چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
ISC
www.geoconf.ir

مطالعات کانی سنگین و لیتوژئوشیمیایی جهت اکتشاف کانی سازی پلی متال طلا در محدوده جانجا، سیستان و بلوچستان

محمد ابدالی[۱]، اردشیر هزارخانی[۲]

[۱] دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران mohammadebdali@aut.ac.ir

[۲] دانشگاه صنعتی امیرکبیر، تهران ardehez@aut.ac.ir

چکیده

منطقه جانجا در جنوب شرق ایران و در شمال غرب شهرستان زاهدان واقع شده است. اغلب سنگ‌های رخنمون یافته در این منطقه، سنگ‌های رسوبی شامل ماسه‌سنگ و شیل سازند شمشک، سنگ آهک‌های ژوراسیک و شیل‌های مارنی به اضافه رسوبات کواترنری است. سنگ‌های آذرین خروجی منطقه نیز شامل داسیت و توف‌های لایه‌ای می‌باشند. در این محدوده، در مطالعات کانی سنگین کانی‌های طلای ناتیو، مس ناتیو، گالن، سینابر، مالاکیت، سروزیت، پیرومورفیت، میمتیت، وانادینیت و وولفنیت مشاهده شده است. کانی‌های سنگین مشاهده شده بر واحدهایی با دگرسانی‌های متفاوت و پهنه‌های کانه‌دار منطبق می باشند. مطالعات لیتوژئوشیمیایی در منطقه نیز منجر به معرفی مناطق ناهنجاری شده است. نتایج به دست آمده از برداشت و مطالعه‌ی ۵۹ نمونه‌ی کانی سنگین، محدوده‌ی اکتشافی مورد مطالعه را منطقه‌ای غنی از کانی‌های کانسارساز معرفی نموده است. کانی های شاخص اقتصادی در بخش غیر مغناطیسی شامل سلستین و باریت می باشند. کانی‌های بخش غیرمغناطیسی، کانی‌هایی همچون آپاتیت، روتیل، زیرکن، لوکوکسن، اسفن و پیریت در حد اثرات جزیی و پراکنده و کانی کربنات کلسیم در حد مقادیر گرم در تن است. کانی‌های بخش مغناطیسی متوسط به ترتیب گسترش شامل هماتیت، ایلمنیت، پیروکسن، آمفیبول و در مواردی جزیی پیریت در حد مقادیر گرم در تن می‌باشند. تنها کانی بخش پرمغناطیسی کانی مگنتیت با مقادیر غیراقتصادی است. از این رو براساس اطلاعات موجود و شواهد زمین شناسی و ژئوشیمیایی در محدوده‌ی جانجا، سه محدوده با مجموع وسعت تقریبی ۷۱ کیلومترمربع در محدوده مطالعاتی به عنوان محدوده های مستعد کانی‌سازی پلی متال عناصر طلا، نقره، مس، سرب و روی معرفی شد.

واژه‌های کلیدی

کانی سنگین، لیتوژئوشیمیایی، کانی سازی پلی متال طلا.

۱. مقدمه

با کمک روش های آماری، امکان بررسی ارتباط میان داده ها در مطالعات ژئوشیمیایی وجود دارد. قبل از انجام آنالیزهای آماری چند متغیره نیاز به انواع تک متغیره داریم. با انجام این آنالیزها امکان بررسی اولیه داده‌ها و تعیین برخی از خصوصیات آنها حتی تعیین نمونه های ناهنجار در منطقه مورد مطالعه وجود دارد. در مطالعات آماری چند متغیره که روی نتایج نمونه های کانی سنگین صورت می گیرد، هدف تعیین نوع کانی‌سازی‌ها در منطقه می باشد [۱].

