مراحل تشکیل و تکوین کانسار پلی‌متال لک بر پایه مطالعات سیالات درگیر، جنوب غرب بوئین زهرا، استان قزوین

زهرا گودرزی[۱*]، سیدجواد مقدسی، [۲] و حسن برزگر[۲]

۱-دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی ، دانشگاه پیام نورمرکز تهران
۲-استادیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، مرکز تهران

Zahra61.goodarzi@yahoo.com

دریافت: ۹۱/۷/۲۶ پذیرش: ۹۱/۱۲/۹

چکیده

کانسار پلی‌متال لک در ۳۶ کیلومتری جنوب غرب بوئین زهرا، در کمربند آتشفشانی ارومیه – دختر و در بخش غربی زون ایران مرکزی قرار دارد. بر اساس شواهد صحرایی و مطالعات سنگ‌شناسی، قدیمی‌ترین رخنمون‌های گستره مورد مطالعه را سنگ‌های آذرآواری – آتشفشانی ائوسن تشکیل می‌دهند. تنوع وسیعی از سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی- رسوبی، گدازه‌های آندزیتی، آندزیت بازالت، داسیت، تراکی آندزیت، توف‌ها و ایگنمبریت محدوده لک را در بر می‌گیرد. کانه‌سازی در منطقه به دو شکل هیپوژن گرمابی شامل گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت و کانه‌سازی سوپرژن شامل سروزیت، کالکوسیت، بورنیت و اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن (هماتیت و گوتیت) روی داده است. مهم‌ترین باطله‌های پرکننده فضاهای خالی شامل کوارتز شانه‌ای، باریت و سیلیس به صورت بافت‌های برشی، نواری، افشان و کلوفرم است. همراه با کانه‌سازی رگه‌ای، زون‌های دگرسانی سریسیتی، آرژیلیکی، کائولینیتی، سیلیسی و پروپیلیتی تحت کنترل فرآیندهای زمین‌ساختی و دگرسانی گرمابی تشکیل شده است. میانبارهای سیال کانی‌سازی پلی‌متال لک شامل فازهای مایع و گاز هستند. مطالعه میانبارهای سیال نشان داد که دمای یکنواختی آن‌ها بین ۱۶۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و میزان شوری آن‌ها بین۰/۷ تا ۱۶/۳۵ درصد وزنی معادل نمک طعام تغییر می‌کند. مقایسه دمای یکنواختی (Th) و شوری میانبارهای سیال منطقه مورد مطالعه با سایر کانسارهای هیدروترمال دنیا نشان می‌دهد که این کانسار از نوع اپی‌ترمال نوع سولفیداسیون پایین می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کانی‌سازی، سیالات درگیر، پلی‌متال، بوئین زهرا، لک

مقدمه

استان قزوین در دامنه‌های جنوبی سلسله جبال البرز قرار دارد و از نظر جغرافیایی تماما توسط کوه‌های مرتفع در برگرفته شده است، به طوری که از قسمت شمالی به ارتفاعات البرز مرکزی، غرب به ارتفاعات طارم و البرز غربی، ازسمت شرق به ارتفاعات طالقان و از جنوب به ارتفاعات بوئین زهرا محدود می‌گردد [۳]. منطقه قزوین که در دامنه‌های جنوبی البرز جای گرفته شامل مجموعه متنوعی از مواد معدنی مختلف شامل ذخایری از سیلیس، آلونیت (زاج سفید)، کائولن و خاک‌های صنعتی، زغال سنگ، گچ و نمک، سنگ‌های آهکی، سرب و روی، مس، منگنز، آهن، بوکسیت و باریت می‌باشد. سیلیس یکی از مواد معدنی فراوان در منطقه قزوین می‌باشد [۱۲].

کانسارهای سرب و روی ایران درون چند نوار مهم واقع شده‌اند: ۱) محور ملایر- اصفهان ۲) ناحیه ایران مرکزی: نواحی بافق، بهاباد- کوه بنان، پیرامون یزد، پیرامون کرمان۳) ناحیه البرز ۴) ناحیه خاور ایران و ۵) ناحیه آذربایجان [۱۰].

محدوده معدنی سرب و روی لک از لحاظ تقسیمات کشوری در استان قزوین و در ۳۶ کیلومتری جنوب باختری شهرستان بوئین زهرا و در ۲ کیلومتری شمال روستای لک واقع شده است. بر اساس اظهارات اهالی منطقه، در حدود ۳۰ سال پیش، از این کانسار، سرب و روی استخراج می‌گردیده است (شکل۱). این محدوده بین طول جغرافیایی ′۳۰ °۴۹ تا ′۱۵ °۵۰ خاوری و عرض جغرافیایی′۳۰ °۳۵ تا ′۵۰ °۳۵ شمالی محدود گردیده است. این منطقه بخشی از زون آتشفشانی ارومیه – دختر (تبریز - بزمان) به شمار می‌رود که به موازات زون سنندج – سیرجان امتداد دارد و به کمربند آتشفشانی ایران

مرکزی معروف است. ناحیه مورد مطالعه در زون فرعی آتشفشانی آوج- اشتهارد- رباط کریم قرارگرفته و موقعیت آن در نقشه ساختاری ایران [۲۸] و نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دانسفهان [۲] (شکل۲) نشان داده شده است.

منطقه پلی متال لک شامل سنگ‌های ولکانوژنیک است که بالغ بر صد کیلومتر مربع و به شکل یک مثلث می باشد و رأس آن به سمت شمال غرب قرار دارد. تنوع وسیعی از سنگ‌های آتشفشانی، آتشفشانی رسوبی، گدازه های آندزیتی و ریولیتی و توده‌های نفوذی دیوریتی - گرانیتی محدوده لک را در بر می‌گیرد. ماده معدنی اصلی معدن لک، گالن و باریت است. هم‌چنین مقداری اسفالریت، کالکوپیریت وکمی نقره و در محل رخنمون‌ها و پیرامون رگه‌ها، مقدار جزئی لیمونیت و پیریت یافت می شود [۱].

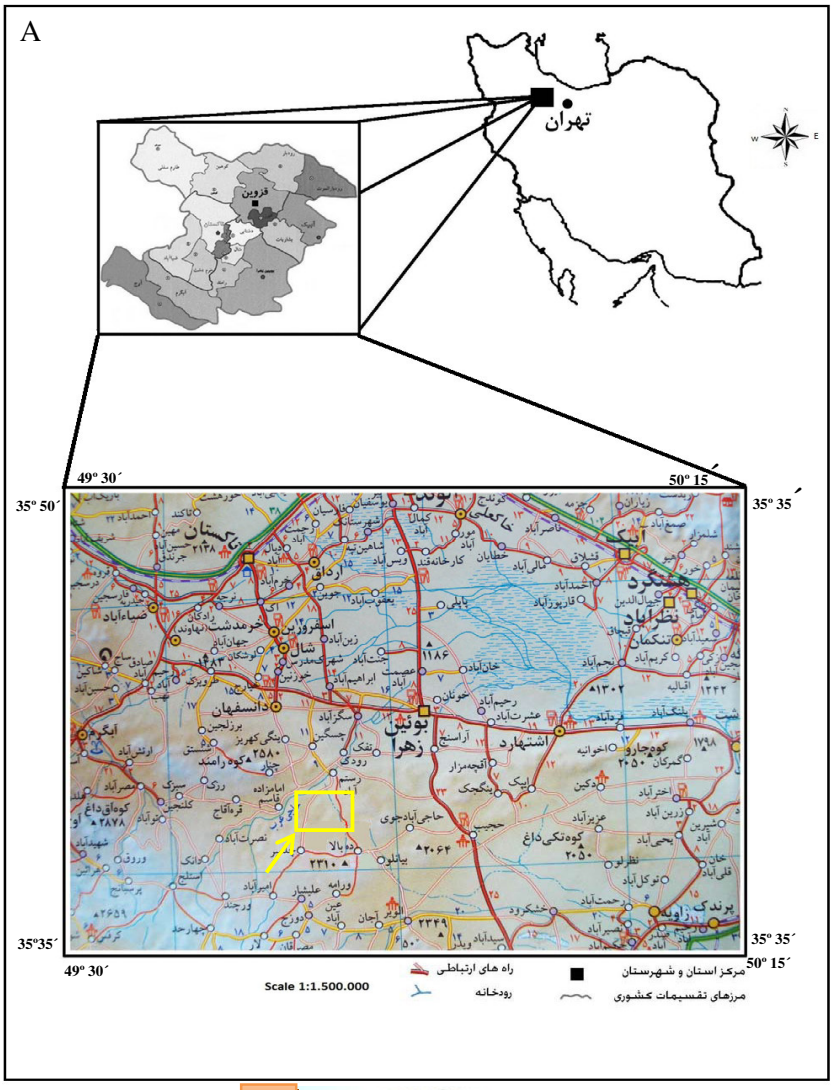
مطالعات زیادی بر روی منطقه مورد مطالعه در قالب نقشه، گزارشات، مقالات و پایان نامه تحت عنوان های: عوامل کنترل کننده کانسارزایی در ارتباط با فرآیندهای زمین‌شناسی منطقه لک مطالعه زمین شناسی و فرآیندهای کانه‌زایی منطقه لک واقع در جنوب بوئین زهرا [۸]. بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار پلی‌متال لک در سنگ‌های ولکانیکی جنوب غرب بوئین زهرا ، بررسی زمین‌شناسی اقتصادی، ژئوشیمیایی در معدن رگه ای پلی متال لک، جنوب استان قزوین (اکبری، ۱۳۸۷) و بررسی زمین‌شناسی و ارتباط ماگماتیسم وکانه‌زایی در کانسار لک، جنوب غربی بوئین زهرا (جعفری، ۱۳۷۴) صورت گرفته است. این محدوده در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ دانسفهان در غرب شهرستان بوئین زهرا [۲] و نقشه زمین شناسی چهارگوش ساوه، به مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ [۱۴] که از سوی سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور منتشر گردیده، قرار گرفته است. هم‌چنین مطالعاتی توسط شرکت پی جویان یزد و شرکت کاوش کانسار بر روی این منطقه صورت گرفته است.

