

An Appraisal of Mineralization Antimony in Sirzar Area (North East of Khorasan)

Saadat, S. and Shahabpour, J.

Departement of Geology

University of Shahid Bahonar, Kerman

Abstract: Geological and geochemical studies in Sirzar area, located in the north east of Khorasan province, indicate the presence of antimony in a vast area. This element mainly occurs as stibnite, associated with native antimony, kermesite, getchellite (?), pyrite, chalcopyrite, arsenopyrite, tetrahedrite and galena, in carbonate rocks, as veins, veinlets and disseminations. The gangue minerals are calcite, dolomite, barite and quartz. Investigations indicate that thrust faults and brecciated zones are the most important channelways for migration of ore fluids, and deposition of the ore assemblage and The mineralization has occurred in several physico - chemical episodes.

The strategic importance of antimony, and its association with valuable commodities such as gold, silver, mercury and arsenic, demand more detail investigations in this region.

Key Words: *Ophiolitic melange, Thrust faults, Antimony, Gold, Silver*

پژوهشی

نگرشی بر کانسار سازی آنتیموان در منطقه سیرزار (شمال شرق خراسان)

سعید سعادت و جمشید شهاب پور
بخش زمین شناسی دانشگاه شهید باهنر کرمان

چکیده: مطالعات زمین شناسی و ژئوشیمیایی در منطقه سیرزار، واقع در شمال شرق خراسان، نشان دهنده حضور گسترده آنتیموان در این منطقه است. آنتیموان بیشتر به صورت کانی استینیت و به شکل رگه ای، رگچه ای، و انتشاری، همراه با آنتیموان خالص، تتراهدريت، کرمزیت، [گه چه لیت (?)]، پیریت، کالکوپیریت، تتراهدريت، آرسنوپیریت، و گالن در سنگ میزبان کربناته جای گرفته است. کانیهای غیر فلزی نظیر کلسیت، دولومیت، باریت، و کوارتز این مجموعه را همراهی می کنند. بررسی ها نشان می دهد که گسل های رو رانده و زونهای خرد شده گسلی، مهم ترین راهروها برای ته نشینی مواد معدنی از شارها به شمار می روند، و کانه زایی در بیش از یک مرحله و در شرایط متفاوت، روی داده است. اهمیت استراتژیک عنصر آنتیموان و به ویژه عناصر همراه با آن، نظیر طلا، نقره، جیوه و آرسنیک، توجه بیش از پیش به این منطقه را طلب می کند.

واژه های کلیدی: ملانژ فیولیتی، گسل های رو رانده، آنتیموان، طلا، نقره.

تاریخچه آنتیموان

آنتیموان عنصری است باستانی که از زمان پادشاهان بابل، استفاده از آن به عنوان یک ماده آرایشی برای سیاه کردن چشم (سرمه چشم) مرسوم بوده است. بعضی از مورخین شیمی معتقدند که آنتیموان از کلمه یونانی Antimonos به معنی ضد انزوا و عزلت ریشه گرفته است، و این بدان معنی است که این عنصر در طبیعت کمتر به تنهایی دیده

شده است، و معمولاً همراه با عناصر دیگر یافت می شود. اسم روسی آنتیموان، سورما (Surma) است که از کلمه ترکی سورمه یعنی همان ماده ای که زنان برای آرایش بر پشت چشمان خود می کشند، مشتق شده است. در لاتین، آنتیموان Stibium خوانده می شود که از کلمه یونانی Stibi به معنی یک ماده معدنی بلوری شکل، و یا از کلمه Stimi یعنی رنگی، که زنان یونانی در آرایش بکار می بردند، گرفته شده است. اولین مقاله ای که شرح مفصل و جامعی از آنتیموان و خواص آن را ارائه داده از باسیل والتین^(۱) با عنوان "ماشین پیروزی آنتیموان" بود که در قرن پانزدهم انتشار یافت [۱]؛ به همین منظور کانی والتینیت (Sb_2O_3) به افتخار وی نامگذاری شده است.

