



بررسی‌های سنگ‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمیایی کانسار سرب ماهور ۲ ده سلم شرق پهنه‌ی لوت، ایران مرکزی

فاطمه محمدپور^{۱*}، حبیب بیابانگرد^۱، حسن میرنژاد^۲، رضوان میرزایی راینی^۱، شجاع الدین نیرومند^۲

۱- گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه سیستان و بلوچستان-زاهدان

۲- دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران.

(دریافت مقاله: ۹۳/۳/۲۶، نسخه نهایی: ۹۳/۶/۳۰)

چکیده: کانسار سرب ماهور ۲ در ۵۸° ۴۸' طول شرقی و ۳۱° ۱۴' عرض شمالی در ۱۴۵ کیلومتری غرب شهرستان نهبندان و ۲ کیلومتری شمال غرب کانسار چند فلزی ماهور قرار گرفته است. سنگ‌های آندزیتی دگرسان شده، میزبان اصلی کانسار سرب هستند. کانی‌های پلاژیوکلاز، کوارتز، هورنبلند و بیوتیت مهم‌ترین کانی‌های تشکیل دهنده‌ی سنگ‌های آندزیتی هستند. فراوان‌ترین کانی، پلاژیوکلاز است که در بیشتر موارد به دلیل تاثیر دگرسانی به کانی‌های ثانویه مانند سریسیت، کلریت و کربنات‌ها تبدیل شده است. مهم‌ترین دگرسانی‌های منطقه‌ی آرژلیک، سریسیتیک، سیلیسی، کلریتی و کربناتی هستند که به وسیله نمودارهای پرش پرتو X (XRD) نیز تأیید شده‌اند. نتایج بررسی‌های ژئوشیمیایی نمونه‌های سنگ میزبان و نمونه‌های گالن نشان می‌دهد که با توجه به نسبت S/Se خاستگاه آذرین را می‌توان برای تشکیل این کانسار در نظر گرفت. نمودارهای عناصر خاکی کمیاب، الگوی نسبتاً موازی، کمیاب و کاهشی از عناصر خاکی کمیاب سبک را به سمت عناصر خاکی کمیاب سنگین نشان می‌دهد. همچنین بر اساس نمودارهای وابسته به رفتار عناصر La-Nb و La-Ba در برابر یکدیگر نشان می‌دهند که سنگ میزبان این کانسار به محیط تکتونوماگمایی آندزیت‌های مناطق کوهزایی وابسته است. نمودارهای عنکبوتی، تهی شدگی عناصر در نمونه‌های گالن‌دار را نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان نشان می‌دهند.

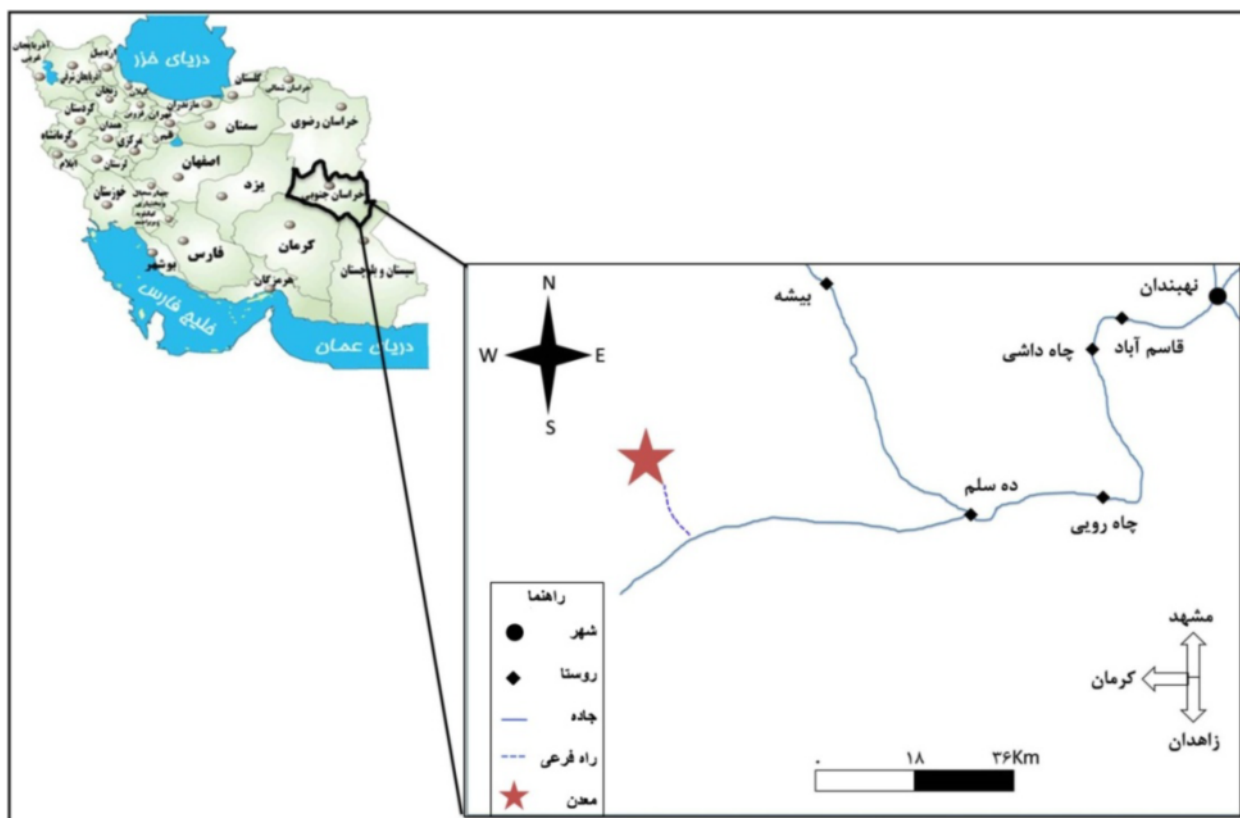
واژه‌های کلیدی: ژئوشیمی، کانسار سرب ماهور ۲، پهنه‌ی لوت، دگرسانی.

مقدمه

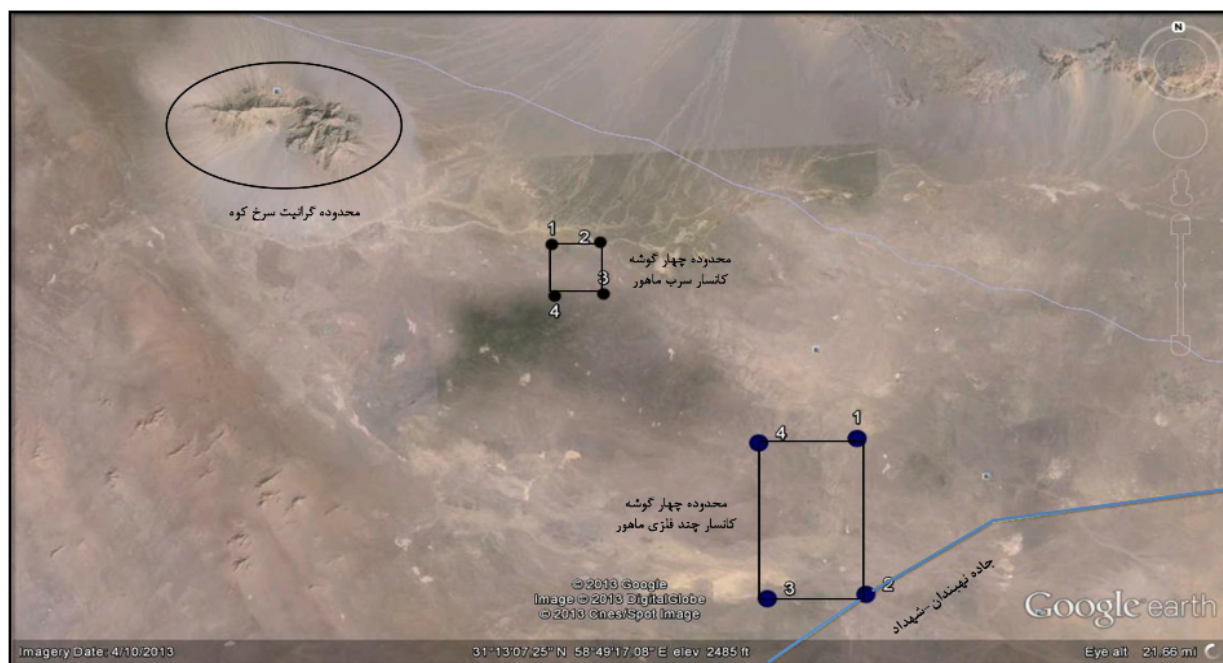
کانسار سرب ماهور ۲ در مجاورت کانسار چند فلزی ماهور و در شرق پهنه‌ی لوت، ۱۴۵ کیلومتری غرب شهرستان نهبندان و بین طول‌های جغرافیایی ۵۸° ۴۵' تا ۵۹° ۰۰' شرقی و عرض‌های جغرافیایی ۳۱° ۱۵' تا ۳۱° ۳۰' شمالی قرار دارد. تنها راه دسترسی به آن، جاده‌ی آسفالت نهبندان به کرمان (ده سلم به شهداد) است که پس از طی مسافت ۱۴۵ کیلومتر از نهبندان به سمت شهداد، سه راهی معدن مشخص خواهد شد (شکل ۱). موقعیت کانسارهای چند فلزی و سرب ماهور ۲ روی تصویر

ماهورهای نشان داده شده است (شکل ۲). از نظر فلززایی تاکنون در بلوک لوت، کانی زایی مس، سرب و روی، آنتیموان، جیوه و طلا از نوع رگه‌ای گزارش شده‌اند که از آن جمله می‌توان به مس طلادار قلعه زری و کانسار جیوه شوراب-کله نگینان اشاره کرد. به نظر می‌رسد که تیپ کانی‌سازی در این بلوک، اغلب از نوع رگه‌ای باشد که نمونه‌ی آشکار آن‌ها همان قلعه زری و شوراب است [۱]. تاکنون بررسی‌هایی روی کانسار ماهور انجام گرفته است که می‌توان به پیدایش و شیمی کانی-های سولفیدی و اکسیدی برون‌زاد در کانسار چند فلزی

*نویسنده مسئول، تلفن: ۰۹۱۵۶۷۳۲۴۷۰، پست الکترونیکی: f.mohammadpour2012@yahoo.com



شکل ۱ راه‌های دسترسی به منطقه‌ی مورد بررسی.