هدف کلی این مطالعه، تعیین نوع کانی سازی روی داده در منطقه و نحوه تشکیل احتمالی کانی‌سازی در منطقه، بررسی دما و ترکیب سیالات کانی ساز و نحوه تکامل میانبارهای سیال در منطقه کانی‌سازی سرب و روی لک در جنوب غرب بوئین زهرا می باشد.

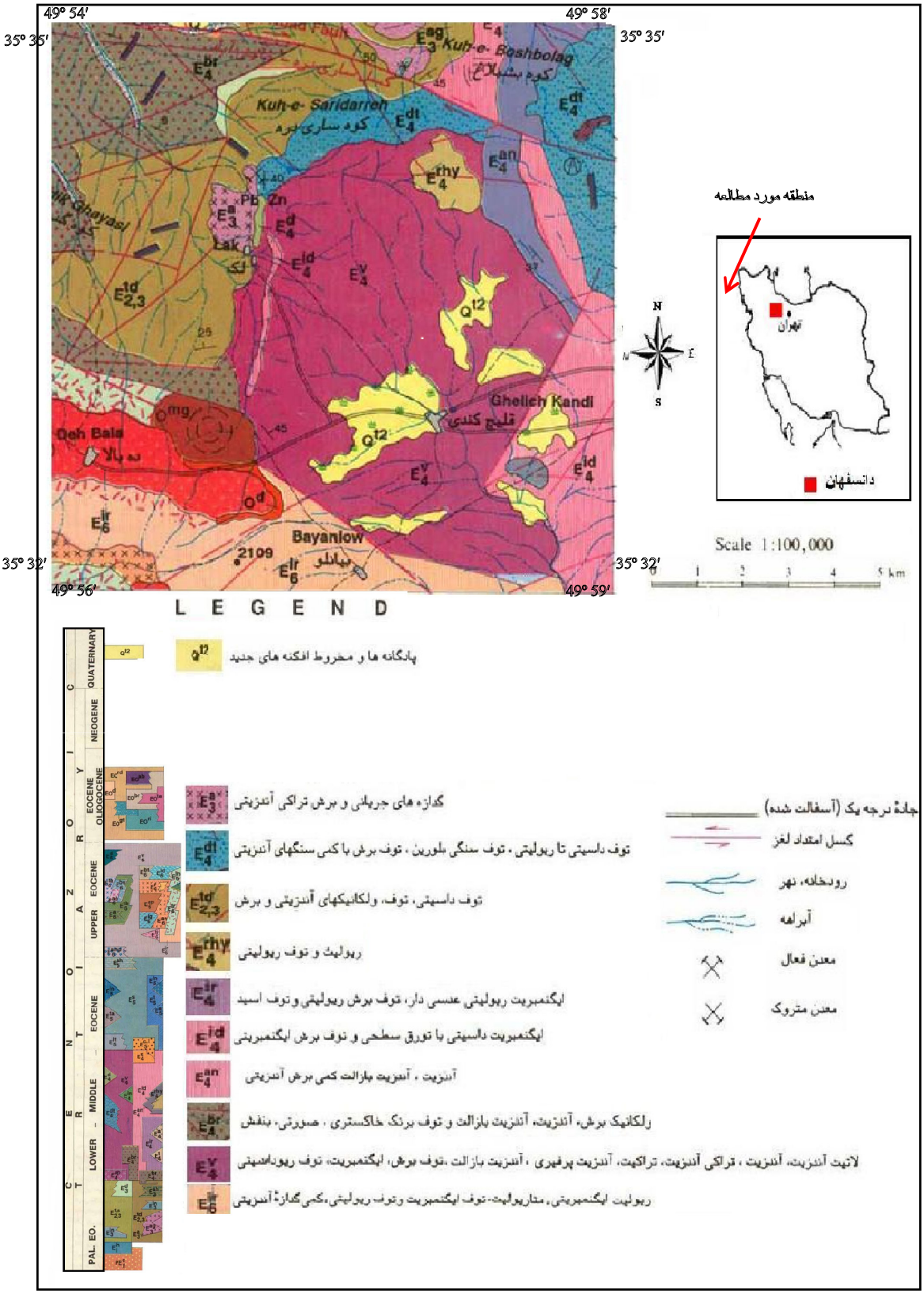
زمین شناسی عمومی منطقه:

ناحیه مورد مطالعه در ۱۳۵ کیلومتری غرب تهران و ۳۶ کیلومتری جنوب غرب شهرستان بوئین زهرا در محدوده ای با طول جغرافیایی ′ ۳۰ ° ۴۹ تا ′ ۱۵ ° ۵۰ و عرض جغرافیایی ′ ۳۰ ° ۳۵ تا ′ ۵۰ ° ۳۵ شمالی واقع شده است. از نظر تقسیمات زمین شناسی و دیدگاه متالوژنی در زون ماگمایی ارومیه - دختر قرار دارد و در بخش غربی زون ایران مرکزی واقع شده است [۴]. براساس ویژگی‌های مختلف تکتونیکی و سنگ‌شناسی، این محدوده درگوشه شمال غربی نقشه چهارگوش ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه قرار دارد [۲۰]. قدیمی‌ترین و فراوان‌ترین رخنمون‌های منطقه مورد مطالعه سنگ‌های آذرآواری - آتشفشانی ائوسن می‌باشند که شامل آندزیت، آندزیت بازالت، داسیت، تراکی آندزیت، توف‌ها و ایگنمبریت است. این رخنمون‌ها تحت تاثیر محلول‌های هیدروترمالی ناشی از توده نفوذی ساب ولکانیک منطقه (دیوریت پورفیری) قرار گرفته است. کانی سازی لک با کانه‌زایی رگه‌ای و سنگ میزبان آندزی بازالتی تا بازالت آندزیتی پورفیریتیک و برش‌های تکتونیکی همراه می‌باشد. در بخشی که معدن لک قرار دارد سنگ‌های آتشفشانی به سن ائوسن فراوان هستند که شامل سنگ‌های آذرآواری و گدازه است. سنگ‌های آتشفشانی ذکرشده در اثر فعالیت‌های تکتونیکی بعدی دچار شکستگی‌های فراوانی شده‌اند و با توجه به وجود یک توده نفوذی بزرگ و جوان به سن الیگوسن در شمال منطقه، به نظر می‌رسد محلول‌های هیدروترمال منشا" گرفته از آن توده نفوذی وارد گسل‌ها و شکستگی‌های سنگ‌های آتشفشانی در یک محیط کم فشار شده و حین کاهش دما موجبات کانی سازی سولفیدی در شکستگی‌ها را فراهم نموده است [۱۱].

بررسی رخنمون‌های موجود نشان داده است که در منطقه مورد نظر سنگ‌های قدیمی‌تر از پالئوسن وجود ندارد و عمده سنگ‌های منطقه از نوع آذرین هستند. عمده‌ترین فعالیت آتشفشانی ناحیه مربوط به ائوسن زیرین است [۲۰]. بیش‌ترین کانی‌سازی سرب و روی در منطقه لک منطبق بر بالاترین تراکم درز و شکستگی‌ها وگسل‌های منطقه است و وابسته به ساختار و نفوذپذیری ذاتی سنگ میزبان منطقه (آندزی بازالتی تا بازالت آندزیتی پورفیریتیک و برش‌های تکتونیکی) می باشد (شکل۲).



شکل۱:(A) موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه اکتشافی لک (B) نمایی از حجم عملیات استخراجی سطحی در محدوده معدنی لک در امتداد شمال شرقی- جنوب غربی.



شکل۲: نقشه زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه (بر مبنای نقشه ۱:۱۰۰.۰۰۰دانسفهان) [۲].

روش مطالعه

در این مطالعه ضمن بررسی صحرایی، از رگه‌های کانه سازی شده و سنگ میزبان نمونه‌برداری گردید. برای مطالعه کانه‌های سازنده کانسنگ ۱۵ مقطع صیقلی و برای بررسی کانی‌شناسی و دگرسانی سنگ میزبان ۲۰ مقطع نازک تهیه گردید. برای تکمیل نمودن مطالعات کانی شناسی نیز از آنالیز ۵ نمونه به روش پراش پرتوایکس استفاده شد.

برای انجام مطالعات میانبار سیال ۴ مقطع دو رو صیقلی از کانی‌های کوارتز شانه‌ای و باریت موجود در رگه‌ها تهیه و مطالعات پتروگرافی و میکروترمومتری میانبارهای سیال کانسار لک، در آزمایشگاه کانی‌شناسی مرکز تحقیقات و فرآوری مواد معدنی ایران به کمک صفحه گرم کننده و منجمد کننده (stage:THMS600) با مدل لینکام که بر روی میکروسکوپ Zeiss نصب شده است، صورت گرفت. دامنه حرارتی دستگاه ۱۹۶- تا ۶۰۰+ درجه سانتی‌گراد است. هم‌چنین این دستگاه مجهز به دو کنترل‌گر، گرمایش (TP94) و سرمایش (LNP)، مخزن ازت (جهت پمپ نیتروژن برای انجماد) و مخزن آب (جهت خنک کردن دستگاه در دمای بالا) است. جهت کالیبراسیون دستگاه از استانداردهای نیترات سزیوم و n هگزان استفاده گردید. میزان خطای اندازه‌گیری شده در هنگام گرمایش ۰/۶± سانتی‌گراد و به هنگام سرمایش ۰/۲± سانتی‌گراد تخمین زده شد.

