

معرفی مس تپ پورفیری احتمالی و رگه‌های سیلیسی طلا دار در منطقه میر کوه علی میرزا سراب با روش اکتشافات ژئوشیمیایی

عباس مقصودی^۱، محمد یزدی^۱، محمود مهرپر تو^۲، منصور وثوقی عابدینی^۱

^۱دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران.

^۲پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۰۴/۰۱

چکیده

محدوده اکتشافی میر کوه علی میرزا واقع در شمال سراب در ورقه ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ مشگین شهر قرار دارد. این محدوده از دیدگاه زمین شناسی ساختاری بخشی از زون البرز باختری- آذربایجان است. واحدهای سنگی که در محدوده‌های کانی‌زایی رخنمون دارند شامل توف‌های رiolیتی و داسیتی به همراه سنگ‌های آتشفشانی- نیمه ژرف حد واسط تا بازی به سن انوسن و نوژن هستند. مطالعات ژئوشیمیایی در محدوده مورد مطالعه به روش رسوب آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و برداشت نمونه‌های لیتوژئوشیمیایی از بالادست نمونه‌های بی‌هنجاری، منجر به معرفی یک محدوده کانی‌زایی مس (به احتمال پورفیری) و چند محدوده کانی‌زایی فلزات قیمتی و عناصر پایه در اشکال رگه‌ای برای اولین بار شد. رخداد این کانی‌زایی‌ها در منطقه می‌تواند بخش کوچکی از یک سامانه گرمابی بزرگ باشد که تأثیر این چرخش همرفتی تا پهنه بیش از ۱۰ کیلومتر مربع نسبت به کانی‌زایی مس گسترش داشته است و کانی‌زایی‌های اپی ترمال طلا به همراه سرب و روی و مولیبدن نزدیک به توده کانساری مس، در فاصله دورتر، نقره، آرسنیک، آنتیموان به همراه سرب و روی و در دورترین فاصله به ترتیب کانی‌زایی منگنز و بی‌هنجاری‌های عنصر جیوه (در رسوب آبراهه‌ای) را تشکیل داده است.

کلیدواژه‌ها: کانی‌زایی مس پورفیری و طلای رگه‌ای، میر کوه علی میرزا، سراب.

*نویسنده مسئول: عباس مقصودی

E-mail: ab_maghsoudi@yahoo.com

۱- مقدمه

محدوده اکتشافی میر کوه علی میرزا در ورقه ژئوشیمیایی ۱:۱۰۰۰۰۰ مشگین شهر و در ناحیه فلز زایی آذربایجان قرار دارد. از نظر کانی‌سازی ناحیه آذربایجان یکی از نواحی شناخته شده فلز زایی ایران و بیشتر شامل مس پورفیری و طلای نوع اپی ترمال است. بی‌شک، روش ژئوشیمیایی یکی از موفقیت‌آمیزترین روش‌های اکتشافی برای کشف کانسارهای یاد شده است (Coop, 1973). ترتیب به کارگیری روش‌های مختلف ژئوشیمیایی برای کشف این نوع کانسارها عبارتند از کشف هاله‌های ثانویه از راه بررسی حوضه‌های آبریز و نمونه برداری از رسوبات آبراهه‌ای و پس از آن نمونه برداری لیتوژئوشیمیایی از سنگ درون گیر هاله‌ها (Geoffroy et al., 1985). نتایج حاصل از داده‌های لیتوژئوشیمیایی با یک الگوی پراکندگی ژئوشیمیایی در بسیاری از نقاط جهان به منظور کشف توده‌های کانساری مختلف از جمله کانسارهای پورفیری به کار گرفته شده است. چنین الگوی منطقه‌بندی می‌تواند در کانسارهای پورفیری از مقیاس محلی تا مقیاس ناحیه‌ای به عبارتی از کانی‌سازی مس پورفیری به همراه اسکارن در نزدیکی آن تا کانسارهای رگه‌ای فلزات مختلف در مناطق دورتر وجود داشته باشد (Berger et al., 2008). در این راستا، اولین بار مطالعات کلاسیک منطقه‌بندی فلزی و کانیایی به طور مختصر توسط Emmon (1927) برای کانسارهای پورفیری ارائه شد (شکل ۱) که تا حد زیادی امروزه نیز کاربرد دارد (Jones, 1992). پس از آن، Jerome (1966) یک طرح کلی از منطقه‌بندی در ارتباط با کانی‌زایی پورفیری ارائه داد که در آن کانی‌زایی مس پورفیری به وسیله یک هاله پیریتی و همچنین کانی‌زایی‌های سرب و روی، نقره و منگنز احاطه شده است. Blevin (2005) منطقه‌بندی فلزی را برای کانسارهای مختلف پورفیری از مقیاس کانسار تا مقیاس منطقه‌ای و ناحیه‌ای ارائه می‌دهد (شکل ۲). Seedorff et al. (2005) عنوان می‌کنند که کانی‌زایی مس پورفیری می‌تواند با کانسارهای طلای اپی ترمال و در مناطق دورتر با کانسارهای فلزات پایه (سرب، روی، نقره و منگنز) همراه باشند. چنین الگوی منطقه‌بندی، همچنین ارتباط ژنتیکی میان کانسارهای فلزات پایه و فلزات قیمتی با کانی‌سازی مس پورفیری توسط بسیاری از پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است. از جمله این کانسارها می‌توان به کانسارهای پانگونا در گینه نو، یل در بریتیش کلمبیا،

کنیون در نوادا، حوزه روبینسون در نوادا، کانسار مایلیگان در بریتیش کلمبیا و کانسار لپانتو در فیلیپین اشاره کرد (Jones, 1992).

نگارندگان ضمن معرفی کانی‌زایی‌های مس (به احتمال پورفیری) و کانی‌زایی‌های رگه‌ای از فلزات پایه و قیمتی در حاشیه آن به بررسی ارتباط فضایی میان کانی‌زایی‌ها و منطقه‌بندی ژئوشیمیایی آنها نیز پرداخته‌اند.

۲- موقعیت جغرافیایی محدوده مورد مطالعه

محدوده مورد مطالعه در فاصله ۹ کیلومتری شمال شهر سراب و در جنوب باختری سبلان قرار دارد. این محدوده بخشی از ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشگین شهر است. دسترسی به محدوده اکتشافی از راه جاده آسفالت سراب- رازلیق و جاده خاکی رازلیق- میر کوه علی میرزا ممکن است (شکل ۳).

۳- پیشینه اکتشاف

سرگذشت معدنکاری در شمال سراب با توجه به مدارک اکتشافی و گفته‌های افراد محلی به بیش از ۱۰۰ سال باز می‌گردد که توسط روس‌ها در سرتاسر آذربایجان و این محدوده انجام شده است. پس از ۱۰۰ سال، نخستین گام اکتشافی سیستماتیک که شامل اکتشافات ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشگین شهر است، توسط سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور در سال ۸۲-۱۳۸۱ انجام شد. در ادامه و با توجه به نتایج امیدبخش بررسی یاد شده، محدوده شمال سراب به تازگی تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ و اکتشافات لیتوژئوشیمیایی قرار گرفت که نتایج آنها منجر به معرفی تعدادی کانی‌زایی مختلف از جمله فلزات قیمتی و عناصر پایه برای اولین بار شد.