شکل ۲ موقعیت کانسارهای چند فلی و سرب ماهور بر روی تصویر ماهواره‌ای.

ماهور غرب در نهبندان [۲] و تعیین خاستگاه شاره‌های کانه ساز با استفاده از بررسی ریز کاوش الکترونی و ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد در کانسار چند فلزی ماهر [۳] اشاره کرد. با توجه به قرارگیری بلوک لوت در بین دو گسل بزرگ شمالی-جنوبی نایبند و نهبندان، نیروهای فشاری وارد بر ناحیه، موجب جابجایی‌هایی از نوع راستا لغز و برشی در راستای گسل‌ها شده است. در چنین رژیمی، سازوکار تغییر شکل، در کمترین شدت، ولی بازشدگی شکستگی‌ها در بالاترین میزان است. به همین رو، پدیده‌های آتشفشانی شدید و پیوسته بوده و گدازه‌های جوان‌تر، پی در پی، سنگ‌های پیشین را پوشانده و سنگ‌های آتشفشانی گسترده‌ی بلوک لوت را پدید آورده‌اند [۴]. بررسی-های صحرایی و ژئوفیزیکی در بخش‌های مختلف منطقه‌ی ماهر، کانه‌زایی سرب را آشکار ساخت. در این گستره، عملیات پی‌جویی و استخراج به‌صورت همزمان در حال انجام است. بررسی‌های کانی‌شناسی، منطقه‌های دگرسانی و ژئوشیمیایی کانسار سرب ماهر ۲، هدف اصلی این نوشتار است که تاکنون به آن پرداخته نشده است. با این بررسی‌ها روی کانسار سرب ماهر ۲، می‌توان کمک فراوانی به پی‌جویی و بهره‌برداری از آن انجام داد.

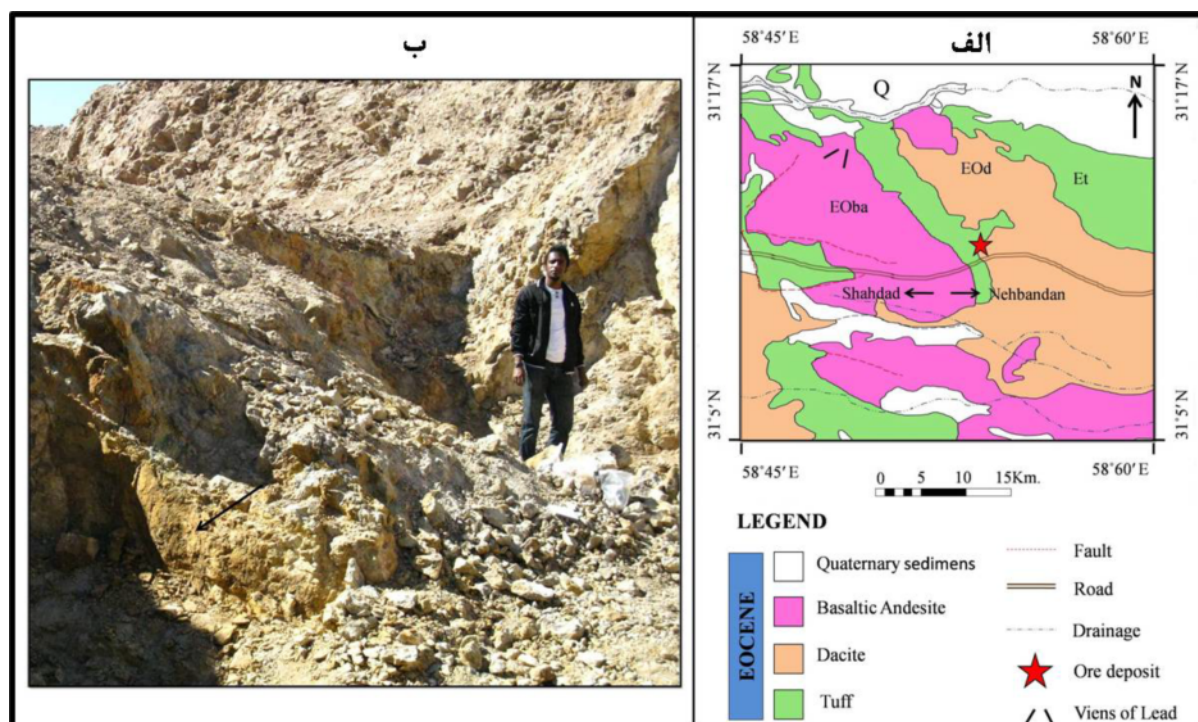
زمین‌شناسی عمومی منطقه

کانسار سرب ماهر ۲ در شرق بلوک لوت واقع شده است. این بلوک دارای طول ۹۰۰ کیلومتر در راستای شمالی-جنوبی و عرض ۲۰۰ کیلومتر در راستای شرقی-غربی بوده [۵، ۶] که مرز شرقی آن با گسل نهبندان و حوضه‌ی فلیشی شرق ایران و مرز غربی آن با گسل نایبند و بلوک طبس مشخص می‌شود [۷]. منطقه‌ی ماهر به‌صورت منطقه‌ای پست و هموار، متشکل از ماسه و سنگ‌های آتشفشانی با ظاهری تیره رنگ است و تنها ارتفاعات مشاهده شده در گستره، گرانیات سرخ کوه و گراندیوریت عبداللهی است. سنگ‌های آتشفشانی دوران سوم که ترکیب آندزیتی-داسیتی بیشتری دارند، بخش مهمی از بلوک لوت را می‌پوشانند. کانسار ماهر در نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۲۵۰۰۰۰ ده سلم (چاه وک) جای دارد [۸] (شکل ۳ الف). بیشتر واحدهای موجود در گستره‌ی کانسار روانه‌های بازالتی، داسیت‌ها و توف‌های ائوسن هستند که به‌وسیله رسوب‌های کواترنر پوشیده شده‌اند [۸]. واحد آندزیتی-بازالت تا

بازالت که به‌رنگ خاکستری تیره تا سیاه در منطقه مشاهده می‌شود، بیشترین گسترش آن در بخش‌های غربی گستره است. واحد داسیتی به‌رنگ خاکستری روشن، بخش‌های گسترده‌ای از شرق، جنوب و جنوب شرقی منطقه را پوشانده است. واحد توف، در بخش‌های مختلف منطقه با رنگ‌های سبز، خاکستری و ترکیب داسیتی تا آندزیتی قابل رویت است. توف یاد شده در منطقه غالباً فرایند سنگ‌شدگی و دگرسانی‌های گوناگون نظیر آذرلیتی شدن و سیلیسی شدن دیده می‌شوند. نهشته‌های آبرفتی جوان، شامل ماسه، سیلت و رس‌های عهدحاضر هستند. با توجه به بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی کانه‌زایی در گستره‌ی مورد بررسی به‌صورت رگه‌ای است که در سطح زمین رخنمون مناسبی نداشته و عملیات نمونه برداری روی بخش-های مختلف فرودیواره، فرادیواره و کف ترانشه‌ها، منطقه‌های دگرسانی و مغزه‌های حفاری شده، انجام گردید. میانگین طول ترانشه‌های ایجاد شده ۱۰ تا ۳۰ متر و عرض آن‌ها بین ۰/۵ تا ۱/۵ متر بوده و در مختصات جغرافیایی ۴۸° ۵۸ طول شرقی و ۱۴° ۳۱ عرض شمالی قرار گرفته‌اند. نمونه‌های مختلفی از رگه-ی سرب که تقریباً به‌صورت عمود بر راستای ترانشه‌ها قرار داشتند، برداشته شدند. این رگه‌ها دارای ضخامت متغیر بوده و فاقد شکل خاصی هستند (شکل ۳ ب).

روش بررسی

بررسی‌های انجام شده، شامل بررسی‌های کتابخانه‌ای و تهیه‌ی نقشه زمین‌شناسی، بازدید صحرایی و کارهای آزمایشگاهی، پس از بازدید منطقه‌ی مورد بررسی و برداشت نمونه از نمونه-های سطحی و مغزه‌های حفاری شده، مقاطعی نازک، نازک صیقلی و صیقلی تهیه شدند و این نمونه‌ها به وسیله میکروسکوپ قطبشی در دو تابش قطبیده طبیعی و متقاطع مورد بررسی قرار گرفتند. غیر از تشخیص دگرسانی‌ها، با بررسی مقاطع تهیه شده، تعداد ۵ نمونه‌ی برداشت شده از مناطق دگرسان شده نیز برای آنالیز پراش پرتو ایکس (XRD) به شرکت طیف کانساران بینالود مشهد ارسال شدند. همچنین روی ۱۲ نمونه که شامل ۶ نمونه گالن و ۶ نمونه از سنگ میزبان با حداقل دگرسانی، در سازمان زمین‌شناسی و ICP-MS به‌وسیله‌ی شرکت زرازمای ماهان کرمان مورد آنالیز CPOES قرار گرفتند.



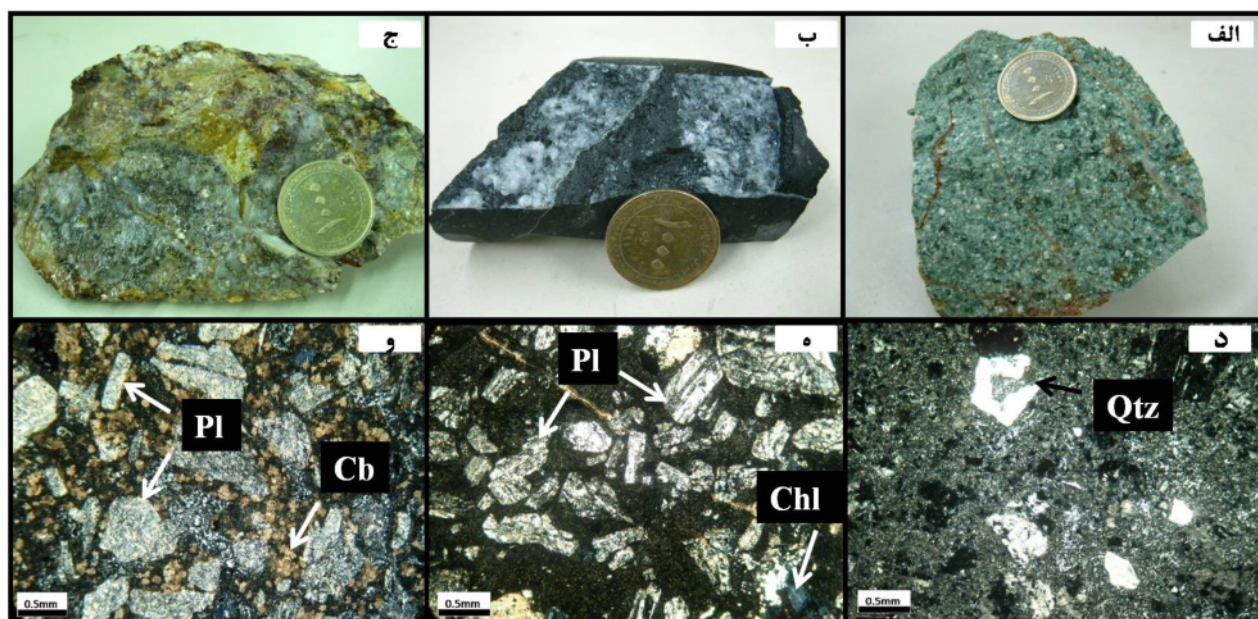
شکل ۳ الف) بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۲۵۰۰۰۰ چاه وک [۸]. محل رگه‌های سرب به صورت غیر واقعی نمایش داده شده‌اند. ب) ترانشه حاوی سرب که گستره آن در تصویر مشخص شده است (دید به سمت شرق).

