

МИНЕРАЛЫ И ПАРАГЕНЕЗИСЫ МИНЕРАЛОВ

ФЛЮОБОРИТ В РУДОВМЕЩАЮЩИХ СКАРНАХ МАГНЕТИТ-ПОЛИМЕТАЛЛИЧЕСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТАШ В КАРАМАЗАРЕ (СЕВЕРНЫЙ ТАДЖИКИСТАН)

© 2023 г. У. А. Ятимов¹, *, д. чл. В. В. Масленников¹,
М. А. Рассомахин¹, П. В. Хворов¹, д. чл. С. М. Лебедева¹

¹Южно-Уральский федеральный научный центр минералогии и геоэкологии УрО РАН,
Институт минералогии, тер. Ильменский заповедник, Миасс, Челябинская обл., 456317 Россия

*e-mail: umed1990@list.ru

Поступила в редакцию 28.07.2022 г.

После доработки 21.10.2022 г.

Принята к публикации 14.12.2022 г.

Флюоборит $Mg_3(BO_3)(F,OH)_3$ обнаружен в магнетитсодержащих скарнах в нескольких метрах от контакта доломит-известковых и гранодиоритовых пород месторождения Акташ. Его диагностика осуществлена с помощью оптических, электронно-микроскопических исследований и определения химического состава (мас. %): MgO 63.29–64.56, F 18.35–21.91, B_2O_3 18.44–18.58, H_2O 4.02–5.62, $-O=F_2$ 7.73–9.23, сумма 99.27–99.85. Так же минерал диагностирован методами рентгенофазового анализа (рефлексы 7.702, 4.445, 3.584, 2.908, 2.417, 2.22, 2.133, 1.806, 1.763, 1.678, 1.635, 1.554, 1.534, 1.485 и 1.477 Å) и рамановской спектроскопии (КР спектры с полосами 952, 848, 534, 423, 345, 239 и 175 cm^{-1}). Радиально-лучистые агрегаты флюоборита, встречающиеся в серпентине, частично замещены флюоритом. На отдельные вершины кристаллов флюоборита выросли метакристаллы магнетита. В метакристаллах магнетита сохраняются пойкилитовые включения флюоборита и флюорита.

Ключевые слова: флюоборит, бораты, серпентин-флюорит-флюоборит-магнетитовая ассоциация, скарны, месторождение Акташ, Кармазар

DOI: 10.31857/S0869605523010100, **EDN:** NIAWVN

Флюоборит $Mg_3(BO_3)(F,OH)_3$ – конечный член изоморфного ряда флюоборит–гидроксилборит, относится к гексагональным моноборатам с треугольными BO_3 -группами (Takeuchi, 1950; Руднев и др., 2007; Булах и др., 2021). Этот минерал впервые описан в 1926 г. под названием “фторгидроксилборат магния” на скарновом железорудном месторождении Норберг в Швеции (Geijer, 1926). Наиболее характерен он для борных, олово-борных и бор-железорудных месторождений (Граменицкий, 1966; Перцев, 1971; Александров, 1982; Kwak, Nicholson, 1988; Maginsea, 2000). Флюоборит отмечается в вулканогенно-осадочных и галогенных толщах. Например, он описан на Непском месторождении калийных солей в галит-кальцитовых и галит-ангидритовых породах (Аполлонов и др., 1988), а его проявления были обнаружены в туфовых покровах Ноцера и Лацио Италии (Caronera et al., 2003; Lacalamita et al., 2017). Максимально фтористый флюоборит обнаружен в активных фумарольных эксгаляциях (вулкан Толбачик, Камчатка); для данного бората это новые условия минерализации (Булах и др., 2021). На территории Чаткало-Кураминских гор (Узбекистан) флюоборит найден на железорудных месторождениях Сюреньята и Гавасай (Едовин, Утехин, 1962; Попов, 1975). Нами флюоборит обнаружен в скарнированных породах железо-

рудного месторождения Акташ в Карамазаре. Это первая находка флюоборита не только на этом месторождении, но и для всей территории района Карамазара.

КРАТКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МЕСТОРОЖДЕНИЯ

Месторождение Акташ расположено в Кансайском рудном поле Западно-Карамазарского рудного района (юго-западные отроги Кураминского хребта) в северной части Республики Таджикистан. Район месторождения Акташ сложен осадочными, изверженными породами и скарнами, образовавшимися по вулканогенно-осадочным отложениям (рис. 1). Осадочные толщи сформированы доломитами и известняками (D_3-C_1), а также молассовыми отложениями (MZ–KZ), слагающими южную предгорную часть хребта Карамазар (Вольфсон, 1951; Рахимов, 1978). Интрузивные породы представлены гранодиоритами (C_2), гранодиорит-порфирами и диоритами (C_2-T_2), с которыми и связано развитие скарнов (Вольфсон, Титов, 1965).

