فصلنامه علمی پژوهشی زمین شناسی محیط زیست
سال دوازدهم، شماره ۴۵، زمستان ۹۷

ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای و معرفی کانی های سنگین‌منطقه کرگان، شمال غرب بستان آباد

فاضل خالقی بارنجی[1*] و آرش محمدی کاردوست[2]

۱و۲- گروه زمین شناسی، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی،تبریز fazel_khaleghi@iaut.ac.ir

چکیده

منطقه کرگان در استان آذربایجان شرقی، جنوب شرق تبریز و شمال غرب شهرستان بستان‌آباد واقع شده است. بر اساس تقسیم بندی زون‌های ساختاری ایران، بخشی از زون البرز-آذربایجان محسوب می شود. از مهمترین واحدهای زمین‌شناسی موجود در محدوده مورد مطالعه می توان به شیل، مارن و آهک به سن کرتاسه، فرآورده‌های آتشفشانی سهند به سن پلیوسن-پلئیستوسن، توده‌های نفوذی گرانیت، گابرودیوریت و مونزوگرانیت به سن ترشیری و رسوبات کواترنری اشاره نمود. با توجه به وسعت منطقه، تعداد ۲۹ نمونه ژئوشیمیایی و ۲۹ نمونه کانی سنگین از منطقه برداشت گردید. پس از آماده سازی و آنالیز رسوبات آبراهه‌ای، داده‌ها به وسیله نرم افزارهای آماری و گرافیکی تحلیل شده و نقشه‌های مربوط به ناهنجاری‌ها ترسیم گردید. ناهنجاری عناصر آرسنیک،باریم، مس، سرب و روی در منطقه در نوع توزیع آماری آنها نمود دارد. مهمترین کانیهای سنگین با منشأ سنگ زایی شامل زیرکن، آمفیبول و پیروکسن بوده و کانیهای سنگین پیریت، مگنتیت و هماتیت منتسب به هاله های کانی سازی می باشند. مطالعه کانی سنگین نشان دهنده‌ی وجود کانی سازی مس به صورت مالاکیت و کالکوپیریت در منطقه می‌باشد. وجود عیار غیرعادی عناصر در رسوبات آبراهه‌ای با تمرکز کانی‌های سنگین همخوانی دارد. با توجه به ناهنجاری‌های مشاهده شده در رسوبات آبراهه‌ای و کانی‌های سنگین ادامه اکتشافات در منطقه توصیه می شود.

واژگان کلیدی : کرگان، کانی سنگین، ژئوشیمی، رسوبات آبراهه ای، آذربایجان شرقی.

مقدمه

با توجه به اهمیت روز افزون بخش معدن به عنوان زیر بنای توسعه واحدهای اقتصادی و اجتماعی کشور در سال های اخیر عملیات اکتشافی که هدف آن شناخت مناطق با پتانسیل معدنی می باشد، از رشد چشمگیری برخوردار شده است. در منطقه مورد مطالعه بررسی ژئوشیمی آبراهه‌ای صورت نگرفته است و همچنین شناسایی کانی‌های سنگین جدید و نیز تعیین منشأ آنومالی‌های ژئوشیمیایی به صورت پتانسیل معدنی برای اولین بار طی این پژوهش قابل دسترسی است. محدوده مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی ، ۴۵ کیلومتری جنوب شرق تبریز و ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان بستان‌آباد واقع شده است. بر اساس تقسیم بندی زون‌های ساختاری ایران طبق تقسیم بندی (نبوی ،۱۳۵۵) محدوده مورد مطالعه جزء زون البرز – آذربایجان، طبق تقسیم بندی (اشتوکلین،۱۹۶۸) در زون ایران مرکزی و طبق جدیدترین تقسیم بندی که مربوط به (آقانباتی،۱۳۸۴) می‌باشد محدوده در زون ایران میانی واقع گردیده است. طبق نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد (سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۱۹۹۴)، عمده ترین واحدهای زمین شناسی در محدوده مورد مطالعه، شامل سنگ های اتشفشانی E^{v} ائوسن و رسوبات آبرفتی کواترنری می‌باشند. لیتولوژی غالب واحدهای سنگی رخنمون یافته تراکی آندزیتی با بافت پورفیری، تراکی آندزیت و آلکالی بازالت می‌باشد .بررسی رسوبات آبراهه‌ای منطقه مذکور می تواند مطالعات کاربردی زمین شناسی را افزایش

داده و به شناسایی منشأ رسوبات تشکیل دهنده و همچنین پتانسیل معدنی منطقه کمک نماید. هدف از مطالعات حاضر ارزیابی منطقه به لحاظ کانی سازی‌های محتمل فلزی و غیرفلزی با استفاده از تکنیک ژئوشیمی آبراهه‌ای و معرفی مناطق امید بخش برای ادامه عملیات زمین شناسی و اکتشافی در مقیاس تفضیلی می باشد.

جمع آوری اطلاعات و داده های اولیه

داده‌های قبلی و همچنین نقشه توپوگرافی محدوده حوضه آبریز بررسی و سیستم آبراهه‌ها تکمیل شده، سپس با استفاده از نقشه زمین شناسی محدوده، با در نظر گرفتن واحدهای سنگی مستعد کانی سازی، توده‌های نفوذی، همبری‌های مهم، سیستم گسلی، مناطق دگرسانی و وضعیت توده‌های نفوذی نیمه عمیق، سرانجام طراحی نمونه برداری انجام شده است. برای طراحی شبکه نمونه برداری به معیارهای (یزدی، ۱۳۸۱ و باقری، ۱۳۸۹) زیر نیز توجه شده است.

الف) دستیابی به بیشترین توزیع یکنواخت نمونه‌ها در کل محدوده.
ب) رعایت چگالی نمونه برداری ژئوشیمیایی بر اساس ویژگی‌های محدوده.
ج) توزیع همگن و حتی الامکان یکنواخت نمونه‌های متناسب با سطح حوضه آبریز و تعداد انشعابات آن.
د) اولویت با رسوبات آبراهه‌ای است که سنگ بستر خود را قطع می‌کنند (در بستر آبراهه برونزد سنگی وجود داشته باشد).

ه) بررسی امکانات جاده‌ای.
و) توجه به واحدهای سنگی مختلف و انتشار زون‌های آلتراسیون و کانی سازی.
پس از طراحی شبکه نمونه برداری، نقشه‌های توپوگرافی جهت رقومی شدن نمونه‌ها اسکن شده و آبراهه‌ها، جاده‌ها و روستاها ترسیم گردید و موقعیت نمونه‌ها با استفاده از نرم افزار (Arcview) مشخص و با مختصات سیستمی (UTM) تهیه و در (GPS) ذخیره و مورد استفاده در نمونه برداری قرار گرفت.

عملیات صحرایی

یکی از مهم ترین اصول کار نمونه برداری و آماده سازی صحیح نمونه است. خطاهای این مرحله از عملیات، به خصوص خطاهای سیستماتیک آن موجب بروز اثرات نامطلوب در سایر مراحل عملیاتی می‌شود و ما را از دستیابی به نتایج واقعی محروم می‌سازد. در این مطالعه پس از طراحی ایستگاه‌های نمونه برداری به منظور هدایت اکتشافات کانسارها اقدام به دو سری نمونه برداری شد: ۱) نمونه برداری ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای، ۲) نمونه برداری کانی سنگین.

روش نمونه برداری ژئوشیمی رسوبات آبراهه‌ای

بر اساس طرح نمونه برداری، کلیه نمونه‌ها از ایستگاه‌های مشخص شده در نقشه توپوگرافی ۱:۱۰۰۰۰۰ و مختصات ثبت شده توسط دستگاه موقعیت یاب جهانی (GPS) روی نقشه نمونه برداری برداشت شد. نمونه‌های ژئوشیمی از بخش رسوبات نرم موجود در بستر رودخانه‌ها یا آبراهه‌ها در حد سیلت و رس و با استفاده از الک ۵۰ مش به میزان ۴۰۰ تا ۳۰۰ گرم برداشت شده است. شماره گذاری نمونه‌های این منطقه به صورت شماره و کد انجام شد. نمونه‌ها پس از مرحله آماده سازی صحرایی در کیسه‌های مناسب ریخته شده و برچسب روی آن‌ها زده می‌شود. در نهایت لیست نمونه‌های برداشت شده کنترل و با انتقال شماره‌ها به نقشه‌های اصلی، نقشه نهایی نمونه‌های برداشت شده آماده گردید. در طی نمونه برداری برخی از معیارهایی (ولفگانگ، ۱۳۷۸ و حسنی پاک ، ۱۳۷۱) که رعایت شدند به قرار زیر است:
– در محل هر نمونه پس از کنار زدن مواد سطحی بستر آبراهه برای اجتناب از برداشت مواد آلی، از عمق ۲۰ الی ۴۰ سانتی متری توسط بیلچه و الک ۵۰ مش اقدام به نمونه برداری شد.

– به منظور کاهش خطای نمونه برداری سعی شد تا حد امکان مساحت منطقه برداشت نمونه در آبراهه‌ها افزایش پیدا کرده و در مسیر، شاخه فرعی جدیدی آبراهه را قطع نکرده باشد.

– در آبراهه‌هایی که نمونه برداری از آن‌ها صورت گرفت سعی شد تا حد امکان، نمونه‌ها از وسط آبراهه‌ها برداشت شود چرا که می تواند معرف بهتری برای حوضه آبریز باشد. به طور کلی در این تحقیق ۲۹ نمونه رسوب آبراهه‌ای که به روش XRF در آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود انجام شده مورد تفسیر و بررسی قرار گرفته است.

روش نمونه برداری کانی‌های سنگین

به دلیل اهمیت بررسی ژئوشیمیایی رسوبات در این تحقیق از کل محدوده، تعداد ۲۹ نمونه کانی سنگین برداشت شده است. در نمونه برداری کانی سنگین توجه به رخنمون رخساره‌های سنگی، نمودهای تکتونیکی، بررسی نقشه‌های ژئومغناطیسی هوایی، گسترش پلاسرها، نوع دگرسانی‌ها و دیگر پدیده‌های جالب می‌تواند به نحوه با ارزش روش اکتشافی را هدفمند نماید (موسوی حرمی، ۱۳۸۸). سرعت پیشرفت نمونه برداری بسته به شرایط اقلیمی و توپوگرافی ناحیه متفاوت خواهد بود. نمونه‌های کانی سنگین از محل‌های مناسب همچون پیچ آبراهه‌ها، محل کاهش شیب ناگهانی آبراهه‌ها و پشت تخته سنگ‌های بزرگ در کف آبراهه‌ها که احتمال تمرکز کانی سنگین در آن‌ها بیشتر است برداشت گردیده است.