سنگ‌شناسی

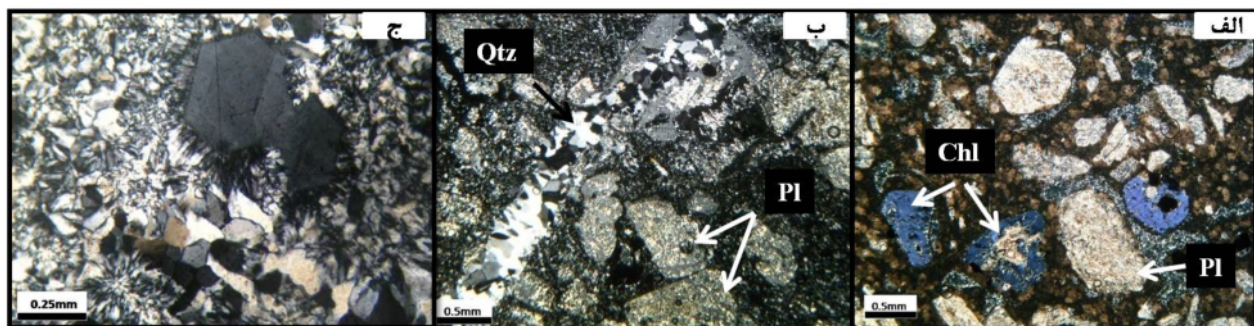
بررسی‌های میکروسکوپی نشان داد که بخش بزرگی از نمونه‌ها در گستره‌ی سنگ‌های آندزیتی با بافت پورفیری بوده و در بیشتر آن‌ها دگرسانی‌های مختلف مشاهده شدند. سنگ‌های آندزیتی در نمونه‌ی دستی به رنگ سیاه، سبز و نارنجی تا قهوه‌ای بودند. به دلیل تاثیر دگرسانی‌های مختلف تشخیص کانی‌ها در نمونه‌ی دستی مشکل بود. بر حسب شدت تاثیر پدیده‌ی دگرسانی، آندزیت‌های مشاهده شده را می‌توان به آندزیت‌های با درجه‌ی دگرسانی کم، متوسط و شدید رده بندی کرد. در آندزیت‌های با دگرسانی کم، کوارتزهای اولیه و ثانویه مشاهده می‌شوند. پلاژیوکلازها هم به مقدار اندک به وسیله کانی‌های ثانویه‌ای مانند کلریت و سریسیت جایگزین شده‌اند. در انواع دیگر با دگرسانی متوسط، تعداد بیشتری کوارتزهای ثانویه به صورت ریزرگچه و رگچه‌های سیلیسی و سیلیس‌های انباشتی در مقطع دیده می‌شوند و کانی‌های ثانویه نیز غالباً جایگزین پلاژیوکلاز شده‌اند. همچنین می‌توان کانی‌های کربناتی را به فراوانی مشاهده کرد. در انواع با دگرسانی شدید، تنها قالبی از کانی‌های اولیه باقیمانده و یا حتی در مواردی تشخیص کانی اولیه امکان پذیر نیست و ریزورگچه و رگچه‌های سیلیسی و سیلیس‌های انباشتی کل مقطع را فرا گرفته و کانی-

های رسی و کربناتی جایگزین کانی‌های اولیه شده‌اند، به طوری که نوع سنگ اولیه و بافت آن به سختی قابل تشخیص‌اند (شکل ۴ الف-د).

فراوان‌ترین کانی مشاهده شده در تمام نمونه‌ها، پلاژیوکلاز بود که به شکل‌های مختلف دیده می‌شود: ۱- پلاژیوکلازهای شکل دار تا نیمه شکل دار که کمتر تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند و ماکل پلی سنتیک در آن‌ها قابل مشاهده است. ۲- پلاژیوکلازهایی که بیشتر تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته و به وسیله‌ی کانی‌های ثانویه از قبیل سریسیت، کلریت و کانی‌های کربناتی جایگزین شده و تنها قالبی از آن‌ها باقی مانده است (شکل ۵ الف و ب). کوارتزها با فراوانی کمتری نسبت به پلاژیوکلازها، به صورت نیمه شکل دار تا شکل دار در زمینه به صورت پراکنده و در ابعاد مختلف قرار گرفته‌اند. کوارتز به دو صورت اولیه و ثانویه دیده می‌شود که انواع اولیه، به صورت نیمه شکل دار با ابعاد مختلف و فراوانی کم قابل مشاهده هستند. انواع ثانویه کوارتزهایی هستند که دگرسان شده‌اند و به صورت ریزرگچه‌ای و رگچه‌ای، انباشتی و پراکنده مشاهده می‌شوند. ریزرگچه‌ها و رگچه‌های کوارتز در راستاهای مختلف با بافت و دندان سگی کنارهم قرار گرفته‌اند (شکل ۵ ج).



شکل ۴ نمونه‌ی دستی و مقاطع میکروسکوپی آندزیت‌های کانسار سرب ماهور. الف) نمونه دستی آندزیت دارای دگرسانی کم، ب) آندزیت دارای دگرسانی متوسط، ج) آندزیت دارای دگرسانی شدید، د) مقطع میکروسکوپی آندزیت دارای دگرسانی کم که کوارتز (Qtz) با بافت خلیجی قابل مشاهده است، ه) آندزیت دارای دگرسانی متوسط که کانی‌های پلاژیوکلاز (Pl) و کلریت (Chl) بر روی تصویر مشخص شده‌اند، و) آندزیت دارای دگرسانی شدید که کانی‌های کربناتی (Cb) موجود در زمینه‌ی و پلاژیوکلاز (Pl) روی تصویر مشخص شده‌اند (نور قطبیده متقاطع، بزرگمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



شکل ۵ الف) کلریتی شدن پلاژیوکلاز در زمینه کانی‌های ریزدانه کربناتی (با نور قطبیده متقاطع، بزرگمایی 4X)، ب) سریسیتی شدن پلاژیوکلازها و رگچه‌های سیلیس (نور قطبیده متقاطع، بزرگمایی 4X)، ج) بلور شکل‌دار کوارتز با بافت کلوفرمی در زمینه‌ای از کوارتزهای ثانویه انباشته دارای بافت دندان‌های (نور قطبیده متقاطع، بزرگمایی 10X). علائم اختصاری مانند شکل ۴.

دگرسانی‌ها

راستا شناسایی دگرسانی‌های موجود در کانسار سرب ماهور ۲، علاوه بر بررسی‌های صحرایی و میکروسکوپی، روی ۵ نمونه‌ی برداشت شده از منطقه‌های مختلف دگرسان، بررسی پراش پرتو ایکس (XRD) انجام گرفت و معلوم شد که مهم‌ترین دگرسانی‌های منطقه شامل آرژیلیک، سیلیسی شدن، سریسیتیک، کلریتی شدن و کربناتی شدن است که در این

میان دگرسانی سریسیتیک فراوان‌ترین دگرسانی در منطقه است.

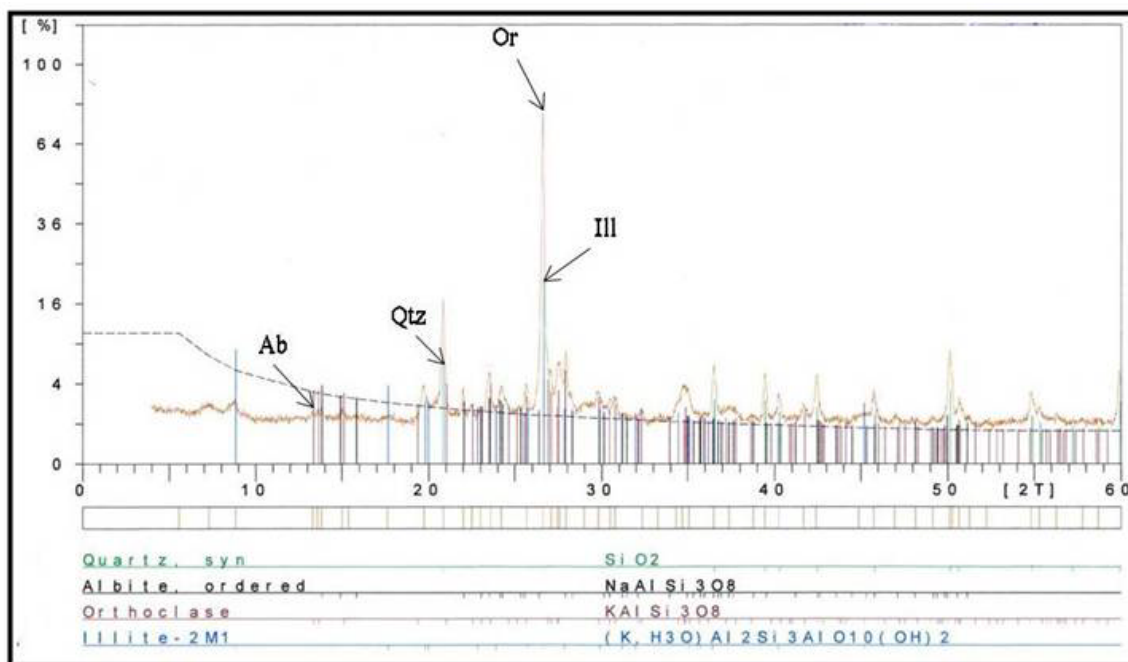
دگرسانی آرژیلیک: این نوع دگرسانی در اثر تبدیل فلدسپات‌ها به کانی‌های رسی ایجاد می‌شود [۱۰]. دگرسانی آرژیلیک در سنگ‌های دیواره ترانشه‌های بررسی شده در کانسار سرب ماهور ۲، به رنگ‌های سفید تا خاکستری حضور دارد (شکل ۶). حضور کانی ایلیت که نشان‌دهنده این نوع دگرسانی است، در آنالیز XRD نیز مشخص شده است (شکل ۷).