۴- زمین شناسی

محدوده مورد مطالعه بخشی از زون البرز- آذربایجان است. واحدهای سنگی که در این محدوده‌های کانی‌زایی رخنمون دارند سنگ‌های آذرین مربوط به انوسن

تا ۱۱ گرم در تن است. همچنین مقادیر قابل توجهی از عناصر منگنز، آنتیموان، آرسنیک و باریت و مولیبدن و... وجود دارد. شکل‌های ۶ تا ۱۳ نقشه‌های تک متغیره برای چند عنصر مهم حاصل از بررسی ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ را نشان می‌دهند. با توجه به نقشه‌ها، یافته‌های ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ نشان‌دهنده هاله‌های ژئوشیمیایی ثانویه گسترده‌ای از عناصر Au, Cu, Mo, Zn, Pb, As, Sb, Mn و Hg در شمال روستای میرکوه‌علی‌میرزا است که در ارتباط با یک محدوده کانی‌زایی مس به‌صورت افشان و استوک‌ورک (احتمالاً پورفیری) و چند محدوده کانی‌زایی فلزات قیمتی و عناصر پایه در اشکال رگه‌ای در اطراف و بخش باختری آن هستند. کانی‌زایی‌های مهم از شمال‌خاور به جنوب باختر شامل ۱- مس به‌صورت افشان و استوک‌ورک (Cu-Au porphyry?)، ۲- طلا + سرب + روی + مولیبدن + نقره (Vein1)، ۳- طلا + مولیبدن (Vein2) - نقره + آرسنیک + سرب + آنتیموان + طلا (Vein3)، ۵- آنتیموان + نقره + منگنز + باریت + سرب + روی (Vein4)، ۶- رگه کلسیت (Vein5) و ۷- منگنز (Vein6) هستند (شکل ۴). کانی‌زایی‌های یادشده برای اولین بار در این پژوهش معرفی و از کانی‌زایی مس به سمت حاشیه بررسی می‌شوند:

۴-۱. کانی‌زایی مس

کانی‌زایی مس در منطقه مورد مطالعه، به‌صورت افشان و استوک‌ورک در درون واحد داسیت پورفیر و همچنین کریستال و لیتیک توف‌های داسیتی و ریوداسیتی با سن نوژن قرار دارد (شکل ۱۴). از نظر ساختمانی، کانی‌زایی در درون یک سطح بیضوی شکل در حاشیه ساختمان حلقوی (Ring Structure) و نیز در محل تقاطع گسل‌های با راستای شمال‌باختر - جنوب‌خاور و شمال‌خاور - جنوب‌باختر تشکیل شده است (شکل ۴). دگرسانی‌های محدوده شامل فلیک شدید، سریست - آرژیلیک و پروپلیتیک هستند. منطقه دگرسانی فلیک شدید همراه با کانی‌زایی و دارای منطقه‌بندی عرضی است به گونه‌ای که فاز سولفیدی کالکوپیریت و پیریت در مرکز سامانه، توسط هاله پیریتی عقیم احاطه شده است. در هاله پیریتی نیز مقدار پیریت به سمت حاشیه یک روند کاهشی نشان می‌دهد. بخش برون‌زاد به‌صورت اکسیدی و خیلی محدود، از کانی‌های لیمونیت، هماتیت، گوتیت، مالاکیت، آزوریت تشکیل شده است. میانگین مقدار مس در ۱۵ نمونه برداشت شده از بخش کانی‌زایی شده، حدود ۰/۴۸ درصد، طلا ۱۰۰ میلی‌گرم در تن و مولیبدن، نقره، بیسموت و سرب و روی به ترتیب ۵، ۶، ۷۲، ۲۹۷ و ۴۰۴ گرم در تن است. بررسی‌های ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای در پایین‌دست این کانی‌زایی مقادیر مس بیش از ۱۲۰ گرم در تن دارد و مقدار طلا در ۳ نمونه دارای ۳۸، ۳۵ و ۴۴ میلی‌گرم در تن است. بررسی‌های میانبارهای سیال بر روی ۴ نمونه کوارتز، دمای همگن‌شدگی را از ۲۲۸ تا ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد (با میانگین ۳۲۵) و شوری میانگین ۵ درصد وزنی معادل NaCl نشان می‌دهد.

۴-۲. رگه شماره ۱ (طلا - سرب - روی - مولیبدن)

رگه ۱ در فاصله ۱ کیلومتری جنوب باختر کانی‌زایی مس در درون توف‌های داسیت و ریوداسیتی با سن نوژن قرار دارد. کانی‌زایی طلا با طول برونزد (به‌صورت منقطع) ۸۰۰ متر و عرض ۰/۵ تا ۳ متر همراه با کوارتز ریز بلور در امتداد گسل با راستای N29W و شیب نزدیک به قائم تشکیل شده است. در اطراف و مجاور رگه، رگه‌های سیلیسی همراه با دگرسانی سریستی تشکیل شده است. به طرف حاشیه رگه دگرسانی شامل سریستی و آرژیلیک در سنگ درون‌گیر توف‌های داسیتی و ریوداسیتی است. حجم کانی‌های سولفیدی که بیشتر پیریت هستند در این رگه کمتر از ۱ درصد است. میانگین مقدار طلا در ۲۰ نمونه گرفته شده از رگه، ۱۲۰۳ میلی‌گرم در تن، نقره ۲۲ گرم در تن، مس ۳۰۳ گرم در تن و سرب، روی، مولیبدن، وانادیم و منگنز به ترتیب ۱۲۴۵، ۲۱۹۸، ۸۵، ۷۵ و ۴۹۳۰ گرم در تن است. میانگین دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال در ۲ نمونه کوارتز، حدود ۱۸۸ درجه سانتی‌گراد با شوری ۲/۶ درصد وزنی معادل NaCl است.

و نوژن هستند (Amidi et al., 1978) و امینی، ۱۳۷۳). ائوسن از نظر ترکیب سنگی شامل گدازه‌های آندزیت بازالتی، لایت - آندزیت، تراکی آندزیت و تراکی‌بازالت و نوژن شامل سنگ‌های آذرآواری همراه با آندزیت - تراکی آندزیت و نیز لاتی آندزیت پورفیر و داسیت پورفیر است. سنگ‌های آذرآواری شامل توف برش‌های ریولیتی و کریستال توف و لیتیک توف‌های داسیتی و ریوداسیتی است (شکل ۴). در منطقه مورد مطالعه، داده‌های ژئوشیمیایی عناصر کمیاب مربوط به سنگ‌های آتشفشانی که نسبت به گوشته اولیه بهنجار شده‌اند، بی‌هنجاری‌های منفی از عناصر Ta, Nb, Ti و همچنین غنی‌شدگی از عناصر LILE نشان می‌دهند که بیانگر ماگماتیسم از نوع کمان آتشفشانی قاره‌ای در ارتباط با فروورانش است (شکل ۵). در این نمودار، غنی‌شدگی در عناصر LILE و LREE نسبت به HFSE می‌تواند نتیجه عوامل بسیاری از جمله آلاش پسته‌ای (Rollinson, 1993) یا ورود سیال‌های آبی به درون گوشته و روبش (Scavenging) عناصر از آن باشد (Hawkesworth et al., 1991; Tasumi et al., 1995).

