от таковых более раннего кварца К₁. Это указывает на отсутствие в кварце К₂ свойственных кварцу К₁ литийсодержащих примесных центров и на более низкое, чем в К₁, содержание в кварце К₂ лития [4, 5], т. е. свидетельствует об иных условиях отложения кварца К₂.

Кристаллизация кварца К₂, в отличие от образования гребенчатого кварца К₁, происходила, по-видимому, из более «спокойных» [10] растворов, менее пересыщенных кремнеземом — сходных с теми, из которых происходил рост прозрачных головок кристаллов К₁. Прозрачные головки кристаллов кварца К₁ образовывались в данных условиях, что следует, в частности, из отмеченной выше более четко выраженной правильности и параллельности индукционных граней на поверхностях раздела между прозрачными головками по сравнению с подобными гранями на поверхностях раздела между индивидами в основной части агрегата К₁ [10]. Этому соответствует и упомянутое выше отсутствие в прозрачных головках кварцевых присыпок по зонам роста — такие присыпки (свидетельствующие о «неспокойной» кристаллизации) наблюдаются, как указано выше, лишь по зонам роста в ранее образовавшихся основных частях индивидов кварца К₁.

Отложение кварца К₂ в сереброносных жилах месторождения Эргелях можно, по-видимому, сопоставить с образованием на ряде золотосеребря-

ных месторождений позднего крупнозернистого аметистовидного кварца [16]. Такой вывод следует как из позднего возраста K_2 в жилах, так и из некоторых черт сходства кварца K_2 с аметистами. К таким чертам, вместе с подобием формы кристаллов кварца K_2 форме кристаллов некоторых аметистов, можно отнести наличие у кварца K_2 свойственной

ряду аметистов [7] рентгенолюминесценции в области 530—535 нм. Необходимо также указать, что свойственная кварцу K_2 и в целом редко встречающаяся [1] рентгенолюминесценция в области 530—535 нм типична для кварца золотосурьмяных месторождений Адыча-Тарынского зоны к северу от данного района [12].

ЛИТЕРАТУРА

1. Вотяков С.Л., Крохалев В.Я., Пуртов В.К., Краснобаев А.А. Люминесцентный анализ структурного несовершенства кварца. Екатеринбург: УИФ «Наука», 1993. 70 с.
2. Гамянин Г.Н. Минералогическо-генетические аспекты золотого оруденения Верхояно-Колымских мезозойд. М.: ГЕОС, 2002. 222 с.
3. Гамянин Г.Н., Горячев Н.А., Бортников Н.С., Аникина Е.Ю. Типы серебряного оруденения Верхояно-Колымских мезозойд // Тихоокеан. геол. 2003. № 6. С. 113—126.
4. Кузьмина М.А., Пунин Ю.О., Мошкин С.В., Зиборова Т.А. Примесный состав и метрика решетки кристаллов кварца гидротермальных жил Урала // Зап. Российск. минер. общ-ва. 1996. № 2. С. 79—88.
5. Павлишин В.И. Типоморфизм кварца, слюд и полевых шпатов в эндогенных образованиях. Киев: Наукова думка, 1983. 232 с.
6. Рудич К.Н. Магматизм и особенности тектонического строения хребта Сарычева. М. Госгеолтехиздат, 1959. 184 с.
7. Серебренников А.И., Тарашан А.Н. Люминесцентные свойства аметиста // Конституция и свойства минералов. 1973. № 7. С. 111—116.
8. Суставов О.А. Типы жильного кварца Эргеляхского золото-редкометального месторождения в Восточной Якутии // Минералогия и петрография Урала. Межвуз. науч. темат. сборник. Свердловск: Изд-во УПИ, 1978. С. 17—21.
9. 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.
10. Суставов О.А. Расщепленный кварц из месторождения Эргелях (Восточная Якутия) // Минералог. журнал. 1990. № 1. С. 66—71.
11. Суставов О.А. Кварц грейзенового вольфрамитового месторождения Беккем (Восточная Якутия): ИК-спектры, рентгено- и термолюминесценция // Зап. Российск. минер. общ-ва. 2007. № 3. С. 104—113.
12. Суставов О.А. Рентгенолюминесценция кварца золото-сурьмяных месторождений Восточной Якутии // Типоморфные минералы и минеральные ассоциации — индикаторы масштабности природных и техногенных месторождений и качества руд. Матер. Всероссийск. научн. конф. Годишн. собр. РМО. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2008. С. 191—193.
13. Суставов О.А. Халцедон-кварцевая жила на эпитептермальном серебряном рудопоявлении Аид (Тарынский субвулканический массив, Восточная Якутия) // XX Всероссийск. научн. конф. «Урал. минералог. школа-2014». Сборник статей. Екатеринбург: ИГГ УрО РАН, 2014. С. 235—239.
14. Тектоника, геодинамика и металлогения территории Республики Саха (Якутия). М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 2001. 571 с.
15. Условия зарождения и эволюции гранитоидных золоторудно-магматических систем в мезозойдах Северо-Востока Азии / Г.Н. Гамянин, Н.А. Горячев, А.Г. Бахарев и др. Магадан, 2003. 196 с.
16. Leavitt E.D., Arehart G.B. Alteration, geochemistry, and paragenesis of the Midas epithermal gold-silver deposit, Elko County, Nevada // Geological Society of Nevada Symposium 2005: Window to the World. Reno, Nevada, 2005. P. 563—627.