

А.В. Корякина¹, О.Ю. Плотинская²

*¹ – Московский государственный университет, г. Москва, Россия
anna8691koryakina@yandex.ru*

*² – Институт геологии рудных месторождений,
минералогии, петрографии и геохимии РАН, г. Москва, Россия*

Особенности химического состава и структуры апатита Тарутинского медного месторождения (Южный Урал)

A.V. Koryakina¹, O.Yu. Plotinskaya²

¹ – Moscow State University, Moscow, Russia

*² – Institute of Geology of Ore Deposits, Petrography, Mineralogy and Geochemistry RAS,
Moscow, Russia*

Features of chemical composition and texture of apatite in the Tarutino copper deposit (Southern Urals)

Abstract. The Tarutino skarn copper deposit is located 200 km south of Chelyabinsk. We studied features of chemical composition and texture of apatite from two boreholes: 506 and 3712. Apatite occurs with quartz, carbonate, chlorite and ore mineral, contains Cl, F, S, Si, Fe and As and shows green and yellow-green cathodoluminescence.

Тарутинское медно-скарновое месторождение расположено в 220 км к югу от г. Челябинска в зоне сочленения Восточно-Уральской вулканогенной и Зауральской зон. Месторождение приурочено к южному контакту Южно-Карамысовского массива диоритов и вулканогенно-осадочной катенинской толщи силурийско-девонского возраста [Грабежев и др., 2005]. Скарны представляют собой тела мощностью 1–28 м и длиной 50–100 м, перемежающиеся с измененными гранитоидами. Главными минералами скарнов являются гранат и эпидот, в подчиненном количестве встречаются амфибол и пироксен [Грабежев и др., 2002].

Апатит является акцессорным минералом месторождений разных генетических типов. Его состав и структура отражают особенности условий среды кристаллизации, в том числе, апатит характеризует вариации содержаний галогенов, которые играют важную роль в процессах гидротермального рудообразования [Грабежев и др., 2010а, б; Холоднов и др., 2016]. В работе представлены первые данные по изучению апатита Тарутинского скарнового месторождения из скважин № 506 и № 3712. Состав минерала проанализирован на электронном микроскопе Jeol JSM-6480LV (Япония) с энергодисперсионным спектрометром INCA Energy-350 (Oxford Instrument Ltd., Великобритания, аналитик Н.Н. Коротаяева). Катодолюминесцентные исследования апатита проведены на рентгеновском микроанализаторе MS-46 фирмы «Самеса», оптическая система которого модернизирована и адаптирована под CCD-цифровую камеру высокого разрешения фирмы «Видеоскан» (Россия) модель 285/Ц/П-USB (SONY ICX285AQ, цветная, ТЭ-охлаждаемая) с управляющим программным обеспечением «Videосcan Viewer», в лаборатории анализа минерального вещества Института геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии РАН, г. Москва (аналитик О.М. Жиличева).

Зерна апатита в изученных скарнах развиваются совместно с кварцем, хлоритом, карбонатом и рудными минералами на поздних стадиях гидротермального процесса. Апатит наблюдается в виде включений в зернах граната (рис. 1а, б), совместно с другими

