Archive of SID

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

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(کالک‌آلکالن)، معادل با گرانیت‌های تیپ I، توالی‌های آتشفشانی آذرآواری ائوسن را قطع کرده‌اند. کانه‌زایی نوع افشان رگچه‌ای مس در معدن فعال چاه‌موسی، همراه با دگرسانی‌های فیلیک و پروپیلیتیک در توده نیمه‌آتشفشانی پورفیری رخ داده است. فرایندهای سوپرژن در این کانسار، سبب تبدیل گسترده کانی‌های هیپوژن (پیریت، کالکوپیریت و بورنیت) 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، بورنیت، گالن، باریت (اولیه) و کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و نئوتوسیت (ثانویه)، همراه با دگرسانی فیلیک 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) وکلسیت 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 قله‌کفتران 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-قله‌کفتران مربوط به یک سامانه واحد کانه‌زایی است که در ارتباط با تکامل سیالات گرمابی کانه‌دار و آمیختگی با آب‌های جوی سرد و کم شور، سبب تشکیل کانه‌زایی افشان-رگچه‌ای مس (روی، سرب) در عمق و رگه‌ای 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 نیمه‌آتشفشانی آندزیتی و داسیتی، کمان ماگمایی ترود-چاه‌شیرین، چاه‌موسی، قله کفتران.

www.SID.ir

Archive of SID

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

در کمان ماگمایی ترود 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؛ شمعانیان 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 ترود قرار دارد، از دیر باز فعالیت‌های معدنی انجام شده است. کند و کاوها عموماً در رگه‌های سیلیسی حاوی فلزهای پایه، بویژه رگه‌های مس‌دار، انجام شده است. محققانی که از این مناطق بازدید داشته‌اند، این کانه‌زایی را به‌صورت رگه‌های گرمابی سیلیسی- سولفیدی (کالکوسیت) توصیف کرده‌اند (عابدیان و دری، ۱۳۷۵؛ برنا و عشق آبادی، ۱۳۷۶ و صادقی فلکدهی، ۱۳۸۲). این مقاله می کوشد 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 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 چاه‌موسی نیز استفاده شده است. برای نشان دادن ارتباط کانه‌زایی‌ها با یکدیگر، نقشه زمین‌شناسی-معدنی در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ و ۱:۵۰۰ از مناطق معدنی تهیه شده است. برای مطالعه کانی‌شناسی و میکروسکوپی کانی‌ها و کانه‌ها تعداد ۲۰ مقطع نازک، ۵ مقطع صیقلی و۸۵ 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.

www.SID.ir

Archive of SID

۲- زمین‌شناسی

کمان ماگمایی ترود-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 نظرهوشمندزاده 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 چاه‌موسی قطع می‌کنند. شکستگی‌های اصلی گستره مورد بررسی شامل دو دسته شمال خاور-جنوب‌باختر (گسل‌های نرمال) و شمال باختر-جنوب خاور(گسل‌های نرمال با مؤلفه‌های امتداد لغز) هستند.

۳- کانه‌زایی

معدنکاری قدیمی و فعالیت‌های معدنی در منطقه چاه‌موسی- قله‌کفتران، 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 قله‌کفتران به منظور استخراج سرب (برنا و عشق‌آبادی، ۱۳۷۶) صورت گرفته است. مطالعه نمونه‌های سطحی و عمقی معدن چاه‌موسی و کانه‌زایی کلاته چاه‌موسی، برای اولین بار منجر به شناسایی کانه‌زایی نوع افشان رگچه‌ای در این بخش از توده‌های نفوذی نیمه‌ژرف پورفیری کمربند ترود- چاه‌شیرین 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 (میکروترمومتری) 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 چاه‌موسی، 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 هیپوژن 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، کوولیت و مالاکیت هستند (شکل‌های ۵ و ۷). به دلیل تأثیر شدید فرایندهای سوپرژن بر کانه‌زایی هیپوژن، 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، کوولیت، نئوتوسیت ($CuMnFeSiO_2$) 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 (شکل۱۰). 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(شکل۱۰). 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 (شکل۱۰). وجود کانه‌های کالکوپیریت و بورنیت افشان می‌تواند گسترش زون کانی‌سازی هیپوژن در اعماق را محتمل سازد (شکل‌های ۷ و ۸). احتمال دارد ادامه این گمانه‌ها در اعماق به زون هیپوژن منتهی شود. تغییرات کانی‌شناسی و عیارها از سطح تا عمق در گمانه شماره ۵ در زون سوپرژن معدن چاه‌موسی در شکل ۱۰ نشان داده شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

کانه‌زایی نوع رگه‌ای به‌صورت 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 چاه‌موسی رخ داده است (شکل ۶). این رگه‌ها شامل کوارتز، کلسیت و کانه‌های ثانویه کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و آزوریت است. نتایج تجزیه شیمیایی نشان‌دهنده ۱/۵ تا ۳/۸ درصد مس، ۲۰ تا ۲۰۰ ppb طلا و ۷/۵ تا۴۸/۸ 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 چاه‌موسی، در قله‌کفتران جنوبی و شمالی و شمال‌باختر چاه‌موسی (همراه با بقایای کالکوپیریت) نیز دیده می‌شوند.

۳-۲- معدن مس کلاته چاه موسی

این کانه‌زایی در ۲۰۰ متری خاور کلاته چاه‌موسی و حدود ۱/۵ کیلومتری خاور معدن چاه‌موسی قرار گرفته است (شکل‌های ۲ و ۳). کانه‌زایی در پهنه‌ای با طول حدود ۸۰ متر و عرض میانگین ۸ متر با روند$N۴۰^oE/۸۰^oNW$ ، 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$N۴۰^oE/۸۰^oNW$ محدود می‌شوند. کانه‌زایی در اعماق به شکل افشان و در سطح به فرم افشان، رگچه و استوک‌ورک (شکل‌های ۱۲ و ۱۳) است. برش‌های گرمابی، با زمینه هماتیت (اسپکیولاریت) و کوپریت با وسعتی حدود ۱۰ در ۵ متر، این مجموعه را همراهی می‌کند (شکل ۱۴). چرخش قطعات زاویه‌دار تا گردشده نشان‌دهنده گرمابی 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 (امام جمعه، 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 و۱۲ تا ۸۰۰ گرم در تن نقره از رگه‌های سرشار از کالکوسیت گزارش شده است (عابدیان، ۱۳۷۵ و امام جمعه، ۱۳۸۵). در مغزه‌های حفاری این بخش، کانه‌های پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، بورنیت، گالن، دیژنیت و اسپیکیولاریت به صورت افشان و رگچه‌ای مشاهده می‌شود (شکل‌های۱۵ 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، کوولیت و مالاکیت شده است.

