

А. М. ЗАСЕДАТЕЛЕВ

О ЗАКОНОМЕРНОСТЯХ ФОРМИРОВАНИЯ И РАЗМЕЩЕНИЯ МЕСТОРОЖДЕНИЙ ФЛЮОРИТА

(Представлено академиком А. В. Сидоренко 11 VI 1971)

По распространенным представлениям, образование месторождений флюорита связано с двумя главными геологическими процессами.

1. С протекающими на глубине эндогенными процессами магматической дифференциации и деятельностью постмагматических газовых дефлятов (пневматолитиз) и гидротермальных растворов, выделяющихся из магматического очага. Предполагается, что таким путем возникли почти все промышленные месторождения флюорита.

2. С экзогенными процессами, протекающими на поверхности земной коры. В экзогенных процессах в основном известно накопление флюорита в осадках усыхающих водных бассейнов и в травертинах минеральных источников.

Флюорит осадочного происхождения установлен преимущественно в карбонатных толщах, часто обогащенных кремнеземом и нередко содержащих гипс и ангидрит, и имеет довольно широкое распространение в осадках различного возраста. В Советском Союзе его присутствие известно в Подмосковье и в верхнем Поволжье, на юго-западной окраине Донецкого бассейна, в Приполярном Урале, Чувашской, Татарской и Башкирской автономных республиках, по западной и южной окраине Сибирского щита, на полуострове Мангышлак, в Джезказганском районе и в Тянь-Шане. Не менее широко распространен осадочный флюорит и в других странах: ГДР, ФРГ, Италии, Швеции, Северной Америке.

По-видимому, можно считать установленным, что в процессах осадкообразования наиболее благоприятные условия для максимального накопления флюорита возникают в районах с аридным климатом в мелководных усыхающих бассейнах в период окончания садки доломита и перед началом выпадения в осадок гипса (¹, ²). Такое предположение подтверждается экспериментальными исследованиями, которыми выяснено, что при усыхании водного бассейна должно довольно быстро установиться насыщение вод фтором (³, ⁴).

Многие исследователи осадочных накоплений флюорита источник фтора видят в водах поверхностного происхождения. Успехи в изучении химического состава подземных вод в настоящее время позволяют говорить о большой роли подземных вод, в частности минеральных источников, в привносе фтора в осадки, поскольку последние, особенно в сфере вулканических проявлений, характеризуются высокими содержаниями фтора. Так, в термальных водах нефтяных районов концентрация фтора достигает 10 мг/л и более, а в горячих источниках Осама в Японии — от 32,1 до 59,4 мг/л, что во много раз превышает обычное содержание фтора в речных водах, равное 0,035—0,12 мг/л (⁵). Воды с наиболее высокими содержаниями фтора чаще всего принадлежат щелочным азотным термам и встречаются главным образом в областях альпийской складчатости. Для химического состава азотных терм обычны: небольшая общая минерализация (0,1—0,5 г/л); высокая щелочность (рН больше 8, иногда больше 10); преобладание в катионном составе Na^+ ; высокие содержания фто-

ра и кремнезема (соответственно до 5 и 50% от общей минерализации) и низкое содержание кальция, редко превышающее 10 мг/л. Формирование таких вод происходит при высоких давлениях и температурах, при проникновении инфильтрационных вод на большую глубину по трещинам в кристаллические породы, преимущественно кислого состава (⁶, ⁷).

Выпадающий в осадок флюорит всегда разбавляется хемогенными, терригенными, вулканогенными и биогенными компонентами осадка. Поэтому питание усыхающего бассейна целиком или преимущественно подземными водами, богатыми фтором, будет наиболее благоприятным для образования высоких концентраций фтора (флюорита) в осадках.

О роли подземных вод как поставщика фтора на дневную поверхность можно судить по присутствию флюорита в современных и третичных травертинах (⁸). Кроме того о вероятности питания подземными водами водных бассейнов, в которых происходила садка флюорита, по-видимому, можно предполагать на основании частой ассоциации осадочного флюорита с кремнеземом, так как богатые фтором азотные термы одновременно богаты и кремнием; по локальной концентрации флюорита в отдельных участках, а также по присутствию флюорита не только в доломитах и гипсах (что надо ожидать при нормальном развитии усыхающего бассейна, питающегося поверхностным стоком), но и в известняках и в песчанико-глинистых и туфогенных отложениях.

Количество фтора, выносимого отдельными грифонами минеральных источников, достигает 3000—5000 т/год (⁹), а деятельность источников, по-видимому, может продолжаться 200—300 тыс. лет (¹⁰). Исходя из этих данных, возможное количество накопленного в осадках флюорита может составить до 1—3 млрд тонн, что превышает запасы крупнейших месторождений.

