Оценка масштабов участия метеорных вод в формировании эпитермальных флюоритовых месторождений (Забайкалье)

Рипп Г.С., Ласточкин Е.И., Посохов В.Ф.

*Геологический институт Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, Россия,
E-mail: gin-buryatia-07@yandex.ru*

АННОТАЦИЯ: В результате исследований установлено, что при формировании эпитермальных флюоритовых месторождений Забайкалья, принимали участие метеорные воды. Изотопный состав кислорода изученный в кварце и кислород рассчитанный во флюидной фазе равновесный с этим минералом, фиксируют влияние метеорной воды при рудообразовании. Количество такой воды, варьирует в пределах 55-85%. Приведены данные по изотопному составу кислорода и серы. Сульфидная сера характеризуется отрицательными значениями, сульфатная положительными. Сопоставлены составы примесных и РЗЭ базальтов и флюоритовых проявлений

Assessment of the extent of meteoric water participation in the formation of epithermal fluorite deposits (Transbaikalia)

Ripp G.S., Lastochkin E.I., Posokhov V.F.

*Geological Institute of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Ulan-Ude, Russia,
E-mail: gin-buryatia-07@yandex.ru*

ABSTRACT: In the result of studies, it was found that during the formation of epithermal fluorite deposits of Transbaikalia, meteoric waters took part. The oxygen isotopic composition studied in quartz and the oxygen calculated in the fluid phase are in equilibrium with this mineral, record the influence of meteoric water during ore formation. The amount of such water varies between 55-85%. Data on the isotopic composition of oxygen and sulfur are presented. Sulfide sulfur is characterized by negative values, sulfate positive. The compositions of impurity and REE basalts and fluorite occurrences are compared.

ВВЕДЕНИЕ

Оценка источников флюидов, формировавших эндогенные месторождения, стоит в числе актуальных проблем в рудообразовании. Вовлечение в решение этой проблемы изотопных методов подняла планку результативности её на более высокий уровень, а количество публикаций на эту тему неуклонно увеличивается. Одним из важных результатов этих исследований стало обоснование участия метеорных вод в эндогенных процессах. Объектом наших исследований были эпитермальные флюоритовые месторождения. Они распространены в Центрально-Азиатском флюоритоносном поясе, протягивающимся от Алдана до центральных районов Монголии. В пределах пояса установлено несколько сотен проявлений и месторождений (рис. 1), сформировавшихся в позднем мезозое. Среди них наиболее распространены кварц-флюоритовые образования, реже отмечаются кальцит – и баритсодержащие типы. В основном это продукты выполнения открытых трещин и цемент в зонах брекчирования вмещающих пород. При наложении на карбонатные породы проявлены метасоматические процессы. Образование месторождений происходило в основном в интервале 180-160 редко выше 200 °C [1].

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

На флюоритовых месторождениях, вскрытых карьерами, шурфами и канавами, в ассоциации с флюоритовыми рудами были отобраны пробы силикатов (кварц, КПШ, каолинит), карбонатов (кальцит), сульфидов (пирит) и сульфатов (барит), а также алюмофторидов (геарксутит).

Изотопные составы О, С в карбонатах и кислорода в силикатах, определены в Геологическом институте СО РАН (аналитик-В.Ф. Посохов). Изотопный состав кислорода во флюидах оценен с помощью расчетов в соответствии с коэффициентами равновесного фракционирования для каждого минерала [9].

Составы кислорода и водорода из газожидких включений флюорита определены на масс-спектрометре Delta Plus XP (Thermo Scientific, Germany) в ГЕОХИ РАН г. Москва (аналитик А.И. Буйкин).

Изотопные стронциевые отношения определены в таких “безрубидиевых” минералах как флюорит и барит в Аналитическом Центре минералого-геохимических и изотопных исследований ГИН СО РАН (В.Ф. Посохов) и Центре Коллективного Пользования ИЗК СО РАН «Геодинамика и геохронология» и институте Докембрия РАН.

Изотопный состав серы в сульфидах – определен в Центре изотопных исследований ДВНЦ РАН (г. Владивосток) и, частично, в Тбилиском государственном университете.