امکانات لازم برای نمونه برداری (حسنی پاک، ۱۳۷۱)

– یک نفر به عنوان هدایت کننده عملیات اکتشافی
– بیل یا بیلچه با لبه‌های محکم از جنس پلاستیک فشرده یا آهنی

–دو سرند با دهانه ۵ میلی متری (قطر خود سرندها ۳۰ سانتی متر)
–دو طشتک با گنجایش ۱۰ لیتر از جنس فولاد ضد زنگ
–ظروف فلزی ته گود برای مواد باطله
–کیسه مناسب و برچسب برای نمونه‌ها.

روش مطالعه نمونه‌های کانی سنگین

محاسبه مقدار کیفی (Quality): هر گروه از کانی‌های سنگین به صورت جداگانه توسط استریومیکروسکوپ مورد مطالعه قرار می‌گیرد. مقدار کیفی کانی‌ها به وسیله استریومیکروسکوپ با شناسایی و شمارش تعداد ذرات کانی‌ها تعیین می‌شود (ولفگانگ، ۱۹۷۸).

محاسبه مقدار کمی (Quantity): برای تعیین مقدار کمی (Quantity) کانی ها از رابطه زیر استفاده می شود (یزدی، ۱۳۷۱) :

(۲/۵).C.A/10000.D.Y.B.S=(PPM) مقدار گرم در تن که در بخش قبلی توضیح داده شده است.

محاسبه مقدار درصد کانی‌ها (X): مقدار X نمایانگر مقدار درصد هر کانی در نمونه مورد نظر می‌باشد که از حاصل ضرب مقدار درصد کانی مورد مطالعه در زیر بیناکولار (S) در نسبت بین فراکسیون‌ها (AA،AV و NM) به دست می‌آید.

موقعیت جغرافیایی و راه‌های دسترسی به منطقه

محدوده مورد مطالعه در استان آذربایجان شرقی ، ۴۵ کیلومتری جنوب شرق تبریز و ۱۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان بستان‌آباد واقع شده است. این محدوده در شمال رودخانه صبری چای قرار دارد و بخشی از نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد قرار گرفته است. این محدوده در بین طول‌های جغرافیایی '۵۰ °۴۶ – °۴۷ شرقی و عرض جغرافیایی '۷۸ – °۳۷ و '۹۰ – °۳۷ شمالی قرار گرفته است. مهمترین راه دسترسی به محدوده مورد مطالعه از طریق جاده ترانزیتی تبریز – بستان آباد – میانه و جاده فرعی روستای کرگان و یا از طریق اتوبان جدید تبریز – بستان آباد و جاده‌ی فرعی منتهی به معدن مس کرگان (شمال گرگان) امکان پذیر است.

مسیر راه روستایی آسفالت شده ولی برای رسیدن به محل‌های نمونه برداری بایستی از جاده خاکی رفت و آمد نمود.

زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در نزدیکی روستای ایمناب ، در ۱۰ کیلومتری شمال غربی شهرستان بستان آباد و در ۴۵ کیلومتری جنوب شرقی تبریز واقع می‌باشد، که بر اساس تقسیم بندی زون‌های ساختاری ایران طبق تقسیم بندی (نبوی، ۱۳۵۵) محدوده مورد مطالعه جزء زون البرز – آذربایجان ، طبق تقسیم بندی (Stocklin،1968) در زون ایران مرکزی و طبق جدیدترین تقسیم بندی که مربوط به (آقانباتی،۱۳۸۴) می‌باشد محدوده در زون ایران میانی واقع گردیده است. طبق نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ بستان آباد، لیتولوژی واحدهای سنگی رخنمون یافته در محدوده کرگان عمدتاً شامل سنگ‌های رسوبی (آواری) ائوسن و رسوبات آبرفتی کواترنری می‌باشند. عمده ترین واحدهای زمین شناسی در محدوده مورد مطالعه، تراکی آندزیتی با بافت پورفیری، تراکی آندزیت و آلکالی بازالت می‌باشد .

یافته های پژوهش

برای تعبیر و تفسیر داده‌های ژئوشیمی از دو روش آماری و گرافیکی مطابق شیوه محققین مختلف استفاده شده است (مینارد ۱۳۹۱ ، بت شکن ۱۳۹۰). در این قسمت به منظور بدست آوردن آمارهای توصیفی عناصر مهم مرتبط با کانی سازی، داده‌های ۲۹ عنصر وارد نرم افزار Rock Works99 شد و تجزیه و تحلیل گردید. در این روش برای هر متغیر متغیرهای توصیفی شامل: مقدار حداقل ، مقدار حداکثر ، میانه (میانگین) ، انحراف معیار و واریانس مورد محاسبه قرار گرفت. هدف از محاسبه متغیرهای توصیفی مقایسه مقادیر اندازه گیری با میانگین فراوانی عناصر در جوامع عادی ژئوشیمیایی است. همچنین نمودار هیستوگرام‌های مربوطه برای عناصر اصلی و همراه کانی سازی ترسیم شده است. هدف از رسم هیستوگرام تشخیص نحوه توزیع پراکندگی داده‌های ژئوشیمیایی (عادی یا غیر عادی بودن) می‌باشد (کریم زاده، ۱۳۸۱).

شکل ۱- نقشه ماهواره‌ای منطقه مورد مطالعه و ایستگاه‌های انتخابی نمونه برداری

آمار توصیفی داده‌های ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای

همان طوری که در (جدول ۱) مشاهده می‌شود عناصر: آلومینیوم، باریم، کلسیم، کرم، آهن، پتاسیم، منیزیم، منگنز، سدیم، فسفر، سرب، گوگرد، استرانسیم، تیتانیوم، وانادیم، روی و زیرکونیم دارای واریانس (پراش) قابل ملاحظه‌ای بوده که نشانگر دامنه تغییرات وسیع آن‌ها می‌باشد. همچنین میانگین عناصر: کلسیم، پتاسیم، تیتانیوم و روی در محدوده کرگان بیش از فراوانی آن‌ها در پوسته زمین می‌باشد که نشانگر وجود پتانسیل کانی سازی در منطقه است.(جدول ۱): متغیرهای آماری داده‌های ژئوشیمی شامل: حداقل، حداکثر، میانگین، انحراف معیار، واریانس (پراش) مربوط به رسوبات آبراهه‌ای محدوده مورد مطالعه می‌باشد.

رسم نمودار هیستوگرام‌های مربوط به داده های ژئوشیمیایی آبراهه‌اینمودارهای هیستوگرام برای داده‌های ژئوشیمی توسط نرم افزار Rock works99 رسم شده است. در این نمودارها محور افقی مقادیر متغیر بر حسب PPM (گرم در تن) و محور قائم فراوانی متغیر را نشان می‌دهد. بر اساس نمودار فراوانی می‌توان توزیع عادی یا غیر عادی یک متغیر را تشخیص داد و از روی انحراف منحنی به راست یا چپ پدیده‌های ژئوشیمیایی مؤثر را پیش بینی کرد (حسنی پاک ، ۱۳۸۰ و احمدی و همکار، ۱۳۹۷).

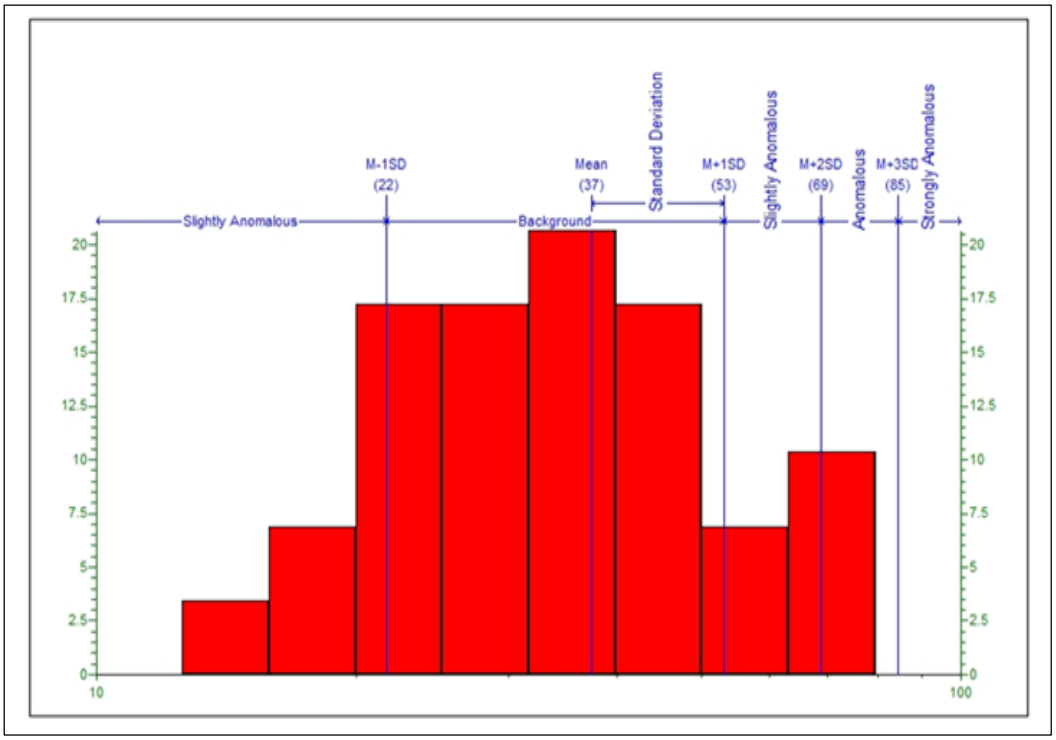
بر این اساس هیستوگرام عنصر Ag آنومالی غیرعادی (انحراف به راست) نشان می‌دهد. مفهوم این نکته آن است که جمعیت ژئوشیمیایی این عنصر پدیده غیرعادی در رسوبات را منعکس می‌کند. عناصر Mg دارای توزیع نرمال (متقارن) بوده که جمعیت ژئوشیمیایی این عناصر پدیده غیرعادی در رسوبات را منعکس نمی‌کند. همچنین عنصر Cu دارای توزیع نامتقارن (انحراف به چپ) می باشد که نشانگر پدیده غیرعادی در رسوبات است البته غلظت این عنصر زیاد نبوده و احتمالاً مربوط به تمرکز آن در سنگ‌های بازالتی است ولی نمودار هیستوگرام یا میله‌ای بقیه عناصر دارای توزیع نرمال (متقارن) نیست ولی مقدار آن آنومالی محسوب می‌شود. به عبارتی برخی از نمونه‌ها عیار غیر عادی داشته و ناهنجاری نشان می‌دهند.