دگرسانی سیرسیتیک: کانی‌های مهم این دگرسانی سیرسیت، کوارتز، پیریت، پیروفیلیت، دیکیت، کائولین و آندالوزیت است که درصد سیرسیت از بقیه بیشتر است [۱۱]. این دگرسانی در رخنمون‌های صحرایی به‌خوبی قابل مشاهده است (شکل ۹ الف). در بیشتر نمونه‌های میکروسکوپی پلاژیوکلاز تحت تاثیر این دگرسانی به سیرسیت تبدیل شده‌اند و در مواردی که شدت دگرسانی شدید بود، کانی‌های پلاژیوکلاز به‌طور کامل به وسیله‌ی سیرسیت جایگزین شده‌اند و تنها قالبی از آن‌ها باقی مانده است (شکل ۹ ب).

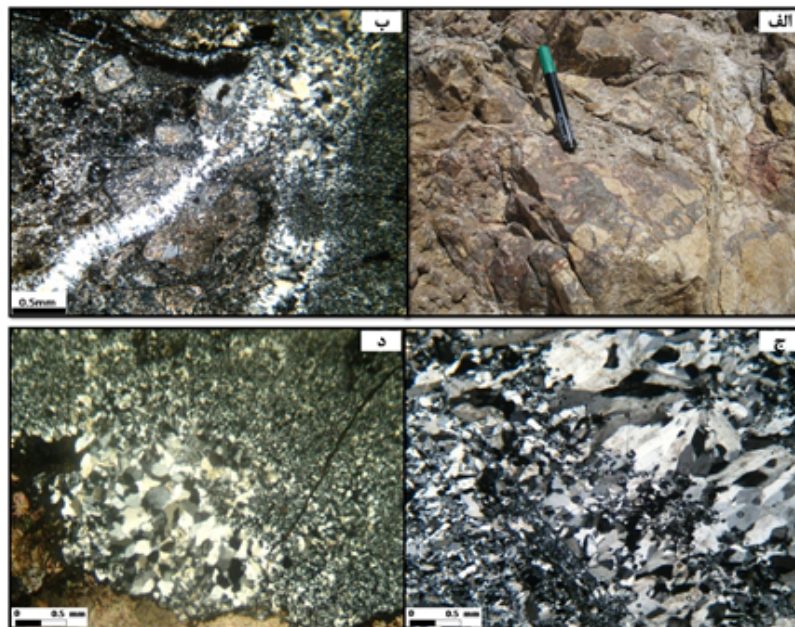
دگرسانی سیلیسی: دگرسانی سیلیسی ناشی از افزایش درصد کوارتز و یا اکسیدهای سیلیس در سنگ [۱۱]. در کانسار سرب ماهور ۲، این نوع دگرسانی به‌طور گسترده قابل مشاهده است (شکل ۸ الف). در مقاطع میکروسکوپی کوارتزهای دگرسان به شکل‌های رگچه‌ای و ریز رگچه‌ای در راستاهای مختلف و راستای شکستگی‌ها؛ انتشاری در زمینه و به شکل توده‌ای با بافت دندان سگی و دندان‌های دیده می‌شوند (شکل ۸ ب-د). وجود کانی کوارتز که نمایانگر این نوع دگرسانی است، در آنالیز XRD نیز مشخص شده است (شکل ۷).



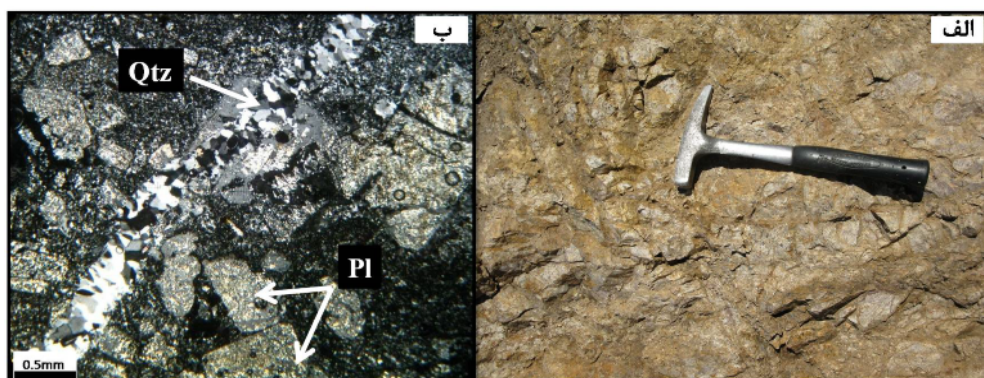
شکل ۶ رخنمون صحرایی از دگرسانی آرژیلیک در کانسار سرب ماهور ۲ (دید به سمت شرق).



شکل ۷ نمودار XRD، نمایانگر دگرسانی سیلیسی و آرژیلیک در کانسار سرب ماهور. کانی‌های شناسایی شده در این نمودار عبارتند از کوارتز (Qtz)، آلبیت (Ab)، ارتوکلاز (Or) و ایلیت (Ill). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



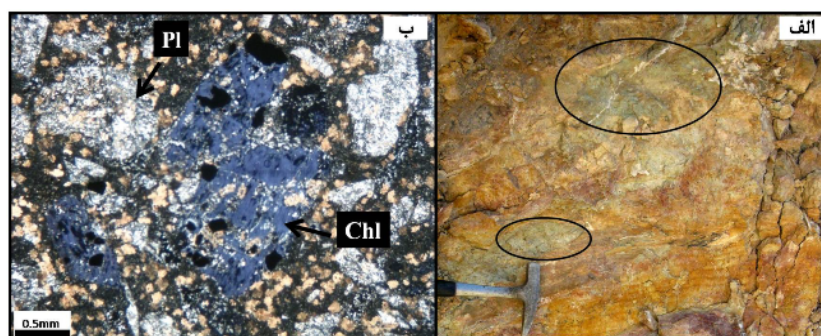
شکل ۸ رخنمون صحرایی و تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی سیلیسی. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت غرب، ب) دگرسانی سیلیسی به اشکال رگچه‌ای و ریز رگچه‌ای، ج) بلورهای کشیده کوارتز با بافت دندان سگی، د) کوارتزهای توده‌ای با بافت مضرسی همراه با تجمع بلورهای دانه ریز کوارتز موجود در زمینه (نور پلاریزه متقاطع، بزرگنمایی 4X).



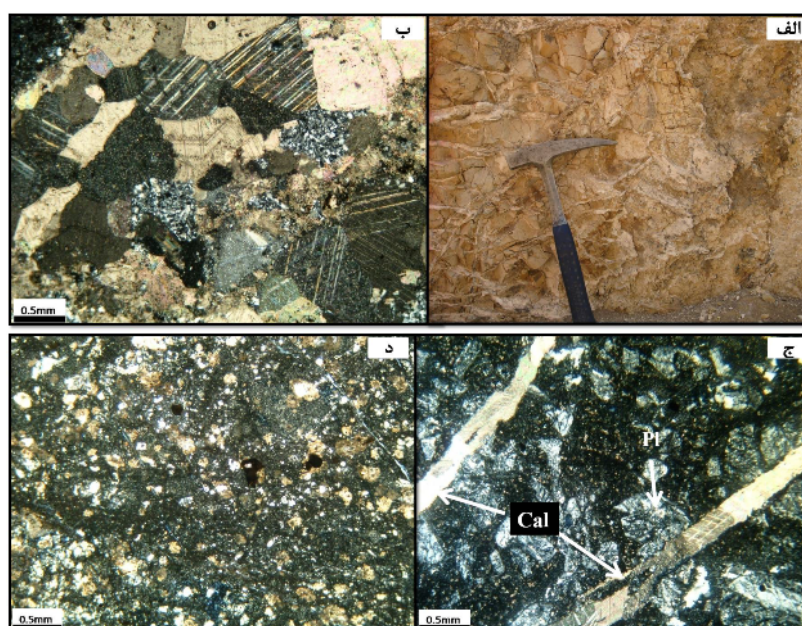
شکل ۹ رخنمون صحرایی و تصویر میکروسکوپی از دگرسانی سربستیک. الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت غرب، ب) تصویر میکروسکوپی از این دگرسانی (نور پلاریزه متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی مانند شکل ۴.

دگرسانی کلریتی: این نوع دگرسانی حالت خاصی از دگرسانی پروپلیتیک بوده که به دلیل درصد بالای کلریت، آن را به نام دگرسانی کلریتی می‌شناسند [۱۱]. به دلیل حضور کلریت، این دگرسانی در رخنمون‌های صحرایی کانسار سرب ماهور ۲ با رنگ سبز قابل تشخیص است (شکل ۱۰ الف). در مقاطع میکروسکوپی، این دگرسانی به صورت جایگزینی بیوتیت، هورنبلند و پلاژیوکلاز به وسیله کلریت مشاهده می‌شود (شکل ۱۰ ب).

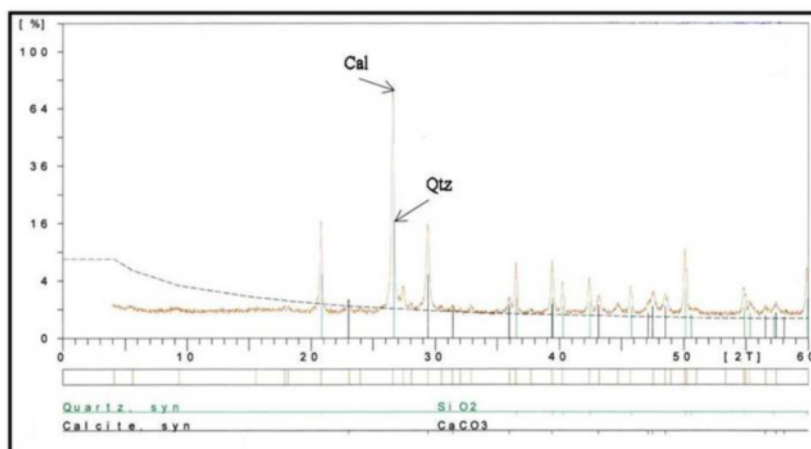
دگرسانی کربناتی: این دگرسانی ناشی از اضافه شدن کانی‌های کربناتی به رگه‌ها و سنگ میزبان است. در کانسار سرب ماهور ۲ با حضور، کانی‌های کربناتی (کلسیت و دولومیت) مشخص است (شکل ۱۱ الف). کانی‌های کربناتی در مقاطع بررسی شده به ۳ صورت یافت می‌شوند: ۱- به شکل‌های رگه‌ای و رگچه‌ای در راستای شکستگی‌ها؛ ۲- به شکل توده‌ای و انباشتی؛ ۳- به صورت ریزدانه‌های در زمینه‌ی (شکل ۱۱ ب-د). وجود کانی‌های کربناتی که نمایانگر این نوع دگرسانی است، در بررسی XRD نیز مشخص شده است (شکل ۱۲).