کاربرد و موارد مصرف

آنتیموان چه به صورت خالص چه به صورت ترکیبات معدنی، کاربردهای صنعتی فراوانی دارد. در سالهای اخیر حدود پنجاه درصد از تولید آنتیموان در جهان، به صورت فلز برای ساخت باتریهای انباره ای، جعبه دنده های انتقال نیرو، سیم جوش، آلیاژهای نرم، و نیز در صنایع نظامی برای ساخت گلوله های انفجاری و افشان و ... بکار رفته است. ترکیبات معدنی آنتیموان در صنایع پلاستیک سازی، لاستیک سازی، رنگ سازی و چاپ، تولید سرامیک و شیشه و نیز در صنایع شیمیایی برای ساخت مواد مقاوم در مقابل آتش، کاربرد فراوان دارد [۲]. افزودن آنتیموان به پاره ای از فلزات در شرایط معین، باعث کاهش ضریب انبساط طولی آلیاژ حاصل، بالا رفتن خاصیت تورق پذیری، پایین آمدن نقطه ذوب، و افزایش مقاومت فلز در برابر خوردگی های شیمیایی می شود. مقادیر بسیار کم این فلز با خلوص بالا (۹۹٫۹۹٪) در تولید نیم رساناها به کار می رود.

کانی شناسی و ژئوشیمی

آنتیموان چهارمین عنصر گروه V_A جدول تناوبی است، و در طبیعت به سه حالت اکسایش یافت می شود. حالت فلزی (0) و درجات III و V. حالت فلزی در بسیاری از

جدول ۱ نام و ترکیب شیمیایی برخی از کانیهای حاوی آنتیموان.

Antimony	Sb	آنتیموان
Stibnite	Sb_2S_3	استینیت
Aurostibite	$AuSb_2$	اورواستیبیت
Tetrahedrite	$(Cu,Fe)_{12}Sb_4(Se,S)_{13}$	تتراهدریت
Getchellite	$AsSbS_3$	گه چه لیت
Stephanite	Ag_5SbS_4	استفانیت
Livingstonite	$HgSb_4S_8$	لوینگستونیت
Tellurantimony	Sb_2Te_3	تلوراآنتیموان
Montbrayite	$(Au,Sb)_2Te_3$	مونت بریت
Senarmontite	Sb_2O_3	سنارمونیت
Kermesite	Sb_2S_2O	کرمزیت

نهشته‌های معدنی و درجات III و V آن به صورت کانیهای مختلط و نمکهای محلول در آبهای طبیعی، معمول است. درجه III این عنصر در ترکیبات گازی آن در SbH_3 (استیین) دیده شده، که ممکن است در شرایط طبیعی معینی وجود داشته باشد. به واسطه درجات اکسایش مختلف این عنصر و تمایل به تشکیل محلول و ترکیبات مختلط، ژئوشیمی آنتیموان حالت بغرنج و پیچیده‌ای دارد. آنتیموان در طبیعت دو ایزوتوپ پایدار دارد، که فراوانی آنها به این ترتیب است: $^{121}Sb = 57.3\%$ و $^{123}Sb = 42.7\%$. علیرغم اینکه آنتیموان عنصری کالکوفیل است، ولی به صورت خالص نیز در انواع معینی از نهشته‌های معدنی یافت می‌شود. بیش از ۱۵۰ مورد از انواع کانیهای آنتیموان تاکنون معرفی شده‌اند که نام و ترکیب شیمیایی برخی از آنها در جدول ۱ آمده است. متوسط فراوانی این عنصر در پوسته زمین ۲٫۰ پی‌پی‌ام گزارش شده است [۳]. این عنصر در نهشته‌های معدنی می‌تواند با بسیاری از عناصر نظیر مس، نقره، طلا، روی، کادمیم، جیوه، باریم، اورانیوم، قلع، سرب، فسفر، آرسنیک، بیسموت، گوگرد، سلنیم، تلوریوم، نیوبیوم، تالیم، مولیبدن، آهن، نیکل،

کبالت، و عناصر گروه پلاتین همراه باشد. بنابراین آنتیموان شاخص بسیار خوبی برای بررسیهای ژئوشیمیایی حدود ۲۰ عنصر مهم به شمار می رود.