با توجه به وسعت منطقه در این محدوده بهترین روش نمونه برداری، روش نمونه‌برداری از رسوبات آبراهه‌ای می‌باشد. در این روش بر خلاف نمونه‌های ژئوشیمیایی که هدف آن بررسی کل مقدار یک عنصر در سنگ و بررسی تغییرپذیری و توزیع آنها است، هدف بررسی فاز کانی شناسی پیدایش عناصر به صورت کانی مستقل می‌باشد. لذا بررسی نمونه‌های کانی‌سنگین به عنوان روشی جهت تعیین مناطق آنومال، نوع کانی، تیپ محتمل کانی‌سازی، تعیین روابط زایشی کانی‌شناسی و پاراژنزهای احتمالی به کار می‌رود. تنها محدودیت و مشکل این روش، نیمه کمی و تا حدودی کیفی بودن نتایج این روش است. در مجموع این روش در کنار روش ژئوشیمیایی می‌تواند بسیار مفید واقع شود. بر این اساس و با در نظر گرفتن مزایا و معایب این روش با سه هدف، اقدام به انجام نمونه‌برداری کانی سنگین از منطقه شد که عبارتند از تأیید آنومالی‌های استخراجی با روش ژئوشیمی آبراهه‌ای، تعیین فاز پراکندگی عناصر مختلف، پوشش خلأ اطلاعاتی که ممکن است از ضعف روش نمونه‌برداری و یا آماده‌سازی اکتشافات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای به وجود آید و لذا همپوشانی اطلاعات حاصله از این دو روش می‌تواند به دید واقعی‌تر از محیط اکتشافی کمک کند.

۲. منطقه مورد مطالعه

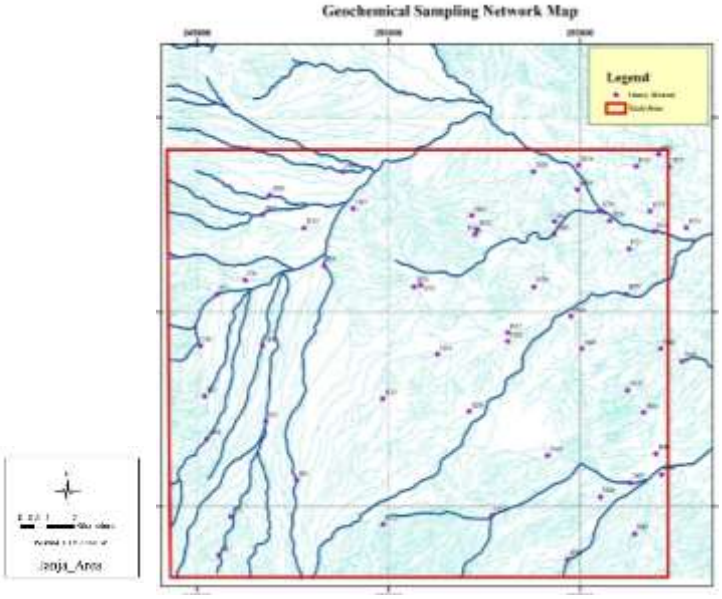
برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ خونیک در جنوب شرقی ایران قرار دارد. محدوده جانجا در استان سیستان و بلوچستان و در شمال غربی شهرستان زاهدان در مختصات جغرافیایی ۶۱ درجه و ۲۹ دقیقه طول شرقی و ۳۱ درجه و ۱ دقیقه عرض شمالی قرار گرفته است. موقعیت محدوده مورد مطالعه در شکل (۱) مشاهده می شود. محدوده جانجا، بر اساس تقسیم بندی ساختاری ایران در زون ساختاری شرق ایران واقع شده است. زون زمین درز سیستان در شرق ایران در کمربند کوهزایی کرتاسه-ترشیری با روند شمالی-جنوبی بین بلوک های قاره ای ایران مرکزی و افغان قرار گرفته است [۲]. رخنمون های سنگی این محدوده شامل سنگ‌های رسوبی نظیر ماسه‌سنگ و شیل سازند شمشک، سنگ آهک‌های ژوراسیک و شیل‌های مارنی به اضافه رسوبات کواترنری است. سنگ‌های آذرین خروجی منطقه نیز شامل داسیت و توف‌های لایه ای می‌باشند [۳].