نتایج حاصل از رسم نمودارهای هیستوگرام ژئوشیمیایی

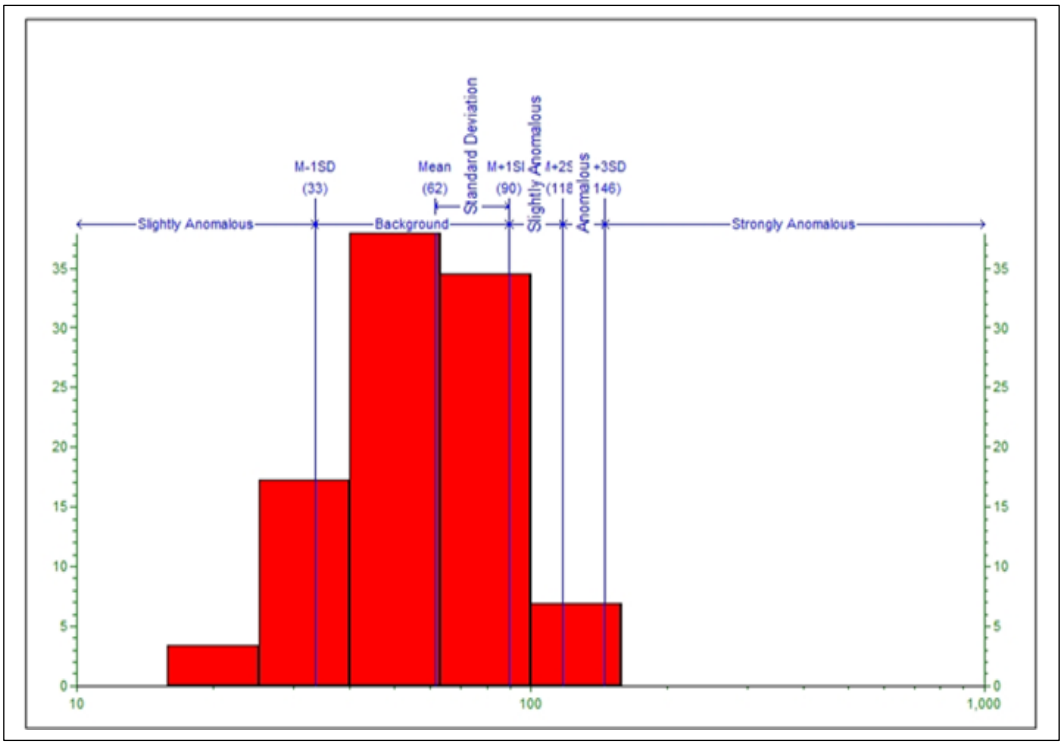
عنصر آرسنیک، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد و دارای انحراف به سمت راست می‌باشد (شکل ۲). این عنصر پدیده غیر عادی را نشان می‌دهد که تعدادی از نمونه‌ها دارای ناهنجاری‌هایی هستند که احتمالاً نشان و ردیاب از کانی سازی در منطقه می‌باشد. عنصر مس، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد و دارای انحراف به سمت چپ بوده که پدیده غنی شدگی را نشان می‌دهد (شکل ۳).

جدول ۱-داده‌های ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای منطقه مورد مطالعه

	N	Minimum	Maximum	Mean	STD. Deviation	Variance
Al	29	47936	90943	75081.9	12093.2	146245723.2
As	29	12.8	74.9	37.3	15.7	247.4
Ba	29	277	1017	554.5	216.01	46663.6
Co	29	11	36	19.3	6.5	42.5
Cr	29	18	192	52.7	34.05	1159.4
Cu	29	25	140	61.51	28.06	787.9
Fe	29	25667	67895	45018.8	13428.5	180312690.8
K	29	12640	49352	23285.06	9858.5	97190237.4
Li	29	16	41	25.03	6.3	39.9
Mn	29	473	1349	925.2	268.4	72042.4
Ni	29	8	36	20.1	6.2	39.02
Pb	29	11	233	44.1	51.2	2629.3
S	29	0	3104	681.1	827.6	684949.1
Sr	29	344	669	490.06	73.37	5383.4
Ti	29	3331	8635	5319.1	1518.9	2307254.4
V	29	67	304	172.2	77.87	6064.3
Zn	29	69	1181	231.5	241.7	58452.2

