

М. А. ПЛЕСКОВА

РЕДКИЕ ЗЕМЛИ ВО ФЛЮОРИТЕ
ИЗ ПЕГМАТИТОВЫХ ТЕЛ
ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Для пегматитовых тел Центрального Казахстана, связанных с герцинскими гранитоидными интрузивами, характерен флюорит. Он встречается в большом количестве, разнообразен по окраске и характеру кристаллов и образует несколько четко различимых генераций. В настоящей работе рассматривается флюорит из пегматитов трех массивов Казахстана: Кент, Бектау-Ата и Каиб, являющихся характерными представителями субщелочных аляскитовых гранитов. Пегматитовые тела располагаются преимущественно в апикальных частях интрузивов, имеют небольшие размеры и относятся к группе камерных хрусталоносных пегматитов.

Гранитоиды и связанные с ними пространственно и генетически пегматиты достаточно детально описаны многими исследователями (Перекалина, 1966; Зарянов, 1965; Ермаков, 1964; Захарченко, 1964; Мельников, 1965 и др.), и мы этого вопроса касаться не будем.

Флюорит в пегматитовых телах часто образует крупные, хорошо огранные и четкосонозные кристаллы, располагающиеся в полостях различного происхождения. Чаще всего такой полостью является погреб растворения под кварцевым ядром или погреб остаточного характера, где флюорит находится вместе с крупными кристаллами кварца. Основная масса флюорита во всех пегматитовых телах (а крупные кристаллы исключительно) связана именно с этими погребами. Более мелкие выделения плохо образованных кристаллов находятся в небольших полостях растворения среди блокового микроклина. К редким случаям относятся образования флюорита в полостях секущих трещин внутри пегматита, в сводовых трещинах и т. п.

Флюорит в рассматриваемых пегматитах образуется в гидротермальную стадию процесса вслед за образованием дымчатого кварца. Самый поздний бесцветный или белый кварц кристаллизуется в основном уже после окончания роста кристаллов флюорита.

Флюорит в погребах пегматитовых тел представлен несколькими генерациями, различающимися между собой многими свойствами (цветом, мозаичностью, люминесценцией и т. п.). Отдельные генерации встречаются в виде самостоятельных кристаллов либо представляют собой последовательные четко различающиеся зоны роста крупных кристаллов. Их образование происходило при постепенно снижающейся температуре и постепенном уменьшении концентрации минералообразующих растворов. Температура была определена по снижению температур гомогенизации газозо-жидких включений (от 380 до 150°С), концентрация — по относительному количеству NaCl и KCl в виде твердых фаз во включениях.

В ранних генерациях всех пегматитовых полей постоянной примесью являются Sr и Mn, отсутствующие в позднем флюорите. Стронций определяли методом фотометрии пламени (ВИМС), наибольшие количества его (0,2%) обнаружены в раннем флюорите Кента. Наличие марганца установлено методом парамагнитного резонанса (М. С. Самойлович, ВНИИСИМС) и подтверждается характерным цветом термолюминесценции. Характерной примесью во всех генерациях является иттрий и элементы группы редких земель. Как известно, эта группа элементов — хороший индикатор условий образования минералов. В настоящей работе сделана попытка установить закономерности изменения количества и соотношения редкоземельных элементов в составе флюоритов последовательного ряда генераций из погребов пегматитовых тел.

Количество редкоземельных элементов определено спектральным методом в лаборатории ВИМС К. В. Бурсук. Пробы, кроме одной, вследствие низкого содержания редких земель подвергались предварительному, химическому обогащению. Одну пробу (№ 680) с высоким содержанием редких земель исследовали без химической обработки. Результаты анализов, пересчитанные на сумму лантаноидов, равную 100%, приведены в таблице. Анализы проведены на материале, отобранном из чистых крупных кристаллов, и охватывают все основные генерации флюорита изученных месторождений. Они показали, что флюорит разных генераций содержит неодинаковое количество примесей иттрия и лантаноидов.

Как видно из таблицы, во всех пегматитовых полях сохраняется единая закономерность. В ранней генерации содержание примесей максимальное, затем их количество сокращается и в самой поздней содержится обычно наименьшее количество редкоземельных элементов и иттрия.

Наибольшие значения для всех элементов устанавливаются во флюорите Кентского массива. В двух других массивах наивысшие значения на один-два порядка ниже, чем в Кенте. Во флюорите Бектау-Ата наблюдаются более высокие содержания тяжелых лантаноидов и более низкие — элементов цериевой группы, чем в каибском флюорите.

