

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ

УДК 549

© Л. А. ПАУТОВ,\* А. А. АГАХАНОВ,\* Е. В. СОКОЛОВА,\* Ю. К. КАБАЛОВ\*\*

**ТУРКЕСТАНИТ  $\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – НОВЫЙ МИНЕРАЛ  
СО СДВОЕННЫМИ ЧЕТВЕРНЫМИ КРЕМНИЙ-КИСЛОРОДНЫМИ  
КОЛЬЦАМИ<sup>1</sup>**

L. A. PAUTOV, A. A. AGAKHANOV, E. V. SOKOLOVA, Yu. K. KABALOV.  
TURKESTANITE  $\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$  – A NEW MINERAL

\* Ильменский заповедник, 456301, Миасс

\*\* Московский университет, 119899, Москва, Воробьевы Горы

При изучении минералогии щелочных комплексов Туркестано-Алая был встречен тетрагональный минерал группы миларита, пространственная группа  $P4/mmc$  с общей формулой  $\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , весьма близкий к ранее описанным минералам под названием „эканит“ И. В. Гинзбург и др. (1965) и Е. И. Семеновым и В. Д. Дусматовым (1975). Структурное изучение минерала показало его изоструктурность стиситу  $\text{Th}(\text{Na},\text{Ca})_2(\text{K}_{1-z}\square_z)\text{Si}_8\text{O}_{20}$ , от которого он отличается преобладанием Са над Na в позиции В. Вхождение в состав минерала калия, как и в стисите, делает невозможным существование слоев  $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$ , характерных для эканита (пространственная группа  $I422$ ), и приводит к строительству структуры из изолированных кластеров. Для минерала предложено название туркестанит по месту находки.

**История изучения.** Номенклатура тетрагональных ториевых силикатов, близких к группе миларита, долгое время [до работ (Perrault, 1982; Szymanski e. a., 1982)] оставалась весьма запутанной. Причиной этому послужило то обстоятельство, что после первого описания эканита последующие находки были сделаны похожего на эканит другого ториевого силиката – стисита, свойства и структуру которого необоснованно приписывали эканиту. В связи с этим авторы считают интересным остановиться на основных вехах изучения ториевых силикатов с двухэтажными кремний-кислородными кольцами.

В 1961 г. из речных россыпей Шри-Ланки был описан новый метамиктный ториевый силикат  $(\text{Th},\text{U})(\text{Ca},\text{Fe},\text{Pb})_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$ , добываемый как драгоценный камень, названный по имени Ф. Эканаяке – эканитом (Anderson e. a., 1961) Подробное описание минерала приведено в работе (Gubelin, 1961). Прокаленный при

<sup>1</sup> Рассмотрено и рекомендовано к опубликованию Комиссией по новым минералам и названиям минералов Всероссийского минералогического общества РАН 20 февраля 1996 г. Утверждено Комиссией по новым минералам и названиям минералов Международной минералогической ассоциации 4 сентября 1996 г.

650–1000 °С минерал раскristаллизуется в фазу, которую можно проиндцировать на основе объемноцентрированной тетрагональной ячейки с параметрами  $a = 7.46$ ,  $c = 14.96$  Å.

В 1965 г. выходит в свет обстоятельная статья И. В. Гинзбург и др. „Богатый щелочами кристаллический эканит Средней Азии” (Гинзбург и др., 1965), в которой авторы детально описывают под названием „эканит” фактически три минерала (отличающиеся от эканита присутствием калия и примитивной тетрагональной ячейкой с пространственной группой  $P4mcs$ ): минералы Б и А с преобладанием в позиции В кальция над натрием и минерал В с преобладанием в позиции В натрия (в современной номенклатуре – стисит). Рентгеновское изучение минералов привело авторов, вероятно, к ошибочным параметрам ячейки  $a = 14.75$ ,  $c = 12.56$  кХ. Не акцентируя внимания на различиях фаз В и Б, А, авторы указывают на различия „эканитов” Средней Азии и Цейлона, считая их тем не менее разновидностями одного минерального вида – эканита. Введение термина „канэканит” (Поваренных, 1966; Поваренных, Дусматов, 1970) для ториевых силикатов, содержащих щелочи, не сопровождалось описанием конкретных минералов и потому не внесло ясности в терминологию этих минералов. Этот термин не был принят в зарубежной минералогической литературе.

Находки неметамиктных минералов, близких к эканиту в Средней Азии и стисита в Сент-Илер, Квебек, Канада (Perrault, 1973), дали возможность изучить их структуру (Мокеева, Головастиков, 1966; Richard, Perrault, 1972), которая была распространена на эканит без особых на то оснований.