Скарны залегают в основном на контакте карбонатных пород с гранодиоритами или гранодиорит-порфирами. В ассоциации со скарнами и известняками находится крупное стратиформное магнетитовое тело. Главными минералами скарнов являются пироксены ряда диопсид–геденбергит, амфиболы ряда актинолит–тремолит, гранаты ряда гроссуляр–андрадит, серпентин, эпидот и кальцит. Руды по минеральному составу подразделены на три типа: галенит-пирит-магнетитовые, галенит-сфалеритовые и халькопирит-пирротин-пиритовые (Рахимов, 1978; Ятимов и др., 2022).

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Образцы для исследований были отобраны штучным методом из небольшого выхода магнетитовых руд на месторождении Акташ в 2019 г. Минеральный состав изучен в аншлифах и шлифах на микроскопе Olympus BX51 с цифровой приставкой Olympus DP12. Для определения химического состава минералов использован сканирующий электронный микроскоп (СЭМ) Tescan Vega 3 sbu с энергодисперсионным анализатором Oxford Instruments X-act (Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН). Количественный анализ проведен с использованием эталонов MINM-25-53 фирм “AS-TIMEX Scientific Limited” (стандарт № 01-044) и “Microanalysis Consultants Ltd.” (стандарт № 1362).

Спектры комбинационного рассеяния света (КР) получены на спектрометре iHR 320 LabRAM фирмы Horiba Jobin Yvon, оснащенным микроскопом Olympus BX41, TV камерой и охлаждаемым CCD детектором (Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН). Возбуждающей служила линия 632.8 нм He-Ne лазера ($P_{\max} = 20$ мВт), спектральная ширина щели составляла 2 см^{-1} . Сбор рассеянного света осуществлен по схеме на отражение (180°) с зерен размером от 5 мкм со временем накопления 10 с. Запись спектров осуществлялась в программе Labspec v.5, спектры диагностированы с использованием базы данных RRUFF (<http://rruff.info>).

Количественный рентгенофазовый анализ руд выполнен на дифрактометре SHIMADZU XRD-6000 (Институт минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН). Расчет количества кристаллических фаз проведен методом Ритвельда (программы SIROQUANT V4).

ФЛЮОБОРИТ МЕСТОРОЖДЕНИЯ АКТАШ

На месторождении Акташ флюоборит встречается в ассоциации с флюоритом и магнетитом. Эти минералы образуют прожилки и линзы с пятнистой и вкрапленной текстурами (рис. 2, а) в скарнированных доломит-известковистых породах в 3–5 м от их контакта с гранодиоритами. Участки, обогащенные флюоборитом, имеют слоистость, которая подчеркивается вкрапленностью мелкозернистого магнетита. Слои пересечены прожилками грубозернистого магнетита, ассоциирующего с флюоритом,

