IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 1, Spring 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

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 dolomicrites; 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 Mississipy Valley Type deposit.

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

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۸۸، از صفحهٔ ۸۳ تا ۹۴

انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران

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 پهنهٔ ایران مرکزی واقع شده است. این کانسار از ۵ پیکرهٔ معدنی چینه‌کران (stratabound) تشکیل شده که همهٔ آنها در سنگ‌های کربناته سازند شتری قرار دارند. قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه، سنگ‌های دولومیتی سازند شتری مربوط به تریاس است که در هستهٔ 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 پایهٔ مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی، سه نوع کانه‌زایی در منطقهٔ 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 درجهٔ 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. مقایسهٔ شاره‌های درگیر در دو نوع کانه‌زایی یاد شده نشان می‌دهد که شاره‌های درگیر نوع درون‌زادی از درجهٔ 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 درهٔ می‌سی‌سی‌پی، کمرمهدی، ایران.*

۱- مقدمه

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

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

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 پیکرهٔ معدنی تشکیل شده است که مساحتی در حدود ۹۰ کیلومتر مربع را در بر می‌گیرد. تمامی رخدادهای 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 هستهٔ تاقدیس کمرمهدی رخنمون دارند. راستای محور این تاقدیس، تقریباً شمالی - جنوبی است و گسل‌های معمولی خاوری – باختری، تاقدیس 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 منطقهٔ 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 منطقهٔ معدنی به طور تقریبی ۴۰۰ متر است.

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

بررسی‌های صحرایی و مشاهدات میکروسکوپی در این کار پژوهشی، لیتولوژی سازند شتری را در منطقهٔ 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 منطقهٔ مورد بررسی، پیرامون تاقدیس کمرمهدی رخنمون دارد. این سازند در سمت باختری تاقدیس به صورت گسله در زیر سازند شتری و در سمت خاوری تاقدیس به صورت ناپیوستگی هم‌شیب بر سازند شتری قرار گرفته است. سطح بالایی سازند شتری کارستی بوده و یک زون لاتریتی در قاعدهٔ 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 کوارتزیتی، که در منطقه کمتر رخنمون دارند، در پهنه‌های آبرفتی خاور و جنوب هستهٔ تاقدیس مشاهده می‌شوند. شیل‌های تیره‌رنگ و زغال‌دار سازند هجدک، در باختر تاقدیس کمرمهدی، روی سازند بادامو قرار گرفته است. سازند بغمشاه، بالاترین واحد چینه‌شناختی منطقهٔ معدنی است (شکل ۱). ته‌نشست‌های آبرفتی کواترنری بخش بزرگی از بخش‌های باختر و خاوری تاقدیس را می‌پوشانند. در منطقهٔ معدنی، هیچگونه اثری از تودهٔ نفوذی یا آتشفشانی مشاهده نشده است.