Только в 1982 г. удалось, благодаря работам (Perrault, Szymanski, 1982; Szymanski e. a., 1982), разрешить спорные вопросы номенклатуры этих минералов. Была изучена кристаллическая структура неметамиктного эканита с Юкона, имеющего пространственную группу  $I422$ , параметры элементарной ячейки  $a = 7.483(3)$ ,  $c = 14.893$  Å, что находится в хорошем соответствии с данными для прокаленного типового эканита из Шри-Ланки. Ториевый силикат  $Th(Na,Ca)_2(K_{1-z}□_z)Si_8O_{20}$  („эканит” из Сент-Илер) был назван стиситом, а номенклатурные изменения по минералам этой группы были рассмотрены КНМ. Основные различия в структурах эканита и стисита сводятся к следующему. Для эканита характерны двухэтажные кольца из тетраэдров  $SiO_4$ , собранные в слои состава  $[Si_8O_{20}]$ , потенциальная позиция калия полностью свободна, пространственная группа  $I422$ . Стисит же сложен изолированными группировками  $Si_8O_{20}$  (псевдокубические постройку из тетраэдров), позиция калия занята более чем на 50 %, пространственная группа  $P4/mcs$ . Особо отмечено (Perrault, Szymanski, 1982), что Th-Ca-K силикат из Средней Азии не может именоваться эканитом или стиситом. Заметим, что в известном справочнике (Fleischer, Mandarino, 1995) допущена досадная опечатка – стиситу приписана формула  $Th(Ca,Na)_2K_{1-x}Si_8O_{20}$  вместо  $Th(Na,Ca)_2K_{1-x}Si_8O_{20}$ .

Таким образом, следует отдельно выделять эканит и отдельно группу стисита, которая включает в себя стисит, туркестанит, иракит и, возможно, недоизученный урановый аналог туркестанита, описанный (Семенов, Дусматов, 1975) как „гидратированный урановый эканит”.

**Типовые образцы.** Материалом для изучения туркестанита послужили образцы минерала, собранные при полевых работах авторами совместно с В. Ю. Карпенко, Т. К. Беркелиевым и П. В. Хворовым. Вначале был изучен материал с Джелисуйского массива, позднее – с Дера-и-Пиозского (рис. 1). Изученные образцы хранятся в музее Ильменского заповедника УрО РАН (г. Миасс, Россия), в Минералогическом музее им. А. Е. Ферсмана РАН (г. Москва).

Джелисуйский массив, сложенный преимущественно альбитизированными нефединовыми сненитами, располагается в верховьях р. Ходжаачкан (Киргизия). Интрузия прорывает песчано-сланцевые толщи верхнего карбона, по которым

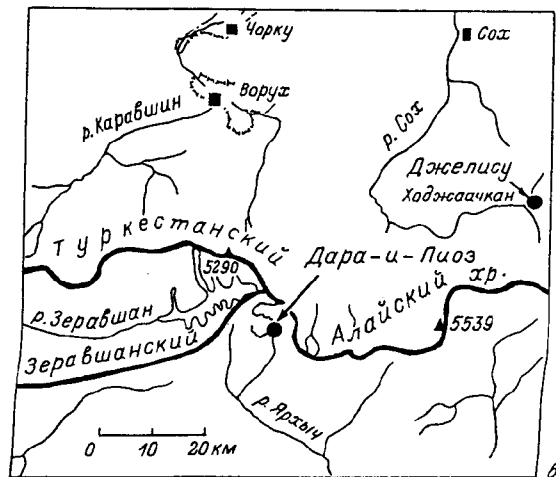
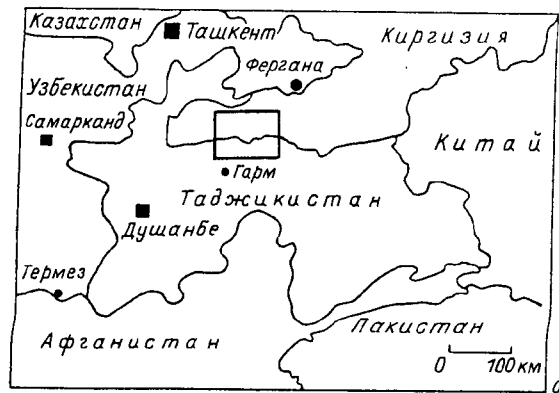


Рис. 1. Географические схемы мест находок туркестанита (а, б).  
 Fig. 1. Geologic sketch map with points of turkestanite findings (a, б).

в западном контакте широко развиты альбитизированные породы, из которых происходят описываемые образцы туркестанита. Петрографическое описание массива и библиография приведены в ряде работ (Перчук, 1964; Шинкарев, 1966; Ильинский, 1970, и др.).

Дара-и-Пиозский (верхний) массив приурочен к сочленению Зеравшанского и Алайского хребтов (Таджикистан). Внешняя часть массива сложена субщелочными гранитами второй фазы туркестанского комплекса, а центральная часть – щелочными породами алайского комплекса. Массив прорывает на севере известково-сланцевые и песчано-сланцевые толщи силура, а на юге – терригенно-сланцевую толщу с прослоями известняков и эффузивов среднего–верхнего карбона. Минералогия и геология Дара-и-Пиоза описаны в многочисленных работах (Дусматов, 1968; Семенов, Дусматов, 1975, и др.).