Изменение соотношения редкоземельных элементов во флюоритах от начального этапа кристаллизации в погребках до конечной стадии этого процесса иллюстрируют графики (см. рис. 1—3). На них изображены соотношения между содержанием четных лантаноидов в отдельных пробах флюорита. Содержания нечетных элементов этой группы ничтожно малы, за исключением лантана, который включен в число рассматриваемых элементов совместно с четными лантаноидами.

Для построения графиков по Кенту (рис. 1) использованы анализы одного крупного кристалла флюорита из пегматитового тела существенно кварцевого состава. В этом кристалле имелось пять хорошо различимых генераций, представленных последовательно сменяющимися зонами роста. Как видно из графика, в самом раннем флюорите (I) имеется один максимум на Dy. Во второй зоне роста (флюорит II) максимум в иттриевой группе перемещается на Sm. Кроме того, появляется равнозначный максимум на Ce. В следующих зонах роста Sm-максимум уменьшается (флюорит III), а затем совсем исчезает (флюорит IV—V), и остается один ярко выраженный максимум на Ce. Таким образом, на примере этого многозонального кристалла мы видим постепенное смещение составов редкоземельных элементов, входящих в виде изоморфной примеси, в сторону более основных лантаноидов от начальных стадий кристаллизации флюорита к поздним. Несколько отличается от флюорита этого ряда самый поздний флюорит (VI). В нем опять появляется небольшой максимум на Sm и несколько увеличивается содержание Yb.

Сходные результаты получены и для пегматитов другого массива — Бектау-Ата (рис. 2), где проанализированы различные генерации флюорита из полизонального пегматитового тела. В нем также обнаруживается сме-

Содержание редкоземельных элементов во флюоритах

Обра- зец	Пегмати- товое поле	Генерация, цвет флюорита	При $\Sigma Ln = 100\%$										ΣLn , %	Y, %	ΣTR , %		
			La	Ce	Nd	Sm	Eu	Gd	Dy	Ho	Er	Tu				Yb	
680	Кент	I, ярко-зеленый	2,5	8,5	6,7	2,9	0,1	8,4	50,9	2,8	10,8	1,4	5,0	1,773	1,5	3,27	
11		II (?), голубовато-зеленый	23,5	47,1	12,5	11,0	—	2,6	—	—	0,4	0,4	2,4	0,026	0,07	0,096	
8		II (?), светло-зеленый	15,2	29,9	8,7	24,1	—	4,4	—	—	3,1	0,9	17,7	0,012	0,06	0,072	
1005		II—III, зеленый	17,0	34,2	—	6,9	—	34,2	—	—	5,2	0,4	2,1	0,023	0,004	0,027	
1004		II, голубовато-зеленый	19,8	36,9	—	29,3	—	—	—	—	7,6	0,6	5,8	0,017	0,011	0,028	
1003		III, голубой	30,9	57,7	—	9,6	—	—	—	—	—	0,9	0,9	0,011	0,004	0,014	
9		III (?), бесцветный	23,3	44,9	12,1	17,3	—	—	—	—	0,8	0,8	0,8	0,012	0,006	0,018	
1002		IV—V, фиолетовый и бесцветный	44,8	53,7	—	—	—	—	—	—	—	0,9	1,9	0,011	0,0014	0,013	
1001		VI, зеленый	27,3	48,1	—	15,5	—	—	—	—	—	—	9,1	0,014	0,001	0,012	
1010		VI, светло-зеленый	22,4	46,2	12,9	11,4	—	4,1	—	—	0,6	0,6	1,7	0,018	0,019	0,037	
1009		То же	19,5	41,5	—	22,4	—	9,8	—	—	4,4	0,5	1,9	0,021	0,008	0,029	
1020	Бектау- Ата	I, зеленый	4,4	9,3	—	4,4	—	16,1	44,3	—	4,4	0,9	16,2	0,022	0,1	0,122	
1021		II, зеленый	10,7	25,1	—	19,3	—	—	32,8	—	8,3	0,4	3,4	0,052	0,027	0,079	
1022		III, фиолетовый и бесцветный	24,5	48,1	—	12,2	—	—	—	—	12,3	—	2,9	0,017	0,008	0,020	
1023		III, фиолетовый	23,3	40,3	13,5	20,3	—	—	—	—	—	1,3	1,3	0,007	0,0018	0,009	
4	То же	19,2	38,4	19,2	19,2	—	—	—	—	1,9	1,9	0,2	0,005	0,0004	0,005		
5004	Канб	I, зеленый	25,2	56,5	11,1	—	—	1,4	—	—	—	0,2	5,6	0,035	0,30	0,34	
418		I, голубовато-зеленый	32,1	46,3	14,2	—	—	—	—	—	—	0,3	7,1	0,028	0,10	0,13	
5506		I, зеленый	32,8	39,6	6,5	—	—	—	—	—	6,5	1,3	13,3	0,015	0,04	0,06	
377		II, серовато-зеленый	18,1	63,1	8,9	—	—	—	—	—	—	0,9	9,0	0,011	0,04	0,05	
372		II, светло-зеленый	13,6	19,2	—	22,4	—	—	—	—	—	22,4	11,2	0,009	0,046	0,056	
324		II, зеленый	17,5	57,9	14,5	—	—	—	—	—	—	—	1,4	8,7	0,007	0,032	0,04
375		II, серовато-зеленый	19,0	48,1	21,9	—	—	—	—	—	—	—	2,2	9,5	0,004	0,02	0,024
323		III, фиолетовый и бесцветный	39,3	59,1	—	—	—	—	—	—	—	—	1,0	0,6	0,010	0,0004	0,01
455		III, фиолетовый	41,8	55,8	—	—	—	—	—	—	—	—	1,4	1,0	0,007	0,001	0,009
376		III, фиолетовый и бесцветный	37,1	49,6	6,2	6,2	—	—	—	—	—	—	0,6	0,3	0,016	0,0001	0,02
419		III, фиолетовый	43,9	54,8	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	0,2	0,009	0,0001	0,01
5373		III, бесцветный	40,0	56,1	—	—	—	—	—	—	—	—	0,8	3,1	0,012	0,003	0,016
5374		III, фиолетовый	43,0	54,6	—	—	—	—	—	—	—	—	1,1	0,5	0,009	0,0002	0,01
454		То же	27,9	55,4	—	3,3	—	—	—	—	—	—	6,7	6,7	0,015	0,001	0,015
321		»	42,1	56,5	—	—	—	—	—	—	—	—	0,7	0,7	0,014	0,0003	0,015
329		III, фиолетовый и бесцветный	14,7	53,6	—	—	—	—	—	—	—	—	0,9	0,8	0,011	0,0001	0,01
5379		III, бесцветный	31,1	51,8	15,6	—	—	—	—	—	—	—	0,8	1,5	0,019	0,0003	0,02