شکل ۱. موقعیت محدوده مورد مطالعه

۳. مواد و روش ها

طراحی نقاط نمونه برداری از مراحل مهم هر فاز اکتشافی است، بـا توجـه بـه اینکـه تعداد نقاط نمونه‌برداری و در نتیجه هزینه عملیات به نسبت عکس مجذور فاصله شبکه افزایش می‌یابد، طراحی بهینه مکان نمونه‌بـرداری و انتخاب مناسب‌ترین فاصله شبکه برداشت اهمیت ویژه‌ای پیدا می‌کند [۴]. چگالی طراحی شبکه نمونه برداری کانی‌سنگین در این پروژه یک نمونه در هر ۲/۴ کیلومتر مربع می‌باشد. لذا پس از طراحی نمونه‌های ژئوشیمیایی در مناطق رخنمون‌دار سنگی و مناطق دشت با در نظر گرفتن تعداد نمونه‌ی لازم برای طراحی نمونه‌های کانی سنگین، تعداد ۵۹ نمونه کانی سنگین طراحی و برداشت گردید. در شکل (۲) محل نمونه برداری های کانی سنگین مشخص شده است. در روش نمونه‌برداری، اولویت در برداشت نمونه به صورت الک نشده است. لذا در عملیات صحرایی نمونه‌ها با الک سایز ۲۰ مش برداشت شده است. حجم نمونه‌های الک نشده ۷ لیتر بوده است. برداشت نمونه‌های کانی سنگین از مکان‌هایی که ذرات درشت با ذرات ریزتر با هم یافت می‌شوند، نتیجه بهتری در بر خواهد داشت. برای برداشت نمونه چاله‌هایی به قطر ۴۰-۳۰ سانتیمتر و عمق ۵۰-۳۰ سانتیمتر حفر شده و بیش از ۵ کیلوگرم خاک الک شده زیر ۲۰ مش به عنوان نمونه برداشت گردید.

نمونه های برداشت شده پس از طی مراحل حجم سنجی، گل شویی، لاوک شویی و خشک کردن، در آزمایشگاه کانی سنگین، با مایع سنگین برموفورم آماده سازی شده و سپس با استفاده ازآهنربا کانی‌های موجود به سه دسته مغناطیسی (AA)، مغناطیس ضعیف (AV) و کانی‌های غیر مغناطیسی (NM) تقسیم شدند. سپس نتایج مطالعه بر اساس درصد مقادیر کانی‌های مشاهده شده به وسیله میکروسکوپ بینوکولار ارائه شد.



شکل ۲. نقشه‌ی محل برداشت نمونه‌های کانی سنگین در محدوده‌ی جانجا

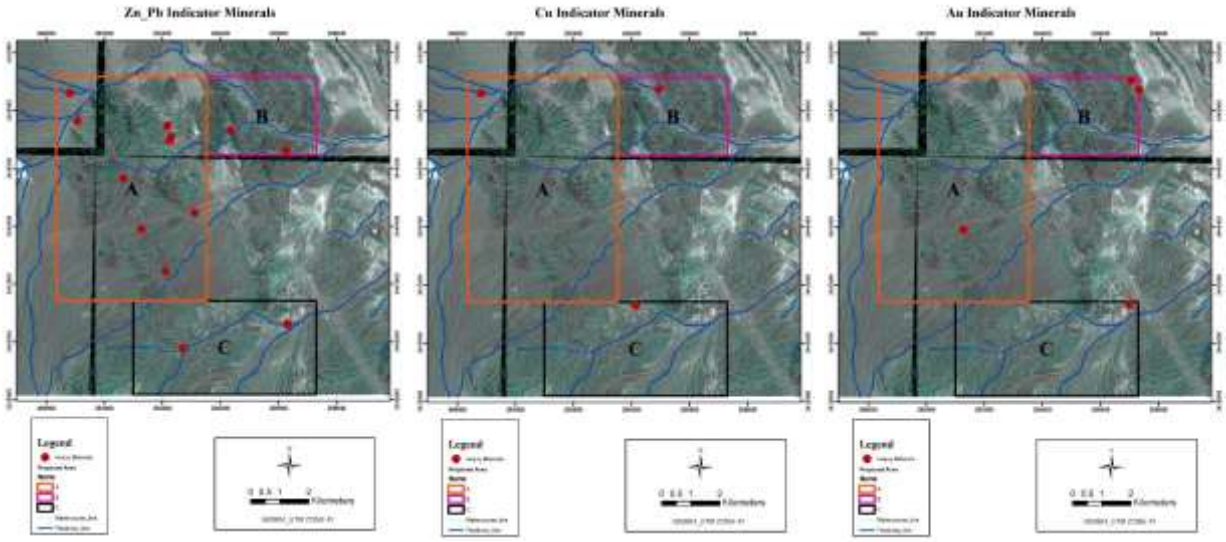
۳,۱. مطالعات کانی های سنگین

مطالعات کانی سنگین می‌تواند نقشی مهم در اکتشاف کانسارهای اولیه و کانسارهای پلاسری داشته باشد [۵]. بررسی کانی های سنگین در محیط‌های آبرفتی در اروپای میانی و کانادا [۶] و همچنین در رسوبات مخروط افکنه نیوزلند [۷] منجر به شناسایی کانی سازی طلا شده است. همچنین مطالعات کانی های سنگین می‌تواند مشخصات ناحیه منشا (ایالت های پترولوژی رسوبی- ولکانیکی) و نوع دگرسانی واحدهای سنگی منطقه را نیز مشخص نماید [۸]. لذا تشخیص منشا و منبع می‌تواند در تمرکز کانی‌های سنگین به عنوان کانی‌هـای ردیاب شناسایی پتانسیل های معدنی نقش مهمی داشته باشد.