پتروگرافی سنگ میزبان

سنگ میزبان اصلی کانی‌سازی در منطقه، سنگ‌های آتشفشانی متشکل از سنگ‌های آندزیت بازالتی، بازالت و تراکی آندزیت با بافت پورفیری با خمیره شیشه‌ای تا میکرولیتی هستند (شکل۳). دگرسانی‌های آرژیلیکی، سریسیتی، کلسیتی در سنگ میزبان دگرسان شده، مشاهده می‌شود. هم‌چنین مورفولوژی رگه‌های معدنی مطالعه شده در منطقه و جایگیری آن‌ها از گسل‌ها و سیستم‌های درز و شکاف‌های محلی پیروی می‌نماید که در اثر فرآیندهای تکتونیکی قبلی یا همزمان با پویایی محلول‌های کانه‌دار ایجاد می‌شوند. سنگ‌های آتشفشانی مربوط به دوران سوم بیش‌ترین رخنمون را در منطقه دارند و سنگ‌های قدیمی‌تر مربوط به کرتاسه و ماقبل آن در جنوب غرب منطقه یافت می‌شود [۲۰]. علاوه بر سنگ های آتشفشانی، وجود سنگ‌های نفوذی در جنوب منطقه لک در مناطق ده بالا، چلمبر، جنوب باغگرا و در شمال محدوده شامل توده‌های دیوریتی و گرانودیوریتی و گرانیتی از فعالیت‌های ابتدای الیگوسن می‌باشد که در سنگ‌های آتشفشانی قدیمی‌تر نفوذ کرده‌اند. مهم‌ترین تشکیلات سنگی موجود در محدوده معدنی لک را می توان در ۵ گروه قرار داد که شامل سنگ‌های آتشفشانی، پیروکلاستیک، واحدهای دگرسانی، رگه‌های معدنی و دایک‌های اسیدی منطقه می‌باشند [۸].

سنگ‌های آتشفشانی که بخش عمده منطقه را تشکیل می دهد به سن ائوسن و با ترکیب آندزیت، بازالت، آندزیت بازالت، داسیت تا ریولیت می‌باشند. برونزد سنگ‌های پیروکلاستیک در شرق و جنوب شرق منطقه می‌باشند و از لحاظ ترکیبی شامل توف‌های برشی و ایگنمبریت می باشند. واحدهای دگرسانی احاطه شده توسط واحدهای آندزیتی و توفیتی منطقه دارای ترکیب آرژیلیکی، سیلیسی، کائولینیتی، سریسیتی و پروپیلیتی می‌باشند. رگه‌های معدنی سرب و روی در داخل واحدهای آتشفشانی منطقه یافت می‌شوند. دایک‌های اسیدی منطقه به سن الیگوسن با ترکیب گرانودیوریتی و دیوریتی با روند کلی مشابه با روند رگه‌های معدنی منطقه می‌باشند. این دایک‌ها به صورت واحدهای نفوذی موازی در داخل واحدهای آندزیتی قرار دارند.

سیستم‌های گسلی و درز و شکاف بسان مجراهایی برای چرخش محلول‌های کانه‌ساز عمل می‌کنند و در نهایت محتوای این محلول‌ها تحت شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب در داخل این درز و شکاف‌ها و گسل‌ها نهشته شده و رگه‌های معدنی پرعیاری را ایجاد می‌کند. با توجه به مطالعه بافت و کانی‌شناسی سنگ میزبان و پی بردن به نوع دگرسانی آن، کانی‌سازی وابسته به شیمی سنگ دیواره نبوده است، در غیر این صورت کانی‌سازی، واحد سنگ‌شناختی خاصی را همراهی می‌کرد.

مینرالوگرافی

بر اساس مطالعات و شواهد صحرایی، کانه‌سازی در منطقه پلی‌متال لک به شکل رگه‌ای و رگچه‌ای صورت گرفته است. رگه‌های اصلی مطالعه شده در منطقه شامل رگه

های با روند شمال شرق - جنوب غرب و N45ºE به شماره‌های ۱ و ۲، رگه با روند شمال شرق - جنوب غرب و امتداد N52ºE شماره ۳ و رگه بزرگ دیگری با روند شرقی - غربی می‌باشد که مطالعات سنگ‌شناسی و کانه نگاری بر روی آن‌ها صورت گرفت (شکل۴A). کانه‌سازی در منطقه لک به دو شکل هیپوژن (گرمابی) و سوپرژن اتفاق افتاده است. کانی‌سازی در منطقه بیش‌تر از نوع هیپوژن است که دراثر نفوذ محلول‌های گرم و بالارو در واحدهای آتشفشانی و آتشفشانی - رسوبی منطقه رخ داده است. این کانی‌سازی شامل گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت به شکل رگه‌ای و رگچه‌ای می باشد.

این کانه‌ها تحت تاثیر آب‌های جوی متحمل فرآیند سوپرژن شده‌اند که خود در دو زون اکسیداسیون و احیا روی داده است. کانی‌سازی زون اکسیداسیون متشکل از کانی‌های سروزیت از دگرسانی گالن [۲۳]، اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن (گوتیت، هماتیت) و کانی های مشخصه زون احیا سوپرژن (غنی شده) شامل کالکوسیت به همراه پیریت و کالکوپیریت [۲۳]، بورنیت و کوولیت می‌باشد (شکل۴). کوارتز شانه‌ای با بافت تاج خروسی، سیلیس و باریت به عنوان مهم‌ترین باطله‌های پرکننده فضاهای خالی می‌باشند.

بارزترین سیماهای بافتی در منطقه، حضور بافت‌های اولیه به شکل رگه‌ای و رگچه‌ای (پرکننده فضاهای خالی و نشان دهنده محیط‌های آرام وکم فشار) شامل بافت‌های کلوفرم (قلوه‌ای) در گوتیت (شکل۵) و حاصل رشد متناوب گالن و سروزیت، افشان، نواری، جزیره‌ای، برشی و بافت‌های ثانویه شامل جانشینی (بافت ثانویه و حاصل دگرسانی)، جانشینی سروزیت به جای گالن در امتداد سطوح رخ، بافت جزیره‌ای (گالن برروی اسفالریت) و مارتیتی شدن حاصل جانشین شدن کانی مگنتیت به وسیله هماتیت در امتداد سطوح رخ بر اثر پدیده دیفیوژن یا انتشار[۱۳]، می باشد (شکل۵).

توالی پاراژنتیکی کانی‌ها

طبق بررسی توالی پاراژنتیک در منطقه پلی متال لک ۳ مرحله کانی‌زایی اصلی درتشکیل کانه‌ها و فرآورده‌های ثانویه آن‌ها شناسایی شد. کانی‌های شاخص مرحله اول کانه‌زایی عبارتند از: مگنتیت، پیریت و کالکوپیریت. کانه های مهم و شاخص مرحله دوم کانه‌زایی عبارتند از: گالن، اسفالریت، کالکوپیریت، کوارتز و باریت (کانی‌های گانگ) و به طور کلی کانی‌های شاخص مرحله سوم عبارتند از: سروزیت، کالکوسیت، کوولیت، بورنیت و اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن می‌باشند (شکل۶).

دگرسانی در منطقه مورد مطالعه

در منطقه معدنی لک پدیده‌های کانی‌زایی ارتباط مستقیم را با فرآیندهای دگرسانی (دگرسانی گرمابی) نشان می دهند. به طوری‌که در سنگ‌های میزبان آتشفشانی وجود سیستم‌های گسترده درز و شکاف (ناشی از نیروهای تکتونیکی) مجاری بسیار مناسبی برای عبور محلول‌های دگرسان‌ساز فراهم آورده‌اند که در نهایت نهشت کانه‌های معدنی به همراه گانگ‌های وابسته را سبب گشته است. انواع دگرسانی‌ها در محدوده اکتشافی شامل:

دگرسانی سریسیتی یا فیلیک: این دگرسانی در سنگ‌های آندزیتی و آندزیت بازالت منطقه، با منشا گرمابی و حاصل تخریب بلورهای فلدسپات به سریسیت [۲۷] به همراه دگرسانی کائولینیتی در منطقه مشاهده می‌شود. در این نوع دگرسانی سریسیت و کوارتز کانی غالب بوده و پیریت اغلب با آن‌ها همراه است[۵].

دگرسانی آرژیلیک: این دگرسانی دارای وسعت و گسترش زیادی بوده و بیش‌تر در ۲ کیلومتری شمال غرب و ۱/۵ کیلومتری جنوب اندیس سرب وروی لک قرار دارند که بخش شمال غربی محدوده لک، زون دگرسانی کائولینیتی نسبتا وسیع مشاهده می‌شود. کانی‌های رسی، پیریت و کالکوپیریت با این نوع دگرسانی یافت می شوند [۱۵].

دگرسانی سیلیسی: در گستره مورد مطالعه دگرسانی سیلیسی اغلب به شکل رگه – رگچه‌ای و خصوصا در سنگ میزبان کانسار لک، این نوع دگرسانی به خوبی قابل مشاهده است و وجود رگچه‌های کوارتز در این سنگ‌ها به آسانی قابل تشخیص است که درآن‌ها سیلیس به شکل کوارتز یا اشکال دیگر آن، توسط سیالات به شدت اسیدی (PH<2) به محیط اضافه شده [۲۹] و اصلی‌ترین کانی گانگ در این کانسار، کوارتز است. در منطقه مورد مطالعه گاهی نیز اکسید و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت)، یا

دگرسانی آرژیلیک (کائولینیت) و دگرسانی سریسیتی، دگرسانی سیلیسی را همراهی می‌نمایند. زون‌های سیلیسی نسبتا وسیع در۶ کیلومتری بخش‌های شمال شرقی اندیس لک با ضخامت ۳ تا ۴ متر به صورت رگه-های کوارتز شانه ای مشاهده می‌شود [۹].

