



کانی‌سازی روی و سرب در کانسار کوه سورمه فیروزآباد، استان فارس: شواهد زمین‌شیمیایی و میانبارهای سیال

بتول تقی‌پور^۱، سمانه فضلی^{۲*}، محمدعلی مکی‌زاده^۳، صفیه اسکندری^۴

- ۱- استادیار پتروژئولوژی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
 ۲- دانشجوی دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران
 ۳- استادیار پتروژئولوژی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
 ۴- کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشکده علوم، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

* عهده‌دار مکاتبات: fazlisamaneh@yahoo.com

دریافت مقاله: ۹۱/۱۲/۵ پذیرش مقاله: ۹۲/۲/۲۴

چکیده

کانسار روی و سرب کوه سورمه در جنوب فیروزآباد و جنوب شرقی گنبد نمکی جهانی قرار گرفته است. توده معدنی شامل گالن، اسفالریت و پیریت است که توسط دولومیت‌های برشی شده تشکیل دهنده سنگ دیواره کانسار احاطه شده است. سنگ میزبان کانسار، کربنات‌های پرمین بالایی هستند که دگرسانی گرمایی، انحلال و برشی شدن را نشان می‌دهند. مطالعات ریزداماستی بر روی نمونه‌های کلسیت نشان می‌دهد که بیشتر میانبارهای سیال از نوع اولیه و دو فاز مایع - گاز هستند. دمای همگن‌شدگی میانبارها، محدوده ۱۴۵°C - ۷۲ را نشان می‌دهد و شوری آنها از ۱۳ تا ۲۲/۵ درصد وزنی معادل NaCl تغییر می‌کند. بر اساس دمای همگن‌شدگی و شوری سیال می‌توان منشأ سیال کانسار را شوراب‌های حوضه‌ای در نظر گرفت. زمین‌شیمی عناصر جزئی نشان می‌دهد که شیل سازند زردکوه به طور غیرعادی از عناصر سرب و روی غنی بوده و بنابراین می‌تواند منشأ کانه‌سازی باشد. زمین‌دماسنج نسبت گالیم به ژرمانیم (Ga/Ge) در اسفالریت، دمای نهشته‌شدن فلزات از سیال کانه‌ساز را ۲۱۰°C نشان می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: میانبارهای سیال، زمین‌شیمی، کوه سورمه، گنبد نمکی جهانی

۱- مقدمه

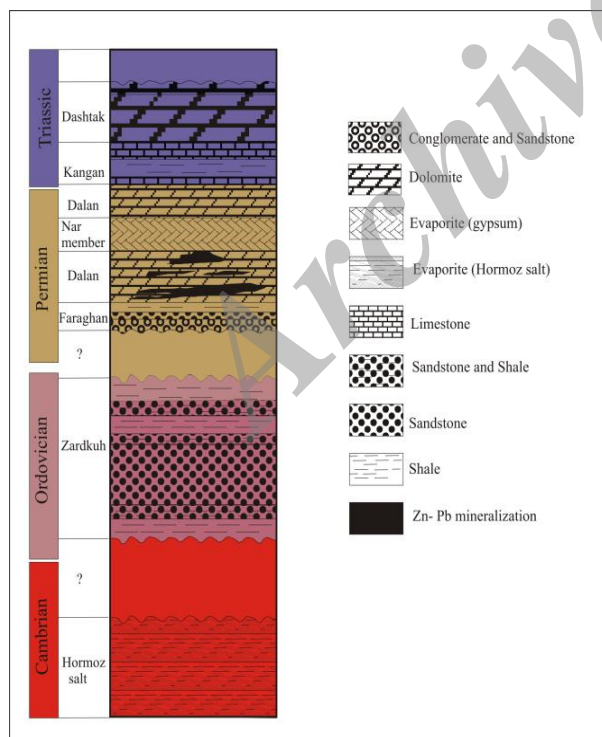
منشأ کانسار را حاصل فرایندهای همزاد رسوبی می‌داند اما به عقیده Liaghat et al., (2000) و داده‌های حاصل از میانبارهای سیال کانی اسفالریت، کانسار کوه سورمه از نوع دره می‌سی‌سی‌پی مرتبط با کوهزایی و ایپی ژنتیک است. هدف از این مطالعه تعیین منشأ سیالات کانسارساز در کوه سورمه با استفاده از مطالعات زمین‌شیمی بر روی کانی‌های سولفیدی و مطالعه میانبارهای سیال است. تعیین نقش شوراب‌های گنبد جهانی در کانه‌زایی سرب و روی از دیگر بررسی‌های انجام‌شده در این مطالعه است.

۲- زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

زون زاگرس با ساختارهای زمین‌شناسی ساده و ملایم، شامل مجموعه‌ای از رشته تاقدیس‌های نزدیک به هم و فشرده با سطح محوری قائم با روند شمال غرب- جنوب شرق است. با توجه به ستون چینه‌شناسی منطقه کوه سورمه (شکل ۱) قدیمی‌ترین سنگ‌هایی که در منطقه مورد مطالعه برونزد دارند، مربوط به سری هرمرز است که به

کانسار کوه سورمه تنها کانسار روی و سرب مشاهده‌شده در کمربند چین‌خورده زاگرس است. این کانسار با مختصات جغرافیایی ۲۶° ۵۲' و ۳۹° ۵۲' طول شرقی و ۲۸° ۲۸' و ۳۴° ۲۸' عرض شمالی در جنوب شرقی گنبد نمکی جهانی و در ۳۳ کیلومتری جنوب شهرستان فیروزآباد در استان فارس قرار گرفته است. این کانسار در سال ۱۹۷۲ کشف شد و محدوده معدنی به وسعت ۱۰ کیلومتر را پوشش می‌دهد (Liaghat et al., 2000). توده معدنی محتوی بیش از ۹۹۰۰۰۰ تن کانه با ۱۲/۱ درصد روی و ۵/۴ درصد سرب است. مطالعات انجام‌شده بر روی کانسار کوه سورمه، اغلب بر مشاهدات کانی‌شناسی و زمین‌شیمیایی استوار بوده است. براساس مطالعات زمین‌شیمی انجام‌شده بر روی این کانسار، منشأ عناصر سرب و روی، شیل‌های سازند زردکوه است و تمرکز کانه‌های فلزی در کربنات‌ها، نتیجه آب‌زدایی حوضه سازند زردکوه در نتیجه فشارش حاصل از فاز کوهزایی لارامید است (سلیمانی، ۱۳۷۴). نبوی، (۱۳۶۷)

