

ДОКЛАДЫ

АКАДЕМИИ НАУК СССР

ВЫХОДЯТ ТРИ РАЗА В МЕСЯЦ

Редакционная коллегия: акад. Л. А. Арцимович, акад. Д. С. Коржинский, акад. Е. М. Крепе, акад. С. А. Лебедев, акад. В. В. Меннер, акад. А. Л. Минц, акад. А. П. Опарин (главный редактор), акад. А. В. Пейве, акад. Я. В. Пейве, акад. П. Г. Петровский, акад. Г. А. Разуваев, акад. М. А. Садовский, акад. Л. П. Седов (зам. главного редактора), акад. А. Н. Тихонов, акад. А. П. Фрумкин, акад. П. М. Эмануэль

ЖУРНАЛ ОСНОВАН В 1933 ГОДУ

1971

ТОМ 197, № 6

СОДЕРЖАНИЕ

МАТЕМАТИКА

	<i>Стр.</i>
В. Г. Болтянский. Аксомы отделимости и метрика	1239
М. А. Гольдман, С. П. Крачковский. Об одном классе возмущений ливейного замкнутого оператора с замкнутой областью значений	1243
В. Г. Дейч. Стационарный локальный метод в теории рассеяния для пары пространств	1247
А. Джураев. Об одном методе исследования сингулярных интегральных уравнений по ограниченной плоской области	1251
Ц. А. Красс. Непрерывности технологического отображения модели Неймана — Гейла	1255
В. М. Круглов. Сходимость распределений сумм независимых случайных величин со значениями в гильбертовом пространстве к нормальному и пуассоновскому распределению	1258
С. С. Кутателадзе, А. М. Рубинов. Некоторые классы H -выпуклых функций и множеств	1261
Л. Г. Лабсер. О слабой сходимости последовательностей линейных положительных функционалов	1264
Е. М. Ландис. О некоторых свойствах квазилинейных эллиптических уравнений	1268
Ц. И. Мейман. Интеграл Пуассона — Стильтьеса для конечносвязной жордановой области	1272
Г. П. Шницки. Об одной тепловой задаче со свободной границей	1276

КИБЕРНЕТИКА И ТЕОРИЯ РЕГУЛИРОВАНИЯ

Ц. И. Глазунов, Г. Ш. Розенштейн, А. П. Яблонский. Автоматы с «нормальным» и «расстроенным» поведением в экспериментах по выбору с подкреплением	1280
Б. А. Потемкин, К. В. Фролов. О модельных представлениях биомеханической системы «человек — оператор» при случайном вибрационном воздействии	1284
В. С. Пугачев. Стохастические системы и их соединения	1288

АСТРОНОМИЯ

С. С. Зиятинкевич, А. С. Монин, В. Г. Туриков, Д. В. Чаликов. Численное моделирование циркуляции венерианской атмосферы	1291
	1233

А. Ф. ЕФИМОВ, В. Д. ДУСМАТОВ, А. А. ГАНЗЕЕВ, З. Т. КАТАЕВА

ЦЕЗИЙКУПЛЕТСКИТ — НОВЫЙ МИНЕРАЛ

(Представлено академиком Д. С. Коржинским 9 IV 1970)

В 1965 г. О. Д. Ставровым и А. М. Портновым была опубликована статья⁽¹⁾, в которой впервые обращалось внимание исследователей на высокое содержание цезия (1,32%) в астрофиллите из пегматитов массива Бурпала. А. А. Ганзеевым же и А. Ф. Ефимовым во время полевых работ на этом массиве летом 1964 г. был обнаружен астрофиллит с еще более высоким содержанием цезия (2,5%) в минерализованной зоне неизвестного ранее для массива генетического типа.

Все это побудило авторов произвести ревизию астрофиллитов из различных массивов щелочных гранитов, щелочных и нефелиновых сиенитов на редкие щелочные элементы — литий, рубидий, цезий. Не касаясь в данной статье общих результатов исследования, которые опубликованы отдельно⁽²⁾, мы хотим остановиться лишь на описании нового минерала, обнаруженного в процессе этой работы.

В числе образцов астрофиллита, подвергшихся исследованию, было три образца В. Д. Дусматова из щелочных метасоматитов одного из массивов Алайской щелочной провинции. Все три астрофиллита показали высокое содержание цезия (1,2; 3,26 и 10,8%). Один из них имел настолько высокое содержание Cs_2O (11,6%), что этот элемент являлся основным, даже в атомном выражении, катионом в группе А (группе щелочных металлов), следовательно, минерал мог быть отнесен к собственно цезиевым минералам. Учитывая тот факт, что в группе В преобладающим катионом является марганец, этот новый минерал из группы астрофиллита был назван цезийкуплетскиитом (Cesiumkupletskite).