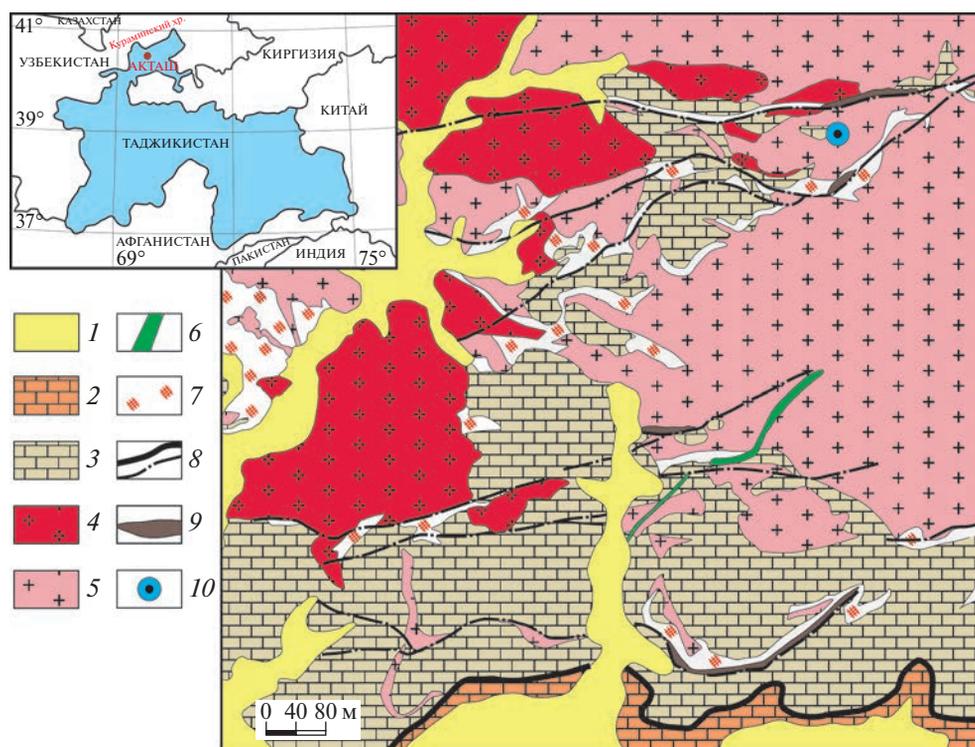


Рис. 1. Географическое положение (врезка) и геологическая карта восточной части месторождения Акташ (Фахриддинов и др., 1974 г., с упрощениями).

1 – четвертичные отложения; 2 – карбонатные породы палеогена; 3 – карбонатные породы верхнего девона–нижнего карбона; 4 – гранодиорит-порфиры среднего карбона–нижнего триаса; 5 – гранодиориты среднего карбона; 6 – диоритовые порфириды верхнего триасса; 7 – скарны; 8 – разрывные нарушения; 9 – полиметаллические рудные тела; 10 – точка отбора образцов.

Fig. 1. Geographical position and geological map of the Aktash deposit, simplified after (Fakhriddinov et al., 1974). 1 – Quaternary sediments; 2 – Paleogene carbonate rocks; 3 – Upper Devonian–Lower Carboniferous carbonate rocks; 4 – Middle Carboniferous–Early Triassic porphyry granodiorite; 5 – Middle Carboniferous granodiorite; 6 – Late Triassic porphyry diorite; 7 – skarns; 8 – thrusts and ore zones; 9 – polymetallic ore bodies; 10 – location of samples.

хлоритом и серпентином (рис. 2, а). В качестве второстепенных и аксессуарных минералов в ассоциации с флюоборитом диагностированы серпентин, доломит, хлорит, пирит, халькопирит, гематит, бадделейт, апатит, гранат, пироксен, валлериит и ангидрит.

Флюоборит представлен тонкими игольчатыми, удлинённо-пластинчатыми субгедральными кристаллами, собранными в радиально-лучистые агрегаты. (рис. 2, б, в). Толщина отдельных индивидов достигает 30 мкм при длине до 150 мкм. Кристаллы флюоборита частично замещались флюоритом. Вершины кристаллов обрастали метакристаллами магнетита.

Цвет агрегатов флюоборита – белый (рис. 2, а), отдельные кристаллы – полупрозрачные. В подавляющем большинстве случаев кристаллы флюоборита формируют сноповидные или радиально-лучистые сростания (рис. 2, б, в). Наблюдаются признаки замещения кристаллов флюоборита флюоритом и обрастание их метакристаллами магнетита (рис. 2, в). Редко отмечаются включения флюоборита в магнетите. Иногда в