Рис. 1. Схема распространения эпитеpмальной флюоритовой минерализации в Забайкалье. 1-Сибирская платформа, 2-складчатая область, 3-граница распространения флюоритовой минерализации; 4-флюоритовые проявления; 5-флюоритовые рудопроявления и месторождения на которых проведены исследования: 1-Амандак, 2-Усуглинское, 3-Эгита, 4-Кижингинское, 5-Ермаковское, 6-Калангуй, 7-Третьяковское, 8-Манжинское, 9-Убукун, 10-Абагайтуй, 11- Хэлтэгейское, 12- Аро-Ташир, 13-Наран, 14-Поворотное, 15-Новопавловка-II, 16-Хурай

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ОБСУЖДЕНИЕ

В предрудную и частично в рудную стадию формирования эпитеpмальных флюоритовых месторождений проявилась пиритизация, локализованная в основном в околоконтактовых зонах. Относительно метеоритной сера пирита характеризуется отчетливой деплетированностью тяжелым изотопом. При перемещении в составе газовых эманаций произошло обогащение её легким изотопом вплоть до отрицательных значений $\delta^{34}\text{S}$ (-1.8...-5.0‰). Гомогенность состава сульфидной серы свидетельствует об отсутствии значимой контаминации её из вмещающих пород. В барите рудных тел сера имеет значения $\delta^{34}\text{S}$ в пределах 10-12‰.

Изотопный состав кислорода изучен в основном в кварце. В кальцитсодержащих проявлениях и случаях приуроченности к карбонатным породам и метасоматических процессах (аргиллизации) состав кислорода изотопно тяжелее (обычно в пределах -8 ...-10‰). Во флюидной фазе расчетом определен кислород равновесный с этим минералом, кальцитом и анализами газовой-жидких включений, выделенных из флюорита (табл.). В обоих случаях кислород флюидов деплетирован тяжелым изотопом, фиксирует участие метеорной воды (рис. 2). Количество такой воды варьировало от 55 до 85%. Изотопно-легкий кислород в эпитеpмальных флюоритовых месторождениях отмечен в многочисленных публикациях [5, 10-14] и относится к характерной особенности этого типа месторождений. Ярким примером вовлеченности вод метеорного происхождения в эндогенные процессы, служат термальные воды Йеллоустонского парка (США) [11]. Они, как и в

рассматриваемых нами случаях, характеризуются обогащенностью легким изотопом $\delta^{18}\text{O}$ и деплетированностью δD . Временная близость щелочных базальтов и эпитеpмальных флюоритовых месторождений привели к выводу о их генетической связи [3, 6]. Однако сопоставление их геохимических, изотопных характеристик (рис. 3), составов РЗЭ и других примесных элементов не поддерживают этот вариант.

Аналогично фиксируется резкое отличие в них значений первичных стронциевых отношений в базальтах (0.703-0.705) и флюоритах (0.706-0.709) (рис. 4). Графики спайдердиаграмм (рис. 3) также не поддерживают родство базальтов и флюоритовых руд

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В формировании эпитеpмальных месторождений участвовали вещество и флюиды двух резервуаров - глубинного (мантийного) и корового. Роль корового источника показана для месторождений Китая, Забайкалья [12, 13]. Свидетельством последнего служит высокая гетерогенность состава РЗЭ и изотопных стронциевых отношений. Подобная неоднородность составов стронция (Sr_0 в интервале 0,706—0.710) зафиксирована в термальных источниках Западного Забайкалья [7, 8]. Близки к ним и кривые нормированных содержаний РЗЭ (рис. 3). Сомнение вызывает предположение корового источника кальция во флюоритах. На площадях месторождений кальцийсодержащие породы также, как и метасоматические процессы обычно отсутствуют, а состав флюоритовых руд не зависит от состава вмещающих пород. Наиболее приемлемым представляется привнос кальция в составе растворов в виде CaSiF_6 .

Рис. 2. Изотопный состав кислорода воды из включений флюорита (1) и воды равновесной с кварцем и КПШ (2) флюоритовых месторождений. 3-количество метеорной воды. Рассчитано для температур от 180 до 200°C

Рис. 3. Спайдердиаграмма нормированных содержания редких и редкоземельных элементов к хондриту во флюоритах эпитегрмальных флюоритовых месторождений Забайкалья. Затенено поле базальтов [2, 4]. Термальные азотнокремнистые воды Западного Забайкалья по [7, 8]

Рис. 4. Sr-Nd характеристика базальтов [2, 4] и флюоритов из эпитегрмальных флюоритовых месторождений Забайкалья