دگرسانی پروپیلیتی: این دگرسانی با شدت کم در شمال محدوده معدنی مورد مطالعه دارای زون‌بندی کلریت و اپیدوت می‌باشد. وجود سریسیت وکلسیت در این نوع دگرسانی نشانه تشکیل در بخش‌های جانبی وکم عمق سیستم‌های ژئوترمال است [۳۱].

پدیده‌های دگرسانی ایجاد اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن: در محدوده اکتشافی کانی های آهن‌دار متنوع و فراوانی شامل هماتیت، گوتیت، مگنتیت، پیریت و کانی‌های مافیک آهن‌دار دارای تمرکز محلی می‌باشند. بیش‌تر آن‌ها در رابطه با هوازدگی واحدهای سنگی بوده تا در رابطه با سیستم‌های هیدروترمال و در محدوده اندیس سرب و روی لک اکسیدهای آهن دارای تمرکز محلی مشاهده می‌شوند.

رخداد کانی‌سازی سرب و روی در منطقه لک

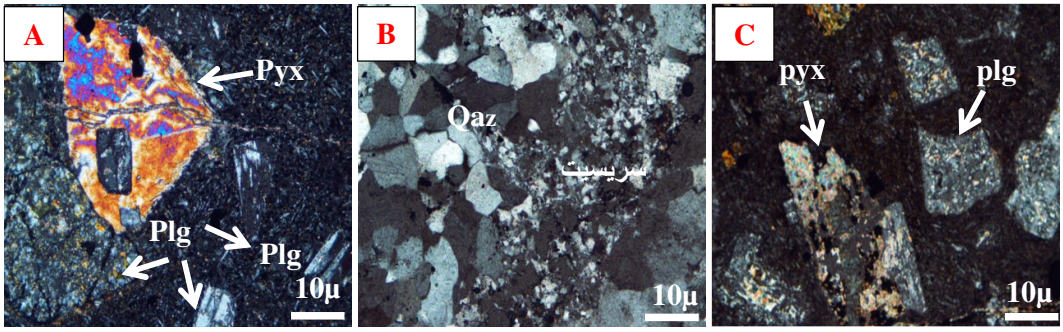
کانسار سرب و روی لک در ۲ کیلومتری شمال روستای لک واقع شده و بر اساس مشاهدات صحرایی جایگیری کانه‌ها در این کانسار در سیستم‌های درز و شکاف و گسل‌های محلی صورت گرفته است. به بیان دیگر مناطق معدنی و پرعیار کانسار فوق شامل رگه‌هایی هستند که در گسل‌ها و درز و شکاف‌های گسترده فوق ایجاد گشته‌اند.

با توجه به اینکه حرکت سیال کانه‌دار در زیرزمین توسط نفوذپذیری هدایت می‌شود، مطالعه ساختار گسستگی‌ها لازمه اکتشاف است. این موضوع به ویژه از آن‌جا که کانی‌سازی سرب و روی در لک نمونه‌ای از هدایت ساختاری و نهشت کانه در امتداد گسل است، از اهمیت بیش‌تری برخوردار می‌باشد و ما را به شناسایی محل نهشت کانسار رهنمون می‌سازد.

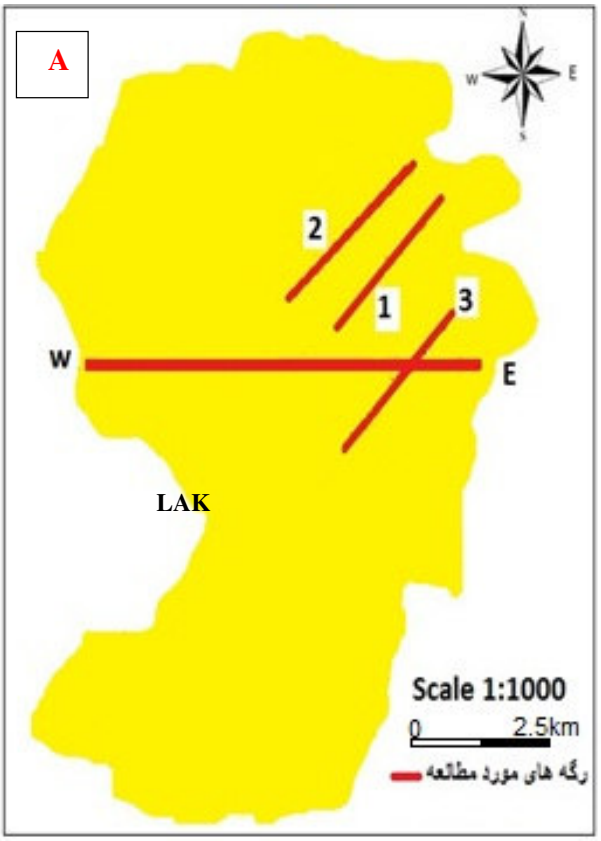
با وجود نفوذپذیری ذاتی سنگ میزبان، کانی‌سازی در لک با توجه به ماهیت لیتولوژیکی عمده آن (آندزیت تا آندزیت بازالت)، کم است. اما این سنگ‌ها در فشار و حرارت پایین شکننده بوده و به راحتی نفوذپذیری ثانویه را پذیرا شده‌اند. تقریباً تمامی مساحت این کانسار وابسته به هدایت کننده‌های ساختاری است. ساختارهای کانه‌دار در منطقه را می‌توان به عنوان شواهدی مبنی بر ارتباط تنگاتنگ ساختار و کانی‌سازی ذکر کرد. بررسی‌های انجام یافته حاکی از اهمیت نقش ساختارهای ثانوی و گسل‌ها در تعیین مکان کانی‌سازی سرب، روی و مس در کانسار لک می‌باشد که منجر به تشکیل کانسنگ رگه‌ای در منطقه شده است. به طور کلی می‌توان توالی رویدادهای منجر به کانی‌سازی در منطقه را به صورت زیر در نظر گرفت:

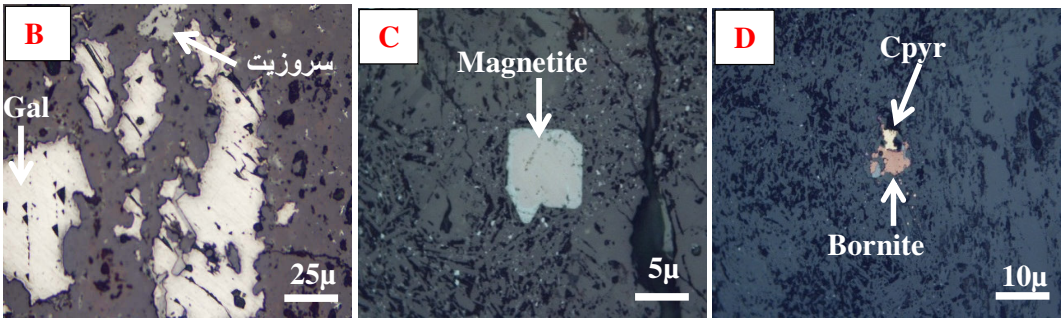
سنگ‌های آتشفشانی منطقه در اثر فعالیت‌های تکتونیکی دچار شکستگی‌های فراوانی شده‌اند و به نظر می‌رسد محلول‌های هیدروترمال منشا گرفته از توده نفوذی بزرگ و جوان به سن الیگوسن در شمال منطقه [۹] در یک محیط کم فشار وارد گسل‌ها و شکستگی‌های سنگ‌های آتشفشانی شده و با کاهش دما موجبات کانی‌سازی سولفیدی در شکستگی‌ها شده است. در منطقه مورد مطالعه قدرت پدیده‌های دگرسانی گاه به آن حد می‌رسد که کانی اولیه کاملا از بین رفته و تنها قالبی از آن باقی مانده که محصولات دگرسانی آن‌را اشغال نموده‌اند. در گستره مورد مطالعه پدیده‌های کانی‌سازی ارتباط مستقیم با فرآیندهای دگرسانی گرمابی نشان می‌دهند.

دگرسانی‌های آرژیلیکی، سریسیتی، کلسیتی درسنگ میزبان دگرسان شده، مشاهده می‌شود. با توجه به مطالب ذکر شده می‌توان نتیجه گرفت که سیستم‌های گسلی و درز و شکاف بسان مجراهایی برای چرخش محلول‌های کانه‌ساز عمل کرده و در نهایت محتوای این محلول‌ها تحت شرایط فیزیکوشیمیایی مناسب در داخل این درز و شکاف‌ها و گسل‌ها نهشته شده و رگه‌های معدنی پرعیاری را ایجاد می‌کند.