Туркестанит Джелисууйского массива представлен метакристаллами размерами от 2 до 50 мм коричневого цвета различных оттенков. Большая часть просмотренных кристаллов представлена деформированной тетрагональной призмой без концевых граней. Встречаются расщепленные кристаллы и их сростки. Весьма редки хорошо образованные кристаллы типа представленных на рис. 2. Все мета-

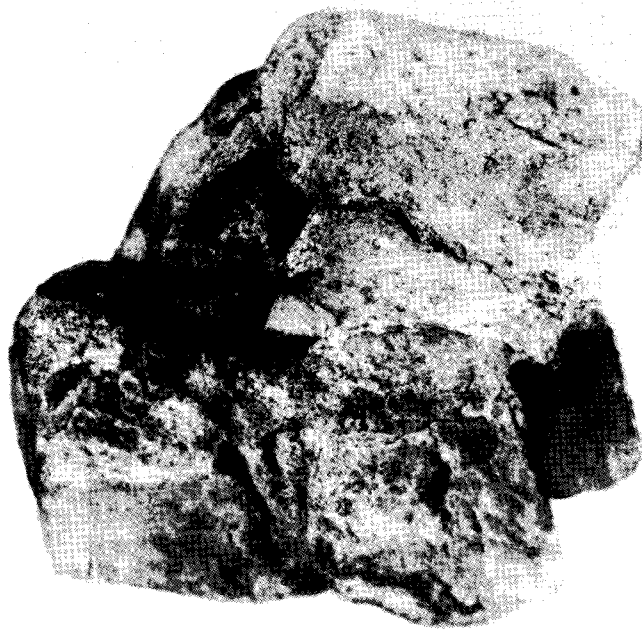


Рис. 2. Кристалл туркестанита в породе из экзоконтакта Джелисуйского массива.

Фото штуфа. Увел. 2.

Fig. 2. A crystal of turkestanite in rock from exocontact of Djelisu massif.

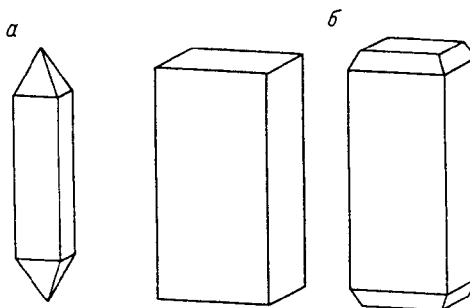
кристаллы туркестанита густо насыщены включениями зерен минералов вмещающих пород: альбитом, щелочным амфиболом, кварцем, флюоритом, фторапатитом, титанитом и эгирином. Только внешние зоны метакристаллов относительно свободны от посторонних включений. Альбитизированные породы после формирования метакристаллов туркестанита испытали значительные деформации, что четко фиксируется по несовпадению ориентировки минералов-включений в туркестаните с ориентировкой зерен во вмещающих их альбититах, а также по часто наблюдаемому отклонению угла от  $90^\circ$  между гранями кристаллов (100) и (010). Туркестанит с Джелису, кроме того, постоянно содержит мельчайшие вросстки торита (около 1–1.5 мас.%), сильно затрудняющие изучение свойств и состава минерала.

*Туркестанит Дара-и-Пиозского массива* представлен кристаллами яблочно-зеленого цвета размерами от 0.5 до 5 мм, встреченными в глыбе микроклинопектолитово-кварцево-эгирино-кальцитового состава. Порода имеет средне-крупнозернистую структуру и массивную, участками полосчатую текстуру, обусловленную ориентировкой зерен эгирина и пектолита. По границам зерен развиты струйчатые агрегаты эгирина и лейст альбита. Часто наблюдаются графические срастания пектолита и кварца. Из второстепенных минералов в породе присутствуют фторапатит, флюорит и титанит. Кристаллы туркестанита практически свободны от вростков других минералов. Между туркестанитом и эгирином часто наблюдаются индукционные поверхности совместного роста. Во многих кристаллах туркестанита хорошо проявлена зональность роста, подчеркнутая различной насыщенностью зон газовой-жидкими включениями.

**Физические свойства и морфология кристаллов.** Туркестанит обладает стеклянным блеском, у образцов с Джелисуйского массива блеск матовый за счет обилия мельчайших включений. Минерал полупрозрачный, в тонких сколах

Рис. 3. Чертежи кристаллов туркестанита.  
 а – минерал из Джелисуйского массива, б – минерал из Дара-и-Пиозского массива.

Fig. 3. Forms of turkestanite crystals from Djelisu (a) and Dara-i-Pioz (b) massifs.



прозрачный. Цвет яблочно-зеленый, коричневый. Спайность плохо проявлена по (111), наблюдается лишь в шлифах, что отмечалось и предыдущими исследователями (Гинзбург и др., 1965). Твердость по Моосу 5.5–6. Плотность (для минерала с Дара-и-Пиоза), измеренная уравниванием в растворе жидкости Клеречи, 3.36(2) г/см<sup>3</sup>. Расчетная плотность 3.39 г/см<sup>3</sup>.

Кристаллы из экзоконтакта Джелисуйского массива по результатам измерений на прикладном гониометре представлены комбинацией форм {100} и {101}. Туркестанит с Дара-и-Пиоза – комбинацией {100} и {001}, редко плохо развита {110} (рис. 3).

Туркестанит – минерал одноосный, оптически отрицательный. Угасание относительно граней призмы прямое, удлинение отрицательное.  $N_e \parallel C$ . Показатели преломления туркестанита с Дара-и-Пиоза  $n_o = 1.611(2)$ ,  $n_e = 1.606(2)$ , двупреломление соответственно низкое. В оптическом спектре имеется ряд полос поглощения (рис. 4), которые могут быть отнесены к четырехвалентному урану, обуславливающему зеленый цвет туркестанита с Дара-и-Пиоза. Косвенно в пользу этого свидетельствует и тот факт, что наиболее густо окрашен в зеленый цвет туркестанит, содержащий наибольшее количество урана (ан. 3 в табл. 1). ИК-спектр туркестанита характерен для кольцевых силикатов (рис. 5) и содержит сильные полосы поглощения 449, 591, 1040, 1097 см<sup>-1</sup> и широкую полосу в районе 3460 см<sup>-1</sup>, связанную с присутствием воды в минерале.

