

معرفی سامانه واحد کانه‌زایی افشان – رگچهای و رگهای مس (سرب، روی) در محدوده معدنی چاه‌موسی – قله کفتران، بخش خاوری کمان ماگمایی ترود – چاه شیرین

نوشته: امیر امام جمعه*، ابراهیم راستاد*، فرهاد بوذری**، نعمت ا... رشیدنژاد عمران*

*دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
**پردیس علوم، دانشکده زمین شناسی، دانشگاه تهران، ایران

An Introduction to Individual Disseminated-Veinlet and Vein Mineralization System of Cu (Pb- Zn) in the Chahmoosa-Gholekaftaran Mining District, Eastern Part of Toroud-Chahshirin Magmatic Arc

By: A. Imamjomeh*, E. Rastad*, F. Bouzari** & N. Rashidnejad Omran*

*Faculty of Basic Sciences, Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

**School of Geology, College of Science, University of Tehran, Tehran, Iran

تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۳/۱۲ تاریخ دریافت: ۱۳۸۵/۱۱/۰۴

چکیده

محدوده معدنی چاه‌موسی، کلاته چاه‌موسی و قله کفتران در بخش خاوری کمان ماگمایی ترود چاه‌شیرین قرار دارد. توده‌های نیمه آتشفشانی (ساب‌ولکانیک) بیوتیت- هورنبلند آندزیت پورفیری چاه‌موسی و بیوتیت-هورنبلند داسیت پورفیری قله کفتران با ماهیت کلسیمی-قلیایی (کالک آلکالن)، معادل با گرانیت‌های تیپ I، توالی‌های آتشفشانی آذرآواری ائوسن را قطع کرده‌اند. کانه‌زایی نوع افشان رگچهای مس در معدن فعال چاه‌موسی، همراه با دگرسانی‌های فلیک و پروپلیتیک در توده نیمه آتشفشانی پورفیری رخ داده است. فرایندهای سوپرژن در این کانسار، سبب تبدیل گسترده کانی‌های هیپوزن (پیریت، کالکوپیریت و بورتیت) به کانی‌های سوپرژن (کالکوسیت، کوولیت، دیژنیت، مالاکیت و نئوتوسیت) شده است. کانه‌زایی افشان رگچهای مس، روی و سرب محدود به زون گسلی در کلاته چاه‌موسی با کانی‌شناسی پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، بورتیت، گالن، باریت (اولیه) و کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و نئوتوسیت (ثانویه)، همراه با دگرسانی فلیک و پروپلیتیک و سیلیسی در توده بیوتیت-هورنبلند آندزیت پورفیری رخ داده است. در معدن مس متروکه قله کفتران جنوبی، رگه‌های سیلیسی کالکوسیت و مالاکیت‌دار در توده بیوتیت-هورنبلند داسیت پورفیری مشاهده می‌شود. در معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی رگه‌های سرب (روی و مس)، با کانی‌شناسی گالن (اسفالریت، پیریت و کالکوسیت) و کلسیت به همراه باریت، در توده بیوتیت هورنبلند داسیت پورفیری رخ داده است. مطالعات میانبارهای سیال نشان می‌دهند که با دور شدن از کانه‌زایی افشان-رگچهای مس چاه‌موسی به سمت کانه‌زایی مس، روی و سرب کلاته‌چاه‌موسی و رگه‌های سرب و باریت قله کفتران شمالی، دمای یکنواختی کاهش منظمی را نشان می‌دهد. بر پایه مجموعه شواهد سنگ‌شناسی، ساخت و بافت و کانی‌شناسی کانسنگ‌ها، میانبارهای سیال و زمین‌شیمی، می‌توان نتیجه گرفت که کانه‌زایی در محدوده چاه‌موسی-قله کفتران مربوط به یک سامانه واحد کانه‌زایی است که در ارتباط با تکامل سیالات گرمایی کانه‌دار و آمیختگی با آب‌های جوی سرد و کم‌شور، سبب تشکیل کانه‌زایی افشان-رگچهای مس (روی، سرب) در عمق و رگه‌های مس، سرب، روی و باریت در بخش‌های نزدیک به سطح زمین و در نتیجه منطقه‌بندی عنصری و کانی‌شناسی شده است.

کلید واژه‌ها: کانه‌زایی افشان-رگچهای و رگهای مس (سرب، روی)، توده‌های نیمه آتشفشانی آندزیتی و داسیتی، کمان ماگمایی ترود-چاه‌شیرین، چاه‌موسی، قله کفتران.

Abstract

ChahMoosa, Kalate ChahMoosa and GholeKaftaran mining districts are located in the Eastern part of Toroud-ChahShirin magmatic arc. Calc-alkaline subvolcanic bodies' of ChahMoosa porphyry biotite-hornblende-andesite, GholeKaftaran porphyry biotite hornblende dacite, equivalent to I type granite, intruded Eocene volcanic-pyroclastic sequences. Disseminated-veinlet Cu mineralization in the ChahMoosa mine occurred in subvolcanic porphyry-biotite-hornblende-andesite bodies are associated with phyllic and propylitic alterations. Supergene processes caused extensive alteration of hypogene sulfide minerals such as pyrite, chalcopyrite and bornite to secondary chalcocite, covellite, digenite, malachite and neotocite supergene minerals. Disseminated-veinlet Cu, Zn, Pb mineralization at Kalate ChahMoosa which is limited to a fault zone in porphyry biotite-hornblende andesite subvolcanic body. This mineralization is accompanied by phyllic, propylitic, and silicic alterations and includes hypogene minerals such as pyrite, chalcopyrite, sphalerite, bornite, galena, barite and supergene minerals such as chalcocite, covellite, malachite and neotocite supergene minerals. In the abandoned Southern GholehKaftaran Cu mine, Cu bearing veins have occurred in porphyry biotite hornblende dacite body and contain quartz, chalcocite, and malachite. In the abandoned northern GholehKaftaran Pb mine, Pb (Zn, Cu) bearing veins occurred in porphyry biotite hornblende dacite body and they contain galena, sphalerite, pyrite, chalcocite, calcite and barite. Fluid inclusion studies show that homogenization temperature decreases gradually from ChahMoosa toward Kalate ChahMoosa to northern GholehKaftaran. Based on petrography, structures, textures, mineral paragenesis, fluid inclusion and geochemical studies, it can be concluded that mineralization at ChahMoosa-GholeKaftaran district has characteristics of an individual mineralization system. This system is related to evolution of hydrothermal fluid mineralization and their mixing with cold and low salinity meteoric water resulted in disseminated-veinlet Cu mineralization at relatively deep zones, and vein type Cu, Zn, Pb at shallow zones has led to development of elemental and mineralogical zonations.

Key words: Disseminated-veinlet and vein type Cu, Zn, Pb mineralization, Andesite and dacite subvolcanic, Toroud-ChahShirin magmatic arc, ChahMoosa - GholehKaftaran

۱- مقدمه و روش کار

دادن ارتباط مناطق کانه‌زایی با یکدیگر، شواهد وجود یک سامانه واحد کانه‌زایی گرمابی را بیان کند. تجزیه نمونه‌های معدنی و زمین‌شناسی به روش X.R.F (۱۶ نمونه) و ICP.AES & MS (۴۴ نمونه با تجزیه ۳۸ عنصری) به ترتیب در آزمایشگاه پرتو ایکس دانشگاه تربیت مدرس و آزمایشگاه شرکت ALS-CHEMX کشور کانادا (جدول ۱) انجام شده است. در تفسیر داده‌های زمین‌شیمی و عیارها از نتایج تجزیه‌های موجود در بایگانی معدن چاه موسی نیز استفاده شده است. برای نشان دادن ارتباط کانه‌زایی‌ها با یکدیگر، نقشه زمین‌شناسی-معدنی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰۰ از مناطق معدنی تهیه شده است. برای مطالعه کانی‌شناسی و میکروسکوپی کانی‌ها و کانه‌ها تعداد ۲۰ مقطع نازک، ۵ مقطع صیقلی و ۸۵ مقطع نازک-صیقلی مورد مطالعه قرار گرفته است. برای مطالعات دما و شوری سیال‌های کانه‌ساز تعداد ۵ مقطع دوبر صیقل در آزمایشگاه زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس تهیه و مطالعه شده است.