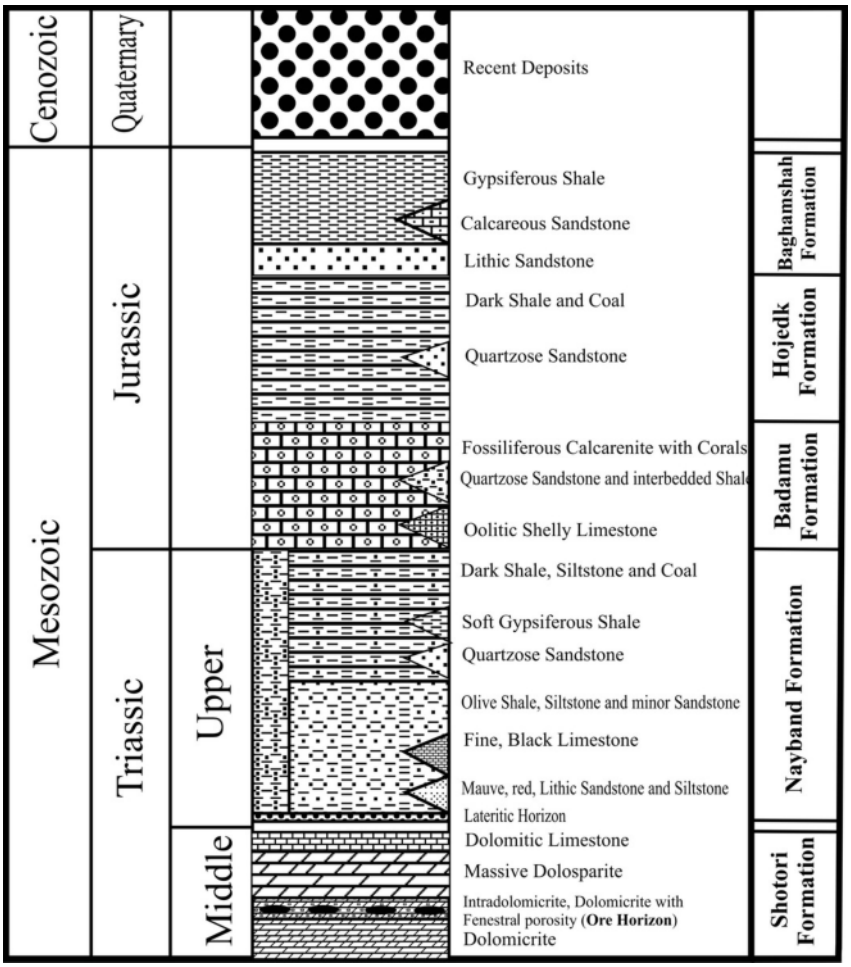
بر اساس بررسی‌های انجام شده، سنگ‌های رخنمون‌یافتهٔ منطقهٔ معدنی، در یک حوضهٔ کششی طی حرکت‌های سیمرین پیشین، نهشته شده‌اند. این حوضه از نوع درون‌قاره‌ای و کم‌عمق بوده و دستخوش فرونشست مداوم شده است [۷]. زمین‌ساخت کششی باعث شده تا منطقه به‌طور کلی چهرهٔ بالاراندگی و فروافتادگی داشته باشد که معدن کمرمهدی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

۳- کانه‌زایی

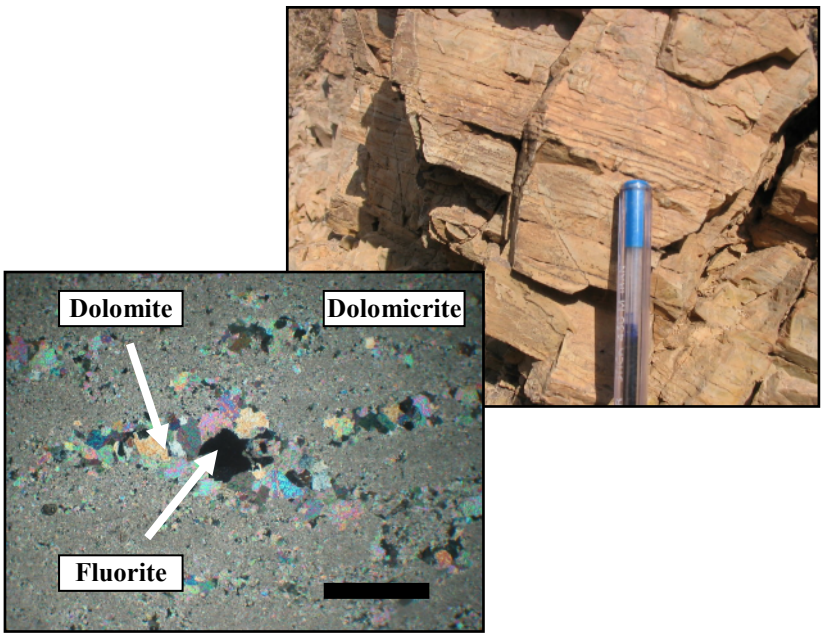
بر اساس بررسی‌های صحرایی، بررسی‌های آزمایشگاهی، و میکروسکوپی، کانه‌زایی فلوریت را می‌توان بر پایه شواهد زمین‌شناختی و ساختاری به سه نوع متفاوت تقسیم کرد:

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 شبکهٔ 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 مرحلهٔ غنی‌شدگی شاره نسبت به عناصر بالا رخ داده است [۹]. این نوع کانه‌زایی در مراحل اولیه درونزادی رخ می‌دهد.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]



