

УДК 553.634.12:553.493.5

Л. Д. ИСАЕВА<sup>1</sup>, Х. ХАЙЫПХАН<sup>2</sup>

## ТЕМПЕРАТУРНЫЕ УСЛОВИЯ ОБРАЗОВАНИЯ ФЛЮОРИТА НА РЕДКОМЕТАЛЛЬНЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ ЦЕНТРАЛЬНОГО КАЗАХСТАНА

Орталық Қазақстан сирек металдар кенорындарындағы флюориттің минералогиялық ерекшеліктері мен температуралық калыптасу жағдайы талданады.

Анализируются минералогические особенности и температурные условия отложения флюорита на редкометалльных месторождениях Центрального Казахстана.

Mineralogical peculiarities and temperature conditions of fluorite sedimentation at the rare metal deposits in Central Kazakhstan are considered.

**Флюорит (CaF<sub>2</sub>)** как широко распространенный минерал присутствует в редкометаллоносных массивах, обнаружен на месторождениях редких металлов различной рудной формации (пегматитовой, грейзеновой, скарновой, кварцево-жильной и т.д.) и в зоне их гипергенеза. Он кристаллизуется при самых различных температурах и давлениях, тем самым охватывает магматический, пневматолито-гидротермальный, гидротермальный и гипергенный этапы минералообразования.

**Магматический тип флюорита** (акцессорный) обнаруживается в некоторых позднегерцинских лейкократовых и аляскитовых гранитах Казахстана наряду с топазом, фторопатитом, биотитом и цирконом (Караоба, Жанет, Коктенколь, Акшатау, Лосевское и др.). Флюорит характерен и для альбитизированных и мусковитизированных гранитов [10, 11].

**В камерных пегматитах**, связанных с интрузивами, в которых обнаружены лишь мелкие рудопроявления вольфрама, олова и молибдена (Бектауата, Кент, Каркаралинский), флюорит кристаллизуется на протяжении всего процесса. Но по агрегатному состоянию, взаимоотношениям с другими минералами и температурам кристаллизации выделяется несколько генераций флюорита.

Ранний флюорит в камерных пегматитах составляет ядра крупных зональных кристаллов, а также фиксируется в виде включений размером от долей мм до 1 см в основании и дымчатой зоне кристалла кварца. Максимальная температура его кристаллизации в пегматитах Бектауатинского и Кентского массивов составляет 460–350°C, что соответствует пневматолито-гидротермальному этапу минералообразования [2, 7]. Флюориты ранних генераций имеют розовую и зеленоватую окраску, слабо прозрачны, кристаллы приобретают кубооктаэдрический габитус.

Флюориты поздних генераций с фиолетовой, малиновой, синей, голубой, зеленоватой окраской локализуются в верхней части камеры в виде крупных октаэдрических и кубооктаэдрических зональных кристаллов весом до 600 кг и сростков весом до 2 т. Флюориты этой генерации кристаллизуются параллельно с зонами цитрина и горного хрусталя, совместно с кварцем образуют тонкие прожилки.

Основная масса флюорита в пегматитах кристаллизуется в гидротермальный этап минералообразования при 350–160°C [2, 7]. В этот этап формирования пегматита выделяются минералы: циркон, тантало-ниобаты, касситерит, молибденит и галенит.

<sup>1,2</sup> Казахстан. 050013. г. Алматы, Сатпаева, 22, Казахский национальный технический университет им. К. И. Сатпаева.

Таблица 1. Параметры флюорита из флюоритоносных камерных гранитных пегматитов (Морошкин В.В., Расулов В.А., 2002)

Изученные месторождения, кол-во образцов <sup>1</sup>	T <sub>гом</sub> , °C вариации и средние	Главные центры РЛ <sup>2</sup>	Частоты встречаемости (р) сильных полос в спектрах РЛ						/E <sub>u</sub> <sup>2+</sup> /
			Vk	Mn <sup>2+</sup>	Ce <sup>3+</sup>	Sm <sup>3+</sup>	Eu <sup>2+</sup>	Dy <sup>3+</sup>	
Кент (15), Бектауата (6), Каиб (4) (Ц. Казахстан)	450-600 сред. -470	<u>Dy<sup>3+</sup></u> , <u>Sm<sup>3+</sup></u> , <u>Mn<sup>2+</sup></u> , <u>Ce<sup>3+</sup></u> Vk, Tb Er <sup>3+</sup> , Pr <sup>3+</sup>	0,5	0,3	0,3	0,8	0	0,7	-

<sup>1</sup>В скобках количество образцов.

<sup>2</sup>Центры с доминирующими полосами подчеркнуты.

Результаты изучения спектров рентгенолюминесценции флюорита приведены в табл. 1.

