

New evidences on mineralization, diagenesis and fluid inclusions at Kamar-Mehdi stratabound fluorite deposit, southwest Tabas

M. Pirouzi, M. Ghaderi, N. Rashidnejad-Omran, E. Rastad

*Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran
Email: mghaderi@modares.ac.ir*

(Received: 23/6/2008, in revised form: 17/11/2008)

Abstract: The Kamar-Mehdi fluorite deposit is located 100 km southwest of Tabas in Tabas Block, Central Iran. There are five stratabound orebodies in the area exposing in carbonate rocks of Shotori Formation. The oldest unit is Shotori Formation dolomite of Triassic age that is emplaced in the core of Kamar-Mehdi Anticline. Folding direction in the area is N-S and normal faults with W-E direction have caused some dislocations. Based on field and microscopic evidences, three types of mineralization are identified: 1- Early Diagenetic mineralization which is observed as disseminated in fenestral porosity in Shotori Formation dolomiticrites; 2- Late Diagenetic mineralization that occurs as open space filling in vein and veinlets and open spaces of Shotori Formation. 3- Vein mineralization which occurs along with normal faults in the study area. Fluid inclusions studies of late diagenetic mineralization and vein mineralization show that the fluids in the late diagenetic mineralization have salinities between 15 and 26 wt% NaCl equivalent and homogenization temperatures of 150-270°C. Fluid inclusions of the vein mineralization have salinities between 3.4 and 20.2 wt% NaCl equivalent and homogenization temperatures of 140-237 °C.

The present study, with consideration on the late diagenetic mineralization and comparing it with vein type fluid inclusions, shows that the diagenetic fluid inclusions have higher salinities and homogenization temperatures. All the evidences show that mineralization at Kamar-Mehdi fluorite deposit is related to Shotori Formation and it is regarded as a fluorite-rich Mississippi Valley Type deposit.

Keywords: *Stratabound fluorite deposit, Fluid inclusions, F-rich MVT, Kamar-Mehdi, Iran*



شواهد تازه‌ای از کانه‌زایی، درون‌زادی و شاره‌های درگیر در کانسار فلوریت چینه‌کران کمرمهدی، جنوب‌باختری طبس

مهدی پیروزی، مجید قادری، نعمت‌اله رشیدنژاد عمران، ابراهیم راستاد

دانشگاه تربیت مدرس، بخش زمین‌شناسی، تهران، ایران

پست الکترونیکی: mghaderi@modares.ac.ir

(دریافت مقاله: ۸۷/۳/۳، نسخه نهایی: ۸۷/۸/۲۷)

چکیده: کانسار فلوریت کمرمهدی در ۱۰۰ کیلومتری جنوب‌باختری شهرستان طبس، در بلوک طبس و در پهنه ایران مرکزی واقع شده است. این کانسار از ۵ پیکره معدنی چینه‌کران (stratabound) تشکیل شده که همه آنها در سنگ‌های کربناته سازند شتری قرار دارند. قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه، سنگ‌های دولومیتی سازند شتری مربوط به تریاس است که در هسته تاقدیس کمرمهدی رخنمون دارند. راستای چین‌خوردگی‌های منطقه تقریباً شمالی-جنوبی است و گسل‌های معمولی خاوری-باختری عمود بر محور چین‌خوردگی در تاقدیس کمرمهدی جابجایی‌هایی را موجب شده‌اند. بر پایه مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی، سه نوع کانه‌زایی در منطقه معدنی مشاهده می‌شوند: ۱- کانه‌زایی درون‌زاد اولیه: به‌صورت لایه‌ای و پراکنده‌دانه و در تخلخل پرچینی دولومیکرایت‌های سازند شتری. ۲- کانه‌زایی درون‌زاد تأخیری: به‌صورت شکافه‌پرکن و رگه-رگچه، پرکننده فضاهای خالی در دولومیت‌های سازند شتری. ۳- کانه‌زایی رگه‌ای هم‌روند با گسل‌های معمولی: به‌صورت رگه‌ای در راستای گسل‌های معمولی منطقه معدنی. بررسی شاره‌های درگیر در کانه‌زایی‌های درون‌زادی تأخیری و رگه‌ای نشان می‌دهد که شاره‌های درگیر در کانه‌زایی از نوع درون‌زاد تأخیری با درجه شوری ۱۵ تا ۲۶ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و دمای همگن‌شدن ۱۵۰ تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد و در کانه‌زایی نوع رگه‌ای از درجه شوری ۳/۴ تا ۲۰/۲ درصد وزنی معادل NaCl و دمای همگن‌شدن ۱۴۰ تا ۲۳۷ درجه سانتی‌گراد برخوردارند. مقایسه شاره‌های درگیر در دو نوع کانه‌زایی یاد شده نشان می‌دهد که شاره‌های درگیر نوع درون‌زادی از درجه شوری و دمای همگن‌شدن بیشتری در مقایسه با شاره‌های درگیر نوع رگه‌ای برخوردارند. این واقعیت نشان می‌دهد که کانه‌زایی در کانسار چینه‌کران فلوریت کمرمهدی در ارتباط با سازند شتری و از کانسارهای غنی از فلوئور نوع دره می‌سی‌سی‌پی است.

واژه‌های کلیدی: کانسار فلوریت چینه‌کران، شاره‌های درگیر، کانسار نوع دره می‌سی‌سی‌پی، کمرمهدی، ایران.

۱- مقدمه

ایران شناخته شده است که بیش از ۹۰ درصد از تولید سالانه فلوریت از ذخایر این دوره تأمین می‌شود [۳]. از مهمترین این ذخایر می‌توان کانسارهای فلوریت پاچی‌میان و شش‌رودبار در البرز، و کانسارهای فلوریت کمرمهدی، پیناوند، و دربند را در ایران مرکزی نام برد.