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

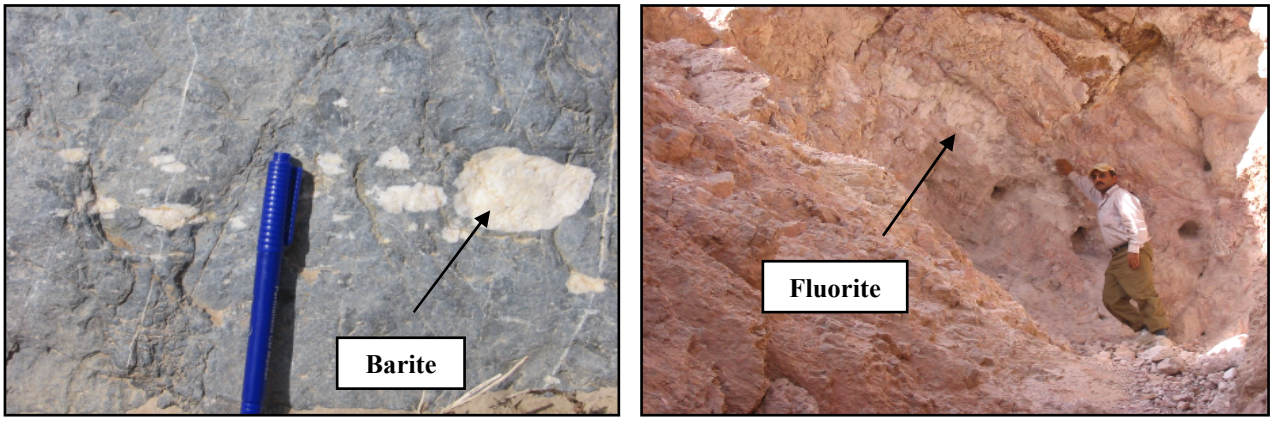


شکل ۲ تصویری از کانه‌زایی فلوریت در تخلخل پرچینی دولومیکرایت‌های سازند شتری (در مقیاس رخنمون و مقطع میکروسکوپی).

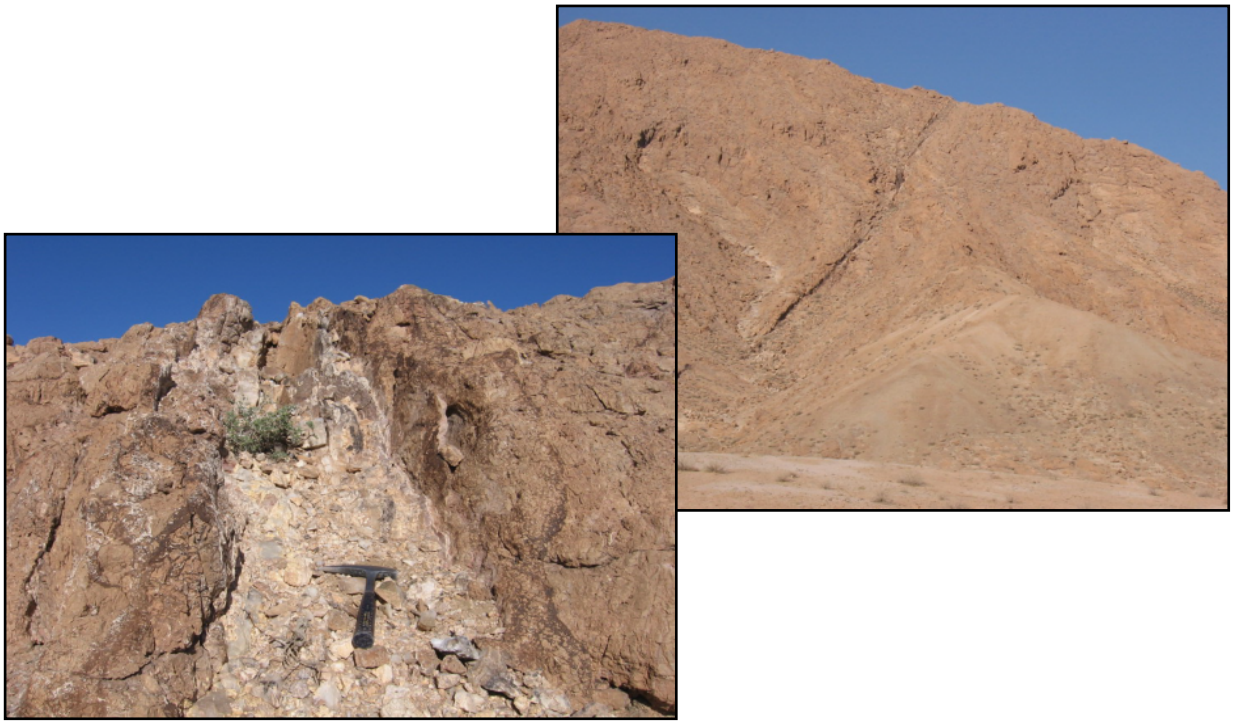
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