**Химический состав.** Качественный химический состав туркестанита изучался на электронном сканирующем микроскопе SEM-535 с энергодисперсионной приставкой EDAX 9900. Количественный состав туркестанита с Дара-и-Пиоза (табл. 1, ан. 1) определен методами „мокрой” химии и атомной абсорбции. Торий и редкие земли определялись весовым методом. Для отделения тория применялся иодатный метод. Кроме того, проведено контрольное определение тория комплексонометрическим объемным методом после разделения на катионите КУ-2. Индивидуальные редкие земли определены Л. Ф. Баженовой комплексонометрически после хроматографического разделения на бумаге редких земель, выделенных в ходе силикатного анализа. Получены следующие результаты (мас.% от суммы редких земель): La 24.4, Ce 39.1, Pr 5.0, Nd 21.0, Sm 3.5, Gd 2.7, Y + Yb 3.6, Dy 1.5.

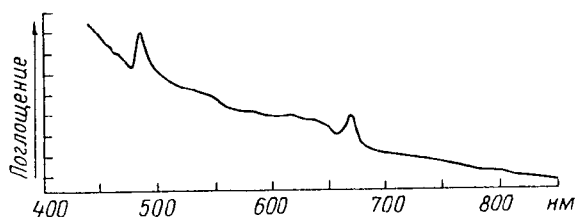


Рис. 4. Спектр пропускания туркестанита в видимой области.

Fig. 4. Optical absorption spectrum of turkestanite.

Таблица 1

Химический состав туркестанита и близких к нему минералов  
 Chemical composition of turkestanite and some similar minerals (wt.%)

Компонент	Туркестанит (данные авторов)			„Экрант из Средней Азии“ (Гинзбург и др., 1965)				Стисит			Ираксит		Экранит	
	Дарь-и-Гиоз			Джелысу			А, турке- станит?	Б, турке- станит?	В, сти- сит?	Сеп- Илер (Pergault, Szumanski, 1982)	Гвинея (Pargot, Della Ventura, 1987)	Ирак (Liniv- stone, 1976)	Италия (Della Ventura, 1986)	Шри- Ланка (Anderson, 1961)
	ан. 1	ан. 2	ан. 3	ан. 4	ан. 5	ан. 6								
SiO <sub>2</sub>	54.58	55.04	55.59	49.80	49.48	54.50	54.60	52.18	57.92	52.12	51.7	53.36	55.60	
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.03	-	-	1.11	0.94	-	1.48	-	-	-	0.77	-	-	
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0.10	0.02	-	0.04	0.06	0.17	0.10	0.18	-	-	0.10	-	0.50	
MgO	-	-	-	-	-	-	-	-	0.17	-	0.02	-	-	
MnO	0.01	-	-	-	-	0.02	0.02	-	1.64	-	0.02	-	-	
ThO <sub>2</sub>	23.43	27.68	16.20	30.76	31.18	26.47	23.74	26.74	28.03	30.08	9.54	18.96	27.60	
UO <sub>2</sub>	1.93	1.42	10.89	-	-	1.46	0.58	-	-	0.14	0.65	10.75	2.10	
TR <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1.50	0.53	0.50	-	-	0.36	2.39	-	0.47	1.81	15.06	0.14	-	
PbO	0.94	-	-	0.40	-	0.46	-	-	0.07	-	0.35	0.11	0.80	
BaO	-	-	-	0.40	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
CaO	7.56	7.82	7.62	8.29	8.82	7.54	10.44	6.00	4.92	4.38	10.74	11.44	13.70	
Na <sub>2</sub> O	2.89	2.98	2.88	1.75	1.47	3.51	2.63	3.53	3.36	3.96	0.27	0.03	-	
K <sub>2</sub> O	4.54	4.34	4.25	2.66	2.20	4.08	3.30	4.10	3.42	4.42	2.76	-	-	
F	0.20	-	-	-	-	-	0.26	-	-	0.23	0.07	-	-	
H <sub>2</sub> O <sup>+</sup>	1.76	-	-	-	-	1.02	0.32	4.40	-	-	4.41	-	-	
Сумма	99.47	99.82	97.93	95.21	94.63	99.57	99.89	99.60	100.0	97.71	96.68	94.80	100.30	
-O=F <sub>2</sub>	0.08	-	-	0.11	-	-	0.11	-	-	0.10	0.03	-	-	
Сумма	99.39	-	-	99.78	-	-	99.78	-	-	97.61	96.65	-	-	

Примечание. Ан. 1 — анализ Л. А. Паутов и А. А. Атаханов; ан. 2, 3 — микронзондовые анализы, анализ Л. А. Паутов; ан. 4, 5 — микронзондовые анализы, анализ А. И. Целин; ан. 6 — анализ М. Е. Казакова; ан. 7 — анализ Т. А. Бузова; ан. 8 — анализ Л. Л. Леонова; ан. 10 — еще определено (%): P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.02, As<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.45; ан. 11 — еще определено (%): P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.01, ZrO<sub>2</sub> 0.17, CuO 0.07, S 0.14, CO<sub>2</sub> 1.00.