در کمان ماگمایی تروود چاه شیرین تعداد زیادی کانسار و اثر معدنی فلزهای پایه و گرانبها گزارش شده است (رشید نژاد عمران، ۱۳۷۱؛ عابدیان و دری، ۱۳۷۵؛ برنا و عشق آبادی، ۱۳۷۶؛ تاج الدین، ۱۳۷۷؛ فرد، ۱۳۸۰؛ شمعیان اصفهانی، ۱۳۸۲). در منطقه چاه موسی - قله کفتران در خاور این کمان (شکل ۱) که در ۱۲۰ کیلومتری جنوب شاهرود و ۱۰ کیلومتری شمال باختر تروود قرار دارد، از دیر باز فعالیت‌های معدنی انجام شده است. کند و کاوها عموماً در رگه‌های سیلیسی حاوی فلزهای پایه، بویژه رگه‌های مس دار، انجام شده است. محققانی که از این مناطق بازدید داشته‌اند، این کانه‌زایی را به صورت رگه‌های گرمابی سیلیسی - سولفیدی (کالکوسیت) توصیف کرده‌اند (عابدیان و دری، ۱۳۷۵؛ برنا و عشق آبادی، ۱۳۷۶ و صادقی فلکدهی، ۱۳۸۲). این مقاله می‌کوشد تا با معرفی کانه‌زایی نوع جدید افشان- رگچه‌ای در این منطقه و با استفاده از داده‌های جدید مغزه‌های حفاری و مطالعات کانی‌شناسی، سنگ‌شناسی، دگرسانی و میانبارهای سیال، ضمن نشان

۲- زمین‌شناسی

کمان ماگمایی ترو-چاه شیرین، که محدوده مورد مطالعه در آن واقع شده است، با روند شمال خاوری- جنوب باختری به صورت یک فرازمین در حاشیه شمالی کویر مرکزی قرار دارد. قدیمی‌ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه مورد مطالعه به سن ائوسن و شامل مجموعه‌ای از ماسه‌سنگ توفی، توف برش داسیتی، توف داسیتی، گدازه‌های پیروکسن آندزیت، توف آندزیتی داسیتی، برش توفی- برش گدازه و ماسه‌سنگ است که بر اساس تقسیم‌بندی هوشمندزاده و همکاران (۱۳۵۷)، برش‌های آتشفشانی زیرین (L.V.B.) نامیده شده است. این مجموعه به ترتیب توسط داسیت‌های برشی ستبر لایه میانی (M.V.B.) و مجموعه‌ای از آندزیت و تناوبی از برش توف و برش گدازه آندزیتی بالایی (U.V.B.) دنبال می‌شود (امام‌جمعه و همکاران، ۱۳۸۴ و امام‌جمعه، ۱۳۸۵؛ شکل‌های ۲ و ۳). این توده‌ها واحدهای سنگی ائوسن (برش‌های آتشفشانی زیرین و بالایی) را قطع می‌کنند و به نظر هوشمندزاده و همکاران (۱۳۵۷) سنی در حدود ائوسن پسین- الیگوسن پیشین دارند. از لحاظ ژئوشیمی (زمین شیمی) این توده‌ها کلسیمی- قلیایی هستند و با توجه به نسبت‌های Y+Nb و Y+Ta بر Rb (Pearce et al., 1985)؛ نقل از Rolinson, 1991)، در محیط زمین‌ساختی کمان‌های آتشفشانی مرتبط با فرورانش تشکیل شده‌اند (امام جمعه، ۱۳۸۵). دایک‌های گابرویی ریزبلور نیز با راستای شمال خاور جنوب باختر، واحدهای (L.V.B.) و نیمه‌آتشفشانی آندزیتی را در چاه موسی قطع می‌کنند. شکستگی‌های اصلی گستره مورد بررسی شامل دو دسته شمال خاور- جنوب باختر (گسل‌های نرمال) و شمال باختر- جنوب خاور (گسل‌های نرمال با مؤلفه‌های امتداد لغز) هستند.

۳- کانه‌زایی

معدنکاری قدیمی و فعالیت‌های معدنی در منطقه چاه موسی- قله کفتران، که تا امروز نیز ادامه دارد، عمدتاً در رگه‌های سیلیسی- سولفیدی حاوی مالاکیت، آزوریت و کالکوسیت (عابدیان و دری، ۱۳۷۵ و صادقی فلک‌دهی، ۱۳۸۲) به منظور استخراج مس و همچنین در رگه‌های سرب‌دار قله کفتران به منظور استخراج سرب (برنا و عشق‌آبادی، ۱۳۷۶) صورت گرفته است. مطالعه نمونه‌های سطحی و عمقی معدن چاه موسی و کانه‌زایی کلاته چاه موسی، برای اولین بار منجر به شناسایی کانه‌زایی نوع افشان رگچه‌ای در این بخش از توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف پورفیری کمربند ترو- چاه شیرین شده است (امام جمعه و همکاران، ۱۳۸۴) لذا در بحث کانه‌زایی تلاش می‌شود ضمن توصیف جداگانه هر یک از معادن و معرفی کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای، ارتباط زایشی بین این معادن و کانه‌زایی‌ها مورد بحث قرار گیرد. به این منظور، ویژگی‌های زایشی هر کدام از کانه‌زایی‌ها مانند سنگ میزبان،

شکل کانی‌سازی، کانی‌شناسی کانسنگ و باطله، ساخت و بافت کانسنگ، دگرسانی‌ها، داده‌های مطالعه دماسنجی (میکروترموتری) میانبارهای سیال، گسترش و عیار ماده معدنی در هر یک از معادن ارائه خواهد شد.

۳-۱- معدن مس چاه موسی

این معدن در ۱/۵ کیلومتری خاور کلاته چاه موسی، در توده بیوتیت- هورنبلند آندزیت پورفیری قرار دارد (شکل‌های ۲ و ۳). کانه‌زایی مس در این معدن، به دو صورت افشان- رگچه‌ای (شکل‌های ۴ و ۵) و رگه‌ای (شکل ۶) مشاهده می‌شود. کانه‌زایی نوع افشان- رگچه‌ای در منطقه‌ای بیضوی شکل به ابعاد ۲۵۰ متر در جهت شمالی- جنوبی و ۴۰۰ متر در جهت خاوری- باختری رخنمون دارد (شکل ۴). کانی‌شناسی این مجموعه شامل کانی‌های هیپوزن پیریت، کالکوپیریت و بورنیت است که فقط در ژرف‌ترین نمونه‌های گمانه حفاری شماره ۵، به صورت بافت باقیمانده در میان کانی‌های سوپرژن سولفیدی قابل مشاهده هستند (شکل‌های ۷ و ۸). کانی‌های ثانویه مس نیز شامل کالکوسیت، کولیت و مالاکیت هستند (شکل‌های ۵ و ۷). به دلیل تأثیر شدید فرایندهای سوپرژن بر کانه‌زایی هیپوزن، کانه‌زایی سوپرژن سولفیدی و اکسیدی گسترش وسیعی داشته و با توجه به تفاوت کانی‌شناسی پدید آمده، کانه‌زایی از سطح به عمق را می‌توان به دو زون سوپرژن اکسیدی- سولفیدی (سطح تا ژرفای حدود ۳۰ متری) و سولفیدی (حدود ۳۰ متری تا بیش از ۱۰۰ متر) تقسیم کرد (شکل‌های ۹ و ۱۰). در ۳۰ متر اول گمانه شماره ۵ (زون سوپرژن اکسیدی- سولفیدی)، مجموعه کانی‌های مالاکیت، کالکوسیت، کولیت، نئوتوسیت (CuMnFeSiO₂) و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت و گوتیت) به صورت رگچه‌ای و افشان، مشاهده می‌شوند. با افزایش ژرفا و گذر از ژرفای حدود ۳۰ متری تا انتهای گمانه شماره ۵ (ژرفای ۱۲۷ متری)، کانی‌سازی شامل کالکوسیت، مقادیر کمی دیژنیت، بورنیت و پیریت است (شکل ۱۰). این زون در بخش‌هایی، سرشار از کانی کالکوسیت است و به همین دلیل زون سوپرژن سولفیدی نامیده شده است. تجزیه شیمیایی مغزه‌ها نشانگر گسترش کانه‌زایی مس با عیارهای متغیر (۱۰۰ گرم در تن تا ۴/۵ درصد)، تا ژرفای ۱۲۷ متر است (شکل ۱۰). تغییرات عیار مس متأثر از میزان سولفید اولیه (پیریت و کالکوپیریت) بوده است. نقره با همبستگی بالا با مس، در مقادیر کمتر از ۰/۱ تا ۲۷ ppm اندازه‌گیری شده است (شکل ۱۰). وجود کانه‌های کالکوپیریت و بورنیت افشان می‌تواند گسترش زون کانی‌سازی هیپوزن در اعماق را محتمل سازد (شکل‌های ۷ و ۸). احتمال دارد ادامه این گمانه‌ها در اعماق به زون هیپوزن منتهی شود. تغییرات کانی‌شناسی و عیارها از سطح تا عمق در گمانه شماره ۵ در زون سوپرژن معدن چاه موسی در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

(شکل‌های ۱۵ تا ۲۰). تصاویر میکروسکوپی هم‌رشدی‌های مختلف بین کانه‌ها در شکل‌های ۱۵ تا ۲۰ ارائه شده است. فرایند سوپرژن در سطح، سبب تبدیل کانی‌های مس به کالکوسیت، کولیت و مالاکیت شده است.

۳-۳- معدن مس متروکه قله کفتران جنوبی

در ۳ کیلومتری خاور شمال‌خاور معدن چاه موسی و در توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت-هورنبلند داسیت پورفیری (شکل‌های ۲ و ۳)، رگه‌های سیلیسی مس‌دار با کانی‌شناسی کوارتز، کالکوسیت، کولیت، مالاکیت و کلسیت دیده می‌شود. این رگه‌ها با امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر ($50^{\circ}E - N30^{\circ}$)، با شیب نزدیک به قائم و با ستبرای متغیر چند میلی‌متر تا ۰/۸ متر دیده می‌شود. استخراج قدیمی (شدادی) در بیشتر این رگه‌ها انجام گرفته است. طول این رگه‌ها تا ۳۰۰ متر نیز می‌رسد و تغییر ستبرای رگه در طول آن، سبب شده بخش‌های ستبرتر استخراج شوند. حرکات زمین‌ساختی سبب قطع شدن رگه‌ها و جابه‌جایی این رگه‌ها شده است. تجزیه شیمیایی نمونه‌های این رگه‌ها نشان‌دهنده میزان میانگین ۲ درصد مس، و مقادیر کمتر از ۵۰ گرم در تن سرب و ۲۰۰ گرم در تن روی است. ساخت پرکننده فضای خالی و بافت قشری در این رگه‌ها قابل مشاهده است. باطله (گانگ) اصلی این رگه‌ها سیلیس و کمی کلسیت است.