Минерал был обнаружен в сложно замещенных жильных пегматитах эгирин-кварц-микроклинового состава, рассекающих мелкозернистые лейкократовые, биотитовые и реже турмалиновые граниты, а также кварцевые щелочные сиениты. Редкометалльная минерализация жил приурочена в основном к альбитовому или полилитнионит-кварцевому замещающему комплексу. К последнему тяготеют и выделения цезийкуплетскиита. В парагенезисе с ним обычно встречаются пироксенол, стилвеллит, тяньшанит, содианит, торит и другие редкометалльные акцессорные минералы. Описание некоторых из них приводится в предыдущих публикациях авторов⁽³⁻⁵⁾.

Выделения цезийкуплетскиита в виде розетковидных сростков изогнуто-пластинчатых кристаллов или отдельных пачек изогнутых чешуек распределены в образцах неравномерно, образуя местами скопления до 2×3 см в диаметре (табл. 1). Чаще всего эти выделения приурочены к границе незамещенного эгирин-кварц-микроклинового пегматита и неправильной формы обособлений замещающего комплекса, сложенного сахаровидным кварцем и полилитнионитом.

Цвет минерала золотисто-бурый, блеск довольно тусклый, напоминающий скорее блеск вермикулита, а не сильный блеск астрофиллитов из большинства массивов щелочных пород. Удельный вес 3,68. Микротвердость 186 нГ/мм² (что соответствует ~ 4 по шкале Мооса). Оптически минерал двусосный положительный. Плеохроизм: по N_g — бурый, по N_m — желто-бурый, по N_p — желто-зеленый, $n_g = 1,758$, $n_m = 1,726$; $N_g = a$.

Таблица 1

	Цезийкуплетскит, Алайский хребт	Астрофиллит, Хибинь (?)	Куплетскит, Ловозеро (?)	Нибофиллит, Силл-Лейк, Канада (?)
Форма выделения	Розетковидные сростки изогнутых чешуек и отдельные чешуйки	Агрэгаты пластинчатых и игольчатых кристаллов	Пластинчатые выделения или отдельные чешуйки	Мельчайшие чешуйки, равномерно окрашенные в породе
Цвет	Золотисто-бурый	Золотисто-бурый — бронзово-желтый	Темно-коричневый до черного	Коричневый
Блеск	Тусклый стеклянный	Сильный стеклянный	Сильный стеклянный	Стеклянный
Спайность	Совершенная по 001	Совершенная по 001	Совершенная по 001	Совершенная по 001
Удельный вес	3,68	3,30	3,20	3,42
n_g	1,758	1,738	1,731	1,772
n_m	1,726	1,705	1,699	1,760
bV_m , град	~10	—	12°30'	—
2V, град.	75	70	79	60
a_0 , Å	5,41±0,01	5,36 *		5,391
b_0 , Å	11,74±0,02	11,76 *		11,88
c_0 , Å	21,16±0,04	21,08 *		21,16
α , град.	89	89		
β , град.	90	90		
γ , град.	102°23'	102°30'		

* Астрофиллит Эль Пасо, Колорадо (?).

Таблица 2

Рентгенограммы порошка астрофиллитов различного состава

Цезийкуплетскит (λ-Cu)		Нибофиллит (?) (λ-Cu, Со-фильтр)		Астрофиллит ASTM № 14 194 (λ-Fe)		Куплетскит (?)		Цезийкуплетскит (λ-Cu)		Нибофиллит (?) (λ-Cu, Со-фильтр)		Астрофиллит ASTM № 14 194 (λ-Fe)		Куплетскит (?)	
I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å	I	d, Å
10	10,4	9	10,52	10	10,6			2	2,88	3	2,859	2	2,86		
		3	9,68	3	9,82			1/2	2,82	1/2	2,82				
		1/2	6,15					8	2,79	8	2,77	6	2,77	1	2,764
		2	5,78	1	5,79			1/2	2,72	1/2	2,72				
		1	5,26					1	2,662	1	2,662	6	2,64	8	2,642
		1/2	5,15					3	2,636	3	2,636	6	2,62	4	2,573
		1	4,696					7	2,574	7	2,574	2	2,47		
		3	4,42	1	4,34			4	2,475	4	2,475	2	2,47		
1	4,35		4,363					2	2,36	2	2,36	1	2,38		
		1/2	4,26					3	2,30	3	2,30	2	2,29	1	2,294
3	4,09	3	4,059	1	4,07			2	2,24	2	2,24	2	2,22	1	2,212
		1/2	3,87					3	2,13	3	2,13	2	2,11	3	2,099
3	3,76	4	3,741	2	3,73			2	2,06	2	2,06	1	2,04		
8	3,54	10	3,506	8	3,51	8	3,505	4	1,772	4	1,772	3	1,757		
		1/2	3,40					2	1,743	2	1,743	2	1,729	3	1,732
3	3,27	5	3,258	2	3,25	1	3,249	2	1,661	2	1,661	2	1,651	1	1,665
		1ш/2	3,12					1	1,594	1	1,594	1	1,594	1	1,590
2	3,09	1	3,071	2	3,07			3	1,579	3	1,579	2	1,576		
3	3,01	6	3,019	2	3,01	1	2,998	2	1,563	2	1,563	1	1,552	1	1,553
		1	2,977	1	2,96			1	1,447	1	1,447	1	1,435	1	1,438
1	2,93	1	2,977	1	2,96			1	1,410	1	1,410	1	1,407	1	1,408
												1	1,314		