بررسی‌های به عمل آمده به روش مطالعاتی کانی سنگین، نمونه برداری از آبرفت‌های گسترش یافته در محدوده را به عنوان روشی سودمند در ارائه مناطق امیدبخش معدنی معرفی نموده است. در محدوده‌ی جانجا تعداد ۵۹ نمونه از محل‌های مناسب و بر پایه توزیع رخساره‌های سنگی و از شبکه‌های گسترش یافته آبرفتی انتخاب شده و مورد مطالعه قرار گرفته است. بر اساس نتایج مطالعات کانی سنگین ارائه شده در مجموع ۱۰ مورد کانی کانساری (مرتبط با کانه زایی) گزارش شده است. کانی های کانساری شناسایی شده شامل طلای ناتیو، مس ناتیو، گالن، سینابر، مالاکیت، سروزیت، پیرومورفیت، میمتیت، وانادینیت و وولفنیت می باشد. همچنین در اکثر نمونه های کانی سنگین، کانی کرومیت به صورت ذرات گرد شده شناسایی گردید که به دلیل عدم وجود رخنمون های الترامافیک و یا معادن کرومیت در پهنه، حضور این کانی غیر عادی به نظر رسید. بر این اساس، ۲ نمونه ماسه بادی از منطقه مورد مطالعات کانی سنگین قرار گرفت و در این مطالعات کانی کرومیت در هر دو نمونه ماسه بادی شناسایی شد. بر اساس این مطالعه مشخص شد که کانی کرومیت از مناطق دوردست مثل برگه ۱:۱۰۰۰۰۰ بندان که دارای واحدهای افیولیتی و معادن کرومیت است، توسط ماسه های بادی به این محدوده حمل شده است. این موضوع با توجه به وزش بادهای ۱۲۰ روزه سیستان قابل توجیه است.

همچنین کانی‌های مگنتیت، هماتیت، سافیر، آندالوزیت، پیریت، پیریت اکسیده، لیمونیت و غیره در چندین مورد گزارش شده است. به دلیل نیمه کمی بودن نتایج مطالعات کانی‌سنگین، استنباط‌های آماری متعارف در مورد این نتایج صادق نمی‌باشد. با توجه به اهمیت وجود کانه‌های کانساری در محدوده‌ی مورد مطالعه، سعی بر آن شد تا کانی‌های با رفتار مشابه و یا ویژگی‌های خاص مشابه (مانند حضور عنصری خاص در آنها) همزمان در یک نقشه به تصویر کشیده شوند. از کانی‌های شاخص و کانسارساز در محدوده‌ی جانجا می‌توان به

کانی‌های خانواده طلا، مس و سرب اشاره کرد. در شکل (۳) نواحی ناهنجار به دست آمده برای کانی‌های گوناگون بر روی نقشه‌ی انتشار کانی‌های سنگین نشان داده شده است.



(ج) (ب) (الف)

شکل ۳. الف) نقشه پراکندگی کانی های شاخص طلا (طلا+سینابر) ب) نقشه پراکندگی کانی های شاخص مس (مس ناتیو+مالاکیت) ج) نقشه پراکندگی کانی های شاخص سرب و روی (گالن، سروزیت، میمتیت و پیرومورفیت) در محدوده جانجا