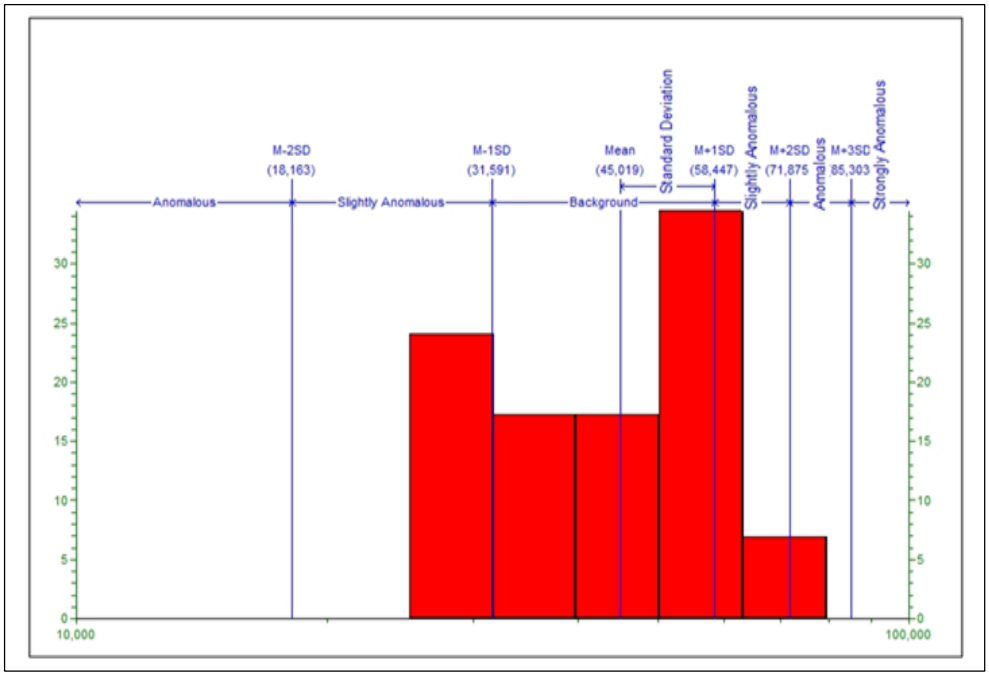


شکل ۲- نمودار فراوانی عنصر As در رسوبات آبراهه‌ای کرگان

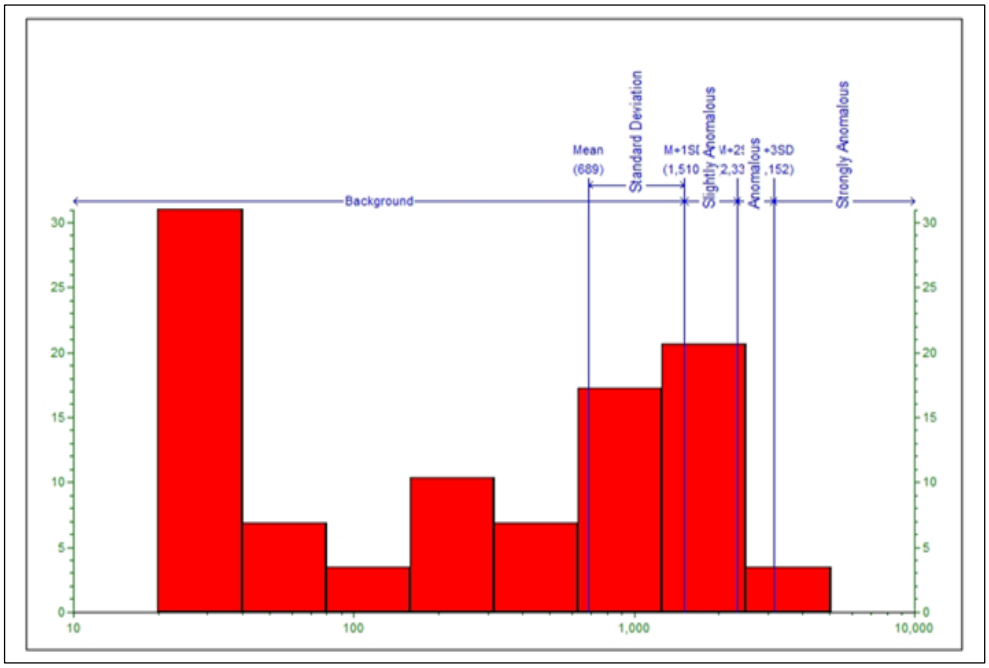


شکل ۳- نمودار فراوانی عنصر Cu در رسوبات آبراهه‌ای کرگان

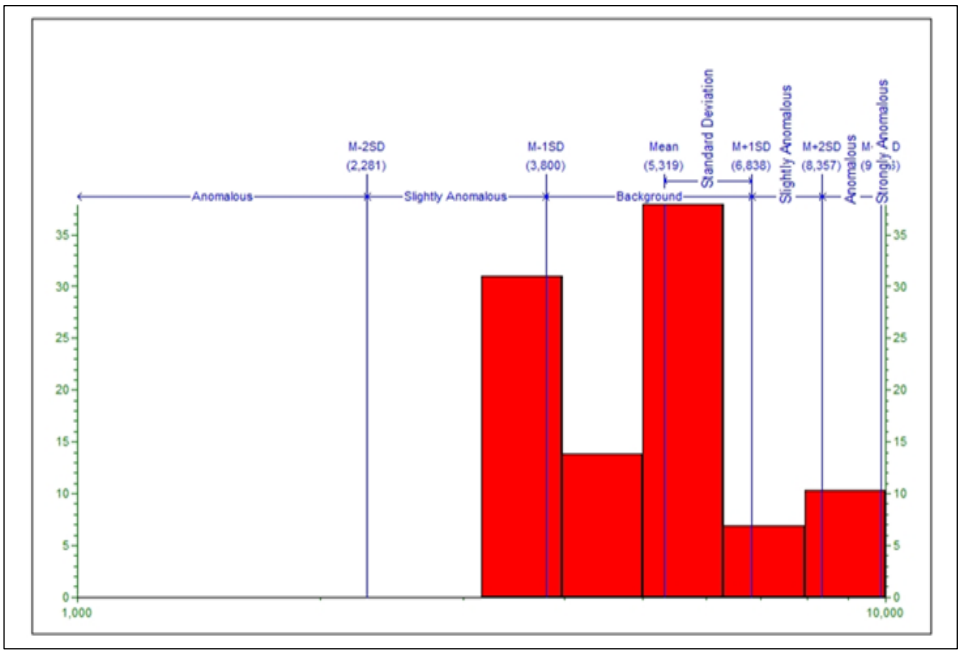
عنصر آهن، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد که دارای انحراف به سمت چپ می‌باشد(شکل ۴).که ناشی از جذب آهن توسط کانی‌های رسی حاصل از دگرسانی پلاژیوکلازها در واحدهای سنگی منطقه می‌باشد. این نوع جذب دروغین بوده و هیچ ارتباطی به کانی سازی آهن در منطقه ندارد، این توزیع پدیده‌ی غنی شدگی ثانویه را نشان می‌دهد چون تعداد نمونه‌هایی با عیار بالا بیشتر از نمونه‌های با عیار پایین است. عنصر گوگرد، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد. دارای انحراف به سمت چپ می‌باشد (شکل ۵) که تعداد نمونه‌ها دارای ناهنجاری مرتبط با کانی سازی در منطقه می‌باشد. عنصر تیتانیوم، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد و دارای انحراف به سمت راست می‌باشد (شکل ۶). حضور نسبتاً فراوان این عنصر را می‌توان با جانشینی آن با عناصر مشابه در ساختمان کانی‌هایی مثل الیوین و پیروکسن در واحدهای بازالتی منطقه مرتبط دانست.



شکل ۴- نمودار فراوانی عنصر Fe در رسوبات آبراهه‌ای کرگان



شکل ۵- نمودار فراوانی عنصر S در رسوبات آبراهه‌ای کرگان



شکل ۶- نمودار فراوانی عنصر Ti در رسوبات آبراهه‌ای کرگان

مطالعات کانی سنگین

مناطق آنومالی که با پردازش داده‌های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه‌ای مشخص می‌شوند می‌توانند ناشی از پدیده‌های کانی سازی احتمالی و همچنین نتیجه مؤلفه‌های سن ژنتیک باشند (حسنی پاک، ۱۳۷۱). لذا ضرورت استفاده از سایر روش‌های نمونه برداری و نیز بررسی‌های صحرایی جهت شناخت آنومالی‌ها کاملاً روشن می‌باشد و در این ارتباط معمولا دو کار صورت می‌گیرد:

- مطالعات کانی سنگین

- بررسی مناطق کانی سازی شده

مطالعات کانی سنگین به عنوان روشی که در آن فاز پیدایش یک عنصر مورد مطالعه قرار می‌گیرد، می‌تواند مفید واقع شود (Hala etal،1994). بدیهی است پیدایش یک عنصر در فازهای مختلف ارزش اکتشافی متفاوتی دارد و برای پی بردن به ارزش‌های اکتشافی اشکال پیدایش یک عنصر، نیاز به فاز پیدایش آن است. با توجه به نتایجی که از آنالیز نمونه‌های کانی‌های سنگین به دست می‌آید، می توان هاله‌های ثانویه را به دو نوع تقسیم نمود:

الف) هاله‌های ثانویه مرتبط با کانی سازی

در این مورد کانی‌های مستقل یک عنصر معمولاً در جز سنگین به صورت فاز مستقل یافت می‌شود. برای مثال سرب می‌تواند گالن و سروزیت ، روی می‌تواند اسفالریت و اسمیت و زونیت را به وجود آورند و تمرکز آن‌ها در یک منطقه می‌تواند نشانه کانی سازی در بالا دست آن‌ها باشد (Maria etal ،1996).

ب) هاله‌های ثانویه مرتبط با پدیده‌های سنگ زایی

بعضی از عناصر کانه ساز می‌توانند در شبکه کانی‌های دیگر نیز جانشین شوند. برای مثال سرب می‌تواند در شبکه فلدسپات، نیکل در شبکه اولیوین و روی در شبکه بیوتیت و آمفیبول جای گیرد (Amelia ،2000). بدین ترتیب در حالت عادی سنگ زایی، بیشتر با ورود این عناصر در ترکیب (یا محلول جامد) کانی‌های سازنده سنگ روبرو هستیم. بدیهی است تحرک یک ذره کانی سنگین نسبت به تحرک یک یون کمتر است. لذا هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه به مراتب بزرگتر از هاله‌های سنگین مربوط به همان عنصر باشد (Howarth،1983). بدین لحاظ برداشت نمونه‌های کانی سنگین در محدوده هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه

می‌تواند مفیدتر واقع گردد. در این منطقه همزمان با برداشت نمونه‌های ژئوشیمی تعداد ۲۹ نمونه کانی سنگین نیز از این مناطق برداشت گردید (آدابی ، ۱۳۸۸). در این منطقه همزمان با برداشت نمونه‌های ژئوشیمی تعداد ۲۹ نمونه کانی سنگین نیز از این مناطق برداشت گردید.

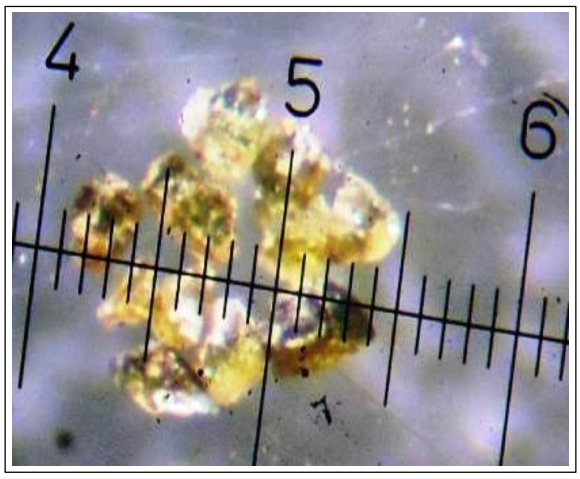
نتایج حاصل از مطالعه کانی سنگین در منطقه مورد

در فاز غیر مغناطیسی (NM) این نمونه‌ها کانی‌های زیرکن، پیریت، باریت، کلسیت، کوارتز و فلدسپات به صورت انتشار گرم در تن و کانی آپاتیت، زیرکن و پیریت به صورت انتشار جزئی (PTS) حضور دارد. در فاز مغناطیسی متوسط (AV) نمونه‌ها: کانی‌های آمفیبول (در ۱ نمونه)، پیروکسن، لیمونیت (در ۲ نمونه) و هماتیت به صورت انتشار گرم در تن و کانی‌های اپیدوت، پیریت اکسید و لیمونیت در نمونه HM2 به صورت انتشار جزئی (PTS) مشاهده شده است.کانی مگنتیت هم در حد انتشار گرم در تن در این محدوده منطقه مشاهده شده است. کانی پیروکسن یکی از کانی‌های سنگ ساز در فاز مغناطیسی متوسط حضور دارد (شکل ۱۰).

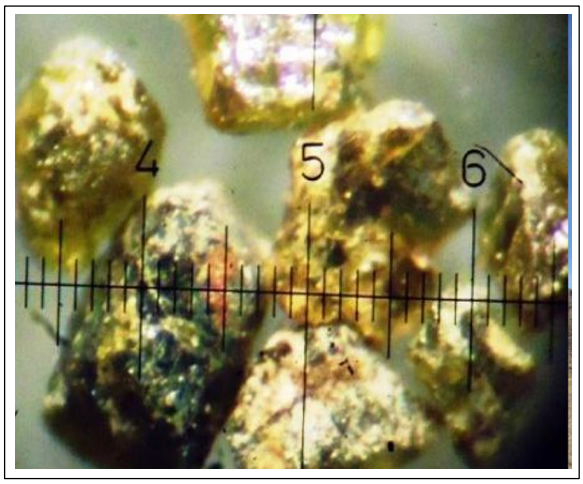
این کانی بی شکل تا نیمه شکل و گرد شده بوده دارای اندازه متوسط (۱۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرون) و دارای رنگ سبز می‌باشد (شکل ۱۱).

مقدار این کانی به صورت انتشار گرم در تن است. هماتیت از نظر شکل بلور، فلسی – دانه ای، توده‌ای، نودولار، شعاعی و از نظر رنگ قهوه‌ای، قرمز، خاکستری و سیاه می‌باشد. دارای شفافیت نیمه شفاف تا کدر (اپاک)، شکستگی آن صدفی، جلای فلزی مات و فاقد رخ می‌باشد (شکل ۹).