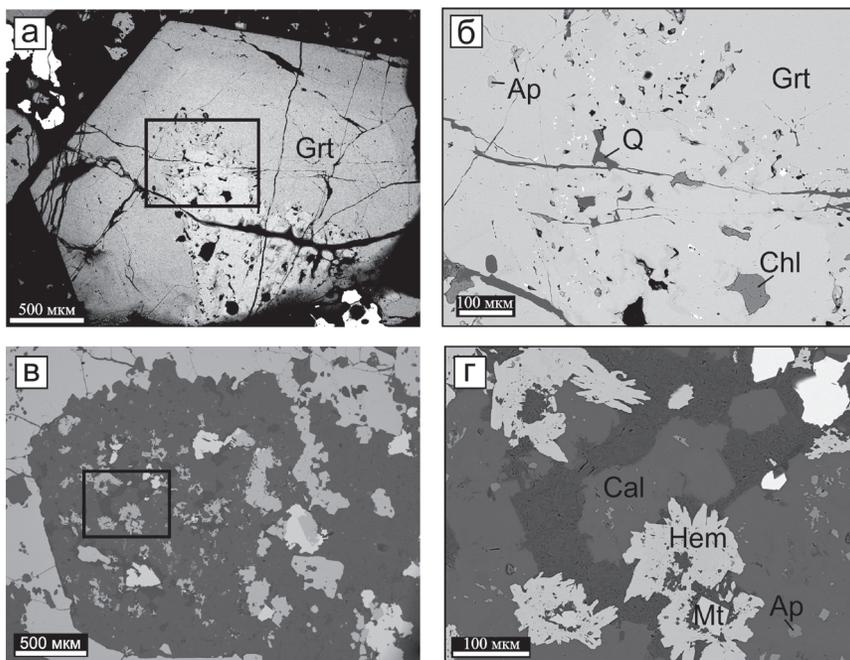


Рис. 1. Апатит Таругинского месторождения в обратно-рассеянных электронах: а – включения апатита в гранате, обр. Таг-3712-163.1; б – деталь рис. а; в – зерна апатита в ассоциации с поздними минералами, обр. Таг-506-153; г – деталь рис. в.

Здесь и далее, Grt – гранат, Ap – апатит, Q – кварц, Chl – хлорит, Cal – кальцит, Hem – гематит, Mt – магнетит.

минералами в трещинах и интерстициях зерен граната, а также на месте замещения зерен граната (рис. 1в, г). Часть зерен имеет ксеноморфную форму и размеры около 10 мкм. Другие зерна гипидиоморфные размером от 10 до 100 мкм.

Апатит содержит FeO (0.1–1.31 мас. %) и SrO (0.17–0.29 мас. %) (табл.). Часть зерен содержит La_2O_3 (0.13–0.33 мас. %), Ce_2O_3 (0.17–0.35 мас. %) и Nd_2O_3 (0.13–0.2 мас. %). Зерна апатита из образца Таг-506-153 характеризуются повышенными содержаниями As_2O_3 (2.46–3.23 мас. %) (таблица). Апатит характеризуется высокими содержаниями F (1.5–4.19 мас. %) и низкими – Cl (0.1–1.32 мас. %) (табл.). Такая закономерность подтверждает тенденцию, выявленную ранее для апатита магматических пород Таругинского месторождения [Грабежев и др., 2011а]. Согласно этой работе, содержание F варьирует от 1.15 ± 0.13 мас. % при содержании Cl 0.91 ± 0.41 мас. % в диорите, до 2.56 ± 0.90 мас. % при содержании Cl 0.38 ± 0.18 мас. % в измененном плагнограните, до 2.06 ± 0.29 мас. % при содержании Cl 0.07 ± 0.03 мас. % в послерудном микропегматитовом гранодиорите и до 1.15 ± 0.13 мас. % при содержании Cl 0.91 ± 0.41 мас. % в серицитизированном диоритовом порфирите (табл.). Увеличение содержаний F и уменьшение Cl от раннего к позднему апатиту обычно объясняется снижением температуры минералообразования. Такая закономерность подтверждается экспериментальными работами [Коржинский, 1991].

Содержания SO_3 в апатите составляет 0.09–1.15 мас. % (табл.). Примесь S обусловлена изоморфизмом аниона $(\text{PO}_4)^{3-}$ и компенсирующего его заряд группой анионов $(\text{SO}_4)^{2-}$ и $(\text{SiO}_4)^{4-}$ по гетеровалентной схеме изоморфизма $\text{S}^{6+} + \text{Si}^{4+} = 2\text{P}^{5+}$ [Peng et al., 1997]. Содержания SiO_2 варьируют от 0.27 до 1.32 мас. %. Между содержаниями SiO_2 и SO_3 наблюдается прямая зависимость ($r = 0.87$) (рис. 2).

Химический состав апатита по результатам электронно-микронзондового анализа (мас. %)