روش مطالعه

برای بررسی فرایندهای کانه زایی در منطقه مورد مطالعه، علاوه بر مطالعات صحرایی و تهیه نقشه زمین شناسی، از نتایج تجزیه شیمیایی حدود ۱۴۰ نمونه استفاده شد، که با توجه به الگوی خاص آبراهه ها و در نظر گرفتن شرایط منطقه ای با تراکم ۱ تا ۶ نمونه در کیلومتر مربع، از رسوبهای رودخانه ای برداشت شده بودند. این نمونه ها در آزمایشگاه تحقیقات فیزیکی - شیمیایی کانیها در جمهوری آذربایجان مورد تجزیه قرار گرفته بودند. برای بررسی های تکمیلی و مطالعه نمونه های برداشت شده از رگه های حاوی مواد معدنی، از میکروسکوپ قطبشی، پراش سنج پرتو ایکس (XRD)، و میکروسکوپ الکترونی (SEM) استفاده شد. نتایج بررسیها با نرم افزار spss/pc تجزیه و تحلیل و پردازش گردیده است.

موقعیت جغرافیایی و جایگاه زمین شناسی

منطقه مورد مطالعه در ۱۴۰ کیلومتری جنوب شرقی مشهد (شکل ۱) و در محدوده $60^{\circ}25'$ الی $60^{\circ}30'$ طول شرقی و $35^{\circ}30'$ الی $35^{\circ}35'$ عرض شمالی، با وسعت تقریبی ۷۰ کیلومتر مربع در شمال شرقی ایران و در امتداد شرقی رشته کوه البرز که خود جزئی از کمربند زمین ساختی آلپ - هیمالیا محسوب می شود، قرار گرفته است. بر اساس نقشه زمین ساختی البرز [۴]، منطقه مورد بحث در مجاورت خط درزی^(۱) صفحات ایران و توران و روی صفحه ایران واقع شده است.

زمین ساخت و زمین شناسی عمومی منطقه

مطالعات انجام شده از سوی پژوهشگران مختلف (از جمله مک الهینی^(۲) [۵]،

سافل و دیگران^(۱) [۶]، بربریان و کینگ^(۲) [۷]، و بولین^(۳) [۸]، بیانگر قرار گرفتن این ناحیه در حاشیه شمالی خُردورق ایران - افغانستان، در پالتوزوئیک فوقانی است. تصادم خُردورق ایران - افغانستان با لوراسیا در تریاس فوقانی، سبب رانده شدن بخشهایی از پوسته اقیانوسی و رسوبهای نواحی عمیق دریا بر روی خردورق ایران گردید، و گوه‌های افزایشی^(۴) را ایجاد کرده است که به خاطر درهم ریختگی و بهم آمیختگی شدید، یک آمیزه افیولیتی را در منطقه به وجود آورده است. این مجموعه با روند شمال غربی - جنوب شرقی، شامل سنگهای آذرین با ترکیب مافیک، نظیر گابرو، بازالت و اسپیلیت، و به مقدار کم سنگهای اولترامافیک، که برخی آنها را به سری‌های کماتیتی نسبت داده‌اند، و سنگهای رسوبی نظیر آهکهای پلاژیک، چرت‌های رادیولردار، رادیولاریت، شیل و ماسه سنگ است. مجموعه سنگهای یادشده عمدتاً تحت تأثیر دگرگونی ناحیه‌ای، تا رخساره شیست‌های سبز و بعضاً آمفیبولیت دگرگون گشته‌اند. بر روی کل این مجموعه، آهکهای پرمین رانده شده است که آثار کانه زایی بیشتر در تماس همین واحد با واحدهای زیرین آن مشاهده می‌شود. بررسی سیستم گسل‌های رورانده در منطقه مورد مطالعه و نقاط مجاور، حاکی از وجود صفحات رورانده متعدد و متوالی است، که با توجه به فواصل کم این صفحات و نازک بودن آنها، در مجموع یک کمربند چین خورده رورانده نازک ورق^(۵) را تشکیل می‌دهند.

