مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته



بررسی نحوه کانیسازی و تشکیل کانسار سرب و روی خانهسورمه (غرب اصفهان) بر اساس شواهد

کانیشناسی، زمین شیمی و سیالات درگیر زهرا کریم زاده کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه خوارزمی تهران بهزاد مهرابی عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین، دانشگاه خوارزمی تهران عضو هیئت علمی دانشکده علوم زمین شناسی، دانشگاه تهران عضو هیئت علمی دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تهران تاریخ دریافت: ۹۴/۱/۲۰

karimzadehzahra@ymail.com

#### چکیدہ

کانسار سرب و روی خانهسورمه در ۴۰ کیلومتری غرب اصفهان، در سنگهای کربناته کرتاسه زیرین واقع شده است. کانههای هیپوژن شامل گالن، اسفالریت، پیریت، تنانتیت، کالکوپیریت و کانیهای سوپرژن سروزیت، آنگلزیت، کوولیت و مالاکیت هستند. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی لایه شیلی تریاس فوقانی و به ویژه توالی کربناته کرتاسه پایینی در تأمین عناصر سرب و روی برای کانیسازی نقش داشتهاند. بر اساس مطالعات میکروترمومتری، سیال کانهساز دمای ۲۱۰ تا ۲۰۰ درجه سانتیگراد و شوری حدود ۷ تا ۸ درصد وزنی معادل نمک طعام دارد. با توجه به نوع سنگ میزبان، کانیهای هیپوژن و سوپرژن، شوری و دمای همگن شدن سیالات، کانسار خانهسورمه جزء کانسارهای MVT با میزبان کربناته قرار می گیرد. در این کانسار، سیالات گرمابی پس از شستن و حمل فلزات از لایههای شیلی تریاس و توالی کرتاسه در امتداد گسلهای عمیق و اختلاط با آبهای درونسازندی و جوی، سرب و روی را در امتداد زونهای گسله تهنشین کردند. با استناد به نتایج پژوهش میتوان تخمین زد که در عمقهای بیشتر میتوان کانیسازی سرب و روی را دنبال کرد.

كلمات كليدى: سرب و روى، خانەسورمە، كانىشناسى، ژئوشىمى، مىكروترمومترى.

#### مقدمه

محدوده مورد مطالعه به وسعت ۱۸ کیلومتر مربع، در ۴۰ کیلومتری غرب اصفهان، ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان نجف آباد، در بخش میانی زون ساختاری سنندج- سیرجان به مختصات جغرافیایی <sup>۳</sup>۸۴ ۵۱<sup>°</sup>۵۱ طول شرقی و ۳۲<sup>°۲</sup>۴۲<sup>°۲۲</sup> عرض شمالی واقع شده است. این کانسار متروکه در بخش

میانی کوه خانه سورمه قرار دارد. راه دسترسی به محدوده معدنی از طریق محور اصلی اصفهان-الیگودرز است که در میان راه نجف آباد-تیران به سمت شمال منشعب شده و پس از ۶ کیلومتر راه خاکی به منطقه مورد مطالعه می سد (شکل ۱).



شکل ۱. موقعیت کانسار خانه سورمه و راه دسترسی به آن.

#### رانگوشه مرار ایران رانگوشه مرار ایران

در زون سنندج-سیرجان، محور ملایر-اصفهان بیش از ۱۲۰ کانسار و نشانه معدنی سرب و روی گزارش شده است. مهمترین کانسارهای سرب و روی هیپوژن ایران نظیر کانسارهای ایرانکوه (Ghazban et al., 1994)، و آهنگران انجیره تیران (طاهریان، ۱۳۷۲)، عمارت (Ehya et al., 2010) و آهنگران (زمانیان، ۱۳۷۲)، همگی در سنگ میزبان آهکی و دولومیتی کرتاسه پایینی در این زون جای گرفتهاند. این کانسار دارای پیشینه معدنکاری استانی است و در آن آثار شدادی دیده میشود. فعالیتهای معدنکاری امروزی، در این کانسار از اوایل سال ۱۳۵۱ تعطیل شده است.

بورنل در گزارش ۱۱ سازمان زمینشناسی در سال ۱۹۶۸ با تکیه بر کانیشناسی کانسار خانه سورمه، شرح مختصری از زمینشناسی این کانسار ارائه کرده است. مؤمنزاده (۱۹۷۶) در چارچوب مطالعه زمینشناسی معدنی، طرز تشکیل کانسارهای سرب و روی جای گرفته در محور ملایر -اصفهان، یک مقطع لیتواستراتیگرافی از کانسار خانهسورمه ارائه کرده است. زاهدی (۱۹۷۵) چهارگوش ۲۰۱۰۰۰۰ نجفآباد را تهیه کرده است. در این پژوهش با مطالعه خصوصیات کانیشناسی، توالی پاراژنزی، دگرسانی، ژئوشیمی و میانبارهای سیال رگههای کانهدار در محدوده کانسار خانهسورمه، ضمن بررسی نحوه کانسارسازی و منشاء احتمالی کانسار، مدل پیشنهادی برای کانیسازی در این کانسار ارائه شده است.

#### روش مطالعه

به منظور مطالعه در کانسار خانه سورمه، یک نیمرخ از رخنمون رسوبات تریاس تا کرتاسه در ۲ کیلومتری غرب کانسار و چهار نیمرخ به ترتیب در ۵۰ متری شرق کانسار به ضخامت بیش از ۱۱۰ متر، در محل کانسار به ضخامت حدود ۱۰۰ متر، در ۶۵۰ متری غرب کانسار به ضخامت حدود ۷۰ متر و ۸۰۰ متری غرب کانسار به ضخامت حدوداً ۸۵ متر تهیه شده است. در مجموع با توجه به تغییرات لیتولوژیک و رنگ ۱۴۶ نمونه از سنگ میزبان، کانسنگ، مناطق دگرسانی و رگههای کلسیتی و سیلیسی کانهدار، به ترتیب برای تفکیک واحدهای سنگی و مطالعه سنگ دربرگیرنده، مطالعات کانی شناسی و فراوانی و پیوستگی عناصر، شناسایی دگرسانیهای مرتبط با کانی سازی و مطالعات میکروترمومتری برداشت شد.

از این میان ۶۰ مقطع نازک از سنگ میزبان و زون کانهدار به منظور مطالعات پتروگرافی، ۶ مقطع نازک- صیقلی و ۱۲ مقطع صیقلی از تیپهای مختلف کانهها به منظور مطالعه بافت و پاراژنز و ۶ مقطع دوبر صیقل از کوارتز، کلسیت و دولومیت به منظور مطالعات میکروترمومتری تهیه شد. به منظور شناسایی عناصر اصلی، فرعی و جزئی۲۱ نمونه از سنگ میزبان و زون کانهدار به روش ICP-MS در آزمایشگاه Acme کانادا و ۱۶ نمونه از سنگ میزبان و زون کانهدار به روش ICP-OES در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران مورد تجزیه شیمیایی قرار گرفتند. ۶ نمونه (۱ نمونه مربوط به رگهها، ۱ نمونه از کانیهای ثانویه، ۲ نمونه از سنگ دربرگیرنده و ۲ نمونه از رخنمونهای درگرسان شده) به روش پراش پرتو ایکس (XRD) و ۶ نمونه از زون کانهدار به روش جذب اتمی (AAS) ، به منظور تعیین غلظت عنصر سرب مورد تجزیه قرار گرفتند. همچنین طی عملیات صحرایی، شیب و امتداد ۲۸ گسل و شکستگی با کمپاس در کانسار مورد مطالعه اندازه گیری شد.