۳-۴- معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی

معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی در ۴ کیلومتری شمال‌خاور معدن چاه موسی و در توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت-هورنبلند داسیت پورفیری، قرار دارد (شکل‌های ۲ و ۳). کانه‌زایی در این محدوده شامل رگه‌های گالن‌دار (معدن متروکه سرب)، رگه‌های باریت‌دار و به صورت محدود رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار است. رگه‌های کلسیتی گالن‌دار در سطح و سه تونل استخراجی معدن (تا ژرفای ۲۰ متری)، با ستبراهای ۲۰ تا ۷۰ سانتی‌متر در امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر و با شیب تقریباً قائم، قابل مشاهده هستند. مهم‌ترین کانه این رگه‌ها گالن به همراه مقادیر کمی اسفالریت، پیریت (شکل‌های ۲۱ و ۲۲) و کانه‌های ثانویه مس (کالکوسیت و مالاکیت)، در باطله کلسیتی و باریتی است. ساخت پرکننده فضای خالی در این رگه‌ها قابل مشاهده است. رگه‌های سرب‌دار فوق توسط رگه‌های باریت با ستبرای ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر و طول ۴ تا ۱۵ متر قطع شده‌اند. تجزیه نمونه‌های این رگه‌ها نشان‌دهنده مقدار میانگین ۷ درصد سرب، و مقادیر ۰/۲ تا ۰/۹ درصد مس و ۰/۲ تا ۰/۵ درصد روی است. در ۴۰۰ متری خاور معدن و در همین سنگ میزبان، رگه‌های کوچک باریت خالص به همراه باطله کلسیتی با امتداد شمال‌خاور جنوب‌باختر دیده می‌شوند. در ۱/۵ کیلومتری شمال‌باختر معدن، در

کانه‌زایی نوع رگه‌ای به صورت رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار، با امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر و شمال- جنوب، با شیب ۸۵ درجه به سمت شمال‌باختر تا قائم و با ستبرای متغیر چند میلی‌متر تا ۱ متر، در توده نیمه‌آتشفشانی چاه موسی رخ داده است (شکل ۶). این رگه‌ها شامل کوارتز، کلسیت و کانه‌های ثانویه کالکوسیت، کولیت، مالاکیت و آزوریت است. نتایج تجزیه شیمیایی نشان‌دهنده ۱/۵ تا ۳/۸ درصد مس، ۲۰ تا ۲۰۰ ppb طلا و ۷/۵ تا ۴۸/۸ ppm نقره در این رگه‌ها است (عابدیان و دری، ۱۳۷۵؛ امام‌جمعه، ۱۳۸۵). ساخت باقلایی در بیشتر آنها دیده می‌شود. نتایج حفاری‌ها نشان می‌دهند که این رگه‌ها در عمق ادامه نمی‌یابند. رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار با ویژگی‌های کانی‌شناختی یکسان با منطقه چاه موسی، در قله کفتران جنوبی و شمالی و شمال‌باختر چاه موسی (همراه با بقایای کالکوپیریت) نیز دیده می‌شوند.

۳-۲- معدن مس کلاته چاه موسی

این کانه‌زایی در ۲۰۰ متری خاور کلاته چاه موسی و حدود ۱/۵ کیلومتری خاور معدن چاه موسی قرار گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳). کانه‌زایی در پهنه‌ای با طول حدود ۸۰ متر و عرض میانگین ۸ متر با روند $N40^{\circ}E/80^{\circ}NW$ ، در سنگ میزبان بیوتیت-هورنبلند آندزیت پورفیری، رخ‌نمون دارد. در شکل ۱۱ نقشه شماتیک انواع کانه‌زایی‌های موجود در این بخش نشان داده شده است. این کانه‌زایی‌ها در امتداد گسلی با روند و شیب $N40^{\circ}E/80^{\circ}NW$ محدود می‌شوند. کانه‌زایی در اعماق به شکل افشان و در سطح به فرم افشان، رگچه و استوک‌ورک (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) است. برش‌های گرمایی، بازمینه هماتیت (اسپیکولاریت) و کوپریت با وسعتی حدود ۱۰ در ۵ متر، این مجموعه را همراهی می‌کند (شکل ۱۴). چرخش قطعات زاویه‌دار تا گرد شده نشان‌دهنده گرمایی بودن این برش است (Jebrak, 1997; Sillitoe, 1985). این برش در بالای بخش استوک‌ورک سیلیسی مس‌دار (کالکوسیت و مالاکیت) مشاهده می‌شود (شکل ۱۳). رگچه‌های این بخش شامل کالکوسیت، بورنیت، گالن، اسفالریت و کالکوپیریت (کمیاب)، همراه با باطله کوارتز و کلسیت (سفید و سیاه) هستند. رگچه‌های نسبتاً طویل باریت، این مجموعه را قطع کرده‌اند (شکل ۱۱). میانگین مقدار مس، روی و سرب نمونه‌های این معدن به ترتیب ۷، ۱/۴ و ۱/۶ درصد است (امام‌جمعه، ۱۳۸۵). در نمونه‌های سطحی این بخش، مقادیر بی‌هنجاری از طلا و نقره به صورت ۰/۱ تا ۴/۰۹ گرم در تن طلا از استوک‌ورک سیلیسی ۱۲ تا ۸۰۰ گرم در تن نقره از رگه‌های سرشار از کالکوسیت گزارش شده است (عابدیان، ۱۳۷۵ و امام‌جمعه، ۱۳۸۵). در مغزه‌های حفاری این بخش، کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، بورنیت، گالن، دیژنیت و اسپیکولاریت به صورت افشان و رگچه‌ای مشاهده می‌شود

منجر به شناسایی انواع میانبارهای اولیه و ثانویه شده است. مطالعات میکروترومتری بر روی میانبارهای اولیه و دو فازی (V+L) از انواع کانه‌زایی‌ها، در آزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس و با میکروسکوپ ویژه از نوع HFS-91 Linkam و کنترل دمایی Ms-92 انجام شد. مطالعه میانبارهای سیال اولیه دو فازی (V+L) موجود در کوارتزهای ثانویه زون دگرسانی فیلیک کانه‌دار معدن مس چاه موسی با ابعاد ۵ تا ۸ میکرون (نمونه‌ای از باقی‌مانده‌های زون هیپوژن در محلی که با کانه‌زایی افشان بورنیت و پیریت اولیه و کالکوسیت ثانویه همراه است) دمای یکنواختی ۳۹۶ تا ۴۲۸ درجه سانتی‌گراد (شکل ۲۴)، درجه شوری ۵ تا ۱۲/۵ درصد معادل نمک طعام و دامنه ژرفای تشکیل ۲۲۵۰-۶۰۰ متر را نشان می‌دهد. مطالعه میانبارهای سیال اولیه دو فازی (V+L) موجود در رگچه کوارتزی حاوی اسفالریت-کالکوپیریت-گالن-بورنیت مربوط به کانه‌زایی کلاته‌چاه موسی (نمونه‌ای از ژرفای ۱۵۵ متری گمانه حفاری شماره ۱) نشان‌دهنده دمای یکنواختی ۳۵۰ تا ۳۶۵ درجه سانتی‌گراد (شکل ۲۴)، درجه شوری ۳/۴ تا ۱۳/۹ درصد معادل نمک طعام و ژرفای تخمینی ۱۶۲۰ تا ۴۳۷ متر است. مطالعه میانبارهای سیال اولیه دو فازی (V+L) موجود در رگه سیلیسی کالکوسیت‌دار چاه موسی (ترانشه اول میراحمد، شکل‌های ۴ و ۶) نشان‌دهنده دمای یکنواختی ۲۴۵ تا ۳۹۵ درجه سانتی‌گراد (شکل ۲۴)، درجه شوری ۷/۹ تا ۱۱/۷ درصد معادل نمک طعام و دامنه ژرفای تشکیل ۲۸۸ تا ۱۰۶۵ متر است. با توجه به ویژگی‌های کانی‌شناختی و دگرسانی یکسان در همه رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار، این دامنه دما، درجه شوری و ژرفا، قابل تعمیم به تمامی این رگه‌ها در منطقه است. مطالعه میانبارهای سیال اولیه دو فازی (V+L) موجود در کلسیت هم‌رشد با گالن، در رگه کلسیتی گالن‌دار قله کفتران شمالی، نشان‌دهنده دمای یکنواختی ۱۲۳ تا ۱۸۰ درجه سانتی‌گراد (شکل ۲۴)، درجه شوری ۶/۴۵ تا ۷/۹ درصد معادل نمک طعام و دامنه ژرفای تشکیل کمتر از ۲۰۰ متر است. این میانبارها کمترین T.E را در بین کل سیال‌ها مطالعه شده از کانه‌زایی‌های منطقه دارند، که می‌تواند به دلیل افزایش میزان CO₂ در سیال‌های کانه‌ساز باشد.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفته در مناطق معدنی چاه موسی، کلاته چاه موسی، قله کفتران شمالی و جنوبی، ارتباط زایشی کانه‌زایی‌های مس، روی، سرب و باریت را با توده‌های نفوذی نیمه‌آتشفشانی ائوسن-الیگوسن آشکار کرد. با توجه به نمونه‌برداری‌های انجام گرفته از رخنمون‌ها و گمانه‌های حفاری در چاه موسی و کلاته چاه موسی و نمونه‌های سطحی از قله کفتران شمالی و جنوبی، و بررسی شکل کانی‌سازی، ترکیب کانه‌های اولیه و ثانویه و نوع دگرسانی‌ها، می‌توان ویژگی‌های این کانه‌زایی‌ها را مطابق جدول ۲ خلاصه و ارائه کرد. شواهد و اطلاعات موجود از لحاظ ساخت و بافت و زمین‌شیمی عناصر، حاکی

همین سنگ میزبان، رگه سیلیسی-مس دار (کالکوسیت-مالاکیت-کلسیت و هیدروکسیدهای آهن) با امتداد شمال خاور-جنوب باختر مشاهده می‌شود. توالی پاراژنتیکی عمومی انواع کانه‌زایی‌های بحث شده در بالا، در شکل ۲۳ ارائه شده است.