۳-۳- معدن مس متروکه قله‌کفتران جنوبی

در ۳ کیلومتری خاور شمال‌خاور معدن چاه‌موسی و در توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت-هورنبلند داسیت پورفیری (شکل‌های ۲ و ۳)، رگه‌های سیلیسی مس‌دار با کانی‌شناسی کوارتز، کالکوسیت، کوولیت، مالاکیت و کلسیت دیده می‌شود. این رگه‌ها با امتداد شمال‌خاور- جنوب‌باختر ($N۳۰^o - ۵۰^oE$)، 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 گرفته‌است. طول این رگه‌ها تا ۳۰۰ متر نیز می‌رسد و تغییر ستبرای رگه در طول آن، سبب شده بخش‌های ستبرتر استخراج شوند. حرکات زمین‌ساختی سبب قطع‌شدگی 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 قله‌کفتران شمالی

معدن متروکه سرب قله‌کفتران شمالی در ۴ کیلومتری شمال خاورمعدن چاه‌موسی 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 طول۴ 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 ۰/۰۲ 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 شمال خاور جنوب باختر دیده می‌شوند. در ۱/۵ کیلومتری شمال‌باختر معدن، در

www.SID.ir

Archive of SID

همین سنگ میزبان، رگه سیلیسی- مس‌دار (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). سریسیتی‌شدن پلاژیوکلاز، تشکیل کوارتز ثانویه با بافت مضرسی و پیریت، در متن سنگ نشان‌دهنده دگرسانی فیلیک در محدوده معدن چاه‌موسی است. وسعت این دگرسانی در محل معدن فعال مس چاه‌موسی، در حدود ۲۰۰×۷۰۰ متر است. با استفاده از نتایج مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های پراش پرتو ایکس، مجموعه کانی‌های کلریت-کلسیت و اپیدوت-کلریت-کلسیت در نمونه‌های مطالعه‌شده از محدوده معدن چاه‌موسی 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 چاه‌موسی و قله کفتران جنوبی، دگرسانی سریسیتی مشاهده می‌شود. دگرسانی در محدوده کانه‌زایی کلاته چاه‌موسی، 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 ستبر 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 رسی‌شدن است. رسی‌شدن در امتداد خطواره‌های تقریباً خاوری-باختری، در شمال باختر چاه‌موسی 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 (رسی‌شدن 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، منجر به شناسایی انواع میانبارهای اولیه و ثانویه شده است. مطالعات میکروترمومتری 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 کلاته‌چاه‌موسی (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 چاه‌موسی (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 ۲۸۸تا ۱۰۶۵ متر است. با توجه به ویژگی‌های کانی‌شناختی و دگرسانی یکسان در همهٔ 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 مطالعه‌شده از کانه‌زایی‌های منطقه دارند، که می‌تواند به دلیل افزایش میزان CO_2 در سیال‌های کانه‌ساز باشد.

۶- بحث و نتیجه‌گیری

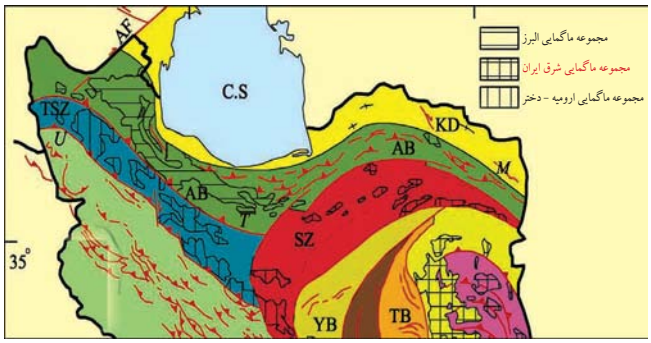
مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی انجام گرفته در مناطق معدنی چاه‌موسی، کلاته چاه‌موسی، قله کفتران شمالی و جنوبی، ارتباط زایشی کانه‌زایی‌های مس، روی، سرب و باریت را با توده‌های نفوذی نیمه‌آتشفشانی ائوسن-الیگوسن آشکار کرد. با توجه به نمونه‌برداری‌های انجام گرفته از رخنمون‌ها و گمانه‌های حفاری در چاه‌موسی و کلاته چاه‌موسی 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

www.SID.ir

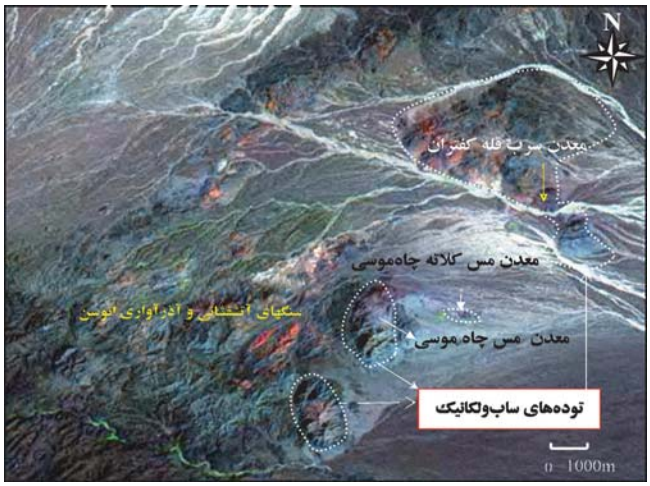
Archive of SID

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±نقره در معدن مس چاه‌موسی تا مس+روی+سرب± باریت±نقره±طلا در کانه‌زایی کلاته چاه‌موسی، مس±نقره±طلا در رگه‌های سیلیسی کالکوسیت دار چاه‌موسی و قله کفتران جنوبی، سرب±مس±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 پروپیلیتیک 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 تأیید کننده این منطقه‌بندی است، زیرا کانه‌زایی مس افشان- رگچه‌ای در معدن مس چاه‌موسی، در دما و ژرفای بیشتر تشکیل شده است. کمترین دمای تشکیل (دمای یکنواختی) از این محل به سمت کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای و استوک‌ورک کلاته چاه‌موسی و سپس رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار چاه‌موسی و قله‌کفتران جنوبی و در نهایت رگه‌های 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، کانی شناسی، دگرسانی، دما و ژرفای تشکیل می‌تواند در اثر وجود یک سامانه کانه‌زایی واحد در منطقه باشد. به‌طوری 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 رگه‌های سرب و باریت‌دار در قله‌کفتران 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 قله‌کفتران به شکل رگه‌ای است. از مجموعه این شواهد و دلایل می‌توان نتیجه گرفت که مجموع کانه‌زایی‌های منطقه چاه‌موسی - قله‌کفتران مربوط به یک سامانه واحد کانه‌زایی گرمابی است. در شکل ۲۵ به‌طور شماتیک تکامل این سامانه کانه‌زایی گرمابی نشان داده شده است.



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



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

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های مغزه‌های حفاری گمانه‌های شماره ۵ (۱ تا ۶۸۵) و ۳ (D3-1 تاD3-9) به روش ICPAES-MS در آزمایشگاه شرکت ALSOCHEMEX کانادا، تمام نتایج به گرم در تن است.

