



ПЕРВАЯ НАХОДКА ГИББСИТА НА МЕСТОРОЖДЕНИИ БИРЮЗЫ БИРЮЗАКАН, СЕВЕРНЫЙ ТАДЖИКИСТАН

Ш.Т. ВОСИХОВ^{1,*}, А.К. ЛИТВИНЕНКО¹, М.А. РАССОМАХИН²

¹ ФГБУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе»
23, ул. Миклухо-Маклая, г. Москва 117997, Россия

² ФГБУН «Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения
Российской академии наук»
территория Ильменский Заповедник, 1, г. Миасс, 456317, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В кварцевых жилах месторождения бирюзы Бирюзакан нами была впервые установлена гидротермальная минерализация разноцветного гиббсита: от светло- до темно-голубого цвета, очень похожего на бирюзу.

Целью исследования является минералогическое изучение гиббсита.

Объектом является жильный комплекс месторождения бирюзы Бирюзакан, содержащий гиббсит.

Материалы и методы исследования. Изучался каменный материал с месторождения бирюзы Бирюзакан (северная часть Республики Таджикистан), отобранный при полевых работах 2023 года, в котором был обнаружен гиббсит. Он диагностирован двумя методами: 1) рентгенофазовым анализом на дифрактометре ДРОН-4-07, с Си-анодом и Ni-фильтром, U — 35 кВ, I — 20 мА, скорость съемки — 1 град./мин., внутренний стандарт кварц (аналитик М. Саймудасири, МГРИ-РГГРУ им. Серго Орджоникидзе); 2) рентгеноспектральным микроанализом на сканирующем электронном микроскопе Tescan VEGA 3sbu с энергодисперсионным спектрометром (ЭДС) Oxford Instruments X-act. Условия анализа: ускоряющее напряжение 20 кВ, ток пучка 20 нА, время набора спектра 120 с, с использованием эталонов сертифицированного стандарта № 1362 (Microanalysis Consultants Ltd), MINM25-53 (Astimes Scientific Limited, серийный номер 01-044).

Результаты. Нами в составе жильных образований месторождения Бирюзакан установлен гиббсит — гидрооксид алюминия. Изучен его фазовый и химический составы. Гиббситовые жилы Бирюзакана и, возможно, золоторудного месторождения Бургунды отнесены к алунитовой формации низкотемпературных гидротермальных образований.

Заключение. Ярко-голубой гиббсит Бирюзакана, вероятно, ранее встречался геологам, отработавшим месторождение на бирюзу. При диагностике некоторых голубых образцов и вставок бирюзы может быть совершена ошибка, так как голубой гиббсит легко визуально можно спутать с высокосортной бирюзой. Наша находка гиббсита расширяет спектр минеральных ассоциаций известного геологического объекта и ставит задачу проверки бирюзы, добытой ранее, и изделий из нее. Обнаруженный гиббсит характеризуется сложным изоморфизмом: более 17% примесей, включая медь, марганец и фтор (около 5%).

Ключевые слова: гиббсит, Бирюзакан, Кармазар, Северный Таджикистан, жильная система, изоморфизм, алунитовая формация, низкотемпературные гидротермальные жилы

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Финансирование: исследование не имело спонсорской поддержки.

Для цитирования: Восихов Ш.Т., Литвиненко А.К., Рассомахин М.А. Первая находка гиббсита на месторождении бирюзы Бирюзакан, Северный Таджикистан. *Известия высших учебных заведений. Геология и разведка*. 2025;67(1):49—55. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-49-55> EDN: [FUMKIS](https://www.edn.ru/FUMKIS)

Статья поступила в редакцию 14.07.2024
Принята к публикации 11.03.2025
Опубликована 31.03.2025

* Автор, ответственный за переписку

FIRST DISCOVERY OF GIBBSITE IN BIRYUZAKAN TURQUOISE DEPOSIT, NORTHERN TAJIKISTAN

SHOHRUKH T. VOSIHOV^{1,*}, ANDREY K. LITVINENKO¹, MIKHAIL A. RASSOMAKHIN²

¹ *Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting
23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia*

² *South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Institute of Mineralogy
territory of Ilmensky Reserve, 1 Miass, 456317, Russia*

ABSTRACT

Background. In the quartz veins of the Biryuzakan turquoise deposit, a hydrothermal mineralization of varicolored gibbsite was discovered for the first time. The gibbsite varies from light- to dark blue in color, resembling turquoise.