۴- دگرسانی

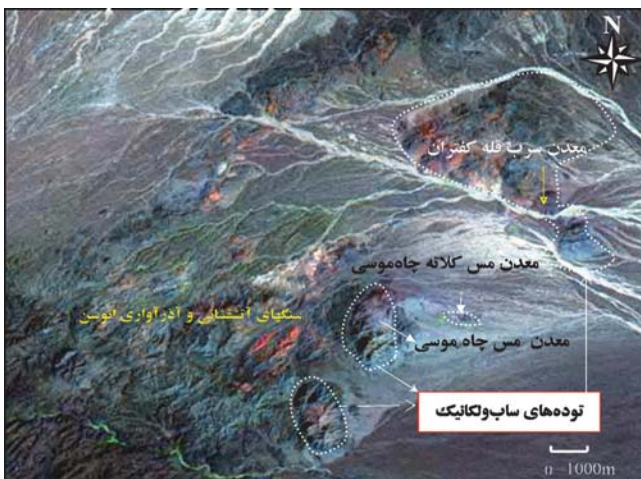
دگرسانی‌های همراه با کانه‌زایی افشان و رگچه‌ای مس، شامل دگرسانی فیلیک (سریسیت-کوارتز-پیریت) و پروپیلیتیک (کلریت-کلسیت و اپیدوت-کلریت-کلسیت) است که به صورت فراگیر در سطح و نمونه‌های عمقی گمانه‌های حفاری در توده بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری مشاهده می‌شود (شکل ۹). سریسیتی شدن پلاژیوکلاز، تشکیل کوارتز ثانویه با بافت مضرسی و پیریت، در متن سنگ نشان‌دهنده دگرسانی فیلیک در محدوده معدن چاه موسی است. وسعت این دگرسانی در محل معدن فعال مس چاه موسی، در حدود ۷۰۰×۲۰۰ متر است. با استفاده از نتایج مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های پراش پرتو ایکس، مجموعه کانی‌های کلریت-کلسیت و اپیدوت-کلریت-کلسیت در نمونه‌های مطالعه شده از محدوده معدن چاه موسی و گمانه‌های حفاری شماره ۵ و ۳ مشخص شده است (شکل ۹). بر اساس Bean (1982) این مجموعه کانی‌ها، نشان‌دهنده دگرسانی پروپیلیتیک است که با فراوانی کانی‌های کلسیم و منیزیم‌دار مشخص می‌شود. در حاشیه رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار، در چاه موسی و قله کفتران جنوبی، دگرسانی سریسیتی مشاهده می‌شود. دگرسانی در محدوده کانه‌زایی کلاته چاه موسی، شامل کوارتز-سریسیت و کلریتی-کلسیتی در سطح و فیلیک (کوارتز-سریسیت-پیریت)، کلریتی-کلسیتی و سیلیسی در عمق است. به دلیل کمبود داده‌های عمقی و پوشش آبرفت سبتر در این محل پهنه‌بندی دگرسانی امکان پذیر نگردید. دگرسانی‌های مشاهده شده در رخنمون‌های معدن قله کفتران شمالی و بخش شمالی آن، شامل دگرسانی‌های کلریتی-کلسیتی ضعیف (پروپیلیتیک) و رسی شدن است. رسی شدن در امتداد خطواره‌های تقریباً خاوری-باختری، در شمال باختر چاه موسی گسترش یافته است (شکل ۲). نتایج پراش پرتو ایکس، مجموعه کانی‌های کائولینیت، ناکریت، دیکیت، ایلیت و سیلیس را نشان می‌دهد. بخشی از کانی‌های رسی می‌توانند در اثر هوازدگی پیریت و تأثیر اسید سولفوریک حاصل بر روی سنگ‌های منطقه ایجاد شده باشند (رسی شدن سوپرژن)، ولی وجود ناکریت و دیکیت دلیلی بر هیپوژن بودن بخشی از این مجموعه است (Montoya & Hemley, 1975) به عبارت دیگر دیکیت کانی رسی پایدار از خانواده کائولن، در ژرفا و دمای بالاست (Ehrenberg et al., 1993).

۵- مطالعه میانبارهای سیال

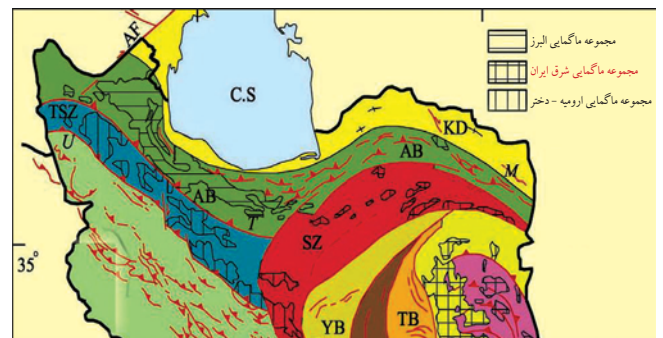
برای مطالعه میانبارهای سیال ۵ مقطع دوبر صیقلی تهیه و مطالعه میکروسکوپی آنها،

است. کمترین دمای تشکیل (دمای یکنواختی) از این محل به سمت کانه‌زایی افشان- رگچهای و استوک‌ورک کلاته چاه‌موسی و سپس رگهای سیلیسی کالکوسیت‌دار چاه‌موسی و قله کفتران جنوبی و در نهایت رگهای سرب و باریت دار قله کفتران شمالی کاهش مشخصی را نشان می‌دهد (شکل ۲۴). این کاهش به دلیل صعود سیال‌ها و آمیختگی احتمالی با آب‌های سرد جوی است (Kodera et al., 2004). این همخوانی بین تغییرات عنصری، کانی‌شناسی، دگرسانی، دما و ژرفای تشکیل می‌تواند در اثر وجود یک سامانه کانه‌زایی واحد در منطقه باشد. به طوری که، با دورتر شدن از مرکز این سامانه، در معدن مس چاه‌موسی ضمن کاهش دما و احتمالاً ژرفای تشکیل، از شدت دگرسانی کاسته شده است. منطقه‌بندی عنصری نیز از این روند پیروی کرده است و از مس در معدن چاه‌موسی تا مس، روی، سرب و باریت در کلاته‌چاه‌موسی و رگهای سرب و باریت‌دار در قله کفتران تغییر می‌کند. این سامانه در شکل کانه‌زایی نیز تأثیر گذاشته است به طوری که در معدن چاه‌موسی، کانه‌زایی به شکل افشان- رگچهای است و با فاصله گرفتن از این معدن به سوی کلاته چاه‌موسی به صورت افشان- رگچهای و استوک‌ورک محدود به زون گسلی بوده و در قله کفتران به شکل رگهای است. از مجموعه این شواهد و دلایل می‌توان نتیجه گرفت که مجموع کانه‌زایی‌های منطقه چاه‌موسی - قله کفتران مربوط به یک سامانه واحد کانه‌زایی گرمابی است. در شکل ۲۵ به‌طور شماتیک تکامل این سامانه کانه‌زایی گرمابی نشان داده شده است.