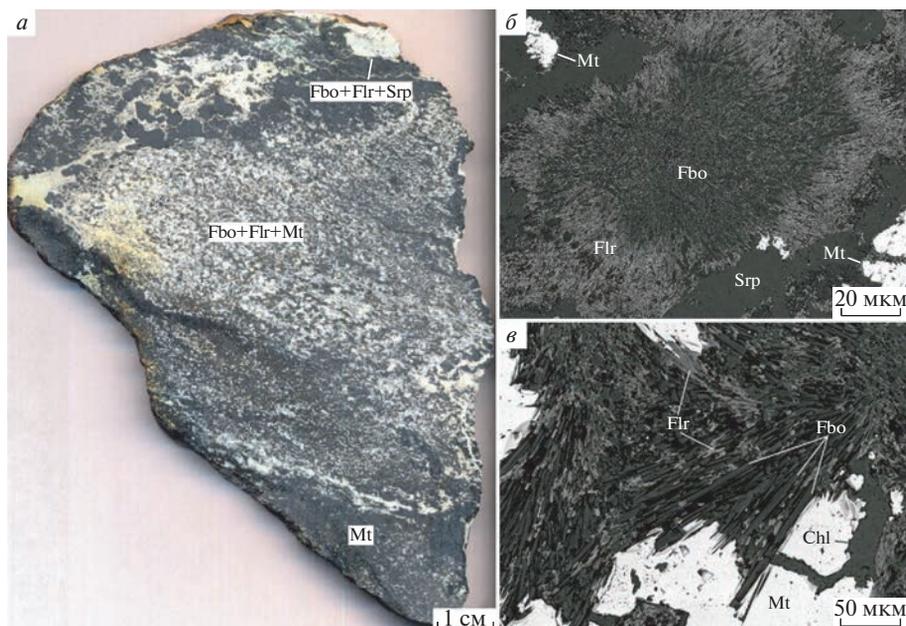


Рис. 2. Текстурно-структурные особенности флюорит-флюоборит-магнетитовой ассоциации.

a – сочетание вкрапленной и пятнистой текстур; *б* – радиально-лучистое гнездо спутанно-волоконистого и игольчатого флюоборита, частично замещенное флюоритом в серпентине; *в* – вершины игольчатых кристаллов флюоборита, частично замещенные флюоритом, обросли кристаллами магнетита, с прожилками хлорита. Mt – магнетит, Flr – флюорит, Fbo – флюоборит, Srp – серпентин, Chl – хлорит. Полированный образец (*a*), СЭМ-фото (*б*, *в*).

Fig. 2. Textural and structural features of the fluorite–fluoroborite–magnetite assemblage.

a – combination of interspersed and spotted textures; *б* – radiant nest of entangled-fibrous and acicular fluoroborite, partially replaced by fluorite in serpentine; *в* – acicular tops of fluorite crystals, partially replaced by fluorite, overgrown with magnetite crystals which are crossed by chlorite veinlets. Mt, magnetite, Flr, fluorite, Fbo, fluoroborite, Srp, serpentine, Chl, chlorite. Polished sample (*a*), BSE images (*б*, *в*).

пористых флюорит-флюоборитовых агрегатах встречаются гипергенные гидроксиды марганца, меди и магния с примесью алюминия, цинка, кобальта, кремния и кальция.

В химическом составе флюоборита в качестве элементов-примесей обнаружены CaO (0.10–1.45 мас. %) и FeO (0.48–1.29 мас. %) (табл. 1). Содержания фтора колеблются в пределах 18.35–21.91 мас. %, что соответствует содержанию минала $Mg_3[BO_3]F_3$ (61–72 мол. %).

Полученные рентгеновские порошковые данные для агрегата флюоборита соответствуют смеси флюоборита (рефлексы 7.702, 4.445, 3.584, 2.908, 2.417, 2.22, 2.133, 1.806, 1.763, 1.678, 1.635, 1.554, 1.534, 1.485 и 1.477 Å, эталон ICDD 11-346), флюорита (рефлексы 3.156, 1.93, 1.647 и 1.366 Å, эталон ICDD 35-816), магнетита (рефлексы 4.849, 2.971, 2.533, 2.099, 1.715, 1.617 и 1.485 Å, эталон ICDD 86-1345) и хлорита (рефлексы 14.349, 7.19, 4.784, 3.584, 2.012 и 1.974 Å, эталон ICDD 29-853) (рис. 3).

Сопоставление зарегистрированных в различных точках исследуемого образца КР-спектров со спектрами из базы данных Rruff.info показало, что положения КР-полос соответствуют флюобориту (эталонный спектр № R061042) (рис. 4, *a*, *б*). КР спектры флюоборита из месторождения Акташ с полосами 952, 848, 534, 423, 345, 239 и 175 cm^{-1} ,