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	Tl	Tm	U	V	W	Y	Yb	Zn	Zr
1	16	372	39.2	4.9	100	5.2	23800	1.2	0.7	0.5	18	2	3	0.2	21.3	0.1	3	11	15	15	10	4.4	108.5	2.1	1	223	0.7	0.2	5	0.6	0.1	1.6	80	2	7.1	0.7	90	91.9
2	4	520	42.3	7.7	70	4.6	14700	1.3	0.8	0.6	18	2.1	3	0.3	21	0.1	2	11	15.5	17	15	4.4	116	2.4	1	225	0.7	0.2	5	0.6	0.1	1.7	82	1	7.8	0.8	124	102
3	<1	635	45.1	10.8	80	4.1	551	1.5	0.9	0.6	17	2.3	3	0.3	22.8	0.1	2	10	15.6	18	49	4.6	112	2.3	1	244	0.7	0.3	5	0.6	0.1	1.3	65	3	8.5	0.8	97	93.3
4	1	361	41.7	7.9	70	3	979	1.4	0.9	0.7	17	2.3	3	0.3	22.8	0.1	<2	11	16	17	7	4.5	81	2.5	1	285	0.7	0.3	5	<0.5	0.1	1.2	70	1	8.9	0.8	91	90.5
5	1	503	42.6	9	60	3.6	1060	1.5	0.9	0.7	17	2.3	3	0.3	23.2	0.1	<2	11	16	19	11	4.6	97.2	2.5	1	315	0.8	0.3	5	0.5	0.1	1.4	69	0	9	0.8	90	100
12	14	125.5	40.2	6.2	70	3.7	6050	1.2	0.7	0.6	16	2.1	3	0.2	21.8	0.1	2	10	14.9	14	6	4.3	72.4	2.2	1	242	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.3	66	4	7.5	0.7	73	87.8
44	<1	234	38.9	8.3	80	2.3	213	1	0.7	0.6	17	2.1	3	0.2	20.1	0.1	2	11	15	16	<5	4.3	60.1	2.4	1	342	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.3	69	3	7	0.7	81	93.2
47	<1	312	36	7.9	70	2.1	126	1.1	0.7	0.5	17	1.9	3	0.2	19.2	0.1	2	11	14	16	7	4	57.6	2.1	1	311	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.2	67	3	7.3	0.7	79	87.7
53	<1	419	31.9	8.3	90	2.1	68	1	0.7	0.4	17	1.6	3	0.2	17.1	0.1	2	11	11.8	16	5	3.4	60.7	1.8	1	351	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.1	70	5	7.2	0.8	75	94.9
57	<1	471	41.2	7.6	60	2.1	184	1.2	0.7	0.6	16	2	3	0.2	21.9	0.1	2	11	15.2	14	5	4.5	60.2	2.3	1	316	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.1	67	2	7.8	0.8	62	81
96	<1	291	37.5	8.1	80	2.7	110	1.2	0.8	0.5	17	1.9	3	0.2	20	0.1	2	10	14.1	15	7	4.1	66.6	2.2	1	310	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.2	71	3	7.6	0.8	80	89.6
110	<1	387	39.3	9.4	60	1.9	127	1.2	0.8	0.5	18	2	3	0.2	20.5	0.1	2	12	14.8	19	7	4.4	62.5	2.2	1	341	0.8	0.2	5	<0.5	0.1	1.4	74	3	7.5	0.7	107	95.2
127	18	605	41.2	5.2	80	3.9	14800	1.1	0.7	0.5	18	2	3	0.2	22.8	0.1	2	11	14.9	18	8	4.5	114.5	2.1	1	253	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.4	74	3	7	0.7	93	102.5
136	4	580	37.6	6.7	60	3.4	6320	1.3	0.8	0.5	17	2	3	0.2	20.2	0.1	2	10	14	17	8	4.2	118	2.2	1	194.5	0.8	0.2	5	<0.5	0.1	1.2	71	5	7.9	0.8	93	95.3
149	<1	434	34.6	11	50	2.3	886	1.5	0.9	0.6	18	2.2	3	0.3	17.8	0.1	2	10	14.6	19	9	4.1	81.7	2.4	1	347	0.7	0.3	4	<0.5	0.1	1.2	98	2	9	0.9	104	97.8
166	13	583	43.4	4.6	80	4.7	22600	1.1	0.7	0.6	17	2.2	3	0.2	22.5	0.1	2	11	16.4	16	9	4.8	137.5	2.4	1	152	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.3	71	3	6.9	0.7	86	90.3
177	3	480	39.3	6.1	80	4.5	5860	1.3	0.8	0.6	17	2.1	3	0.2	20.4	0.1	2	10	14.8	18	5	4.2	144	2.2	1	134.5	0.7	0.3	5	<0.5	0.1	1.4	69	3	7.9	0.7	86	90.8
217	<1	296	33.9	8.1	70	1.8	44	1.1	0.7	0.5	17	1.8	3	0.2	17	0.1	2	11	13.4	18	7	3.9	57	2.1	1	323	0.8	0.2	5	<0.5	0.1	1.2	69	2	7.3	0.8	76	104
274	<1	527	41.9	8	70	2.4	60	1.3	0.8	0.6	16	2.2	3	0.3	22.1	0.1	2	11	15.9	16	8	4.6	89.1	2.5	1	315	0.7	0.3	5	<0.5	0.1	1.4	68	3	8.3	0.8	95	86.2
313	1	374	51.4	7.6	50	1.5	3280	1.7	0.8	1.2	16	3.6	3	0.3	24.8	0.1	2	11	23.7	15	11	6.5	58.5	4.2	1	347	0.7	0.4	5	<0.5	0.1	1.4	71	4	9.1	0.8	103	89.5
331	1	424	23.7	8	80	1.6	2330	1.1	0.7	0.4	16	1.5	3	0.2	11	0.1	2	11	9.8	16	13	2.8	57.8	1.6	1	313	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.3	70	3	6.8	0.7	89	86.4
345	<1	530	27.1	8.1	80	1.6	240	1.1	0.8	0.4	16	1.6	3	0.2	13.4	0.1	3	11	11.1	18	7	3.2	63	1.7	1	345	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.3	68	5	6.8	0.7	83	118.5
412	<1	739	42.8	8.8	50	2.8	687	1.4	0.9	0.7	18	2.3	3	0.3	22.4	0.1	2	11	17	16	42	4.8	97.5	2.7	1	383	0.8	0.3	5	<0.5	0.1	1.7	74	3	8.6	0.8	106	105.5
423	30	484	40.8	5.4	50	4.3	46300	1.1	0.7	0.5	18	2	4	0.2	20.8	0.1	2	11	14.9	15	15	4.4	116	2.2	1	255	0.8	0.2	5	<0.5	0.1	1.4	79	3	6.7	0.7	73	117
431	23	482	26	4.4	80	4.6	46100	1.1	0.7	0.4	17	1.6	3	0.2	12.4	0.1	3	11	10.4	16	14	3	135	1.8	1	176	0.7	0.2	5	<0.5	0.1	1.4	72	5	7.3	0.8	41	108.5
469	13	601	35.4	8.8	60	2.8	33300	1.3	0.8	0.6	16	2	3	0.2	18.5	0.1	2	10	13.8	16	114	4	100.5	2.3	1	308	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.2	86	4	7.7	0.8	81	87.6
488	<1	562	48	11	70	1.3	195	1.8	1	0.9	18	2.9	3	0.3	25.5	0.1	2	10	19.5	18	12	5.5	64.5	3.2	1	444	0.7	0.4	4	<0.5	0.1	1.2	95	2	10	1	99	100
503	11	583	64.2	11.1	70	2.1	9950	1.8	1	1.1	18	3.4	3	0.3	35.5	0.1	3	11	23.8	17	9	6.9	91.8	3.6	1	409	0.7	0.4	4	<0.5	0.1	1.3	96	3	10	0.8	89	98.1
518	27	409	47.7	7.6	40	3.9	49900	1.4	0.8	0.7	18	2.5	3	0.3	26.3	0.1	2	11	18.2	13	13	5.2	116	2.9	1	180.5	0.7	0.3	4	<0.5	0.1	1.3	89	7	8.4	0.8	82	103
523	7	583	41.9	6.6	70	4.4	7540	1.4	0.9	0.6	17	2.1	3	0.3	22.2	0.1	2	11	15.3	15	6	4.5	135.5	2.3	1	174	0.8	0.3	5	<0.5	0.1	1.4	71	8	8.2	0.7	98	97.7
546	<1	457	33.9	12.8	60	1	198	1.1	0.7	0.5	16	1.9	3	0.2	16.5	0.1	2	10	14	19	8	3.9	49.9	2.2	1	363	0.6	0.2	4	<0.5	0.1	1.1	98	2	6.4	0.7	112	96.1
563	<1	350	48.1	13.4	60	0.7	48	1.6	0.9	0.9	17	3	3	0.3	25.1	0.1	2	10	20.5	22	9	5.8	38.4	3.3	1	357	0.6	0.3	4	<0.5	0.1	1.1	106	3	9.3	0.9	97	106
616	<1	562	38.9	15.2	90	1.6	1085	1.4	0.9	0.7	18	2.4	3	0.3	20	0.1	2	10	16.8	24	21	4.6	53.2	2.6	1	391	0.7	0.3	4	<0.5	0.1	1.1	119	2	7.8	0.8	237	105
637	<1	510	52.2	15.2	90	1	98	1.6	0.8	1	17	3.1	3	0.3	26.1	0.1	2	10	22.2	23	9	6	45.2	3.8	1	454	0.7	0.4	4	<0.5	0.1	1.1	124	2	8.3	0.7	108	107.5
685	<1	436	43.7	14.7	70	1.4	287	1.5	0.9	0.8	17	2.6	3	0.3	22.5	0.1	2	10	17.2	22	16	4.6	44.9	2.8	1	393	0.6	0.3	4	<0.5	0.1	1	122	2	8.8	0.9	116	87
D3-1	1	460	40	5.3	60	5.2	11710	1.2	0.7	0.5	15	2	3	0.2	20.7	0.1	2	10	14.4	14	8	4.2	104.5	2.1	1	172.5	0.7	0.2	4	0.6	0.1	1.3	67	3	7.1	0.5	89	83.1
D3-2	2	354	47.4	3.7	50	5.5	27000	1.3	0.7	0.8	15	2.7	3	0.2	26.8	0.1	2	9	19.2	11	10	5.6	112.5	3.1	1	155	0.6	0.3	4	0.5	0.1	1.5	70	3	7.8	0.7	70	90.5
D3-3	<1	434	40.5	7.2	50	5.9	444	1.4	0.7	0.7	16	2.3	3	0.3	22.6	0.1	2	11	15.6	16	6	4.5	121.5	2.4	1	148.5	0.7	0.3	4	<0.5	0.1	1.2	67	3	8.5	0.7	83	88.5
D3-4	<1	452	41	8.1	80	5.2	720	1.5	0.8	0.7	15	2.3	3	0.3	21.7	0.1	2	11	15.7	15	6	4.6	113.5	2.5	1	181.5	0.8	0.3	5	<0.5	0.1	1.3	67	6	8.8	0.9	87	87.2
D3-5	<1	402	39.5	4.9	60	7.1	7610	1.4	0.8	0.6	16	2.3	3	0.3	21	0.1	2	10	14.8	14	6	4.3	133	2.3	1	116.5	0.8	0.3	5	<0.5	0.1	1.3	66	4	8.4	0.8	77	86.4
D3-6	5	442	37.8	4.5	50	6.1	21700	1.1	0.7	0.6	16	1.9	2	0.2	20.1	0.1	2	10	14.4	12	11	4.2	121.5	2.3	1	140.5	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.2	66	4	6.9	0.7	68	73.7
D3-7	5	392	26.9	3.6	60	5.8	23600	1.1	0.7	0.5	15	1.7	3	0.2	13.1	0.1	3	10	11	14	6	3	116.5	1.9	1	132.5	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.2	65	4	7	0.7	68	75
D3-8	13	241	23.4	1.5	80	5.6	47200	0.7	0.5	0.4	14	1.3	3	0.1	11.6	0.1	3	9	10	9	7	2.7	124.5	1.7	1	57	0.6	0.1	4	<0.5	<0.1	1.1	69	4	5.3	0.5	28	82.9
D3-9	3	372	38.2	6.1	50	5	4680	1.2	0.7	0.6	17	2.1	3	0.2	20	0.1	2	10	14.4	17	7	4.1	110	2.3	1	167.5	0.7	0.2	4	<0.5	0.1	1.2	70	4	7.6	0.7	88	89.2