۵- نمونه‌برداری و تجزیه نمونه‌ها

نمونه‌برداری در شمال سراب شامل نمونه‌برداری به‌روش ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای از برگه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رازلیق و گوتلا‌رکندی و نمونه‌برداری لیتوژئوشیمیایی از محدوده‌های بی‌هنجاری است (شکل ۳). ۹۰۰ نمونه ژئوشیمی رسوب آبراهه‌ای از برگه‌های ۱:۲۵۰۰۰ رازلیق و گوتلا‌رکندی و بیش از ۱۰۰ نمونه سنگ از محدوده‌های بی‌هنجاری، برای تجزیه و مطالعات مختلف میکروسکوپی برداشت شد. نمونه‌های ژئوشیمی در آزمایشگاه زرکاوان البرز برای عنصر طلا (به‌روش طیف‌نگاری نشری) و آزمایشگاه‌های سازمان زمین‌شناسی و توسعه علوم زمین برای عناصر دیگر (به‌روش ICP-OES) تجزیه شدند.

۶- اکتشافات ژئوشیمی و کانی‌زایی

بررسی‌های ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای به‌عنوان ابزار اکتشافی مؤثر برای اکتشاف کانسارهای دارای هاله گسترده ژئوشیمیایی مثل کانسارهای پورفیری در بیشتر نقاط جهان به کار رفته است (Sinclair, 2007). (Learned (1972) نشان داد که عناصر طلا، مس، روی، مولیبدن، منگنز و سرب برای شناسایی کانی‌زایی مس پورفیری بسیار مفید هستند. هاله‌های این عناصر می‌تواند بیش از ۵ کیلومتر در اطراف کانسارهای پورفیری گسترش یابند. منطقه‌بندی ژئوشیمیایی عناصر یادشده و همچنین ارتباط میان کانی‌زایی عناصر پایه و طلای ای‌ترمال با کانی‌زایی مس پورفیری در بسیاری از نواحی دنیا گزارش شده است (Sillitoe, 1973; Jones, 1992; Hedenquist et al., 1998; Seedorff et al., 2005; Sinclair, 2007).

در منطقه مورد مطالعه، بررسی‌های ژئوشیمیایی شامل اکتشافات ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای در مقیاس‌های ۱:۱۰۰۰۰۰، ۱:۲۵۰۰۰ و بررسی‌های لیتوژئوشیمیایی از محدوده‌های بی‌هنجاری است. اکتشافات ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ بی‌هنجاری‌هایی قوی از عناصر فلزات قیمتی و عناصر پایه در محدوده‌های مختلف ورقه بویژه در شمال سراب نشان داده است. بی‌هنجاری‌های یادشده، پیوستگی فضایی خوب و قابل توجهی دارند و یک هاله ژئوشیمیایی (ثانویه) گسترده را تشکیل دادند (مقصودی و همکاران، ۱۳۸۲). محدوده یادشده تحت پوشش اکتشافات ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ با الک ۱۲۰- مش (با توجه به نتایج Size Fraction) قرار گرفت که نتایج آن ضمن تأیید نتایج ژئوشیمیایی در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، بی‌هنجاری‌های قوی‌تر و معنی‌داری را از عناصر یادشده نشان داد. به گونه‌ای که در ۱۰۰ نمونه طلا، تغییراتی از ۲۶ میلی‌گرم در تن تا ۱/۲ گرم در تن دارد. عیار مس در ۲۰۰ نمونه رسوب آبراهه‌ای بیش از ۱۰۰ گرم در تن، عیار سرب و روی در ۵۰ نمونه به ترتیب بیش از ۱۵۰ و ۳۵۰ گرم در تن و عیار نقره

۶-۳. رگه شماره ۲ (طلا-مولیدن)

رگه ۲ از نظر موقعیت در بخش بیرونی و به فاصله ۱۲۴۰ متری جنوب باختر کانی‌زایی مس و ۲۴۰ متری باختر رگه ۱ قرار دارد. کانی‌زایی در رگه ۲ به‌طور چیره طلا بوده و از نظر نقره و عناصر پایه فقیر است. رگه یادشده به طول پروتزد حدود ۵۰۰ متر و عرض ۰/۵ تا ۲ متر در امتداد گسل با راستای N25W در سنگ درون‌گیر توف‌های داسیتی و ریوداسیتی جای دارد. دگرسانی در این کانی‌زایی مشابه رگه ۱ است. سولفیدی شدن نیز کمتر از ۱ درصد و بیشتر شامل پیریت است. میانگین مقدار طلا در ۹ نمونه، ۱۴۰۱ میلی گرم در تن، مولیدن ۱۱۲ گرم در تن، نقره ۱۱ گرم در تن، مس ۱۰۰ گرم در تن و سرب، روی و وانادیم به ترتیب ۴۸۷، ۸۰ و ۱۵۸ گرم در تن است. میانگین دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال در ۱ نمونه کوارتز برابر با ۱۷۳ درجه سانتی‌گراد با شوری ۳ درصد وزنی معادل NaCl است.

۶-۴. رگه شماره ۳ (نقره-آرسنیک-طلا-سرب)

کانی‌زایی در رگه ۳ (شامل نقره، آرسنیک، سرب و طلا) با طول پروتزد ۱۵۰ متر و عرض حدود ۰/۵ تا ۱ متر به فاصله ۱۸۸۰ متری جنوب باختر کانی‌زایی مس قرار دارد. کانی‌زایی در امتداد گسل با راستای N40W جای دارد. از نظر دگرسانی و سولفیدی شدن مانند دو رگه پیشین است. میانگین مقدار طلا در ۳ نمونه، ۱۹۴ میلی گرم در تن، نقره ۱۵۴ گرم در تن، آرسنیک ۱۵۷۰ گرم در تن، آنتیموان ۵۹۷ گرم در تن و سرب، روی و وانادیم به ترتیب ۱۹۱۸، ۱۶۹ و ۴۶ گرم در تن است. رگه یادشده میانبار سیال برای اندازه‌گیری دما نداشت.

۶-۵. رگه شماره ۴ (آنتیموان-نقره-منگنز-سرب-روی-باریم)

کانی‌زایی در رگه کوارتز به طول ۳۵۰ متر و عرض ۰/۵ تا ۱/۵ متر در ۲/۵ کیلومتری جنوب باختر کانی‌زایی مس تشکیل شده است. کانی‌زایی روند N50E با شیب بیش از ۷۵ درجه دارد. دگرسانی در اطراف کانی‌زایی ضعیف و به‌صورت پروپلیتی و آرژیلیک است. میانگین مقدار عناصر آنتیموان، نقره، منگنز، سرب، روی و باریم در ۹ نمونه به ترتیب برابر با ۱۳۸۳، ۱۷۶، ۴۵۷۱۶، ۱۲۰۲۴، ۲۱۷۷ و ۴۰۳۹ گرم در تن و مقدار طلا ۱۷۹ میلی گرم در تن است. میانگین دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال بر اساس ۳ نمونه کوارتز با تعداد ۲۵ اندازه‌گیری، حدود ۲۲۵ درجه سانتی‌گراد و شوری ۵ درصد وزنی معادل NaCl است.