#### زمین شناسی و چینهنگاری منطقه معدنی

این کانسار از نظر تقسیمات زمینشناسی و تکتونیکی ایران در زون سنندج- سیرجان و از نظر متالوژنی در بخشی از ایالت متالوژنی ملایر-اصفهان، در چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ اصفهان و ۱:۱۰۰۰۰۰ نجفآباد قرار گرفته است

## پاییز ۹۴، شماره ۱۷

(شکل ۲). در محدوده کانسار خانه سورمه کانیسازی در سنگهای کرتاسه پایینی انجام شده است و مقدار ذخیره کانسار کمتر از ۱ میلیون تن، با عیار ۵ درصد سرب و ۱ درصد روی گزارش شده است (مومنزاده، ۱۹۷۶). قدیمی ترین سازند بیرونزده در منطقه معدنی خانه سورمه، سازند نایبند با لیتولوژی متشکل از شیلهای خاکستری تیره با میان لایههای آهک مرجانی و ماسه سنگ است. کرتاسه تحتانی در حوضه شمال غرب نجف آباد با کنگلومرا و ماسه سنگهای قرمز رنگ (K1) شروع میشود که با دگرشیبی به سن بارمین بر روی شیلها و اسلیتهای تریاس(T) قرار می گیرد. ضخامت این کنگلومرا حداکثر ۲ متر بوده و قطعات آن از اسلیتها و ماسه سنگهای قدیمی تر از تریاس است.

بر روی کنگلومرای قاعده، یک واحد دولومیت ماسهای زرد رنگ (K2) قرار دارد که ضخامت آن متغیر بوده و حداکثر به ۱۲۰ متر می سد. بر روی این دولومیتها، آهکهای ضخیم لایه خاکستری حاوی اوربیتولین فراوان (K3) قرار می گیرند. آهکهای ضخیم لایه توسط تناوبی از آهک، شیل و آهک مارنی (K4) پوشیده می شوند که بر روی آنها یک واحد آهک نازک لایه (K5) قرار می گیرد که ارتفاعات جنوب و غرب حوضه را تشکیل می دهند. رسوبات آبرفتی کواترنری نیز سطح دشت را فرا گرفته است (Zahedi, 1975).

لازم به ذکر است تا شعاع ۱۰ کیلومتری کانسار، توده نفوذی مشاهده نشده است (شکل ۳). سنگ میزبان دارای پتانسیل مادهٔ معدنی اعم از رگهای و همچنین افقهای کم عیار، از جنس دولومیت و آهک دولومیتی است. از آنجا که تمرکز ماده معدنی پرعیار در محل شکستگیها و گسلها است، بنابراین عامل ساختاری بعد از عامل چینهنگاری به عنوان عامل مهم کنترل کنندهٔ کانیسازی در نظر گرفته میشود. گسترش کارهای معدنی انجام شده در محدودهٔ ۳۰۰×۲۰۰ متر است ولی زون کانیسازی به صورت یک افق حاوی لکههای قرمز رنگ هماتیتی در طول بیش از ۲ کیلومتر به سمت غرب و شرق و شمال کانسار گسترش دارد که بخش کوچکی از آن برداشت شده است. به موجه به میزان برداشتهای انجام شده و باطلههای بیرون آورده شده از داخل تونلها، کانسار میبایستی ذخیره بالایی داشته باشد که بخش زیادی از آن تا اعماق ۱۵۰–۱۰۰ متری استخراج شده و بخش باقیمانده آن نامشخص است (شکل ۴).

#### زمين شناسى ساختارى منطقه معدنى

ساختمان عمومی کانسار به صورت یک تاقدیس با روند شمال <sup>–</sup>غرب-جنوب<sup>–</sup>شرق است که دامنه شمالی آن با یک گسل موازی محور تاقدیس، قطع شده است. روند عمومی لایه حاوی کانه سازی شمال غرب-جنوب شرق و شیب آن به سمت جنوب غرب است و به نظر می رسد در دامنه جنوبی در زیر آبرفت قرار داشته باشد. بنابراین می توان در بخش جنوبی کانسار و در زیر آبرفت ها انتظار کانی سازی پنهان را داشت. شکستگی های سراسری تراستی به موازات این روند به نام گسل شازند شکستگی های سراسری تراستی به موازات این روند به نام گسل شازند (۱۴۵ میلومتر و دارای شیب و امتداد ۲۰-۶۰/۳۲۰ از شازند تا شمال غرب نجف آباد ادامه دارد (شکل ۲). افزون بر شکستگی <sup>–</sup>های نام برده، سیستم شکستگی های شمال غربی – جنوب شرقی، شمالی – جنوبی و شمال شرقی – جنوب غربی نیز منطقه را دگرریخت کرده است. نمودار گل سرخی تهیه شده بوسیله نرم افزار Dips مربوط به امتداد ۲۸ گسل و شکستگی فرعی در محل کانسار در (شکل ۵–الف) نشان داده شده است.



## مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته



شکل ۲. نقشه زمین شناسی کانسار خانه سورمه در شمال غرب نجف آباد، به نقل از نقشه ۱:۱۰۰۰۰ نجف آباد (Zahedi, 1975). موقعیت کانسار متروکه سرب و روی خانه سورمه و محل برداشت پروفیلها در نقشه مشخص است.



شکل ۳. ستونهای چینه شناسی برداشت شده از کانسار خانه سورمه (موقعیت در شکل ۳ نشان داده شده است).

در کانسار خانه سورمه گسلی به طول تقریبی ۲ کیلومتر واحدهای آهکی-شیلی کرتاسه را قطع کرده است که با توجه به تصاویر ماهوارهای میتوان ادامه آن را به سمت شمال در واحدهای تریاس نیز مشاهده کرد. در طول این گسل حفاریهای قدیمی صورت گرفته است که نشان میدهد این گسل یکی از فاکتورهای تجمع ماده معدنی بوده است.

مشخصات صفحه گسل خانه سورمه ۳۴۰٬۷۰ است. شواهد روی سطح این گسل نشان دهنده دو حرکت آن در زمانهای مختلف است. حرکت اول این گسل به صورت شیب لغز و با سازوکار نرمال و حرکت دوم با توجه به ریک

۴۰ درجهای، امتدادلغز چپگرد بوده است (ناکینی، ۱۳۹۲). گسل های نرمال در محدوده کانسار دارای دو روند اصلی ۱) شمال شرق- جنوب غرب با امتداد NASE و ۲) شمال غرب- جنوب شرق با امتداد کلی N35E که با گسل های تراستی منطقه انطباق خوبی را نشان می دهد. بخش عمده کانی زایی های سرب و روی در این منطقه با گسل های نرمال و تراستی با روند شمال غرب- جنوب شرق همراه است. علاوه بر آن کانه زایی در گسل های عادی با روند گسی عادی با روند شماهده می شود (شکل ۵-ب).

## مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته



پاییز ۹۴، شماره ۱۷



شکل ۴. تونل های حفر شده در واحدهای دولومیتی کانسار خانه سورمه (دید به سمت جنوب غربی).



شکل ۵. الف- روند گسلها و شکستگیهای کانسار خانه سورمه بر روی نقشه مشخص شده است (برگرفته از نقشه ۱:۱۰۰۰۰ نجفآباد، Zahedi, 1975. نمودار گل سرخی تهیه شده امتداد گسلها و شکستگیها را نشان میدهد. ب- نمای کلی از قسمت شمالی کانسار، قسمت اعظم ماده معدنی در این بخش همراه با سنگ میزبان دولومیتی در محل گسل خوردگیها دیده میشود.