bNm 10°*; 2V = 75°. Рентгенограмма порошка минерала (табл. 2) идентична эталонным рентгенограммам порошка астрофиллитов и, вопреки ожиданиям, не обнаруживает заметного увеличения межплоскостных расстояний. Параметры элементарной ячейки цезийкуплетскита, определенные по методу качания в камере РКОП (табл. 1), также увеличены по сравнению с параметрами обычного астрофиллита незначительно.

Химический анализ (табл. 3) минерала при всей его тщательности и многократном повторении определения отдельных компонентов имеет за-

* Точное определение bNm не представляется возможным из-за отсутствия ограниченных кристаллов и очень слабо выраженной спайности $\parallel 010$. Показатель преломления n_e не определен из-за тонкочешуйчатости минерала.

Таблица 3

Химический состав астрофиллитов (вес. %) *

Компонент	Цезийкуплетскит, Алайский хребет	Астрофиллит, Хибинь (?)	Куплетскит, Ловозеро (?)	Ниобифиллит (?)
SiO ₂	33,00 (5494)	34,78	32,60	33,40
TiO ₂	8,23 (1036)	11,86	12,04	2,94
Nb ₂ O ₅	4,95 (372)	—	0,66	14,76
ZrO ₂	1,01 (82)	0,57	1,19	1,50
Ta ₂ O ₅	0,06 (3)	—	—	0,52
Al ₂ O ₃	0,52 (102)	0,80	1,68	0,89
Fe ₂ O ₃	3,05 (382)	2,76	5,44	23,74
FeO	10,00 (1391)	26,71	—	—
MnO	19,66 (2771)	6,65	27,65	9,83
CaO	0,35 (62)	1,61	3,60	0,72
SrO	—	0,05	—	—
BaO	—	0,15	—	—
MgO	Сл.	1,54	2,98	0,16
Na ₂ O	2,46 (794)	3,00	2,14	2,49
K ₂ O	1,15 (244)	5,90	4,38	5,51
Li ₂ O	0,46 (307)	—	—	—
Rb ₂ O	0,18 (19)	—	—	—
Cs ₂ O	11,60 (823)	—	—	—
F	1,26 (863)	0,86	1,22	0,46
Cl	—	0,35	—	—
H ₂ O+	1,47 (1634)	2,98	3,83	3,64
H ₂ O-	Не обн.	0,11	1,08	0,98
—O=F ₂	99,46	100,48	100,49	100,64
	0,54	0,44	0,51	0,19
	98,92	100,04	99,98	100,45
Аналитик	З. Т. Катаева	Н. Влодавец	Т. А. Бурова	См. (*)

* Во все в скобках — атомное количество.

ниженную сумму, что объясняется очень большими трудностями при химическом разделении полной гаммы щелочных элементов и сравнительно небольшой точностью определения цезия методом фотометрии пламени при столь высоких содержаниях этого элемента. Необходимо указать, однако, что высокое содержание Cs₂O в минерале (>10%) подтверждено как многократными химическими определениями (среднее из 3 определений 10%), так и многократными пламенно-фотометрическими определениями (среднее из 10 определений 11,6%). Параллельные определения всех остальных компонентов, кроме щелочей, обнаруживают идеальную сходимость.

Пересчет анализа на кристаллохимическую формулу астрофиллита * дает достаточно хорошую сумму соотносительно с типовой формулой

$$(Cs_{1,22}K_{0,35}Na_{1,14}Ca_{0,09})_2,80(Mn_{3,99}Fe_{2,00}Fe_{0,35}Li_{0,44})_{6,98}(Ti_{1,49}Nb_{0,54}Zr_{0,12})_{2,15} \times \\ \times (Si_{7,92}Al_{0,15})_{8,07}O_{24}(O_{3,89}OH_{2,35}F_{0,98}).$$

К числу характерных особенностей химического состава минерала, кроме высокого содержания цезия, относятся: 1) преобладание марганца над железом; 2) незначительное количество окисного железа; 3) высокое содержание ниобия; 4) относительно высокое содержание циркония и лития.