۶-۶. رگه شماره ۵ (کلسیت)

رگه کلسیت با طول پروتزد ۴ متر و عرض ۰/۵ تا ۱ متر در فاصله ۳/۵ کیلومتری جنوب باختر کانی‌زایی مس و ۱ کیلومتری جنوب باختر کانی‌زایی آنتیموان تشکیل شده است. رگه با راستای N55E در درون واحد توف برش ریولیتی با سن نئوژن قرار دارد. مقدار طلا در ۱ نمونه از رگه ۶۶ میلی گرم در تن، مقادیر نقره، مس، سرب و روی به ترتیب ۸، ۶ و ۲۵ گرم در تن، باریم دارای ۰/۲۳ درصد و استرانسیم ۰/۱ درصد است. مطالعه یک نمونه میانبار سیال میانگین دمای همگن‌شدگی ۱۶۳ درجه سانتی‌گراد با شوری ۳/۸ درصد وزنی معادل NaCl را نشان داده است.

۶-۷. رگه شماره ۶ (کوارتز-منگنز)

کانی‌زایی منگنز با گسترش محدود در فاصله ۳/۸ کیلومتری جنوب باختر کانی‌زایی مس تشکیل شده است. ۱ نمونه برداشت شده از این رگه بیش از ۱۲ درصد منگنز و ۴۶۰۰ گرم در تن باریم دارد. در این نمونه مقدار طلا ۵۰ میلی گرم در تن و مقادیر مس، سرب و روی به ترتیب ۱۱، ۷۷ و ۱۴۴ گرم در تن است. میانگین دمای همگن‌شدگی میانبارهای سیال بر اساس مطالعه یک نمونه با تعداد ۷ اندازه‌گیری، ۱۷۴ درجه سانتی‌گراد با شوری ۵ درصد وزنی معادل NaCl است.

بررسی‌های آماری داده‌های لیتوژئوشیمیایی در کانی‌زایی‌های یاد شده نشان می‌دهد که عناصر W، Au، Mo، Be، Bi و S یک روند کاهشی از کانی‌زایی مس پورفیری (احتمالی) تا کانی‌زایی منگنز واقع در ۳/۸ کیلومتری حاشیه آن دارند (شکل ۱۵). اما عناصر As، Sb، Ag، Pb، Zn، Sr، Mn و Ba برعکس، گسترشی در

جهت مخالف سری اول و یک روند کلی افزایشی از کانی‌زایی مس تا کانی‌زایی آنتیموان و یک روند کاهشی (غیر از عناصر Ba و Mn) در رگه‌های کلسیت و منگنز دارند (شکل ۱۶).

داده‌های یادشده نشان می‌دهند که حاشیه توده کانی‌سازی مس (به احتمال پورفیری) منطقه میرکوه‌علی‌میرزا نیز مانند بیشتر کانسارهای مس پورفیری، به‌وسیله کانی‌زایی‌های از فلزات قیمتی و پایه احاطه شده است و با بسیاری از الگوهای منطقه‌بندی ژئوشیمیایی ارائه شده جهانی همخوانی نزدیکی دارد. برای مثال در مقایسه با الگوی ارائه شده توسط Emmons (1927) (شکل ۱)، منطقه‌بندی ژئوشیمیایی (مقیاس منطقه‌ای) در منطقه مورد مطالعه، شامل بی‌هنجاری‌هایی از عناصر مس و بیسموت در کانی‌زایی مس (توده احتمالاً پورفیری) است که به سمت حاشیه این توده عناصر طلا، سرب و روی، آرسنیک، آنتیموان، و منگنز ظاهر شده‌اند (به‌صورت کانی‌زایی‌های رگه ۱ تا رگه ۶ مورد اشاره در متن) و در دورترین فاصله از توده یادشده، هاله ژئوشیمیایی (ثانویه) از عنصر جیوه (شکل ۱۳) تشکیل شده است. داده‌های یادشده در مقایسه با الگوی ارائه شده توسط Blevin (2005) بیشترین همخوانی را با کانی‌زایی مس-طلای پورفیری دارد (شکل ۲). همچنین در کانی‌زایی میرکوه‌علی‌میرزا همچون بیشتر کانسارهای پورفیری غنی از طلا در دنیا، هاله‌های مولیدن به‌طور محلی روی محدوده‌های بیرونی (حاشیه باختری) توده کانی‌زایی مس-طلا قرار گرفته‌اند و نسبت به این عناصر حالت منطقه‌بندی نشان می‌دهند (مقایسه شود با Sillitoe, 2000). در حاشیه‌ای‌ترین بخش سامانه نیز، سرد شدن شوره‌های ماگمایی در اثر واکنش با سنگ‌های دیواره و رقیق شدن آن توسط آب‌های جوی، باعث تشکیل هاله‌های ژئوشیمیایی عناصر دیگر (مانند Zn، Pb، As، Sb، Ag، Ba، Mn و Hg) و تمرکز آنها به‌صورت رگه‌ای شده است. همچنین بررسی‌های ژئوشیمیایی در منطقه مورد مطالعه نشان می‌دهد که عناصر بیسموت، بریلیم و تنگستن با وجود مقادیر پایین، از روند کانی‌زایی‌ها در منطقه پیروی می‌کنند و یک روند کاهشی تدریجی را از توده کانی‌زایی مس تا کانی‌زایی منگنز نشان می‌دهند (شکل ۱۵). چنین شواهدی به‌طور آشکار، معرف سوی حرکت محلول‌های فلزدار است که به احتمال زیاد، از راه گسل‌ها و شکستگی‌های منطقه که نقش کانال توزیع کننده مواد کانساری را ایفا می‌کرده‌اند، جریان داشته است و نشان از یک ارتباط ژنتیکی میان کانی‌زایی‌های یادشده دارد.

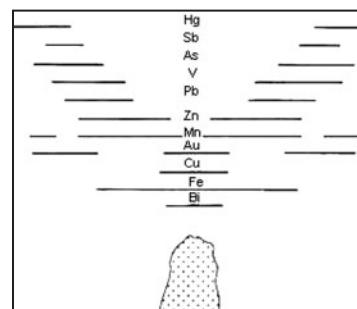
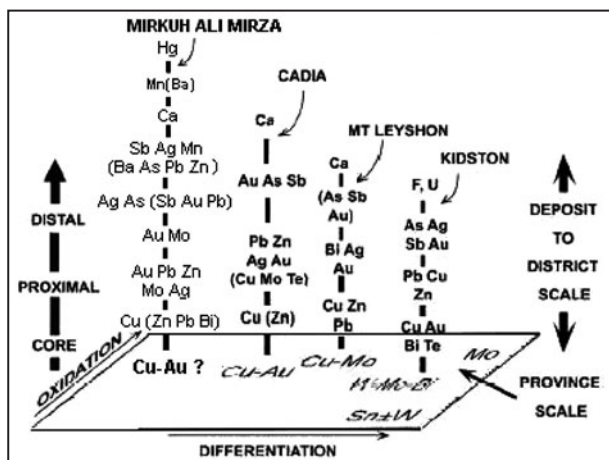
۷- بحث و نتیجه‌گیری