#### کانیشناسی، دگرسانی و توالی پاراژنز

در محدوده مورد مطالعه ماده معدنی به طور عمده در سطح به حالت نواحی دگرسان شدهای به رنگ زرد تا لیمویی در سنگ آهکهای دولومیتی شده گسترش یافته است. این نوار همواره بر روی بالاترین لایههای سنگ آهک درون دولومیتها و آهکهای دولومیتدار و در زیر مارنها قرار دارد. در قسمتهایی که نوار کانهدار در سطح زمین رخنمون دارد، دگرسانی سبب اکسیده شدن سولفیدهای موجود در آن شده است. کانیسازی در محدوده مورد مطالعه به صورت چینه کران است و به توالی کرتاسه پایینی محدود می-شود. در منطقه مورد مطالعه دگرسانی عمدتاً از نوع برش انحلالی ریزشی سنگ میزبان، دولومیتی و سیلیسی شدن است که در زیر به توضیح آنها پرداخته میشود:

برش انحلالی ریزشی: برش انحلالی ریزشی رایج ترین دگرسانی مشاهده شده در محدوده کانسار خانه سورمه است. این فرآیند نتیجه واکنش-های تولیدکننده اسید است که عموماً مرتبط با امتزاج سیالات است (Corbella et al., 2004). مهمترین عامل ایجاد کننده اسید امتزاج سیالات غنی از گوگرد با یک سیال غنی از فلز و یا در مقادیر کمتر ناشی از کاهیده شدن سولفات در زون معدنی است (Leach et al., 2005).

**دولومیتی شدن**: دولومیت هیدروترمال در بیشتر کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته به صورت جانشینی سنگ میزبان، سیمان بین ذرات و

پرکننده منافذ و فضاهای خالی مشاهده می شود. این دولومیت ممکن است قبل، همزمان و یا بعد از مرحله اصلی کانهزایی ایجاد شود و معمولاً با مقادیر بسیار کمی سولفید همراه است. در منطقه مورد مطالعه دولومیتهای هیدروترمالی ایدیوتوپیک-C و گزنوتوپیک-C همراه با کانههای سولفیدی ریز بلور در محل کانسار و بدون کانههای سولفیدی در فواصل دورتر از کانسار (فاصله ۲ کیلومتری) مشاهده می شوند (شکل ۳، نیمرخ شماره ۱).

**سیلیسی شدن:** سیلیسی شدن سنگ بستر کربناته در کانسار مورد مطالعه به ندرت دیده می شود. سیلیس هم به دلیل انحلال همزمان کربنات در سنگ میزبان تشکیل یافته است و هم در حفرهها، شکستگیها و فضاهای باز تهنشین شده است.

کلسیت میکریتی فسیلدار، رگههای کلسیت اسپاریتی، دولومیت گزنوتوپیک-A یا دولومیکرایت، ایدیوتوپیک-P، ایدیوتوپیک-S، ایدیوتوپیک-C و گزنوتوپیک-C یا زین اسبی، همراه با ذرات کوارتز آواری پراکنده در ماتریکس و جای گرفته در حفرات و شکستگیها، از کانیهای سازنده سنگ میزبان کانسار سرب و روی خانه سورمه است (شکل ۶). دولومیتهای منطقه مورد مطالعه از نوع آهندار هستند و پس از رنگ آمیزی با آلیزارین رد اس و فروسیانید پتاسیم رنگ آبی تیره به خود میگیرند. دولومیتهای سیمانی (ایدیوتوپیک-C) همزمان با ماده معدنی توسط محلولهای هیدروترمالی تشکیل شده است.



مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته



شکل ۶ الف- تصویر میکروسکوپی دولومیتهای خیلی ریز تا ریزبلور (دولومیکریت)، نمونه PPL، فلشها کانی کوارتز را نشان میدهد؛ ب- دولومیتهای شکلدار ریز بلور تا متوسط بلور همراه با زونبندی در زمینه کلسیت اسپاری، نمونه S125، PPL؛ ج- دولومیتهای متوسط بلور نیمه شکلدار متراکم، نمونه S102، PPL؛ د- دولومیتهای درشت بلور حفره پرکن (سیمان دولومیتی)، نمونه S105، XPL، دولومیتهای درشت بلور شکلدار دارای خاموشی مستقیم تا موجی هستند؛ ه- دولومیتهای زین اسبی یا باروک، نمونه S141، PPL، مرزهای انحنادار و شمشیری بلورهای دولومیت با علامت فلش مشخص شده است.

> بر اساس مطالعات انجام شده کانههای فلزی هیپوژن موجود در کانسار خانه سورمه شامل گالن، اسفالریت، تنانتیت، پیریت، کالکوپیریت و کانههای سوپرژن سروزیت، آنگلزیت، کوولیت و مالاکیت است (شکل ۷).

> **گالن**: گالن به عنوان مهمترین فاز سولفیدی کانیسازی در کانسار خانه سورمه غالباً به صورت شکلدار، تودهای و بی شکل ریز، متوسط و درشت بلور (۱/۰ میلیمتر تا ۱ سانتیمتر) مشاهده می شود. نسل اول گالن به صورت بلورهای خودشکل تا نیمه خودشکل است و تماماً درون آهکها و دولومیت-های هیدروترمالی ایدیوتوپیک-C و گزنوتوپیک-C جای گرفتهاند، اندازه بلورها ریز است (۱/۰ تا ۱/۰ میلیمتر) و نسبت به دولومیتهای همزمان خود رشد تماسی نشان می دهند و ظاهراً پیش از شکل گیری نسل دوم گالن ایجاد شده-اند. نسل دوم گالن به صورت بلورهای بی شکل و تودهای به صورت تراوشی و بافت پرکننده فضای خالی درون رگههای کلسیتی و بین بلورهای کلسیت و قطعات برشی شده دولومیتها و کلسیت رگهای نفوذ کرده و آنها را در بر گرفته است.

> اسفالریت: در کانسار خانه سورمه، میزان روی (Zn) و متعاقب آن، درصد فراوانی اسفالریت بسیار پایین است و در نمونه دستی دیده نمی شود. فقط در چند نمونه محدود اسفالریت همراه گالن نسل دوم در مقاطع صیقلی قابل مشاهده است.

> تنانتیت: تنانتیت به عنوان کانی سولفوسالتی حاوی آرسنیک در کنار مجموعه کانی های گالن، کالکوپیریت و پیریت در مقاطع صیقلی مشاهده می شوند. تنانتیت اغلب به صورت ادخال های ریز در گالن پراکنده است.

> پیریت: پیریت ها ریز بلور هستند و به صورت بلورهای منفرد خودشکل تا نیمه خودشکل، درون رگه های کلسیتی و شکستگی ها (همراه با کانه زایی یا بدون کانه زایی)، درون آهک ها، دولومیت ها و شیل های منطقه مشاهده می شود. در اغلب موارد بلورهای پیریت خرد شده هستند و این خردشدگی احتمالاً ناشی از فرآیندهای برشی شدن است که طی مرحله اصلی کانه زایی ایجاد شده است.

**کالکوپیریت:** کانی سازی کالکوپیریت تنها در زون کانه دار مشاهده

می شود و میزان فراوانی آن پایین است. کالکوپیریت در چند نمونه به صورت ادخال-های با اندازه ۱/۵ تا ۱۸ میلیمتر به صورت بلورهای بی شکل تا نیمه شکل دار در میزبان گالن قابل مشاهده است، همچنین در مواردی درون رگه های کلسیت و دولومیت حضور دارند.

**سروزیت:** سروزیت به صورت ثانویه از هوازدگی بلورهای گالن تشکیل می شود و حاصل اکسیداسیون کربنیک گالن در یک محیط قلیایی است. سروزیت در فضاهای خالی بخصوص حواشی گالن و محل رخ های آن به صورت بی شکل و گاهی با بافت لایه ای ایجاد می شود.

**آنگلزیت:** آنگلزیت به ندرت در محدوده کانی سازی دیده می شود. با توجه به این که آنگلزیت در اثر اکسیداسیون گالن در محیط اسیدی تشکیل می شود، نادر بودن آن معرف غلبه محیط ته نشست قلیایی در منطقه است.

**کوولیت:** کوولیت اغلب در حاشیه گالن دیده می شود. با توجه به اینکه بقایای کالکوپیریت به همراه کوولیت دیده نشده است، نشان می دهد که مقدار اندک کالکوپیریت تماماً تحت تأثیر غنی سازی سوپرژن به کوولیت تبدیل شده است.

**مالاکیت:** در این کانسار کانی ثانویه مالاکیت به وفور در دپوهای اطراف کانسار دیده می شود که نشان دهنده تشکیل این کانی در سال های اخیر تحت تأثیر فعالیت های جوی است.