بر روی ۲۹ مقطع نازک و ۱۵ مقطع صیقلی انجام شد. با تلفیق نتایج به دست آمده از مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی توالی پارائزنی کانسار تعیین شد. به منظور بررسی ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی سیال، از کلسیت‌های موجود در کانسار کوه سورمه (کلسیت همزیست با اسفالریت)، ۵ مقطع دوبر صیقل تهیه و مطالعات ریزدماسنجی بر روی ۱۲۰ میانبار سیال انجام شد. مطالعات ریزدماسنجی در آزمایشگاه میانبارهای سیال دانشگاه اصفهان، از طریق مراحل گرمایش و انجماد با کمک دستگاه Linkam مدل THM600 با کنترل کننده حرارتی TMS94 سردکننده LNP نصب شده بر روی میکروسکوپ زایس صورت گرفت. به منظور انجام مطالعات زمین‌شیمی پنج نمونه از سنگ‌های مختلف کانسار کوه سورمه، شامل شیل اردوویسین زردکوه (نمونه W1)، آهک کارستی شده دالان بالایی (نمونه W2)، دولومیت فاقد کانه (نمونه W3)، اسفالریت (نمونه N1) و دولومیت کانه‌زایی (نمونه N2) به صورت کاملاً خالص‌سازی شده جدا شدند و برای اندازه‌گیری عناصر خاکی کمیاب به آزمایشگاه Labwest استرالیا برای تجزیه ICP-MS ارسال شدند. نتایج مربوط به همه نمونه‌ها، نسبت به استاندارد کندریت (Taylor and McLennan, 1981)، بهنجار شده‌اند (جدول ۲).

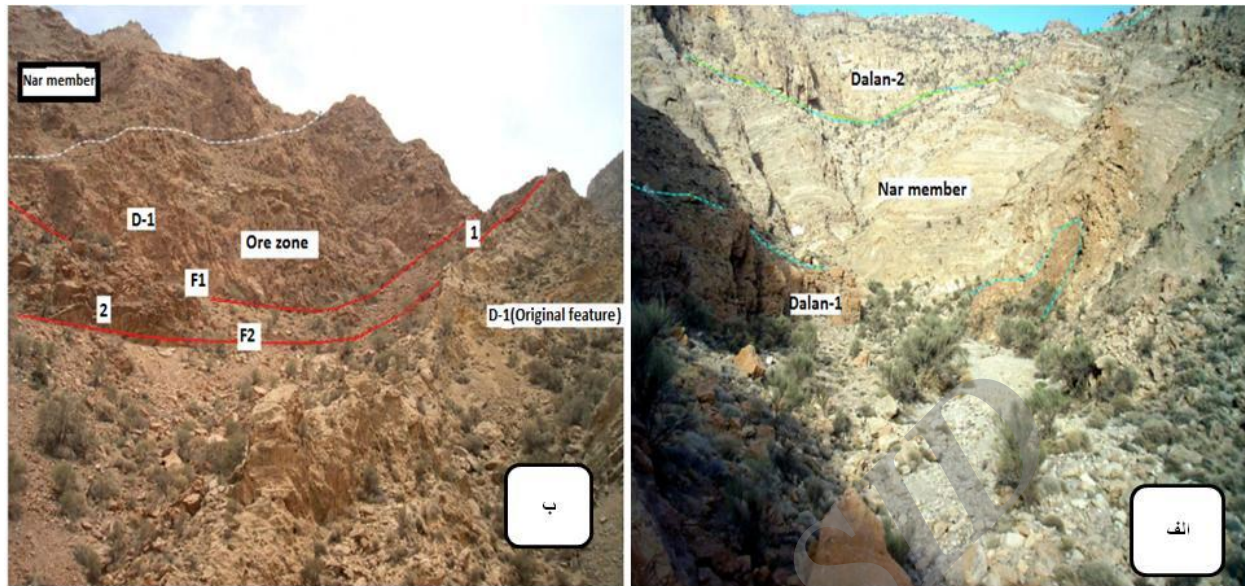


شکل ۱- ستون چینه‌شناسی در منطقه کوه سورمه (بدون مقیاس) (برگرفته از Liaghat et al., 2000)

صورت سه گنبد نمکی در منطقه قابل مشاهده است. بزرگ‌ترین آنها، گنبد نمکی جهانی در شمال شرق تاقدیس کوه سورمه است. نمک جزء اصلی این واحد است و مقادیر قابل توجهی دولومیت سیاه‌رنگ، شیل هماتیته شده، مارن، ژپس و انیدریت در این گنبد رخنمون دارد (قویدل سیوکی، ۱۳۶۹). توالی‌های موجود در کانسار کوه سورمه توسط James and Wynd, (1965) مطالعه شده است. توالی چینه‌نگاری در منطقه معدن با رسوبات تخریبی سازند زردکوه (عمدتاً شیل‌های سیلتی و ماسه‌سنگ ریزدانه) به سن اردوویسین شروع می‌شود که توسط رسوبات دونین و پرمین زیرین مرتبط به سازند فراقان (اغلب از شیل و ماسه‌سنگ) پوشیده شده است. سازند فراقان توسط سازند دالان به سن پرمین بالایی پوشیده شده که شامل ۱۲۰ متر آهک لامینه، دولومیت، ماسه‌سنگ فرمز قهوه‌ای کربناتی و در برخی موارد، ژپس و مارن است (قویدل سیوکی، ۱۳۷۳). سازند دالان به دو بخش دالان پایینی و دالان بالایی تقسیم شده است. دالان پایینی (دالان یک) با داشتن رخساره آهک دولومیتی شده میزبان کانسار کوه سورمه بوده و توسط لایه‌های نازک ژپس عضو نار از آهک اتولیتی خاکستری و دولومیت آهکی دالان بالایی جدا شده است (شکل ۲- الف). سازند آهکی کنگان و تبخیری دشتک به سن تریاس نیز در منطقه کوه سورمه قابل مشاهده است که ارتباطی با فلزایی در منطقه مورد نظر ندارند. مطالعات صحرایی نشان می‌دهد که منطقه به شدت تحت تاثیر فرایندهای ساختاری دچار دگرشکلی شده است. نتیجه این فرایندها تشکیل گسل‌های موازی با محور تاقدیس و نیز گسل‌های عمود بر محور تاقدیس و قطع‌کننده کانسار است (شکل ۲- ب). با توجه به پیروی کانی‌سازی از روند گسل‌های موازی می‌توان نتیجه گرفت که این گسل‌ها به‌عنوان مجرای برای عبور سیالات و تمرکز ماده معدنی بوده‌اند و گسل‌های عمود سبب جابه‌جایی ماده معدنی شده است. به‌طور کلی از نظر زمین‌ساختاری این کانسار در ارتباط با نیروهای کششی در یک محیط زمین‌ساختاری فشارشی هستند (Mitchell and Garson, 1981).