با توجه به زمان تصادم و نیز حضور قطعاتی از سنگهای فوق الذکر در کنگلومرایی با سن ژوراسیک زیرین، سن نسبی جایگزینی سنگها و گسل‌های راندگی مربوط به آنها، می‌بایست در محدوده اواخر تریاس فوقانی تا اوایل ژوراسیک زیرین باشد. همزمان با فعالیت‌های زمین‌ساختی منطقه، گرانیتهایی نیز صورت گرفته است. به گونه‌ای که در شرق منطقه با فاصله کم و در غرب آن با فاصله بیشتر،

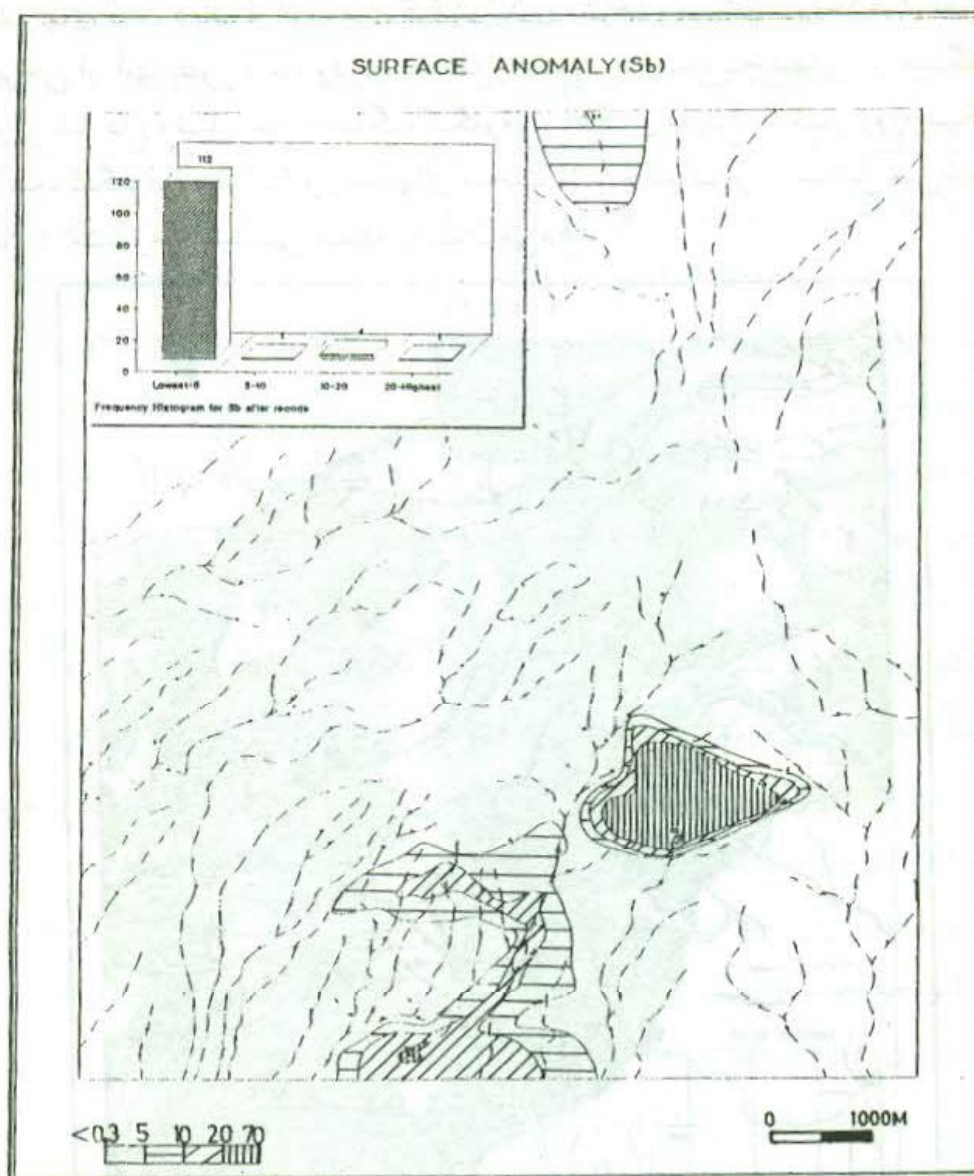
1 - Soffel et al.