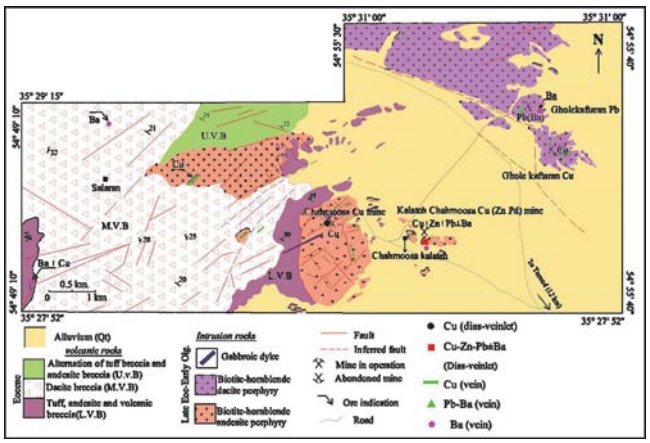
جدول۲- مقایسه ویژگی‌های زمین‌شناختی، کانه‌زایی، کانی‌شناختی و میانبارهای سیال کانسار چاه‌موسی با کانه‌زایی‌های کلاته چاه‌موسی و قله کفتران شمالی.

مشخصات کانسار	کانسار چاه‌موسی	کانه‌زایی کلاته چاه‌موسی	رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار در چاه موسی و قله کفتران	کانه‌زایی قله کفتران شمالی
نوع ماده معدنی	Cu	Cu± Zn ±Pb±Ba	Cu	Pb ±Ba±Zn±Cu
سنگ میزبان	B.H.A.P	B.H.A.P	B.H.A.P - B.H.D.P	B.H.D.P
شکل کانه-زایی	رگچه‌ای-افشان (سطح و عمق)	رگچه‌ای-افشان و استوک ورک	رگه‌ای	رگه‌ای
ساخت و بافت کانه‌زایی	افشان-رگچه‌ای	افشان-رگچه‌ای، استوک‌ورک پرکننده فضای خالی و برشی	پرکننده فضای خالی، ساخت باندی و ریتمی	پرکننده فضای خالی
کانی‌شناسی کانسنگ و باطله	cc+Cv+Mal± Bn±Py±Cpy ±Dj±Nt	cc+Cv+Mal+Py+ Cpy+Sph+Gn±Dj±Nt	cc+Cv+Mal±Azu	Gn±Sph±Py± cc±Mal
	کوارتز، کلسیت، کانی‌های سنگ‌ساز	کوارتز، کلسیت سیاه و سفید، باریت	کوارتز و کلسیت	کلسیت سیاه و سفید، باریت
زون‌بندی کانیایی	زون‌های سوپرژن سولفید-اکسید و سولفید	*	*	*
دگرسانی	فیلیک، کلریتی-کلسیتی، اپیدوتی-کلریتی-کلسیتی	فیلیک، سیلیسی و کلریتی-کلسیتی (پروپیلیتیک)	سریسیتی شدن در حاشیه رگه¬ها	پروپیلیتیک ضعیف
دما و شوری (بر حسب درصد معادل نمک طعام)	TH≈421°c Salinity≈ 12.9	TH≈360°c Salinity≈ 13.9	TH≈312°c Salinity≈ 11.7	TH≈152°c Salinity≈ 6.45
بی‌هنجاری‌های ژئوشیمیایی	مس± نقره	مس+ سرب+ روی± باریت± نقره±طلا	مس± طلا± نقره	سرب± روی± مس (طلا و نقره ؟)
عیار (≈ عیارمیانگین)	Cu 0.05- 4% Zn 50-250ppm Ag <1- 30ppm Au?	Cu≈5% Ag 5-800 ppm Zn <1 - 15% Pb <1 - 9 % Au 0.1- 4 ppm	Cu≈3% Ag 150 ppm Au <300ppb	Pb 1 - 6 % Cu 0.2 - 0.9 % Zn 0.02 - 0.05 % Au & Ag ?