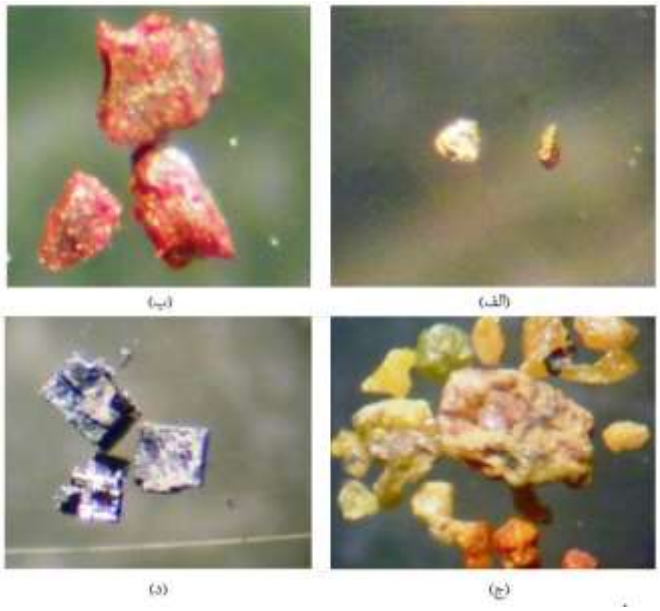
نتایج به دست آمده از برداشت و مطالعه‌ی نمونه‌های کانی سنگین، محدوده‌ی اکتشافی مورد مطالعه را منطقه‌ای غنی از کانی‌های کانسار ساز معرفی نموده است. کانی های شاخص اقتصادی در بخش غیر مغناطیسی شامل سلستین و باریت می باشند. کانی‌های بخش غیرمغناطیسی، کانی‌هایی همچون آپاتیت، روتیل، زیرکن، لوکوکسن، اسفن و پیریت در حد اثرات جزیی و پراکنده و کانی کربنات کلسیم در حد مقادیر گرم در تن است. کانی‌های بخش مغناطیسی متوسط به ترتیب گسترش شامل هماتیت، ایلمنیت، پیروکسن، آمفیبول و در مواردی جزئی پیریت در حد مقادیر گرم در تن می‌باشند. تنها کانی بخش پرمغناطیسی کانی مگنتیت با مقادیر غیراقتصادی است.

کانی‌های کانسارساز به جز تعداد معدودی همچون مگنتیت، ایلمنیت، کرومیت و هماتیت درگروه کانی‌های غیرمغناطیسی قرار دارند. طلا به صورت عنصر درگیر در شبکه کریستالی کانی‌های غیر مغناطیسی حضور دارد که با روش‌های آزمایشگاهی قابل تشخیص است [۹]. به طور کلی، نتایج مطالعات کانی سنگین با اهمیت کانساری در محدوده جانجا به سه دسته طبقه بندی می شود (شکل ۴):

۱- کانی‌های شاخص کانی سازی طلا شامل طلای ناتیو و سینابر

۲- کانی‌های شاخص کانی سازی مس شامل مس ناتیو و مالاکیت

۳- کانی‌های شاخص کانی سازی پلی متال شامل سرب، سروزیت، میمتیت، پیرومورفیت، وانادینیت و وولفنیت .