**Грейзены** формируются в апикальных частях выступов гранитных интрузий и породах кровли (эндо- и экзогрейзены). Выделены топазовые и флюоритовые грейзены.

**Флюоритовые грейзены** состоят из флюорита, слюды, альбита, микролина, кварца, магнетита, вольфрамита, шеелита и молибденита. Они широко проявлены на флюоритовых месторождениях Карагайлы-Актас (Южный Казахстан) и Солнечное (Центральный Казахстан).

Топазовые грейзены – из топаза и диккита, флюорит является попутным минералом, ассоциирующим с турмалином и вольфрамитом, кристаллизуется при 390–450°C [11].

Околожилные грейзены на редкометалльных месторождениях Центрального Казахстана характеризуются последовательной зональностью и сопровождают высокотемпературные рудные кварцевые жилы с флюоритом, топазом, дымчатым кварцем и минералами олова, вольфрама, молибдена. В них наиболее ранний флюорит наблюдается в призальбандовых частях рудных жил, нарастает на грейзен и отличается несколько повышенным содержанием редких земель. В составе редких земель на месторождении Караоба (Центральный Казахстан), принадлежащей к грейзеново-кварцево-жильной рудной формации, преобладает иттриевая группа (табл.2).

В полевошпат-кварц-молибденитовых жилах этого месторождения флюорит кристаллизовался при температурах 340–350 °C, а в вольфрамит-кварцевых жилах – 230–320°C. Поздние флюоритовые жилы кристаллизовались при тем-

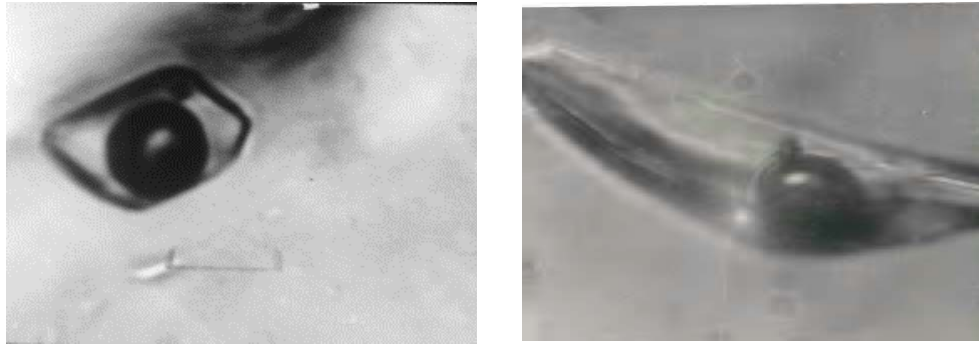
Таблица 2. Состав осадка редких земель, выделенных из флюорита I (данные Л. П. Ермиловой, 1964)

Компонент	%	Компонент	%
La <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,03	Dy <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,20
Ce <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,09	Ho <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,05
Pr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	Er <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,19
Nd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,08	Tu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,04
Sm <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,07	Ib <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,39
Eu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,00	Lu <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,06
Gd <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,15	Y <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	(1,61)
Tb <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	0,02	Сумма	3,00

пературах ниже 160°C. Давление минералообразующей среды изменялось от 40 до 110 МПа [1,3–6, 11].

Во флюорите из полевошпат-кварц-молибденитовых жил нами обнаружены включения, размеры которых достигали 40–50 микрон, предвзительно с жидкими углеводородными веществами (ЖУВ). ЖУВ наблюдаются в жидкой фазе включений, обособленно в виде шара на границе раздела газового пузырька и жидкой фазы, занимают объем 0,3–0,5% от общего объема включения (см. рис.1).

Часто шарик с ЖУВ колеблется. При нагревании или охлаждении ЖУВ относительно газового пузырька либо опускается, либо поднимается и тогда создается впечатление, что шарик ЖУВ располагается внутри газового пузырька. При замерзании включения при температуре -39°C или вблизи температуры гомогенизации наблюдается отделение шарика с ЖУВ от газового пузырька. Гомогенизация включений с ЖУВ в образце полевошпат-кварц-молибденитовой жилы проходила в узком интервале от 339 до



Первичные включения с жидкими углеводородами (ЖУВ) во флюорите. Караоба (Ц. Казахстан)

Таблица 3. Минералогические особенности флюорита на редкометалльных месторождениях Казахстана (данные С. Н. Степанова)