۳- روش پژوهش

به‌منظور بررسی ماهیت کانی‌سازی در کانسار کوه سورمه، مطالعات در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. در بخش صحرایی، هم ویژگی‌های ساختاری و بافتی و چگونگی ارتباط بین پدیده‌ها بررسی شد و هم از رگه‌های معدنی، سنگ میزبان و مناطق دگرسانی به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شد. مطالعات دقیق آزمایشگاهی شامل مطالعات سنگ‌نگاری و کانی‌شناسی کانسنگ و سنگ میزبان و مجموعه‌های دگرسانی، مطالعات ریزدماسنجی بر روی کانی کلسیت و مطالعات زمین‌شیمی عناصر خاکی کمیاب بود. مطالعات بافتی و کانی‌شناسی به روش‌های مرسوم میکروسکوپی



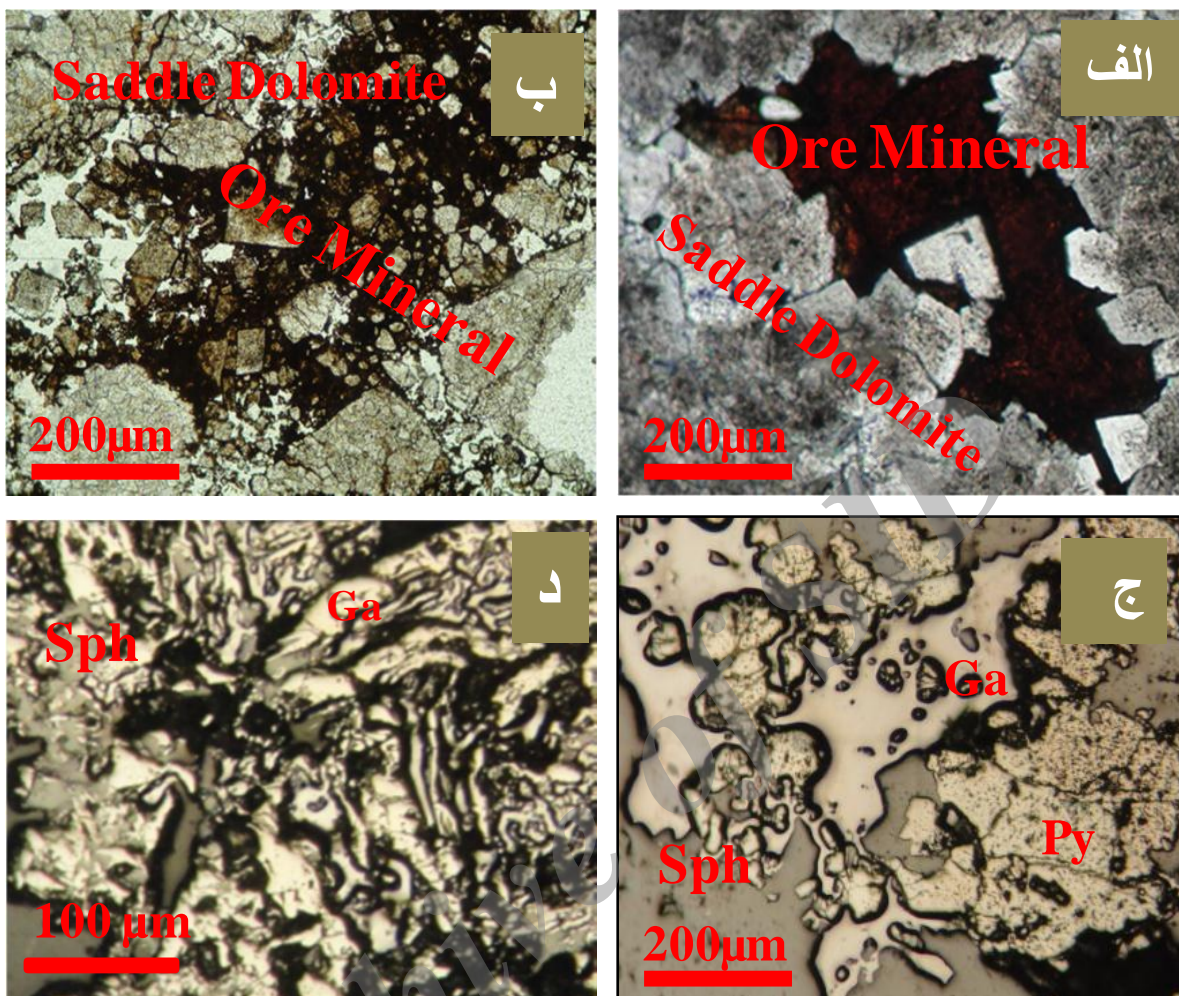
شکل ۲- الف- نمایی از سازند دالان یک و دو که توسط عضو تبخیری نار از هم جدا شده‌اند. ب- ساختار زون گسلیده اصلی ۱ و وضعیت زون کانی‌سازی شده در فرادیواره شمال خاوری (گسل‌های منطقه = F1, F2, دالان زیرین = D-1)

۴- بحث و بررسی نتایج

۴-۱- کانی‌شناسی

ریزدانه و هم‌رشدی در اسفالریت نسل دوم مشاهده می‌شود (شکل ۳-د) نسل سوم به صورت جبهه‌های پیشرونده گالن در اسفالریت، ناشی از جاننشینی گالن و تشکیل آن بعد از اسفالریت است. کانی‌سازی پیریت در طی سه مرحله رخ داده است. پیریت‌های مرحله اول کانی‌سازی، به صورت بلورهای افشان، همراه با سنگ میزبان دولومیتی و قبل از کانی‌سازی اصلی تشکیل شده‌اند. این پیریت‌ها به صورت بلورهای بزرگ، شکل‌دار و نیمه شکل‌دار همراه با شکستگی زیاد و بافت برشی قابل مشاهده هستند. پیریت‌های نسل دوم، در زمینه‌ای از اسفالریت و گالن مشاهده می‌شوند (شکل ۳-ج). در طی مرحله سوم، تشکیل پیریت تا بعد از تشکیل اسفالریت و گالن ادامه داشته است. مطالعات صحرایی بیانگر وجود رخساره‌های سیلتستونی، ماسه‌سنگی، کربناتی و تبخیری در کوه سورمه است که از این بین رخساره کربناتی با داشتن چهار نوع دولومیت گستردگی زیادی دارد. بررسی‌های سنگ‌شناسی از نمونه‌های سازند دالان در این منطقه نشان می‌دهد که مهم‌ترین فرایند مؤثر در کانه‌سازی، دولومیتی شدن است. دولومیت‌های سفید در کانسار کوه سورمه به چهار صورت دولومیکریت، دولومیکرواسپاریت، دولواسپاریت و دولومیت زین‌اسبی حضور دارند. کانه‌زایی در کوه سورمه، درون دولومیت زین‌اسبی رخ داده است (شکل ۳-الف). معمولاً دولومیکریت‌ها در شرایط سطحی، دمای پایین و در محیط فراکشندی تشکیل می‌شوند. دولومیکرواسپاریت در مرحله تدفین کم عمق حاصل می‌شوند و دولواسپاریت در مرحله تدفین کم عمق تا متوسط تشکیل شده‌اند و دولومیت‌های زین‌اسبی نیز به دیاژنز تدفینی خیلی عمیق نسبت داده می‌شوند (آدابی، ۱۳۸۳).