براساس بررسی های صحرایی، میکروسکوپی و آزمایشگاهی، کانی های باطله شامل کلسیت های درشت بلور و سفید رنگ رگه ای، دولومیت های سیمانی، کوارتز، مسکویت و باریت است.

بطور کلی با توجه به شواهد ذکر شده و مطالعات کانه زایی در کانسار خانه سورمه حداقل می توان سه مرحله کانی سازی به شرح زیر تشخیص داد که مراحل آن در شکل (۸) آمده است. مراحل کانی سازی عبارت است از:

۱- مرحله پیش از کانی سازی شامل رسوبگذاری سنگ های آهکی میکرایتی و آهک های فسیل دار، تشکیل میکرودولومیت، دولومیت ایدیوتوپیک-P، ایدیوتوپیک-S، رگه های کلسیت نسل اول، پیریت، کوارتز در مرحله دیاژنزی.

مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته





شکل ۷. الف- گالن اولیه ریز بلور افشان در زمینه دولومیتی، نمونه PPL، S137 ب- اسفالریت، نمونه S114، S12 ج- ادخالهای ریز تنانتیت درون گالن، نمونه PPL، S137 پیریتهای افشان در زمینه دولومیتی، نمونه S140 به - اسفالریت، نمونه S140، مواه S140 ج- ادخالهای ریز تنانتیت درون گالن، نمونه S143، S140 پیریتهای افشان در زمینه دولومیتی، نمونه PPL، S137 به - کالکوپیریت نیمه شکلدار در زمینه گالن، ، نمونه S140 و- کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 به S140 به حالهای ریز تنانتیت درون گالن، نمونه S140، S140 پیریتهای افشان در زمینه دولومیتی، نمونه PPL، S137 به حاله کالن، منونه S140 و- کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و PPL و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و PPL، زمان در زمینه دولومیتی، نمونه S140 و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و PPL، زمینه دولومیتی، نمونه S140 و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و د کالکوپیریت بی شکل در زمینه کلسیت، نمونه S140 و PPL، زمان و CV، در حاشیه بلورهای گالن، نمونه S140 و PPL، یا PPL، حاف و CV) در حاشیه کالن، نمونه S16 و PPL، و CV) با بافت شعاعی در زمینه دولومیت، نمونه S36 یا PPL، ی - مالاکیت (Mal) با بافت شعاعی در زمینه دولومیت، نمونه S36 یا PPL، ی - مالاکیت (Mal) با بافت شعاعی در زمینه دولومیت، نمونه S36 یا PPL، ی - مالاکیت با انعکاس داخلی سبز، همان نمونه، CV

۲- مرحله کانیسازی اپیژنتیک شامل مراحل اولیه و تأخیری است. دولومیتهای هیدروترمالی ایدیوتپیک-C، گزنوتوپیک-C و گالن نسل اول در مرحله اولیه و گالن نسل دوم، اسفالریت و کوارتز در مرحله تأخیری تشکیل

شدهاند. مجموعه کانههای هیپوژن پیریت، کالکوپیریت، تنانتیت و کانی باطله کلسیت در هردو مرحله تشکیل شدهاند.

۳- مرحله پس از کانهزایی همراه با مجموعه کانههای سوپرژن کوولیت، سروزیت، آنگلزیت، هیدروکسیدهای آهن از قبیل گوتیت، مالاکیت و ژیپس.

## مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته





شکل ۸. توالی پاراژنزی کانیها در کانسار خانه سورمه.

#### ژئوشيمى

به منظور دستیابی به خصوصیات ژئوشیمیایی کانسار، نمونههایی از نیمرخهای برداشت شده انتخاب و پس از آمادهسازی، به روشهای دستگاهی ICP-MS (۲۱ نمونه در آزمایشگاه Acme کانادا)، ICP-OES (۱۶ نمونه در آزمایشگاه دانشگاه خوارزمی) و AAS (۶ نمونه در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران) مورد تجزیه قرار گرفت. نتایج به دست آمده با استفاده از نرم افزار SPSS مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. به منظور بررسی همبستگی آماری بین متغیرهای کانهساز از ماتریس همبستگی رتبهای

پیرسون استفاده شد. سرب به عنوان عنصر اصلی کانهساز با اغلب عناصر کانسنگ دارای همبستگی متوسط تا بالا بوده و بالاترین میزان همبستگی آن با عناصر کادمیوم (۰/۶۲)، آهن (۰/۵۸) و روی (۰/۵۴) است. همبستگی روی با کادمیوم (۰/۸۲)، نقره با آنتیموان (۰/۹۵) و نقره با آرسنیک (۰/۸۰) است (جدول ۱). علاوه برآن برای شناخت ارتباط ژنتیکی میان عناصر، از روش آماری چند متغیره آنالیز خوشهای استفاده شد که بر اساس این نمودار (شکل ۹)، متغیرهای ژئوشیمیایی در کانسار خانه سورمه به چهار گروه اصلی زیر قابل تقسیماند:

جدول ۱. ماتریس ضرایب همبستگی پیرسون برای ۲۳ عنصر اصلی، فرعی و جزئی در کانسار سرب و روی خانه سورمه.

	Мо	Cu	Pb	Zn	Ag	Ni	Co	Mn	Fe	As	Sr	Cd	Sb	٧	Ρ	Mg	Ba	AI	Na	к	Sn	La	Yb
Мо	١																						
Cu	۰.۸۳	١																					
Pb	۴۸. •	٠.۴٠	١																				
Zn	۰.۰۵	٠.٠١	۰.۵۴	١																			
Ag	۰.۱۵	•.••	۰.۲۷	-•.11	١																		
Ni	۰.۸۰	۰.۷۲	۰.۳۶	-•.14	۰.۱۴	١																	
Co	۰.۷۸	۰.۷۱	۰.۳۲	-•.14	۰.۱۱	۰.۹۷	١																
Mn	-•.1٣	-•.1٣	۳۳. ۰	٠.۴٠	-•.14	-•.7۴	-•.٢٣	١															
Fe	٠.١٠	۰.۱۱	۵۵.۰	•.۴۲	-•.•٣	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۹۱	١														
As	۳۳. ۰	٠.٢٠	۰.۳۹	۰.۲۳	۰ ۸. ۰	۰.۱۳	۰.۱۰	-•.۲۴	-•.18	١													
Sr	-•.۴۹	• ۳.	-•.99	۰.۰۹	-•.•۴	-•.۴۹	-•.۴۷	۰.۵۲	-•.99	۰.۰۶	١												
Cd	۰.۲۶	۰.۲۳	• .97	۲۸.۰	۰.۳۵	۰.۰۵	۰.۰۶	۰.۳۱	۰.۴۵	۸۵. •	-•.17	١											
Sb	۳۱.	۰.۲۴	۳۴.	-•.•γ	۰.۹۵	٠.٢٢	۰.۱۹	-•.11	۰.۰۴	۰.۸۲	<u>-</u> •.•۵	•.49	١										
۷	۰.۳۳	۰.۱۹	٠.٠٩	۸۳. ۰ -	۸۵. ۰	۴۸. •	۰۵۱	۰.۵۶	۱ ۳. • -	٠.۴٠	۰.۰۷	۳•.•۳	۵۵. •	١									
Ρ	۰.۳۱	۰.۰۷	۰.۰۶	-•.٣٢	۰.۵۴	۰.۵۴	۵۵. •	۰.۵۳	-•.٣٣	۰.۳۶	۰.۰۱	-•.•۶	۰.۴۵	•.94	١								
Mg	٠.٠١	۰.۰۷	۰.۵۴	۰.۳۹	۰.۱۰	۸۱. • -	-•.19	۰.۸۰	۰.۹۱	-•.•٣	-•.۴۲	۰.۵۱	٠.٢١	۳۲. ۰-	-•.٣۶	١							
Ba	-•.•۶	-•.•A	۵۲. ۰ -	۳۳. • -	۳۳. •	۰.۱۷	۰.۲۷	۸۵. •-	-•.۴۹	۰.۱۷	•.۴۳	۸۱. • -	۰.۲۵	۳۸. ۰	۰.٨٠	-•.۴۳	١						
Al	۰.۱۶	۰.۰۷	-•.•٩	-•.۴۳	•.۴۳	•.49	۰.۵۲	-•.99	۴۸.۰-	۰.۲۷	•.17	-•.19	۰.۳۵	۹۳. ۰	•.94	-•.۴٩	۰.۹۰	١					
Na	• .97	۶۹. ۰	۲۵. ۰	-•.14	۰.•۵	۹۳. ۰	•.97	-•.٢١	•.••	-•.•۴	۳۳. • -	۳•.•۳	۰.۰۳	۰.۳۶	•.۴۴	-•.۲۴	۰.۲۱	•.۴۳	١				
к	۰.۱۸	۰.۰۸	-•.•Y	-•.۴۳	•.49	۴۸. •	۰.۵۳	۵۶. ۰-	-•.۴۶	۰.۲۸	•.14	-•.17	۰.۳۸	•.94	•.94	-•.۴۷	٩٨.٠	۱.۰۰	۰.۴۵	١			
Sn	۰.۳۰	۰.۱۱	۰.۲۳	٠.١٨	-•.19	۰.۳۶	۴۳.۰	٠.٢١	٠.١٠	-•.•۴	-٠.۵·	-•.•۵	۵۲. ۰-	-•.17	۰.۱۰	۵۲. ۰-	-•.•Y	•.••	•.۴۳	٠.٠١	١		
La	-•.۴۹	۳۳. • -	-•.۴٩	۰. <b>۰</b> ۵	-•.1٣	۵۴. • –	-•.٣٣	۳۷. ۰-	۰۵. ۰ –	٠.٠١	۰.۷۸	۰.۱۵	-•.19	۰.۲۱	۰.۱۳	۳۳. • -	• .94	•.٣۶	۸۲.۰-	۰.۳۲	-•.71	١	
Yb	-1.78	-•.٣٢	۴	•.٣٩	-•.79	۵۲. ۰ -	-•.1Y	• .79	-•.•٢	-•.17	-•.•)	-•.•٣	٨٩. •-	-•.41	-•.٢٣	-•.74	۴	-•.٢٢	9	-•.74	٠,۶٩	٠.٣٠	١