Рудные формации	Особенности флюорита
Скарно-карбонатно-грейзеновые	$\text{CaF}_{2+x}$ ; синий до густо-фиолетового; хорошо образованные кристаллы редки, габитусопределяющие грани {100}, {110}, {111}; $a_0=5,4641\div 5,4648$ ; концентрация молибдена и вольфрама до 0,1%; Mn-0-следы
Грейзеново-кварцево-жильные	Близстехиометричный состав. Синяя окраска, обычно низкой интенсивности, габитусобразующие грани {111}, {110}, {100}; $a_0=5,4660\div 5,4675$ ; $\text{TR}_2\text{O}_5$ до 3%; $\text{TR}_2\text{O}_5(\text{Y})/\text{TR}_2\text{O}_5(\text{Ce})=0,1$ ; содержание стронция 0,01%, марганца 0,0011%; Ge/Ga>1
Кварцево-жильные	Очень пестрая окраска; габитусопределяющие грани {100}, {311}, {411}, {421}, {110}; сильная термолюминесценция в зеленоватых, фиолетовых и желтых тонах; $a_0=5,4660\div 5,4640$ ; $\text{TR}_2\text{O}_5(\text{Y})/\text{TR}_2\text{O}_5=1,0$ ; Содержание марганца около 0,00011%; стронция $0,01\div 0,001\%$ ; Ge/Ga более 1; обычная ассоциация с браннеритом

344°C. После гомогенизации ЖУВ не появляются. Видимо, растворяются в вводно-солевом растворе с концентрацией 12–14 мас.%. Плотность ЖУВ оценена в 1085–1105 кг/м<sup>3</sup>, и столь высокая плотность органического вещества может соответствовать металлоорганическим соединениям.

**В зоне гипергенеза** месторождений редких металлов флюорит входит в состав псевдоморфоз по минералам. В зоне гипергенеза пегматитов (Кызылэспе) флюорит нарастает на миметизит и лаксманнит, также он наблюдается на месторождениях Центрального Казахстана в составе полиминеральных псевдоморфоз по висмутиновым минералам вместе с бисмутитом, бисмоклитом, русселитом и карбонатами [9,8]. Зоны гипергенеза на месторождении Солнечное сложены глинистыми массами гидрослюдисто-каолитового состава, обогащенными топазом и флюоритом (до 60–70%) и имеют промышленное значение для получения флюоритового концентрата.

Минералогические особенности флюорита по некоторым рудным формациям приведены в табл. 3.

На редкометалльных месторождениях Центрального Казахстана (Караоба, Акштатау, Байназар, Коктенколь, Жанет) различной рудной формации флюорит присутствует почти во всех типах прожилков (линз и гнезд) рудной минерализации, составляя в среднем около 20 % всей жильной массы. В этом случае флюорит является сопутствующим основным рудным минералам, таким, как молибденит, вольфрамит, шеелит и т.д., и имеет огромное значение для выяснения физико-химических условий формирования месторождений и отдельных рудных минералов методами термобарогеохимии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Банщикова И.В. Стадийность минерализации месторождения Караоба по данным изучения газовой-жидких включений в минералах // Минералогическая термометрия и барометрия. М., 1965. С. 257-272.
2. Базаров Л.Ш. Изменение физико-химических условий в процессе формирования пегматитов Центрального Казахстана // Минералогическая термометрия и барометрия. М., 1968. Т. 1. С.70-82.
3. Дорошенко Ю.П., Павлунь Н.Л. Физико-химические особенности генезиса месторождения Акштатау // Минералог. Львовск. унив. Львов, 1981. С. 44-51.

4. Ермилова Л.Н. Минералы молибденово-вольфрамового месторождения Караоба в Центральном Казахстане. М., 1964. С. 176.

5. Морошкин В.В., Расулов В.А. Рентгенолюминесценция флюорита из месторождений различных формационно-генетических типов // Записки всероссийского минералогического общества. СПб., 2002. №4. С.59-69.

6. Мельникова В.Л. Гипогенная минерализация редкометалльного месторождения Джанет // Вопросы минералогии и геохимии месторождений Казахстана. Алма-Ата, 1963. С. 5-51.

7. Пузанов Л.С. Условия образования флюорита в различных типах рудных формации // Теория и практика тер-

мобарогеохимии. М., 1978. С.129-135.

8. Чухров Ф.В. Зона окисления сульфидных месторождений степной части Казахстана. М., 1950. С.59.

9. Чухров Ф.В., Сендерова В.М., Ермилова Л.И. Кора выветривания. М., 1960. Вып. 3, 5.

10. Щерба Г.Н. Формирование редкометалльных месторождений Центрального Казахстана. Алма-Ата, 1960. 379 с.

11. Щерба Г.Н., Кормушин В.А., Исаева Л.Д. Продолжительность формирования руд редких металлов с учетом анализа микровключений (Караоба, Центральный Казахстан) // IX симпозиум по флюидным включениям. Порто (Португалия), 1987. С.119-121.