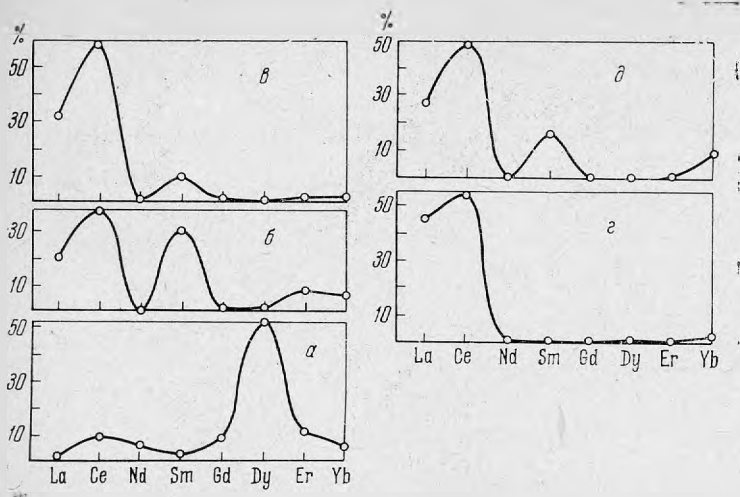


Рис. 1. Соотношения между La и четными лантаноидами во флюорите Кента

a — I генерация, зеленый флюорит, обр. 680; *б* — II генерация, зелено-голубой флюорит, обр. 1004; *в* — III генерация, голубой флюорит, обр. 1003; *г* — IV — V — генерации, бесцветный и фиолетовый флюорит, обр. 1002; *з* — VI генерация, зеленый флюорит, обр. 1001

щение составов редкоземельных элементов при переходе к поздним стадиям кристаллизации в сторону легких лантаноидов. Особенно обращает на себя внимание сходство в распределении лантаноидов самого раннего флюорита Бектау-Ата и Кента.