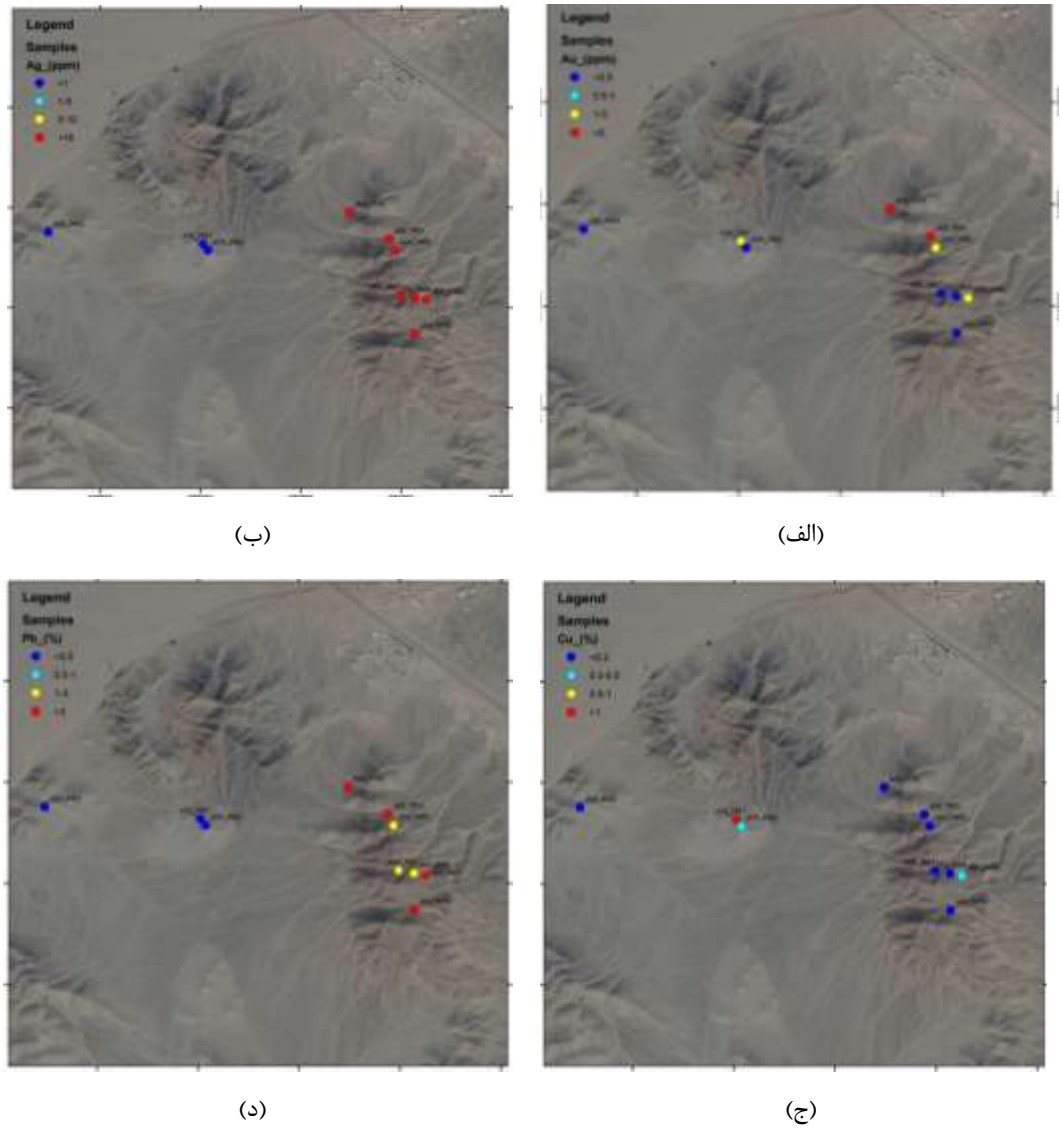


شکل ۴. الف) حضور طلا ب)طلا به همراه کانی سینابر ج) کانی‌های میمتیت، پیرومورفیت و وانادینیت د) کانی گالن در نمونه های کانی سنگین جانجا

۳،۲. اکتشافات لیتوژئوشیمیایی

یکی از روش‌های کشف ذخایر معدنی، اکتشافات ژئوشیمیایی است که در بهینه سازی هزینه های اکتشافی و راهنمایی جهت شناسایی مناطق پتانسیل‌دار نقش موثری دارد [۱۰]. انجام مطالعات لیتوژئوشیمیایی به عنوان یک ابزار اکتشافی با بررسی توزیع و فراوانی عناصر اصلی، فرعی وکمیاب موجود در توده‌های سنگی و معرفی آنومالی‌ها، مطالعه ترکیب و توزیع هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه و توسعه مدل منطقه بندی، در اکتشاف کانی سازی‌های پنهان سودمند می‌باشد [۱۱]. بررسی نمونه‌های سنگ بستر (لیتوژئوشیمیایی) در اغلب موارد برای تعیین هاله‌های پراکندگی اولیه مرتبط با نهشته‌های پنهان کاربرد دارد [۱۲]. به منظور آگاهی از فراوانی ژئوشیمیایی طلا و عناصر همراه در رخنمون‌های سنگی و همچنین جهت شناسائی عوامل کنترل‌کننده ساختاری و لیتولوژیکی در منطقه، نمونه‌برداری لیتوژئوشیمیایی درحوضه آبریز شمالی و جنوبی محدوده صورت گرفته است.

برای کنترل کردن موقعیت نمونه های آنومال حاصل از مطالعات ژئوشیمی آبراهه ای و کانی سنگین، اکتشافات چکشی در محدوده مورد مطالعه انجام شد. این اکتشافات چکشی در دو بخش شمالی و جنوبی محدوده مورد مطالعه که محل تمرکز آنومالی های عناصر کانساری بود، انجام شد و منجر به شناسایی رگه ها ی پلی متال دارای کانه‌سازی طلا، نقره، مس، سرب و روی در این دو بخش شد. در محدوده شمالی ۱۳ نمونه مینرالیزه برداشت شده است و غلظت عناصر پلی متال در این محدوده تعیین شد. در شکل (۵) به عنوان مثال، نقشه های عنصری طلا، نقره، مس و سرب مربوط به بخش شمالی محدوده ارائه شده است. در اکتشافات چکشی در بخش جنوبی محدوده مورد مطالعه نیز رگه های متعدد کانی سازی پلی متالیک و کارهای شدادی مشاهده شد.



