

ТИНАКСИТ В ЧАРОИТОВЫХ ПОРОДАХ И КАРБОНАТИТАХ МУРУНСКОГО МАССИВА (АЛДАНСКИЙ ЩИТ)

Радомская Т.А.¹, Гавриленко В.В.^{1,2}, Канева Е.В.¹, Шендрик Р.Ю.¹, Белозерова О.Ю.¹, Митичкин М.А.¹

¹*Институт геохимии им. А.П. Виноградова СО РАН, Иркутск, Россия,
taniaoigova@mail.ru, kev604@mail.ru, r.shendrik@gmail.com, obel@igc.irk.ru*

²*Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, Россия,
verf61@yandex.ru*

Тинаксит – $K_2Na(Ca,Mn^{2+})_2TiO[Si_7O_{18}(OH)]$ – редкий Ti-Na-K-Са-силикат, содержащий гидроксильную группу, с лентами кремнекислородных тетраэдров в структуре. Это первый из новых минералов, обнаруженных на Мурунском массиве [Рогов и др., 1965]. Название минерала отражает его химический состав – титан (Ti), натрий (Na), калий (K) и кремний (Si). По данным И.В. Рождественской с соавторами тинаксит изоструктурен токкоиту [Rozhdestvenskaya et al., 1989]. Минерал также был обнаружен в пегматитах апатитового месторождения Расвумчорр (Хибинский массив, Кольский полуостров) [Соколова и др., 1975].

Тинаксит распространён в чароитовых породах Мурунского массива на участках Старый, Грозовый, Магистральный [Конев и др., 1996]. В отличие от чароита, минерал редко образует мономинеральные скопления, однако, он встречается в кальцитовых и баритокальцитовых карбонатитах, а также в метасоматитах (микроклинитах), развитых вокруг чароитовых пород в широком ореоле, измеряемом сотнями метров [Конев и др., 1996]. Содержание тинаксита в породах изменяется от аксессуарных количеств до мономинеральных скоплений. Минерал образует длиннопризматические уплощённые кристаллы от нескольких миллиметров до 20 см в длину и до 1 см в поперечнике. Часто кристаллы тинаксита встречаются в виде радиально-лучистых агрегатов от 1 мм до 30 см в диаметре. Цвет минерала варьирует от почти бесцветного, слабо-желтоватого, оранжевого до ярко-коричневого. Природа окраски тинаксита и токкоита из Мурунского массива была выявлена Е.В. Каневой и Р.Ю. Шендриком в 2022 году и обусловлена наличием в кристаллической структуре минералов небольшого содержания примесей Fe^{3+} и Mn^{2+} [Kaneva, Shendrik, 2022]. Значения возраста кристаллизации тинаксита и токкоита в чароитовых породах Мурунского массива близки и составляют 135.93 ± 0.49 Ма и 135.86 ± 0.43 Ма ($^{40}Ar/^{39}Ar$ метод), соответственно [Ivanov et al., 2018]. Несмотря на относительную распространённость тинаксита в породах Мурунского массива, в литературе встречается довольно ограниченное число исследований химического состава этого минерала.

Парагенетические взаимоотношения тинаксита с другими минералами в подобных работах рассматриваются редко, а зависимость химического состава минерала от типа вмещающей его породы никогда не анализировалась. В настоящей работе по результатам электронно-зондового и энергодисперсионного микроанализа приведены и сопоставлены данные химического состава тинаксита из различных пород массива (табл. 1, 2; ан. 1–3). Петрографическим методом исследованы морфогенетические особенности агрегатов тинаксита и изучены его парагенетические ассоциации.

Образец МРН-4-22 представляет собой полированную пластину 11×11 см при толщине 1.5 см, сложенный (в об. %): эгирином (30), тинакситом (15), токкоитом (10), баритокальцитом (30), чароитом (10), микроклином (2), кварцем (2). В незначительных количествах в образце присутствуют калиевый магнезиоарфедсонит, олёкминскит, витерит, стронциевый фторапатит, флюорит, Ва-торостенструпин, дэлиит, сульфиды меди и свинца, Си-джерфишерит, мурунскит, нукундамит, самородная медь. Визуальное наблюдение взаимоотношений минералов в образце позволяет выделить кварц-микроклин-эгирин-чароитовый парагенезис и чароит-токкоит-тинаксит-карбонатитовый. Радиально-лучистые агрегаты тинаксита и токкоита расположены вдоль эндоконтакта карбонатита. В шлифе тинаксит и токкоит наблюдаются в виде идиоморфных и гипидиоморфных удлинённых пластинчатых кристаллов, образующих радиально-лучистые агрегаты среди карбонатных минералов. Благодаря существенной разнице интерференционной окраски минералов в некоторых кристаллах наблюдаются резкие переходы от токкоита к тинакситу. Оба минерала в шлифе практически бесцветны, токкоит имеет серый оттенок, в то время как у тинаксита отмечается желтый оттенок и незначительный плеохроизм. Карбонатные минералы и чароит ксеноморфны по отношению к токкоиту и тинакситу.