کانسار فلوریت کمرمهدی در ۱۰۰ کیلومتری جنوب‌باختری شهرستان طبس، در ناحیه ایران مرکزی و در بلوک طبس واقع

کشور ایران با تولید تقریبی سالانه ۶۰ هزار تن فلوریت (حدود یک درصد تولید جهانی)، پانزدهمین تولید کننده فلوریت در دنیا محسوب می‌شود [۱، ۲]. گسترده‌ترین و مهمترین نوع کانه‌زایی فلوریت در ایران در سنگ‌های تهنشتی به‌ویژه کربناته قرار دارد، و ذخایر تریاس میانی در البرز (سازند الیکا) و ایران مرکزی (سازند شتری) به عنوان یک دوره فلوریت‌زایی در

گرفته است. سطح بالایی سازند شتری کارستی بوده و یک زون لاتریتی در قاعده سازند نای‌بند دیده می‌شود. سازند نای‌بند، همانند سازند شمشک، رخساره‌های متناوب شیلی و ماسه‌سنگی را نشان می‌دهد (شکل ۱). آهک‌های فسیل‌دار بادامو همراه با بین‌لایه‌هایی از ماسه کوارتزی، که در منطقه کمتر رخنمون دارند، در پهنه‌های آبرفتی خاور و جنوب هسته تأقدیس مشاهده می‌شوند. شیل‌های تیره‌رنگ و زغال‌دار سازند هجدک، در باختر تأقدیس کمرمهدی، روی سازند بادامو قرار گرفته است. سازند بغمشاه، بالاترین واحد چینه‌شناختی منطقه معدنی است (شکل ۱). تهنشست‌های آبرفتی کواترنری بخش بزرگی از بخش‌های باختر و خاوری تأقدیس را می‌پوشانند. در منطقه معدنی، هیچگونه اثری از توده نفوذی یا آتشفشانی مشاهده نشده است.

بر اساس بررسی‌های انجام شده، سنگ‌های رخنمون‌یافته منطقه معدنی، در یک حوضه کشتی طی حرکت‌های سیمین پیشین، نهشته شده‌اند. این حوضه از نوع درون‌قاره‌ای و کم‌عمق بوده و دستخوش فرونشست مداوم شده است [۷]. زمین‌ساخت کشتی باعث شده تا منطقه به‌طور کلی چهره بالاراندگی و فروافتادگی داشته باشد که معدن کمرمهدی ۲ یکی از بالارنده‌هاست که در اثر یک فروافتادگی از معدن کمرمهدی ۱ جدا می‌شود [۸].

۳- کانه‌زایی

بر اساس بررسی‌های صحرایی، بررسی‌های آزمایشگاهی، و میکروسکوپی، کانه‌زایی فلوریت را می‌توان بر پایه شواهد زمین‌شناختی و ساختاری به سه نوع متفاوت تقسیم کرد:

الف- کانه‌زایی درونزاد: کانه‌زایی فلوریت، باریت و گالن در شرایط این درون‌زادی به صورت لایه‌ای و پراکنده‌دانه و با تخلخل پرچینی دولومیکرایت‌های سازند شتری تشکیل شده است (شکل ۲). کانی‌های کربناته ناپایدار (آراگونیت و کلسیت منیزیم‌دار)، که در شرایط حوضه تهنشین کرده‌اند عناصر فلوئور، باریم، و سرب را در شبکه ساختاری خود جذب کرده و احتمالاً در اثر فرایند دولومیتی شدن به ترکیب پایدار کربناته (دولومیت و کلسیت) تبدیل شده‌اند. در اثر این تبدیل، عناصر یاد شده به درون تخلخل‌های پرچینی راه یافته و اولین مرحله غنی‌شدگی شاره نسبت به عناصر بالا رخ داده است [۹]. این نوع کانه‌زایی در مراحل اولیه درون‌زادی رخ می‌دهد.

شده است. این کانسار با داشتن بیش از یک میلیون تن ذخیره با عیار ۸۰ درصد از بزرگترین معادن فلوریت در ایران و خاورمیانه محسوب می‌شود که در حال حاضر مورد بهره‌برداری قرار دارد. کانسار یاد شده از ۵ پیکره معدنی تشکیل شده است که مساحتی در حدود ۹۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. تمامی رخساره‌های معدنی کمرمهدی در سنگ‌های کربناته سازند شتری قرار داشته و حالت چینه‌کران (stratabound) دارند.

۲- زمین‌شناسی

قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه، سنگ‌های دولومیتی سازند شتری مربوط به تریاسند که در هسته تأقدیس کمرمهدی رخنمون دارند. راستای محور این تأقدیس، تقریباً شمالی - جنوبی است و گسل‌های معمولی خاوری - باختری، تأقدیس کمرمهدی را قطع کرده‌اند.

دولومیت‌های سازند شتری با سن تریاس میانی [۴]، شامل دولومیت‌هایی به رنگ زرد تا خاکستری روشن، با دانه‌بندی ریز و لایه‌بندی منظم هستند که در اکثر نقاط منطقه کمرمهدی، بر اثر شکستگی‌های متعدد، این نظم از بین رفته است. به دلیل آنکه در این ناحیه، برخوردگاه زیرین شتری با سازند سرخ‌شیل رخنمون ندارد، ضخامت سازند شتری به طور دقیق اندازه‌گیری نشده است ولی ضخامت ظاهری این سازند در منطقه معدنی به طور تقریبی ۴۰۰ متر است.

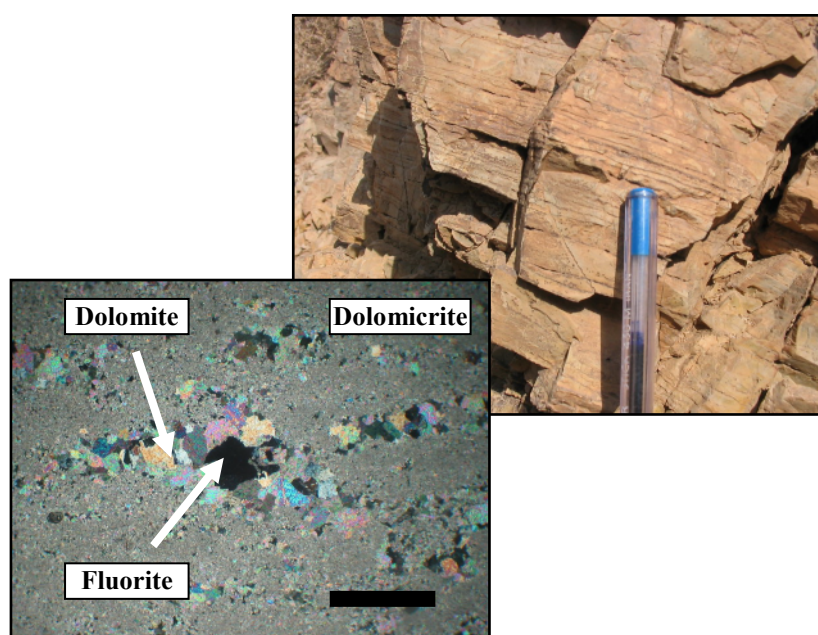
زمین‌شناسان استرالیایی (۱۹۷۸) لیتولوژی سازند شتری را در تأقدیس کمرمهدی تحت عنوان دولومیت نازک لایه و برگه‌ای حاوی جلبک همراه با اینتراکست و پیزولیت معرفی کرده‌اند [۵].