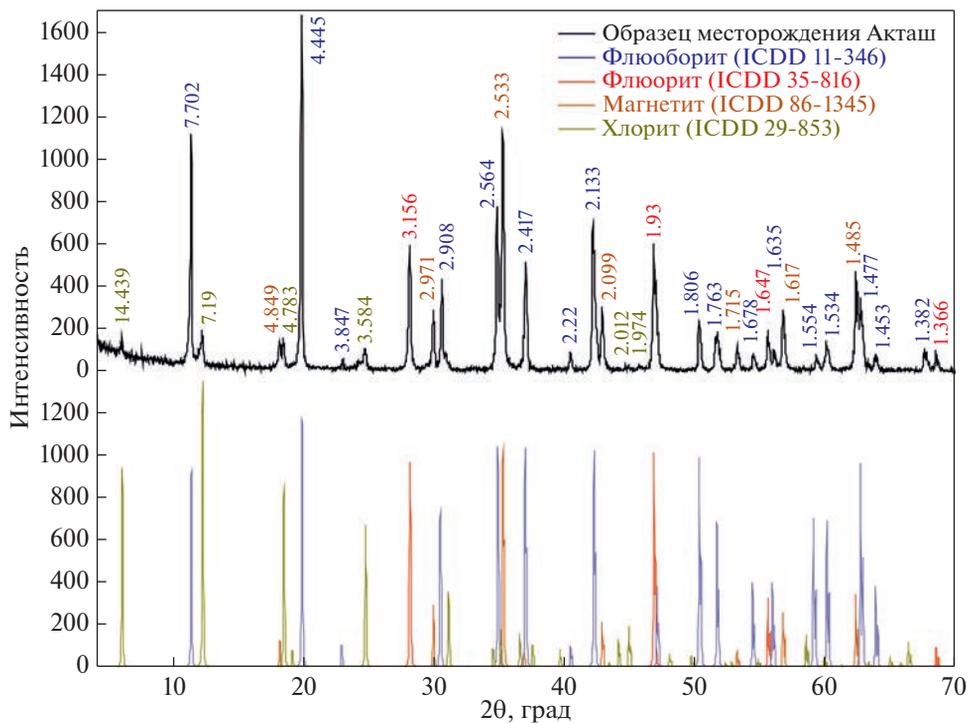


Рис. 3. Результаты рентгеновских порошковых данных.

Fig. 3. Results of X-ray powder data.

сходны со спектром флюоборита № R061042 в области $1200\text{--}150\text{ см}^{-1}$ (рис. 4), дополнительные линии могут быть вызваны тонкой примесью флюорита.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В магнетитовых рудах месторождения Акташ сохранились признаки двух стадий формирования – доскарновой и скарновой. Разнообразные по микроструктуре доскарновые разновидности магнетита, слагающие слоистые руды, “уничтожались” серпентин-магнетит-пироксеновыми скарнами (Ятимов и др., 2022). Эти магнетитовые руды не содержат боратов. Подобная флюорит-флюоборит-магнетитовая ассоциация типична и для других скарнированных железорудных месторождений (Граменицкий, 1966; Перцев, 1971; Александров, 1982, 1990). Однако на месторождении Акташ основная флюорит-магнетит-скарновая минерализация по отношению к флюобориту оказывается более поздней.

Считается, что в скарнах он образуется путем взаимодействия насыщенных бором и фтором водных флюидов с магнезиальными карбонатными породами при температурах около $380\text{--}450\text{ °C}$ (Tell, 1972; Lacalamita et al., 2017). Для флюоборита источником бора и фтора, предположительно, служили гидротермальные флюиды, а источником магния являлись доломитовые породы (Булах и др., 2021). Другим источником могли бы быть осадочные и вулканогенно-осадочные отложения, имеющие более высокое содержание бора, чем магматические породы (Барсуков и др., 1965).

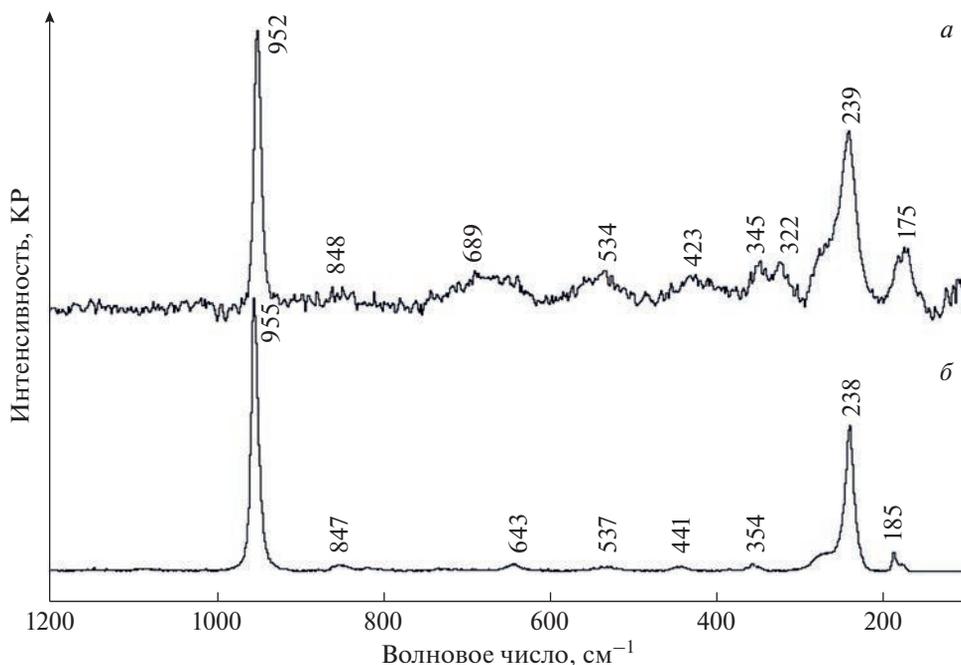


Рис. 4. Спектры комбинационного рассеяния (КР) флюоборита из месторождения Акташ (а) и флюоборита из базы RRUFF (б).