شکل ۱۰ رخنمون صحرایی و تصویر میکروسکوپی از دگرسانی کلریتی. (الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت شمال غرب)، (ب) کلریت‌های دگرسان شده به صورت نیمه شکل‌دار (نور قطبیده متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها مانند شکل ۴.



شکل ۱۱ رخنمون صحرایی و تصاویر میکروسکوپی از دگرسانی کربناتی. (الف) رخنمون صحرایی (دید به سمت شرق)، (ب) تصویر میکروسکوپی کانی‌های کربناتی به صورت توده‌ای، (ج) کلسیت (Cal) به صورت رگچه‌ای، (د) دانه‌های ریز کربنات‌های موجود در زمینه‌ی (نور قطبیده‌ی متقاطع، بزرگنمایی 4X). علائم اختصاری کانی‌ها از [۹].



شکل ۱۲ نمودار XRD، نمایانگر دگرسانی کربناتی و سیلیسی در کانسار سرب ماهور. کانی‌های شناسایی شده در این نمودار شامل کوارتز و کلسیت هستند. علائم اختصاری کانی‌ها مانند شکل ۴.

بررسی‌های ژئوشیمیایی

برای بررسی‌های ژئوشیمیایی و تعیین میزان تغییرات عناصر در کانسار سرب ماهور ۲، روی ۶ نمونه کانه‌ی گالن آنالیز ICP-OES و ۶ نمونه از سنگ‌های میزبان که کمترین دگرسانی را داشتند، آنالیز ICP-MS انجام شد (جدول‌های ۱ و ۲) و بررسی‌های ژئوشیمیایی روی آن‌ها صورت پذیرفت. به دلیل اینکه مقدار عنصر سرب بالاتر از حد تشخیص دستگاه بود، مقدار این عنصر جداگانه به صورت درصد اندازه‌گیری شد. سنگ‌های منطقه‌ی مورد بررسی از نظر نسبت Ba/La (۱۰/۲۵ تا ۱۱۳/۶۳)، ویژگی‌های سنگ‌های آذرین مناطق کمان آتشفشانی را نشان می‌دهند. نسبت این دو عنصر برای NMORB بین ۴ تا ۱۰، برای EMORB و بیشتر بازالت‌های

درون صفحه‌ای بین ۱۰ تا ۱۵ و برای سنگ‌های آتشفشانی مرز صفحات همگرا بیشتر از ۱۵ است [۱۲]. بالا بودن نسبت Ba/La نشان دهنده‌ی غنی‌شدگی گوه گوشته به وسیله شار-های منطقه فرورانشی و ورود Ba از رسوب‌های اقیانوسی فرورانده شده به ماگماست. دو عنصر گوگرد و سلیوم به دلیل شباهت‌های ژئوشیمیایی قادرند به راحتی در کانی‌ها جانشین یکدیگر شوند و می‌توانیم از آن‌ها به عنوان معیاری برای تعیین شرایط فیزیکیوشیمیایی تشکیل گالن استفاده کنیم. این دو عنصر یک اختلاف دارند و آن کمبود سلیوم در محیط اقیانوسی است، زیرا گوگرد به راحتی به سولفات تبدیل شده و به دلیل انحلال پذیری بالا به وسیله‌ی محلول انتقال پیدا می‌کند اما سلیوم به آسانی اکسید نمی‌شود و به علت تحرک کم

جدول ۱ نتایج حاصل از آنالیز ICP-MS مربوط به نمونه‌های سنگ میزبان کانسار سرب ماهور (مقادیر برای همه عناصر بر حسب ppm است).

Mn	۸۹۴	۱۱۷۳	۱۱۷	۸۵۷	۱۶۳۰	۸۳۸	Sb	۰/۷	۴/۸	۲/۵	۰/۹	۲/۳	۲/۵
Lu	۰/۳	۰/۴۳	۰/۲۷	۰/۳۱	۰/۳	۰/۲۶	S	۳۴۴۳	۶۹۹	۲۳۶	۲۹۶۰	۹۰۶۹	۲۱۸۰۰
Li	۱۳۹	۳۶	۴۹	۱۵۱	۱۴۱	۲۲۹	Rb	۵۹	۳۲۸	۲۲۹	۶۱	۲۲۹	۸۲
La	۱۶	۱۱	۲۵	۱۶	۱۵	۱۳	Pr	۵/۱۱	۳/۵۶	۵/۸۴	۵/۰۵	۴/۸۱	۴/۱۵
In	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	Pb	۲۰	۳۷۶۵	۲۶۸	۲۸	۲۳	۱۷۸
Hf	۲/۹۷	۳/۷۱	۲/۷	۲/۹۲	۲/۸۱	۲/۷۲	P	۱۰۰۲	۵۱۲	۴۲۰	۱۰۰۷	۹۸۳	۱۰۰۹
Gd	۴/۳۴	۳/۷۲	۳/۲۱	۴/۱۱	۴/۰۴	۳/۱۱	Ni	۵	۲	۱	۵	۵	۴
Be	۱/۵	۱/۱	۱/۳	۱/۶	۱/۵	۲/۴	Eu	۱/۳۷	۰/۹۶	۱/۰۴	۱/۳۶	۱/۱۹	۰/۸۲
Ba	۳۵۷	۱۲۵۰	۴۶۴	۳۶۶	۵۹۱	۱۲۳	Er	۳/۱۹	۴/۴۵	۲/۲۵	۳/۱۱	۳/۳۵	۲/۳۳
As	<۰/۱	۳۷	۶/۲	<۰/۱	۶/۹۸	۳/۵	Dy	۳/۸۷	۴/۲۲	۲/۸۷	۳/۸۷	۳/۸۲	۲/۹۷
Ag	<۰/۱	۱/۹	۱/۱	<۰/۱	۰/۴	<۰/۱	Cu	۷	۸۴۳	۷۳	۶	۱۵	۸
Na ₂ O	۲۲۹۴۰	۵۳۸۵	۱۵۸۵۸	۲۴۳۳۸	۱۲۳۵۰	۳۰۶۸۷	Cs	۱۰/۷	۸/۲	۶	۱۲/۲	۱۰	۲۸/۶
MgO	۱۵۳۶۵	۹۰۸	۳۴۸۸	۱۵۰۲۴	۱۳۴۷۷	۱۷۱۸۹	Cr	۳۷	۹	۵	۳۳	۳۳	۳۶
K ₂ O	۱۵۲۴۰	۶۴۶۰۰	۴۰۷۵۵	۱۶۰۵۰	۴۵۷۹۷	۱۴۶۷۸	Co	۲۰/۲	۱/۴	۱/۹	۲۰/۶	۲۰/۱	۱۸/۴
Fe ₂ O ₃	۵۴۱۳۱	۵۵۴۸	۱۰۱۷۲	۱۰۱۷۲	۵۱۳۰۴	۳۵۳۶۰	Ce	۳۶	۲۱	۴۶	۳۴	۳۳	۲۷
CaO	۴۶۴۳۴	۵۴۲۲۲	۴۱۴۶	۴۲۵۱۵	۳۷۲۴۰	۲۵۹۴۳	Cd	<۰/۱	۶/۲۵	۲/۱۲	<۰/۱	۰/۱۱	<۰/۱
Al ₂ O ₃	۹۴۲۰۴	۷۱۹۲۵	۶۶۷۱۵	۹۲۵۴۹	۹۳۹۵۰	۹۱۶۳۹	Bi	<۰/۱	۰/۳	۰/۲	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱
Element Sample	۱	۲	۳	۲۰	۲۵	۲۸	Element Sample	۱	۲	۳	۲۰	۲۵	۲۸
Tl	۰/۳۷	۳/۵۳	۱/۵۶	۰/۴۲	۱/۵۹	۰/۶							
Ti	۸۴۶۲	۲۹۴۷	۲۲۱۸	۸۵۱۱	۸۲۵۸	۸۸۵۸	Zr	۸۸	۱۰۶	۷۵	۸۹	۸۶	۷۹
Th	۵/۰۶	۹/۳۲	۱۰/۲	۵/۱۵	۴/۷۹	۴/۸۱	Zn	۱۱۱	۲۹۷	۳۳۸۵	۱۱۸	۱۴۴	۱۲۸
Te	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	Y	۱۵/۳	۲۲/۸	۱۱/۸	۱۵/۱	۱۵/۳	۱۰/۸
Tb	۰/۶۸	۰/۶۵	۰/۵۱	۰/۶۶	۰/۶۴	۰/۵۱	W	۰/۹	۱۰/۴	۳/۵	۱/۱	۴/۷	۱/۵
Ta	۰/۵۸	۰/۳۶	۰/۴۲	۰/۵۸	۰/۲۴	۰/۳۶	V	۲۰/۳	۳۷	۲۹	۲۰/۷	۲۱/۳	۲۱/۲
Sr	۳۷۷	۱۱۹	۳۸	۳۷۹	۱۰۹	۲۳۸	U	۱	۵/۹	۲	۰/۹۴	۰/۹	۰/۹
Sn	۱/۷	۲/۸	۲	۱/۷	۱/۷	۲/۲	Tm	۰/۵۸	۰/۸۶	۰/۴	۰/۵۴	۰/۵۶	۰/۳۸
Nd	۱۸/۱	۱۱/۲	۱۷/۹	۱۶/۹	۱۶/۳	۱۳/۵	Sm	۴/۶	۳/۵	۳/۸۴	۴/۳۳	۳/۴	۳/۵
Nb	۸/۷	۸/۱	۸/۶	۸/۷	۷/۵	۸/۲	Se	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵	<۰/۵
Mo	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	<۰/۱	۳/۲۹	<۰/۱	Sc	۲۵/۶	۹	۶/۴	۲۴/۶	۲۳/۵	۲۵/۱

جدول ۲ نتایج حاصل از آنالیز ICP-OES مربوط به نمونه‌های گالن کانسار سرب ماهور (مقادیر برای عناصر اصلی و عنصر Pb بر حسب درصد و برای سایر عناصر بر حسب ppm است).