Многие месторождения флюорита, относящиеся к эндогенным, имеют пластовую форму и располагаются согласно со стратификацией вмещающих пород. Последние нередко имеют карбонатный состав и содержат кремнезем, что характерно и для осадочных накоплений флюорита. Возможно, некоторые из эндогенных месторождений в действительности являются первично-осадочными; можно также предположить, что часть жильных месторождений образована переотложением первично-осадочных накоплений флюорита при эпигенезе и метаморфизме (¹¹).

Имея в виду такие возможности и учитывая, что одним из главных факторов накопления в осадках флюорита является существование аридного климата, мы нанесли на палеоклиматические схемы, составленные Н. М. Страховым (²), месторождения флюорита по возрасту вмещающих пород (рис. 1) *. На них в целом, за некоторыми исключениями, флюоритовые месторождения разместились в аридных зонах или недалеко от соответствующего палеоэкватора. Понятно, что полного совпадения с аридными зонами нельзя ожидать даже при отнесении всех месторождений к первично-осадочным, поскольку аридные зоны на палеоклиматических схемах выделены главным образом с учетом размещения накоплений галита, гипса и ангидрита, а выпадение флюорита в осадок в основном происходит перед началом садки гипса и, следовательно, накопление флюорита могло происходить и в сильно испарающихся бассейнах других палеоклиматических зон, развитие которых не доходит до садки гипса. Особенно это должно относиться к случаям, когда основным источником поступления фтора в осадок являются подземные воды с высоким содержанием фтора, так как тогда влияние климата в какой-то мере принижается, хотя, по-видимому, в большинстве случаев остается одним из главных факторов, определяющих возможность накопления флюорита.

* В других геологических периодах характер размещения месторождений тот же.

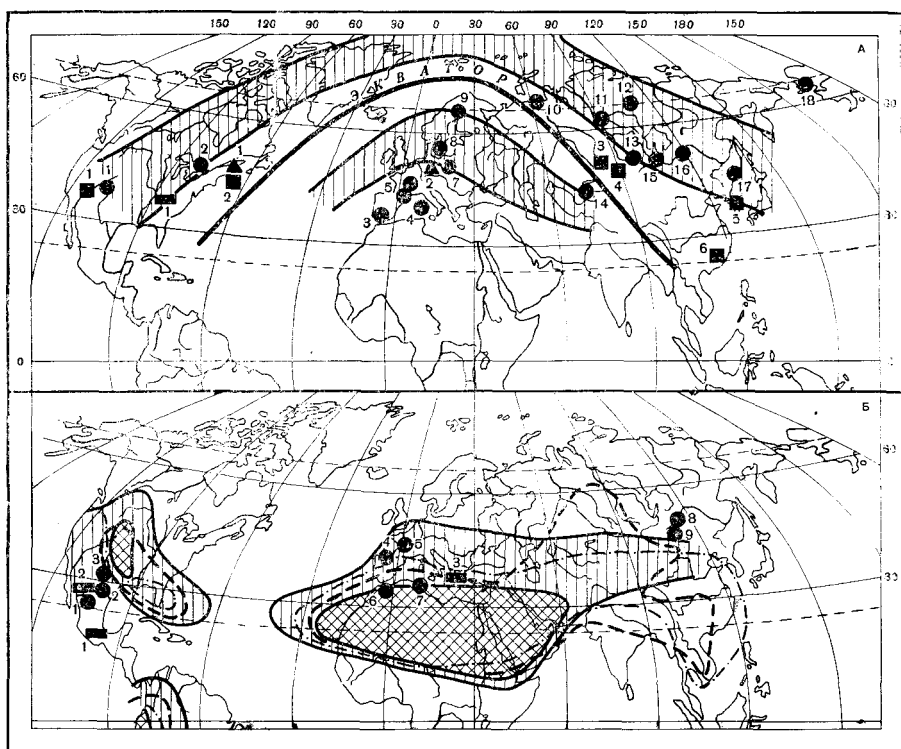


Рис. 1. А — климатическое размещение накоплений флюорита в породах кембрия, ордовика и силура. Заштрихованы области с аридным климатом и выделены: собственно флюоритовые месторождения (кружки), флюорит в месторождениях олова (треугольники), вольфрама (квадраты), свинца и цинка (прямоугольники). Месторождения флюорита: 1 — Штат Юта, США; 2 — Медок, Канада; 3 — Кордова, Испания; 4 — Восточные Пиренеи, Испания и Франция; 5 — Центральное плато Франции; 6 — Остров Сардиния; 7 — Нижняя Силезия, Польша; 8 — пров. Скап, Швеция; 9 — Лайсвалд, Швеция; 10 — Амдерма, СССР; 11 — бассейн Нижней Тунгуски; 12 — бассейн р. Мойерокан; 13 — Западная Сибирь; 14 — Северный Тянь-Шань; 15 — Западное Забайкалье; 16 — Восточное Забайкалье; 17 — Дальний Восток; 18 — Аляска. Месторождения олова: 1 — Маунт-Плезант, Канада; 2 — Златы Колеп и др., Чехословакия. Месторождения вольфрама: 1 — Штат Невада, США; 2 — Новая Шотландия, Канада; 3 — Алтай, СССР; 4 — Монгольский Алтай; 5 — Сангдонг, Южная Корея; 6 — пров. Цзяньси, Китай. Месторождения свинца и цинка: 1 — Округ Восточный Теннесси, США.