در محدوده شمال میرکوه علی‌میرزا بررسی‌های ژئوشیمیایی رسوب آبراهه‌ای و کانی‌سنگین در مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ بی‌هنجاری بسیار قوی از عناصر طلا، مس، مولیدن، سرب، روی، آرسنیک، آنتیموان و را نشان داده است. بررسی‌های صحرایی محدوده‌های بی‌هنجاری، منجر به معرفی کانی‌زایی مس در شمال خاور روستای میرکوه‌علی‌میرزا و کانی‌زایی‌های فلزات قیمتی و عناصر پایه در اطراف آن شد که نشان‌دهنده یک الگوی منطقه‌بندی ژئوشیمیایی گسترده و افقی مشخصی از کانی‌زایی مس به‌صورت افشان و استوک‌ورک در مرکز سامانه تا منگنز به‌صورت رگه‌ای در ۴ کیلومتری جنوب باختر آن است. در فاصله میان کانی‌زایی مس و منگنز، کانی‌زایی‌های طلا همراه با سرب و روی و مولیدن در نزدیک به مرکز سامانه و در فاصله دورتر به ترتیب طلا همراه با نقره، آرسنیک و سرب و روی و کانی‌زایی آنتیموان و نقره به‌همراه منگنز و عناصر پایه تشکیل شده است. کانی‌زایی‌ها در منطقه، بیشتر منطق بر سیمای ساختمانی گسل خورده و شکسته شده با روند شمال باختر-جنوب خاور و شمال خاور-جنوب باختر است که معرف ماهیت ژنتیکی نهشته‌های کانساری است. بررسی‌های میانبارهای سیال نشان‌دهنده تغییرات درجه حرارت از ۲۲۸ تا ۴۷۰ درجه سانتی‌گراد در مرکز سامانه و منطبق بر منطقه دگرسانی فلیک

سپاسگزاری

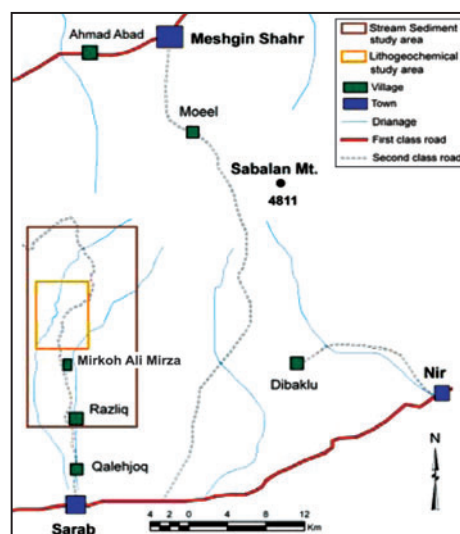
این مطالعه در چارچوب طرح سازمان زمین‌شناسی انجام شده است. نگارندگان بدین وسیله مراتب سپاس خود را نسبت به همکاری‌های جناب آقای مهندس عابدیان و جناب آقای مهندس شاهین ابراز می‌دارند.

کانی‌زایی مس (به احتمال پورفیری) تا مقادیر حدود ۱۶۰ درجه در رگه کلسیت و حدود ۲۰۰ درجه در کانی‌زایی‌های (اپی ترمال) اطراف آن هستند. بی‌هنجاری‌ها و منطقه‌بندی‌های ژئوشیمیایی در کنار اطلاعات زمین‌شناسی، میانبارهای سیال و دگرسانی نشان‌دهنده وجود پتانسیل خوبی برای کانی‌سازی مس-طلا پورفیری به همراه کانی‌زایی طلا و عناصر پایه به صورت رگه‌ای در این محدوده است.

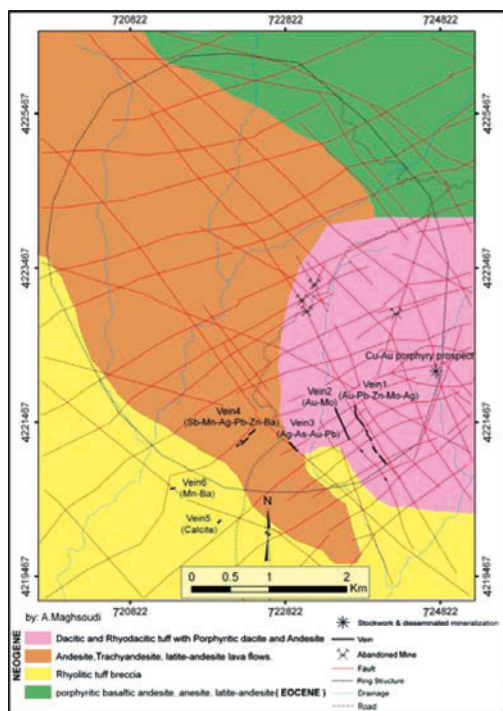


شکل ۱- منطقه‌بندی فلزی در اطراف کانی‌زایی مس پورفیری (Emmons, 1927).

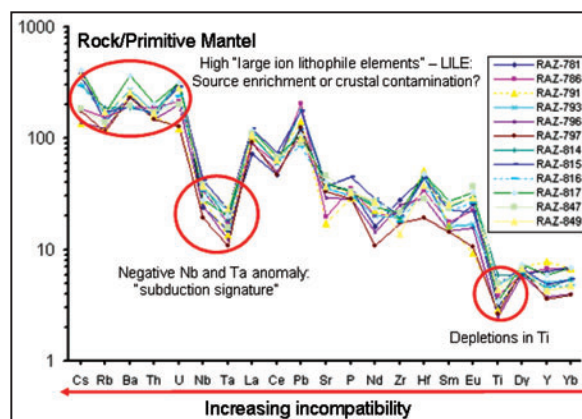
شکل ۲- منطقه‌بندی فلزی در اطراف کانسارهای پورفیری (Blevin, 2005). منطقه‌بندی جانبی (مقیاس منطقه‌ای) در اطراف توده کانی‌سازی مس (پورفیری) میرکوه‌علی‌میرزا برای مقایسه آورده شده است.



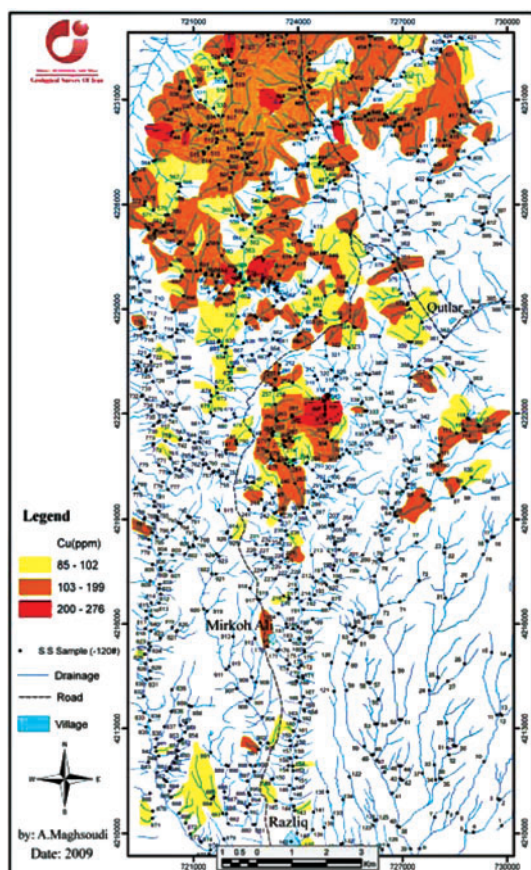
شکل ۳- راه‌های دسترسی به منطقه و موقعیت محدوده‌های مورد مطالعه.