Aim. To conduct a mineralogical study of the gibbsite contained the Biryuzakan vein turquoise deposit.

Materials and methods. Stone samples from the Biryuzakan turquoise deposit (northern part of the Republic of Tajikistan), where gibbsite had been found, were collected during fieldworks in 2023. The samples were studied using (1) X-ray phase analysis by a DRON-4-07 diffractometer, with a Cu-anode and a Ni-filter, U — 35 kV, I — 20 mA, imaging speed — 1 deg/min, internal standard — quartz (analyst M. Saimudasiri, Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting) and (2) X-ray microanalysis by a Tescan VEGA 3sbu scanning electron microscope equipped with an Oxford Instruments X-act energy dispersive spectrometer (EDS). The analytical conditions were as follows: accelerating voltage — 20 kV, beam current — 20 nA, spectrum acquisition time — 120 s, Certified Standard No. 1362 (Microanalysis Consultants Ltd), MINM25-53 (Astimes Scientific Limited, serial number 01-044) etalons.

Results. In the composition of vein formations of the Biryuzakan deposit, we established the presence of gibbsite — aluminum hydroxide — and studied its phase and chemical compositions. The gibbsite veins of Biryuzakan and, possibly, of the Burgundy gold deposit can be attributed to the alunite formation of low-temperature hydrothermal veins.

Conclusion. The bright blue gibbsite of Biryuzakan might have been encountered previously by geologists investigating the deposit for the presence of turquoise. When examining blue samples, turquoise inserts might be misdiagnosed, since blue gibbsite can be visually confused with high-grade turquoise. Our discovery of gibbsite extends the spectrum of mineral associations of the geological object under study and sets the task of inspecting the turquoise mined earlier and products therefrom. The discovered gibbsite is characterized by a complex isomorphism: more than 17% of impurities, including copper, manganese and fluorine (about 5%).

Keywords: gibbsite, Biryuzakan, Karamazar, Northern Tajikistan, vein system, isomorphism, alunite formation, low-temperature hydrothermal veins

Conflict of interest: the authors declare no conflict of interest.

Financial disclosure: no financial support was provided for this study.

For citation: Vosihov Sh.T., Litvinenko A.K., Rassomakhin M.A. First discovery of gibbsite in Biryuzakan turquoise deposit, Northern Tajikistan. *Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration*. 2025;67(1):49—55. <https://doi.org/10.32454/0016-7762-2025-67-1-49-55> EDN: FUMKIS

Manuscript received 14 July 2024

Accepted 11 March 2025

Published 31 March 2025

* Corresponding author

Размещение объекта исследования

Месторождение Бирюзакан находится на южном склоне Кураминского хребта в центре крупнейшего горнорудного района Карамазар. Эта территория входит в состав Срединного Тянь-Шаня — каледонской структуры Урало-Монгольского горно-складчатого пояса.

Бирюзовая минерализация с гиббситом локализована в лежащем контакте Бирюзового разлома в зоне «оперяющих» его трещин. Подробный анализ месторождения проведен авторами ранее [2]. В комплексе жильных образований доминируют жилы, сложенные различными кристалломорфологическими разновидностями кварца, которые секут аповулканические метасоматиты: осветленные, пропилитизированные породы [3].

Мощность бирюзовых жил составляет 2—3 см, протяженность 7—12 м. Иногда встречается вкрапленная форма бирюзы: желваки, прожилки, линзы до первых сантиметров. Гиббсит был обнаружен в жильном кварце с малахитом. В них он образует небольшие самостоятельные жилки длиной до нескольких сантиметров и мощностью до 0,5 см, от светло-серого до голубого цвета (рис. 1). Контакты между гиббситом разного цвета волнистые, но резкие.

Поверхность гиббситовых агрегатов почковидная, приближающаяся к сферолитам (рис. 2). В составе гиббситовых участков жил рентгенофазовым анализом обнаружены редкие, мелкие до 10 μm в поперечнике, округлые зерна магнетита

содержащие примесь, в мас. %: 3,5 CuO, 3,6 MnO, 4,8 SiO₂, 8,3 Al₂O₃.