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

ج- کانه‌زایی رگه‌ای هم‌روند با گسل‌های معمولی: در این مرحله، کانه‌زایی فلوریت، باریت، و گالن به صورت رگه‌ای و شکافه‌پرکن در راستای گسل‌های معمولی منطقه معدنی تشکیل و تمرکز یافته است. (شکل ۴). گردش شاره‌های 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 کانه‌زایی است.



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



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

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

۴- بررسی شاره‌های درگیر

کانی فلوریت یکی از مهم‌ترین کانی‌های شفاف برای بررسی رفتار شاره‌های‌درگیر 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.

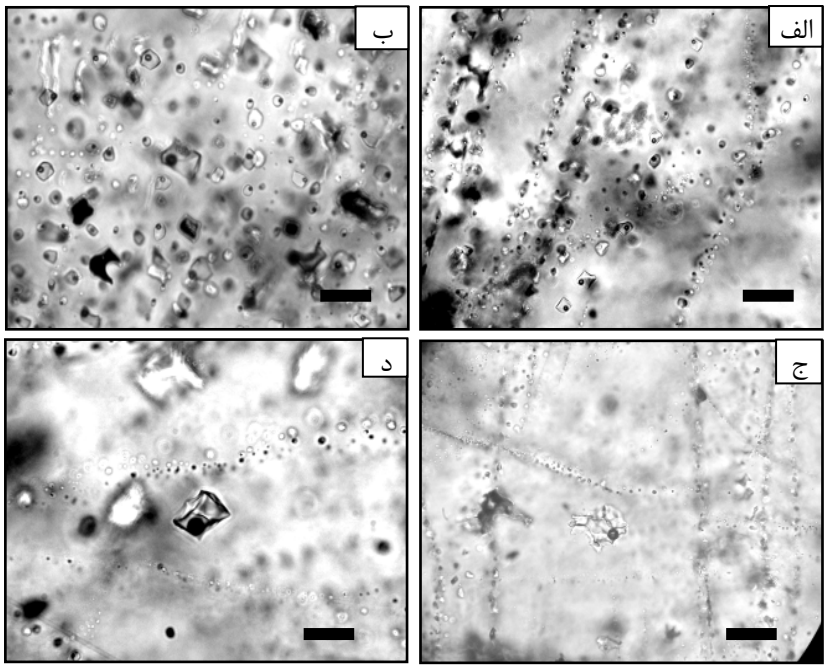
بررسی شاره‌های‌درگیر در این کار پژوهشی در سه مرحله، نمونه‌برداری، سنگ‌شناسی شاره‌های درگیر، و ریزدماسنجی شاره‌های درگیر انجام شده است. در مرحلهٔ نمونه‌برداری، ۱۵ نمونه صحرایی از انواع مختلف فلوریت جمع‌آوری شدند که با توجه به کانه‌زایی‌های شناخته شده در منطقهٔ معدنی، ۶ نمونه برای بررسی سنگ‌شناسی شاره‌های 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 شدهٔ کانسار، هر سه نوع شارهٔ اولیه، ثانویه، و ثانویهٔ 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 کنترل‌کنندهٔ 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. اندازهٔ این شاره‌ها ۵ تا ۳۰ میکرون است. بیشتر شاره‌های درگیر مورد مطالعه، دو فازی (L+V) غنی از آبگونند 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 درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی به‌ترتیب بین ۱۵ تا ۲۶ درصد وزنی معادل NaCl و ۱۵۰ تا ۲۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد متغیرند (جدول ۱). بر پایهٔ این بررسی-ها، بیشترین فراوانی درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی، بین ۱۵ تا ۲۱ درصد وزنی معادل NaCl و ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجهٔ سانتیگراد است (شکل ۶).