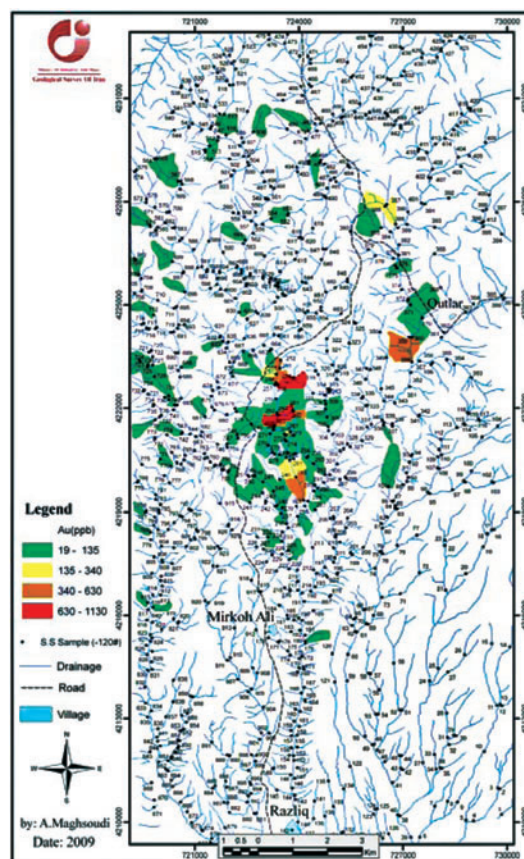
شکل ۴- نقشه زمین‌شناسی منطقه میرکوه‌علی‌میرزا و موقعیت کانی‌زایی مس (به احتمال پورفیری) و کانی‌زایی‌های اپی ترمال اطراف آن.



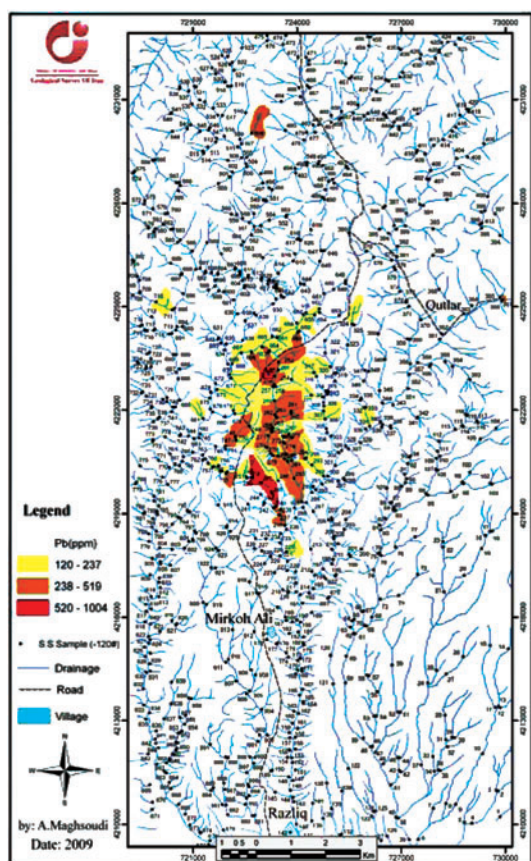
شکل ۵- نمودار عناصر کمیاب نسبت به گوشته اولیه برای ۱۲ نمونه سنگ آتشفشانی حدواسط میرکوه‌علی‌میرزا بر اساس McDonough & Sun (1995) که الگوی ماگماتیسیم کمان قاره‌ای را نشان می‌دهد.



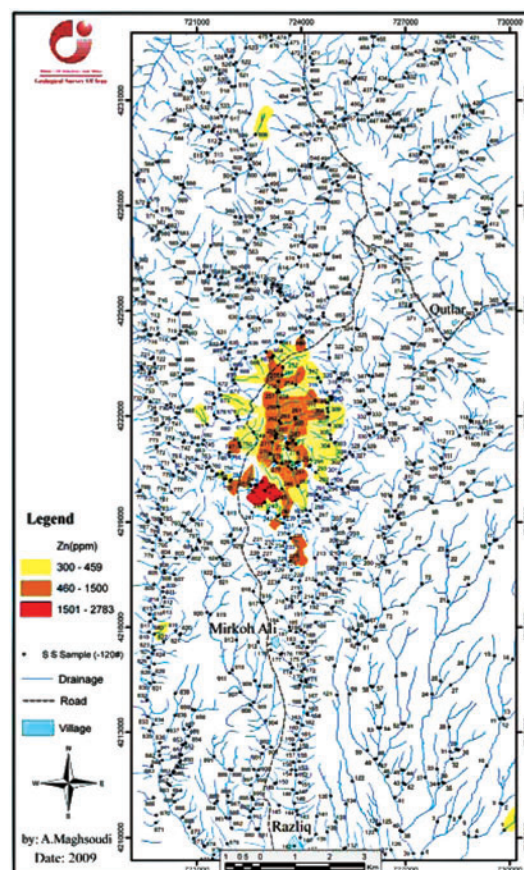
شکل ۷- پراکندگی مس در برگه‌های رازلیق و گوتلار کندی.



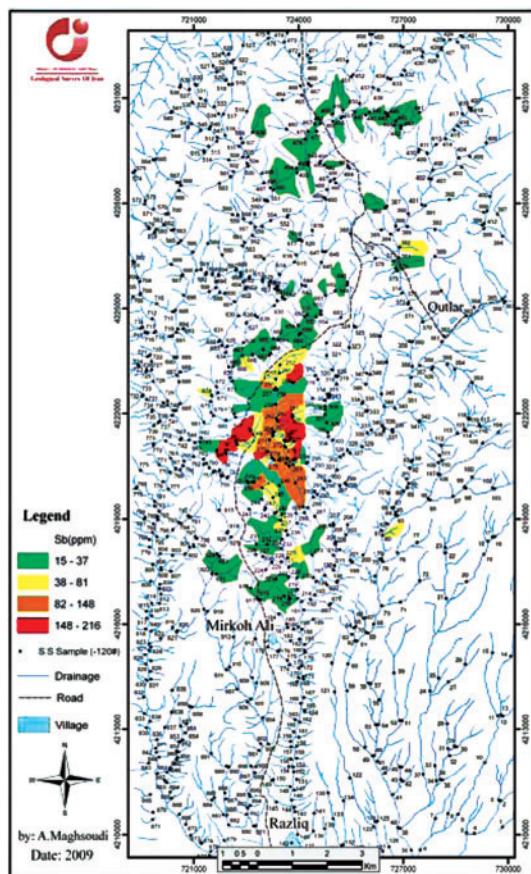
شکل ۶- پراکندگی طلا در برگه‌های رازلیق و گوتلار کندی.