Dendrogram using Complete Linkage



شکل ۹. نمودار درختی آنالیز خوشهای عناصر اصلی، فرعی و جزئی کانسار سرب و روی خانه سورمه.

خوشه اول: این خوشه خود به دو زیر شاخه تبدیل می شود. زیر شاخه اول شامل عناصر منگنز، منیزیم، آهن که از مهمترین عناصر تشکیل دهنده سنگ میزبان آهکی و دولومیتی است. زیر شاخه دوم شامل عناصر روی، کادمیوم، سرب است که از مهمترین عناصر کانهساز در کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته هستند ( ;2005 Leach et al., 2005). راساس این خوشهبندی وجود دولومیت آهن-دار بخوبی نشان داده شده است که می تواند یک مدل ژنتیکی برای کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته باشد.

خوشه دوم: شامل عناصر قلع و ایتربیم است. این دو عنصر با روی همبستگی متوسطی دارند و با دیگر عناصر کانسنگساز رابطه بسیار ضعیفی دارند. به نظر میرسد این دو عنصر در شبکه کانیایی کانیهای دارای روی قرار می گیرند که تشخیص آن به تجزیه با الکترون میکروپروب نیاز دارد.

**خوشه سوم:** شامل عناصر استرانسیم و لانتانیم است. این دو عنصر در کربناتهای میزبان کانسنگ حضور دارند و همبستگی خوبی با یکدیگر دارند.

خوشه چهارم: شامل عناصر آلومینیم، پتاسیم، وانادیم، فسفر، باریم، نقره، آنتیموان، آرسنیک، نیکل، کبالت، سدیم، مولیبدن و مس است که به طور عمده در کانسارهای سرب و روی SEDEX ،MVT و سولفید تودهای تمرکز دارند (Berger, 2000; Sangster and Leach, 1995). این خوشه دارای سه زیر شاخه است. زیر شاخه اول شامل عناصر No، No، Co، in است که بیشتر در شبکه کانیایی کانیهای مس دار حضور دارند. زیر شاخه دوم شامل Sb، AS، است که احتمالا در کانی کالکوپیریت یافت می شوند. زیر شاخه سوم شامل As، Jo، Jo، و Ba است که همگی از اجزای فرعی سنگ میزبان کربناته منطقه هستند.

عناصر Pb, Sb, Ag, Zn, Cd که در خوشههای ۱ و ۴ نمایان شدهاند می توانند به عنوان ردیاب در اکتشافات ژئوشیمیایی برای کانسارهای کشف نشده مشابه کاربرد داشته باشند. این عناصر به عنوان عناصر اصلی و فرعی کانسارهای سرب و روی با میزبان کربناته محسوب می شوند ( Leach et al., 2001).

## تأثیر لایه شیلی و سنگ میزبان کربناته بر کانهزایی سرب و روی

با مقایسه مقدار سرب و روی نمونههای مورد مطالعه با متوسط مقدار سرب و روی زمینه در مقیاس جهانی در نمونههای شیلی (Pb=24ppm و Maynard, ) (Zn=20 و Pb=5ppm) و كربناتى (Zn=100ppm 1983) مشاهده می شود که مقدار سرب و روی در کلیه نمونه ها بالاتر از مقدار زمینه این عناصر در سنگهای کربناتی و شیلی است (جدول۲). شیلها تقریبا ۱۰ برابر مقدار زمینه سرب و حدود ۱/۵ برابر مقدار زمینه روی دارند. در حالیکه کربناتهای منطقه بیش از ۱۰ تا ۱۰۰ برابر مقدار زمینه سرب و بین ۲ تا ۶ برابر مقدار زمینه روی دارند. همانطور که نتایج تجزیه شیمیایی نشان می-دهد مقدار روی کمتر از حدی است که کانهزایی مستقل قابل توجهی را داشته باشد، مطالعات میکروسکوپی نیز آن را تأیید میکند. به طور کلی نمونههای کربناته ای که از نیمرخ ۴ و نزدیک به محل کانهزایی برداشت شده اند، حاوی مقادیر بیشتری سرب هستند که ممکن است تحت تاثیر فروشویی لایههای غني از ماده معدني اكسيدي و كربناتي باشد (قديمي ونباتيان، ١٣٩٣). با توجه به غلظت بالای عناصر سرب و روی در لایه شیلی تریاس فوقانی و توالی کربناته کرتاسه پایینی نسبت به حد زمینه این عناصر در مقیاس جهانی، احتمالاً لایه شیلی و توالی کربناته هر دو (بیشتر توالی کربناته) در تأمین این عناصر برای کانیسازی نقش داشتهاند.

#### سیالات در گیر

مطالعه میانبارهای سیال می تواند نقش مهمی در درک زایش کانسارها داشته باشد (لطیفی ساعی و همکاران، ۱۳۹۳) به همین منظور در این مطالعه ۶ مقطع دوبر صیقل از دولومیت هیدروترمالی، کلسیت رگه ی و کوارتز هم پاراژنز با کانه تزایی تهیه شد. در نهایت بدلیل ریز بودن سیالات، مطالعات سیالات درگیر بر روی تعداد ۱۷ سیال درگیر در ۲ مقطع دوبر صیقل در دانشگاه خوارزمی تهران با استفاده از میکروسکوپ ZEISS با عدسی شیئی Linkam و سکوی گرمایش-سرمایش Linkam مدل 000T و واحد کنترل کننده حرارتی 29 -TMSانجام شد. که نتایج حاصل در جدول (۲) آمده است.