مطالعات میکروسکوپی و صحرایی نشان‌دهنده تنوع بافتی و ساختاری در کانسار کوه سورمه است. از مهم‌ترین بافت‌ها، می‌توان به بافت‌های پرکننده فضای خالی (شکل ۳-الف)، رگه‌ای، پراکنده، جاننشینی و برشی (شکل ۳-ب) اشاره کرد. مطالعات صحرایی و میکروسکوپی نشان داد که کانی‌سازی در این کانسار عمدتاً به‌طور دیرزاد رخ داده است. کانی‌های سولفیدی به‌طور عمده شامل کانی‌های اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت است. کانی‌های غیرسولفیدی شامل اسمیت زونیت، کلسیت، دولومیت، ژپس و باریت است. بر اساس توالی پاراژنتیکی در این کانسار که بر مبنای شواهد صحرایی، کانی‌شناسی و بافتی تعیین شد (جدول ۱)، سه مرحله آغازی، اصلی و تأخیری برای تشکیل کانی‌ها در نظر گرفته شده است. اسفالریت اصلی‌ترین کانی سولفیدی در کانسار کوه سورمه است که طی دو مرحله تشکیل شده است، اسفالریت‌های مرحله اول با وجود داشتن میانبارهایی از پیریت، بعد از پیریت تشکیل شده‌اند و اسفالریت‌های مرحله دوم همزمان با گالن تشکیل شده‌اند، وجود بافت میرمیکیتی گالن و اسفالریت شاهد این مطلب است. گالن، دومین کانی سولفیدی فراوان در کانسار کوه سورمه است که به‌صورت افشان، توده‌ای، رگه‌ای در زمینه بین‌بلوری و نیز پرکننده فضای خالی و در طی سه مرحله تشکیل شده است. نسل اول به‌صورت بلورهای شکل‌دار در حفره‌های سنگ میزبان کربناتی حضور دارد. گالن نسل دوم به‌صورت قطعات



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی از کانی‌های باطله و سولفیدی در کانسار کوه سورمه الف- اسفالریت به صورت بافت شکافه پرکن در فضاهای خالی بین دولومیت زین‌اسبی (xpl)، ب- کانه‌سازی اسفالریت در فضای خالی دولومیت برشی شده و انحلال‌یافته (ppl)، ج- کانه‌سازی پیریت در زمینه‌ای از اسفالریت و گالن (xpl)، د- بافت هم‌رشدی اسفالریت و گالن (xpl)، اختصارات: Ga = گالن، Sph = اسفالریت، Py = پیریت

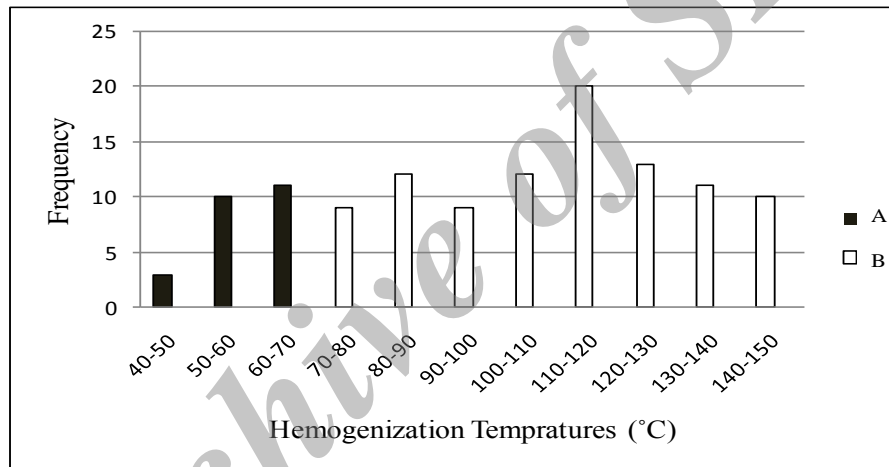
جدول ۱- توالی پاراژنزی در کانسار کوه سورمه

Mineral	stage of ore mineralization	
	Early	Late
Galena III		—————
Sphalerite II		—————
Pyrite III		—————
Dolomite III		—————
Galena II		—————
Dolomite II		—————
Pyrite II		—————
Galena I		—————
Sphalerite I		—————
Pyrite I	—————	
Dolomite I	—————	

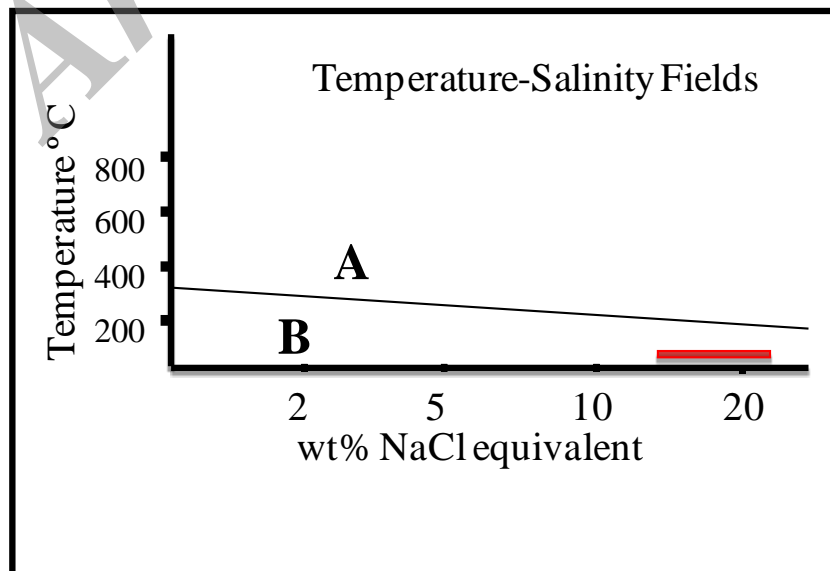
۴-۲- مطالعه میانبارهای سیال در کانسار کوه سورمه

سورمه حدود ۲۰۰ متر به دست آمده است که نشان‌دهنده محیط تشکیل پوسته‌ای کم‌عمق برای این کانسار است. برای شناسایی کمپلکس‌های غالب انتقال‌دهنده عناصر از نمودار (Pirajno, 2009) استفاده شد (شکل ۵). براساس این شکل داده‌های کانسار کوه سورمه در محدوده کمپلکس‌های سولفیدی قرار می‌گیرند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که آنیون‌های غالب در سیال HS^- ، SO_4^{2-} بوده است. با استفاده از نمودار دوتایی شوری-دمای همگن‌شدگی (Beane, 1983) می‌توان تا حدی منشأ سیالات کانسار ساز را پیش‌بینی کرد. همان‌گونه که در شکل ۶ دیده می‌شود، نمونه‌های مربوط با کانسار کوه سورمه در محدوده شوراب‌های حوضه‌ای قرار گرفته‌اند و بر اساس نمودار دمای همگن‌شدگی در برابر شوری (Wilkinson, 2001) نتایج حاصل از میانبارهای سیال کانسار کوه سورمه در محدوده کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی قرار می‌گیرند (شکل ۷).