2 - Berberian & King.

3 - Boulin.

4 - Accretionary Wedge, Prism.

5 - Thin Skinned Fold Thrust Belt.



شکل ۲ پراکندگی سطحی آنتیموان در منطقه سیرزار (مقادیر بر حسب پی پی ام).

پراکندگی آنتیموان در منطقه

نتایج حاصل از ۱۱۸ مورد تجزیه شیمیایی برای شناسایی آنتیموان نشان می دهد که حدود ۹۵٪ نمونه های برداشت شده از رسوبهای رودخانه ای، دارای ۰٫۳ تا ۵ پی پی ام و بقیه نمونه ها، دارای ۵ تا ۶۵ پی پی ام، آنتیموان هستند. بر این اساس نقشه پراکندگی سطحی آنتیموان در مقیاس ۱/۲۰۰۰۰ تهیه شد که شکل ۲، نمونه کوچک

شده این نقشه را همراه با نمودار ستونی فراوانی این عنصر نشان می دهد. هر چند بادر نظر گرفتن متوسط فراوانی این عنصر در طبیعت، مجموعه نتایج به دست آمده، حاکی از وجود عیاری غیر عادی است، لیکن با توجه به نقشه پراکندگی فوق الذکر، دو زون بی هنجاری قوی، یکی در جنوب شرقی با وسعتی معادل ۱۰۴ کیلومتر مربع، و دیگری در جنوب نقشه با وسعتی معادل ۰۰۴ کیلومتر مربع مشخص شده است، که حاکی از وجود منابع اصلی ماده معدنی در بالا دست رودخانه ها و ارتفاعات قسمت مرکزی نقشه، به ویژه در بخشهای تغذیه کننده آبراهه های جنوبی است. بر همین اساس علاوه بر مناطقی که شواهد و آثار معدنکاری در آن به چشم می خورد، مناطقی مورد شناسایی قرار گرفتند که به لحاظ رخنمون سطحی، آثار مستقیمی از کانه زایی را نشان نمی داد، ولی تجزیه نمونه ای از رسوبهای رودخانه ای مرتبط با همین مناطق شناسایی شده، مقادیر ۲۱۰۰ پی پی ام آنتیموان و ۱۵۰ پی پی ام آرسنیک را نشان می دهد، که این خود گواهی بر گسترش کانه زایی در این ناحیه و نیز تأییدی دیگر بر قابل اعتماد بودن روشهای اکتشاف ژئوشیمیایی است.

کانی نگاری

شواهد صحرایی و مطالعه میکروسکوپی مقاطع تهیه شده از رگه های حاوی مواد معدنی، بیانگر وجود کانی استیبنیت (Sb_2S_3) به عنوان فراوان ترین ترکیب حاوی آنتیموان در نمونه های مورد نظر است. مطالعات به وسیله دستگاه پراش پرتو ایکس (XRD) نیز وجود کانی استیبنیت را تأیید می کند. از نظر خصوصیات فیزیکی، این کانی دارای رنگ خاکستری سربی تا سیاه، جلای فلزی، سختی ۲-۲٫۵ و وزن مخصوص حدود ۴٫۵ است. از نظر خواص نوری (بازتاب نور) این کانی دارای رنگ سفید مایل به خاکستری، چند رنگی سفید تا خاکستری، ناهمسانگردی قوی (خاکستری تا آبی مایل به خاکستری و قهوه ای که در مواردی خاموشی موجی نیز از خود نشان می دهد)، و فاقد بازتاب داخلی است. در مقاطع مورد مطالعه، استیبنیت غالباً دارای ماکل تیغه ای است و بافت های گرانوبلاستیک و پلی سنتیک نیز از خود نشان می دهد. در بعضی از قسمت ها این کانی دچار تبلور مجدد گردیده است (شکل