Fig. 4. The Raman spectra of fluoroborite from the Aktash deposit (a) and fluoroborite data from RRUFF (b).

Таблица 1. Химический состав (мас. %) флюоборита месторождения Акташ
Table 1. Chemical composition (wt %) of fluoroborite from the Aktash deposit

№	MgO	CaO	FeO	F	Σ	*B ₂ O ₃	*H ₂ O	-O=F ₂	Σ _{общ}	F
1	63.34	—	1.29	18.35	82.98	18.44	5.62	7.73	99.31	61
2	63.73	—	0.94	18.83	83.50	18.50	5.43	7.93	99.50	62
3	63.89	—	0.48	19.92	84.29	18.47	4.89	8.39	99.26	66
4	64.31	0.19	—	20.67	85.17	18.56	4.61	8.70	99.64	68
5	63.29	1.45	—	20.29	85.03	18.47	4.72	8.54	99.68	67
6	64.46	—	—	21.91	86.37	18.55	4.02	9.23	99.71	72
7	64.37	0.10	—	21.24	85.71	18.55	4.33	8.94	99.65	70

Формула

1	(Mg _{2.97} Fe _{0.03}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{1.82} (OH) _{1.18}) _{3.00}
2	(Mg _{2.98} Fe _{0.02}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{1.87} (OH) _{1.13}) _{3.00}
3	(Mg _{2.99} Fe _{0.01}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{1.98} (OH) _{1.02}) _{3.00}
4	(Mg _{2.99} Ca _{0.01}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{2.04} (OH) _{0.96}) _{3.00}
5	(Mg _{2.96} Ca _{0.04}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{2.01} (OH) _{0.99}) _{3.00}
6	Mg _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{2.16} (OH) _{0.84}) _{3.00}
7	(Mg _{2.99} Ca _{0.01}) _{3.00} (BO ₃) _{1.00} (F _{2.10} (OH) _{0.90}) _{3.00}

Примечание. Формула флюоборита рассчитана на сумму катионов равную 3. * Содержания B₂O₃ и H₂O рассчитаны с учетом электронной нейтральности формул минералов. Указана фтористость (F) флюоборита, рассчитанная по формуле $F = F / (F + OH) \times 100\%$. Прочерк — содержание компонента ниже порога чувствительности.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Радиально-лучистые агрегаты флюоборита обнаружены в флюорит-магнетитсодержащих скарнах в нескольких метрах от контакта доломит-известковых и гранодиоритовых пород месторождения Акташ. Для диагностики флюоборита, кроме определения состава и рентгенофазового анализа, были получены спектры комбинационного рассеяния. Игольчатые кристаллы флюоборита частично замещены флюоритом и обросли поздними метакристаллами магнетита.

Минералогические исследования проведены при финансовой поддержке РФФ (проект № 22-17-00215). Полевые работы выполнялись в рамках госбюджетной темы Института минералогии ЮУ ФНЦ МиГ УрО РАН (№ 122031600292-6).