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

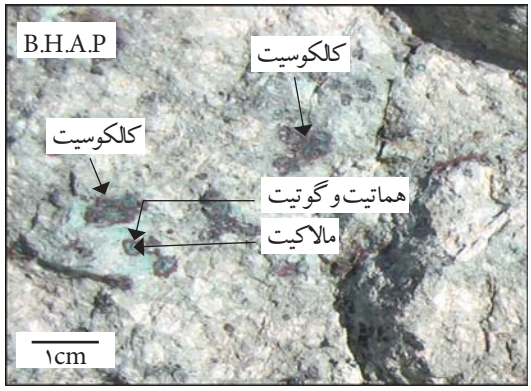
www.SID.ir

Archive of SID

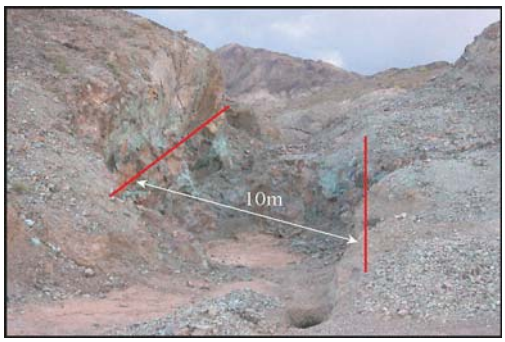


شکل ۳- نقشه زمین‌شناسی و پراکندگی معادن و نشانه‌های معدنی منطقه مورد مطالعه در مقیاس ۱:۲۰۰۰۰، از مرکز به شمال‌خاور شامل معدن مس چاه‌موسی، معدن مس (روی، سرب و باریم) کلاته چاه‌موسی، معدن متروکه مس قله کفتران جنوبی، معدن متروکه سرب قله کفتران شمالی (امام جمعه، ۱۳۸۴)

شکل ۴- نمایی از معدن مس چاه‌موسی (محدوده کانه‌زایی افشان- رگچه‌ای مس، محدوده خط‌چین) و موقعیت رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار 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 زمین شناسی در شکل ۹ است. فاصله هوایی کارگاه ۲ تا کارگاه ۳ حدود ۳۵۰ متر است.



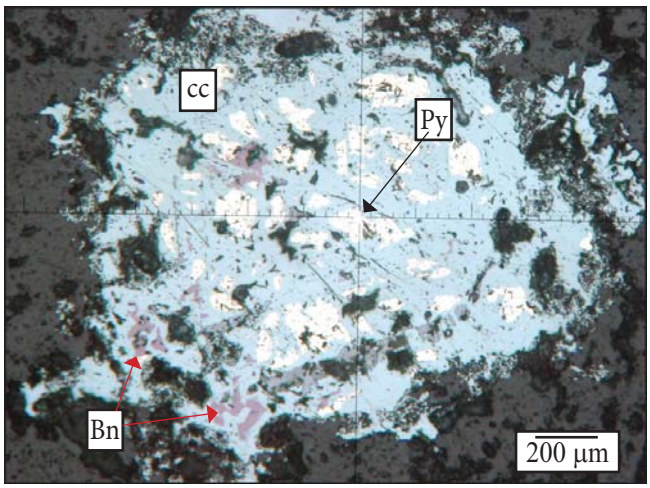
شکل ۵- کانه‌زایی افشان کالکوسیت (همراه با مالاکیت و اکسیدهای آهن) در توده بیوتیت- هورنبلند آندزیت پورفیری (B.H.A.P.)، در معدن مس چاه‌موسی.



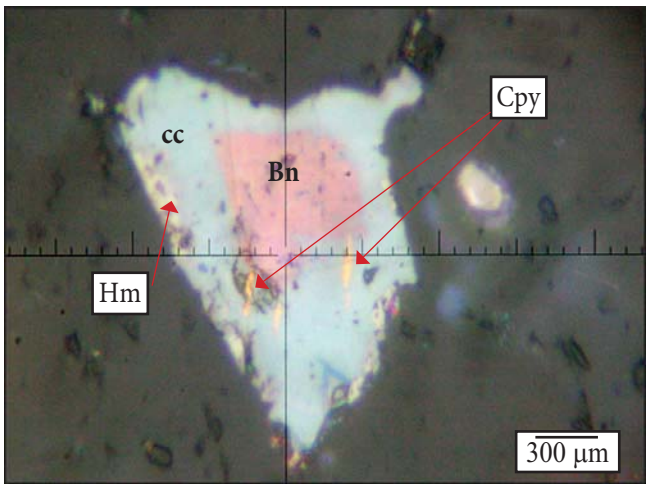
شکل۶- نمایی از رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار در ترانشه اول میر احمد در ۵۰۰ متری خاور کارگاه ۳ معدن فعال مس چاه‌موسی، آغشتگی‌های مالاکیت و آزوریت در عرض رگه دیده می‌شود. دید به سمت شمال باختر