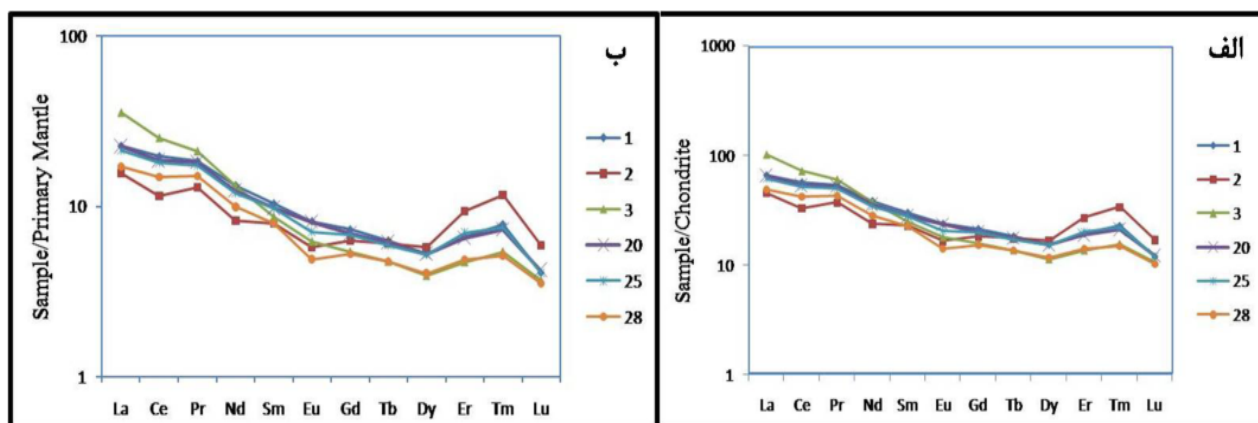
Mn	۱۴,۷۴	۵,۲۹	۳,۱۶	۱,۴۴	۳,۲۷	۲,۱۹	Sb	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵
Lu	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	S	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰	>۱۰۰۰۰
Li	۱۱,۹۴	۲۳,۴۳	۱۹,۹۵	۹,۷۶	۲۹,۴۹	۱۴,۹۶	Rb	۲۶۳,۹	۹۵,۸۰	۷۲,۴۳	۹۲,۰۱	۱۶۰,۵	۲۹,۹۶
La	۱,۴۸	۰,۶۱	۰,۶۸	۰,۳۰	۰,۳	۱,۲۲	Pr	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵
In	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	Pb	۶۲,۱۳	۶۸,۴۴	۷۲,۳۱	۷۸,۳۲	۶۲,۰۶	۷۰,۸۸
Hf	۰,۵۷	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	P	۱۵,۹۰	۱۱,۷۵	۳۷,۶۷	۱۷,۱۴	۱۶,۵۳	۸,۲۴
Gd	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	Ni	۶,۷۹	۴,۱۲	۳,۹۱	۱,۶۸	۲,۹۷	۰,۶۹
Be	۰,۲۱	۰,۱۸	۰,۱۷	۰,۰۳	۰,۲۹	۰,۰۷	Eu	<۰,۰۲	<۰,۰۲	<۰,۰۲	<۰,۰۲	<۰,۰۲	<۰,۰۲
Ba	۱۱۲	۴۷۳	۴۳,۳۱	۳۳,۸۱	۲۰,۳۴	۳۰,۷۵	Er	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵
As	۱۲,۹۸	۲۹,۹۲	۲۲,۳۰	۱۶,۸۹	۷,۳۸	۱۸,۶۱	Dy	<۰,۰۸	<۰,۰۸	<۰,۰۸	<۰,۰۸	<۰,۰۸	<۰,۰۸
Ag	۲۳,۸۷	۹۰,۰۳	۶۳,۵۶	۳۵,۴۴	۲۰,۷۸	۷۰,۵۷	Cu	۸۱۴	۸۷۹	۲۳۲۰	۲۱۸۱	۶۳۵	۷۵۴
Na ₂ O	۱,۸۳	۲,۳۵	۳,۲۹	۱,۲۷	۲,۸۵	۰,۹۷	Cs	۰,۷۳	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	۰,۵۱	<۰,۵
MgO	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	۰,۰۵	Cr	۳۰,۴۳	۲۴,۷۷	۲۳,۵۲	۸,۸۸	۲۳,۶۳	۱۴,۵۱
K ₂ O	۰,۰۵	۰,۰۴	۰,۰۴	۰,۰۳	۰,۰۴	۰,۰۳	Co	<۰,۵	۰,۸۸	۱,۰۳	<۰,۵	۰,۵۱	۰,۵۱
Fe ₂ O ₃	۰,۲۵	۰,۱۶	۰,۱۱	<۰,۰۶	۰,۰۶	<۰,۰۶	Ce	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	۲,۹۳
CaO	۲,۳۱	۰,۰۶	۰,۲۳	۰,۱۱	۰,۰۷	۰,۰۳	Cd	۶,۲۵	۴,۲۷	۴,۸۷	۸,۳۵	۳,۰۲	۵,۲۲
Al ₂ O ₃	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	Bi	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵
Element Sample	۱	۲	دپو۱	دپو۲	۲۱	F ₁₂	Element Sample	۱	۲	دپو۱	دپو۲	۲۱	F ₁₂
Tl	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵							
Ti	۳۲,۰۲	۳۵,۹۴	۷۰,۸۸	۲	۱۵,۴۰	۴۱,۰۷	Zr	۱,۸۳	۱,۹۳	۳,۶۳	۱	۱,۰۸	۴,۱۶
Th	۲,۱۷	۱,۵۴	۱,۲۰	۰,۵۹	۰,۶۲	۰,۳۶	Zn	۷,۸۱	۲۳,۲۷	۱۹,۷۱	۲۸,۲۰	۲۴,۲۶	۲۵,۶۰
Te	<۰,۰۵	<۰,۰۵	<۰,۰۵	۰,۰۷	۰,۴۲	<۰,۰۵	Y	۰,۶۴	<۰,۰۴	<۰,۰۴	<۰,۰۴	<۰,۰۴	<۰,۰۴
Tb	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	W	۲,۸۱	<۰,۵	۳,۱۱	۳,۶۱	<۰,۵	۲,۷۳
Ta	۰,۱۶	۰,۰۹	۰,۲۳	۰,۱۱	۰,۱۶	۰,۱	V	۱۳,۱۵	<۰,۱	۴,۶۰	۱,۵۹	<۰,۱	<۰,۱
Sr	۷۶۵	۲۶۱	۲۱۰	۲۵۵	۳۶۵	۸۸,۴۳	U	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵
Sn	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	Tm	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱
Nd	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	<۰,۰۶	Sm	۰,۵۱	۰,۶۳	<۰,۵	<۰,۵	<۰,۵	۰,۸۴
Nb	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	<۰,۱	Se	۰,۱۷	۰,۵۸	۰,۵۱	۰,۴۵	۰,۹۵	۰,۹۵
Mo	۴,۰۶	۳,۴۰	۴۴,۶۷	۱,۳۰	۲,۳۹	۲,۳۳	Sc	۰,۴۳	۰,۲۶	۰,۳۱	۰,۲۷	۰,۲۵	۰,۳۷

در هردو نمودار عنصر سرب در نمونه‌های گالن و سنگ میزبان دارای بی‌هنجاری مثبت است که نشانگر رخداد کانه زایی بوده و عنصر پتاسیم دارای بی‌هنجاری منفی است که می‌تواند ناشی از دگرسانی باشد. در نمودار مربوط به نمونه‌های سنگ میزبان عناصر Ti و Ta دارای بی‌هنجاری منفی و عناصر Ba، Th، K دارای بی‌هنجاری مثبت هستند. غنی‌شدگی عناصر Ba، Th، K می‌تواند در ارتباط با فرایند دگرنهادی گوشته یا آلایش پوسته‌ی قاره‌ای باشد. بی‌هنجاری منفی Ti در سنگ‌های منطقه، نشان دهنده‌ی تاثیر فرورانش است [۱۹]. آمفیبول کانی مناسبی برای نگهداری Nb و Ta در گوشته بالایی است و می‌تواند بی‌هنجاری منفی Ta را در ماگماتیسم مربوط به منطقه‌ی فرورانشی کنترل کند [۲۰].

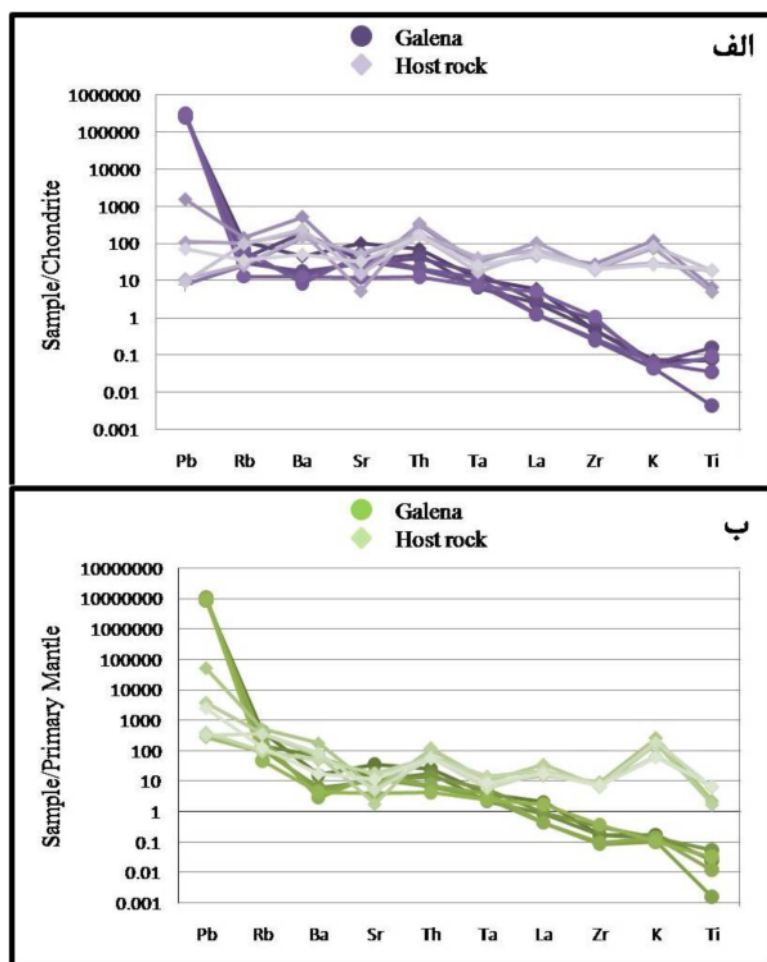
تعیین محیط تکتونوماگمایی سنگ‌های میزبان

نظر به اینکه سنگ‌های میزبان کانسار سرب ماهور ۲، بیشتر آندزیتی هستند، لذا بر اساس نمودارهای مربوط به رفتار عناصر La-Nb و La-Ba در برابر یکدیگر (شکل ۱۵ الف و ب) نشان می‌دهند که این سنگ‌ها به محیط تکتونوماگمایی آندزیت‌های مناطق کوهزایی وابسته‌اند [۲۱] (شکل‌های ۱۶-۱۸).