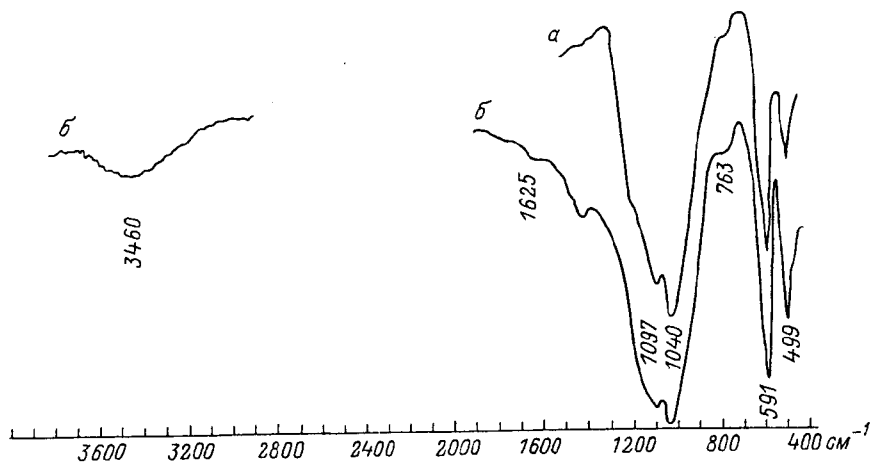


Рис. 5. ИК-спектры туркестанита:

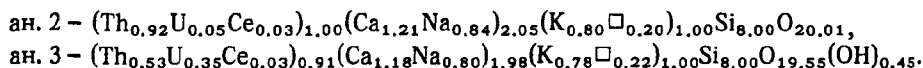
*a* — из Джелисуйского массива. Specord-75-IR, суспензия на спирте, аналитик Н. К. Никадрова; *б* — из Дара-и-Пиозского массива, препарат — таблетка с KBr, аналитик Н. В. Чуканов.

Fig. 5. IR spectra of turkestanite from Djelisu (*a*) and Dara-i-Pioz (*b*) massifs.

Уран определен объемным феррофосфатованадиометрическим методом. Кальций, железо, натрий, калий, марганец, свинец, алюминий, кремний определены атомно-абсорбционной спектрометрией. Кроме того, выполнено контрольное определение кремния из микронавески в 16 мг колориметрическим методом, получено содержание  $\text{SiO}_2$  54.23%. Фтор определен ионометрически. Вода определена В. Ю. Карпенко методом поглотительных трубок (навеска нагревалась до 1050 °C). Определение воды методом Пенфильда дает заниженные результаты, что связано с трудностью отдачи воды минералом. Расчет формулы туркестанита с Дара-и-Пиоза на 8 атомов (Si,Al) приводит к формуле  $(\text{Th}_{0.78}\text{TR}_{0.08}\text{U}_{0.06}\text{Pb}_{0.04}\text{Fe}_{0.01})_{0.97}(\text{Ca}_{1.19} \cdot \text{Na}_{0.82})_{2.01}(\text{K}_{0.85}\square_{0.15})_{1.00}(\text{Si}_{7.99}\text{Al}_{0.01})_{8.00}\text{O}_{12.00} \cdot (\text{O}_{7.75}\text{OH}_{0.16}\text{F}_{0.09})_{8.00} \cdot 0.78\text{H}_2\text{O}$ . Упрощенная формула туркестанита  $\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20} \cdot n\text{H}_2\text{O}$ , где  $[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$  в развернутом виде с учетом вхождения OH-групп только в позицию O(3) можно записать как  $[\text{Si}_8\text{O}_{12}(\text{O},\text{OH},\text{F})_8]$ . Анализ межатомных расстояний в структуре туркестанита показал, что в Si-тетраэдрах лишь одно расстояние Si-O(3) укорочено до 1.54 Å по сравнению с Si-O(1), O(2) = 1.63 Å. Подобная закономерность отмечена и в (Richard, Perrault, 1972), авторы которой рассматривали O(3) как позицию, частично занятую гидроксильными группами. Из трех атомов кислорода O(1) и O(2) входят в качестве лигандов одновременно в два Si-полиэдра, что обуславливает баланс валентностей, равный 2. Атом O(3) входит в координационные полиэдры Ca, Th и одного кремния, получая при этом заряд около +1.8, что свидетельствует о вхождении в данную недосыщенную положительным зарядом позицию некоторого количества (OH)-групп. Сравнение величин межатомных расстояний в структурах туркестанита и стисита не противоречит вхождению (OH)-групп именно в позицию апикального кислорода O(3) и подтверждается данными химического анализа. Переменное количество воды „цеолитового” типа находится в туркестаните в каналах структуры, как это имеет место в стисите.