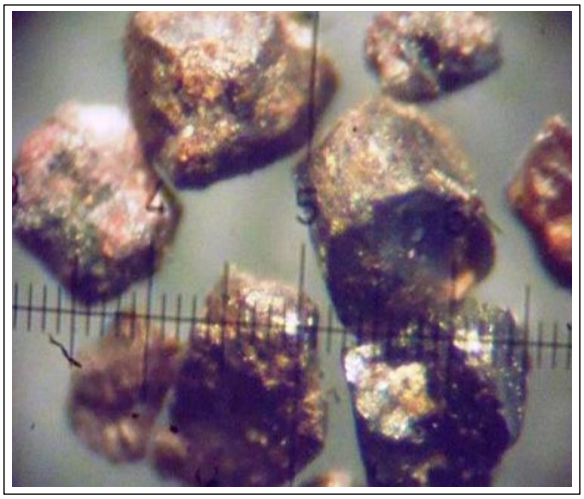
سیستم تبلور آن رومبوئدریک و در رده بندی اکسیدهاست و منشأ تشکیل آن ماگمایی – هیدروترمال است. هماتیت در منطقه مورد مطالعه بی شکل و گرد شده و دارای اندازه ۱۰۰ تا ۲۰۰۰ میکرون می‌باشد (شکل ۱۰).



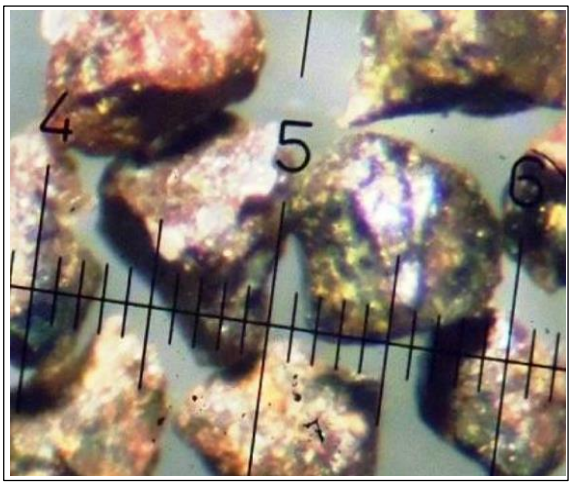
شکل ۷- حضور کانی پیروکسن‌های گرد شده با انحلال سطحی در نمونه KAR.HM3



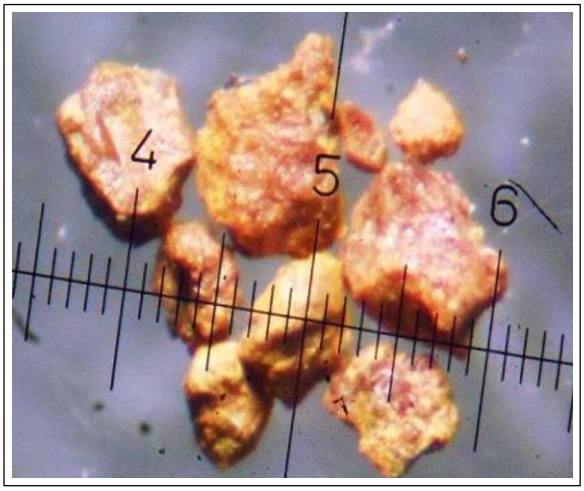
شکل۸- حضور کانی پیروکسن‌های گرد شده در نمونه KAR-HM1



شکل ۹- حضور کانی هماتیت گرد شده در نمونه KAR-HM1



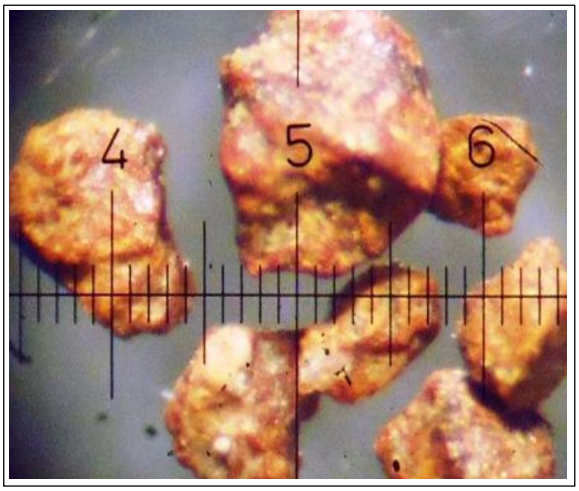
شکل ۱۰- حضور کانی هماتیت در نمونه KAR-HM3



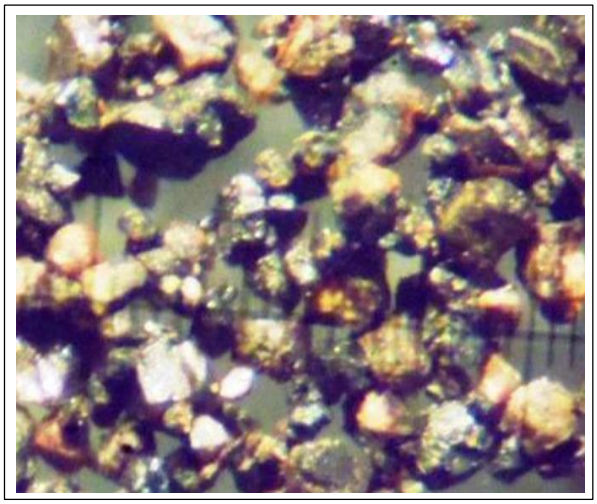
شکل ۱۲- حضور کانی لیمونیت گرد شده در نمونه KAR-HM3

لیمونیت از نظر شکل بلور: کریپتوکریستالین، رنگ: زرد – قهوه‌ای تا سیاه ملون، شفافیت: کدر (اپاک)، شکستگی: صدفی – رشته‌ای، جلا: مات – ابریشمی – خاکی، رخ: ندارد، سیستم تبلور: ارترومبیک و در رده بندی هیدروکسید است همچنین خاصیت مغناطیسی ندارد و منشأ تشکیل آن ثانویه است (شکل ۱۱). لیمونیت کانی همراه هماتیت است. بی شکل و دارای اندازه‌های ۷۰ تا ۱۵۰۰ میکرون در منطقه مورد مطالعه حضور دارد. مقدار این کانی در نمونه‌ها به صورت انتشار گرم در تن است (شکل ۱۲). مگنتیت از نظر شکل بلوری: اُکتاهدر، دارای شکستگی: صدفی، جلای فلزی، سیستم تبلور آن: کوبیک (مکعبی) و در رده بندی اکسیدهاست. همچنین خاصیت مغناطیسی بسیار قوی و منشأ تشکیل آن ماگمایی، دگرگونی ناحیه‌ای، دگرگونی مجاورتی و هیدروترمال است.مهم‌ترین مشخصات آن رنگ: خاکه، خاصیت مغناطیسی: قوی و همراهی آن با کانی های: کرومیت، هماتیت، ایلمنیت، آپاتیت، اورژیت، هماتیت و آمفیبول می‌باشد.کانی مگنتیت در فاز فرومغناطیس (AA) حضور دارد. مقدار این کانی در نمونه‌ها به صورت انتشار گرم در تن است. این کانی هم نیمه شکل دار تا بی شکل در همه نمونه‌ها و دارای اندازه‌های ۵۰ تا ۱۵۰۰ میکرون است (شکل ۱۳).

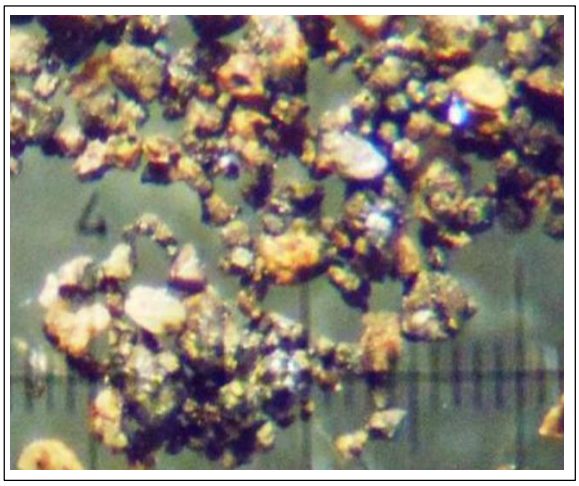
اندازه این کانی در ۲ اندازه متفاوت، ریز و درشت مشاهده شده است (شکل ۱۴). این کانی در نمونه KAR-HM3 گرد شده هستند.



شکل ۱۱- حضور کانی لیمونیت گرد شده در نمونه KAR-HM2

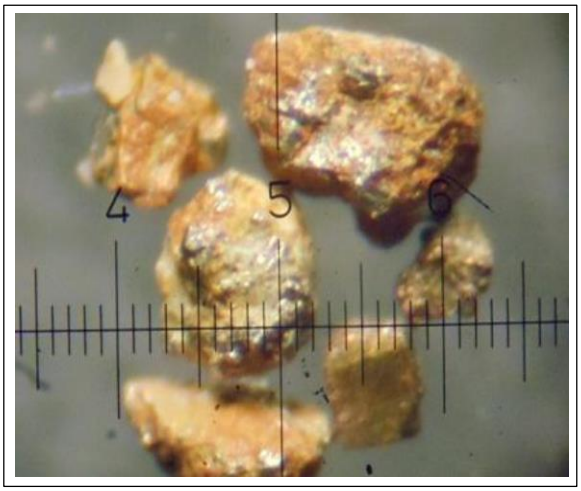


شکل ۱۳- حضور کانی مگنتیت در نمونه KAR-HM1



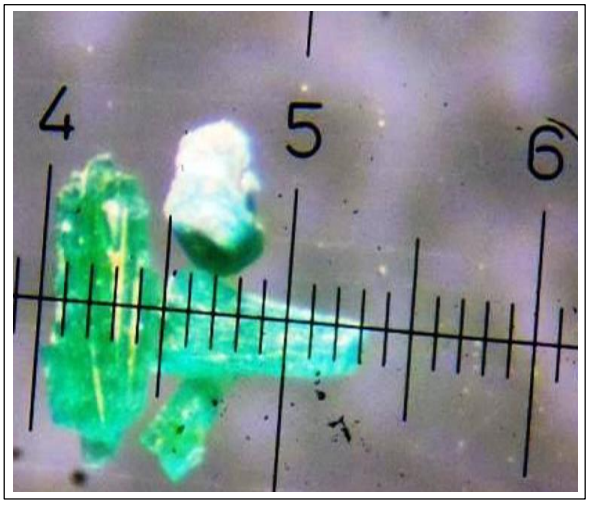
شکل ۱۴- حضور کانی مگنتیت با دو اندازه متفاوت در نمونه KAR-HM2