Внутри гиббситовых образований наблюдаются концентрически-зональные, натечные агрегаты, похожие на колломорфную структуру рудных минералов (рис. 3). Внутри жилы имеют псевдослоистую текстуру, обусловленную развитием тонких разноцветных полос, обрамляющих зерна кварца. Разноцветность гиббсита будет объяснена ниже, при рассмотрении химического состава минерала.

Фазовый и химический состав гиббсита

Главные линии на рентгенограмме гиббсита представлены следующими значениями: 4,816 (100), 4,334 (40), 4,169 (10), 3,327 (15), 2,429 (15), 1,996 (10), 1,445 (10). Они близки к эталонным для этого минерала.

Гиббсит обладает непостоянным химическим составом, для которого отмечаются существенные колебания примесей (в мас. %): SiO₂ от 0,6 до 12,4, CuO от 0,4 до 3,8, MnO от 0 до 5,5, FeO от 0 до 0,3, SO₃ от 0 до 1,2, F от 2,8 до 4,9. Максимальное содержание примесей в гиббсите, рассматриваемом в справочнике [4], не превышает 3 мас. %. В обнаруженном нами гиббсите оно достигает более 17 мас. % (табл.). Примеси в составе гиббсита мы рассматриваем как изоморфные. Голубая окраска гиббсита различных оттенков, вероятно, обусловлена высокими содержаниями меди, а ее изменения



Рис. 1. Многоцветная жилка гиббсита в кварце

Fig. 1. Multicolored gibbsite vein in quartz

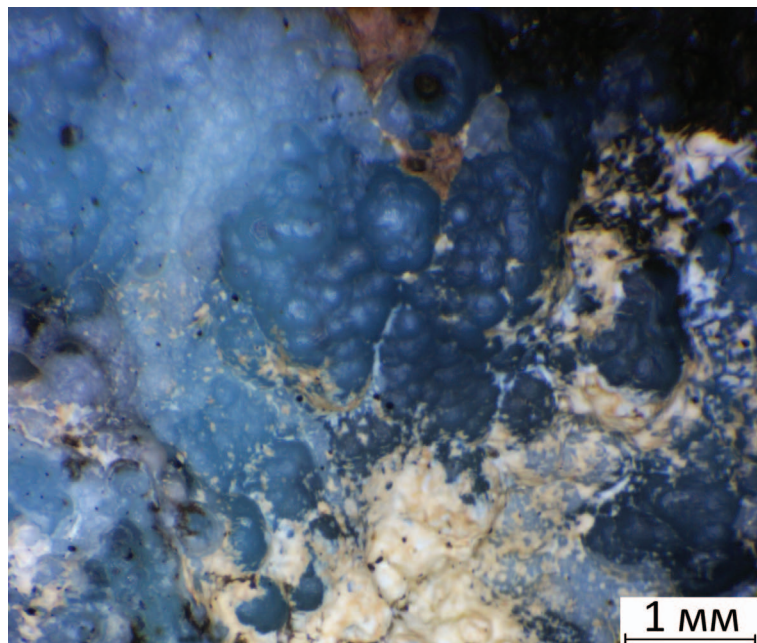


Рис. 2. Сферические морфоскульптуры, сформировавшиеся на поверхности гиббситовых жилок
Fig. 2. Spherical morphosculptures formed on the surface of gibbsite veins