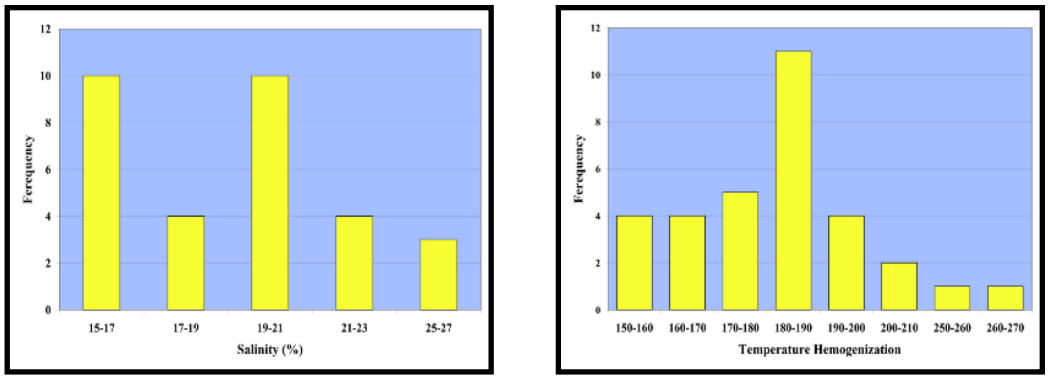


شکل ۵ تصویری از شاره‌های درگیر در نمونه‌های فلوریت کانسار کمرمهدی (الف و ب): شاره‌های درگیر ثانویه در فلوریت رگه‌ای، (ج): شاره‌های درگیر اولیه در فلوریت درونزاد، (د): شاره‌های درگیر اولیه در فلوریت رگه‌ای (هر واحد مقیاس در تصویر نشانگر ۲۰ میکرون است).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

جدول ۱ نتایج بررسی‌های شاره‌های درگیر در نمونه‌های فلوریت درونزاد تاقدیس خاوری منطقهٔ کمرمهدی.

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



شکل۶ فراوانی دمای همگن شدن و شوری شاره‌های درگیر فلوریت‌های نوع درونزاد در کانسار فلوریت کمرمهدی.

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

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

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 درجهٔ 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 درجهٔ شوری آنها ۳٫۴ تا ۶٫۵ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و دمای همگن‌شدن ۱۴۰ تا ۱۵۷ درجه سانتی‌گراد است (جدول ۲).

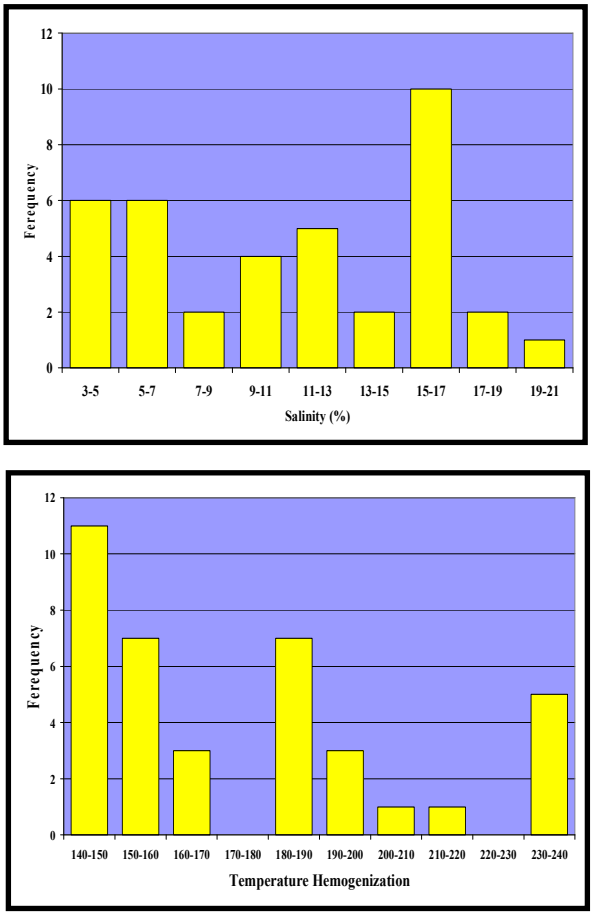
برپایهٔ این بررسی‌ها بیشترین درجهٔ شوری شاره‌های درگیر در این نوع کانه‌زایی در دو گسترهٔ شوری ۳ تا ۷ درصد وزنی هم‌ارز NaCl و ۱۵ تا ۱۷ درصد وزنی هم‌ارز NaCl، و دمای همگن‌شدن نیز در دو گسترهٔ ۱۴۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد و ۱۸۰ تا ۱۹۰ درجه سانتی‌گراد است (شکل ۷).