کانی پیریت در مطالعه نمونه‌های کانی سنگین به دلیل راهنمایی، در معرفی نواحی امید بخش و به طور غالب همبستگی آن با زایش کانی‌های اقتصادی و کانی سازی چون طلا دارای ارزش می‌باشد. این کانی به شکل پیریت در فاز NM حضور دارد. مقدار این کانی در نمونه های HM1 و HM2 جزئی و در نمونه HM3 به صورت انتشار گرم در تن است. این کانی بی شکل و گرد شده در فاز NM نمونه HM3 حضور دارد (شکل ۱۵). مالاکیت از نظر شکل بلور: منشوری، رنگ: سبز تا سبز تیره، شفافیت: نیمه‌کدر، شکستگی: صدفی، جلا: شیشه‌ای - چرب، رخ: ناقص، سیستم تبلور: مونوکلینیک و در رده بندی کربنات است. همچنین خاصیت مغناطیسی ندارد و منشأ تشکیل آن

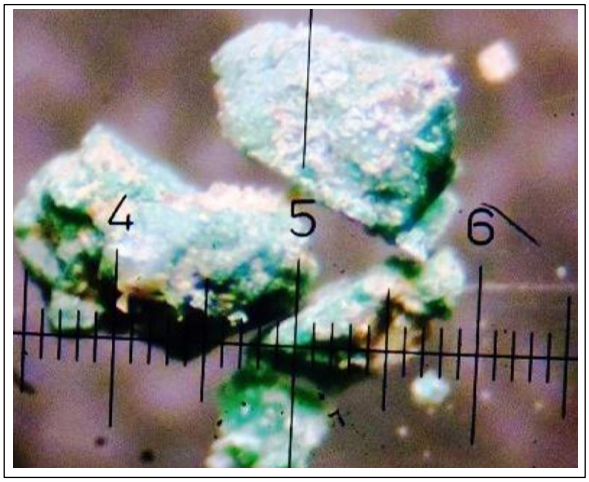


شکل ۱۵- حضور کانی پیریت گرد شده در نمونه KAR-HM3

ثانوی است. در صورت وجود کانی سازی مس در بالا دست منطقه هاله‌های ثانویه مالاکیت تشکیل می‌شود که در منطقه کرگان هم این موضوع صدق می‌کند (شکل ۱۷و۱۶). از ناهنجاری‌های مس می‌توان به حضور کانی مالاکیت دسته جارویی در فاز AV و مالاکیت‌های گرد شده در فاز NM نمونه HM3 (۴۴ ذره) اشاره کرد.



شکل ۱۶- حضور کانی مالاکیت گرد شده در فاز AV نمونه KAR-HM3

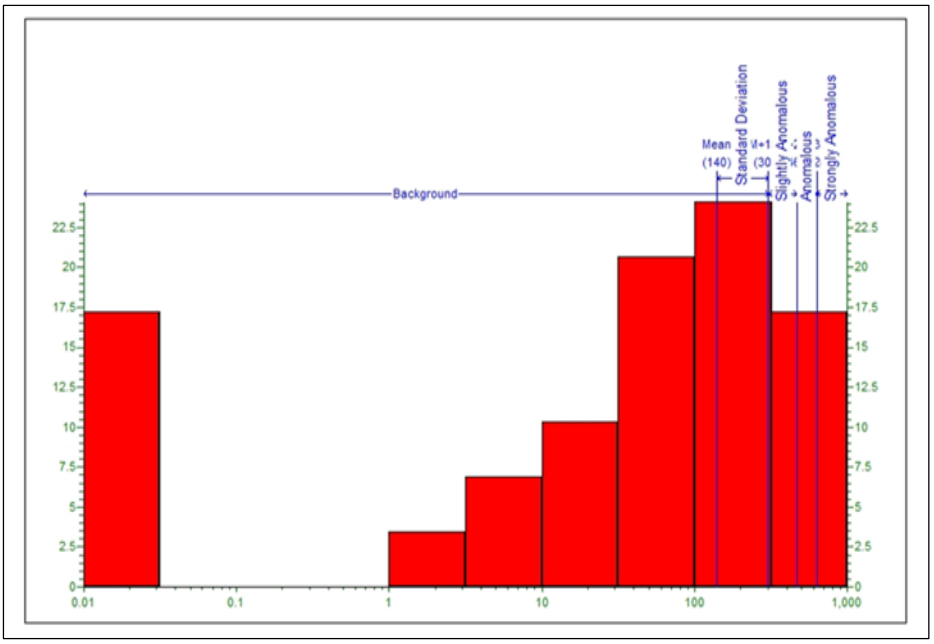


شکل ۱۷- حضور کانی مالاکیت گرد شده در فاز NM نمونه KAR-HM3

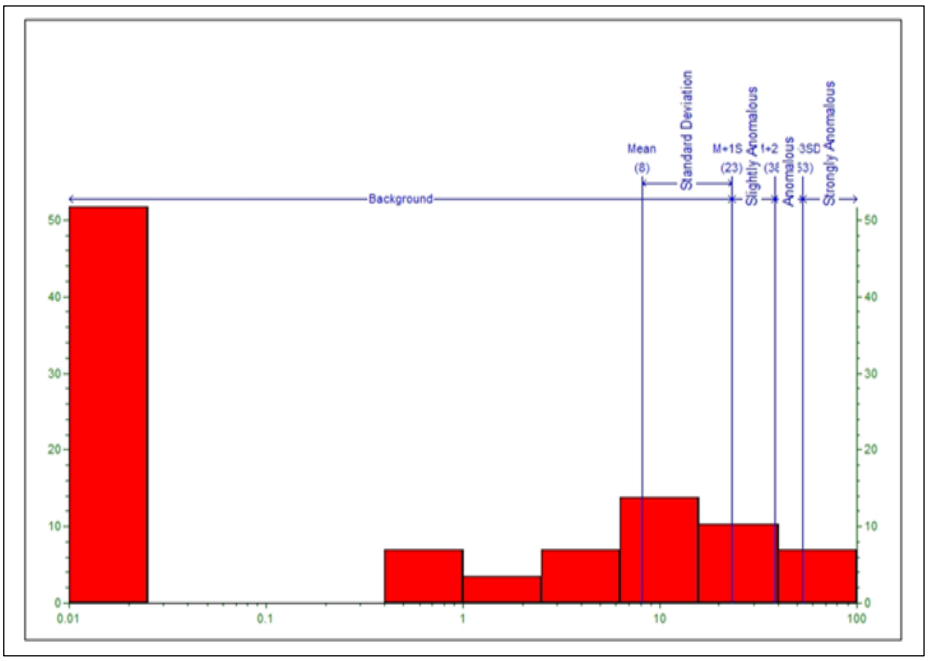
نتایج حاصل از رسم نمودارهای هیستوگرام کانی‌های سنگین

کانی آمفیبول، دو جمعیت عادی و غیرعادی را نشان می‌دهد. جمعیت عادی را می‌توان به حضور مقادیر اندک آمفیبول در سنگ‌های آذرین اسیدی منطقه نسبت داد (شکل۱۸).

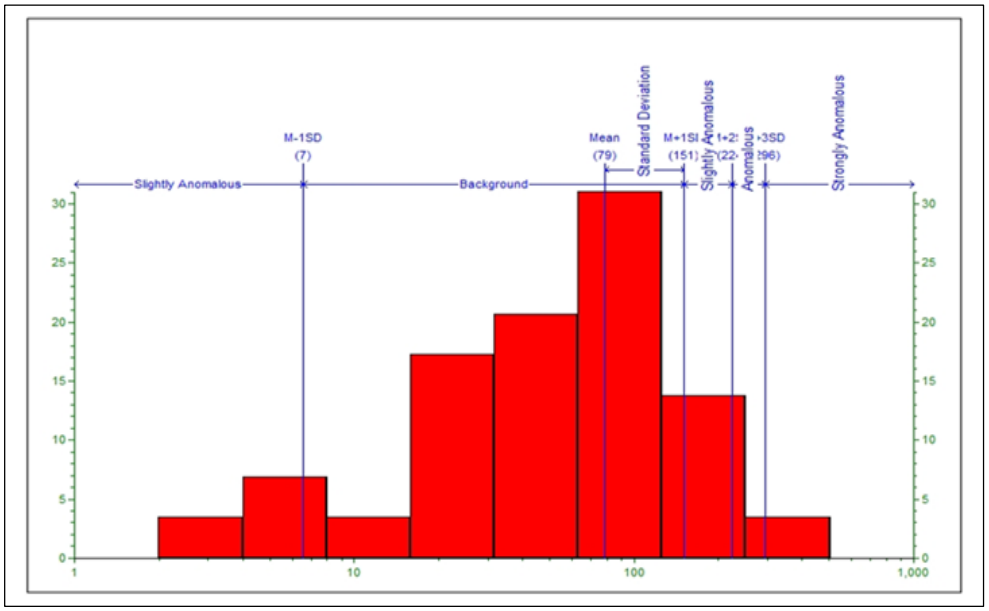
جمعیت غیرعادی این کانی که دارای مقادیر قابل توجهی است به خاطر تجمع آن در گدازه‌های آندزیتی ائوسن (E^V) می باشد. کانی آپاتیت، دو جمعیت عادی و غیرعادی نشان می‌دهد. جمعیت عادی مربوط به حضور آپاتیت در سنگ‌های آذرین حدواسط (میکرودیوریت) می‌باشد (شکل ۱۹). معمولاً مقادیر قابل توجه این کانی در سنگ‌های نفوذی این منطقه همراه با گرانیت متمرکز می‌شود. کانی باریت، توزیع آن غنی شدگی در منطقه را نشان می‌دهد (شکل ۲۰). به عبارت دیگر، دلیل شدت هوازدگی واحدهای آذرین، تمرکز این کانی در کانی‌های سنگی منطقه افزایش قابل توجهی داشته است. کانی مگنتیت، توزیع غیر عادی را نشان می‌دهد و دارای انحراف به سمت راست می‌باشد (شکل ۲۱). توزیع غیر عادی این کانی هم با کانی سازی فلزات در منطقه همخوانی دارد.