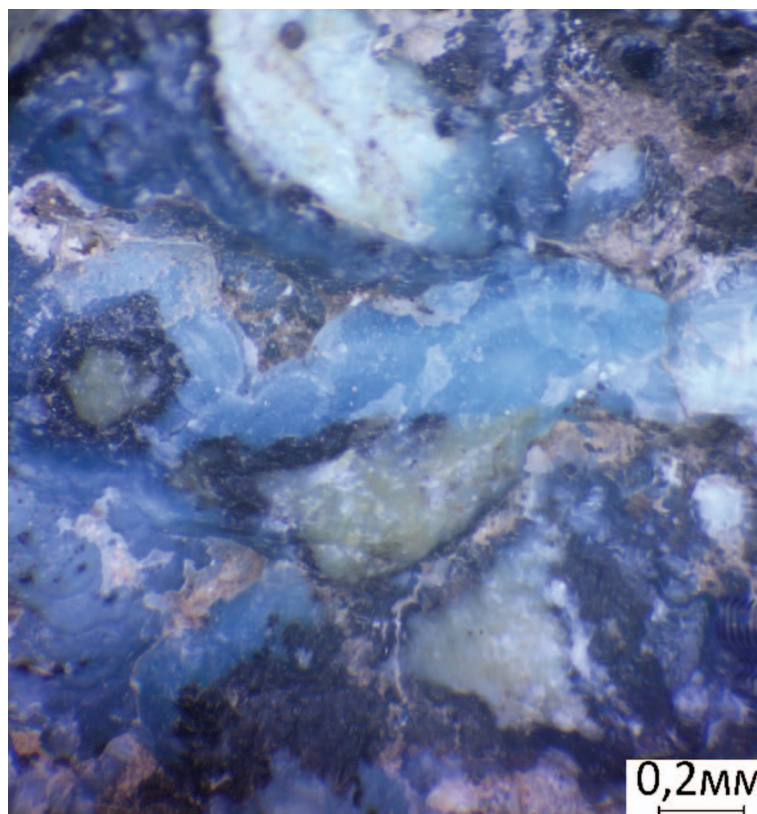


Рис. 3. Псевдослоистое строение гиббситовой жилы. Серые и белые контуры представлены более ранним кварцем
Fig. 3. Pseudolayer structure of a gibbsite vein. Gray and white contours are represented by earlier quartz

от светлой до темно-голубой — как вариации ее колебаний (табл.).

В связи с высоким содержанием элементов примесей варьирует также содержание глинозема от 51,6 до 63,7 мас.%. Его количество в «чистом» гиббсите [4] составляет 65,4, а остальное количество — 35,6 мас.%, соответственно, вода. Его кристаллохимическое название «триоксид алюминия» — $\text{Al}(\text{OH})_3$. Вариации формульных коэффициентов гиббсита Бирюзакана, от самых насыщенных до самых бедных алюминием и другими элементами, показаны в таблице.

Колломорфная структура отчетливо наблюдается в микромасштабе (рис. 4). При этом отмечается заметное изменение химического состава гиббсита. Так, в точке j, более ранней генерации минерала, он состоит, в мас.%, Al_2O_3 60,5, SiO_2 0,9, CaO 0,2, CuO 1,6, SO_3 1,1, F 4,5, через 30 мкм, в точке k (более поздней генерации), содержание заметно изменяется: Al_2O_3 55,9, SiO_2 4,1, CaO 0,4, CuO 1,8, SO_3 0,7, F 2,8.

Условия образования гиббсита

Положение гиббситной минерализации среди кварцевых жил с малахитом позволяет отнести ее к гидротермальным минералам. Его образование

можно коррелировать с гиббситом из золоторудного месторождения Бургунда, расположенного в 4,5 км северо-западнее Бирюзакана, в известняках ($\text{D}_2\text{-C}_1$). Химический состав данного минерала отличается от гиббсита Бирюзакана более низким содержанием CuO 1,46 и F 0,88 мас.%. Авторы находки гиббсита на Бургунде [5] связывают его образование с низкотемпературным гидротермальным процессом.

Гиббситовые жилы Бирюзакана и, возможно, Бургунды можно отнести к алунитовой формации низкотемпературных гидротермальных образований по классификации Е.К. Лазаренко [1]. Источником глинозема для гиббсита послужили вулканиты среднекислого состава, в которых интенсивно протекали процессы метасоматического замещения полевых шпатов кварцем с образованием вторичных кварцитов и пропицитов [3]. Высвободившийся при этом глинозем мигрировал в зоны пониженных давлений, обусловленные тектоническими трещинами.

Заключение

Ярко-голубой гиббсит Бирюзакана, вероятно, ранее встречался геологам, обрабатывавшим месторождение на бирюзу. При диагностике некоторых голубых образцов и вставок бирюзы может

Таблица. Химический состав и формульные коэффициенты гиббсита с месторождения Бирюзакан
Table. Chemical composition and formula coefficients of gibbsite from the Biryuzakan deposit