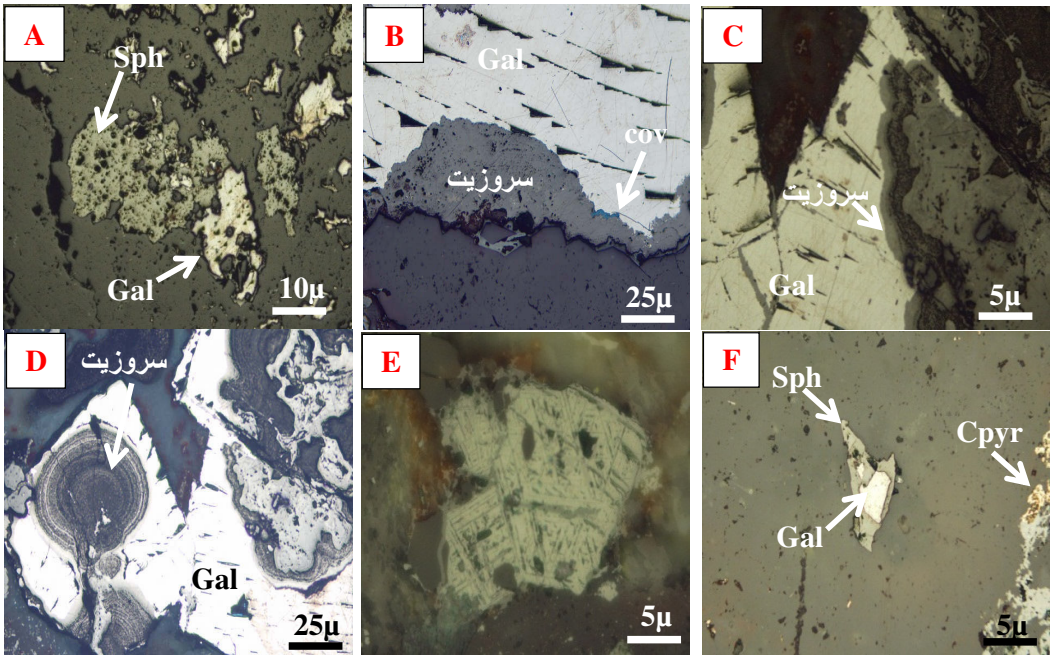


شکل ۳: (A) آندزیت بازالت در زمینه فلدسپات سریسیتی شده (xpl) (B) برش گسلی توفی در زمینه کوارتز به همراه فلدسپات و پلاژیوکلاز شدیدا سریسیتی شده (xpl) (C) آندزیت بازالت به همراه دگرسانی سریسیتی (xpl).





شکل ۴: (A) نقشه شماتیک از رگه‌های کانی‌سازی منطقه مورد مطالعه (B) گالن به همراه آثار دگرسانی به سروزیت، رگه شماره ۱ (C) مگنتیت با ته رنگ متمایل به قهوه‌ای مجاور رگه شرقی - غربی (D) پاراژنز کالکوپیریت، پیریت و بورنیت، رگه شماره ۲.



شکل ۵: (F و A) بافت جزیره‌ای ،گالن به صورت جزیره‌ای درداخل اسفالریت (C) گالن به همراه آثار دگرسانی به سروزیت (D) گوتیت با بافت اولیه کلوفرم (قلوه‌ای) (رشد متناوب گالن و سروزیت) (E) مارتیتی شدن (جانشین شدن کانی مگنتیت به وسیله هماتیت) دراثر پدیده دیفیوژن یا انتشار.

Minerals	Early → Late Mineralization		
	مرحله اول (کانه های اکسیدی وسولفیدی)	مرحله دوم (کانه های فلزی و باطله ها)	مرحله سوم (فرآورده های دگرسانی)
Magnetite			
Pyrite			
Chalcopyrite			
Galena			
Sphalerite			
Quartz			
Barite			
Cerussite			
Chalcocite			
Covellite			
Bornite			
Iron oxide (Hematite)			
Iron Hydroxide (Geothite)			

شکل ۶: توالی پاراژنتیک در کانسار لک.

مطالعات میکروترمومتری میانبارهای سیال

امروزه یکی از موفق‌ترین شیوه‌های دست‌یابی به ویژگی های فیزیکوشیمیائی سیال گرمابی استفاده از تجزیه‌های مختلف و اندازه‌گیری‌های هدفمند بر روی میانبارهای سیال به دام افتاده در درون کانی‌هایی است که از سیال گرمابی نهشته شده‌اند [۲۶]. مطالعات میانبارهای سیال می‌تواند ابزار مهمی جهت شناخت و پی بردن به شرایط فیزیکوشیمِایی سیال گرمابی که مسئول دگرسانی و کانی سازی می‌باشند، به شمار رود [۱۸].

بر اساس شواهد صحرایی و بافتی، جایگیری کانه‌ها در کانسار لک در سیستم‌های درز و شکاف و گسل‌های محلی صورت گرفته و گروهی از درزه‌های فوق به وسیله کانی های باطله‌ای همچون کوارتز شانه‌ای و باریت پرشده‌اند.

به منظور مطالعه میانبارهای سیال در منطقه مورد مطالعه، هفت نمونه از رگه‌های کوارتز شانه‌ای و باریت (شفاف تا نیمه شفاف با رنگ روشن) انتخاب گردید. به دلیل بافت شانه‌ای و شکافه پرکن و وجود میانبارهای اولیه فراوان، این کانی‌ها برای مطالعه بسیار مناسب می‌باشند. بررسی میانبارهای سیال موجود در کوارتز و باریت می‌تواند گویای شرایط تشکیل و خواص فیزیکوشیمیایی سیال ایجاد کننده آن باشد [۱۷].

با توجه به ماهیت مات و پدیده باریک‌شدگی در نمونه های باریت [۳۰] و ابعاد کوچک برخی میانبارهای سیال در نمونه‌های کوارتزی اندازه‌گیری پارامترهای دمایی به ویژه اولین نقطه ذوب یخ (Te) بسیار مشکل و یا غیر قابل انجام بوده و لذا در مواردی با "nv" (نامشخص) نشان داده شده است.

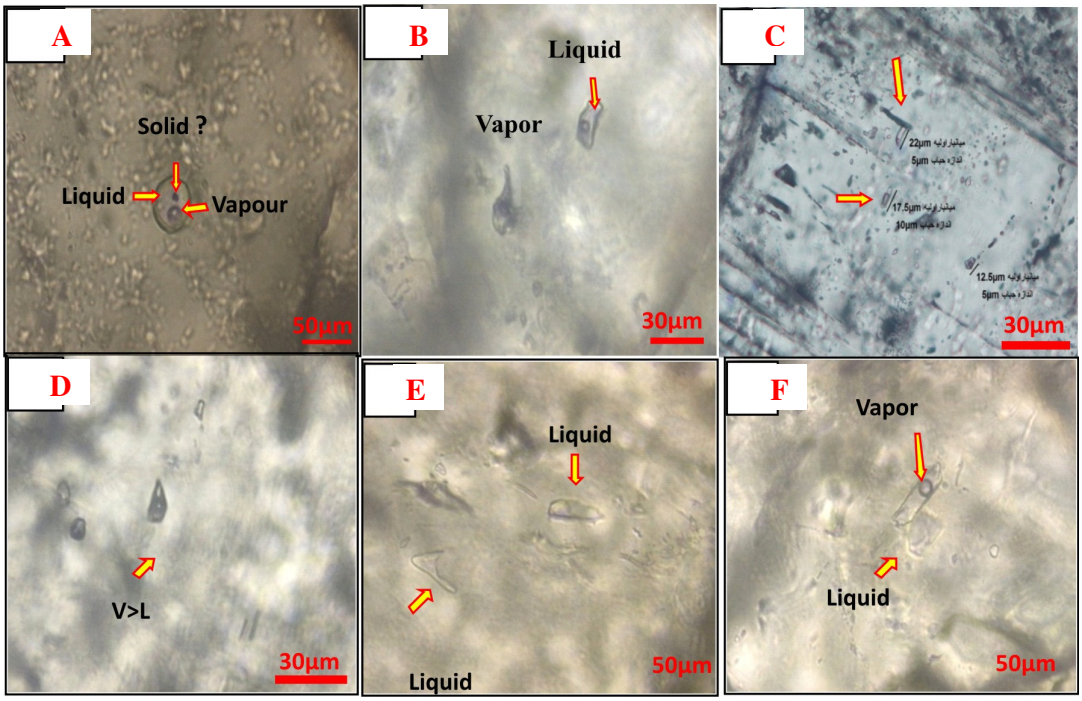
مطالعات میانبارهای سیال با بزرگنمایی‌های ۵۰۰، ۶۲۵، ۸۰۰ و ۱۲۵۰ میکروسکوپ Zeiss انجام گرفت. مورفولوژی و مشخصات میانبارهای سیال در دمای اتاق با استفاده از معیارهای [۲۴] و [۲۶] ثبت گردید. نسبت های فازبخار/ سیال، با استفاده از جداول استانداردی که برای این منظور تهیه شده است[۲۶] ارزیابی گردید [۶]. در مطالعه میانبارهای سیال کانسار لک، مشخصات نوری از قبیل شکل و اندازه میانبارهای سیال، رده‌بندی ژنتیکی (اولیه، ثانویه، ثانویه کاذب)، محتویات میانبارهای سیال (L+V+S) (شکل۷A) و نسبت فازبخار/ سیال، نوع کانی- های دختر (با توجه به شکل بلوری و مورفولوژی ظاهری)، پدیده‌هایی مانند تراوش و باریک شدگی و درجه پرشدگی مورد بررسی قرار گرفت. در این مطالعه، میانبارهای سیال دو فازی مایع - گاز (LV) (شکل۷B,C,D) و تک فاز مایع (L) بیش‌ترین فراوانی (شکل۷E) و برخی از میانبارهای دو فازی گاز - مایع (VL) و تک فاز گاز به لحاظ اولیه بودن، فراوانی بیش‌تر و اندازه بزرگ‌تر، برای مطالعه بسیار مناسب تشخیص داده شدند (شکل۷).