№ обр.	№ ан.	CaO	P ₂ O ₅	SiO ₂	FeO	SrO	F	Cl	SO ₃	As ₂ O ₃	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	V ₂ O ₅	CuO	La ₂ O ₃	Ce ₂ O ₃	Nd ₂ O ₃
Тар-3712-163.1	1	50.40	38.07	0.88	0.52	0.20	1.64	1.32	0.41	0.2	0.11	-	-	-	-	0.14	0.35	0.20
	2	51.11	39.07	0.48	0.55	0.27	1.50	1.20	0.17	0.11	0.12	-	-	-	-	0.16	0.32	-
	3	53.29	40.56	0.27	0.31	0.28	2.20	0.15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4	52.14	39.09	0.56	0.42	0.24	2.04	0.42	0.09	-	-	-	-	-	-	0.13	0.22	-
Тар-3712-164	5	53.01	40.66	0.39	1.31	0.28	2.45	0.21	-	-	-	-	0.06	-	-	-	-	0.13
Тар-3712-187.5	6	55.49	41.59	0.34	-	0.21	2.60	0.26	-	-	-	-	-	-	-	-	0.15	-
	7	55.48	41.30	0.35	0.07	0.24	2.53	0.51	0.11	-	-	-	0.06	-	-	-	-	-
	8	55.86	41.59	0.35	0.10	0.27	2.45	0.10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	9	54.32	40.17	0.99	0.71	0.17	2.47	0.28	-	-	-	0.09	0.06	-	-	-	-	-
Тар-506-127	10	55.88	42.17	0.28	0.66	0.28	3.23	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	11	55.31	41.16	0.46	0.55	0.22	1.55	0.40	0.16	-	-	0.08	0.09	-	-	-	-	-
	12	54.32	41.47	0.36	0.09	0.26	4.19	0.07	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	13	55.50	41.06	0.62	0.16	0.25	3.18	0.14	0.16	-	-	-	-	0.15	-	-	-	-
Тар-506-153.6	14	56.80	42.61	0.32	0.10	0.24	2.74	0.11	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Тар-506-156.3	15	55.22	39.49	1.32	0.44	0.26	2.20	0.78	1.15	-	-	-	-	-	-	0.33	0.17	-
	16	55.15	40.12	1.14	0.43	0.20	1.95	0.69	0.90	-	-	-	-	-	0.23	0.23	-	-
	17	53.88	37.10	0.91	0.37	0.28	1.60	0.63	0.79	2.46	-	-	-	0.10	-	-	-	-
	18	54.42	38.72	1.32	0.42	-	1.91	0.44	1.13	-	-	-	-	-	-	0.18	0.2	-
Тар-506-153	19	54.64	38.54	0.96	0.73	0.29	2.33	0.41	1.02	3.23	-	-	-	-	0.67	-	-	-
	20	54.04	38.41	0.62	0.14	0.24	2.57	0.38	0.53	3.06	-	-	-	-	-	-	-	-

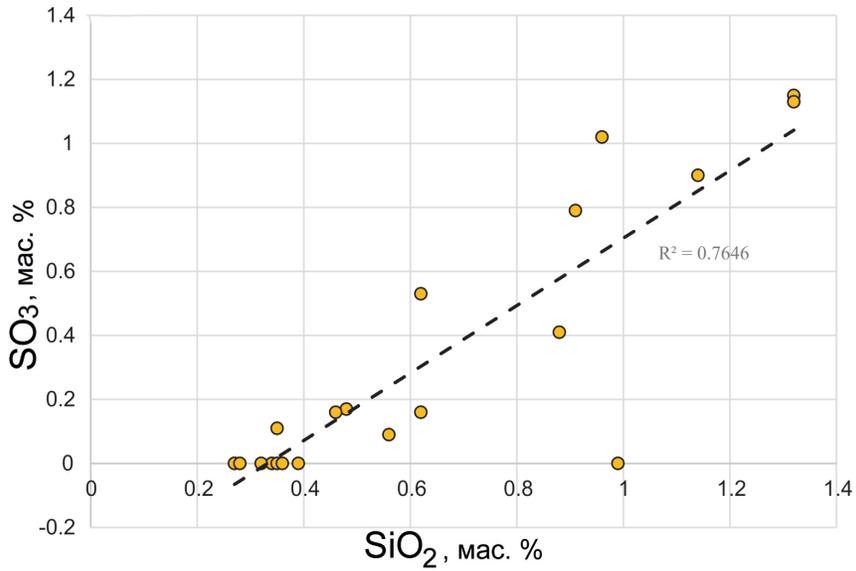


Рис. 2. Зависимость содержания S от SiO₂ в апатите скарнов Тарутинского месторождения.