۳)، چنین فرایندی را می‌توان برای تشکیل متاستیزیت در نظر گرفت هر چند این کانی می‌تواند منشأ اولیه نیز داشته باشد. وجود تیغه‌های فشارشی و ماکلهای دارای خمیدگی و انحنا (شکل ۴)، ضمن آنکه تا حدی تحت تأثیر تنشهای بعدی است، ولی می‌تواند بیانگر تشکیل کانی استیزیت در یک رژیم فشارشی باشد که خود حاصلی از ویژگیهای ساختاری و زمین‌ساختی حاکم بر منطقه در زمان تشکیل رگه‌های حاوی مواد معدنی بشمار می‌رود. حضور کم‌رنگ حفره‌ها و بافت پرکننده فضاهاى خالی نیز می‌تواند حاکی از وجود چنین شرایطی باشد.

بر اساس شواهد موجود دولومیت، کلسیت و تا حدی باریت بخش عمده کانیهای باطله را تشکیل می‌دهند و شکل‌گیری آنها لااقل در یک مرحله قبل از تشکیل کانی استیزیت روی داده است. شایان ذکر است که شواهدی دال بر تشکیل کلسیت پس از باریت و کانی‌های اپک نیز وجود دارد. مجموعه شواهد حاکی از آن است که کانی‌سازی و احیاناً کانه‌زایی همراه آن در بیش از یک مرحله روی داده است.

پاراژنز

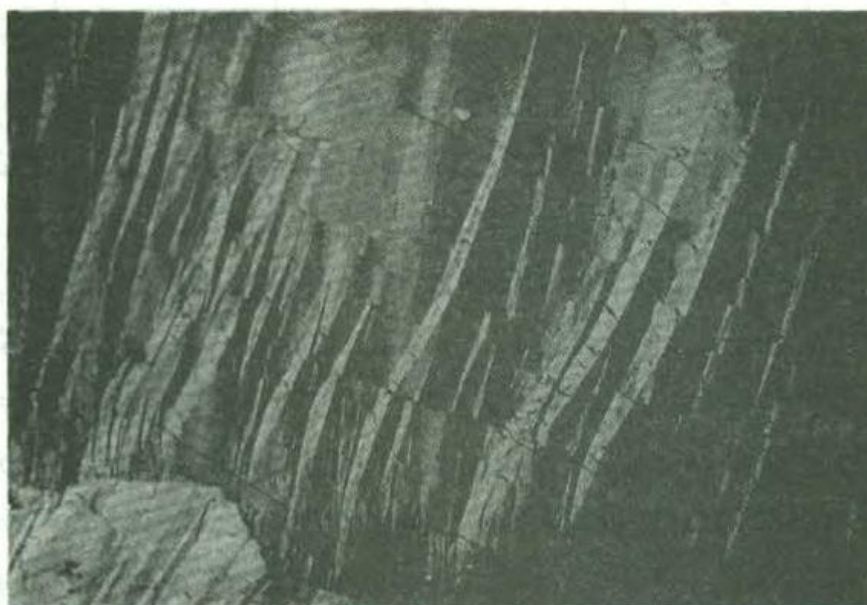
بررسی مقاطع صیقلی با میکروسکوپ قطبشی، نشان می‌دهد که علاوه بر استیزیت و آنتیموان خالص، کانیهای نظیر کرمزیت، [گه چه لیت^(۱) (۹)]، آرسنوپیریت، پیریت و ذرات ریز با ویژگیهای نوری مشابه طلا، به صورت خالص و یا ترکیبات آن نیز حضور دارند. در برخی نمونه‌ها که مربوط به افق‌های پایینی رگه معدنی می‌شوند، حضور تتراهدریت، گالن، کالکوپیریت و کانیهای ثانوی نظیر سروزیت، انگلزیت، کوولیت، کالکوزیت، بورنیت، مالاکیت، و آزوریت گسترش نسبتاً زیادی دارند. نقره با توجه به امکان جانشینی آن در گالن می‌تواند عمدتاً در این بخش از رگه‌های معدنی حضور داشته باشد. این مجموعه با کانیهای غیر فلزی نظیر کلسیت، دولومیت، باریت و کوارتز همراه است.