پتروگرافی میانبارهای سیال

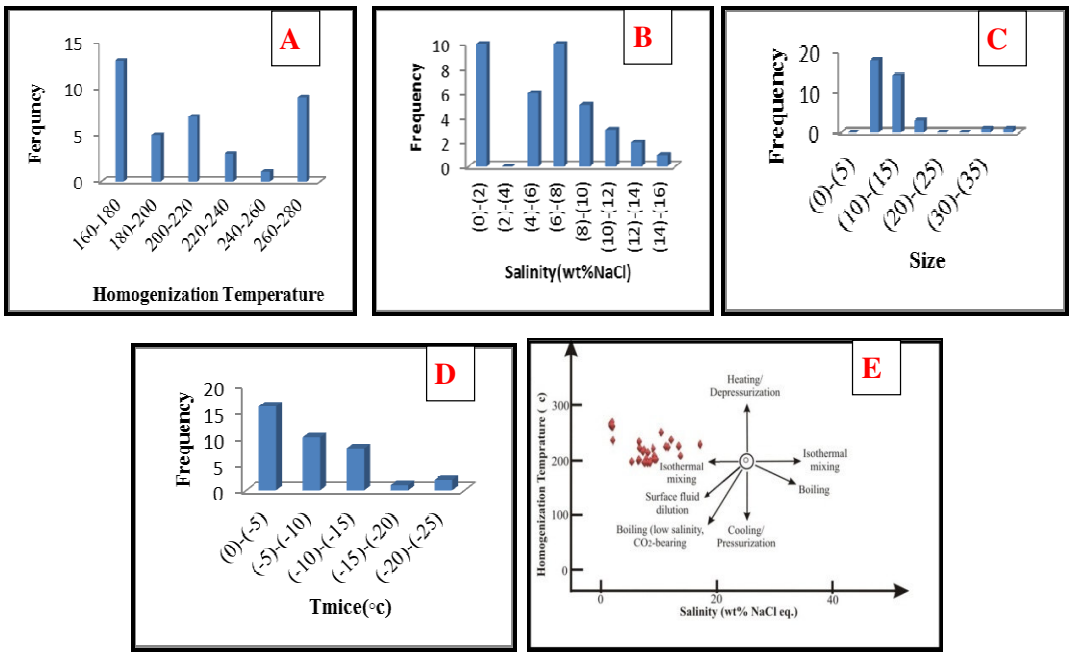
در این مطالعه، فراوانی میانبارها در نمونه‌های مورد مطالعه با کانی میزبان کوارتز شانه‌ای و باریت تقریبا زیاد بوده و از لحاظ شکل ظاهری میانبارهای سیال در نمونه‌ها را بر اساس پارامترهای [۲۶] و [۲۴] می‌توان به ترتیب فراوانی به صورت اشکال کشیده و باریک، کروی و نامنظم تقسیم کرد. اشکال نامنظم مشاهده شده در میانبارها به دلیل تنش‌های تکتونیکی در منطقه می‌باشد. از لحاظ اندازه، میانبارهای مورد مطالعه، از ۶ تا ۳۶ میکرون متغیر و بیش‌ترین فراوانی مربوط به میانبارهای ۵ تا ۱۰ میکرون و مقدار میانگین برای ۳۷ میانبارمورد مطالعه برابر با Average = ۴/۶ می‌باشد (شکل۸c).

میانبارهای مورد مطالعه را می‌توان از لحاظ زمان به تله افتادن یا بر مبنای نحوه‌ی زایش [۲۶] با در نظر گرفتن ارتباط میانبارهای سیال نسبت به کانی میزبان، به انواع اولیه (به صورت پراکنده و در امتداد زون‌های رشد، اشکال نامنظم و انجام مطالعات حرارت‌سنجی)، ثانویه (در راستای صفحات شکستگی یا در امتداد درزه‌ها، بی‌ارتباط با رشد اولیه، بیش‌تر به صورت تک فاز مایع و در ابعاد ریز) و ثانویه دروغین (پرکننده درزه‌های بسیار کوچک با محلول‌های اصلی پرکننده درحین تشکیل میانبارهای اولیه، در ابعاد کوچک و تک فاز) تقسیم می‌شوند.

بر اساس فازهای درونی مشاهده شده در دمای اتاق، ۵ نوع میانبارسیال طبق طبقه‌بندی میانبارها بر اساس فازهای درونی [۲۲] مشاهده گردید که شامل انواع: ۱- دو فازی مایع - گاز L+V (L>V) ۲- تک فازی مایع L ۳- دو فازی گاز - مایع V+L (V>L) ۴- تک فازی گاز ۵- چند فازی مایع – گاز – جامد؟ (L+V+S?).



شکل ۷: (A) میان بار سه فازی (?)L+V+S- کانی میزبان کوارتز شانه‌ای (F،C،B) میان بار اولیه دو فازی L>V- کانی میزبان کوارتز شانه‌ای (D) میان بار دو فازی گاز- مایع (V>L)- کانی میزبان باریت (E) میان بارهای تک فاز مایع- کانی میزبان کوارتز شانه‌ای



شکل ۸: (A) نمودار فراوانی (Th) (B) نمودار فراوانی شوری میانبارهای سیال منطقه مورد مطالعه wt%NaCl (C) نمودارفراوانی اندازه میان بار های منطقه مورد مطالعه (D) نمودار فراوانی آخرین نقطه ذوب بلور یخ (Tmice) میانبارهای سیال منطقه موردمطالعه (E) روندهای فیزیکی مربوط به تشکیل کانسار.

میکروترمومتری میانبارهای سیال

پس از مرحله پتروگرافی و جمع‌بندی و ثبت اطلاعات به دست آمده، مهم‌ترین مرحله، حرارت‌سنجی میانبارهای سیال می‌باشد. این روش بر اساس مشاهدات دقیق و تشخیص تغییرات فازی که در داخل میانبارهای سیال در حین عمل گرمایش و سرمایش رخ می‌دهد، انجام می‌شود و بیش از هر روش دیگری برای تعیین درجه حرارت تشکیل کانسارها مورد استفاده قرار می‌گیرد. با اندازه گیری دقیق درجه حرارت می‌توان به وضعیت فشار، دما، ترکیب شیمیایی، دانسیته یا چگالی (حجم) سیالات در زمان به تله افتادن پی برد [۲۶] (جدول ۱).

بر اساس اندازه‌گیری‌های میکروترمومتری، بازه دمای یکنواختی میانبارهای سیال بین ۱۶۰ °C تا ۲۸۰ °C با میانگین۲۱۰/۳ =Average و میانه Mean=۶/۱۶ (شکل۸A) و میزان شوری آن‌ها بین ۱۶/۳۵-۰/۷ معادل درصد وزنی نمک طعام با میانگین ۶/۱۸ = Average و میانه ۴/۶ =Mean (شکل۸B) به دست آمد. دمای ذوب آخرین بلور یخ (Tmice) درگستره (۲۲/۴-)- (۰/۴-) با میانگین۹ /۶- =Average و میانه۷/۴- =Mean به دست آمد (شکل۸D). با توجه به نتایج مطالعات دماسنجی نمونه های محدوده مورد مطالعه، بیش‌ترین دمای همگن شدن اندازه‌گیری شده ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و بیش‌ترین شوری اندازه‌گیری شده ۱۶/۳۵wt%Nacl و با استفاده از نمودار [۱۹] عمق به دست آمده در حدود ۸۰۰-۱۰۰ متر تغییر می‌کند.

به دلیل شواهد جوشش در سطح و عدم نیاز به تصحیح فشار، بایستی توالی کانی‌سازی را بازسازی کرد.کم‌ترین و بیش‌ترین عمق معادل با کم‌ترین و بیش‌ترین فشار است. نمودار هاس در شرایطی که کانی‌سازی رگه‌ای و رگه کاملا باز باشد و شواهد جوشش وجود داشته باشد، قابل استفاده است. فشار به دست آمده از این نمودار فشار هیدرواستاتیک را نشان می‌دهد (شکل۹A).

با توجه به فراوانی میانبارهای سیال دو فازی مایع – گاز (LV) و تک فاز مایع (L) و اندازه‌گیری‌های بالا، شوری سیال‌های کانی‌ساز در این منطقه کم و درجه پرشدگی بالا می‌باشد [۷]. شواهد فوق نشان دهنده بدام افتادن میانبارهای سیال در درجه حرارت‌های کم می‌باشد. با محاسبه و تخمین شوری میانبارها می‌توان گفت که سیالات کانی‌ساز اغلب ترکیبی از آب‌های جوی با آب‌های ماگمایی (شکل۸E) هستند و عبور این سیالات از رگه های سیلیسی و درز و شکاف‌های موجود درسنگ‌های منطقه در درجه حرارت کم می‌تواند دلیل تشکیل میانبارهای با شوری پایین باشد [۳۲].