از آن است که کانه‌زایی در معدن مس چاه‌موسی از نوع مس افشان رگچهای، کانه‌زایی در معدن مس کلاته چاه‌موسی به صورت مس، روی، سرب و باریت رگچهای افشان- استوک‌ورک محدود به زون گسلی، کانه‌زایی در چاه‌موسی و قله کفتران جنوبی از نوع مس رگهای و کانه‌زایی در معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی از نوع سرب و باریت رگهای است. تغییرات عنصری از مس \pm نقره در معدن مس چاه‌موسی تا مس + روی + سرب \pm باریت \pm نقره \pm طلا در کانه‌زایی کلاته چاه‌موسی، مس \pm نقره \pm طلا در رگهای سیلیسی کالکوسیت‌دار چاه‌موسی و قله کفتران جنوبی، سرب \pm مس \pm روی در معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی و باریت در قله کفتران شمالی شبیه به یک منطقه‌بندی عنصری است (شکل ۲۵). انتظار بر این است که پهنه‌بندی دگرسانی، تأییدکننده این منطقه‌بندی باشد، ولی به دلیل کمبود اطلاعات عمقی در منطقه و پوشش ستبر آبرفت بین کانه‌زایی‌ها، تفکیک دقیق و پهنه‌بندی دگرسانی‌ها میسر نشد، اما با توجه به اطلاعات فعلی و وجود دگرسانی فیلیک، کلریتی-کلسیتی و اپیدوتی-کلریتی-کلسیتی، در معدن چاه‌موسی، دگرسانی‌های فیلیک، کلریتی-کلسیتی و سیلیسی در منطقه کلاته چاه‌موسی و دگرسانی پروپیلیتی در قله کفتران شمالی و جنوبی می‌توان بیان کرد، که از معدن چاه‌موسی به سوی قله کفتران، نوع دگرسانی‌ها تغییر می‌کند و از شدت دگرسانی‌ها کاسته می‌شود. مطالعات میانبارهای سیال نیز تأییدکننده این منطقه‌بندی است، زیرا کانه‌زایی مس افشان- رگچهای در معدن مس چاه‌موسی، در دما و ژرفای بیشتر تشکیل شده



شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای لندست از منطقه مورد مطالعه و موقعیت معادن مس چاه‌موسی، کلاته چاه‌موسی و سرب قله کفتران همراه با توده‌های نیمه‌آتشفشانی (محدوده‌های خط چین) و مجموعه آتشفشانی-آذرآواری انوسن



شکل ۱- موقعیت کمان ماگمایی ترود- چاه‌شیرین (محدوده سفید رنگ) در نقشه زون‌های ساختاری ایران (بر اساس Alavi, 1991) منطقه مورد مطالعه در خاور کمان ماگمایی ترود- چاه‌شیرین و در زون سبزوار (S.Z.) قرار دارد. علائم اختصاری: AB: البرز، KD: کپه داغ، M: مشهد، S: شاه‌رود، SZ: زون سبزوار، T: تهران، TB: بلوک طبس، TSZ: زون تبریز- ساوه، U: ارومیه، YB: بلوک یزد، ZO: کوهزایی زاگرس



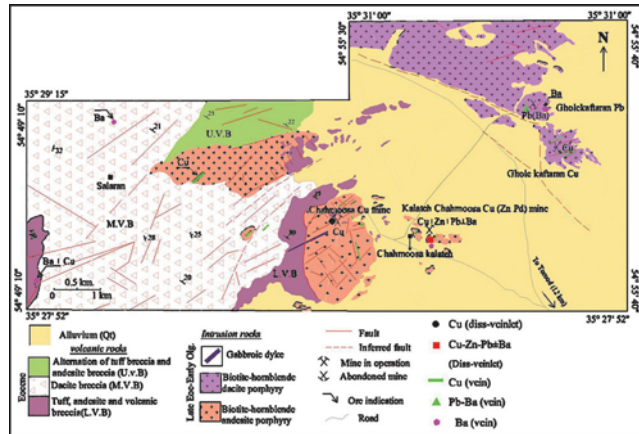
جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های مغزه‌های حفاری گمانه‌های شماره ۵ (۱ تا ۶۸۵) و ۳ (D3-1 تا D3-9) به روش ICPAES-MS در آزمایشگاه شرکت ALSOCHEMEX کانادا، تمام نتایج به گرم در تن است.

Table with 30 columns (Sample, Ag, Ba, Ce, Co, Cr, Cs, Cu, Dy, Er, Eu, Ga, Gd, Hf, Ho, La, Lu, Mo, Nb, Nd, Ni, Pb, Pr, Rb, Sm, Sn, Sr, Ta, Tb, Th, Ti, Tm, U, V, W, Y, Yb, Zn, Zr) and multiple rows of data.

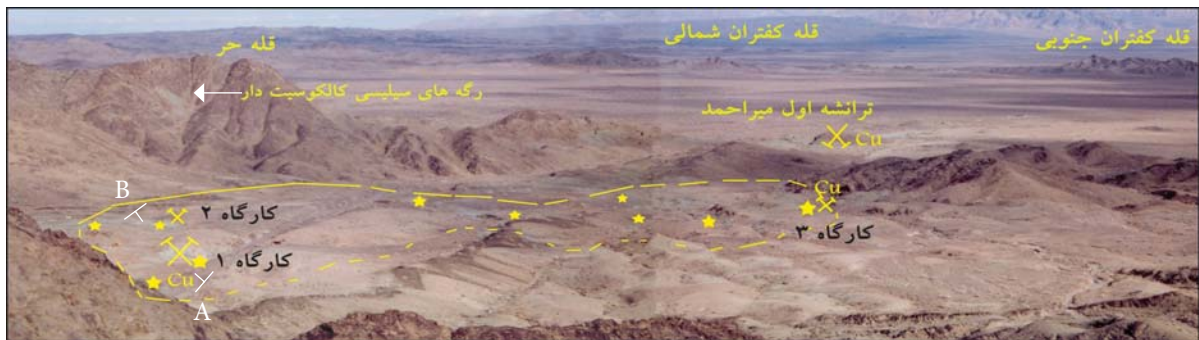
جدول ۲- مقایسه ویژگی‌های زمین‌شناختی، کانه‌زایی، کانی‌شناختی و میانبرهای سیال کانسار چاه موسی با کانه‌زایی‌های کلاته چاه موسی و قله کفتران شمالی.

Table with 4 columns: مشخصات کانسار, کانسار چاه موسی, کانه‌زایی کلاته چاه موسی, رگه‌های سیلیسی کالکوسیت دار در چاه کانه‌زایی قله کفتران شمالی. Rows include details on mineral types, grades, and chemical compositions.

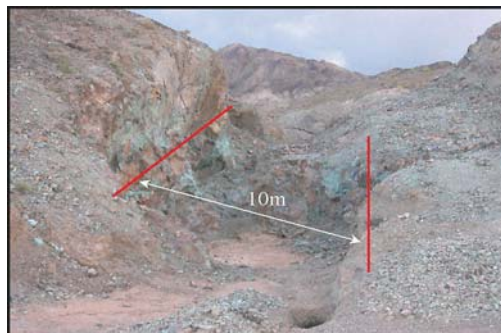
B.H.A.P: ساب ولکانیک بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری؛ H.D.P.B: ساب ولکانیک بیوتیت هورنبلند داسیت پورفیری؛ Py: پیریت؛ Cpy: کالکوپیریت؛ Sph: اسفالریت؛ Gn: گالن؛ Bn: بورنیت؛ Dj: دیژنیت؛ cc: کالکوسیت؛ Cv: کوولیت؛ Mal: مالاکیت؛ Azu: آزوریت؛ Nt: نئوتوسیت؛*: کمبود داده



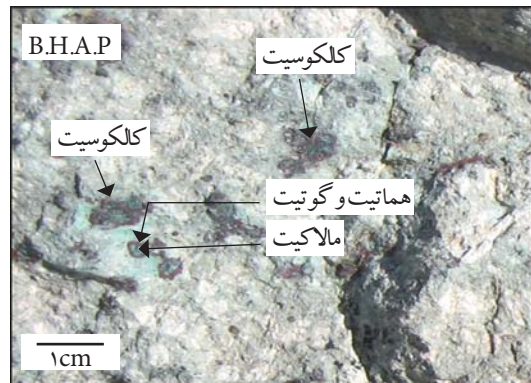
شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی و پراکنندگی معادن و نشانه‌های معدنی منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، از مرکز به شمال‌خاور شامل معدن مس چاه‌موسی، معدن مس (روی، سرب و باریم) کلاته چاه‌موسی، معدن متروکه مس قله کفتران جنوبی، معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی (امام جمعه، ۱۳۸۴)



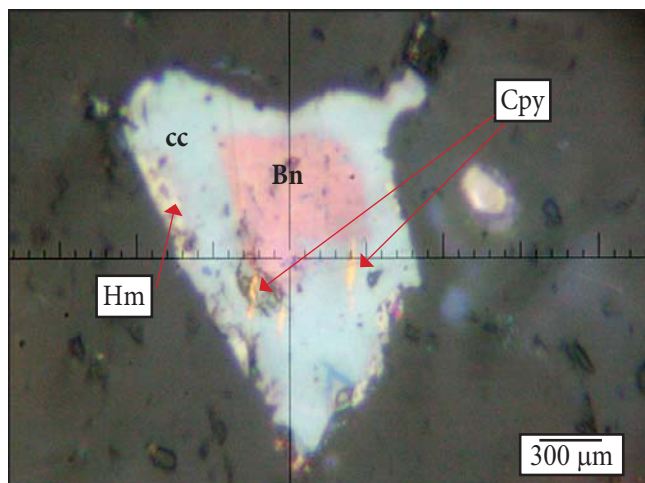
شکل ۴- نمایی از معدن مس چاه‌موسی (محدوده کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای مس، محدوده خط‌چین) و موقعیت رگه‌های سیلیسی کالکوسیت دار ترانشه اول میراحمد و قله حر در سنگ میزبان توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت هورنبلند آندزیت پورفیری، دید به سوی شمال‌خاور، محل کارگاه‌های استخراجی ☆: محل‌های وجود رخنمون کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای مس؛ A-B- محل مقطع زمین‌شناسی در شکل ۹ است. فاصله هوایی کارگاه ۲ تا کارگاه ۳ حدود ۳۵۰ متر است.