۱ - بر اساس آخرین گزارش در دسترس (۱۳۷۱) این کانی تنها در دو نقطه از جهان، یکی در معدن طلای گه

چل (Getchell) ایالت نوادای آمریکا و دیگری در معدن طلای زره شوران گزارش شده است [۹].



شکل ۳ استیبینیت با بافت پلی سنتتیک همراه با تبلور مجدد (متاستیبینیت)، نور پلاریزه، طول واقعی شکل ۲ میلیمتر



شکل ۴ استیبینیت با تیغه‌های فشارشی یا موج دار، نور پلاریزه طول واقعی شکل ۲ میلیمتر

جدول ۲ نتایج اندازه گیری عناصر در کانیهای مختلف ماده معدنی به کمک میکروسکوپ الکترونی (مقادیر بر حسب درصد) $2 - 0.35 = \text{FIT INDEX}$, $\text{KV} = 20$

نوع عنصر	تعداد اندازه گیری	حدود تغییرات	میانگین	انحراف معیار
Si	۱۸	۳۲۷-۹۵۱۳	۶۴۱۹	۲۶۵۹
S	۱۹	۰۷۱-۵۶۱۹	۱۸۹۳	۱۶۱۰
Fe	۱۸	۰-۰۱۹	۰۰۹	۰۰۵
Bi	۱۸	۰-۰۹۷	۰۰۹	۰۲۳
Sb	۱۹	۱۶۵-۳۹۲۵	۱۵۲۱	۱۱۵۸
Ba	۱۴	۰-۰۴۴	۰۱۰	۰۱۱
Ca	۱۹	۰-۴	۰۳۹	۰۸۹
As	۱۱	۰-۰۰۵	۰۰۱	۰۰۲
Te	۱۱	۰۱۳-۹۰۴	۱۲۱	۲۶۲
Ag	۱۱	۰-۰۰۸	۰۰۳	۰۰۳
Au	۱۹	۰-۲۶۶	۰۱۸	۰۰۶
Hg	۱۱	۰-۱۴۴	۰۱۷	۰۴۳

برای شناخت بهتر بعضی از کانیهای موجود در کانسنگ و اطمینان از حضور پاره ای عناصر، سطوح معینی از مقاطع به کمک میکروسکوپ الکترونی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از وجود آنتیموان خالص و حضور عناصری نظیر طلا، بیسموت، تلور، جیوه، نقره و آرسنیک است (جدول ۲). بررسی ضرایب همبستگی بین عناصر، نشان دهنده ارتباط مثبت و خوب آنتیموان و گوگرد ($r = 0.98$)، بیسموت و گوگرد ($r = 0.82$)، تلور و آنتیموان ($r = 0.95$)، و نیز انطباق مثبت طلا با تلور و آنتیموان است. این امر می تواند در صورت همخوانی ضرایب عنصر سنجی بیانگر احتمال وجود کانی هربی نظیر بیسموتینیت (Bi_2S_3)، تترادیمیت ($\text{Bi}_2\text{Te}_2\text{S}$)، تلور آنتیموان (Sb_2Te_3)، اورواستییت (AuSb_2)، و کالاوریت (AuTe_2) به همراه مجموعه یاد شده باشد.

جمع‌بندی و نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از بررسی‌های انجام شده، حاکی از فراوانی عنصر آنتیموان تا ۲۱۰۰ پی‌پی‌ام در رسوب‌های رودخانه‌ای منطقه مورد مطالعه است. مطالعات اولیه (بالغ بر ۱۰۰ مورد اندازه‌گیری در سطح منطقه)، مقادیری بین ۰٫۳ تا ۶۵ پی‌پی‌ام را برای این عنصر نشان می‌دهد. شواهد صحرایی، مطالعات به کمک میکروسکوپ قطبشی و پراش سنج پرتو ایکس بیانگر وجود کانی استینیت به عنوان فراوانترین ترکیب حاوی آنتیموان در نمونه‌های مورد مطالعه است.