Номер	Al_2O_3	SiO_2	CaO	CuO	MnO	FeO	SO_3	F	H_2O	Сумма
1	63,72	0,57	-	0,38	-	-	-	4,76	30,57	100,00
2	60,53	0,88	0,17	1,60	-	-	1,05	4,50	31,26	100,00
3	59,98	0,60	-	2,74	0,40	-	1,15	4,16	30,98	100,00
4	58,32	1,24	-	3,18	-	-	0,83	4,89	31,54	100,00
5	55,86	4,11	0,37	1,79	-	-	0,70	2,84	34,24	100,00
6	52,92	1,15	-	3,84	5,49	0,33	0,92	3,24	32,11	100,00
7	51,63	12,45	0,09	2,82	-	-	0,88	2,83	29,29	100,00
Формульные коэффициенты, рассчитанные на 3 аниона										
	Al	Si	Ca	Cu	Mn	Fe	SO_3	F	OH	
1	0,97	0,007	-	0,004	-	-	-	0,20	2,65	
2	0,95	0,01	0,002	0,02	-	-	0,01	0,09	2,77	
3	0,93	0,008	-	0,03	0,004	-	0,01	0,17	2,71	
4	0,93	0,02	-	0,03	-	-	0,008	0,10	2,84	
5	0,85	0,05	0,005	0,02	-	-	0,007	0,12	2,93	
6	0,86	0,02	-	0,04	0,06	0,004	0,009	0,07	2,95	
7	0,80	0,16	0,001	0,04	-	-	0,01	0,09	2,58	

Примечание. Содержание воды рассчитано арифметически.
Note. Water content is calculated arithmetically.

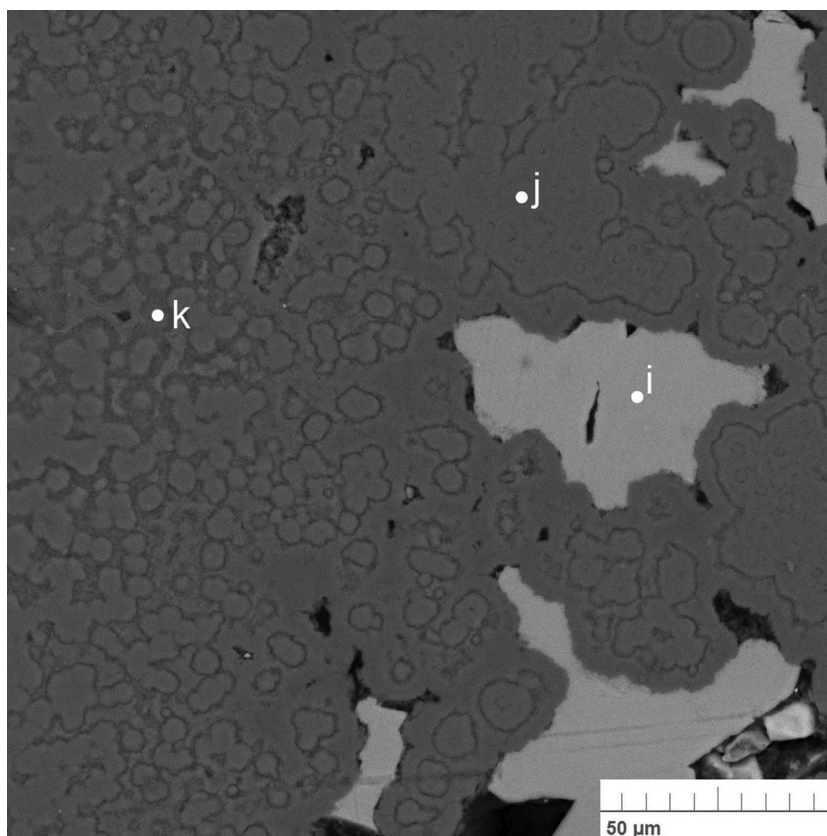


Рис. 4. Концентрически-зональное строение гиббситового прожилка в отраженных электронах (BSE): *i* — зерно кальцита, *j*, *k* — участки различного по составу гиббсита

Fig. 4. Concentrically-zoned structure of gibbsite vein in reflected electrons (BSE): *i* — calcite grain, *j*, *k* — areas of gibbsite of different composition

быть совершена ошибка, так как голубой гиббсит легко визуально можно спутать с высокосортной бирюзой.

Наша находка гиббсита расширяет спектр минеральных ассоциаций известного геологического

объекта и ставит задачу проверки бирюзы, добытой ранее, и изделий из нее. Обнаруженный гиббсит характеризуется сложным изоморфизмом: более 17 мас.% примесей, включая кремний, медь, марганец и фтор (около 5%).