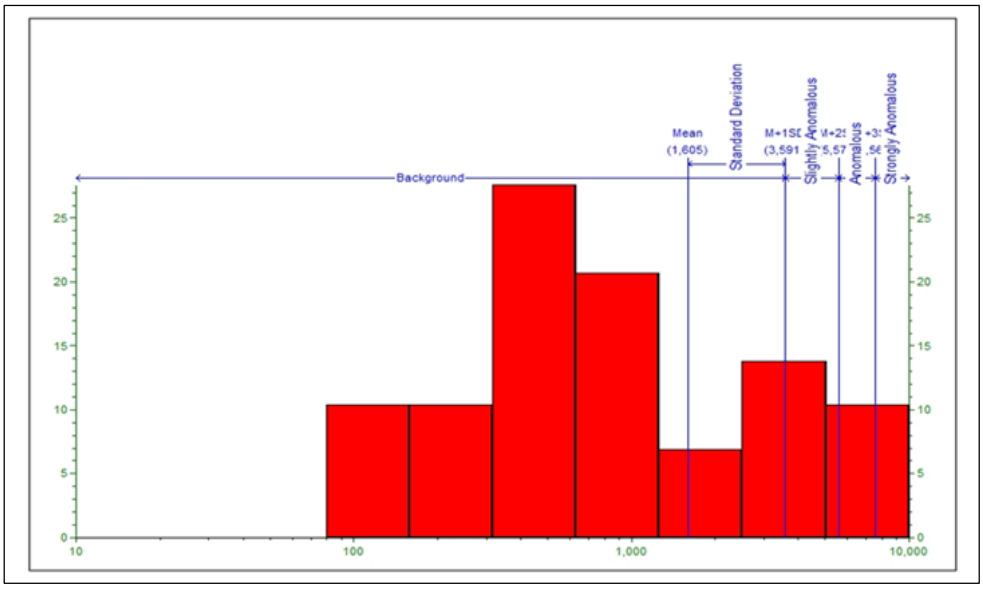
شکل ۱۸- نمودار فراوانی کانی آمفیبول در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه



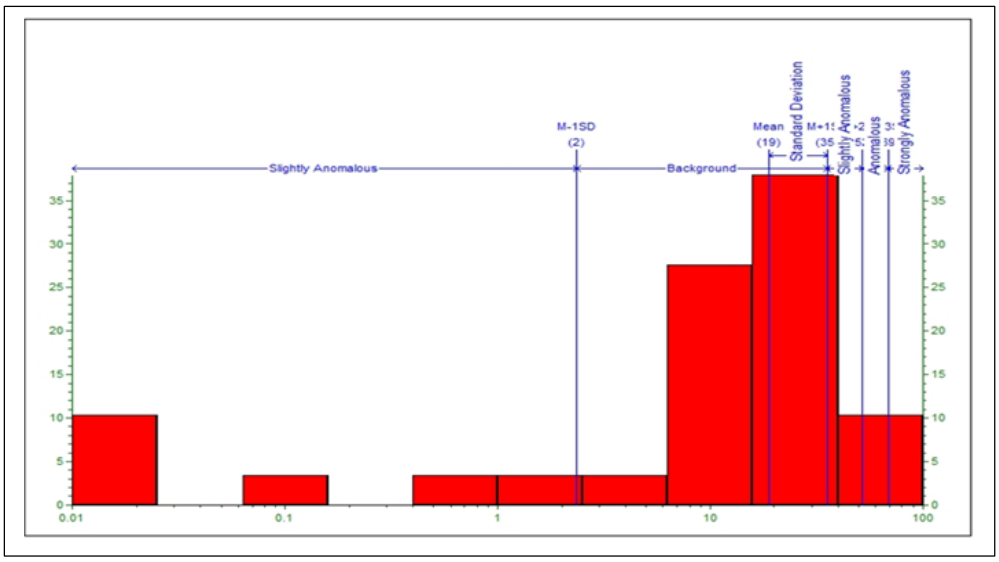
شکل -۱۹ نمودار فراوانی کانی آپاتیت در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه



شکل ۲۰- نمودار فراوانی کانی باریت در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه

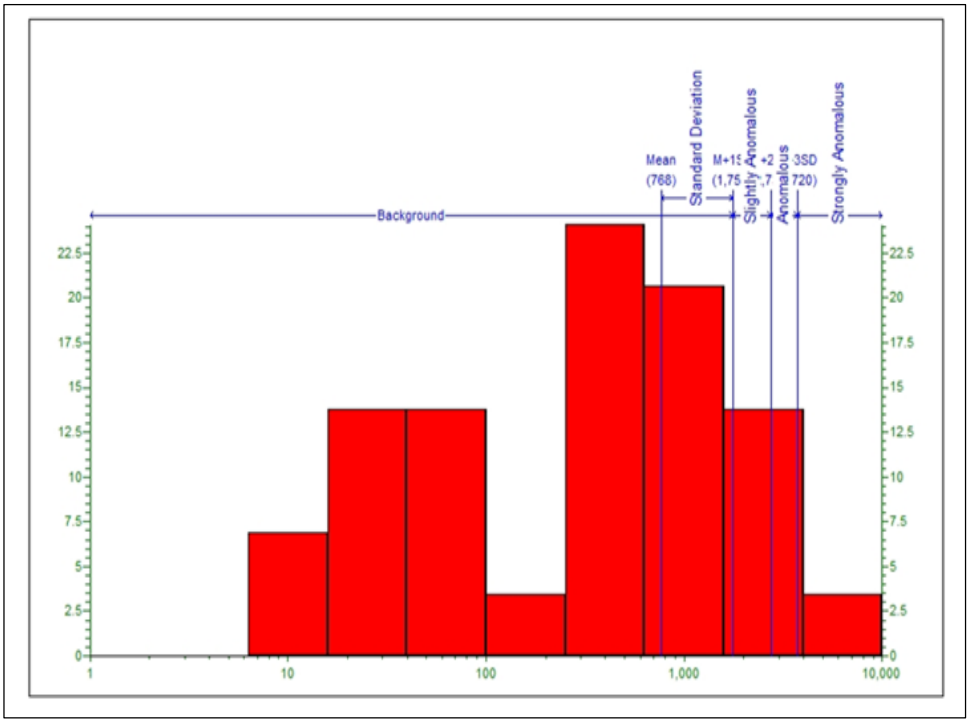


شکل ۲۱- نمودار فراوانی کانی مگنتیت در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه

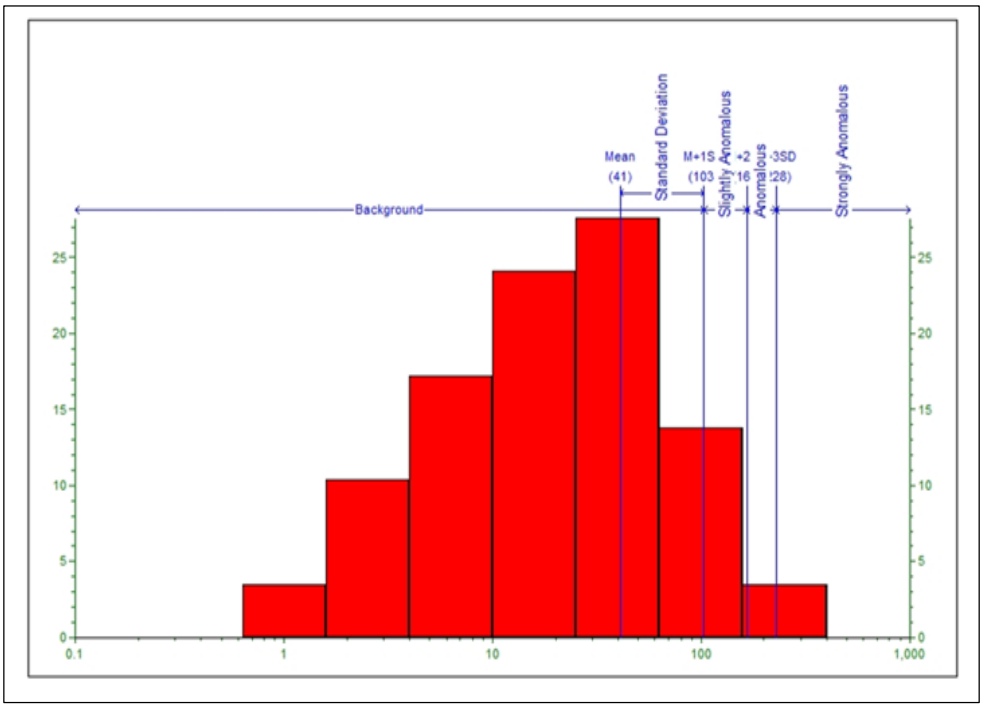


شکل ۲۲- نمودار فراوانی کانی پیریت در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه

کانی پیریت، سه جهت را نشان می‌دهد. نمودار این کانی می‌تواند نشانگر وجود چند منشأیی برای آن باشد، منشأ اول مربوط به کانی‌های فرعی سنگ‌های آذرین، منشأ دوم کانی‌های دگرسانی هیدروترمال و منشأ سوم کانی‌های سولفیدی همراه کانی سازی مس در منطقه می‌باشد (شکل ۲۲). کانی پیروکسن، دو جمعیت را نشان می‌دهد. جمعیت عادی آن در گدازه‌های آتشفشانی ائوسن می‌باشد. جمعیت غیر عادی مرتبط با غنی شدگی در هاله‌های ثانویه ناشی از دگرسانی میکرودیوریت می‌باشد (شکل ۲۳). کانی زیرکن، توزیع عادی را نشان می‌دهد. شکل نمودار زنگوله‌ای یا ثانویه می‌باشد (شکل ۲۴). حضور کانی زیرکن را می‌توان به گرانیت نسبت داد.