بررسی‌های صحرایی و مشاهدات میکروسکوپی در این کار پژوهشی، لیتولوژی سازند شتری را در منطقه کمرمهدی شامل رخساره‌های دولومیکرایت، اینترادولومیکرایت و دولواسپارایت نشان می‌دهد. بررسی (Senowbari 2003) در منطقه نشان می‌دهد که سازند شتری در یک محیط کم‌عمق جزر و مدی تا لاگون نهشته شده است [۶].

سازند نای‌بند، در منطقه مورد بررسی، پیرامون تأقدیس کمرمهدی رخنمون دارد. این سازند در سمت باختری تأقدیس به صورت گسله در زیر سازند شتری و در سمت خاوری تأقدیس به صورت ناپیوستگی هم‌شیب بر سازند شتری قرار

Cenozoic	Quaternary			Recent Deposits	
	Jurassic			Gypsiferous Shale	Baghamshah Formation
				Calcareous Sandstone	
				Lithic Sandstone	
				Dark Shale and Coal	Hojek Formation
Mesozoic	Triassic	Upper		Quartzose Sandstone	
				Fossiliferous Calcarenite with Corals	Badamu Formation
				Quartzose Sandstone and interbedded Shale	
				Oolitic Shelly Limestone	
		Middle		Dark Shale, Siltstone and Coal	Nayband Formation
				Soft Gypsiferous Shale	
				Quartzose Sandstone	
				Olive Shale, Siltstone and minor Sandstone	Shotori Formation
				Fine, Black Limestone	
				Mauve, red, Lithic Sandstone and Siltstone	
				Lateritic Horizon	
				Dolomitic Limestone	
				Massive Dolosparite	
				Intradolomitic, Dolomitic with Fenestral porosity (Ore Horizon)	
				Dolomitic	

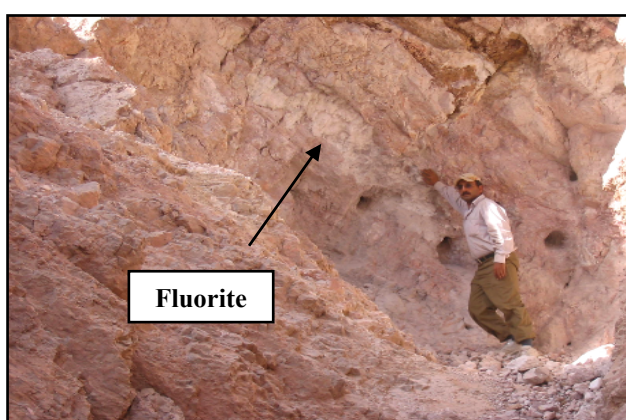
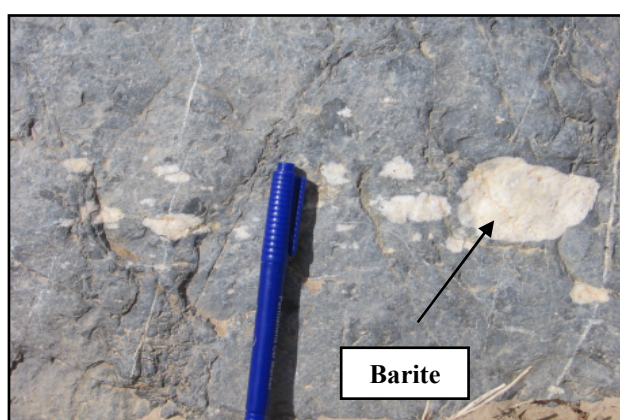
شکل ۱ ستون چینه‌شناسی عمومی در منطقه معدنی کرمه‌دی (اقتباس از نقشه ۱:۱۰۰۰۰ منطقه معدنی کرمه‌دی - ۱ [۵])، که تقسیم‌بندی رخساره‌ها و افق کانهدار در سازند شتری با این پژوهش صورت گرفته است.



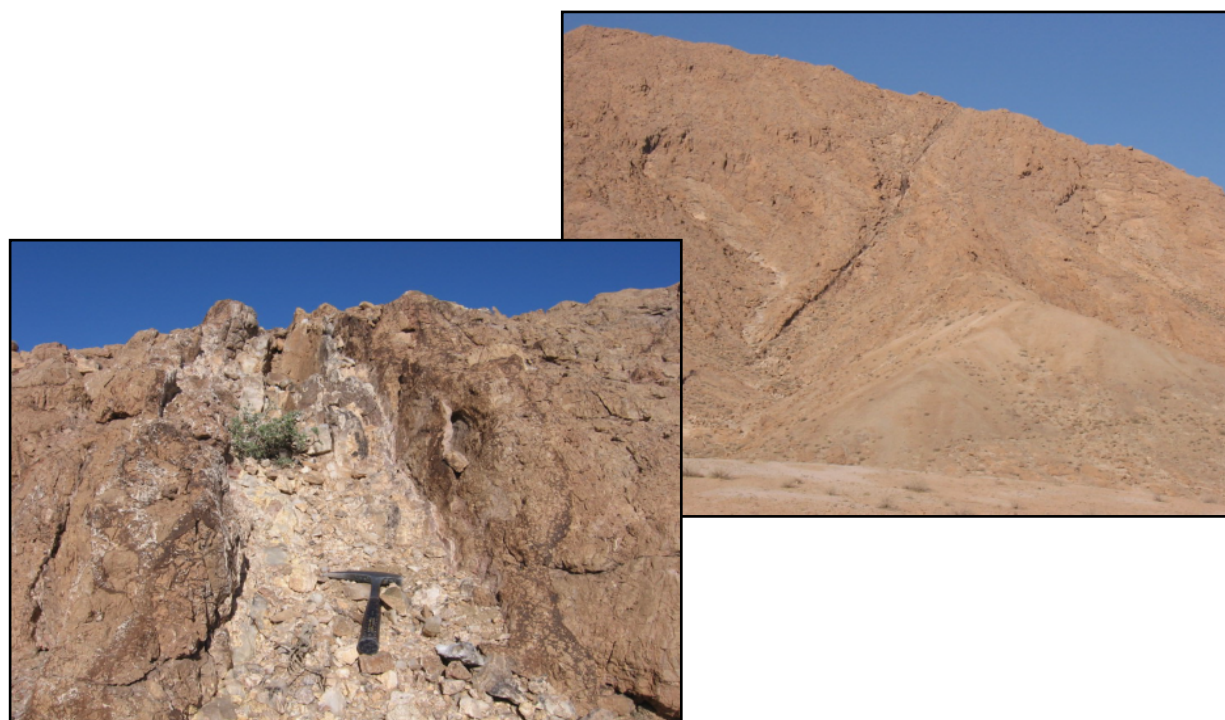
شکل ۲ تصویری از کانده‌زایی فلوریت در تخلخل پرچینی دولومیکرایت‌های سازند شتری (در مقیاس رخنمون و مقطع میکروسکوپی).