Авторы благодарны к. г.-м. н. С.С. Сафаралиеву за оказанную помощь и содействие в проведении полевых работ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Александров С.М.* Геохимия бора и олова в месторождениях магнезиально-скарновой формации. М.: Наука, **1982**. 272 с.
- Александров С.М.* Геохимия скарно- и рудообразования в доломитах. М.: Наука, **1990**. 344 с.
- Аполлонов В.Н., Галкин Г.А., Кошуг Д.Г., Кривопапов О.А., Садовый В.Ф.* О борной минерализации в калиеносной пачке Непского месторождения // Геология и геофизика. **1988**. № 3. С. 24–30.
- Барсуков В.И., Камишлина Е.М., Лисицын А.Е., Соколов Г.А., Шабинь Л.И.* Геохимия бора, условия образования и размещения борных месторождений. Москва: Недра, **1965**. 328 с.
- Булах М.О., Пеков И.В., Чуканов Н.В., Япаскурт В.О., Кошлякова Н.Н., Бритвин С.Н., Сидоров Е.Г.* Максимально фтористый флюоборит из фумарольных эксгаляций вулкана Толбачик (Камчатка) // ЗРМО. **2021**. Т. 150. № 2. С. 42–56.
- Вольфсон Ф.И.* Структура и генезис свинцово-цинковых месторождений Западного Карамазара. М.: Изд. АН СССР, **1951**. 245 с.
- Вольфсон Ф.И., Титов В.Н.* Основные особенности геологического строения Кансайского рудного поля / Геология свинцово-цинковых месторождений Кансайского рудного поля. М.: Наука, **1965**. С. 21–29.
- Граменицкий Е.Н.* Анализ парагенезисов флюоборита // Геология рудн. месторожд. **1966**. № 1. С. 16–32.
- Едовин Ю.И., Утехин Г.М.* О флюоборите из Средней Азии // Доклады АН СССР. **1962**. Т. 142. №. 3. С. 674–678.
- Перцев Н.Н.* Парагенезисы борных минералов магнезиальных скарнов. М.: Наука, **1971**. 193 с.
- Попов В.С.* Флюоборит / Минералы Узбекистана. Ташкент: Фан УзССР, **1975**. Т. 2. С. 149–150.
- Рахимов Ш.Х.* Геолого-структурные условия локализации скарново-полиметаллических месторождений Карамазара. Ташкент: Фан, **1978**. 142 с.
- Руднев В.В., Чуканов Н.В., Нечелюстов Г.Н., Ямнова Н.А.* Гидроксилборит, $Mg_3[BO_3](OH)_3$ – новый минерал и изоморфный ряд флюоборит–гидроксилборит // ЗРМО. **2007**. № 1. С. 69–82.
- Ятимов У.А., Аюпова Н.Р., Масленников В.В., Котляров В.А., Шиловских В.В.* Золото-теллуридная минерализация в рудах Pb-Zn-Fe скарнового месторождения Акташ (Западный Карамазар, Таджикистан) // Геология рудн. месторожд. **2022**. Т. 64. № 4. С. 362–381.

**Fluoborite in the Ore-Bearing Skarns of the Aktash
Magnetite-Polymetallic Deposit in the Karamazar (Northhern Tajikistan)**

**U. A. Yatimov^{a, *}, V. V. Maslennikov^a,
M. A. Rassomakhin^a, P. V. Hvorov^a, and S. M. Lebedeva^a**

^a*South Urals Federal Research Center of Mineralogy and Geoecology UB RAS,
Institute of Mineralogy, Ilmeny Reserve, 1, Miass, Chelyabinsk region, 456317 Russia*

^{*}*e-mail: umed1990@list.ru*

Fluoborite has been for the first time discovered in magnetite-bearing skarns at the distance of few meters from the contact between dolomite-carbonate and granodiorite of the Aktash deposit. Fluoborite, $Mg_3(BO_3)(F,OH)_3$, was revealed and studied with optical and electron microscopy and determination of its chemical composition (wt %): MgO 63.29–64.56,

F 18.35–21.91, B₂O₃ 18.44–18.58, H₂O 4.02–5.62, –O=F₂ 7.73–9.23, total 99.27–99.85. The identity of the mineral has been confirmed by X-ray phase analysis (reflections 7.702, 4.445, 3.584, 2.908, 2.417, 2.22, 2.133, 1.806, 1.763, 1.678, 1.635, 1.554, 1.534, 1.485, 1.477 Å) and Raman spectroscopy (Raman spectra with bands 952, 848, 534, 423, 345, 239 and 175 cm⁻¹). Radial-columnar aggregates of fluoborite occurring in serpentine are partially replaced by fluorite, and some tops of its crystals are overgrown by magnetite metacrystals. These magnetite metacrystals contain poikilites of fluoroborite and fluorite.

Keywords: fluoborite, borates, serpentine-fluorite-fluoborite-magnetite associations, skarns, Aktash deposit, Karamazar