شکل ۲۳- نمودار فراوانی کانی پیروکسن در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه



شکل ۲۴- نمودار فراوانی کانی زیرکن در کانی‌های سنگین منطقه مورد مطالعه

مطالعه میکروسکوپی و تعیین منشأ کانی سنگین

مطالعه میکروسکوپی کانی‌های سنگین جهت تعیین منشأ آن‌ها دارای اهمیت فراوانی است. منطقه مورد مطالعه مورد نظر با ۳ نمونه کانی سنگین به روش تغلیظ، آماده سازی و مطالعه نمونه‌های کانی سنگین مورد تحقیق قرار گرفت که در بررسی این نمونه‌ها، نکات ذیل دارای اهمیت می‌باشد:

الف) در بررسی نمونه‌ها، نتایج مطالعه آن ها به سه صورت کیفی (Quality)، کمی (گرم در تن (Quantity)) و درصد وزنی (X) مورد ارزیابی و تفسیر قرار گرفته است.
ب) بر اساس مطالعه نمونه‌های کانی سنگین می‌توان به طور مستقیم حضور یا عدم حضور کانی زایی‌ها در یک منطقه را بررسی کرد.
ج) حضور یک کانی دارای آنومالی‌های اقتصادی در نمونه‌های کانی سنگین مانند: نمونه KAR.HM3 (حضور کانی مالاکیت) نشان دهنده غنی شدگی کانی زایی کانه مس در منطقه مورد مطالعه می‌باشد.
د) اندازه کانی‌ها با میکرومتر اندازه گیری شده است. فاصله بین ۲ خط عمودی در تمامی تصویرها ۲۰ میکرون می‌باشد.

تعیین منشأ رسوبات منطقه مورد مطالعه

برای تعیین منشأ رسوبات منطقه مورد مطالعه بر اساس رنگ کانی‌های سنگین طبق (ولفگانگ، ۱۳۷۸) به دو گروه زیر تقسیم بندی شده است:

الف) کانی‌های شفاف (Tran Parent): مانند اسفالریت
ب) کانی‌های کدر (Opaque): مانند ایلمنیت ، پیریت
و همچنین کانی‌های سنگین شفاف را بر اساس میزان پایداری به ۳ گروه تقسیم بندی می‌شوند:

۱- فوق پایداری (UltraStable): به علت دارا بودن ویژگی مقاومتی بالا در برابر انواع هوازدگی‌ها مقدار آن‌ها در رسوبات زیاد بوده. مانند: زیرکن، رتیل.
۲- نیمه پایدار (MetaStable): این گروه دارای مقاومت کمتری نسبت به نوع اول داشته و شامل کانی‌هایی امثال: آپاتیت و اپیدوت هستند.
۳- ناپایدار (UnStable): این گروه از کانی‌ها دارای مقاومت بسیار کم در برابر انواع هوازدگی‌ها دارا بوده و زود از بین می‌روند. مانند: کلسیت.

برای تعیین منشأ رسوبات با استفاده از کانی‌های سنگین به طور کلی می‌توان اینگونه نتیجه گیری و بیان نمود:

الف) کانی‌های سنگین: اسفن، زیرکن، مگنتیت و آپاتیت معمولاً نشانگر سنگ منشأ آذرین می‌باشند که شامل واحدهای E^V ، میکرودیوریت و گرانیت می‌باشد.
ب) کانی‌های سنگین: باریت و کلسیت می‌توانند نشانگر سنگ منشأ رسوبی نیز باشند واحدهای کنگلومرا و ماسه سنگ یا آهک‌های منطقه منشأ این کانی‌ها می‌باشد.

نتیجه گیری

بر اساس تحلیل نمودارهای هیستوگرام ترسیم شده از نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای، عناصر دارای ۲ نوع توزیع می‌باشند: الف) عناصری که دارای توزیع نرمال و فاقد انحراف بوده و دارای شکل زنگوله‌ای می‌باشند و مقدار میانه، میانگین و مد تقریباً برابر می‌باشند. عناصری مثل : منیزیم. ب) عناصری که دارای توزیع غیرنرمال بوده و دارای انحراف و تمایل به سمت چپ و راست (مثبت و منفی) می‌باشند که این عناصر خود به دو گروه تقسیم می‌شوند: ب-۱) عناصری که منعکس کننده کانی سازی در منطقه کرگان هستند و شامل عناصر مس، آرسنیک و گوگرد می‌باشند. ب-۲) عناصری که منعکس کننده سنگ منشأ در منطقه کرگان هستند (سنگ ساز) و شامل عناصر آهن و تیتانیوم می‌باشند. برای تحلیل داده ها ۲۹ نمونه رسوب آبراهه ای عناصر Ag، Al، As، Ba، Cu، Fe، K، Mo، Pb، S، Ti و Zn دارای ناهنجاری بودند. حضور کانی سولفیدی پیریت در نمونه‌های کانی سنگین با ناهنجاری گوگرد همخوانی دارد. برخی از کانی‌های سنگین از جمله زیرکن می تواند توده‌های نفوذی اسیدی در غرب منطقه را نشان دهد و منشأ سنگ زادی دارد. برخی از عناصر از جمله As، Zn، و Pb غیرعادی بوده و احتمالاً مربوط به کانی سازی قابل توجه در منطقه می‌باشد.

سپاسگزاری

از سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی برای آماده سازی نمونه های کانی سنگین و آزمایشگاه زرآزما به خاطر آنالیز نمونه های رسوبات آبراهه ای تشکر و قدردانی می شود.

منابع

-**احمدی، ف. محمدپور،م،(۱۳۹۷)** ، "بررسی های ژئوشیمیایی رسوبات آبراهه ای جهت تعیین کانه زایی طلای پهنه برشی مطالعه موردی: منطقه آلوت در استان کردستان"، فصلنامه زمین شناسی محیط زیست، دوره ۱۲ شماره۴۴، ص۱۹-۳۵.

-**آدابی، م.ح.، (۱۳۸۸)،"**ژئوشیمی رسوبی"، انتشارات آرین زمین. ۲۳۴ص.

-**آزرم ، ف.، (۱۳۹۲)** ، "گزارش کاربرد علمی اقتصادی و نحوه مطالعه کمی و کیفی کانی‌های سنگین"، سازمان زمین شناسی کشور. ۴۳۰ص.

-**بت شکن،ا، (۱۳۹۰)**، "بررسی کانی‌های سنگین و رسوبات آبراهه‌ای توده آذرین قاراداق بویین و میاندشت، جنوب گلپایگان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه آزاد اسلامی تبریز.۱۵۷ص.

-**باقری، ه، (۱۳۸۹)** ، "نمونه برداری و تجزیه دستگاهی نمونه‌های معدنی و زیست محیطی"، ویرایش دوم، انتشارات جهاد دانشگاهی واحد اصفهان.۱۲۰ص.

-**باری مینارد،ج.(۱۳۹۱)** ، "ژئوشیمی کانسارهای رسوبی"، انتشارات دانیال.۱۹۸ص.

-**حسنی پاک، ع.ا. ،(۱۳۷۱)** ، "نمونه برداری معدنی"، انتشارات دانشگاه تهران.۲۳۵ص.

-**حسنی پاک، ع.ا. ،(۱۳۸۰)** ،" تحلیل داده‌های اکتشافی "، انتشارات دانشگاه تهران. ۳۱۰ص.

-**سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور**، "نقشه زمین شناسی بستان آباد در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰".

-**کریم زاده ثمرین،ع.، (۱۳۸۱)**،" کاربردهای داده‌های ژئوشیمی" ، انتشارات دانشگاه تبریز.۷۵ص.

-**موسوی حرمی، ر، (۱۳۸۸)**، "رسوب شناسی"، انتشارات آستان قدس رضوی.۳۲۷ص.

-**ولفگانگ، ب، (۱۳۷۸)** ، "واکاری کانی‌های سنگین"، ترجمه فریدون مهرابی، انتشارات دانشگاه شیراز. ۴۲۰ص.

-**یزدی، م، (۱۳۸۱)**، "روش‌های مرسوم در اکتشافات ژئوشیمی"، انتشارات دانشگاه شهید بهشتی.۱۸۹ص.

-Amelia, M., Logan, V, (2000), "Minerology and Geochemistry of the Gualilian deposite in the precordillera of Western Argentina", Ore Geology Reviews, V.17 P.

-Dickinson, W.R, In: man, K.F., Knepp, R.A., Lindeberg, F.A., Ryberg, P.T., (1983), "Provenance of North AMERICAN Phanerozoic sandstones in relation to tectonic setting" :Geological Society of American, Bulletin, 94, 222-235

-Dickinson,W.R, (1985), "Interpreting provenance relation from detrital modes of sandstones, in Zuffa", G.G.(ed.), Provenance of Arenites: Dordrecht, Reidel PUBLISHING Company, NATO ASI Series, C148, 333-363.

-Howarth, R.J, (1983), "Handbook of Exploration Geochemistry Drainge, Statastics and Data Analysis in Geochemical Prospecting",V. 2 Elsevier Sci.Pub.Co,437p.

-Hala, M. and Plant, J.A., (1994), "Drinage Geochemistry in Mineral Exploration", Elsevier Sci.LTD, 120P.

-Maria, A., Mange and Heinz F.W., Maurer,(1998), "Heavy Minerals in Colour Atlas". 29-31.97.152

Geochemistry of Stream Sediments and Heavy Minerals Determination in Karghan area, NW Bostanabad

Fazel Khaleghi [*1], Arash Mohammadi Kardoust [2]

1,2-Geology Department, Islamic Azad University, Tabriz Branch, Tabriz, Iran

ABSTRACT

Karghan Area is located in East Azarbaijan province, southeast of Tabriz and northwest of Bostanabad city. Based on the division of the structural zones of Iran, it is part of the Alborz-Azarbaijan zone. The most important geological units in the studied area are shale, marl and limestone (Cretaceous), Sahand volcanic products of the age of Pliocene-Pliocoscene, Granitic intrusive, Gabrodiorite and Monzogranite, old terraces and Quaternary sediments. Regarding the spread of the area, 29 geochemical stream sediment samples and 29 heavy mineral samples were taken from the places. The anomalies of arsenic, barium, copper, lead and zinc in the region are represented by their statistical distribution type. The most important heavy minerals with lithological origin were zircon, amphibole and pyroxene. Heavy minerals of pyrite, magnetite and hematite are attributed to the mineralization holes. Heavy mineral studies indicate occurrence of malachite-copper mineralization in the region. Considering the observed anomalies in the stream sediments and heavy minerals, it is recommended detail exploration in the area.

Keywords: Karghan, Heavy mineral, Cu mineralization, Geochemistry, Stream sediment.