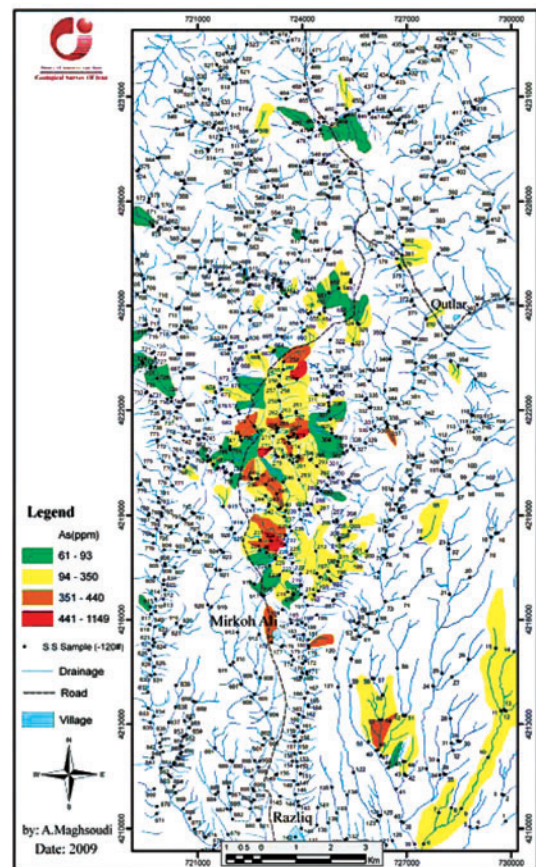
شکل ۹- پراکندگی سرب در برگه‌های رازلیق و گوتلار کندی.



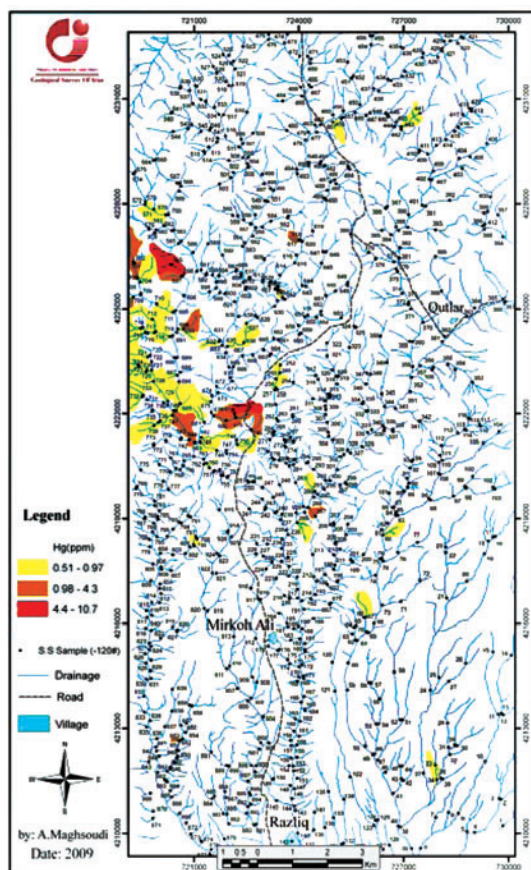
شکل ۸- پراکندگی روی در برگه‌های رازلیق و گوتلار کندی.



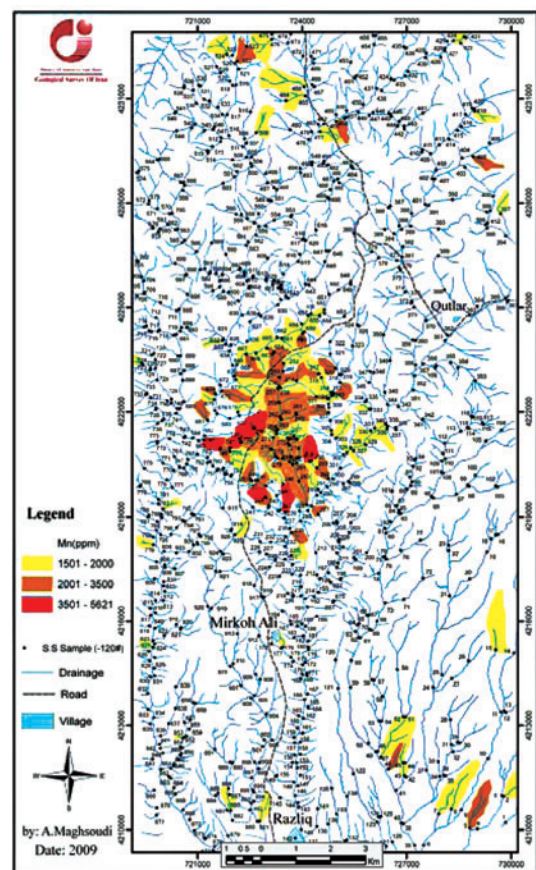
شکل ۱۱- پراکندگی آنتیموان در برکه‌های رازلیق و گونلار کندی.



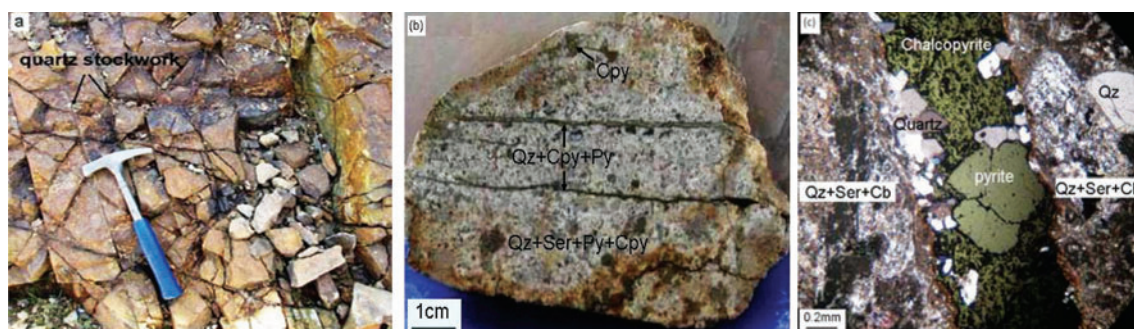
شکل ۱۰- پراکندگی آرسنیک در برکه‌های رازلیق و گونلار کندی.



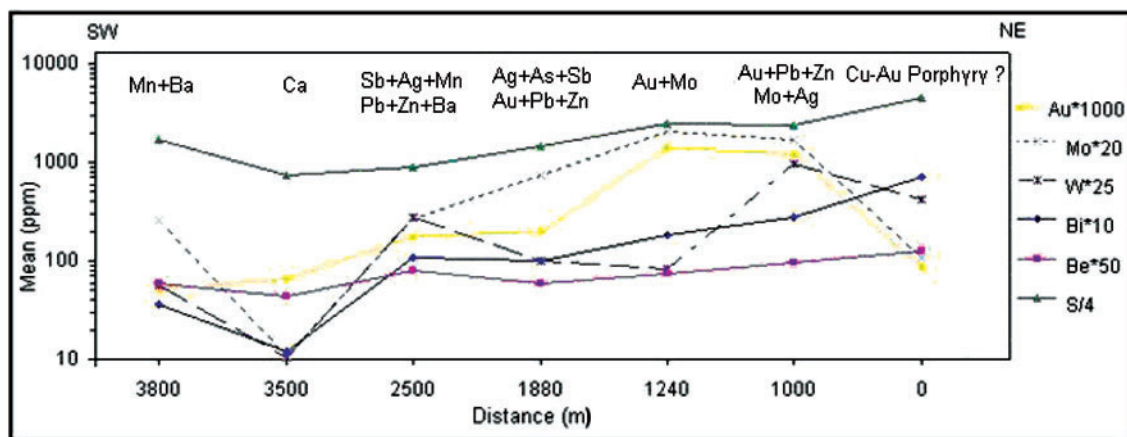
شکل ۱۳- پراکندگی جیوه در برکه‌های رازلیق و گونلار کندی