www.SID.ir

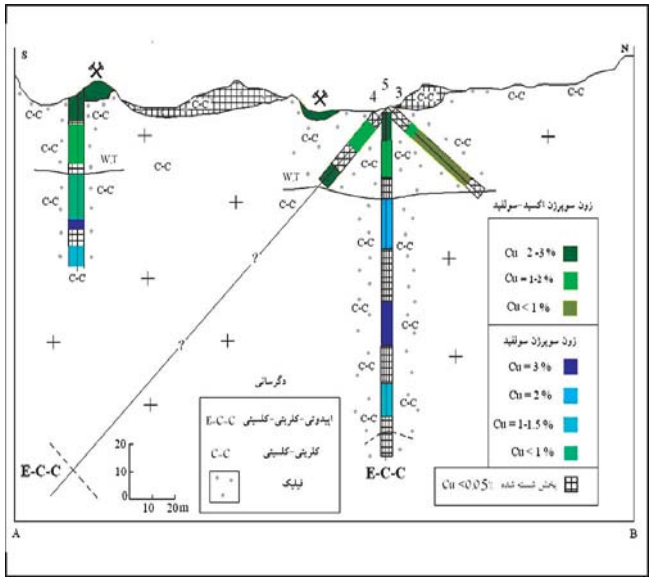
Archive of SID



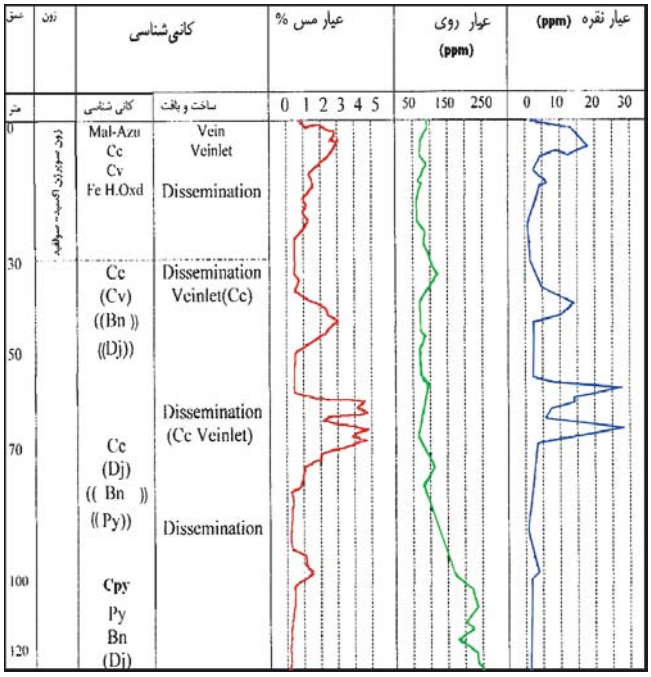
شکل ۷- بافت دانه پراکنده با باقیمانده‌های پیریت هیپوژن (py) و بورنیت هیپوژن (Bn) در زمینه‌ای از کالکوسیت سوپرژن (cc) ، نمونه‌ای از ژرفای ۱۰۰ متری گمانه حفاری شماره ۵، زون سوپرژن سولفیدی در معدن مس چاه‌موسی، نور بازتابی، روغن،PPL 200X .



شکل 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 هیپوژن در ژرفای ۱۱۰ متری گمانه حفاری شماره ۵، معدن مس چاه‌موسی، نور بازتابی، روغن،PPL 500X .



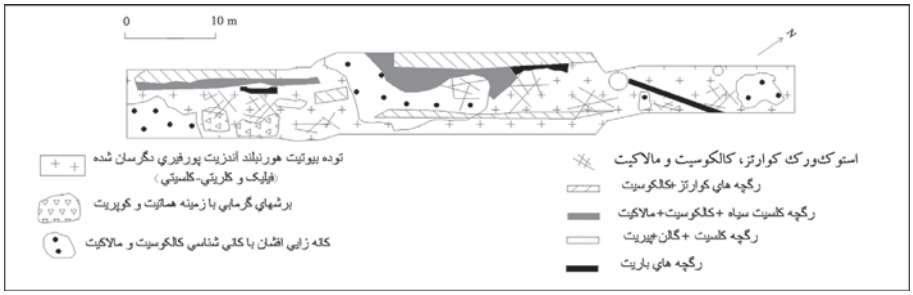
شکل ۹- مقطع زمین‌شناسی- معدنی (شمالی- جنوبی) از معدن مس چاه‌موسی و تغییرات دگرسانی و عیار کانه‌زایی مس در زون سوپرژن اکسید- سولفید و سوپرژن سولفید در گمانه‌های حفاری، محل مقطع A-B و موقعیت کارگاه‌های استخراجی ۱ و۲ و گمانه‌های حفاری نسبت به کارگاه‌های استخراجی در شکل ۴ مشخص است. (دگرسانی کلریتی- کلسیتی و فیلیک از سطح تا عمق گسترش دارند ولی دگرسانی اپیدوتی- کلریتی-کلسیتی فقط در ژرفای بیش از ۱۰۰ متر مشاهده می‌شوند.



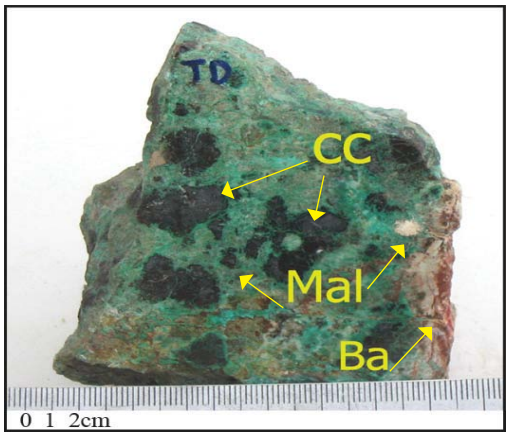
شکل ۱۰- تغییرات کانی‌شناسی، بافت و عیار مس، روی و نقره در سه زون سوپرژن اکسید - سولفید، سولفید و باقیمانده زون هیپوژن، از سطح به ژرفا در گمانه حفاری شماره ۵ در معدن مس چاه‌موسی Py= پیریت، Cpy=کالکوپیریت، Bn=بورنیت، Dj= دیژنیت، Cc= کالکوسیت، Cv= کوولیت، Mal=مالاکیت، Azu=آزوریت

www.SID.ir

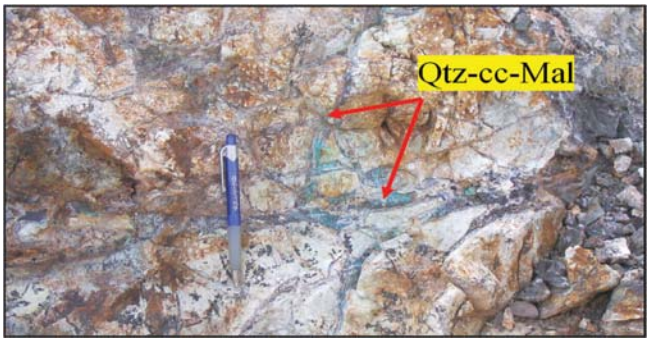
Archive of SID



شکل۱۱ – نقشه شماتیک از انواع کانه‌زایی افشان–رگچه‌ای، برش گرمابی، استوک ورک و رگه‌ای در ترانشه خاور کلاته چاه‌موسی. در این ترانشه کالکوسیت با بافت استوک‌ورک (در کنار کوارتز و مالاکیت) همراه با رگچه‌های سیلیسی مس دار، رگچه‌های کلسیتی مس‌دار، رگچه‌های باریت، رگچه‌های کلسیت گالن‌دار و همچنین کانه‌های افشان مس (کالکوسیت- مالاکیت) و برش گرمابی با زمینه هماتیت (اسپکیولاریت) و کوپریت با هم مشاهده می‌شوند. شکل فضایی کانه‌زایی در ترانشه، از امتداد و شکل گسل پیروی می‌کند. تصویر انواع کانه زایی‌ها در مقیاس نمونه دستی و میکروسکوپ در شکل ۱۲ تا ۲۰ نشان داده شده است.

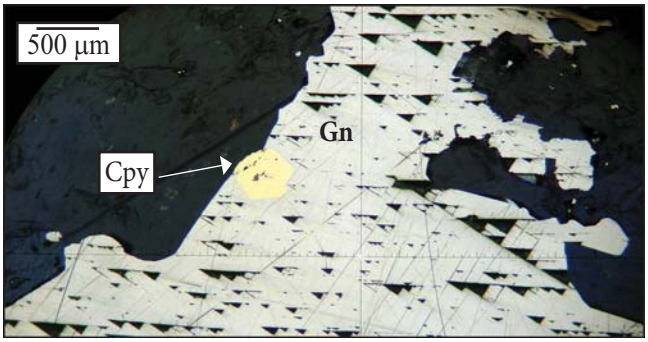


شکل۱۲– کالکوسیت افشان (cc) همراه با مالاکیت (Mal) و باریت (Bar) در ترانشه کلاته چاه‌موسی.