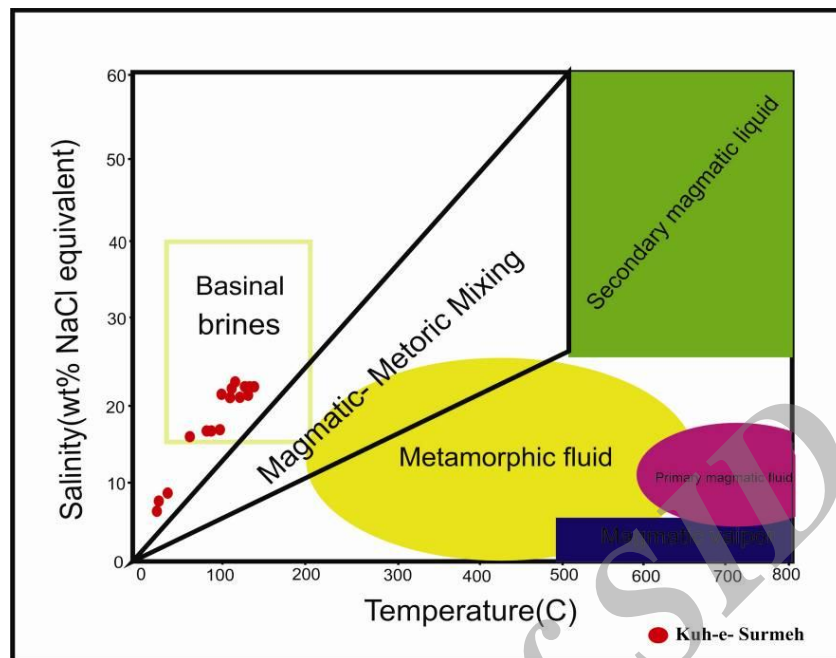
در مجموع ۱۲۰ میانبار سیال در کانی کلسیت همزیست با اسفالریت در کانسار کوه سورمه مورد مطالعه قرار گرفت. براساس معیارهای (Roedder, 1981)، این سیالات از نوع اولیه و دو فازی (مایع-گاز) تشخیص داده شدند. اندازه این میانبارهای سیال ۲ تا ۱۰ میکرون بوده و ۲۵ تا ۴۵ درصد حجمی آنها از فاز بخار اشغال شده بود. دمای ذوب یخ شکل‌گرفته در طی انجماد بین ۱۰- تا 21°C تغییر نشان داد. بر اساس نمودار دما-شوری از (Shepherd et al., 1985) مقدار شوری برای این میانبارهای سیال از ۱۳ تا $22/5$ درصد وزنی NaCl برآورد شده است. دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال در کلسیت‌های همزیست با اسفالریت گروه‌های متغیری از ۷۲ تا 145°C را نشان می‌دهند که بیشترین فراوانی در محدوده دمایی ۱۱۰ تا 12°C است (شکل ۴). بر اساس گرادپان گرمایی، عمق تقریبی کانسار کوه



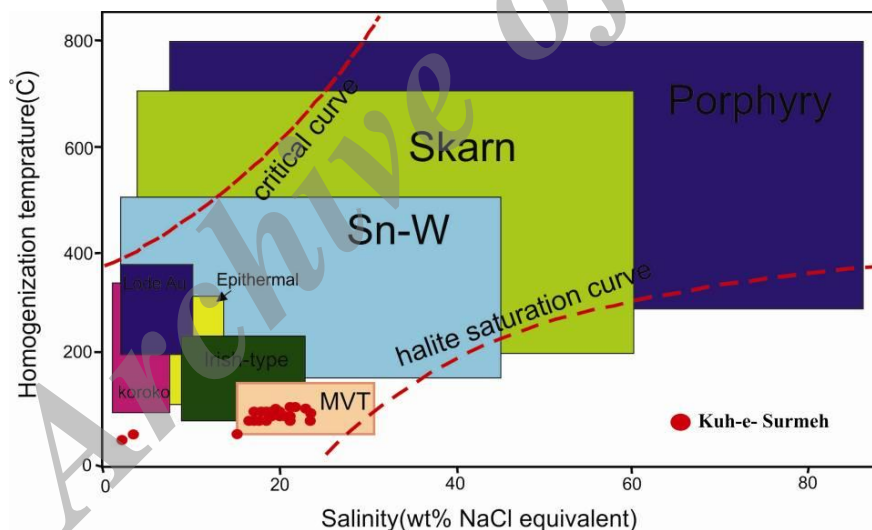
شکل ۴- نمودار دمای همگن‌شدگی در نمونه‌های کلسیت کانسار کوه سورمه -A- کلسیت شکافه پرکن، -B- کلسیت همزمان با اسفالریت



شکل ۵- نمودار دمای همگن‌شدن-شوری سیالات در تعیین کمپلکس غالب کانسار کوه سورمه (Pirajno, 2009)



شکل ۶- نوع سیال کانی‌ساز با استفاده از نمودار شوری-دمای همگن‌شدگی (Beane, 1983)



شکل ۷- نمودار دما-شوری برای میانبارهای سیال در انواع کانسارهای مختلف (Wilkinson, 2001)

الف- روند تغییرات REE در سه نمونه آهنکی، دولومیتی و شیلی کانسار کوه سورمه، با هم متفاوت است (شکل ۸). در صورتی که الگوی بهنجار شده اسفالریت و دولومیت کانه‌زایی شده، مشابه یکدیگر هستند (شکل ۸-الف) و نشان‌دهنده سیالات سازنده مشابه، برای اسفالریت و دولومیت کانه‌زایی شده است.