Б — климатическое размещение накоплений флюорита в породах юры и мела. Сетка — аридные области в J_{1+2} ; штриховка — прирост аридных областей в J_3 ; пунктир — граница аридных областей в Cr_1 и штрих-пунктир — Cr_2 . Месторождения флюорита: 1 — Штат Дуранго (Cr), Мексика; 2 — Штат Чиуауа (J), штат Коahuila (Cr), Мексика; 3 — Игл Пик Маунтис (Cr), США; 4 — Астурия (J_1), Испания; 5 — Франция (J_1); 6 — Восточное Марокко (J); 7 — Тунис (J); 8 — Восточное Забайкалье (J_{1-3}), СССР; 9 — Восточная Монголия (Cr_1). Месторождения свинца и цинка: 1 — Округ Тачко-Гвереро ($Cr?$), Мексика; 2 — месторождения Эль Потоси, Сан-Франциско дель Оро, Санта Барбара (Cr), Мексика; 3 — Атика (Cr_2), Греция.

Нужно заметить, что насыщение пресных вод фтором, судя по растворимости флюорита, может наступать при температуре 15° при концентрации фтора 15 мг/л , а при 0° уже при концентрации фтора в 11 мг/л (^{3, 4}). Это позволяет думать, что в принципе садка и накопление флюорита возможны и в водных бассейнах, которые находятся в довольно высоких географических широтах, при питании их подземными водами, содержащими более 15 мг/л фтора, и небольшого поступления в бассейн терригенного и вулканогенного материала. Однако такие случаи в высоких широтах, по-видимому, должны реализоваться редко, из-за относительной редкости природных вод с таким высоким содержанием фтора.

Отступления от намечающейся закономерности, кроме того, могут объясняться: неполнотой и схематичностью палеоклиматических построений, отражающих лишь в общем виде существовавшие климатические условия в пределах больших интервалов времени, в течение которых эти условия не раз могли кардинально изменяться; возможной неточностью определения геологического возраста вмещающих рудные тела пород, нередко сильно метаморфизованных; возможностью перемещения первично-осадочного флюорита при метаморфогенном переотложении и образовании флюоритовых жил не в горизонтах первоначальной концентрации флюорита, а в породах другого возраста, в том числе и в породах магматического происхождения, а также не всегда полным соответствием возраста вмещающих пород месторождений времени отстроенных палеоклиматических схем. Наконец, необходимо учитывать возможность отложения флюорита на глубине по трещинам в ослабленных тектонических зонах при смещении богатых фтором вод с водами, содержащими высокие концентрации кальция, что тоже ведет к нарушению связи в размещении месторождений с палеоклиматической зональностью.

Заключение о возможности формирования многих месторождений флюорита, считающихся эндогенными, на земной поверхности с последующим переотложением флюорита в процессах эпигенеза и метаморфизма в настоящее время может быть сделано лишь в порядке предположения. Для выяснения такой возможности необходимы специальные комплексные исследования с изучением истории развития процессов осадкообразования, наземного и глубинного магматизма, структурно-тектонических, палеогеографических, палеоклиматических и палеогидрогеологических особенностей и изучением явлений переобразования пород и руд в условиях диагенеза, эпигенеза, контактового и регионального метаморфизма.

Геологический институт
Академии наук СССР
Москва

Поступило
1 VI 1971

ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- ¹ Л. В. Пустовалов, Ратовкит Верхнего Поволжья, Изд. АН СССР, 1937.
- ² Н. М. Страхов, Основы теории литогенеза, 1—3, Изд. АН СССР, 1962.
- ³ А. В. Казаков, Тр. Инст. геол. наук СССР, в. 114, сер. геол., № 40 (1950).
- ⁴ А. В. Казаков, Е. И. Соколова, Тр. Инст. геол. наук СССР, в. 114, сер. геол., № 40 (1950).
- ⁵ А. В. Щербakov, Геохимия термальных вод, М., 1968.
- ⁶ С. Р. Крайнов, Геохимия, № 11 (1965).
- ⁷ С. А. Брусиловский, В. И. Дворов, В кн. Региональная геотермия и распространение термальных вод в СССР, М., 1967.
- ⁸ Д. Уайт, В сборн. Проблемы рудных месторождений, 1957.
- ⁹ А. А. Алексеев, Геохимия, № 4 (1956).
- ¹⁰ С. Р. Крайнов, Тр. Всесоюз. н.-и. инст. гидрогеол. и инж. геол., нов. сер., № 6 (1964).
- ¹¹ В. М. Попов, В сборн. Геохимия и оруденение осадочных толщ Тянь-Шаня, Фрунзе, 1966.