میانگین Zn	میانگین Pb	روش تجزيه	حد زمینه استاندارد Zn	Zn (ppm)	حد زمینه استاندارد Pb	Pb (ppm)	محل برداشت نمونه	شماره نمونه	جنس نمونه
		ICP-MS	۱۰۰	۰۵.۰۵۰	74	178.08	نيمرخ ١	S۱۰۶	
	747.79	ICP-MS	۱	140.60	24	378.33	نيمرخ ١	SILY	*3
177.00		ICP-OES	۱۰۰	٢٣.٢٩	۲۴	149.77	نيمرخ ١	SIDY	لي
		ICP-OES	۱۰۰	184.84	24	866.74	نيمرخ ١	SIDA	
		ICP-OES	۲.	۲۸.۰۰	۵	144.00	نيمرخ ١	S۱۰۹	
		ICP-MS	۲۰	۵۵.۴۰	۵	۵۷.۹۱	نيمرخ ١	SIII	
		ICP-MS	۲۰	۹٨.١٠	۵	۵۷.۵۰۱	نيمرخ ١	SIIT	
		ICP-MS	۲.	184.00	۵	1.44.22	نيمرخ ١	SIIT	
		ICP-MS	۲.	۵۸.۹۰	۵	۲۰۷.۵۷	نيمرخ ١	SILV	
		ICP-MS ICP-MS	۲.	۵۸.۲۰	۵	۷۳۱.۹۴	نيمرخ ١	S۱۰۵	
			۲.	٧٢.٢٠	۵	۲۵۵.۱۹	نيمرخ ١	SITI	
		ICP-MS	۲.	97.00	۵	1784.74	نيمرخ ۴	SITT	
66 <b>X</b> 1	~~ · · ·	ICP-MS ICP-OES	۲.	۲۴.۵۰	۵	185.88	نيمرخ ۴	SITT	<u>کر</u>
77.1 A	F1 • .AQ		۲.	۶۱.۰۰	۵	49.00	نيمرخ ۵	S۵۶	
		ICP-OES	۲.	Y1.Y7	۵	571.88	نيمرخ ۵	Sav	5
		ICP-OES	۲.	90.04	۵	۸۸۳.۶V	نيمرخ ۵	SYT	
		ICP-OES	۲.	100.11	۵	488.88	نيمرخ ۵	Svv	
		ICP-OES	۲.	۱۳.۰۰	۵	1140	نيمرخ ۴	SIA	l
		ICP-OES	۲.	47	۵	۵۰.۰۰	نيمرخ ١	SITI	
		ICP-OES	۲.	۲۶.۰۰	۵	۵۳.۰۰	نيمرخ ۴	SITA	
		ICP-OES	۲.	49.00	۵	149.00	نيمرخ ۴	SITT	
		ICP-OES	۲۰	۲۷.۰۰	۵	۳۷۹.۰۰	نيمرخ ۴	Siai	

جدول ۲. مقادیر غلظت سرب و روی بر حسب ppm در شیلها و کربناتهای منطقه مورد مطالعه و مقایسه آنها با حد زمینه این عناصر در مقیاس جهانی (اقتباس از 1983). 1983).

برمبنای تقسیم بندیهای متداول ( New Shepherd et )، سیالات درگیر از نوع دو فازه مایع+گاز با فاز غالب مایع هستند و فاز جامد مستقل در آنها مشاهده نشد. علاوه بر آن حجم زیادی از سیالات ثانویه و ثانویه کاذب نیز در ابعاد زیر ۵ میکرون در نمونهها تشخیص داده شد که بیشتر به صورت تک فازه مایع و تک فازه گاز هستند (شکل ۱۰). FLINCOR همچنین به منظور رسم ایزوکرهای PVTXاز نرم افزار FLINCOR) و (P) و (P) استفاده شد. مطالعات بر روی سیالات درگیر اولیه (P) و در در مواردی ثانویه کاذب (Ps) مطالعات بر روی سیالات درگیر اولیه (P) و در مواردی ثانویه کاذب (Ps) در کانیهای کلسیت و دولومیت هیدروترمالی انجام شد. سیالات درگیر اندازه گیری شده به شکلهای بیضوی، کروی، نیمه شکلدار و بیشکل با اندازه ۵ تا ۱۸ میکرون و بطور میانگین ۲ میکرون هستند.



شکل ۱۰. سیالات درگیر در بلورهای کلسیت و دولومیت کانسارخانه سورمه؛ الف) سیال اولیه دوفازی با فاز غالب مایع، ب) سیالات تک فازی مایع، ج) سیالات ثانویه که مرز بلور را قطع کرده است، د) سیالات کشیده، بیشکل و کروی شکل.

## مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته

انتكاد شهيدجمران إبواز

با توجه به دادههای بدست آمده از مطالعات میکروترمومتری سیالات درگیر، دمای همگنشدن نهایی از ۱۲۵/۶ تا ۲۷۴ درجه سانتیگراد متغییر است و بیشترین فراوانی در تغییرات دمایی ۲۱۰ تا ۲۴۰ درجه سانتیگراد مشاهده میشود (شکل ۱۱–الف). همچنین شوری سیالات درگیر نیز از ۴/۰۷۴ تا ۹/۵۸۳ درصد وزنی معادل نمک طعام متغیر است و بیشترین فراوانی در شوریهای ۲ تا ۸ درصد مشاهده میشود (شکل ۱۱–ب).

نسبت شوری به دمای همگن شدن برای کانیهای کلسیت و دولومیت هیدروترمالی در شکل ۱۲-لف نشان داده شده است. این نمودار نشان میدهد که دما و شوری دولومیتهای هیدروترمالی بیش از کلسیتهای رگهای است. از آنجا که کانهزایی در کانسار خانه سورمه طی دو فاز اولیه و تأخیری رخ داده

## پاییز ۹۴، شماره ۱۷

است، لذا دمای همگن شدن سیالات در دولومیتهای هیدروترمالی نشان دهنده دمای سیال در مرحله اول کانهزایی و دمای همگن شدن سیالات در کلسیتهای رگهای نشان دهنده دمای سیال در مرحله پسین کانهزایی هیپوژن است. با مقایسه روند شوری در مقابل دمای همگن شدن سیالات درگیر کانسار خانه سورمه با نمودار (Wilkinson, 2001)، (شکل ۱۲– ب) میتوان یک روند رقیق شدگی و اختلاط با آبهای سطحی را در سیالات کانهساز منطقه مورد مطالعه مشاهده کرد.



شکل ۱۱. الف- هیستوگرام دمای همگن شدن سیالات درگیر کانسار خانه سورمه. بیشترین دمای همگن شدن سیالات در محدوده ۲۴۰-۲۱۰ درجه سانتیگراد قرار گرفتهاند. ب-هیستوگرام شوری سیالات درگیر کانسار خانه سورمه. بیشترین شوریها در محدوده ۵-۴ و ۸-۷ درصد وزنی نمک طعام قرار گرفته است.



شکل ۱۲. نمودارهای دمای همگن شدن سیالات درگیر در مقابل شوری، الف) در کانسار سرب و روی خانه سورمه، ب) نمودار مرجع wilknson,2001 مقایسه این دو نمودار نشان میدهد که عامل رقیق شدگی سیالات هیدروترمال و درون حوضهای با آبهای سطحی، سبب کانهازایی کانسار سرب و روی خانه سورمه شده است.