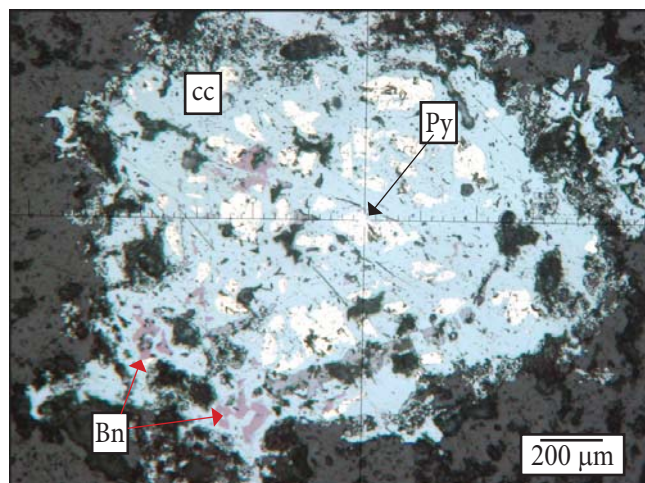
شکل ۶- نمایی از رگه‌های سیلیسی کالکوسیت دار در ترانشه اول میراحمد در ۵۰۰ متری خاور کارگاه ۳ معدن فعال مس چاه‌موسی، آغشتگی‌های مالاکیت و آزوریت در عرض رگه دیده می‌شود. دید به سمت شمال باختر



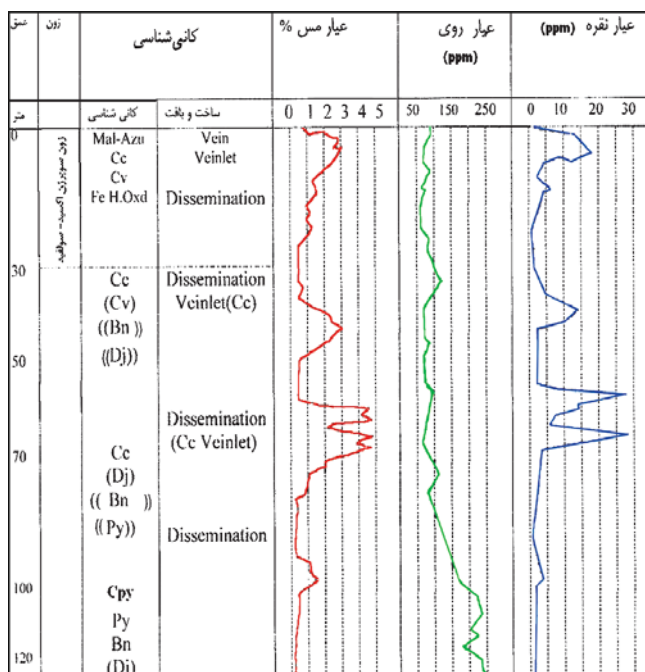
شکل ۵- کانه‌زایی افشان کالکوسیت (همراه با مالاکیت و اکسیدهای آهن) در توده بیوتیت- هورنبلند آندزیت پورفیری (B.H.A.P.)، در معدن مس چاه‌موسی.



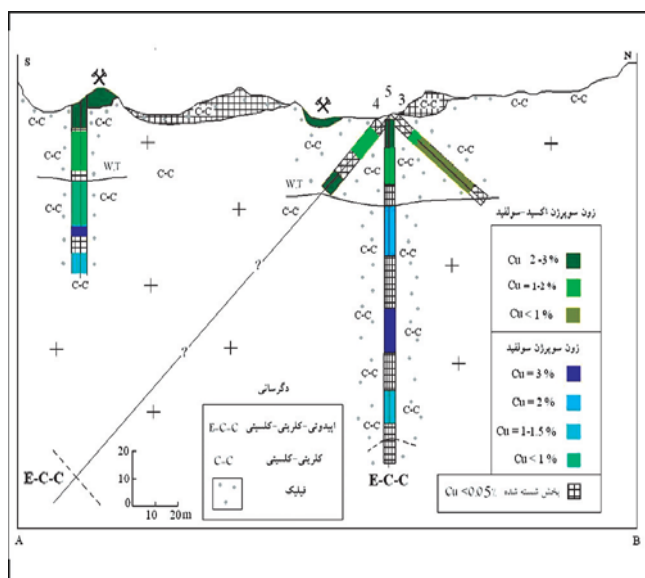
شکل ۸- بافت افشان که در آن باقیمانده‌های کالکوپیریت (Cpy) در کنار بورنیت (Bn) و کالکوسیت (cc) سوپرژن و هماتیت ثانویه (Hm) دیده می‌شود، نمونه‌ای از باقیمانده زون هیپوزن در ژرفای ۱۱۰ متری گمانه حفاری شماره ۵، معدن مس چاه‌موسی، نور بازتابی، روغن، PPL 500X.



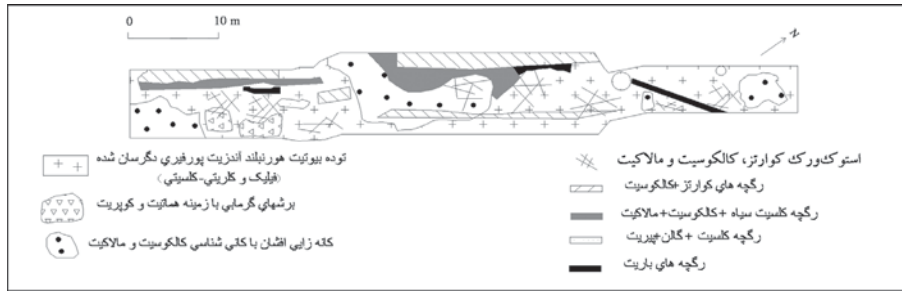
شکل ۷- بافت دانه پراکنده با باقیمانده‌های پیریت هیپوزن (py) و بورنیت هیپوزن (Bn) در زمینه‌ای از کالکوسیت سوپرژن (cc)، نمونه‌ای از ژرفای ۱۰۰ متری گمانه حفاری شماره ۵، زون سوپرژن سولفیدی در معدن مس چاه‌موسی، نور بازتابی، روغن، PPL 200X.



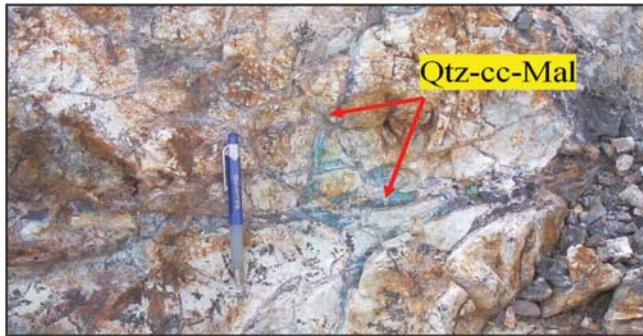
شکل ۱۰- تغییرات کانی‌شناسی، بافت و عیار مس، روی و نقره در سه زون سوپرژن اکسید-سولفید، سولفید، باقیمانده زون هیپوزن، از سطح به ژرفا در گمانه حفاری شماره ۵ در معدن مس چاه‌موسی Py=پیریت، Cpy=کالکوپیریت، Bn=بورنیت، Dj=دیژنیت، Cc=کالکوسیت، Cv=کولیت، Mal=مالاکیت، Azu=آزوریت



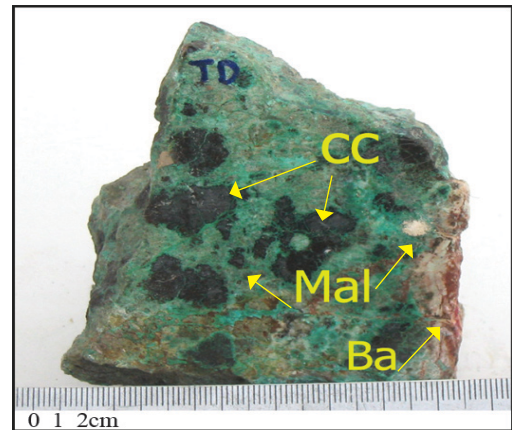
شکل ۹- مقطع زمین‌شناسی - معدنی (شمالی - جنوبی) از معدن مس چاه‌موسی و تغییرات دگرسانی و عیار کانه‌زایی مس در زون سوپرژن اکسید-سولفید و سوپرژن سولفید در گمانه‌های حفاری، محل مقطع A-B و موقعیت کارگاه‌های استخراجی ۱ و ۲ و گمانه‌های حفاری نسبت به کارگاه‌های استخراجی در شکل ۴ مشخص است. (دگرسانی کلریتی - کلسیتی و فلیک از سطح تا عمق گسترش دارند ولی دگرسانی اپیدوتی - کلریتی - کلسیتی فقط در ژرفای بیش از ۱۰۰ متر مشاهده می‌شوند.