Состав туркестанита из кварцево-полевошпатовой ассоциации изучен на рентгеновском микроанализаторе JCXA-733 (табл. 1, ан. 2, 3) при ускоряющем напряжении 25 кВ и токе зонда 28 нА. Образцами сравнения на Na, Ca служил скаполит USNM R-6600-1, на K, Si, Fe — осумилит USNM 143967, на U — уранофан и синтетиче-

ский  $UO_2$ , на Th – искусственный  $ThO_2$ , на Ce – синтетический фосфат церия. Na, K, Si, Ca определялись по  $K_\alpha$ -серии; Th, U, Ce – по  $L_\alpha$ -серии. Расчет концентраций выполнялся по стандартной программе ZAF-коррекции. Воду прямым методом не определяли из-за недостатка материала. Расчет на 8 атомов Si приводит к формулам:



Количественно состав туркестанита с Джелисуйского массива изучен на рентгеновском микроанализаторе Cameca SX-45 А. И. Цепиным при ускоряющем напряжении 20 кВ и токе зонда 25 нА. Образцами сравнения при определении Si, Ca, Fe служил диоксид, K – ортоклаз, Th –  $ThO_2$ , U –  $UO_2$ . Следует отметить, что мельчайшие вроски торита, возможно, привели к некоторому завышению измеренного содержания тория и незначительному занижению остальных компонентов. Из-за трудности выделения мономинеральной фракции джелисуйского туркестанита в нем не удалось прямыми методами определить содержание воды и провести химический анализ методами „мокрой химии”. Анализ туркестанита с Джелисуйского массива по указанным причинам не может считаться в строгом смысле корректным. Пересчет анализа туркестанита (в табл. 1, ан. 4) после вычитания 1.5 % примеси торита (доля примеси торита определена количественным рентгенофазовым анализом) приводит к формуле (расчет на 8 ф. е. Si + Al)  $Th_{1,06}(Ca_{1,40}Na_{0,49})_{1,89}(K_{0,53}\square_{0,47})_{1,00}[(Si_{7,80}Al_{0,20})_{8,00}O_{19,93}(OH)_{0,07}] \cdot nH_2O$ .

**Рентгеновские данные.** Рентгеновские порошковые туркестанита приведены в табл. 2. Для туркестанита с Дара-и-Пиоза характерно некоторое уширение рентгеновских линий на дифрактограмме по сравнению с аналогичными линиями туркестанита с Джелисуйского массива, что, по-видимому, связано со слабопроявленной метамиктизацией минерала с Дара-и-Пиоза. Это обстоятельство было учтено при выборе материала для изучения кристаллической структуры.

Кристаллическая структура туркестанита (Джелису) уточнялась методом Ритвельда по рентгеновским порошковым данным (дифрактометр АПП-2,  $\lambda$   $CuK_\alpha$ , съемка с шагом 0.02° и экспозицией 15 с в интервале углов  $10.56 < 2\theta < 140$ ) с использованием программы WYRIET для персонального компьютера. Число брегговских рефлексов 850 ( $\alpha_1 + \alpha_2$ ). Получены следующие R-факторы:  $R_p = 0.033$ ,  $R_{wp} = 0.043$ ;  $R_B = 0.025$ ,  $R_F = 0.02$ ,  $s = 1.49$ . Параметры элементарной ячейки  $a = 7.5789(2)$ ,  $c = 14.7038(4)$  Å. Пространственная группа P4/mcc. Туркестанит изоструктурен стисииту, но Ca преобладает в позиции (0 1/2 1/4) в отличие от стисиита. Обобщенные межатомные расстояния: Si–O = 1.600 Å, (Ca,Na)–O = 2.539 Å, Th–O = 2.481 Å, K–O = 3.066 Å.

**Сравнение с близкими минералами.** Туркестанит довольно легко отличим от эканита по присутствию калия и другой пространственной группе. От стисиита однозначно может быть отличен только по результатам химического анализа. Сравнительная характеристика этих минералов приведена в табл. 3.

Анализ составов минералов группы стисиита (табл. 1) позволяет наметить два ряда изоморфизма. В позиции А проявлен широкий изоморфизм между торием, ураном и редкими землями, в позиции В – между натрием и кальцием. Имеющиеся данные позволяют надеяться на обнаружение в природе уранового аналога туркестанита и, возможно, уранового аналога стисиита и редкоземельного аналога стисиита (иракит, в строгом смысле, следует рассматривать как редкоземельный аналог туркестанита).

Авторы благодарят Национальный музей естественной истории Смитсоновского института (г. Вашингтон) и персонально доктора Е. Ярозевича за предоставленные стандарты для микронзондового анализа. Авторы также выражают



Таблица 2

Результаты расчета дифрактограммы туркестанита  
X-ray powder diffraction data for turkestanite

Ан. 1, Дара-и-Пиозский массив			Ан. 2, Желисуйский массив			
<i>I</i>	<i>d</i> <sub>эксп</sub>	<i>d</i> <sub>расч</sub>	<i>I</i>	<i>d</i> <sub>эксп</sub>	<i>d</i> <sub>расч</sub>	<i>hkl</i>
23	7.59	7.592	30	7.60	7.582	010
20	7.40	7.412	60	7.38	7.354	002
40	5.36	5.368	26	5.36	5.362	110
70	5.31	5.303	100	5.29	5.279	012
8	4.36	4.348	12	4.34	4.332	112
			5	3.68	3.677	004
100	3.40	3.395	78	3.393	3.391	120
			92	3.372	3.370	022
65	3.33	3.330	83	3.309	3.308	014
16	3.09	3.087	22	3.080	3.079	122
11	3.05	3.050	9	3.036	3.032	114
22	2.685	2.684	22	2.681	2.681	220
59	2.654	2.652	63	2.641	2.639	024
19	2.531	2.531	20	2.526	2.527	030
16	2.504	2.503	14	2.495	2.493	124
8	2.398	2.401	6	2.396	2.398	130
3	2.347	2.349	5	2.332	2.332	016
			5	2.280	2.280	132
			4	2.230	2.229	116
25	2.175	2.174	25	2.166	2.166	224
9	2.161	2.159	9	2.154	2.154	133
8	2.107	2.106	4	2.104	2.103	230
8	2.086	2.085	8	2.083	2.082	231
8	2.071	2.071	5	2.057	2.059	026
14	2.026	2.025	16	2.024	2.022	232
14	2.016	2.015	10	2.008	2.008	134
16	1.999	1.998	14	1.985	1.987	126
8	1.899	1.898	14	1.894	1.896	040
8	1.843	1.841				140
12	1.830	1.827	17	1.825	1.825	141
			13	1.807	1.809	226
8	1.786	1.787	9	1.785	1.784	142
5	1.767	1.768	6	1.760	1.760	036
			2	1.739	1.739	118
1	1.736	1.739			1.737	332
8	1.699	1.698	11	1.695	1.695	240
			3	1.684	1.684	421
11	1.652	1.655	10	1.651	1.652	242
		1.649	12	1.645	1.645	144
8	1.627	1.627	12	1.615	1.616	128