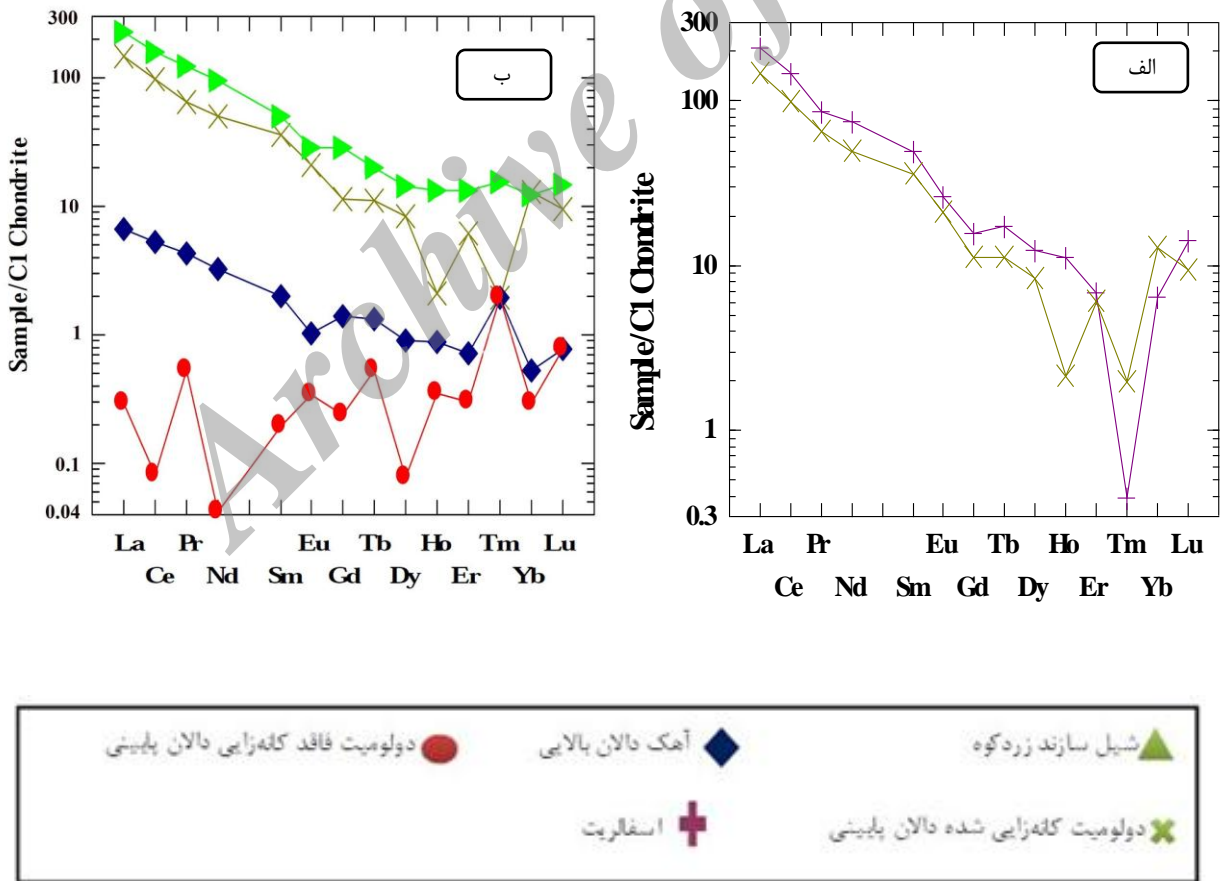
ب- بیشترین مقدار فراوانی REE در شیل‌های سازند زردکوه است، که احتمالاً نشان‌دهنده وجود شیل به‌عنوان منشأ فلزات در کانسار کوه سورمه است (شکل ۸-ب)، به‌طور کلی شیل‌ها، نسبت به سایر واحدهای زمین‌شناسی، غنی‌شدگی قابل ملاحظه‌ای از فلزها نشان می‌دهند (میسون و مر، ۱۳۷۰). هرچند در تعدادی از نمونه‌های

۳-۴- زمین‌شیمی عناصر خاکی کمیاب در منطقه مورد مطالعه

به منظور بررسی ویژگی‌های زمین‌شیمیایی سنگ‌های موجود در توالی چینه‌ای ناحیه کوه سورمه و ارتباط فلزها با این واحدها، نمونه‌هایی از سنگ‌های کربناتی و فاقد کانی‌سازی و دارای کانی‌سازی این واحدها، مورد تجزیه شیمی قرار گرفت (جدول ۲). چنانچه از شکل‌های ۸-الف و ۸-ب می‌توان دریافت، الگوی توزیع REE در نمونه‌های شیل سازند زردکوه، آهنک کارستی شده دالان بالایی و دولومیت دالان پایینی کاملاً متفاوت است و این می‌تواند نشان‌دهنده تفاوت در سازوکار تشکیل این سنگ‌ها باشد. با بررسی چنین الگوهایی می‌توان به موارد زیر پی برد:

واحدهای دیگر نیز غنی‌شدگی از فلزات کانسنگی مشاهده می‌شود، اما این افزایش غلظت فلزات در آنها، چشمگیر نبوده است. می‌توان چنین برداشت کرد که ضمن فشردگی واحدهای سنگ چینه‌ای مختلف از جمله شیل، عناصر فلزی از این واحد آزاد و در واحد کربناتی دالان زیرین نهشته شده‌اند. براساس جدول ۳ در واحد شیلی، توزیع عناصر کادمیم، آرسنیک، نقره، سرب و روی نیز نسبت به سایر مجموعه‌های سنگی موجود در ناحیه، غنی‌شدگی کاملاً بالاتری دارد. اسفالریت به راحتی تعدادی از عناصر را در ساختار خود می‌پذیرد و لذا برای مطالعات عناصر جزئی بسیار مناسب می‌باشد (Viets et al., 1992). کانی اسفالریت با توجه به داشتن ماهیت دیرگداز و توان ثبت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط تشکیل یا دگرگونی از طریق تغییراتی در ترکیب عناصر جزئی در مطالعات زمین‌شناسی دارای اهمیت است (Scott, 1983; Barton, 1970). برخی از عناصر جزئی، جانشین روی در اسفالریت شده و برخی نیز در میانبراه‌های کوچک کانی‌های دیگر حضور دارند (Deer et al., 1978). بنابراین تعداد ۵ نمونه تک کانی از اسفالریت کانسار کوه سورمه مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفت. حضور عناصر کبالت (۲/۳۶)، گالیم (۳/۱ ppm)، ژرمانیم (۱/۲۴ ppm) و قلع (۲/۳۶ ppm) در این کانسار را فراهم می‌آورد.