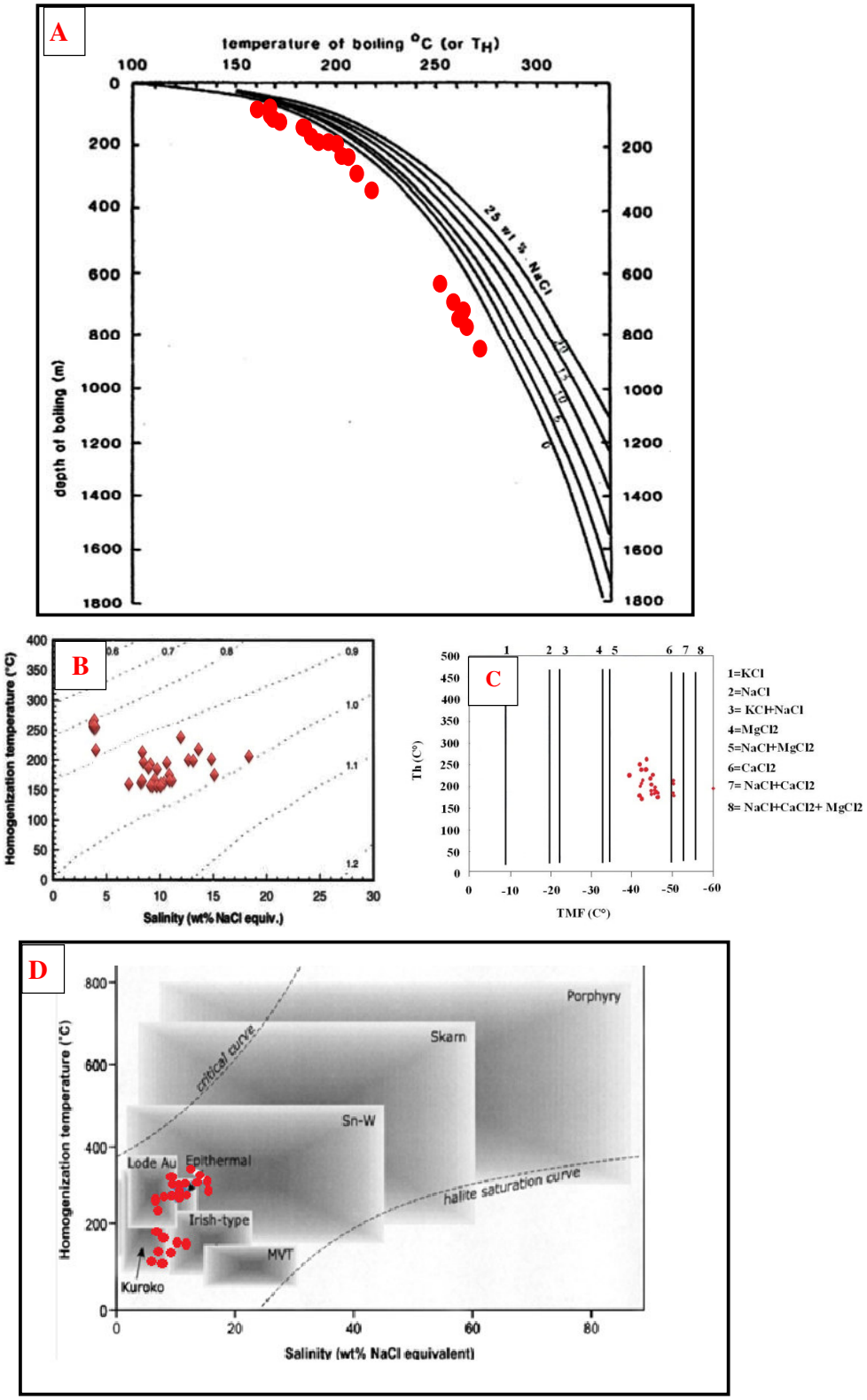
اکثر میانبارهای مطالعه شده در نمونه‌های محدوده مورد مطالعه از نوع مایع - گاز و مایع که فاز مایع غالب و حباب کوچک گاز (فازمایع ۳ برابر حباب گاز)، درجه پرشدگی در حدود ۷۰٪ و در مورد میانبار ۳ فازی، درجه پرشدگی ۶۵٪- ۳۵٪ می‌باشد. برای تعیین چگالی از نمودار دمای همگن شدن - شوری به همراه خطوط تراز با چگالی ثابت [۱۶] استفاده می‌گردد.

طبق این نمودار چگالی میانبارهای سیال نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده g/cm^3 ۱- ۰/۸ قرار می‌گیرند (شکل ۹B). براساس نمودار اولین دمای ذوب یخ به دمای همگن شدن سیالات [۲۵] شوری میانبارهای سیال احتمالا تحت تاثیر $CaCl_2$، NaCl و $MgCl_2$ خواهند بود (شکل ۹C).

مقایسه دمای یکنواختی و شوری میانبارهای سیال مطالعه شده در منطقه پلی‌متال لک با سایر کانسارهای هیدروترمال دنیا و هم‌چنین با در نظر گرفتن سنگ‌های آتشفشانی منطقه (آندزیت و آندزیت بازالت) همراه با دگرسانی سریسیتی و کانی‌های سولفیدی کلیدی مانند اسفالریت، گالن و کوارتز با بافت شکافه پرکن و کانی باطله باریت و با توجه به منشا جوی سیالات کانسار ساز در منطقه، می‌توان نتیجه گرفت که کانسار پلی‌متال لک از نوع اپی‌ترمال نوع سولفیداسیون پایین می‌باشد [۳۲] (شکل۹D). با توجه به اینکه هر چقدر از زمان تشکیل میانبارها بیش‌تر بگذرد، میانبارها بیش‌تر تحت تاثیر تغییرات بعدی قرار می‌گیرند، در نتیجه زمان زیادی از تشکیل میانبارهای سیال در منطقه مورد مطالعه گذشته و تکتونیک شدیدی بر منطقه اعمال شده است.

جدول۱: نتایج آنالیزمیکروترمومتری میانبارهای سیال منطقه پلی‌متال لک.

n	sample	Size (µm)	Type	Te (°C)	Tmice (°C)	Tmhh (°C)	wt% NaCl	wt% CaCl2	wt % NaCl/(NaCl+ CaCl2)	Thv-l (°C)
۱	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	-۴۵	-۹/۳	-۲۳/۱	۱۰/۳۱	۲/۹۸	۰/۷۷	۲۱۰
۲	کوارتز شانه ای	۳۲	LV	-۵۱	-۱۳/۷	-۲۹/۱	۵/۷۸	۱۱/۳۱	۰/۳۴	۲۰۶
۳	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	-۴۵	-۱۲/۵	-۲۱/۲	۱۶/۳۵	۰/۰۳	۱	۲۱۶
۴	کوارتز شانه ای	۱۷	LV	-۴۵	-۱۴/۷	-۲۵	۱۰/۷۶	۷/۲۱	۰/۶	۲۰۹
۵	کوارتز شانه ای	۸	LV	-۴۱	-۸/۷	-۲۱/۲	۱۲/۶	۰/۰۲	۱	۲۱۱
۶	کوارتز شانه ای	۳۶	LV	-۴۵	-۱۲/۹	-۲۸	۶/۵۱	۱	۰/۳۹	۲۰۲
۷	کوارتز شانه ای	۸	LV	nv	-۳/۵	-	۵/۷۱	-	-	۲۲۴
۸	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	nv	-۴/۳	-	۶/۸۸	-	-	۱۷۵
۹	کوارتز شانه ای	۶	LV	nv	-۳/۵	-	۵/۷۱	-	-	۱۷۲
۱۰	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	nv	-۳/۹	-	۶/۳	-	-	۱۹۶
۱۱	کوارتز شانه ای	۸	LV	-۴۳	-۵	-	۷/۸۶	-	-	۱۷۰
۱۲	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	-۴۳	-۴/۵	-	۷/۱۶	-	-	۱۹۴
۱۳	کوارتز شانه ای	۱۲	LV	-۴۵	-۱۰/۵	-۲۵	۸/۶۶	۵/۸۱	۰/۶	۱۷۴
۱۴	کوارتز شانه ای	۱۰	LV	-۴۵	-۱۰	-۲۵	۸/۳۸	۵/۶۲	۰/۶	۱۸۳
۱۵	کوارتز شانه ای	۱۶	LVS?	-۵۱	-۲۰/۴	-۲۵/۱	۱۲/۹۱	۸/۹۵	۰/۵۹	۱۸۴
۱۶	باریت	۹	LV	nv	-۰/۶	-	۱/۰۵	-	-	۲۲۷
۱۷	باریت	۱۰	LV	nv	-/۶	-	۱/۰۵	-	-	۲۶۸
۱۸	باریت	۱۰	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۶۶
۱۹	باریت	۸	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۷۰
۲۰	باریت	۱۲	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۷۰
۲۱	باریت	۱۲	LV	nv	-۰/۴	-	۰/۷	-	-	۲۷۵
۲۲	باریت	۸	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۸۰
۲۳	باریت	۶	LV	nv	-۰/۴	-	۰/۷	-	-	۲۷۰
۲۴	باریت	۶	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۶۸
۲۵	باریت	۸	LV	nv	-۰/۵	-	۰/۸۸	-	-	۲۷۰
۲۶	باریت	۱۲	LV	-۶۰	-۲۲/۴	-۲۸/۴	۸/۴۲	۱۴/۱۵	۰/۳۷	۱۷۴
۲۷	باریت	۱۲	LV	-۴۵	-۸/۵	-۲۷/۲	۵/۵۳	۷/۰۱	۰/۴۴	۱۷۰
۲۸	باریت	۱۲	LV	-۴۵	-۶/۴	-۲۵/۵	۵/۶۵	۴/۴۷	۰/۵۶	۱۷۳
۲۹	باریت	۶	LV	-۴۳	-۵/۹	-۲۷	۴/۳۳	۵/۲۳	۰/۴۵	۱۶۷
۳	باریت	۲۰	LV	-۴۳	-۹/۶	-۲۵	۸/۱۵	۵/۴۶	۰/۶	۲۰۵
۳۱	باریت	۱۱	LV	-۴۳	-۱۰/۵	-۲۴/۳	۹/۵۹	۴/۹۳	۰/۶۶	۲۵۰
۳۲	باریت	۱۲	LV	-۴۳	-۱۲/۵	-۲۳/۹	۱۱/۳۲	۴/۹۴	۰/۷	۲۲۹
۳۳	باریت	۱۲	LV	-۴۵	-۱۲	-۲۶/۶	۷/۵۷	۸/۲۲	۰/۴۸	۱۶۸
۳۴	باریت	۱۰	LV	-۴۵	-۷/۳	-۲۵	۶/۶۸	۴/۴۸	۰/۶	۱۶۳
۳۵	باریت	۱۰	LV	-۴۵	-۷/۳	-۲۴/۵	۷/۱۵	۴	۰/۶۴	۱۶۴
۳۶	باریت	۱۰	LV	-۵۱	-۷	-۲۵	۶/۴۸	۴/۳۴	۰/۶	۱۶۴/۵
۳۷	باریت	۸	LV	-۵۱	-۶/۸	-۲۳/۷	۷/۵۳	۳	۰/۷۱	۱۶۴



شکل۹: (A) تعیین عمق سیال کانی سازدرمنطقه مورد مطالعه (B) چگالی میانبارهای مورد مطالعه برحسب g/cm^3، نمودار (C) نمودار TH به Te (TMF) (D) نمودار شوری نسبت به دمای همگن شدن برای کل میانبارها.