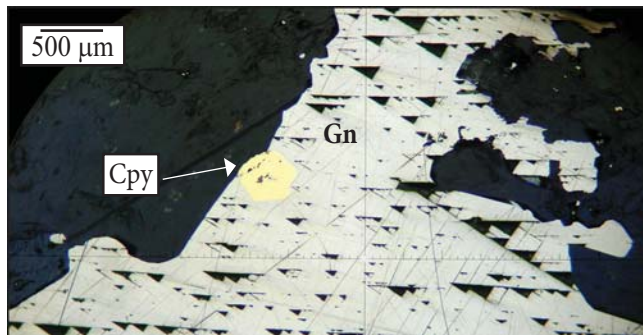
شکل ۱۱ - نقشه شماتیک از انواع کانه‌زایی افشان-رگچه‌ای، برش گرمایی، استوک ورک و رگه‌ای در ترانشه خاور کلاته چاه موسی. در این ترانشه کالکوسیت با بافت استوک ورک (در کنار کوارتز و مالاکیت) همراه با رگچه‌های سیلیسی مس دار، رگچه‌های کلسیتی مس دار، رگچه‌های باریت، رگچه‌های کلسیت گالن دار و همچنین کانه‌های افشان مس (کالکوسیت-مالاکیت) و برش گرمایی با زمینه هماتیت (اسپیکولاریت) و کوپریت با هم مشاهده می‌شوند. شکل فضایی کانه‌زایی در ترانشه، از امتداد و شکل گسل پیروی می‌کند. تصویر انواع کانه‌زایی‌ها در مقیاس نمونه دستی و میکروسکوپ در شکل ۱۲ تا ۲۰ نشان داده شده است.



شکل ۱۳ - بافت استوک ورک از کوارتز (Qtz)، کالکوسیت (cc)، و مالاکیت (Mal)، در توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت-هورنبلند آندزیت پورفیری. دگرسانی فیلیک و کلریتی-کلسیتی سنگ میزبان را تحت تأثیر قرار داده است، (تصویر از کمر پایین ترانشه کلاته چاه موسی).



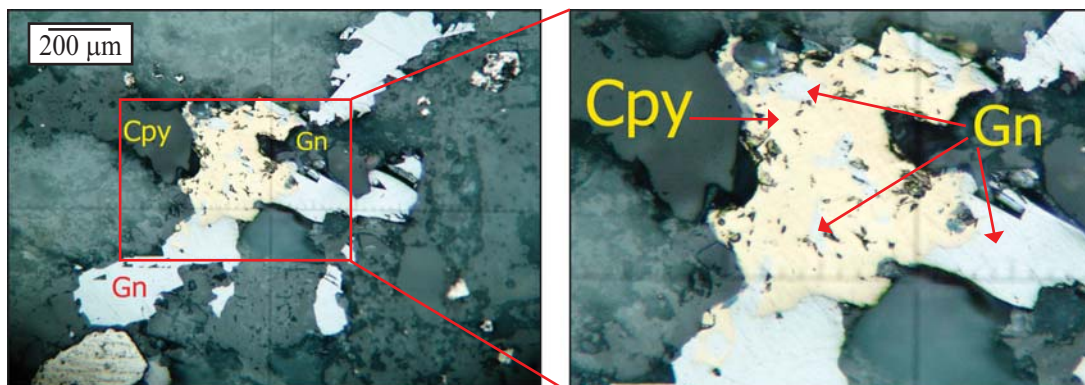
شکل ۱۲ - کالکوسیت افشان (cc) همراه با مالاکیت (Mal) و باریت (Bar) در ترانشه کلاته چاه موسی.



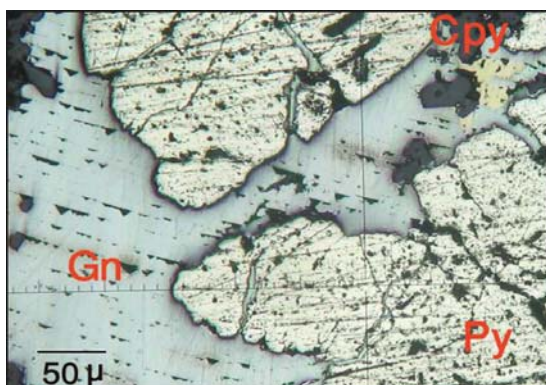
شکل ۱۵ - کالکوپریت (Cpy) خودشکل به صورت فاز قدیمی تر در بلور تأخیری گالن (Gn) مشاهده می‌شود. ژرفای ۱۲۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 200X.



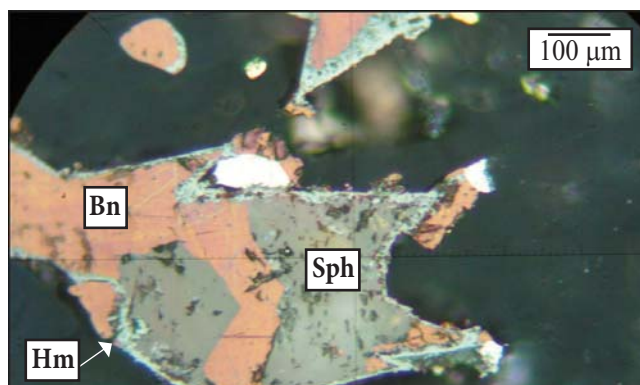
شکل ۱۴ - نمایی نزدیک از برش گرمایی در کلاته چاه موسی، زمینه تیره رنگ برش از هماتیت (اسپیکولاریت)، کلینوکلر و کوپریت تشکیل شده است.



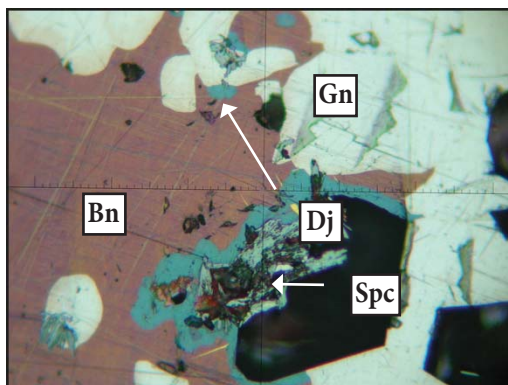
شکل ۱۶- هم‌رشدی کالکوپیریت (Cpy) و گالن (Gn)، کادر تصویر چپ در سمت راست بزرگ شده است. ژرفای ۱۱۸ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 300X.



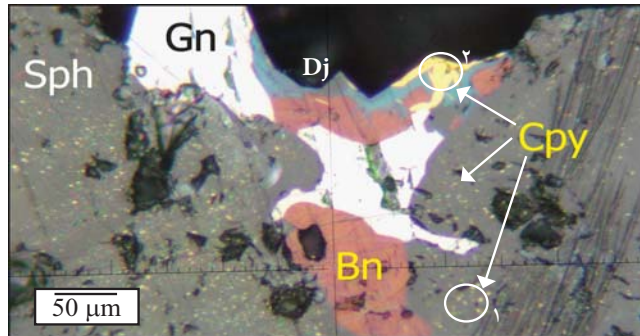
شکل ۱۸- بلور گالن (Gn) و کالکوپیریت (Cpy) (هم‌رشد) فاز قدیمی‌تر پیریت (Py) را قطع کرده‌اند. ژرفای ۸۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 300X.



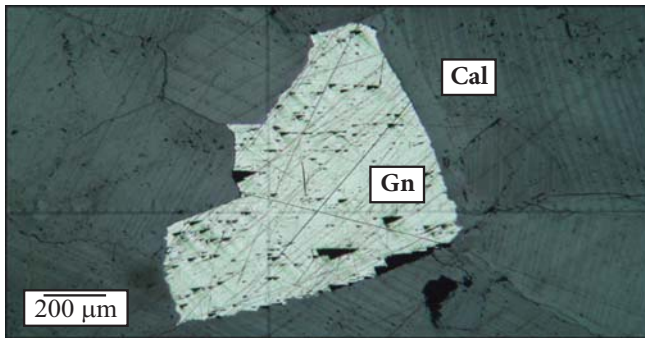
شکل ۱۷- فاز بورنیت (Bn) بلور اسفالریت (Sph) را قطع نموده است. هماتیت‌های ثانویه (Hm) در اطراف بورنیت و اسفالریت مشاهده می‌شود. ژرفای ۱۵۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 200X.



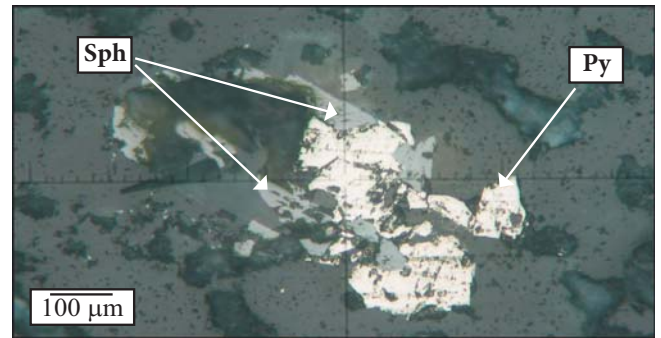
شکل ۱۹- هم‌رشدی بورنیت (Bn) و گالن (Gn) در رگچه سیلیسی کانه‌دار، حاشیه‌ای از دیژنیت (Dj) به رنگ آبی و اسپیکولاریت (Spc) به رنگ خاکستری نیز مشاهده می‌شود. ژرفای ۱۵۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 200X.



شکل ۲۰- هم‌رشدی کالکوپیریت نسل ۱ (Cpy) و اسفالریت (Sph) به صورت محلول جامد امولسیون. بورنیت (Bn) و گالن (Gn) و در نهایت کالکوپیریت نسل دوم و دیژنیت (Dj) این مجموعه را قطع کرده است. رگچه کانه‌دار سیلیسی، نمونه‌ای از ژرفای ۱۵۵ متری گمانه حفاری شماره ۱ در معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن، PPL 300X.