ب- کانده‌زایی درونزادی تأخیری: در این مرحله، کانده‌زایی به صورت شکافه‌پرکن در رگه، رگچه و فضاهای خالی سازند شتری تشکیل شده است (شکل ۳). ادامهٔ تنش‌سستی تا کرتاسه، افزایش عمق تدفین، ادامه فرآیند دولومیتی‌شدن که باعث افزایش تخلخل و هجوم آب‌گون‌های کانده‌ساز به سازند شتری شده و بالاخره ماهیت اسیدی شارهایی که شرایط مناسبی را برای نهشت فلوریت آماده ساخته‌اند، باعث تشکیل این نسل از کانده‌زایی در منطقهٔ کمرمهدی شده است.

ج- کانده‌زایی رگه‌ای هم‌روند با گسل‌های معمولی: در این مرحله، کانده‌زایی فلوریت، باریت، و گالن به صورت رگه‌ای و شکافه‌پرکن در راستای گسل‌های معمولی منطقه معدنی تشکیل و تمرکز یافته است. (شکل ۴). گردش شارهای جوی در سازند شتری باعث تحرک دوبارهٔ فلوریت از این سازند و جایگیری آن در راستای گسل‌های معمولی شده است. لازم به یادآوری است که ذخیرهٔ اقتصادی و قابل بهره‌برداری در کمرمهدی، از همین نوع کانده‌زایی است.



شکل ۳ تصویری از کانده‌زایی فلوریت و باریت درونزاد که به صورت شکافه‌پرکن، فضاهای خالی دولومیکرایت‌های سازند شتری را پر کرده‌اند.



شکل ۴ تصویری از کانده‌زایی فلوریت رگه‌ای هم‌روند با گسل‌های معمولی که به صورت شکافه‌پرکن، گسل‌های معمولی واقع در سازند شتری را پر کرده‌اند.

۴- بررسی شاره‌های درگیر

کانی فلوریت یکی از مهم‌ترین کانی‌های شفاف برای بررسی رفتار شاره‌های درگیر است. این کانی در رگه‌های وراگرمایی دمای پایین تا کانسارهای دما بالای گرایزن، اسکارن، پورفیری، و پگماتیت دیده می‌شود [۱۰] و به همین علت به عنوان ابزاری مناسب برای پی‌جویی و بررسی تشکیل انواع کانسارها به کار می‌رود.

بررسی شاره‌های درگیر در این کار پژوهشی در سه مرحله، نمونه‌برداری، سنگ‌شناسی شاره‌های درگیر، و ریزدماسنجی شاره‌های درگیر انجام شده است. در مرحله نمونه‌برداری، ۱۵ نمونه صحرایی از انواع مختلف فلوریت جمع‌آوری شدند که با توجه به کانه‌زایی‌های شناخته شده در منطقه معدنی، ۶ نمونه برای بررسی سنگ‌شناسی شاره‌های درگیر انتخاب شدند. ولی با توجه به ریزدانه بودن فلوریت‌های درون‌زاد اولیه بررسی شاره‌های درگیر در آن میسر نشد و تنها فلوریت‌های درون‌زاد تأخیری و رگه‌ای مورد بررسی قرار گرفتند.

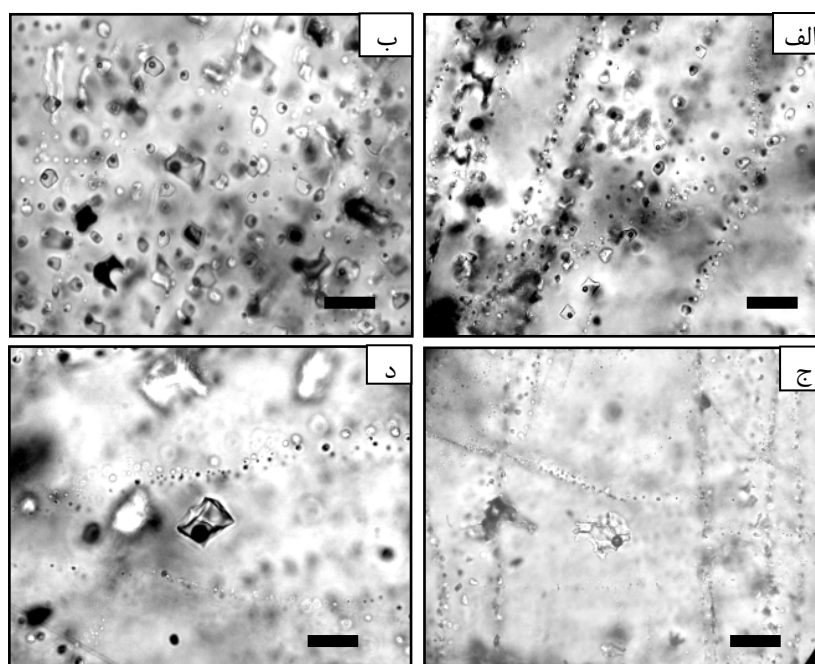
در نمونه‌های بررسی شده کانسار، هر سه نوع شاره اولیه، ثانویه، و ثانویه کاذب وجود دارند که با توجه به اهمیت کمتر شاره‌های ثانویه، بررسی‌های انجام شده بیشتر روی شاره‌های اولیه و ثانویه کاذب متمرکز شده‌اند. بررسی‌های میکروترمومتری با استفاده از لینکام (Linkam)، مدل HFS با کنترل‌کننده گرمایی TMS92 در دانشگاه تربیت مدرس انجام

گرفته است. هدف از انجام بررسی‌های ریزدماسنجی، تعیین دمای ذوب آخرین قطعه یخ ($T_{Last\ Ice\ Melting}$) و دمای همگن شدن شاره‌های درگیر بوده است. همسنجی دستگاه با استفاده از دی‌کرومات پتاسیم، اسید بنزوئیک، آب مقطر و کلروفرم انجام شد.

الف) مطالعه شاره‌های درگیر در فلوریت نوع درون‌زاد تأخیری

بررسی‌های سنگ‌شناسی شاره‌های درگیر فلوریت‌های درون‌زادی نشان می‌دهد که شاره‌های درگیر فلوریت از نظر شکل ظاهری، بیشتر نامنظم، کروی، میله‌ای، و اشکال منفی بلوری (negative crystal) هستند. اندازه این شاره‌ها ۵ تا ۳۰ میکرون است. بیشتر شاره‌های درگیر مورد مطالعه، دو فازی ($L+V$) غنی از آب‌گوند و میزان فاز آبگون این شاره‌ها از ۷۰ تا ۹۰ درصد تغییر می‌کند (شکل ۵).