Параметры элементарной ячейки, Å

$a = 7.592(4), c = 14.824(9)$

$a = 7.582(2), c = 14.708(8)$

Примечание. Условия съемки: дифрактометр ДРОН-2, FeK<sub>α</sub>, графитовый монохроматор, внутренние стандарты – кварц и NaCl, аналитики – Л. А. Паутов и А. А. Агаханов.

Сравнительная характеристика туркестанита, стисиита и эканита  
Comparative characteristics of turkestanite, steacyite and ekanite

Характеристика минерала	Туркестанит	Стисиит	Эканит
Формула	$\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}$	$\text{Th}(\text{Ca},\text{Na})_2(\text{K}_{1-x}\square_x)\text{Si}_8\text{O}_{20}$	$\text{ThCa}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$
Сингония	Тетрагональная	Тетрагональная	Тетрагональная
Пространственная группа	$P4/mcc$	$P4/mcc$	$I422$
$a$ , Å	7.59	7.58	7.48
$c$ , Å	14.82	14.77	14.89
Плотность, г/см <sup>3</sup>	3.36	3.02	3.08–3.36
Оптический знак	(–)	(–)	(–)
$n_o$	1.611	1.573	1.580
$n_e$	1.606	1.572	1.568
Сильные линии рентгеновской порошкограммы	7.59(23), 7.40(20), 5.36(40), 5.31(70), 3.40(100), 3.33 (65), 2.65(59), 2.175(25)	7.60(14), 7.42(11), 5.37(15), 5.30(45), 3.38(100), 3.32(55), 2.64(41), 2.00(26)	7.45(58), 6.70(73), 4.14 (100), 3.34(96), 3.27(65), 2.766(23), 2.642(54)

искреннюю признательность за помощь в работе В. Ю. Карпенко, П. В. Хворову, Т. К. и М. К. Беркелиевым, И. В. Пекову, Н. В. Чуканову, Н. К. Никандровой, В. Н. Быкову, А. И. Цепину и Д. И. Кринову.

#### Список литературы

- Белов Н. В. Очерки по структурной минералогии. М., 1976. 344 с.  
 Гинзбург И. В., Семенов Е. И., Леонова Л. Л., Сидоренко Г. А., Дусматов В. Д. Богатый щелочами кристаллический эканит Средней Азии // Новые данные о минералах СССР. Тр. минер. музея им. А. Е. Ферсмана. Вып. 16. М., 1965. С. 57–72.  
 Дусматов В. Д. К минералогии одного из массивов щелочных пород // Щелочные породы Киргизии и Казахстана. Фрунзе, 1968. С. 134–135.  
 Ильинский Г. А. Минералогия щелочных пород Туркестано-Алая. Л., 1970. 140 с.  
 Мокеева В. И., Головастиков Н. И. Кристаллическая структура эканита  $\text{ThK}(\text{Ca},\text{Na})_2[\text{Si}_8\text{O}_{20}]$  // Докл. АН СССР. 1966. Т. 167. № 5. С. 1131–1134.  
 Перчук Л. Л. Физико-химическая петрология гранитоидных и щелочных интрузий Центрального Туркестано-Алая. М., 1964. 244 с.  
 Поваренных А. С. Кристаллохимическая классификация минеральных видов. Киев: Наукова думка, 1966.  
 Поваренных А. С., Дусматов В. Д. Инфракрасные спектры новых минералов из щелочных пегматитов Средней Азии // Конституция и свойства минералов. Киев: Наукова думка, 1970. Вып. 3, 4.  
 Семенов Е. И., Дусматов В. Д. К минералогии щелочного массива Дара-и-Пиез (Центральный Таджикистан) // Докл. АН ТаджССР. 1975. Т. 18. № 11. С. 39–41.  
 Шинкарев Н. Ф. Верхнепалеозойский магматизм Туркестано-Алая, 1966. 152 с.  
 Anderson B. W., Clarringbull G. F., Davis R. J., Hill D. K. e. a. Ekanite a new metamict gem from Ceylon // Nature. 1961. Vol. 10.  
 Della Ventura G., Maras A., Parodi C. G. Nonmetamict U-rich ekanite from Pitigiano (Tuscany, Italy) // Atti Acad. naz. Lincei. Sez. 8: Rend. Cl. sci. fis. mat. e natur. 1986. Vol. 80. N 7–12. P. 585–592.