Указанные особенности химического состава минерала позволяют прийти к следующим выводам, часть из которых носит предположительный характер:

а) по-видимому для минералов группы астрофиллита характерен неограниченный изоморфизм между калием и цезием; б) высокое содержание ниобия в данном минерале еще раз подчеркивает широкие изоморфные соотношения титана и ниобия в астрофиллитах, вплоть до образования ниобифиллита (?); в) достаточно широко, по-видимому, в минерале представлен изоморфизм титана и циркония.

В настоящее время известно лишь два цезиевых минерала: поллуцит CsAlSi₂O₆ · nH₂O и авогадрит (K, Cs)B₄F. При этом, если в первом из них цезий занимает индивидуальную позицию в структуре, то во втором цезий находится в изоморфных соотношениях с калием и, строго говоря, он не

* За основу для пересчета бралось частное от деления суммы атомных количеств катионов на 20 атомов катионов в кристаллохимической формуле минерала (?). Кроме того, анализ пересчитывался по методу Хейя и вычислялся удельный вес (3,62) Эти расчеты подтвердили правильность формулы минерала.

является собственно цезиевым минералом, так как количество цезия в атомном выражении составляет не более 10% от количества калия.

У обнаруженного нами нового цезиевого минерала — цезийкуплетскита цезий является преобладающим, в атомном выражении, катионом в группе А, и следовательно, минерал представляет собой второй после поллуцита собственно цезиевый минерал.

Причину в основном рассеянного состояния цезия следует искать, вероятно, преимущественно в его химической близости к одному из основных петрогенных элементов — калию, а не в низком кларке цезия, учитывая что бериллий, имея такой же кларк, образует более сорока собственных минералов. Это положение подтверждается постоянно высокими содержаниями цезия в калиевых минералах: микроклинах по сравнению с альбитами, кальспитах по сравнению с нефелинами, слюдах по сравнению с пироксенами.

В то же время существование цезиевого берилла показывает возможность вхождения цезия в минералы, не содержащие калия, но имеющие крупные полости в структуре. Эта возможность была несколько гиперболизирована О. Д. Ставровым и А. М. Портновым⁽¹⁾, вплоть до почти полного отрицания изоморфизма цезия с калием как решающего фактора рассеяния цезия.

Однако характер распределения цезия в минералах в большинстве случаев не согласуется с этим предположением. В не содержащих калия минералах, обладающих кольцевыми элементами в структуре, таких как катаплет, эвдиалит, лейкофенит, в непосредственном парагенезисе с цезиевыми астрофиллитами⁽²⁾ содержание цезия на несколько порядков ниже.

Для замещения калия цезием, имеющим значительно большие размеры, необходимые, по-видимому, какие-то особые кристаллохимические условия. Поэтому наиболее высоких содержаний цезия, при общей обогащенности цезием объекта, возможно ожидать в калиевых минералах, где атом калия находится в наиболее крупной полости. Это положение и реализуется в случае астрофиллита, где калий (в отличие от натрия) сверху и снизу окружен шестичленными кольцевыми кислородными группами⁽³⁾. Именно поэтому, по нашему мнению, и не происходит значительного увеличения параметров решетки астрофиллита при замещении калия цезием.

В заключение необходимо подчеркнуть, что обнаружение нового цезиевого минерала, найденного пока в незначительных количествах, позволяет обратить внимание геологов на возможность открытия промышленных скоплений цезиевых астрофиллитов. Образцы цезийкуплетскита переданы в Минералогический музей АН СССР, Москва.

Поступило
9 IV 1970

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ О. Д. Ставров, А. М. Портнов, *Геохимия*, № 13 (1963). ² А. А. Ганзеев, А. Ф. Ефимов, Н. Г. Семенова, *Геохимия*, № 3 (1969). ³ В. Д. Дусматов, А. Ф. Ефимов, Е. И. Семенов, *ДАН*, 153, № 4 (1963). ⁴ В. Д. Дусматов, А. Ф. Ефимов и др., *ДАН*, 177, № 3 (1967). ⁵ В. Д. Дусматов, А. Ф. Ефимов, Э. Т. Катаева, *ДАН*, 182, № 5 (1968). ⁶ E. H. Nickel, I. F. Rowland, D. I. Charette, *Canad. min.*, 8, Part 1 (1964). ⁷ Г. И. Семенов, *ДАН*, 108, № 5 (1956). ⁸ P. Y. Woodrow, *Acta crystallogr.*, 22, № 5, 673 (1967).