(ب) (الف)

(د) (ج)

شکل ۵. نقشه عیار الف) طلا ب) نقره ج) مس د) سرب برای نمونه های مینرالیزه برداشت شده از بخش شمالی

۴. رخداد کانه زایی پلی متال در محدوده اکتشافات ژئوشیمیایی

طی اجرای مرحله کنترل آنومالی در این محدوده، رخنمون های متعدد رگه های سیلیسی دارای کانه زایی پلی متالیک مشاهده گردید (شکل ۶). همچنین تعداد زیادی آثار فعالیت‌های معدن‌کاری شدادی در محدوده ثبت شد. از لحاظ کانه زایی، نوع کانه زایی پلی متال رگه ای هیدروترمال می‌باشد. در این محدوده نیز رگه های سیلیسی با روند ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه وجود داشته اند که اکثرا توسط معدن کاران باستانی مورد استخراج قرار گرفته اند.

(الف) (ب)

شکل ۶. الف) رخداد رگه سیلیسی که سولفیدها شستشو شده اند و غالب آنها با محصولات اکسیداسیون سرب و روی باقیمانده اند. ب) محصولات اکسیداسیون سرب و روی همراه با مالاکیت در یک رگه سیلیسی پلی متال.

۵. نتیجه‌گیری

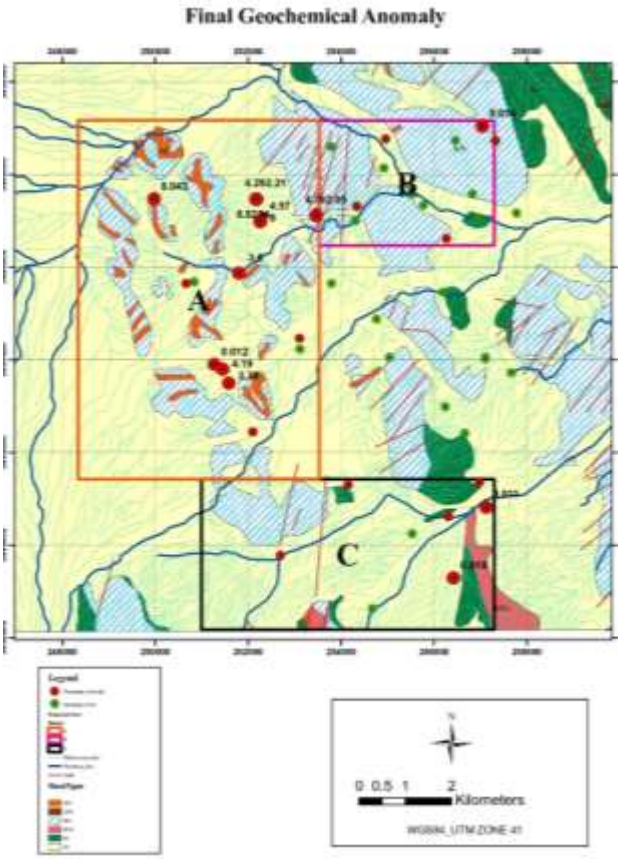
بررسی و ارزیابی نتایج آنالیز و مطالعه‌ی کانی سنگین در مرحله‌ی اول و کنترل ناهنجاری‌ها، همگی موید این مطلب است که محدوده‌ی مورد مطالعه از پتانسیل مناسبی جهت کانی سازی پلی متالیک طلا، نقره، مس، سرب و روی برخوردار است. شواهد این کانی سازی شامل:

- عیارهای بالای آرسنیک، سرب و روی در نمونه های رسوبات آبراهه ای منطقه.
- منطبق بودن آنومالی های عنصری سرب، روی، مس و آرسنیک در منطقه.
- شناسایی کانی‌های کانساری مثل طلای ناتیو، مس ناتیو، گالن، سینابر، مالاکیت، سروزیت، پیرومورفیت، میمتیت، وانادینیت و وولفنیت در مطالعات نمونه‌های کانی سنگین برداشت شده از محدوده.