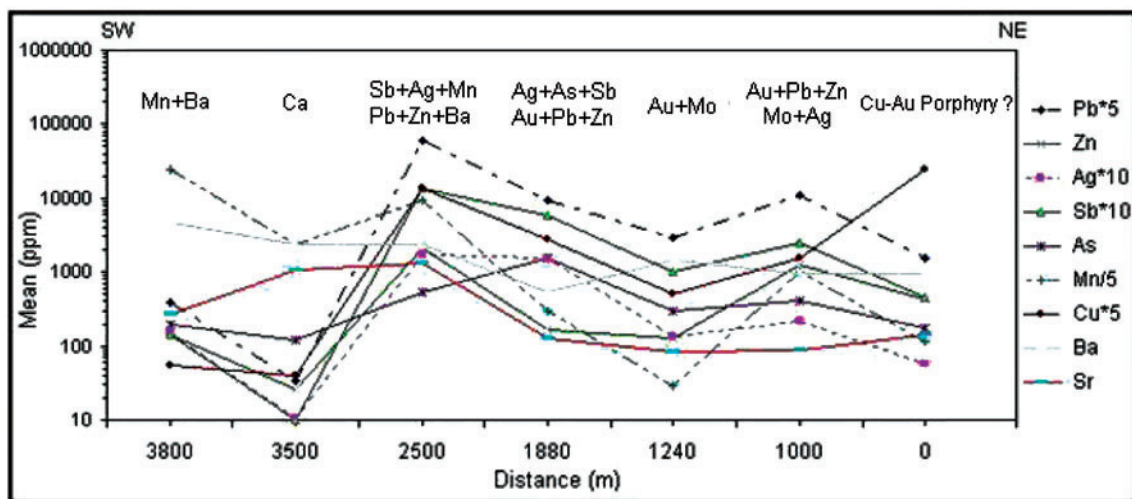
شکل ۱۲- پراکندگی منگنز در برکه‌های رازلیق و گونلار کندی.



شکل ۱۴- (a) رگه و رگچه‌های استوک‌ورکی کوارتز دارای پیریت - کالکوپیریت در زون فلیک، (b) کانی‌زایی پیریت - کالکوپیریت به صورت استوک‌ورک و پراکنده در زون فلیک، (c) تصویر میکروسکوپی از کانی‌زایی کالکوپیریت و پیریت در زون فلیک توده کانی‌زایی مس میرکوه‌علی‌میرزا.



شکل ۱۵- تغییرات مقدار میانگین عناصر طلا، تنگستن، مولیبدن، بریلیم، بیسموت و گوگرد از توده کانی‌زایی مس (به احتمال پورفیری) تا منگنز.



شکل ۱۶- تغییرات مقدار میانگین عناصر سرب، روی، نقره، آنتیموان، آرسنیک، منگنز، مس، باریم و استرانسیم از توده کانی‌زایی مس (به احتمال پورفیری) تا منگنز.

کتابخانه

امینی، ب.، ۱۳۷۳- نقشه زمین‌شناسی مشگین‌شهر در مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی کشور.
مقصودی، ع.، یونسی، س. و نعمتی، م.، ۱۳۸۲- اکتشافات ژئوشیمیایی -کانی سنگین در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ مشگین‌شهر، سازمان زمین‌شناسی کشور.

References

- Amidi, M., Lescuyer, J. L. & Riou, R., 1978- Geological Map of Ahar 1:250000 sheet. Geological Survey of Iran.
- Berger, B. R., Ayuso, R. A., Wynn, J. C. & Seal, R. R., 2008- Preliminary Model of Porphyry Copper Deposits, U.S. Geological Survey Open-File Report 2008-1321, 55p.
- Blevin, P. L., 2005- Intrusion Related Gold Deposits. www.ga.gov.au/about/corporate/ga_authors/Expl_models/PL_Blevin_IRGD.jsp
- Coop, J. A., 1973- Geochemical Prospecting for Porphyry type mineralization-a review. *J.Geochem. Expor.*, 2, 81-102.
- Emmons, W. H., 1927- Relations of metalliferous lode systems to igneous intrusives. *Trans.Amer.Inst. of Mining and Metall. Eng.*, 74: 29-70.
- Geoffroy, J. D. & Wingall, T. K., 1985- Designing Optimal Strategies for Mineral Exploration, Plenum Press, New york.
- Hawkesworth, C. J., Hergt, J. M., Mcdermott, F. & Ellam, R. M., 1991- Destructivemargine magmatism and the contribution from the mantle wedge and subduct crust: *Australian Journal of Earth Science*, v.38, p.577-594.
- Hedenquist, J. W., Arribas, A., J. R. & Reynolds, T. J., 1998- Evolution of an intrusion-centeredhydrothermal system; Far Southeast-Lepanto porphyry and epithermal Cu-Au deposits, Philippines: *Economic Geology*, v. 93, p. 373-404.
- Jerome, S. E., 1966- Some features pertinent in exploration of porphyry copper deposits. In: Titley, S. R., and Hicks, C. L., Eds., *Geology of the Porphyry Copper Deposits, Southwestern, North America*. University of Arizona Press, Tucson, AZ, pp. 75-85.
- Jones, B. K., 1992- Application of metal zoning to gold exploration in porphyry copper systems: *Journal of Geochemical Exploration*, v. 43, p. 127-155.
- Learned, R. E., 1972- Gold, a useful pathfinder element in the search for porphyry copper deposits in Puerto Rico: *Proceedings of the Fourth International Geochemical Exploration Symposium*, London, April 17-20.
- McDonough, W. F. & Sun, S., 1995- The composition of the earth: *Chemical Geology*, v. 120, p.223-253.
- Rollinson, H., 1993- Using Geochemical Data: Evaluation, Presentation, Interpretation, Longman Scientific & Technical, United Kingdom, 352p.
- Seedorff, E., Dilles, J. H., Proffett, J. M., Einaudi, M. T., Zurcher, L., Stavast, W. J. A., Johnson, D. A. & Barton, M. D., 2005- Porphyry deposits-Characteristics and origin of hypogene features: *Society of Economic Geologists, Economic Geology 100th Anniversary Volume*, p. 251-298.
- Sillitoe, R. H., 1973- The tops and bottoms of porphyry copper deposits: *Economic Geology*, v. 68, p. 799-815.
- Sillitoe, R. H., 2000- Gold-rich porphyry deposits: Descriptive and genetic models and their role in exploration and discovery, in: *Gold in 2000*, SEG Reviews in Economic Geology v.13, p.315-345.
- Sinclair, W. D., 2007- Porphyry deposits, in Goodfellow, W.D., ed., *Mineral deposits of Canada: Geological Association of Canada Special Publication 5*, p. 223-243.
- Tatsumi, Y., Koslgo, T. & Nohda, S., 1995- Formation of a third volcanic chain in Kamchatka: generation of unusual subduction-related magmas: *Contrib. Mineral. Petrol.*, v.120, p.117-128.