ЛИТЕРАТУРА

1. Курс минералогии. М.: Высшая школа. 1971. 606 с.
2. Литвиненко А.К., Восихов Ш.Т. Месторождения и проявления бирюзы и варисцита в Республике Таджикистан. Известия высших учебных заведений. Геология и разведка. 2024. № 3. С. 19—25.
3. Менчинская Т.И. Бирюза. М.: Недра. 1981. 192 с.
4. Минералы, справочник. М.: Наука, 1967. 952 с. Т. II. Вып. 3. 675 с.
5. Файзиев А.Р., Паутов Л.А., Сафаралиев Н.С., Ятимов У.А., Ходжиматов Н.Х. Гиббсит из золоторудного месторождения Бургунда (Северный Таджикистан). Докл. АН Республики Таджикистан. 2018. Т. 61. № 4. С. 398—402.

REFERENCES

1. Course of Mineralogy. Moscow.: House higher school, 1971. 606 p. (In Russ.).
2. Litvinenko A.K., Vosikhov S.T. Deposits and occurrences of turquoise and variscite in the Republic of Tajikistan. Proceedings of higher educational establishments. Geology and Exploration. 2024. № 3. С. 19—25 (In Russ.).
3. Menchinskaya T.I. Turquoise. Moscow: Mineral Resources, 1981. 192 p. (In Russ.).
4. Minerals, reference book. Moscow: Science, 1967. 952 p. Vol. II. Iss. 3. 675 p. (In Russ.).
5. Faiziev A.R., Pautov L.A., Safaraliev N.S., Yatimov

U.A., Khojimatov N.H. Gibbsite from the gold deposit Burgunda (Northern Tajikistan). Bull. of the Academy

of Sciences of the Republic of Tajikistan. 2018. T. 61. No. 4. P. 398—402 (In Russ.).

ВКЛАД АВТОРОВ / AUTHOR CONTRIBUTIONS

Восихов Ш.Т. — обработал и проанализировал геологические данные, подготовил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Литвиненко А.К. — разработал концепцию и подготовил текст статьи, окончательно утвердил публикуемую версию статьи и согласен принять на себя ответственность за все аспекты работы.

Рассомахин М.А. — проводил аналитические исследования и обсуждение текста статьи.

Shohrukh T. Vosihov — has processed and analyzed the geological data, prepared the published version of the article and agrees to take responsibility for all aspects of the work.

Andrey K. Litvinenko — developed the concept and prepared the text of the article, finally approved the published version of the article and agreed to take responsibility for all aspects of the work.

Mikhail A. Rassomakhin — analyzed and discussed the text of the article.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Восихов Шохрух Туйчиевич* — аспирант кафедры минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: shohrukh992v@mail.ru

тел.: +7 (985) 685-14-44

SPIN-код: 5736-7097

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5834-385X>

Shohrukh T. Vosihov* — postgraduate student, Department of Mineralogy and Gemmology Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: shohrukh992v@mail.ru

tel.: +7 (985) 685-14-44

SPIN-code: 5736-7097

ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-5834-385X>

Литвиненко Андрей Кимович — доктор геолого-минералогических наук, профессор кафедры минералогии и геммологии ФГБОУ ВО «Российский государственный геологоразведочный университет имени Серго Орджоникидзе».

23, Миклухо-Маклая ул., г. Москва 117997, Россия

e-mail: akl1954@yandex.ru

тел.: +7 (916) 655-08-08

SPIN-код: 6127-2320

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

Andrey K. Litvinenko — Dr. Sci. (Geol.-Min.), Professor of the Department of Mineralogy and Gemmology Sergo Ordzhonikidze Russian State University for Geological Prospecting.

23, Miklukho-Maklaya str., Moscow 117997, Russia

e-mail: akl1954@yandex.ru

tel.: +7 (916) 655-08-08

SPIN-code: 6127-2320

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1779-5391>

Рассомахин Михаил Владимирович — младший научный сотрудник ФГБУН «Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии Уральского отделения Российской академии наук».

территория Ильменский Заповедник, 1, Миасс, 456317, Россия

e-mail: miha_rassomahin@mail.ru

тел.: +7 (951) 771-69-85

SPIN-код: 2795-5466

Mikhail A. Rassomakhin — Junior Researcher South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS, Institute of Mineralogy.

territory of Ilmensky Reserve 1, Miass, 456317, Russia

e-mail: miha_rassomahin@mail.ru

tel.: +7 (951) 771-69-85

SPIN-code: 2795-5466

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author