Таблица 1. Изотопная характеристика эпитегрмальных месторождений Забайкалья

Месторождение	Минерал	δ¹⁸O ‰ SMOW		δD ‰ SMOW	εNd	Sr _i
		Fluid	Количество метеорной воды			
Третьяковка	кварц	-15,3	75-80%			
	аргиллизит	-2,2				
Хурай	флюорит	-14,39	70-85%	-107±5	-1,04	0,7063
	кварц	-15,3				
Эгита	каолинит	-10,1	40-50%	-195		
	кварц	-7,3				
	флюорит	-15,87			-4,08	0,7064
Наран	кварц	-9,7	50-60%	-109±3		
	флюорит	-8,38			-5,98	0,715
Хэлтегейское	флюорит	-17,46	50-60%		-5,45	0,709
Абагайтуй	барит					0,7082
	кварц	-9,4	55-60%			
Аро-Ташир	кварц	-15,5	55-60%			
	аргиллизит	-8,7				
	флюорит				-5,24	0,7089
Убукун	флюорит	-15,5	80%			0,7081
	кварц	-13,0				
Манжинское	флюорит	-11,28	70-75%		-1,97	0,7059
Убур-Ташир	флюорит	-15,49	65-70%			0,7098
Ближний	флюорит	-12,07	60-65%			
Амандак	кварц	-15,3	80%			

Примечание. Для кварца и аргиллизита даны расчеты состава кислорода во флюидах по [15], во флюорите, средние значения изотопного состава воды из газовой-жидких включений

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Архипчук Р.З., Росихина А.И. Условия формирования флюоритовой минерализации Западного Забайкалья по данным минералотермометрии // Геология рудных месторождений, 1967. №5. С. 110-114.
2. Андрущенко С.В., Воронцов А.А., Ярмолюк В.В., Сандимиров И.В. Эволюция юрско-мелового магматизма Хамбинской вулканотектонической структуры (Западное Забайкалье) // Геология и геофизика, 2010. Т. 51. №51. С. 944-962.
3. Булнаев К.Б. Флюоритовые месторождения Западного Забайкалья. – Новосибирск: Наука, 1976. 128 с.
4. Воронцов А.А., Ярмолюк В.В., Комарицына Т.Ю. Позднемезозойский-раннекайнозойский рифтогенный магматизм Удинского сектора // Геология и геофизика, 2016. Т. 57. №5. С. 920-946.
5. Зыкин Н.Н. Изотопный состав кислорода и водорода воды газовой-жидких включений в гидротермальных системах рудных месторождений // Миасс: ИМин УрО РАН, 2007. С. 51-55.
6. Иванова А.А. Флюоритовые месторождения Восточного Забайкалья – М.: Недра, 1974. – 208 с.
7. Плюснин А.М., Чернявский М.К., Посохов В.Ф. Условия формирования гидротерм Баргузинского Прибайкалья по данным микроэлементного и изотопного состава // Геохимия, 2008. № 10. С. 1063-1072.
8. Плюснин А.М., Замана Л.В., Шварцев С.Л., Токаренко О.Г., Чернявский М.К. Гидрогеохимические особенности состава азотных терм Байкальской рифтовой зоны // Геология и геофизика, 2013. Т. 54. № 5. С. 647-664.
9. Beaudoin G., Therrien P. The updated web stable isotope fractionation calculator. In: Ed. Groot P.A., Handbook of stable isotope analytical techniques // Elsevier, Amsterdam – V. 11. – 2009. – P. 1120-1122.
10. Cosanay P., Kirat E., Nihal C., Kizilkanat C., Mutlu H., Koc S. Geochemical, microthermometric, and isotopic constraints on the origin of fluorite deposits in central Anatolia, Turkey // Turkish J of Earth Sciences – V. 26. – 2017. P. 206-226.
11. Kharaka Y. K., Thordsen J.J., White L.D. Isotope and chemical compositions of meteoric and thermal waters and snow from the Greater Yellowstone National park region. Open-File Report 02-194. Menlo Park, California, 2002. P. 75.
12. Li C. Isotopic Geochemistry of Chinese Fluorite Deposits // International Geology Review – V. 38. – 1996. – P. 1054-1067.
13. Pei Q., Zhang S., Santosh M., Cao H., Zhang W., Hu X., Wang L. Geochronology, geochemistry, fluid inclusion and C, O and Hf isotope compositions of the Shuitou fluorite deposit, Inner Mongolia, China // Ore Geology Reviews – V. 83. – 2017. P. 174-190.
14. Sanchez V., Cardellach E., Corbella M., Vindel E., Martin-Crespo T., Boyce A.J. Variability in fluid sources in the fluorite deposits from Asturias (N Spain): Further evidences from REE, radiogenic (Sr, Sm, Nd) and stable (S, C, O) isotope data // Ore Geology Reviews – V. 37. – 2010. P. 87-100.
15. Sharp Z.D., Gibbons J.A., Maltsev O., Atudorei V., Pack A., Sengupta S., Shock E.L., Knauth L.P. A calibration of the triple oxygen isotope fractionation in the SiO₂-H₂O system and applications to natural samples // Geochimica et Cosmochimica Acta. V. 186. – 2016. P. 105-119.