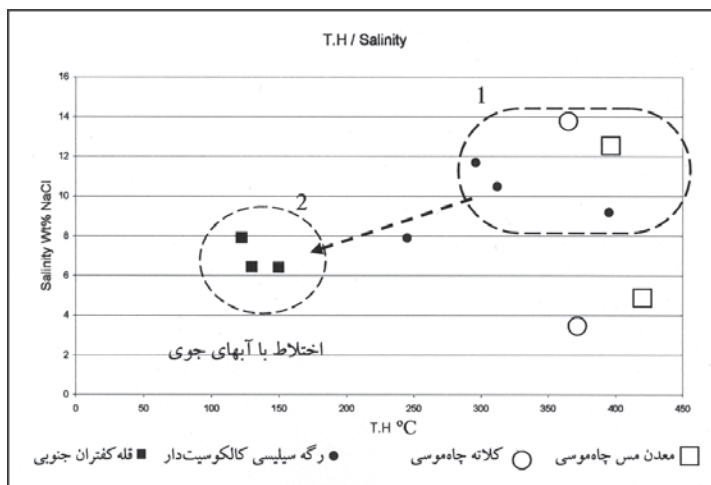
شکل ۲۲- بلور گالن (Gn) در رگه کلسیتی (Cal) در معدن قله کفتران شمالی، نور بازتابی PPL 100X.



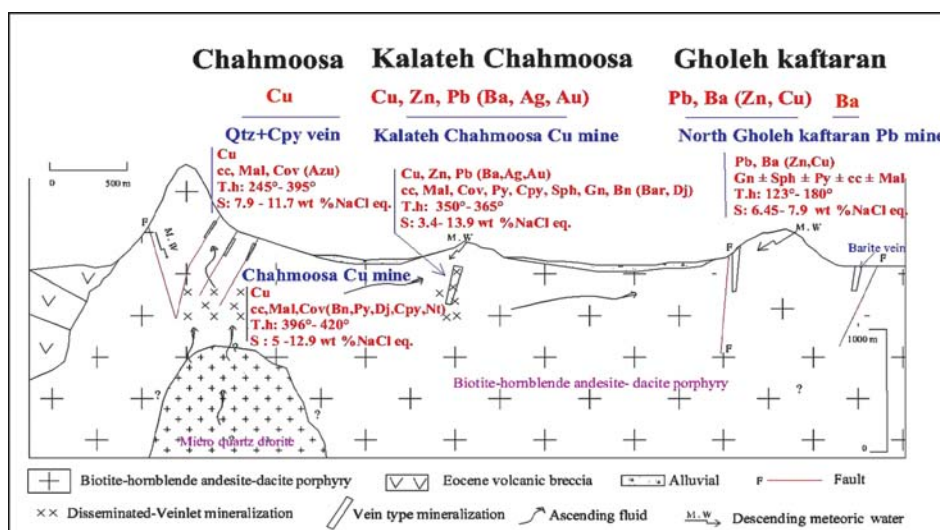
شکل ۲۱- پیریت (Py) و اسفالریت (Sph) در رگه سیلیسی- کلسیتی، معدن قله کفتران شمالی، PPL 200X نور بازتابی در روغن.

مرحله ها	هیپوزن		سوپرژن	
	Early	Late	سولفیدی Early	اکسیدان-سولفیدی Late
Py				
Cpy				
Bn				
Sph				
Gn				
Bar				
Dj				
cc				
Cv				
Spc (Hyp)				
Hm (sup)				
Mal				
Azu				
Nt				
Gt				
Jrs				
Qz				
Cal				

شکل ۲۳- توالی پاراژنتیک عمومی کانه‌زایی در انواع کانه‌زایی‌های منطقه در مراحل سوپرژن و هیپوزن، Py = پیریت، Cpy = کالکوپیریت، Bn = بورنیت، Gn = گالن، Sph = اسفالریت، Br = باریت، Dj = دیژنیت، Cc = کالکوسیت، Cv = کولیت، Spc = اسپکیولاریت، Hm = هماتیت، Mal = مالاکیت، Azu = آزوریت، Nt = انتوتوسیت، Gt = گوتیت، Jrs = جاروسیت، Qz = کوارتز، Cal = کلسیت



شکل ۲۴- نمودار شوری در برابر دمای همگن شدگی که نشان‌دهنده دو محدوده از دما و شوری برای نمونه‌های کانه‌زایی‌های افشان- رگچه‌ای معادن چاه‌موسی و کلاته چاه‌موسی، رگه سیلیسی کالکوسیت‌دار چاه‌موسی و رگه‌های سرب‌دار قله کفتران جنوبی می باشد. روند یک به دو نشان‌دهنده کاهش دمای یکنواختی و شوری (احتمالاً در اثر آمیختگی با آب‌های جوی) است.



شکل ۲۵- تصویری شماتیک از روند تکامل و صعود سیال‌های کانه‌دار در معادن چاه‌موسی، کلاته چاه‌موسی و قله کفتران. به طوری که در تصویر دیده می‌شود، در طی این تکامل، نخست کانه‌زایی مس افشان- رگچه‌ای چاه‌موسی در ژرفای زیاد و دمای بالا و سپس به ترتیب کانه‌زایی مس، روی، سرب افشان- رگچه‌ای و استوک‌ورک کلاته چاه‌موسی، رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار و رگه‌های کلسیتی گالن‌دار و در آخر رگه‌های باریت قله کفتران شمالی تشکیل شده است (علائم اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است).

کتابنگاری

امام جمعه، ا.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کانسار مس چاه‌موسی، شمال غرب تروند، استان سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس

- امام جمعه، ا.، راستاد، ا.، بوذری، ف و رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۴- کانه‌زایی افشان و رگه‌ای مس (سرب، روی) در کانسارهای چاه موسی، قله کفتران و قله سوخته در شرق کمان آتشفشانی- نفوذی ترو- چاه شیرین، جنوب شاهرود، بیست و چهارمین همایش علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور
- برنا، ب.، و عشق آبادی، م.، ۱۳۷۶- گزارش ارزیابی و اکتشافی کانسارها و اندیس‌های سرب و روی استان سمنان، سازمان صنایع و معادن استان سمنان
- تاج‌الدین، ح.، ۱۳۷۷- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز اثر معدنی طلای دارستان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس
- رشید نژاد عمران، ن.، ۱۳۷۱- بررسی تحولات سنگ‌شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا در منطقه باغو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تربیت معلّم تهران
- شمعانیان اصفهانی، غ. ح.، ۱۳۸۲- مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمایی فلزات پایه و گرانها در منطقه معلّمان، پایان‌نامه دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی تهران
- صادقی فلکدهی، ص.، ۱۳۸۲- بررسی زمین‌شناسی اقتصادی کانسار چاه موسی، ترو، استان سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال
- عابدیان، ن. و دری، م.، ۱۳۷۵- بررسی معادن مس استان سمنان، سازمان صنایع و معادن استان سمنان
- فرد، م.، ۱۳۸۰- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار طلا، سرب، روی (مس و باریم) گندی، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس تهران
- هوشمندزاده، ع.، علوی نایینی، م. و حقی پور، ع.، ۱۳۵۷ تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه ترو، از پرکامبرین تا عهد حاضر، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

References

- Anderson, A.J., 1982- Characteristics of leached capping and techniques of appraisal, in Tittley, s. R., ed., Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America, Tucson, The university of Arizona Press, p. 275-295.
- Bean, R.E., 1982- Hydrothermal and mineralization in porphyry copper deposits, in Tittley, s.R. , ed., Advances in geology of the porphyry copper deposits, southwestern North America, Tucson, The university of Arizona Press, p. 256-275.
- Beane, R.E. and Tittley, S.R., 1981- Porphyry copper deposits Part II. Hydrothermal alteration and mineralization: 75th Anniversary, Economic Geology, v. 76, pp.235-269.
- Ehrenberg, S.N., Aagaard, P., Wilson, M.J., 1993- Depth - dependent transformation of kaolinite to dickite in sandstones of the Norwegian continental shelf. Clay Minerals, v.28, pp.325-352.
- Jebrak, M., 1997- Hydrothermal breccias in vein type ore deposits: Ore Geology Reviews, v.12. Pp.420-429.
- Kodera, P., Lexa, J., Rankin, A.H. and Fallick, A.E., 2004- Fluid evolution in a subvolcanic granodiorite pluton related to Fe and Pb-Zn mineralization, Banská Štiavnica ore district, Slovakia: Economic Geology, v.99, pp.1745-1770.
- Montoya, J, M., Hemley, J, J., 1975- Activity relations and stabilities in alkali feldspar and mica alteration reactions: Economic Geology, v.70, pp.557-594.
- Rolinson, H. R., 1992- Using geochemical date: evaluation, presentation, interpretation, Penguin Press, pp 209.
- Sillitoe, R.H., 1985- Ore-related breccias in volcanoplutonic arcs: Economic Geology, v.80, pp.1467-1514.
- Sillitoe, R.H. and McKee, E.H., 1996- Age of supergene oxidation and enrichment in the Chilean porphyry copper province: Economic Geology, v.91, pp.164-179.