#### چگونگی تشکیل کانسار

با توجه به مقایسه کانسار خانه سورمه با سایر تیپهای مختلف و با استفاده از نمودار (Wilkinson, 2001) و پیاده کردن شوری و دمای همگن شدن سیالات، کانسار خانه سورمه در محدوده کانسارهای تیپ دره می سی سی پی با میزبان کربناته قرار می گیرد. رخداد کوهزایی لارامید در ایران علاوه بر بستن نئوتتیس سبب ایجاد گسل های معکوس با مولفه کمی امتداد لغز راستگرد و اختلاف ارتفاع در زون سنندج- سیرجان نسبت به زون ایران مرکزی شده است (Mohajjel et al., 2003). شیب توپوگرافی مهمترین عامل حرکت حجم عظیمی از سیالات برای کانهزایی سرب و روی تیپ دره می سی سی پی است ( Mohajjel et al., 2003). شیب توپوگرافی مهمترین Leach et al., 2005, 2003, 2001; Appold) و به همین دلیل بسیاری

از کانسارهای این تیپ همزمان با فرآیندهای کوهزایی ایجاد شدهاند. در زون سنندج- سیرجان نیز مشابه دیگر کانسارهای MVT دنیا شیب توپوگرافی ایجاد شده در اوایل کوهزایی لارامید عاملی برای حرکت سیالات به سمت ارتفاعات کمتر و به درون رسوبات کرتاسه بوده است. چرا که رسوبات کرتاسه در این زمان در حال شکل گیری بوده و در ارتفاع بسیار کمتری نسبت به کوهزایی مجاور خود قرار داشته است.

در رسوبات کربناته کرتاسه زیرین، وجود رخسارههای کمعمق، رخساره-های عمیق فسیلدار و دولومیت پیش از کانهزایی سبب افزایش نفوذپذیری سنگ میزبان شده و لذا بخشی از سیالات هیدروترمال توانایی چرخش درون این ناحیه را داشتهاند. قسمت اعظمی از سیالات هیدروترمال نیز به حرکت خود در امتداد گسل ها ادامه داده تا به بخش های نفوذ ناپذیر و عمیق تر توالی کربناته کرتاسه (واحد K4) رسیده است. در قسمت های بالایی به دلیل عدم



مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته

نفوذپذیری سنگ میزبان و نبود دولومیت قبل از کانهزایی، سیالات هیدروترمال مواد محلول خود را درون گسل ها رسوب دادهاند. چرخش سیالات هیدروترمال کانهدار سبب ایجاد هاله های ژئوشیمیایی، بافت های جانشینی مواد معدنی به جای آهک فسیلدار، دولومیت میزبان و دولومیت هیدروترمال شده است. بنابراین می توان سنگ میزبان را در این ناحیه عامل مهمی در ایجاد شرایط قلیایی و پایین آوردن دما دانست.

شورابهای حوضه رسوبی ممکن است در اثر فشردگی رسوبات و یا فشارهای ناشی از کوهزایی، درون حوضه رسوبی به حرکت درآمده ( Graven and Freeze, 1984) و در امتداد گسلها و شکستگیهای موجود، به سمت بالا صعود کردهاند. همچنین آب جوی با آنها امتزاج یافته و از شوری آنها

## پاییز ۹۴، شماره ۱۷

کاسته است. منبع تأمین گرما هم احتمالاً گرادیان طبیعی زمین در خلال تکامل حوضه بوده است (Graven, 1985). محتوای فلزی این سیالات با شستشوی شیلهای تریاس فوقانی و به ویژه کربناتها بالا رفته، سپس کمپلکسهای فلزی حمل شده در اثر مخلوط شدن با آبهای جوی ناپایدار شده و فلزات رسوب کردهاند و کانیسازی درون گسلها و شکستگیها صورت گرفته است (شکل ۱۳). در ادامه فعالیتهای گسلی و تکتونیکی در این ناحیه، بخش های سطحی و کمعمق در معرض سیالات و شرایط جوی قرار گرفتند. حرکت این سیالات درون واحدهای کربناته و دولومیتی میزبان کانسار خانه سورمه سبب پراکندگی بیشتر عناصر کانهزا و دیگر عناصر همراه درون بستر کربناته شده و کانهزایی سوپرژن را در این ناحیه ایجاد کرده است.



شکل ۱۳. مدل تشکیل کانسار خانه سورمه. در مرحله اول که مرحله کششی بوده است، یونهای آزاد سرب و روی همزمان با کربناتها نهشته میشوند. در مرحله بعد که مرحله کوهزایی را نشان میدهد رسوبات از آب خارج شده و سنگ میشوند. مرحله سوم تشکیل کانسار در کوه خانه سورمه را نشان میدهد؛ بدین صورت که سیالات هیدروترمال از طریق شکستگیهای عمیق بالا آمده و با شورابههای میان لایهای که حاوی یونهای سرب و روی هستند مخلوط شده و پس از اختلاط با آبهای جوی سرد شده و کانسار نهشت یافته است.

مجله زمين شناسي كاربردي پيشرفته

# دانتگاه شهدتمران ابرواز

نتيجه گيرى

ویژگیهای سنگشناختی سنگ میزبان (سنگ آهکهای فسیلدار، آهک دولومیتدار و دولومیت) و وجود شکستگیهای مناسب برای عبور محلولهای کانهساز، از عوامل مهم تاثیرگذار در تشکیل کانسار خانه سورمه بوده است. همچنین فرآیندهای فیزیکی حاصل از عملکرد زمینساخت باعث برشی شدن و افزایش تخلخل شدهاند و زمینه را برای عبور محلولهای گرمابی و فرآیندهای شیمیایی و در نتیجه تهنشست کانسار مهیا کردهاند. کانیهای هیپوژن کانسار شامل گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و تنانتیت است و در کل پاراژنز سادهای را نشان میدهند. کانهزایی تماماً به صورت چینه کران بوده و اثری از کانهزایی چینه سان مشاهده نمیشود. کانه سازی هیپوژن در دو فاز اولیه و تاخیری رخ داده که در فاز اول همراه با دولومیتهای هیدروترمالی و فاز دوم همراه با رگههای کلسیتی بوده است. کانیهای باطله نیز شامل کلسیت، دولومیت و کوارتز هستند.

بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی و بررسی همبستگی عناصر موجود در کانسنگ، سرب به عنوان عنصر اصلی کانهساز با اغلب عناصر کانسنگ دارای همبستگی متوسط تا بالا بوده و بیشترین همبستگی آن با عناصر کادمیوم، آهن و روی است. همبستگی روی با کادمیوم، نقره با آنتیموان و نقره با آرسنیک نیز اهمیت بالایی دارد. با توجه به مقادیر بالای عناصر سرب و روی در لایه شیلی تریاس فوقانی (تقریبا ۱۰ برابر مقدار زمینه سرب و حدود ۱/۵ برابر مقدار زمینه روی) و کربنات های کرتاسه (بیش از ۱۰ تا ۱۰۰ برابر مقدار زمینه سرب و بین ۲ تا ۶ برابر مقدار زمینه روی) چنین نتیجهگیری می شود که مقدار سرب و روی از ابتدای رسوبگذاری در لایه کربناتی بالا بوده است. بنابراین لایه شیلی تریاس فوقانی و به ویژه توالی کربناته کرتاسه پایین در تأمین عناصر سرب و روی برای کانیسازی نقش داشتهاند.

با توجه به مطالعات میکروترمومتری انجام گرفته، دمای سیال کانهساز حدود ۲۱۰ تا ۲۴۰ درجه سانتی گراد و شوری آن حدود ۷ تا ۸ درصد وزنی معادل نمک طعام بوده است. شوری پایین سیال کانه ساز احتمالا به دلیل رقیق

## پاییز ۹۴، شماره ۱۷

شدگی و اختلاط با آبهای سطحی است. با مقایسه ویژگیهای کانسار سرب و روی خانه سورمه با کانسارهای گرمابی میتوان گفت کانسار مورد نظر از نوع دیاژنتیک تا اپیژنتیک است. شواهد زیر دیاژنتیک-اپیژنتیک بودن این کانسار را نشان میدهد: ۱) مطالعات صحرایی و نمونه دستی نشان میدهد که بین گسلها و کانهزایی ارتباط وجود دارد، زیرا کانیسازی پرعیار در ساخت رسوبی (مانند لایهبندی و لودکست) در ارتباط با کانیسازی دیده نشده است. ۳) دگرسانی دولومیتی موجب دولومیتی شدن سنگهای آهکی شده است. همچنین همراهی دولومیتهای زین اسبی با ماده معدنی نشانه اپیژنتیک بودن کانسار است. ۴) کانیسازی در ساختارهای تشکیل شده در زمان پس از رسوبگذاری و دیاژنز روی داده است. بافت کانسار به صورت پرکننده فضاهای خالی (حفرات، رگهها و رگچهها) رخ داده است.