در نهایت پس از مشخص شدن آنومالی های ناشی از کانی سنگین، کنترل صحرایی آنومالی ها با اکتشافات چکشی صورت گرفت. در این مطالعات بیش از ۴۰ محدوده کار معدنی شدادی و نیز رگه های پلی متالیک طلا، نقره، مس، سرب و روی در مناطق آنومال شناسایی شد. این رگه های پلی متالیک اغلب به صورت رگه های سیلیسی با ضخامت متغیر از ۱ تا ۱۰ متر می باشند که کانه هایی مثل گالن، اسفالریت، کالکوپیریت و مالاکیت در آنها شناسایی شد.

در نمونه های مینرالیزه برداشت شده در این مناطق آنومال، حداکثر عیار طلا ۹/۱۵ گرم در تن، مس ۱۰۷۷۵ گرم در تن، نقره ۲۷۰/۳ گرم در تن، سرب و روی نیز بیش از ۳ درصد بوده است. به نظر می‌رسد که کانی‌سازی‌های صورت‌گرفته در بخش‌های آنومال منطقه در امتداد گسل‌هایی با روند ۱۰۰ تا ۱۱۰ درجه؛ ناشی از عملکرد سیالات صعودکننده و در نتیجه فعالیت هیدروترمالی در منطقه باشد.

از این رو براساس اطلاعات موجود و شواهد زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی در محدوده‌ی جانجا، سه محدوده با مجموع وسعت تقریبی ۷۱ کیلومترمربع در محدوده مطالعاتی(شکل ۷) به عنوان محدوده های مستعد کانی‌سازی پلی متال عناصر طلا، نقره، مس، سرب و روی معرفی شد.



شکل ۷. محدوده‌های پیشنهادی جهت ادامه عملیات اکتشافی

منابع

[۱].Govet, G. J. S., ۱ ۹۹۴. Ha n db o ok of Explorat i on Geochemistry, V o l . ۶ (Drai nage geochemistry), Amsterda m, Elsevier.

[۲] Agrad, P., Omrani, J., Jolivet, L., Whitechurch, H., Vrielnck, B., Spakman, W., Wortel, R., ۲۰۱۱. Zagros orogeny: a subduction-dominated process, Geological Magazine, ۱۴۸(۵-۶), ۶۹۲-۷۲۵.

[۳] سید علی آقا نباتی، ۱۳۹۳. زمین شناسی ایران، انتشارات سمر.

[۴] علی اصغر حسنی پاک، ، ۱۳۸۵. طراحی پروژه‌های اکتشافی، تهران، انتشارات دانشگاه تهران .

[۵] Dill, H.G., ۱۹۹۸. A review of heavy minerals in clastic sediments with case studies from the alluvial-fan through the nearshore-marine environments, Earth-Science Reviews, ۴۵, ۱۰۳–۱۳۲.

[۶] Eyles, N., Kocsis, S.P., ۱۹۸۹. Sedimentological controls on gold in late Pleistocene glacial placer deposit, Cariboo Mining District, British Columbia, Canada. Sediment.Geol, ۶۵, ۴۵–۶۸.

[۷] Youngson, J., Craw, D., ۱۹۹۶. Recycling and chemical mobilityof alluvial gold in Tertiary and Quarternary sediments, centraland East Otago, New Zealand, N. Z. J. Geol, Geophys, ۳۹, ۴۹۳–۵۰۸.

[۸] Westerhof, A.B., ۱۹۸۶. Heavy minerals in exploration the present state of an old art. ITC J, ۲۹۰–۲۹۶.

[۹] Carmen, G.D., ۲۰۰۳. Geology, mineralization, and hydrothermal evolution of the Ladolam gold deposit, Li hir Island, Papua New Guinea. Economic Geology Special Publication۱۰, ۲۴۷-۲۸۴.

[۱۰] Kylie, P., ۲۰۰۷. Application of lithogeochemistry to gold exploration in the St Ives goldfield, Western Australia. Exploration Environment Analysis. ۷, ۲, ۹۹-۱۰۸.

[۱۱] Venkataraman, G., abu Madhavan, B., Ratha, D.S., SinhaRoy, S., ۲۰۰۰. Spatial modeling for base-metal mineral exploration through integration of geological datasets. Jour, Natural Resources Research, ۹, No.۱, ۲۷-۴۲.

[۱۲] Parsi. E., Edward .J.M., . Allison, L.D., ۲۰۰۱. Alteration Zoning and primary geochemical dispersion Bronzewing lode-gold deposite, Western Australia. Jour, Mineralium Deposita.۳۶, No.۱, ۱۳-۳۱.