Образец МРН-116 представляет собой штучную пробу 13×7×4 см, сложенную преимущественно ба-

Таблица 1. Химический состав тинаксита в различных типах пород Мурунского массива

Индекс	МРН-4-22	МРН-116	МРН-53-5	Микро- клиновый метасоматит	?	?	?
Порода	Карбонатит	Контакт чароит- тинакситовой породы с карбонатитом	Чароитсо- держащая порода				
Ссылка	Данная работа			[Рогов и др., 1965]	[Конев и др., 1996]	[Lacalamita et al., 2017]	
Среднее	14	6	12	1	1	1	1
№	1	2	3	4	5	6	7
SiO ₂	53.94	55.66	57.17	55.82	56.81	54.3	54.6
TiO ₂	7.33	9.07	8.50	10.12	9.71	8.2	9.6
Fe ₂ O ₃	1.73*	1.24*	-	0.91	-	-	-
FeO	-	-	1.04	0.92	0.77	1.32	1.1
MnO	1.15	0.68	0.77	0.40	0.68	0.91	1.1
MgO	0.50	0.24	0.14	0.04	0.17	0.43	0.23
CaO	14.75	13.74	13.94	14.20	13.51	14.5	12.2
Na ₂ O	3.11	3.45	3.80	4.30	4.04	3.41	3.9
K ₂ O	12.19	12.41	12.40	12.55	12.31	12.09	11.8
BaO	-	0.06	0.06	-	0.07	-	-
SrO	0.11	0.10	0.01	-	0.26	-	-
Nb ₂ O ₅	1.11	0.16	0.67	-	-	-	-
V ₂ O ₃	-	0.13	0.06	-	-	-	-
ZrO ₂	-	0.06	0.11	-	-	-	-
F	0.06	0.07	0.07	-	-	-	-
Total	95.81	96.95	98.74	99.26	98.33	95.16	95.03 [†]
H ₂ O	4.19**	3.05**	1.26**	1.20	1.28	1.34	1.45
-O=F ₂	-0.03	-0.03	-0.03	-	-	-	-
Сумма	99.97	99.97	99.97	100.46	99.61	96.50	96.48

Примечание. - – элемент не обнаружен, * – Fe₂O₃ рассчитано по недостатку заряда, ** – количество H₂O рассчитано по стехиометрии, † – в сумму включена примесь Dy₂O₃ в количестве 0.5 мас. %.

Таблица 2. Эмпирические формулы тинаксита, рассчитанные на 13 катионов

№	Тинаксит K ₂ Na(Ca,Mn ²⁺) ₂ TiO[Si ₇ O ₁₈ (OH)]
1	K _{2.01} (Na _{0.78} Ca _{0.22}) _{Σ1.00} (Ca _{1.83} Mn ²⁺ _{0.13} Mg _{0.10} Sr _{0.01}) _{Σ2.07} (Ti _{0.71} Nb _{0.06} Fe ³⁺ _{0.17}) _{Σ0.94} O[Si _{6.98} O ₁₈ (OH _{0.97} F _{0.03})]
2	K _{2.02} (Na _{0.85} Ca _{0.02}) _{Σ0.87} (Ca _{1.86} Mn ²⁺ _{0.07} Mg _{0.05} Sr _{0.01} V _{0.01}) _{Σ2.00} (Ti _{0.87} Nb _{0.01} Fe ³⁺ _{0.12}) _{Σ1.00} O[Si _{7.10} O ₁₈ (OH _{0.97} F _{0.03})]
3	K _{1.98} (Na _{0.92} Ca _{0.08}) _{Σ1.00} (Ca _{1.79} Fe ²⁺ _{0.11} Mn ²⁺ _{0.08} Mg _{0.05}) _{Σ2.03} (Ti _{0.80} Nb _{0.04} Zr _{0.01}) _{Σ0.95} O[Si _{7.16} O ₁₈ (OH _{0.97} F _{0.03})]

Примечание. № соответствуют № химических анализов тинаксита в таблице 1.