تجزیه‌های کمی و کیفی با میکروسکوپ الکترونی نیز حاکی از درصد بالای آنتیموان (۲ تا ۴۰ درصد) در بخش‌هایی از ماده معدنی است. علاوه بر کانی استینیت و آنتیموان خالص، کانی‌هایی نظیر کرمزیت، [گه چه لیت (۹)]، تتراهدريت، آرسنوپیریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، و کانی‌های ثانوی در ارتباط با آنها نیز حضور دارند. مجموعه فوق‌الذکر با کانی‌های غیر فلزی نظیر کلسیت، دولومیت، باریت و کوارتز همراه است. عناصری نظیر طلا و تلور که وجودشان با میکروسکوپ الکترونی مورد تأیید قرار گرفته است و انطباق مثبتی را با یکدیگر نشان می‌دهند و نیز همراهی این عناصر با آنتیموان، می‌تواند به مفهوم حضور طلا به صورت خالص و یا ترکیباتی از آنتیموان و طلا نظیر اورواستینیت (AuSb_2) و یا تلوریدهای طلا نظیر کالاوریت (AuTe_2) به همراه مجموعه یاد شده باشد. بررسی‌های زمین‌شناسی و ژئوشیمیایی، نشان می‌دهد که منطقه مورد مطالعه دارای قابلیت‌های بالایی به لحاظ حضور عناصر با ارزشی از قبیل آنتیموان و طلا است. رگه‌ها و ساختارهای حاوی مواد معدنی در این منطقه، علاوه بر ذخیره با ارزش آنتیموان، به خاطر مجموعه پاراژنری جالب توجه، مراحل مختلف و تنوع کانه‌زایی و نیز حضور کانی‌های نادر، چه از نظر اقتصادی و چه از نظر علمی، توجهی بیش از پیش را طلب می‌کند.

تشکر و قدردانی

از آقای دکتر عباس یوسفی، مدیر عامل مرکز تحقیقات پرتاووس و پرسنل این مؤسسه و نیز مسئولین ذیربط در دانشگاه تربیت مدرس به خاطر همکاری صمیمانه در استفاده از میکروسکوپ الکترونی، و از آقای دکتر ناصرخویی به خاطر همکاری در مطالعه مقاطع صیقلی، قدردانی می‌شود. از سرکار خانم مهندس سهیلی مسئول دستگاه پراش سنج

پرتو ایکس در بخش زمین شناسی دانشگاه کرمان به خاطر مساعدتشان سپاسگزاریم. همچنین از آقای دکتر محمد حسین آدابی که مشوق و راهنمای ما در ارائه این مقاله بوده‌اند، صمیمانه متشکریم.

مراجع

- 1 - Boyle, R.W. , and Jonasson, I.R. (1984) *J. Geochem. explor.*, **20**, 223.
- 2 - Klein, C. , and Hurburt, Jr. C. S. (1985). *Manual of mineralogy*, 20th edition John Wiley and Sons, Inc. PP. (283 - 285).
- 3 - Levinson, A. A. (1980) *Introduction to exploration geochemistry*, Applied Pub. Co., p924.
- 4 - Alavi, M. (1996). *J. Geodynamics*, vol. **21**, No. **1**, PP. 1 - 33.
- 5 - Mc Elhiny, M. W. (1970) *Earth and Planetary Science Letters*, **8**, 149.
- 6 - Soffel, H. C., Forster, H. G. (1983) *Geol. Surv. of Iran report*, **51**, 13.
- 7 - Berberian, M. and King, A. C. P. (1981) *Can. J. Earth Sci.*, **18**, 210.
- 8 - Boulin, J. (1988) *Tectonophysics*, **148**, 253.
- ۹ - عیسی‌خانیان، ویگن. داستان گه چه لیت و طلای زره شوران، فصلنامه علمی علوم زمین، شماره ۳، صفحات ۷۰-۶۶، ۱۳۷۱.