هنگام نهشت فلوریت، شارهٔ 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.

جدول ۲ نتایج بررسی‌های شاره‌های درگیر نمونه‌های فلوریت رگه‌ای از تاقدیس اصلی منطقهٔ 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

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]



شکل۷ فراوانی دمای همگن‌شدن و شوری شاره‌های درگیر فلوریت‌های نوع رگه‌ای در کانسار فلوریت کمرمهدی.

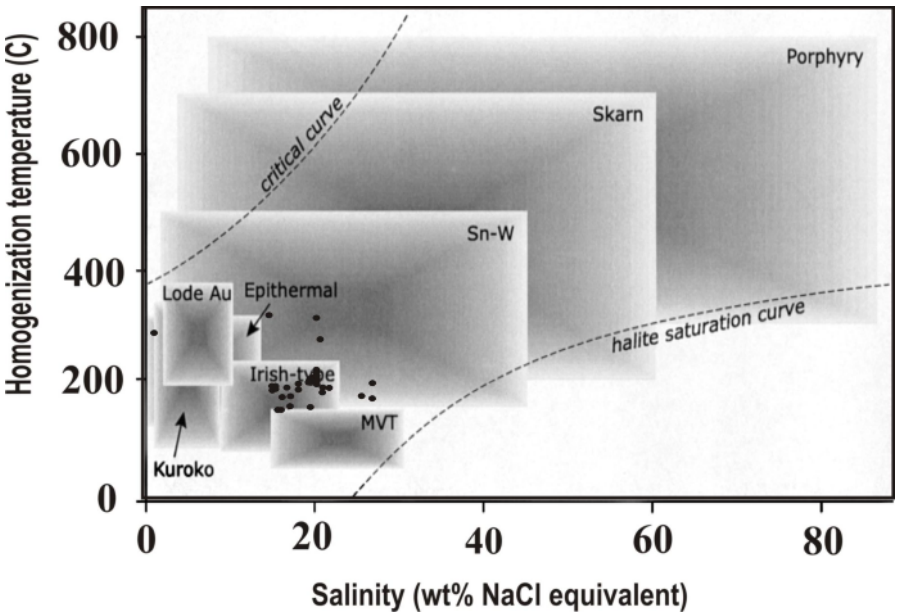
ج) مقایسهٔ شاره‌های درگیر نوع درونزادی و رگه‌ای در کانسار فلوریت کمرمهدی و دیگر کانسارهای فلوریت ایران

بررسی شاره‌های درگیر در نمونه‌هایی از فلوریت نوع درونزادی در کانسار کمرمهدی و مقایسهٔ 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 زمینهٔ شاره‌های درگیر فلوریت در کانسار کمرمهدی که، صرفاً بر روی فلوریت نوع رگه‌ای متمرکز شده‌اند نیز نشان می‌دهد که این شاره‌ها از درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن کمتری نسبت به شاره‌های درگیر نوع درونزادی برخوردارند [۸، ۱۱، ۱۲، ۱۳].

این واقعیت نشان می‌دهد که فرض شاره‌های گرمابی وابسته به تودهٔ آذرین، به عنوان شارهٔ مسئول کانه‌زایی نوع روزادی پس از تشکیل سازند شتری، نمی‌توانسته‌اند نقشی در کانه‌زایی داشته باشند، به این دلیل اگر فرایندهای گرمابی وابسته به تودهٔ 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 گرمابی وابسته به تودهٔ آذرین، که موجب کانه‌زایی روزادی شده باشد [۸]، با واقعیت داده‌ها همخوانی ندارد و لذا با استفاده از این داده‌ها و مقایسهٔ آن با درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن کانسارهای نوع درهٔ می‌سی‌سی‌پی نشان می‌دهد که کانه‌زایی در کانسار فلوریت کمرمهدی می‌تواند در ارتباط با سازند شتری بوده و از کانسارهای نوع درهٔ می‌سی‌سی‌پی است.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

مقایسهٔ نتایج شاره‌های 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 شاره‌های درگیر این کانسارها نیز دو گسترهٔ شوری و دمای همگن‌شدن را نشان می‌دهند، به نحوی که درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن فلوریت نوع رگه‌ای کمتر از فلوریت نوع درونزاد یاد شده است (جدول ۳). از طرف دیگر برخی از کانسارها، که تحت عنوان کانسارهای فلوریت گرمابی وابسته به تودهٔ آذرین نام برده می‌شوند، نیز دارای همین دو گسترهٔ شوری و دمای همگن‌شدن هستند، در حالیکه شاره‌های موجود در فلوریت نوع رگه‌ای از درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن پایین‌تری برخوردارند [۱۴، ۱۵].