نتیجه‌گیری

کانی‌سازی پلی‌متال لک با کانه‌زایی رگه‌ای و سنگ میزبان آندزی بازالتی تا بازالت آندزیتی پورفیریتیک و برش‌های تکتونیکی همراه می‌باشد. کانه‌سازی در منطقه به دو شکل هیپوژن گرمابی شامل گالن، اسفالریت، پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت و کانه‌سازی سوپرژن شامل سروزیت، بورنیت، اکسیدها و هیدروکسیدهای ثانویه آهن (هماتیت و گوتیت) به همراه کوارتز شانه‌ای با بافت تاج خروسی، سیلیس و باریت به عنوان باطله اصلی از مهم ترین باطله‌های پرکننده فضاهای خالی می‌باشند.

بافت‌های مشاهده شده شامل بافت‌های اولیه کلوفرم (قلوه ای) در گوتیت و بافت کلوفرم حاصل رشد متناوب گالن و سروزیت، افشان، نواری، جزیره‌ای، برشی و بافت‌های ثانویه شامل جانشینی سروزیت به جای گالن در امتداد سطوح رخ، بافت جزیره‌ای (گالن بر روی اسفالریت) و مارتیتی شدن حاصل جانشین شدن کانی مگنتیت به وسیله هماتیت در امتداد سطوح رخ بر اثر پدیده دیفیوژن یا انتشار [۱۳]، می‌باشد. مهم‌ترین ساخت‌های مشاهده شده ساخت استوک ورک و پیلولاوایی می‌باشد.

کانه‌زایی با زون‌های دگرسانی آرژیلیکی، کائولینیتی، سیلیسی، سریسیتی و پروپیلیتی همراه می‌باشد. عامل دگرسانی سنگ میزبان، سیال گرمابی بوده و از میان عوامل اصلی دگرسانی، می‌توان به ترکیب سیال هجوم آورنده و سنگ دیواره و وضعیت درزه و شکستگی‌های سنگ دیواره اشاره کرد [۲۱].

مطالعه میانبارهای سیال نشان داد که دمای یکنواختی آن‌ها بین ۱۶۰ تا ۲۸۰ درجه سانتی‌گراد و میزان شوری آن‌ها بین ۰/۷ تا ۱۶/۳۵ درصد وزنی معادل نمک طعام تغییر می‌کند. اکثر میانبارهای مطالعه شده درنمونه‌های محدوده مورد مطالعه ازنوع مایع - گاز و مایع می‌باشد. طبق نمودار [۱۶] چگالی میانبارهای سیال نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده g/cm^3 ۱- ۰/۸ قرار می‌گیرند. بر اساس نمودار [۲۵] اولین دمای ذوب یخ به دمای همگن شدن سیالات، شوری میانبارهای سیال احتمالا تحت تاثیر $NaCl$، $CaCl_2$ و $MgCl_2$ بوده است. با استفاده از نمودار [۱۹] عمق به دست آمده در حدود ۸۰۰- ۱۰۰ متر تغییر می‌کند. طبق شواهد ارائه شده در این مقاله و با مقایسه دمای یکنواختی و شوری میانبارهای سیال مطالعه شده در منطقه پلی‌متال لک با سایر کانسارهای هیدروترمال دنیا طبق نمودار [۳۲] می‌توان نتیجه گرفت که کانسار پلی‌متال لک از نوع اپی‌ترمال نوع سولفیداسیون پایین می‌باشد.

منابع

[۱] آقانباتی ع (۱۳۸۶) زمین‌شناسی و توان معدنی استان قزوین.

[۲] اقلیمی ب.، مصوری. ف.، و مهرپرتو .م (۱۳۷۹) نقشه زمین‌شناسی دانسفهان، مقیاس (۱۰۰۰۰۰ :۱)، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۳] اکتشاف و پتانسیل‌یابی مواد معدنی در جنوب شرق استان قزوین (۱۳۸۰) سازمان صنایع و معادن استان قزوین.

[۴] امامی م. ه (۱۳۷۹) ماگماتیسم در ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۵] اوانز آ (۱۳۷۹) مبانی زمین‌شناسی کانسنگ‌ها و کانی-های صنعتی"، ترجمه : مر ف.، مدبری س .، مقدسی ،ج، انتشارات دانشگاه شیراز.

[۶] تاج‌الدین ح . ع.، راستاد ا.، یعقوب پور ع.، محجل م (۱۳۸۹) مراحل تشکیل و تکوین کانسار سولفید توده ای غنی از طلای باریکا، خاور سردشت، شمال مطالعه ساخت، بافت و میکروترمومتری سیالات درگیر"، باختر پهنه دگرگونه سنندج - سیرجان: بر اساس مجله زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه فردوسی مشهد، شماره۱، جلد ۲ ص ۹۷-۱۲۱.

[۷] حاج علیلو ب (۱۳۸۶) ژئوترمومتری میانبارهای سیال، انتشارات دانشگاه پیام نور.

[۸] روانبخش ع. ا (۱۳۸۳) مطالعه زمین‌شناسی و فرآیندهای کانه‌زایی منطقه لک واقع در جنوب بوئین زهرا (استان قزوین)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد زمین شناسی اقتصادی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۹] شرکت مهندسی کاوش کانسار (۱۳۸۱) عملیات اکتشاف و مطالعات معادن متروکه در استان قزوین (معدن سرب لک).

[۱۰] قربانی، م (۱۳۸۱) دیباچه‌ای بر زمین‌شناسی اقتصادی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۱۱] گزارش نهایی عملیات اکتشافی تکمیلی جهت تهیه شناسنامه معدن (۱۳۸۲) سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[۱۲] معادن استان قزوین (۱۳۸۹) پایگاه ملی داده‌های علوم زمین، http://www.ngdir.ir.

[۱۳] مقدسی س. ج (۱۳۸۵) مینرالوگرافی (کانه نگاری)، انتشارات دانشگاه پیام نور.

[۱۴] نوگل‌سادات ع.ا.، هوشمند زاده ع (۱۹۸۴) نقشه زمین-شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ ساوه، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[15] Beane,R,E.,and itley,S,R (1981) Porphyry copper deposits", Economic Geology 75th Anniversary volume, 214-269.

[16] Bodnar, R (1983) A metod of calculating fluid inclusion volumes based on vapor bubble diameters and P-V-T-X properties of inclusion fluid",Econ. Geol. v. 78 ,535-542.

[17] Calagari, A. A (2004) Fluid inclusion studies in quartz veinlets in the porphyry copper deposit at - sungun, East-Azarbaidjan, Iran". Journal of Asian Earth Sciences,23,179-789.

[18] Giles A. D., Marshall B (2004) Genetic significance of fluid inclusion in the CSA Cu-Pb-Zn dep- sit",cobra,Australia, Ore geology Reviews vol:24 241-266.

[19] Hass,J. L (1971) The effect of salinity on the maximum thermal gradient of a hydrothermal system at hydrothermal pressure", Econ. Geol. 66,940-946.

[20] Kaya (1978) In comparison between this igneous rocks and Saveh igneous rocks and age determinet- ion by with K/Ar method.

[21] Kontak, D. J., Kerrich, R (1997) An istopic(C, O, Sr) study of vein gold deposits in the meguma terrone nova scotia: Implication for source reservoirs",Econom ic Geology, 92,161-180.

[22] Nash, J. T (1976) Fluid inclusion petrology data from porphyry copper deposits and applications to exploration",US Geol. Surv. Prof Paper 907D. P.16.

[23] Pracejus, B (2008) The ore minerals under the microscope an optical guide, Atlases Geoscience", Elsevier,116, 302.876.

[24] Roedder, E (1984) Fluid Inclusion. Review in Mineralogy",Vol.12. Min.Soc.American Restern, Virginia.

[25] Schreiber. D, W. Fontebote.L. and Loch mann, D (1990) Geologic Setting, Pragenises and petroche- mistry of gold quartz vein hosted by plutonic rocks in the Pataz region", Econ. Geol., Vol,85,1328-1347.

[26] Shepherd,T.J.,RankinA.,H.,Alderton D. H. M (1985) A Practical Guide to Fluid Inclusion Studies", Backie, LTD.

[27] Smirnov,V.L (1976) Geology of ore mineral deposits", Mir Publishers, 520 p.

[28] Stocklin, J (1968) " Structural history and tectonics of Iran", A review: Am. Assoc Petrol, Geol,B. V.52,87, 1229-1258

[29] Stoffregen, R (1987) Genesis of acid-sulphate alteration and Au-Cu-Ag mineralization at Summit- ville", Colourado, Econ,Geol,Vol 82,1575-1591.

[30] Ullrich, M. R.,Bodnar R. J (1984) Systematics of stretching of fluid inclusion. I fluprite and sphal- erite at 1 atmosphere confining pressure", Economic Geology,79, 141-161.

[31] Walker,G. P., L (1963) The Breiodalur central volcano, Eastern Iceland",Quartz .j.Geol.,London,119, 29-63.

[32] Wilkinson, J. J (2001) Fluid Inclusion in Hydrothermal Ore Deposits, Elsevie Science, Lithos",229-272.