شکل ۱۳– بافت استوک‌ورک از کوارتز (Qtz)، کالکوسیت (cc)، و مالاکیت (Mal)، در توده نیمه‌آتشفشانی بیوتیت– هورنبلندآندزیت پورفیری. دگرسانی فیلیک و کلریتی–کلسیتی سنگ میزبان را تحت تأثیر قرار داده است، (تصویر از کمر پایین ترانشه کلاته چاه‌موسی).

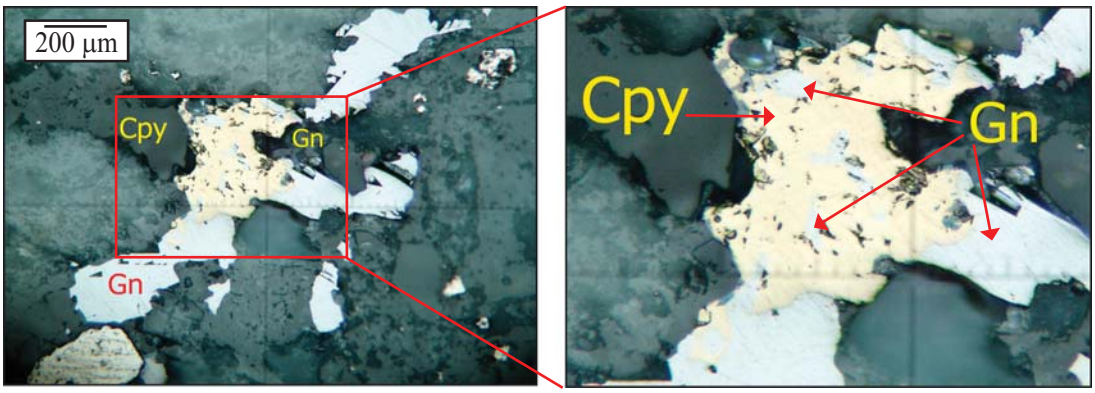
شکل ۱۴ – نمایی نزدیک از برش گرمابی در کلاته چاه‌موسی، زمینه تیره رنگ برش از هماتیت (اسپیکیولاریت)، کلینوکلر و کوپریت تشکیل شده است.



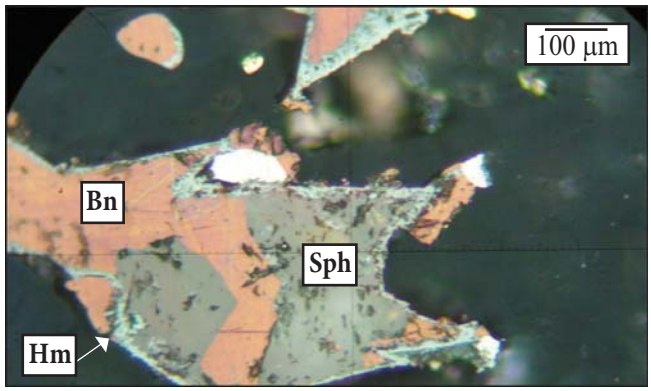
شکل۱۵– کالکوپیریت (Cpy) خودشکل به صورت فاز قدیمی‌تر در بلور تأخیری گالن(Gn) مشاهده می‌شود. ژرفای ۱۲۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نوربازتابی در روغن،PPL 200X.

www.SID.ir

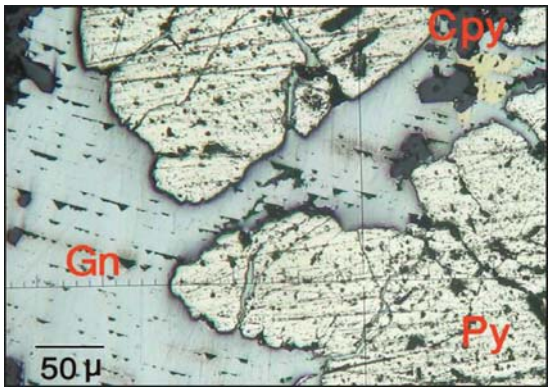
Archive of SID



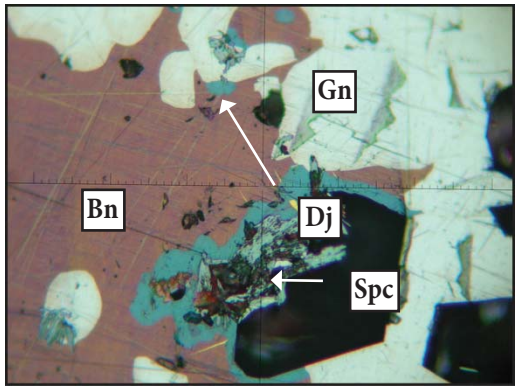
شکل۱۶- هم‌رشدی کالکوپیریت (Cpy) و گالن(Gn)، کادر تصویر چپ در سمت راست بزرگ شده است. ژرفای ۱۱۸ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نورباز تابی در روغن،PPL 300X.



شکل۱۷- 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، نورباز تابی در روغن، PPL 200X.



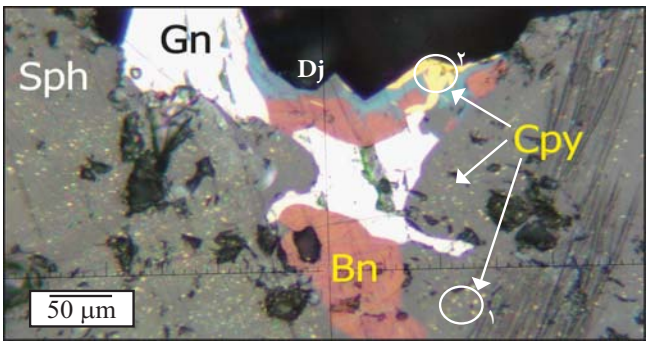
شکل۱۸- بلور گالن(Gn) و کالکوپیریت(Cpy) (همرشد) فاز قدیمی‌تر پیریت (Py) را قطع کرده‌اند. ژرفای ۸۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نورباز تابی در روغن،PPL 300X.