- Fleischer M., Mandarino J. A. Glossary of mineral species. Tucson, 1995. 280 p.
- Gubelin E. J. Ekanite another new metamict gem Ceylon // *Gems and Gemology*. 1961. Vol. 10. N 6.
- Hawthorne F. C., Kimata M., Cerny P., Ball N., Rossman G. R., Grice J. D. The crystal chemistry of the milarite-group minerals // *Amer. Miner.* 1991. Vol. 76. P. 1836–1856.
- Parodi G. G., Della Ventura G. Steacyite from the Rouma Isle (Los Islands, Republic of Guinea) // *N. Jb. Miner. Mh.* 1987. H. 5. S. 233–239.
- Perrault G., Richard P. L'ekinite de Saint Hilar, P. Q. // *Canad. Miner.* 1973. Vol. 11. P. 913–929.
- Perrault G., Szymanski J. T. Steasyite, a new name, and a reevaluation of the nomenclature of „ekinite”-group minerals // *Canad. Miner.* 1982. Vol. 20. P. 59–63.
- Richard P. P., Perrault G. Structure Cristalline de l'Ekanite de St-Hilaire, P. Q. // *Acta Cryst.* 1972. B 28. P. 1994–1999.
- Szymanski J. T., Owens D. R., Roberts A. C., Ansell H. G., Chao G. Y. A Mineralogical study and crystal-structure determination of nonmetamict ekanite,  $\text{ThCa}_2\text{Si}_8\text{O}_{20}$  // *Canad. Miner.* 1982. Vol. 20. P. 65–75.

Поступила в редакцию  
4 апреля 1997 г.

УДК 549(047)

ЗВМО, № 6, 1997 г.  
Proc. RMS, N 6, 1997

© Д. члены В. И. КУДРЯШОВА, В. Н. СМОЛЪЯНИНОВА

## НОВЫЕ МИНЕРАЛЫ. LI

V. I. KUDRYASHOVA, V. N. SMOLYANINOVA. NEW MINERALS. LI

Институт геологии рудных месторождений, петрографии, минералогии и геохимии (ИГЕМ) РАН,  
109017, Москва, Старомонетный пер., 35

### ИНТЕРМЕТАЛЛИДЫ, НИТРИДЫ

1. **Чендеит** (chengdeite) –  $\text{Ir}_3\text{Fe}$  (упорядоченный сплав). Куб. с. *Pt3m*.  $a = 3.792 \text{ \AA}$ .  $Z = 1$  (по аналогии с изоферроплатиной). Зерна (до 0.5 мм). Цв. стально-черный. Черта черная. Бл. метал. Ковкий. Тв. 5, микротв. 452 (средн.). Плотн. 19.19 (выч.). Сильно магнитный. В отр. св. ярко-белый с желтоватым оттенком. Изотропен. Отр. (%): 61.7 при 400 нм, 66.2 при 470, 69.1 при 540, 69.5 при 550, 71.1 при 590, 72.5 при 650, 72.8 при 700 нм. Хим. (м. з., средн. из 13 опр.): Fe 7.9, Ni 0.03, Co 0.03, Cu 0.83, Rh 0.19, Pd 0.00, Os 0.06, Ir 88.5, Pt 2.2, S 0.001, As 0.02, сумма 99.76. Рентгенограмма (интенс. л.): 2.18(80)(111), 1.89 (60)(200), 1.34(70)(220), 1.42(100)(311), 1.094(80)(222). В россыпных концентратах бас. р. Луаньхе, пров. Ченде (Китай) с др. минералами платиновой группы. Назван по месту находки. Утв. КНМ ММА.

Yu Zuxiang *Acta Geol. sin.*, 1995, v. 69, N 3, p. 215 (кит., рез. англ.).

2. **Юанцзянит** (yangjiangite) –  $\text{AuSn}$ . Гекс. с. *P6<sub>3</sub>/mmc*.  $a = 4.316$ ,  $c = 5.510 \text{ \AA}$ .  $Z = 2$ . Агрегаты (до 2 мм) зерен < 5 мкм; гекс. призм. кристаллы в друзовых пустотах. Цв. серебристо-белый. Непрозрачный. Черта черная. Бл. метал. Слабоковкий. Микротв. 172–274. Плотн. 11.7–11.9 (изм.), 11.78 (выч.). Быстро растворяется в царской водке, слабо – в  $\text{HCl}$  и  $\text{HNO}_3$ . В отр. св. серебристо-белый со светло-желтым оттенком. На воздухе быстро становится серым до черного. Анизотропен, от светло-желтого до буроватого. *Rg* и *Rp* (%): 63.6 и 63.7 при 460 нм, 76.1 и 74.3 при 540, 79.9 и 77.4 при 580, 82.5 и 79.4 при 640 нм. Хим. (м. з., средн. из 7 опр.): Au 62.731, Pb 0.088, Ag 0.091, Sn 37.062, сумма 99.972. В золотоносных россыпях реки Юанцзян (пров. Хунань, Китай) с самородным золотом. Назван по месту находки. Утв. КНМ ММА.

Lichang Chen, Cuiqing Tang, Jianhong Zhang, Zhenyun Liu. *Acta Petrologica*,