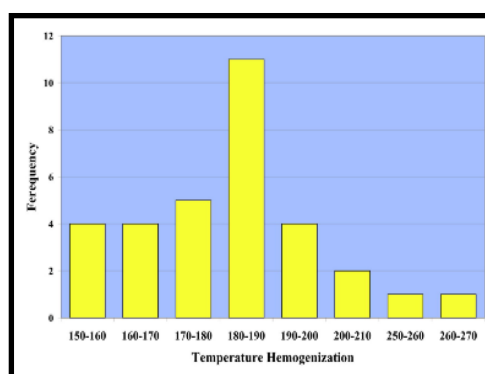
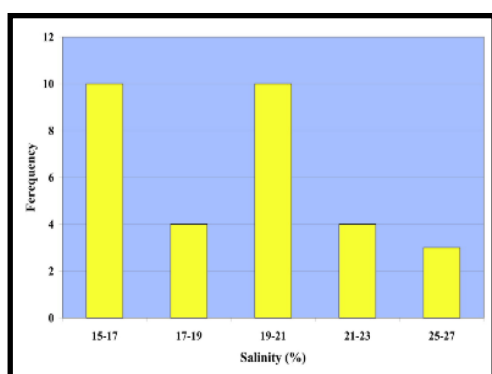
بررسی‌های ریزدماسنجی نمونه‌های فلوریت وابسته به کانه‌زایی درون‌زاد تأخیری، نشان می‌دهد که درجه شوری و دمای همگن‌شدن شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی به ترتیب بین ۱۵ تا ۲۶ درصد وزنی معادل NaCl و ۱۵۰ تا ۲۷۰ درجه سانتی‌گراد متغیرند (جدول ۱). بر پایه این بررسی‌ها، بیشترین فراوانی درجه شوری و دمای همگن‌شدن شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی، بین ۱۵ تا ۲۱ درصد وزنی معادل NaCl و ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۶).



شکل ۵ تصویری از شاره‌های درگیر در نمونه‌های فلوریت کانسار کمرمهدی (الف و ب): شاره‌های درگیر ثانویه در فلوریت رگه‌ای، (ج): شاره‌های درگیر اولیه در فلوریت درون‌زاد، (د): شاره‌های درگیر اولیه در فلوریت رگه‌ای (هر واحد مقیاس در تصویر نشانگر ۲۰ میکرون است).

جدول ۱ نتایج بررسی‌های شاره‌های درگیر در نمونه‌های فلوریت درون‌زاد تاقدیس خاوری منطقه کرم‌مهدی.

Sample No.	Size (Micron)	L (%)	V (%)	T _{m(ice)}	T _h	Salinity (wt% NaCl equivalent)
۱	۱۰	۷۵	۲۵	-۲۰	۱۸۰	۲۲٫۴
۲	۱۴	۷۰	۳۰	-۲۵	۱۹۰	۲۶
۳	۸	۸۰	۲۰	-۲۴	۱۷۰	۲۵٫۵
۴	۶	۸۰	۲۰	-۲۵	۱۶۵	۲۶
۵	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۲	۱۶۰	۱۶
۶	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۳	۱۸۰	۱۶٫۹
۷	۱۴	۸۰	۲۰	-۱۹	۱۸۰	۲۱٫۷
۸	۸	۸۰	۲۰	-۱۹	۱۷۴	۲۱٫۷
۹	۱۲	۸۰	۲۰	-۱۴	۱۸۰	۱۷٫۸
۱۰	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۶	۱۶۵	۱۹٫۵
۱۱	۷	۹۰	۱۰	-۱۱	۱۵۰	۱۵
۱۲	۵	۹۰	۱۰	-۱۱	۱۵۰	۱۵
۱۳	۲۰	۸۰	۲۰	-۱۳	۱۶۰	۱۶٫۹
۱۴	۲۰	۸۰	۲۰	-۱۴	۱۸۵	۱۷٫۸
۱۵	۲۵	۷۵	۲۵	-۱۶	۱۹۰	۱۹٫۵
۱۶	۱۵	۷۰	۳۰	-۱۹	۲۷۰	۲۱٫۷
۱۷	۱۵	۷۵	۲۵	-۱۷	۲۰۸	۲۰٫۲
۱۸	۱۰	۷۵	۲۵	-۱۷	۲۰۹	۲۰٫۲
۱۹	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۷	۱۹۰	۲۰٫۲
۲۰	۲۰	۶۰	۴۰	-۱۳	۱۷۰	۱۶٫۹
۲۱	۱۵	۸۰	۲۰	-۱۲	۱۹۰	۱۶
۲۲	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۲	۱۹۰	۱۶
۲۳	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۲	۱۸۵	۱۶
۲۴	۱۵	۸۰	۲۰	-۱۲	۱۸۵	۱۶
۲۵	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۶	۱۹۵	۱۹٫۵
۲۶	۵	۸۰	۲۰	-۱۵	۱۸۸	۱۸٫۶
۲۷	۵	۸۰	۲۰	-۱۵	۱۹۰	۱۸٫۶
۲۸	۵	۸۰	۲۰	-۱۵	۱۹۰	۱۸٫۶
۲۹	۱۵	۷۰	۳۰	-۱۸	۲۵۷	۲۱
۳۰	۵	۸۰	۲۰	-۱۶	۱۹۳	۱۹٫۵
۳۱	۵	۸۰	۲۰	-۱۶	۱۹۳	۱۹٫۵
۳۲	۵	۸۰	۲۰	-۱۶	۱۹۳	۱۹٫۵



شکل ۶ فراوانی دمای همگن شدن و شوری شاره‌های درگیر فلوریت‌های نوع درون‌زاد در کانسار فلوریت کرم‌مهدی.

کروی، میله‌ای و شکل‌های منفی بلوری (negative crystal) هستند. اندازه این شاره‌ها ۵ تا ۱۰۰ میکرون است. این شاره‌ها بیشتر به صورت دو فازی (L+V) غنی از آب‌گوند و میزان فاز آب‌گون آنها از ۶۰ تا ۸۵ درصد تغییر می‌کند (شکل ۵).

ب) بررسی شاره‌های درگیر در فلوریت نوع رگه‌ای همروند با گسل‌های معمولی

بررسی‌های سنگ‌شناختی شاره‌های درگیر فلوریت‌های رگه‌ای نشان می‌دهد که بیشتر این شاره‌ها از لحاظ شکل ظاهری

برپایه این بررسی‌ها بیشترین درجه شوری شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی در دو گستره شوری ۳ تا ۷ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و ۱۵ تا ۱۷ درصد وزنی هم‌ارز NaCl، و دمای هم‌گن‌شدن نیز در دو گستره ۱۴۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۷).