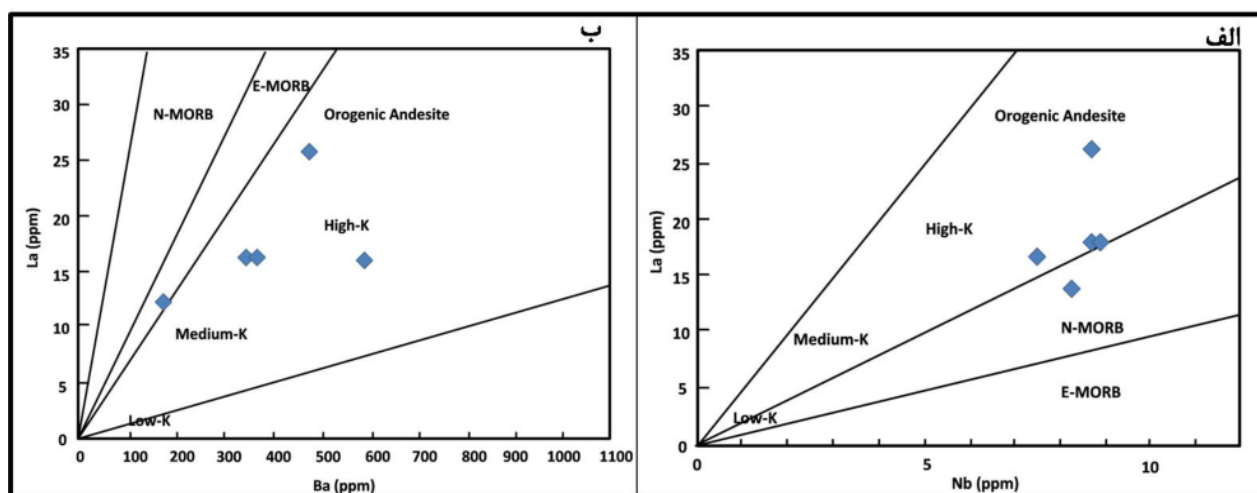
از گوگرد جدا می‌شود. نسبت S/Se در آب دریا حدود ۲۳۲۰۰۰/۱ و در سنگ‌های آذرین ۶۰۰۰/۱ است [۱۳]. داده‌های آنالیزهای انجام شده نشان می‌دهد که خاستگاه آذرین برای تشکیل این کانسار مناسب است. ترسیم نمودار عناصر خاکی نادر نسبت به کندریت C1 [۱۴] و گوشته‌ی اولیه [۱۵] پس از بهنجارسازی نشان می‌دهد که نمونه‌های مورد نظر دارای شیب نسبتاً منفی و یکنواخت از سمت عناصر خاکی نادر سبک (LREE) به سمت عناصر خاکی نادر سنگین (HREE) هستند (شکل ۱۳ الف و ب) غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE می‌تواند به دلیل ناسازگارتر بودن LREEها نسبت به HREEها باشد که ممکن است در اثر شکل‌گیری ماگمایی در سنگ‌های دگرگون متمرکز شده باشند [۱۶]. همچنین شیب LREE به سمت HREE نشان دهنده‌ی سنگ‌های تشکیل شده در مناطق فرورانشی است [۱۷]. روند تغییرات عناصر فرعی، نمونه‌های گالن و سنگ میزبان نسبت به کندریت C1 [۱۸] و گوشته‌ی اولیه [۱۵] پس از بهنجار شدن نشان می‌دهد که نمونه‌های گالن نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان دارای تهی‌شدگی بیشتری هستند (شکل ۱۴ الف و ب).



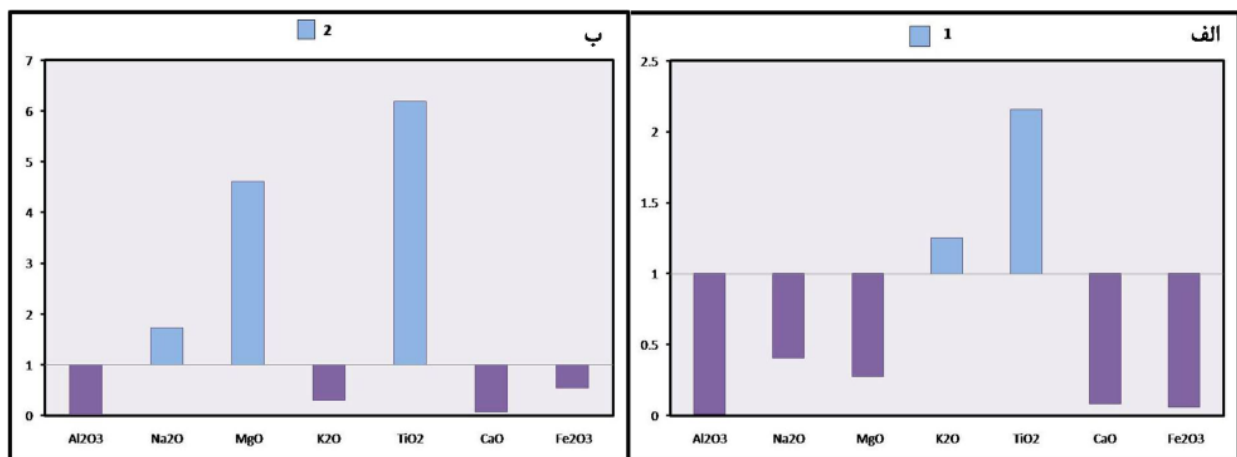
شکل ۱۳ نمودارهای عناصر خاکی نادر. الف) نمودار بهنجار شده با کندریت C1 [۱۴]، ب) نمودار بهنجار شده با گوشته اولیه [۱۵].



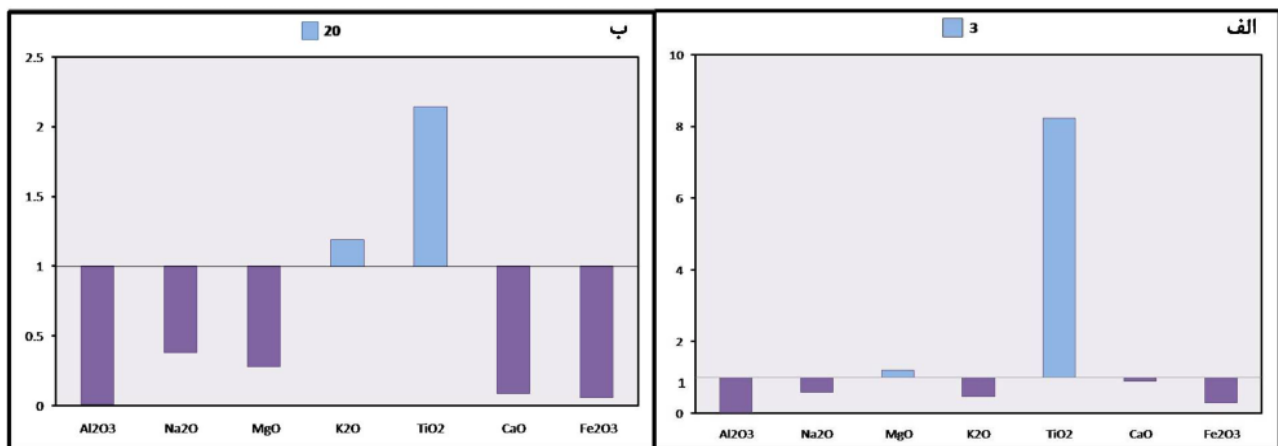
شکل ۱۴ نمودارهای عنکبوتی عناصر فرعی. (الف) بهنجار شده به کندریت C1 [۱۸]، (ب) نمودار بهنجار شده به گوشته‌ی اولیه [۱۵].



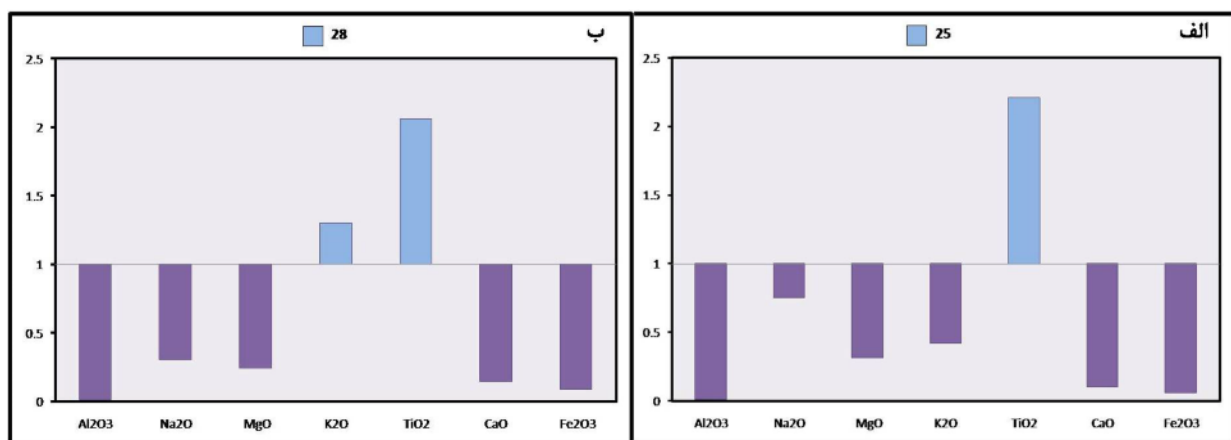
شکل ۱۵ نمودارهای جدایش آندریته‌های کوهزایی از ناکوهزایی [۲۱]. (الف) عنصر La در برابر Nb، (ب) عنصر La در برابر Nb.