Распределение лантаноидов во флюоритах Каибского массива отличается от приведенных выше графиков для Кента и Бектау-Ата. Результаты по нескольким пегматитовым телам (рис. 3) показывают, что здесь ни в одной генерации нет четкого максимума на каком-либо элементе иттриевой подгруппы. Цериевый максимум в составе лантаноидов характерен и для поздних и для ранних флюоритов. Можно лишь отметить, что в ранних генерациях наблюдается несколько повышенное содержание Nd и Yb (интересно, что Nd здесь ведет себя подобно элементу иттриевой подгруппы).

Из приведенного материала выявляются следующие закономерности поведения редкоземельных элементов и иттрия во флюорите из пегматитовых тел.

1. Как видно из данных количественного спектрального анализа, приведенных в таблице, максимальное содержание иттрия наблюдается в ранних генерациях флюорита всех пегматитовых полей и резко сокращается к поздним. Из той же таблицы видно, что содержание лантаноидов во флюорите также обнаруживает тенденцию к уменьшению при переходе от ранних генераций к поздним; однако колебания не так велики, как для иттрия.

2. В пегматитовых телах массивов Кент и Бектау-Ата при переходе от ранних генераций к поздним одновременно с уменьшением количества элементов группы редких земель в составе флюорита максимум в составе лантаноидов сдвигается в сторону основных редких земель (с диспрозия на самарий, а затем в поздних генерациях на церий). Таким образом, в ранних флюоритах преобладает иттриевая группа редких земель, а в поздних — цериевая.

3. Во флюоритах из пегматитов Каиба максимум лантаноидов всегда приходится на церий, хотя уменьшение количества элементов иттриевой группы от ранних генераций к поздним наблюдается и здесь.

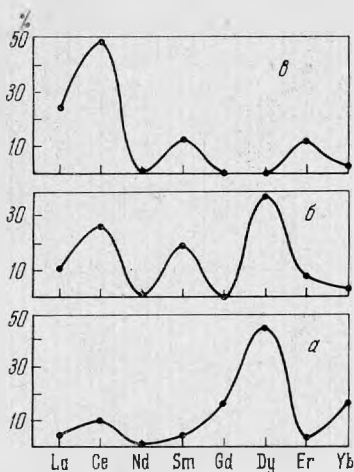


Рис. 2. Соотношение между La и четными лантаноидами во флюорите Бектау-Ата

а — I генерация, зеленый флюорит, обр. 1020; б — II генерация, светло-зеленый флюорит, обр. 1021, в — III генерация, фиолетовый флюорит, обр. 1022

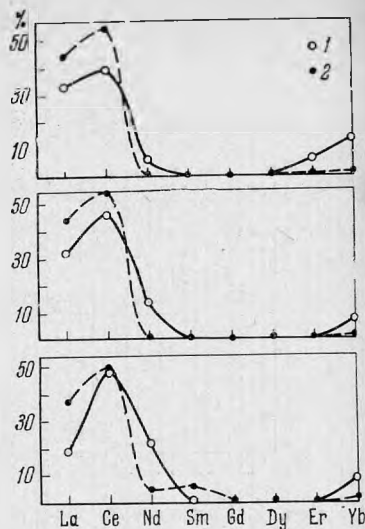


Рис. 3. Соотношение La и четных лантаноидов во флюорите Каибекского массива. Приведены графики для трех пегматитовых тел

1 — ранние генерации флюорита, 2 — поздние генерации флюорита

Работами многих исследователей (В. В. Щербина, Д. А. Минеев и другие) установлено, что в минералах с изоморфной примесью лантаноидов смещение максимума в сторону основных членов ряда редких земель связано с увеличением щелочности среды. Таким образом, из приведенных выше закономерностей поведения редкоземельных элементов в последовательных генерациях флюорита можно сделать вывод о постепенном повышении щелочности минералообразующих растворов в период кристаллизации этого минерала. Вероятно, этот процесс в полостях хрусталеносных пегматитов рассмотренных массивов является частью поздней щелочной стадии пегматитового процесса.

ЛИТЕРАТУРА

- Ермаков Н. П. Состояние и деятельность флюидов в пегматитах камерного типа. — В сб.: «Минералогия и генезис пегматитов». Изд-во «Недра», 1964.
- Зарянов К. Б. О петрохимических особенностях некоторых гранитных интрузий Казахстана. — Геохимия, 1965, № 5.
- Захарченко А. И. О физико-химических условиях и процессах формирования гранитных пегматитов. — Геохимия, 1964, № 11.
- Мельников Ф. П. О строении и генезисе пегматитовых жил Центрального Казахстана. — Вестн. МГУ, серия геол., 1965, № 3.
- Перекалина Т. В. Геология герцинских гранитоидных интрузий Центрального Казахстана. Изд-во ЛГУ, 1966.