هنگام نهشت فلوریت، شاره اولیه در حال جوشش بوده است و این جوشش در اثر کاهش فشار طبقات بالایی رخ داده است، و افزایش دما را نمی‌توان به عنوان عامل جوشش در نظر گرفت، زیرا دمای هم‌گن‌شدن شاره‌های درگیر فلوریت رگه‌ای کمتر از شاره‌های درگیر فلوریت درون‌زادی است.

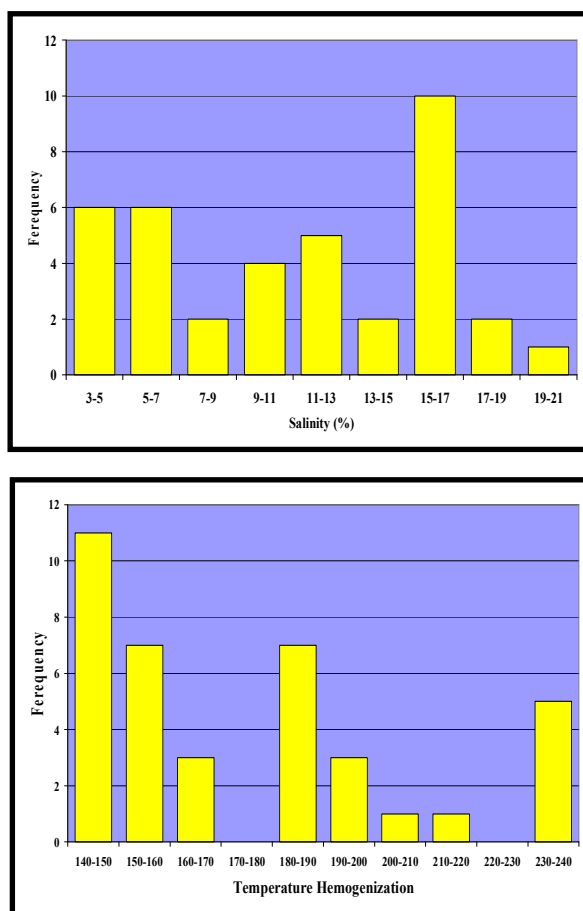
بررسی‌های ریزدماسنجی نمونه‌های فلوریت وابسته به کانه‌زایی رگه‌ای نشان می‌دهد که این شاره‌های درگیر رفتار دوگانه دارند.

الف- شاره‌هایی که هنگام هم‌گن‌شدن به صورت فاز آبگون هم‌گن می‌شوند، و درجه شوری آنها ۶/۵ تا ۲۰/۲ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و دمای هم‌گن‌شدن ۱۴۰ تا ۲۳۷ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۲).

ب- شاره‌هایی که هنگام هم‌گن‌شدن به صورت فاز بخاری هم‌گن می‌شوند، و درجه شوری آنها ۳/۴ تا ۶/۵ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و دمای هم‌گن‌شدن ۱۴۰ تا ۱۵۷ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۲).

جدول ۲ نتایج بررسی‌های شاره‌های درگیر نمونه‌های فلوریت رگه‌ای از تاقدیس اصلی منطقه کمرمهدی.

Sample No.	Size (Micron)	L (%)	V (%)	T _{m(ice)}	T _h	Salinity (wt% NaCl equivalent)
۱	۲۵	۸۰	۲۰	-۵	۱۴۳	۷/۹
۲	۳۰	۷۰	۳۰	-۱۰	۱۹۲	۱۳/۹
۳	۲۰	۸۰	۲۰	-۸	۱۵۴	۱۱/۷
۴	۱۵	۸۵	۱۵	-۹	۱۴۶	۱۲/۹
۵	۲۵	۶۰	۴۰	-۱۲	۲۳۷	۱۶
۶	۲۰	۶۰	۴۰	-۱۲	۲۳۷	۱۶
۷	۱۵	۷۰	۳۰	-۱۳	۱۵۴	۱۶/۹
۸	۱۵	۷۰	۳۰	-۱۲	۱۴۰	۱۶
۹	۱۵	۷۰	۳۰	-۱۳	۱۴۰	۱۶/۹
۱۰	۲۰	۶۰	۴۰	-۱۳	۲۳۷	۱۶/۹
۱۱	۲۰	۶۰	۴۰	-۱۳	۲۳۷	۱۶/۹
۱۲	۵۰	۸۰	۲۰	-۴	۱۵۰	۶/۵
۱۳	۴۰	۸۰	۲۰	-۶	۱۶۰	۹/۲
۱۴	۴۰	۸۰	۲۰	-۷	۱۵۸	۱۰/۵
۱۵	۸۰	۷۵	۲۵	-۱۳	۱۸۵	۱۶/۹
۱۶	۳۰	۷۰	۳۰	-۱۳	۱۹۰	۱۶/۹
۱۷	۱۰۰	۸۰	۲۰	-۸	۱۸۵	۱۱/۷
۱۸	۲۵	۶۰	۴۰	-۱۰	۲۱۶	۱۳/۹
۱۹	۲۵	۶۰	۴۰	-۱۴	۲۳۷	۱۷/۸
۲۰	۳۰	۸۰	۲۰	-۱۷	۱۹۰	۲۰/۲
۲۱	۲۰	۶۰	۴۰	-۸	۲۰۵	۱۱/۷
۲۲	۳۰	۸۰	۲۰	-۷	۱۸۵	۱۰/۵
۲۳	۲۰	۶۵	۳۵	-۳	۱۶۵	۵
۲۴	۲۰	۶۵	۳۵	-۷	۱۵۳	۱۰/۵
۲۵	۲۰	۶۰	۴۰	-۴	۱۴۰	۶/۵
۲۶	۲۰	۶۰	۴۰	-۴	۱۴۰	۶/۵
۲۷	۲۰	۶۰	۴۰	-۴	۱۴۰	۶/۵
۲۸	۱۰	۸۵	۱۵	-۱۲	۱۷۰	۱۶
۲۹	۱۰	۸۰	۲۰	-۱۴	۱۶۵	۱۷/۸
۳۰	۱۰	۸۰	۲۰	-۲	۱۵۷	۳/۴
۳۱	۱۰	۸۰	۲۰	-۲	۱۴۳	۳/۴
۳۲	۱۵	۸۰	۲۰	-۲	۱۴۵	۳/۴
۳۳	۵	۸۰	۲۰	-۲	۱۵۰	۳/۴
۳۴	۱۰	۸۰	۲۰	-۲	۱۵۷	۳/۴
۳۵	۱۰	۸۰	۲۰	-۵	۱۸۵	۷/۹
۳۶	۱۰	۸۰	۲۰	-۴	۱۹۲	۶/۵
۳۷	۱۰	۸۵	۱۵	-۷/۵	۱۹۵	۱۱/۱
۳۸	۸	۸۰	۲۰	-۴	۱۸۳	۶/۵



شکل ۷ فراوانی دمای همگن‌شدن و شوری شاره‌های درگیر فلوریت‌های نوع رگه‌ای در کانسار فلوریت کرممهدی.