تمامی شواهد زمین اختی، چینه شناسی و سن رسوبات، کانی شناسی، ژئوشیمیایی و میکروترمومتری کانسار خانه سورمه با کانسارهای تیپ دره می سی سی پی قابل مقایسه است و بر این اساس می توان این کانسار را از نوع کانسارهای MVT معرفی کرد. با توجه به شواهد موجود در ارتباط با شکل گیری کانسار خانه سورمه به طور خلاصه می توان گفت در اثر ایجاد اختلاف توپوگرافی ناشی از مراحل اولیه کوهزایی لارامید و فعالیتهای زمان کرتاسه میانی، حجمی از سیالات برای کانه زایی سرب و روی در زون سنندج-سیرجان و همین طور کانسار مورد مطالعه به طرف ارتفاعات کمتر و به درون رسوبات کرتاسه حرکت کرده اند و توسط گرادیان زمین گرمایی تبدیل به سیال ورود پیدا کرده و با سیالات درون حوضه ای مخلوط شده اند و در مسیر خود فلزات را از واحدهای مختلف رسوبی شسته اند و در نهایت احتمالاً طی ماده معدنی انجام شده است. این پژوهش نشان می دهد که در عمقهای بیشتر ماده معدنی انجام شده است. این پژوهش نشان می دهد که در عمقهای بیشتر در منطقه معدنی خانه سورمه می توان کانی سازی سرب و روی را دنبال کرد.

#### منابع

زمانیان، ح.، ۱۳۷۲، کانی شناسی، پاراژنز و نحوه تشکیل کانسار نقره و سرب آهنگران ملایر، پایان نامه کارشناسی ارشد، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۸۰ صفحه.

طاهریان، ع.ر.، ۱۳۷۲، بررسی تیپ، ارتباطات کانی شناسی، ژئوشیمیایی و ژنز احتمالی معدن سرب و روی انجیره تیران (غرب نجف آباد)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم تهران، ۲۹۰ صفحه.

قدیمی، س، نباتیان، ق، ۱۳۹۳، بررسی زمین شیمیایی معدن روی- سرب انگوران و اثرات فعالیتهای معدنکاری بر آلودگی منطقه، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۳، صفحه ۶۶-۵۶.

لطیفی ساعی، ف. میرنژاد، ح.، علیپور اصل، م.، نیرومند، ش.، ۱۳۹۳، بررسی کانی سازی طلا در سامانه رگهای دره زار در منطقه پاریز (استان کرمان) باتاکید بر مطالعات میانبارهای سیال و ایزوتوپ های گوگرد، مجله زمین شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۴، صفحه ۷۵-۶۵.

ناکینی، ع.، ۱۳۹۲، تحلیل ساختاری مناطق ایرانکوه و تیران (جنوب و غرب اصفهان)، پایاننامه کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس، ۱۸۰صفحه.

Appold, M.S., and Gruven, C., 1999. The hydrology of ore fonnation In the Southeast Missouri district: Numerical models of topography. driven fluid flow during the Ouachita orogeny, Economic geology. v. 94, p. 913-936.

Berger, B.R., 2000. Classification of mineral deposits. In: Seal II, R.R., Foley, N.K. (Eds.), Geoenvironmental Models of Mineral Deposits: U.S Geological Survey Open-File Report 02-195.

Brown P.E., 1989. FLINCOR: a microcomputer program for the reduction and investigation of fluid inclusion data. American Mineralogist, 74, 1390–1393.

Burnol, L., 1968. Contribution a l'etude des gisements de plomb et Zinc de l' Iran. Essais de classification paragenetique. Geological survey of Iran, report 11, Tehran.

Corbella, M., Ayora, C., and Cardellach, E., 2004, Hydrothermal mixing, carbonate dissolution and sulfide precipitation in Mississippi Valley-type deposits: Mineralium Deposita. v. 39, p. 344-357.



Cox, P., Singer, D.A., 1986. Mineral Deposit Model: U.S. Geological Survey Bulletin 1693. 379 p.

- Ehya, F., Lotfi, M. & Rassa, I., 2010, Emarat carbonate-hosted lead-zinc deposits, Markazi province, Iran: A geological, mineralogical and isotopic (S,Pb) study. Journal of Asian Earth Science ,37(2), pp. 186-194.
- Garven, G., 1985. The role of regional fluid flow in the genesis of the Pine Point deposit, Western Canada Sedimentary Basin: Economic Geology, v. 80, p. 307-324.
- Garven, G., and Freeze, R.A., 1984. Theoretical analysis of the role of groundwater flow in the genesis of stratabound ore deposits. 2. Quantitative results: American Journal of Science, v. 284, p. 1125-1174.
- Ghazban, F., McNutt, R.H. & Schwartz, H.P., 1994, Genesis of sediment-hosted Zn-Pb-Ba deposits in the Irankuh district, Esfahan area, west-central Iran. Economic Geology 89, 1262-1278.
- Graven, Y., Martin, A.-G., Baud, J.-P., Renault, T. & Gérard, A. 1998. Selecting the flat oyster Ostrea edulis (L.) for survival when infected with the parasite Bonamia ostreae. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 224: 91-107.
- Leach, D.L., Bechstadt, T., Boni, M., and Zeeh, S., 2003, Triassic-hosted MVf Zn-Pb ores of Poland, Austria. Slovenia and Italy, *In* Kelly. J.G., Andrew. C.J., Ashton, J.H., Boland, M.B., Earls, G., Fusciardi, L., and Stanley. G., eds., Europe's major base metal depoSits: Dublin, Irish Association for Economic Geology, p. 169-214.
- Leach, D.L., Bradley, D., Lewchuck, M.T., Symons, D.T.A., de Marsily, G., Brannon, J.C., 2001. Mississippi Valley-type lead-zinc deposits through geological time: implications from recent age-dating research. Miner. Deposita 36, pp. 711–740.
- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, G., Allen, C.R., Gutzmer, J., Walters, S., 2005. Sedimenthosted lead-zinc deposits: a global perspective. Economic Geology 100th Anniversary Volume. Society of Economic Geologists, Inc, pp. 561–607.
- Maynard, B., 1983. Geochemistry of Sedimentary Ore Deposits, speringer-verlag, New York Inc, 305p.
- Mohajjel, M., Fergusson, C.L., Sahandi, M.R., 2003. Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran. Journal of Asian Earth Sciences, 21(4), pp.397-412.
- Momenzadeh, M., 1976. Stratabound lead zinc ores in the lower Cretaceous and Jurassic sediments in the Malayer-Esfahan District (West Central Iran): Lithology, Metal content, Zonation and Genesis. PhD Thesis, University of Heidelberg, 300 pp.
- Nadimi, A., Konon, A., 2012. Strike-slip faulting in the central part of the Sanandaj-Sirjan Zone, Zagros Orogen, Iran, Journal of Structural Geology, 40, 2-16.
- Roedder, E., 1984. Fluid Inclusions, Mineralogical Society of America, Reviews in Mineralogy, v. 12, 644 p.
- Sangster, D., Leach, D.L., 1995. Evidence for a genetic link between SEDEX and MVT deposits. In: Leach, D.L., Goldhaber, M.B. (Eds.), Extended Abstracts, International Field Conference on Carbonate-hosted Lead–Zinc Deposits, St. Louis Missouri, June 1–4, pp. 260–263.
- Shepherd, T.J., Rankin, A.H. and Alderton, D.H.M., 1985. A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies, Glasgow, Blackie and Son, 239 p.
- Wilkinson, J.J., 2001. Fluid inclusion in hydrothermal ore deposits, Lithos 55, 229-272.
- Zahedi, M., 1975. Geological map of Najafābād, 1:100000, Geological Survey of Irān.