شکل ۱۶ نمودار غنی‌شدگی-تهی‌شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده (الف) نمونه ۱ و (ب) نمونه ۲ نسبت به نمونه سالم.



شکل ۱۷ نمودار غنی‌شدگی-تهی‌شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده (الف) نمونه ۳ و (ب) نمونه ۲۰ نسبت به نمونه سالم.



شکل ۱۸ نمودار غنی‌شدگی-تهی‌شدگی اکسیدهای نمونه‌های دگرسان شده (الف) نمونه ۲۵ و (ب) نمونه ۲۸ نسبت به نمونه سالم.

روند تغییرات عناصر در طول دگرسانی

سنگ میزبان کانسار سرب ماهور ۲ را سنگ‌های آندزیتی دگرسان تشکیل می‌دهند. برای بررسی روند تغییرات غنی‌شدگی و تهی‌شدگی عناصر، به دلیل نبود نمونه‌ی سالم به عنوان مبنا، از نمونه‌ی (S94) از کانسار چند فلزی ماهور [۲۲] استفاده شد و مقادیر هر اکسید در نمونه‌های دگرسان شده و نیز خود نمونه‌ی مبنا، به مقادیر همان اکسید در نمونه‌ی مبنا تقسیم شدند. چنانکه در نمودارها نشان داده شد، در تمامی نمونه‌ها مقدار TiO_2 نسبت به نمونه‌ی مبنا بیشتر است. علت آن شاید نامتحرک بودن این عنصر بوده و در سنگ‌هایی که تحت تاثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند، تقریباً ثابت باقی می‌ماند. در نمونه‌های ۱، ۲۰ و ۲۸ غنی‌شدگی K_2O و تهی‌شدگی MgO ، Na_2O و CaO ناشی از دگرسانی سریسیتیست است. همچنین در نمونه‌های ۲۰ و ۲۸ دگرسانی کربناتی نیز دیده می‌شود و باید مقدار CaO بالا باشد که احتمالاً به دلیل شدیدتر بودن دگرسانی آرژیلیک و شسته شدن عناصر قلیایی و نیز تاثیر سریسیتی شدن این عنصر دستخوش تهی‌شدگی شده است. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی در نمونه‌های ۲ و ۳ دگرسانی سریسیتی رخ داده و باید مقدار K_2O به دلیل حضور سریسیت بالا باشد اما تهی‌شدگی در مقدار K_2O دیده می‌شود. این مسئله می‌تواند به این دلیل باشد که در آغاز دگرسانی، K به سیستم افزوده شد ولی با پیشرفت دگرسانی K از طریق شاره به سیستم اضافه نشده و پتاسیم لازم برای تشکیل سریسیت در نتیجه‌ی دگرسان شدن کانی‌های پتاسیم دار دیگر مانند فلدسپات‌های پتاسیم و آزاد شدن این عنصر، تامین شده است. همچنین در این نمونه دگرسانی کربناتی دیده می‌شود و باید مقدار CaO بالا باشد که احتمالاً به دلیل شدت بیشتر دگرسانی آرژیلیک و شسته شدن عناصر قلیایی و نیز تاثیر سریسیتی شدن این عنصر دستخوش تهی‌شدگی شده است. غنی‌شدگی Na_2O در نمونه‌ی ۲ ممکن است ناشی از وجود ترکیبات نمکی در سطح باشد. بنابر شواهد صحرایی و

حضور دولومیت در منطقه‌ی غنی‌شدگی MgO در ۲ نمونه قابل توجه است. در نمونه‌ی ۳ دگرسانی سریسیتی رخ داده و غنی‌شدگی اندک MgO نیز به دلیل وجود دولومیت است. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی در نمونه‌ی ۲۵ دگرسانی کلریتی، کربناتی و سریسیتی رخ داده است. Al_2O_3 در گستره‌ی pH بین ۵ تا ۹ نامتحرک و در گستره‌ی کمتر یا بیشتر از این مقدار متحرک است. این عنصر در همه‌ی نمونه‌ها دارای تهی‌شدگی است که احتمال می‌رود به دلیل وجود شرایط اسیدی این عنصر متحرک شده و تحت تاثیر دگرسانی به مقدار کم از محیط خارج شده است.

برداشت

- ۱- سنگ میزبان کانسار سرب ماهور ۲، آندزیت‌های دگرسان شده با بافت پورفیری است.
- ۲- کانسار سرب ماهور ۲ به صورت رگه‌ای است و در پیرامون آن دگرسانی‌های آرژیلیک، سیلیسی، سریسیتیست، کلریتی و کربناتی وجود دارد که بررسی‌های XRD نیز آن‌ها را تأیید می‌کند.
- ۳- تهی‌شدگی و غنی‌شدگی برخی از عناصر در سنگ میزبان کانسار ناشی از دگرسانی، ترکیب شاره و اسیدی بودن محیط تشکیل کانسار است.
- ۴- تغییرات عناصر خاکی کمیاب و الگوی مشابه آن‌ها با سنگ‌های آندزیتی مناطق کوهزایی و نمودارهای مربوط به رفتار عناصر $La-Nb$ و $La-Ba$ در برابر یکدیگر نشان می‌دهند که احتمالاً تشکیل سنگ‌های میزبان این کانسار در محیط‌های وابسته به مناطق فرورانشی است.
- ۵- نمودارهای عنکبوتی نشان می‌دهند که نمونه‌های گالن نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سنگ میزبان، به جزء عنصر Pb ، از عناصر $Ba, Rb, Sr, Th, Ta, La, Zr, K, Ti$ دارای تهی‌شدگی هستند.
- ۶- تغییرات ناهماهنگ اکسید پتاسیم در نمودارهای غنی‌شدگی و تهی‌شدگی ناشی از این است که در آغاز دگرسانی، K به

[۸] حسینی ض.، افشاریان م.، چایچی ز.، نقشه ۱/۲۵۰۰۰۰ ده سلم (چاه وک)، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۱).

[9] Kretz R., "Symbols for rock-forming minerals". Am. Mineral 68 (1983) 277-297.

[۱۰] شهاب پور ج.، "زمین شناسی اقتصادی"، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، (۱۳۹۰) ۵۴۷ ص.

[۱۱] کریم پور م. ج.، سعادت س.، "زمین شناسی اقتصادی کاربردی"، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۵) ۵۳۵ ص.

[12] Wood D. A., "The application of a Th-Hf-Ta diagram to problems of tectonomagmatic classification and to establishing the nature of crustal contamination of basaltic lavas of the British Tertiary volcanic province". Earth Planet science letter, 50 (1980) 11-30.

[13] Vaughan D., *Sedimentary geochemistry and mineralogy of the sulfides of Lead-Zinc-Copper and Iron and their occurrence in sedimentary ore deposits*, Handbook of strataband and stratiform ore deposit, vol. 2, Elsevier Amsterdam (1976) 317-358.

[14] Evensen N. M., Hamilton P. J., Onions R. K., *Rare earth abundances in Chondritic meteorites*. Geochimistry Cosmochemistry Acta, 42 (1978) 1199-1212.

[15] McDonough W. F., Sun S., Ringwood A. E., Jagoutz E. and Hofmann A.W., *K, Rb and Cs in the earth and moon and the evolution of the earth's mantle*. Geochimistry Cosmochemistry Acta, Ross Taylor Symposium volume (1991).

[16] Krauskopf K. P., Bird D. K., *Introduction to geochemistry* McGraw Hill (1976) 788p.

[17] Winter J.D., *An introduction to igneous and metamorphic petrology*, Prentice Hall (2001) 697p.

[18] Sun S.S., McDonough W. F., *Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts:*

سیستم افزوده شد ولی با پیشرفت دگرسانی K از طریق شار به سیستم اضافه نشده و پتاسیم لازم برای تشکیل سریسیت، از دگرسان شدن کانی‌هایی نظیر فلدسپات‌های پتاسیم تامین شده است.

مراجع

[۱] قربانی م.، "دیباچه ای بر زمین شناسی اقتصادی ایران"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، (۱۳۸۱) ۶۹۵ ص.

[۲] بومری م.، بیابانگرد ح.، ناکاشیما ک. و اسفرم م.، "پیدایش و شیمی کانی‌های سولفیدی و اکسیدی برون زاد در کانسار پلی متال ماهور غرب نهبندان"، مجله پترولوژی، شماره چهاردهم، (۱۳۹۲) ص ۱۷-۳۰.

[۳] میرزایی راینی ر.، احمدی ع. و میرنژاد ح.، "تعیین منشأ سیالات کانه ساز با استفاده از مطالعه ریز کاوش الکترونی و ایزوتوپ‌های پایدار گوگرد در کانسار چند فلزی ماهور (شرق بلوک لوت، ایران مرکزی)"، مجله پترولوژی، شماره دهم، (۱۳۹۱) ص ۱-۱۲.

[4] Nogole sadate M. A. A., *Les Zones Decrochements et Les Virgations Struchurales en Iran. Consequences des Resultats de I analyses Structural de La Region de Qom*. These univ, Scientifique et Medicale de Grenole (1978) 201p.

[5] Nabavi M. H., *Introduction to Geology of Iran*, Geological Survey of Iran press (1976) (in Persian).

[6] Stocklin J., Nabavi, M. H., *Tectonic map of Iran*. Geological Survey of Iran Press (1973).

[7] Stocklin J., *Structural history and tectonics of Iran*. A review-America: association petroleum, Geology, Bulletin. 52.7 (1968) 1229-1258.

subduction-related metasomatic trace element fractionations". Earth Planet. science letter, 131(1995) 341-356.

[21] Gill J. B., *"Orogenic andesite and plate tectonics"*. Springer, Berlin (1981) 389p.

[۲۲] اسفرم م.، "ژئوشیمی و توالی پاراژنز کانی‌های موجود در کانسار پلی متال ماهور، غرب نهبندان (شرق ایران)"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه سیستان و بلوچستان (۱۳۹۰) ۲۳۵ ص.

implications for mantle composition and processes.

In: Saunders A. D. and Norry M. J. (eds)", Magmatism in ocean basins. Geology Society London. Specific Publication 42 (1989) 313-345.

[19] Soesoo J., *"Fraction crystallization of mantle devirided melt as a mechanism for some I-Type granite petrogenesis: An example from Iachlan fold belts"*, Australia Journal of the geological society, Candon, (2000) 157p.

[20] Ionov D. A., Hofmann A. W., *"Nb-Ta rich mantle amphiboles and mica implication for*