ج) مقایسه شاره‌های درگیر نوع درونزادی و رگه‌ای در کانسار فلوریت کرممهدی و دیگر کانسارهای فلوریت ایران

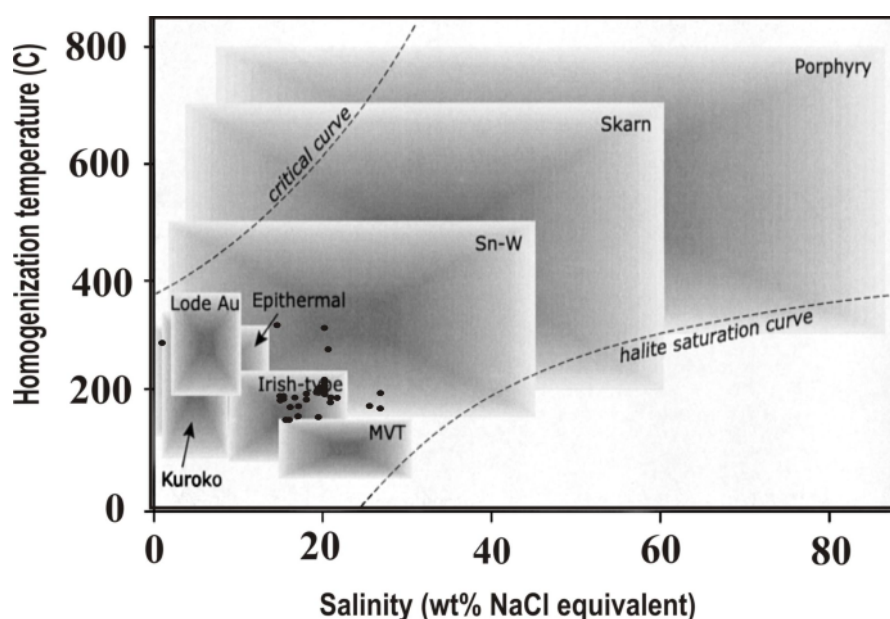
بررسی شاره‌های درگیر در نمونه‌هایی از فلوریت نوع درونزادی در کانسار کرممهدی و مقایسه آن با فلوریت نوع رگه‌ای در این کانسار، نشان می‌دهد که شاره‌های درگیر در فلوریت نوع درونزادی در مقایسه با شاره‌های درگیر در نوع رگه‌ای از درجه شوری و دمای همگن‌شدن بیشتری برخوردارند (شکل ۸) (جدول ۳). بررسی‌های پیشین در زمینه شاره‌های درگیر فلوریت در کانسار کرممهدی که، صرفاً بر روی فلوریت نوع رگه‌ای متمرکز شده‌اند نیز نشان می‌دهد که این شاره‌ها از درجه شوری و دمای همگن‌شدن کمتری نسبت به شاره‌های درگیر نوع درونزادی برخوردارند [۸، ۱۱، ۱۲، ۱۳].

این واقعیت نشان می‌دهد که فرض شاره‌های گرمایی وابسته به توده آذرین، به عنوان شاره مسئول کانه‌زایی نوع

روزادی پس از تشکیل سازند شتری، نمی‌توانسته‌اند نقشی در کانه‌زایی داشته باشند، به این دلیل اگر فرایندهای گرمایی وابسته به توده آذرین به صورت روزادی عمل کرده باشند، طبعاً باید دمای همگن‌شدن نوع رگه‌ای بسیار بالاتر از نوع درونزاد فلوریت باشد که به صورت شکافه‌پرکن در سازند شتری برونزده‌اند، در حالی که چنین پدیده‌ای در داده‌های موجود مشاهده نمی‌شود. لذا وجود فعالیت گرمایی وابسته به توده آذرین، که موجب کانه‌زایی روزادی شده باشد [۸]، با واقعیت داده‌ها همخوانی ندارد و لذا با استفاده از این داده‌ها و مقایسه آن با درجه شوری و دمای همگن‌شدن کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در کانسار فلوریت کرممهدی می‌تواند در ارتباط با سازند شتری بوده و از کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی است.

فلوریت نوع درونزاد یاد شده است (جدول ۳). از طرف دیگر برخی از کانسارها، که تحت عنوان کانسارهای فلوریت گرمایی وابسته به توده آذرین نام برده می‌شوند، نیز دارای همین دو گستره شوری و دمای همگن شدن هستند، در حالیکه شارهای موجود در فلوریت نوع رگه‌ای از درجه شوری و دمای همگن شدن پایین‌تری برخوردارند [۱۴، ۱۵].

مقایسه نتایج شارهای درگیر کانسار فلوریت کمرمهدی با دیگر کانسارهای فلوریت در ایران، که از آنها تحت عنوان کانسارهای فلوریت ته‌نشستی- درونزادی نام برده می‌شود، نشان می‌دهد که شارهای درگیر این کانسارها نیز دو گستره شوری و دمای همگن شدن را نشان می‌دهند، به نحوی که درجه شوری و دمای همگن شدن فلوریت نوع رگه‌ای کمتر از



شکل ۸ تعیین نوع کانسار بر پایه درجه شوری و دمای همگن شدن فلوریت‌های کانسار کمرمهدی بر روی نمودار (Wilkinson, 2001)، [۱۶].

جدول ۳ مقایسه دمای همگن شدن و درجه شوری شارهای درگیر در دو نوع کانه‌زایی درونزاد و رگه‌ای در برخی از کانسارهای فلوریت البرز و ایران مرکزی.