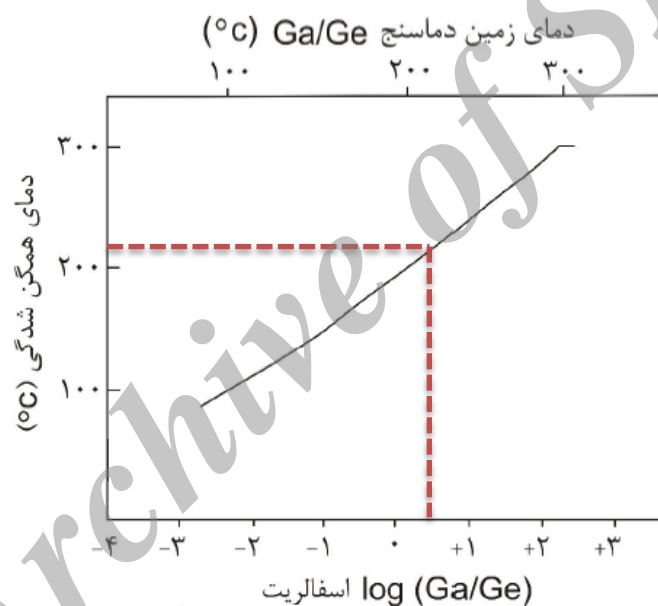
۶/۳۲) در اسفالریت کوه سورمه ناشی از جانشین شدن این عناصر به جای روی است (Boyle & Jambor 1963; Viets et al., 1992). مقدار قابل توجه سرب در اسفالریت علاوه بر جانشینی به جای روی، می‌تواند ناشی از حضور میانبراه‌های جامد گالن در این کانی باشد. Moller, (1985) استفاده از نسبت گالیم به ژرمانیم (Ga/Ge) در اسفالریت را به منظور برآورد دمایی که در آن فلزها به وسیله یک سیال گرمایی از سنگ‌های منشا آنها شسته شده‌اند، پیشنهاد نمود. اسفالریت مناسب‌ترین کانی برای این منظور در کانسارهای دارای سنگ میزبان رسوبی کربناتی است (Mladenova and Valchev, 1998). لگاریتم نسبت گالیم به ژرمانیم (Log (Ga/Ge)) در نمونه‌های اسفالریت کانسار کوه سورمه ۰/۳۹ است و دمای فروشت ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد را نشان می‌دهد (شکل ۹). این دمای تخمینی، در محدوده دمای ته‌نشینی کانسنگ در کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی (۷۵ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد) قرار دارد (Leach et al., 1997). دمای تشکیل کانسنگ در کانسار کوه سورمه در محدوده کانی‌سازی در کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی واقع بوده و شاهد دیگری مبنی بر کانی‌سازی سرب و روی نوع دره می‌سی‌سی‌پی در این کانسار را فراهم می‌آورد.



شکل ۸- الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب در نمونه‌های کانسار کوه سورمه الف- بهنجاری نمونه‌های اسفالریت و دولومیت کانه‌زایی شده نسبت به استاندارد کندریت ب- بهنجاری نمونه‌های آهک، شیل، دولومیت فاقد کانه‌زایی و دولومیت کانه‌زایی شده نسبت به استاندارد کندریت (Taylor & McLennan, 1981)

جدول ۲- نتایج تجزیه شیمیایی عناصر خاکی کمیاب در ناحیه کوه سورمه

نمونه ها	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	Σ REE
W1 (شیل)	۵۳٫۹	۹۷٫۸	۱۱٫۷	۴۴٫۱	۷٫۶	۱٫۶۵	۵٫۸۸	۰٫۷۵	۳٫۶۶	۰٫۷۵	۲٫۱۷	۰٫۳۹	۲٫۱	۰٫۳۷	۲۳۲٫۸۲
W2 (آهک)	۱٫۵۷	۳٫۲۴	۰٫۴۱	۱٫۵۱	۰٫۳۱	۰٫۰۶	۰٫۲۹	۰٫۰۵	۰٫۲۳	۰٫۰۵	۰٫۱۲	۰٫۰۵	۰٫۰۹	۰٫۰۲	۸
W3 (دولومیت)	۰٫۰۷	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۰۳	۰٫۰۲	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۵	۰٫۰۲	۰٫۵۲
N1 (اسفالریت)	۵۰٫۱۴	۹۰٫۳۲	۸٫۲۱	۳۴٫۷۵	۷٫۵۸	۱٫۵۴	۳٫۲۱	۰٫۶۵	۳٫۱۲	۰٫۶۴	۱٫۱۳	۰٫۰۱	۱٫۱	۰٫۳۶	۲۰۲٫۷۶
N2 (دولومیت مینرالیزه)	۳۴٫۶۸	۶۰٫۱۴	۶٫۲۱	۲۳٫۱۲	۵٫۵۴	۱٫۲۳	۲٫۳۱	۰٫۴۲	۲٫۱۴	۰٫۱۲	۱٫۰۱	۰٫۰۵	۲۱٫۲	۰٫۲۴	۱۳۹٫۴۲



شکل ۹- رابطه بین دمای زمین دماسنج نسبت گالیم به ژرمانیم (Ga/Ge) در اسفالریت و دمای همگن شدگی میانبارهای سیال (با تغییر از (Mladenova and Valchev, 1998)

جدول ۳- میانگین فراوانی برخی عناصر مهم در واحدهای سنگی موجود در ناحیه معدنی کوه سورمه (روش ICP-MS)

عنصر (ppm)	دولومیت کانه‌زایی شده	آهک‌های کارستی شده	شیل سازند زردکوه
Zn	۶/۶۰	۷/۲۰	۱۱۷۰
Pb	۳/۳۵	۰/۱۶	۱/۹۵/*
Ag	۱۲/۰	۰/۱۰	۱۷۰
As	۹/۰	۵/۰	۴/۱۹
Cu	۶/۲۱	۵/۱۳	۵/۲۰
Mo	۳/۰	۴/۰	۲/۱
Cd	۱۹/۰	۱۷/۰	۵۲/۵

*: به صورت درصد بیان شده است.

نتیجه‌گیری

اسکندری، ص.، ۱۳۹۱، "بررسی کانی‌شناختی، زمین‌شیمی و منشاء سرب و روی کانسار کوه سورمه، استان فارس" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، ۲۱۹ صفحه.

سلیمانی، ب.، ۱۳۷۴، "بررسی زمین‌شیمیایی، کانی‌شناسی و ژنز احتمالی کانسار سرب و روی سورمه" پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ایران، ۲۸۴ صفحه.

قوبدل سیوکی، م.، ۱۳۶۹، "مطالعه آکریتارشاها و کیتینوزوآ سازندهای میلا، ایلبک، زردکوه و فراقون در ناحیه زردکوه و انطباق آن‌ها با سکانس پالئوزوئیک ناحیه چالی‌شه و چاه دارنگ" سمپوزیوم دی‌اپیریسم با نگرشی ویژه به ایران، صفحات ۲۰۱-۱۴۱.

قوبدل سیوکی، م.، ۱۳۷۳، "مطالعه پالینولوژیکی رسوبات اردوویسین و سازند فراقان سورمه و تعیین ارتباط بین آن‌ها بر مبنای میکروفسیل‌ها" فصلنامه علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی، شماره ۱۲، صفحات ۲۸-۳۵.

میسون، ب.، مر. ک. ب.، مر.، ترجمه مر. ف.، شرفی، ع. ا.، ۱۳۷۰، "اصول ژئوشیمی" انتشارات دانشگاه شیراز، ۵۶۶ صفحه.

نبوی، م.، ح.، ۱۳۶۷، "زمین‌شناسی گستره معدن سرب و روی کوه سورمه، چوبندک باختری" شرکت باریت ایران، ۴۵ صفحه.

Barton, P.B., Jr., 1970, "Sulfide petrology", Mineral. Soc. Am, Spec. Pub., Vol. 3, P.187-198.

Beane, R.E., 1983, "The magmatic-meteoritic transition. Geothermal Resources Council", Special Report 13, P. 245-253.