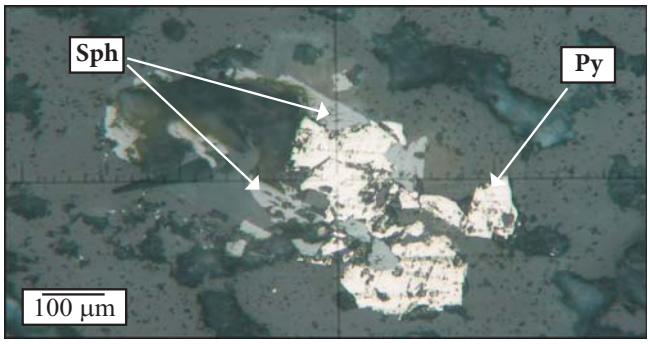
شکل ۱۹ - هم‌رشدی بورنیت (Bn) و گالن (Gn) در رگچه سیلیسی کانه‌دار، حاشیه‌ای از دیژنیت (Dj) به رنگ آبی و اسپیکیولاریت (Spc) به رنگ خاکستری نیز مشاهده می‌شود. ژرفای ۱۵۵ متری گمانه حفاری شماره ۱، معدن کلاته چاه موسی، نورباز تابی در روغن، PPL 200X.

www.SID.ir

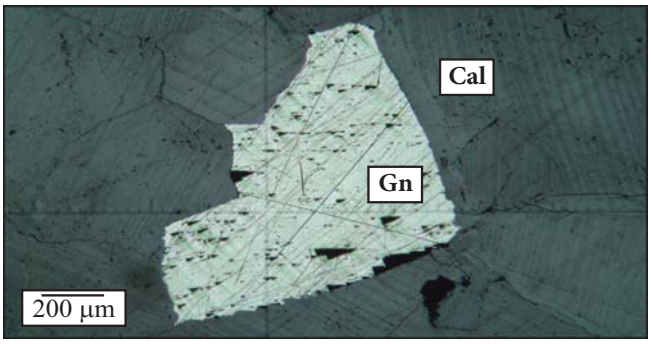
Archive of SID



شکل ۲۰- هم‌رشدی کالکوپیریت نسل ۱ (Cpy) و اسفالریت (Sph) به صورت محلول جامد امولسیونی. 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 ۲۱- پیریت (Py) و اسفالریت (Sph) در رگه سیلیسی- کلسیتی، معدن قله کفتران شمالی، PPL 200X نور بازتابی در روغن.



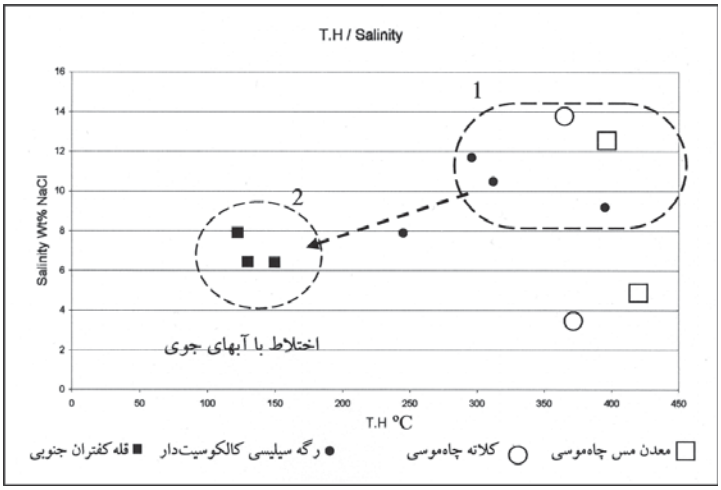
شکل ۲۲- بلور گالن (Gn)در رگه کلسیتی(Cal) در معدن قله کفتران شمالی ، نور بازتابیPPL 100X.

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

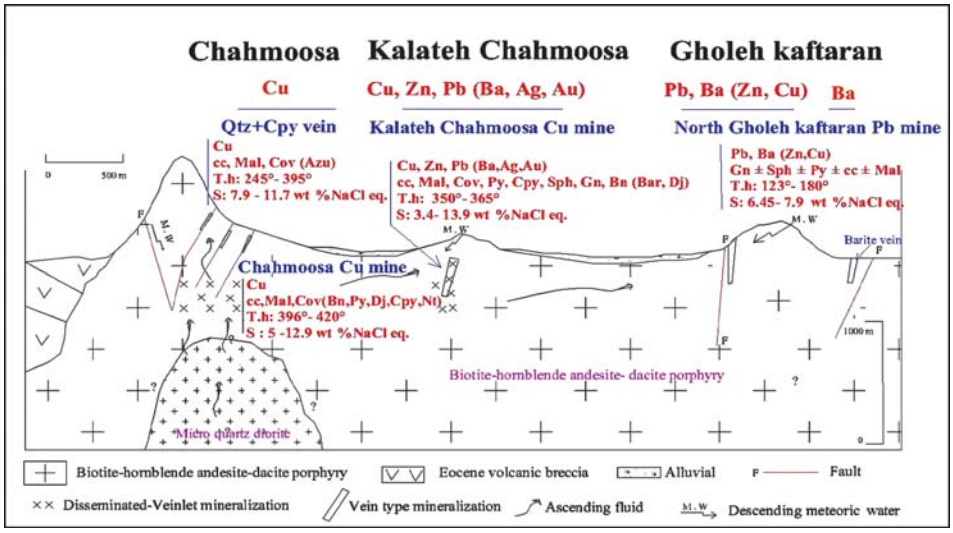
شکل ۲۳- توالی پاراژنتیک عمومی کانه‌زایی در انواع کانه زایی‌های منطقه در مراحل سوپرژن و هیپوژن،Py = پیریت، Cpy =کالکوپیریت، Bn = بورنیت، Gn =گالن، Sph = اسفالریت، Br = باریت، Dj = دیژنیت Cc =کالکوسیت، Cv =کوولیت، Spc = اسپکیولاریت، Hm = هماتیت، Mal = مالاکیت، Azu = آزوریت، Nt=نئوتوسیت، Gt =گوتیت ، Jrs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

www.SID.ir

Archive of SID



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 قله‌کفتران جنوبی می باشد. روند یک به دو نشان‌دهنده کاهش دمای یکنواختی و شوری (احتمالاً در اثر آمیختگی با آب‌های جوی) است.



شکل۲۵- تصویری شماتیک از روند تکامل و صعود سیال‌های کانه‌دار در معادن چاه‌موسی، کلاته چاه موسی 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 کلاته‌چاه‌موسی، رگه‌های سیلیسی کالکوسیت‌دار و رگه‌های کلسیتی گالن‌دار و در آخر رگه‌های باریت قله‌کفتران شمالی تشکیل شده است (علائم اختصاری در جدول ۲ توضیح داده شده است).

کتابنگاری

امام جمعه، ا.، ۱۳۸۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژنز کانسار مس چاه‌موسی، شمال‌غرب ترود، استان سمنان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی دانشگاه تربیت مدرس

www.SID.ir

Archive of SID

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 ترود- چاه‌شیرین، 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 معادن‌استان سمنان

تاج الدین، ح.، ۱۳۷۷- زمین شناسی، کانی شناسی،ژئوشیمی و ژنز اثر معدنی طلای دارستان، پایان نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی‌اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس

رشید نژاد عمران، ن.، ۱۳۷۱- بررسی تحولات سنگ شناسی و ماگمایی و ارتباط آن با کانی سازی طلا در منطقه باغو، پایان‌نامه کارشناسی ارشد پترولوژی، دانشگاه تربیت معلم تهران

شمعانیان اصفهانی، غ. ح.، ۱۳۸۲- مطالعه دگرسانی و کانی‌سازی گرمابی فلزات پایه و گرانبها در منطقه معلمان، پایان‌نامه دکتری زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

صادقی فلکدهی، ص.،۱۳۸۲- بررسی زمین شناسی اقتصادی کانسار چاه موسی، ترود، استان سمنان، پایان نامه 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 کارشناسی‌ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه تربیت مدرس تهران

هوشمندزاده،ع.، علوی نایینی، م. و حقی‌پور، ع.، ۱۳۵۷ تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه ترود، 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 Titley, 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 Titley, 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 Titley, 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 Štiavnika 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.

www.SID.ir