منبع	شوری (درصد وزنی معادل NaCl)	دمای همگن شدن (درجه سانتی-گراد)	نوع کانه‌زایی	منطقه معدنی
شریعتمدار (۱۳۷۷)، [۱۷]	۲۵ - ۳۳	۱۶۰ - ۱۹۰	دیاژنتیک	کانسار فلوریت شش‌رودبار
	۲۰ - ۲۴	۱۳۰ - ۱۴۰	رگه‌ای	
رستمی‌پایدار (۱۳۸۰)، [۳]	۲۰ - ۳۳	۱۸۰ - ۲۴۰	دیاژنتیک	کانسار فلوریت تویه‌دروار
	۲۰ - ۲۴	۱۳۰ - ۱۵۰	رگه‌ای	
پیروزی (۱۳۸۵)	۱۵ - ۲۶	۱۵۰ - ۲۷۰	دیاژنتیک	کانسار فلوریت کمرمهدی
	۳/۴ - ۲۰/۲	۱۴۰ - ۲۳۷	رگه‌ای	
	۰ - ۳/۶۹	۷۰ - ۱۵۰		
	۰/۷ - ۳/۷	۱۱۵ - ۱۲۵		
صادقی (۱۳۷۴)، [۸]				
Moore et al. (1998), [13]				
قشلاقی (۱۳۸۵)، [۹]	۹ - ۳۶	۸۵ - ۲۳۵	جانشینی	کانسار فلوریت پیناوند
	۳ - ۳۰	۶۵ - ۱۱۵	رگه‌ای	

بحث و برداشت

کانسار فلوریت کرم‌مهدی از جمله مهمترین معادن فلوریت ایران به شمار می‌رود. بررسی‌های پیشین، کانه‌زایی فلوریت را به مراحل میانی تا نهایی یک گرماب، در ارتباط با یک توده نفوذی فلسیک می‌داند [۸]. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که کانه‌زایی روزاد فلوریت در ناحیه کرم‌مهدی ناشی از عملکرد سیستم گرمایی با دمای پایین است که به علت مناسب بودن شرایط سازند شتری در درزه‌ها و شکاف‌های آن، و تماس آبگون کانه‌دار با سنگ دیواره آهکی- دولومیتی و افزایش pH محلول از شرایط اسیدی، باعث ته‌نشست فلوریت در منطقه معدنی شده است [۳].

بررسی‌های شاره‌های درگیر فلوریت نوع درونزاد کانسار کرم‌مهدی و مقایسه آن با فلوریت نوع رگه‌ای در این کانسار نشان، می‌دهد که شاره‌های درگیر فلوریت نوع درونزاد در مقایسه با شاره‌های درگیر نوع رگه‌ای از درجه شوری و دمای همگن شدن بیشتری برخوردارند. این واقعیت نشان می‌دهد که فرایندهای گرمایی وابسته به توده آذرین نمی‌توانستند به عنوان فرایندهای کانه‌ساز در انبوهه گسلی فلوریت نقش داشته باشند، زیرا در این صورت می‌بایستی دمای همگن شدن انبوهه گسلی فلوریت بسیار بالاتر از انواع فلوریت درونزاد باشد. از طرف دیگر موقعیت داده‌های شاره‌های درگیر کانسار فلوریت کرم‌مهدی در نمودار Wilkinson نشان می‌دهد که فلوریت‌های کانسار کرم‌مهدی با فلوریت‌های نوع دره می‌سی‌سی‌پی بیشترین شباهت را دارند (شکل ۷) [۱۶]. علاوه بر موارد بالا، نوع، سن، و محیط تشکیل سنگ درونگیر، محیط زمین‌ساختی کانسار، بافت و ساخت، و پاراژنز ماده معدنی از جمله مواردی هستند که نشان می‌دهد این کانسار در ارتباط با سازند شتری و از کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی است.

مراجع

- [1] Miller, M., 2005, "U.S. Geological survey minerals yearbook- Fluorspar", U.S. Geological Survey.
- [2] Weber, L., Zsak, G., "World mining data", Federal Ministry for Economy and Labour of the Republic of Austria, Vienna (2006)

- [۳] رستمی‌پایدار، ق.، "آنالیز رخساره، ژئوشیمی و ژنر کانسار میلاکوه-تویه در سازند سلطانیه"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌مدرس (۱۳۸۱).
- [۴] آقاناتی، ا.، حقی‌پور، ا.، "نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طبس"، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۵۳).
- [۵] نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ منطقه کرم‌مهدی، شرکت تولیدی معدنی فلوراسپار (۱۳۵۷).
- [6] Senowbari-Daryan, B., "Micropaleontology of limestone beds within the Shotori dolomite (Triassic) of Kuh-e Nayband", Tabas area, east-central Iran", Facies 48 (2003) 115-126.
- [۷] نعیمی، ق.، "بررسی زمین‌شناسی، زمین‌ساختی و الگوی ساختاری اقلیم زمین‌ساختی بلوک طبس بر اساس نرخ فرونشست"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور، ۳۱۰ ص (۱۳۷۷).
- [۸] صادقی‌بجد، م.، "منشأ کانه‌زایی سرب در سازند شتری طبس، خراسان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز (۱۳۷۳).
- [9] Dunsmore H.E., Shearman D.J., "Mississippi Valley Type lead-zinc ore bodies, A sedimentary and diagenetic origin", Proc. forum on oil and ore in sediment, Imperial College, London (1977) 189-205.
- [10] Eppinger R.G., Closs L.G., "Variation of trace elements and REE in fluorite: a possible tool for exploration", Economic Geology 85 (1990) 1896-1907.
- [۱۱] جمی، م.، هاشمی‌تنگستانی، م.، "عناصر نادر خاکی و میانبارهای سیال در فلوریت‌های سفید، سبز و بنفش ناحیه کرم‌مهدی طبس"، مجموعه مقالات دومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، ص ۱۳۴-۱۳۷ (۱۳۷۴).
- [۱۲] صادقی‌بجد، م.، "مطالعه ویژگی‌های فیزیکی- شیمیایی سیالات کانه‌ساز در کانی فلوریت معدن کرم‌مهدی"، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ص ۱۵۵-۱۶۴ (۱۳۷۴).
- [13] Moore F., Sadeghi M., Jami M., "Physico-chemical characteristics of mineralizing fluids at

کانی‌شناسی ایران، شماره ۲، ص ۳۲۵-۳۳۸ (۱۳۸۵).

[16] Wilkinson J.J., "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", *Lithos* 55 (2001) 229-272.

[۱۷] شریعتمدار، ا.، "بررسی زمین‌شناسی و ژنز کانسار فلوریت شش‌رودبار سوادکوه مازندران بر اساس داده‌های حاصل از مطالعه آنالیز رخساره‌ای، ژئوشیمی و سیالات درگیر"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس (۱۳۷۱).

"the Kamar-Mehdi mine, Tabas region, Iran", *Journal Science I.R. Iran* 9 (1998) 245-253.

[۱۴] قشلاقی، ا.، "زمین‌شیمی و زایش معادن فلوریت پیناوند در شمال‌خاوری اصفهان"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز (۱۳۸۱).

[۱۵] مر، ف.، قشلاقی، ا.، "تشخیص نحوه رخداد و مراحل تشکیل معادن فلوریت پیناوند بر اساس داده‌های زمین دماسنجی و عناصر نادر خاکی"، مجله بلورشناسی و