Boyle, R.W. & Jambor, J.L., 1963, "The geochemistry and geothermometry of sphalerite in the lead-zinc-silver lodes of the Keno Hill-Galena Hill area, Yukon", Can. Mineral., Vol. 7: P.479-496.

Deer, F. R. S., Howie, R. A. and Zussman, J., 1978, "An introduction to the rock forming minerals", Long man Scientific & Technical, Seventeenth impression, P. 528.

James G. A. and Wynd J. G., 1965, "Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil consortium agreement area", American Association Petroeuml Geology Bulletin 49. P.2182-2245.

Liaghat, S., Moore, F. and Jami, M., 2000, "The Kuh-e-Surmeh mineralization, a carbonate-hosted Zn-Pb deposit in the Simply Folded Belt of the Zagros Mountains, SW Iran", Mineralium Deposita 35: P.72-78.

Leach, D.L., Apodaca, L.E., Repetski, J.E., Powell, J.W. & Rowan, E.L., 1997, "Evidence for hot Miss-issippi Valley-type brines in the Reelfoot Rift Complex, South-Central United States, in Late Pennsylvanian-Early Permian", U.S. Geological Survey Professional Paper 1577, P.36.

Mitchell, H. G. and Garson, M. S., 1981, "Mineral Deposit and Global Tectonic Settings", Academic press: London, P.157-307.

Mladenova, V. & Valchev, S., 1998, "Ga/Ge ratio in sphalerite from the carbonate-hosted Sedmochislenitsi deposit as a temperature indication of initial fluids", Review of the Bulgarian Geological Society, Vol. 59. P.49-54.

Möller, P., 1985, "Development and application of the Ga/Ge geothermometer for sphalerite from sediment-hosted deposits", In: German K. (ed.) Geochemical aspects of ore formation in recent and sedimentary environments. Gebrüder Borträger, Berlin, P.15-30.

کانسار روی و سرب کوه سورمه، در جنوب شرق گنبد نمکی جهانی، در جنوب فیروزآباد و در زون زاگرس چین‌خورده قرار دارد. چهار نوع دولومیت با استفاده از مطالعه میکروسکوپی در کانسار کوه سورمه تشخیص داده شده است که دولومیت زین‌اسبی سنگ میزبان کانسار بوده است. کانی‌های پیریت، اسفالریت و گالن ماده معدنی غالب هستند و به صورت حفره پرکن و جانیشینی در دولومیت‌های زین‌اسبی رخ داده‌اند. بر اساس مطالعات ریز دماسنجی بر کلسیت‌های همزیست با کانسارسازی، دمای همگن‌شدگی از 72°C تا 145°C متغیر می‌باشد. این میانبارها فاقد شواهد جوشش می‌باشد که با ویژگی‌های میانبار سیال کانسارهای تیپ دره می‌سی‌سی‌پی مطابقت دارد. چرخش سیال کانسارساز با میانگین دمای همگن‌شدگی 109°C و شوری ۱۳-۲۲/۵ درصد وزنی معادل NaCl توده معدنی را بوجود آمده است. در حالی که کلسیت‌های ثانویه که در مرحله پس از کانسارسازی شکل گرفته‌اند، دارای تغییرات دمای همگن‌شدگی از 45°C تا 70°C می‌باشند. بر اساس گرادیان گرمایی، عمق تقریبی کانسار کوه سورمه حدود ۲۰۰ متر به‌دست آمده است که نشان‌دهنده محیط تشکیل پوسته‌ای کم‌عمق برای کانسار کوه سورمه است. بر اساس نمودار دمای همگن‌شدگی در برابر شوری، کمپلکس غالب حمل‌کننده لیگاندها در سیال HS^- ، SO_4^{2-} بوده است (شکل ۵). بر اساس شکل‌های ۶ و ۷ می‌توان بیان کرد که سیالات کانسارساز در ناحیه کوه سورمه در محدوده سیالات حوضه‌ای کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی قرار می‌گیرند. بر اساس مطالعات ایزوتوپی گوگرد انجام‌شده در منطقه، گوگرد موجود در سولفیدهای کوه سورمه، می‌تواند از SO_4^{2-} تبخیری‌های گنبد نمکی تامین شده باشد (اسکندری، ۱۳۹۱). بیشترین مقدار فراوانی REE مربوط به شیل‌های سازند زردکوه است. با توجه به شواهد زمین‌شیمیایی و وجود شیل به عنوان منشا غالب فلزات در کانسارهای تیپ دره می‌سی‌سی‌پی (Robb, 2005)، شیل سازند زرد کوه می‌تواند، منشأ فلزات روی و سرب در کانسار کوه سورمه باشد، لگاریتم نسبت گالیم به ژرمانیم در نمونه‌های اسفالریت کانسار کوه سورمه ۰/۳۹ است که دمای ته‌نشست فلزات را ۲۱۰ درجه سانتی‌گراد نشان می‌دهد. مخلوط‌شدن شوراها با H_2S و SO_4^{2-} با سیال حاوی عناصر فلزی سرب و روی، باعث ته‌نشست کانه‌های سولفیدی می‌شود. بر اساس مطالعات انجام‌شده کانسار کوه سورمه در محدوده کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی قرار می‌گیرد.

تقدیر و تشکر

نویسندگان این مقاله از حمایت‌های کمیته تحقیقات دانشگاه شیراز در به انجام رسیدن این پژوهش تشکر می‌نمایند.

مراجع

آدابی، م. ح.، ۱۳۸۳، "ژئوشیمی رسوبی" چاپ اول، انتشارات آراین زمین، تهران، ۴۴۸ صفحه.

- Pirajno, F. , 2009**, "Hydrothermal processes and mineral systems", *Springer, New York, P. 1273*.
- Robb, L., 2005**, "Introduction to ore forming process", *Wiley, P.373*.
- Roedder, E., 1981**, "Origin of fluid inclusions and changes that occur after trapping", *In: Hollister, L. S., Crawford, M. L. (Eds.), Short course in fluid inclusions: Applications to petrology, Mineral. Ass. Can., Ottawa, P. 304*.
- Scott, S.D., 1983**, "Chemical behaviour of sphalerite and arsenopyrite in hydrothermal and metamorphic environments", *Mineral. Mag., Vol. 47, P. 427-435*.
- Shepherd, T. j., Rankin, A.H., Alderton, D. H.M., 1985**, "A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies", *Blackie, Glasgow, P.239*.
- Taylor, S.R. and McLennan, S.M., 1981**, "The composition and evolution of the continental crust: rare earth element evidence from sedimentary rocks", *Phil. Trans. R. Soc., A 301. P.381-399*.
- Viets, J.G., Hopkins, R.T. & Miller, B.M., 1992**, "Variations in minor and trace elements in sphalerite from Mississippi Valley-Type deposits of the Ozark region: genetic implications", *Economic Geology, Vol. 87.P.1897-1905*.
- Wilkinson, J. J., 2001**, "Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits", *Lithos 55,P.229-272*.

Archive of SID