REFERENCES

- Alexandrov S.M. Geochemistry of boron and tin in deposits of the magnesian-skarn formation. Moscow: Nauka, **1982**. 272 p. (in Russian).
- Aleksandrov S.M. Geochemistry of skarn and ore formation in dolomites. Utrecht, Tokyo: VSP, **1998**. 300 p.
- Apollonov V.N., Galkin G.A., Koshchug D.G., Krovopalov O.A., Sadovyi V.F. On boron mineralization in the potassium-bearing member of the Nepskoe Deposit. *Russian Geol. Geophys.* **1988**. N 3. P. 24–30 (in Russian).
- Barsukov V.I., Kamshilina E.M., Lisitsyn A.E., Sokolov G.A., Shabinyan L.I. Geochemistry of boron, conditions of formation and location of boron deposits. Moscow: Nedra, **1965**. 328 p. (in Russian).
- Bulakh M.O., Pekov I.V., Chukanov N.V., Yapaskurt V.O., Koshlyakova N.N., Britvin S.N., Sidorov E.G. Extremely fluorine-rich fluoborite from fumarolic exhalations of the Tolbachik volcano (Kamchatka). *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2021**. Vol. 150. N 2. P. 42–56 (in Russian).
- Caponera I., Fiori S., Pucci R. Fluoborite, piombo nativo, richterite ed altri interessanti ritrovamenti Colli Albani. *Gruppo Mineralogico Romano*. **2003**. Vol. 1–2. P. 3–13.
- Edovin Yu.I., Utekhin G.M. On fluoroborite from Central Asia. *Doklady Acad. Sci. USSR*. **1962**. Vol. 142. N 3. P. 674–678 (in Russian).
- Geijer P. Norbergite and fluoborite, two new minerals from the Norberg mining district. *Geologiska Foreningen i Stockholm Forhandlingar*. **1926**. Vol. 48. P. 84–85.
- Gramenitskii E.N. The analysis of the fluoborite's paragenesis. *Geol. Ore Deposits*. **1966**. N 1. P. 16–32 (in Russian).
- Kwak T.A.P., Nicholson M. Szaibelyite and fluoborite from the St. Dizier Sn-borate skarn deposit, NW Tasmania, Australia. *Miner. Mag.* **1988**. Vol. 52. P. 713–716.
- Lacalamita M., Balassone G., Schingaro E., Mesto E., Mormone A., Piochi M., Ventruti G., Joachimski M. Fluorophlogopite-bearing and carbonate metamorphosed xenoliths from the Campanian Ignimbrite (Fiano, southern Italy): crystal chemical, geochemical and volcanological insights. *Miner. Mag.* **2017**. Vol. 81. N 5. P. 1165–1189.
- Marincea St. Fluoborite in magnesian skarns from Baita Bihor (Bihor Massif, Apuseni Mountains, Romania). *Neues Jahrbuch für Mineralogie – Monatshefte*. **2000**. Vol. 8. P. 357–371.
- Pertsev N.N. Boron mineral assemblages in magnesian skarns. Moscow: Nauka, **1971**. 193 p. (in Russian).
- Popov V.S. Fluoborite. In: *Minerals of Uzbekistan*. Tashkent: Fan UzSSR, **1975**. Vol. 2. P. 149–150 (in Russian).
- RRUFF Project. An integrated database of Raman spectra, X-ray diffraction and chemistry data for minerals. **2015**. <http://rruff.info>.
- Rakhimov Sh.Kh. Geological and structural conditions of localization of skarn-polymetallic deposits of the Karamazar. Tashkent: Fan, **1978**. 142 p. (in Russian).
- Rudnev V.V., Chukanov N.V., Nechelyustov G.N., Yamnova N.A. Hydroxylborite, Mg₃(BO₃)(OH)₃, a new mineral species and isomorphous series fluoborite–hydroxylborite. *Zapiski RMO (Proc. Russian Miner. Soc.)*. **2007**. N 1. P. 69–82 (in Russian, English translation: *Geol. Ore Deposits*. **2007**. Vol. 49. P. 710–719).
- Takeuchi Y. The structure of fluoborite. *Acta Cryst.* **1950**. Vol. 3. P. 208–209.
- Tell I. Hydrothermal studies of fluorine and boron metamorphic reactions in dolomite. In: *Publications from the Institutes of Mineralogy, Paleontology and Quaternary Geology, University of Lund, Sweden*. **1972**. Vol. 176. P. 1–63.
- Vol'fon F.I. The structure and genesis of lead-zinc deposits of Western Karamazar. Moscow: Acad. Sci. USSR, **1951**. 245 p. (in Russian).
- Vol'fon F.I., Titov V.N. Main features of geological structure of the Kansai ore field. In: *Geology of Pb–Zn deposits of the Kansai ore field*. Moscow: Nauka, **1965**. P. 21–29 (in Russian).
- Yatimov U.A., Ayupova N.R., Maslennikov V.V., Kotlyarov V.A., Shilovskikh V.V. Gold-telluride mineralization of the Aktash Pb–Zn–Fe skarn deposit (Western Karamazar, Tajikistan). *Geol. Ore Deposits*. **2022**. Vol. 64. N 4. P. 362–381.