شکل ۸ تعیین نوع کانسار بر پایهٔ درجهٔشوری و دمای همگن‌شدن فلوریت‌های کانسار کمرمهدی بر روی نمودار (Wilkinson, 2001)، [۱۶].

جدول ۳ مقایسهٔ دمای همگن‌شدن و درجه‌شوری شاره‌های درگیر در دو نوع کانه‌زایی درونزاد و رگه‌ای در برخی از کانسارهای فلوریت البرز و ایران مرکزی.

منبع	شوری (درصد وزنی معادل NaCl)	دمای همگن‌شدن(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 تویه‌درور
	۲۰ - ۲۴	۱۳۰ - ۱۵۰	رگه‌ای	
پیروزی (۱۳۸۵)	۱۵ - ۲۶	۱۵۰ - ۲۷۰	دیاژنتیک	کانسار فلوریت کمرمهدی
	۳٫۴ - ۲۰٫۲	۱۴۰ - ۲۳۷	رگه‌ای	
صادقی (۱۳۷۴)،[۸]	۰ - ۳٫۶۹	۷۰ - ۱۵۰		
Moore et al. (1998),[13]	۰٫۷ – ۳٫۷	۱۱۵ - ۱۲۵		
قشلاقی (۱۳۸۵)، [۹]	۹ - ۳۶	۸۵ - ۲۳۵	جانشینی	کانسار فلوریت پیناوند
	۳ - ۳۰	۶۵ - ۱۱۵	رگه‌ای	

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

بحث و برداشت

کانسار فلوریت کمرمهدی 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 تودهٔ نفوذی فلسیک می‌داند [۸]. این بررسی‌ها نشان می‌دهند که کانه‌زایی روزاد فلوریت در ناحیهٔ کمرمهدی ناشی از عملکرد سیستم گرمابی با دمای پایین است که به علت مناسب بودن شرایط سازند شتری در درزه‌ها و شکاف‌های آن، و تماس آبگون کانه‌دار با سنگ دیوارهٔ آهکی- دولومیتی و افزایش pH محلول از شرایط اسیدی، باعث ته‌نشست فلوریت در منطقهٔ معدنی شده است [۳].

بررسی‌های شاره‌های درگیر فلوریت نوع درونزاد کانسار کمرمهدی و مقایسهٔ آن با فلوریت نوع رگه‌ای در این کانسار نشان، می‌دهد که شاره‌های درگیر فلوریت نوع درونزاد در مقایسه با شاره‌های درگیر نوع رگه‌ای از درجهٔ شوری و دمای همگن‌شدن بیشتری برخوردارند. این واقعیت نشان می‌دهد که فرایندهای گرمابی وابسته به تودهٔ آذرین نمی‌توانستند به عنوان فرایندهای کانه‌ساز در انبوههٔ گسلی فلوریت نقش داشته باشند، زیرا در این صورت می‌بایستی دمای همگن‌شدن انبوههٔ گسلی فلوریت بسیار بالاتر از انواع فلوریت درونزاد باشد. از طرف دیگر موقعیت داده‌های شاره‌های درگیر کانسار فلوریت کمرمهدی در نمودار Wilkinson نشان می‌دهد که فلوریت‌های کانسار کمرمهدی با فلوریت‌های نوع درهٔ 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 مادهٔ 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 ژنز کانسار میلاکوه-تویه در سازند سلطانیه"*، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت‌مدرس (۱۳۸۱).

[۴] آقانباتی، ا.، حقی‌پور، ا.، *"نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ طبس"*، سازمان زمین‌شناسی کشور (۱۳۵۳).

[۵] نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰۰ و ۱:۱۰۰۰۰ منطقه کمرمهدی، 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 کمرمهدی 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 کمرمهدی"*، 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*

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]

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 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).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-04]