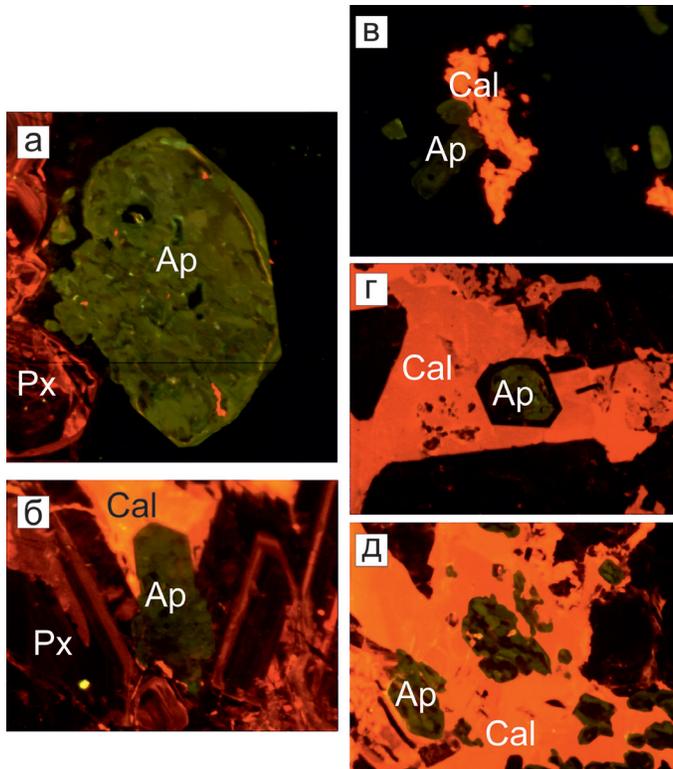


Рис. 3. Катодолуминесцентное изображение апатита в скарнах Тарутинского месторождения: а, б – обр. Tar-3712-187.5; в – обр. Tar-3712-163.1; г – обр. Tar-506-127; д – обр. Tar-506-153.6. Px – пироксен.

Зерна апатита характеризуются зеленым цветом в катодолюминесцентном излучении (рис. 3), что отличает их от апатита месторождений других генетических типов [Жиличева, 2010]. Подобный желто-зеленый оттенок имеет апатит из медно-порфировых месторождений [Bouzari et al., 2016]. Зерна имеют мозаичную зональность, а у части зерен наблюдаются каймы с более слабой люминесценцией. Зависимость между цветом люминесценции и составом апатита установить не удалось.

Таким образом, зональное строение зерен апатита и его состав в скарнах Тарутинского месторождения указывают на их образование в результате многостадийного процесса с перекристаллизацией и переотложением.

Исследования выполнены в рамках базовой темы ИГЕМ РАН.

Литература

Грабежев А.И., Белгородский Е.А., Сотников В.И., Гмыра В.Г. Скарны Тарутинского скарново-медно-порфирового месторождения (Южный Урал) // Петрология. 2002. Т. 10. № 1. С. 46–59.

Грабежев А.И., Гмыра В.Г., Вигорова В.Г., Пальгуева Г.В. Гранаты из скарнов Гумешевского и Тарутинского скарново-медно-порфировых месторождений // Вестник Уральского отделения. 2005. Т. 4. С. 55–60.

Грабежев А.И., Воронина Л.К., Чацухина В.А. Фтор и хлор в апатитах медно-скарновых и скарново-медно-порфировых месторождений Урала // Ежегодник-2010а. Вып. 158. Екатеринбург: Труды ИГГ УрО РАН, 2011. С. 91–94.

Грабежев А.И., Смирнов В.Н., Воронина Л.К., Гмыра В.Г. Галогены в апатитах рудно-магматических медно-порфировых систем Среднего Урала // Ежегодник-2010б. Вып. 158. Екатеринбург: Труды ИГГ УрО РАН, 2011. С. 95–99.

Жиличева О.М. Люминесцентные свойства минералов по данным импульсной катодолюминесценции / Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата геолого-минералогических наук. Москва: ИГЕМ РАН, 2010.

Коржинский М.А. Поведение растворенного солевого вещества в хлоридно-углекисловодном флюиде. Система $H_2O-HCl-CO_2$ // Геохимия. 1991. № 6. С. 755–768.

Холоднов В.В., Серавкин И.Б., Косарев А.М. и др. Распределение галогенов и серы в апатитах медно-порфировых месторождений Южного Урала (новые данные) // Минералогия. 2016. № 1. С. 54–65.

Bouzari F., Hart Craig J.R., Bissig T., Barker S. Hydrothermal alteration revealed by apatite luminescence and chemistry: a potential indicator mineral for exploring covered porphyry copper deposits // Economic Geology. 2016. Vol. 111. P. 1397–1410.

Peng G., Luhr J.F., McGee J.J. Factors controlling sulfur concentrations in volcanic apatite // American Mineralogist. 1997. Vol. 82. P. 1210–1224.