рий-стронциевым карбонатитом лимонно-жёлтого цвета. В образце отмечается контакт карбонатита и чароит-тинакситовой породы. Карбонатит состоит из закономерных сростков карбонатов и сульфатов (в об. %): баритокальцита (79), олёкминскита (10) и барита (1). Также в карбонатите встречаются графические выделения кварца вытянутой и червеобразной формы (10 об. %), единичные кристаллы синевато-серого магнезиоарфедсонита и сростки кристаллов тёмно-

зелёного эгирина. Иногда сростки эгирина имеют шарообразную форму. Чароит-тинакситовая порода состоит из тинаксита (80 об. %), чароита (15 об. %), микроклина (5 об. %), единичных идиоморфных тетрагональных призматических коричневых кристаллов Ва-торостенструпина и агрегатов сульфидов меди (халькопирит, борнит, ковеллин, дигенит). Кристаллы тинаксита вытянуты вдоль контакта с карбонатитом. Интерстициальное пространство между кристаллами

заполнено карбонатным веществом и микроклином, а на удалении от контакта – чароитом.

Образец МРН-53-5 (Иркутский участок) представляет собой линзовидный обломок 10×6×3.5 см, сложенный (в об. %): эгирином (25), тинакситом (15), федоритом (10), микроклином (2), кварцем (33), чароитом (15). В незначительных количествах в образце присутствует стисиит, галенит и самородная медь. Тинаксит представлен светло-коричневыми со стекляннным блеском вытянутыми идиоморфными и гипидиоморфными призматическими уплощёнными кристаллами размером до 0.3×15 мм. Кристаллы собраны в сноповидные агрегаты до 15 мм в длину. Кристаллы тинаксита ксеноморфны по отношению к кристаллам эгирина, но идиоморфны относительно других минералов в образце.

Химический состав тинаксита по главным компонентам довольно постоянен и изменяется в незначительных пределах (см. табл. 1 и 2). Отмечается бо́льший недостаток в сумме компонентов в тинаксите, ассоциирующим с карбонатитами, что может указывать на бо́льшее содержание гидроксильной группы в минерале. В качестве постоянных примесей в минерал входят железо, марганец и магний. Причём содержания магния и железа ниже в тинаксите из чароит-содержащей породы. Из спорадических примесей в минерале стоит отметить ниобий, стронций, цирконий. Количество стронция больше в тинаксите, ассоциирующим с карбонатитами, а цирконий встречается только в тинаксите из чароит-содержащей породы. В тинаксите из микроклинового метасоматита отмечаются более высокие содержания натрия и титана, чем в тинаксите, ассоциирующих с карбонатитами и чароит-содержащими породами.

Таким образом, в работе рассмотрены различные минеральные ассоциации редкого минерала тинаксита и показано, что примеси в химическом составе минерала могут отражать его парагенезис.

ЛИТЕРАТУРА

1. Конев А.А., Воробьев Е.И., Лазебник К.А. Минералогия Мурунского щелочного массива. Новосибирск: изд-во НИЦ ОИГГМ, 1996. 221 с.
2. Рогов Ю.Г., Рогова В.П., Воронков А.А., Молева В.А. Тинаксит $\text{NaK}_2\text{Ca}_2\text{TiSiO}_{19}(\text{OH})$ – новый минерал // Докл. АН СССР. 1965. Т. 162. № 3. С. 658–661.
3. Соколова М.Н., Забавникова Н.И., Яковлевская Т.А., Рудницкая Е.С. Тинаксит из пегматитов апатитового месторождения Расвумчорр (Хибинский массив) // Записки российского минералогического общества. 1975. Т. 104(8), С. 39–43.
4. Ivanov A.V., Vladikin N.V., Demonterova E.I., Gorovoy V.A., Dokuchits E.Y. $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ geochronology of the Malyy (Little) Murun Massif, Aldan Shield of the Siberian Craton: a simple story for an intricate igneous complex // Minerals. 2018. V. 602. P. 1–21.
5. Kaneva E., Shendrik R. Tinaksite and Tokkoite: X-ray Powder Diffraction, Optical, and Vibrational Properties // Crystals. 2022. V. 12. P. 377.
6. Lacalamita M., Mesto E., Kaneva E., Scordari F., Pedrazzi G., Vladikin N., Schingaro E. Structure refinement and crystal chemistry of tokkoite and tinaksite from the Murun massif (Russia) // Miner. Mag. 2017. V. 81. P. 251–272.
7. Rozhdestvenskaya I.V., Nikishova L.V., Lazebnik Yu.D., Lazebnik K.A. The crystal structure of tokkoite and its relation to the structure of tinaksite // Zeitschrift fur Kristallographie. 1989. V. 189. P. 195–204.