

زمین شناسی، کانه زایی، کانی شناسی و ژئز کانسار مس - روی - سرب پیرقشلاق، شمال باختر زنجان

مهین ذوالفقاری^۱، قاسم نباتیان^۲، امیر مرتضی عظیم زاده^۲، مریم هنرمند^۲ و پیمان عزیزی^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

^۲ استادیار، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران

^۳ استادیار، دانشکده علوم زمین، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه زنجان، زنجان، ایران

^۴ کارشناسی ارشد، شرکت معدنکاران انگوران، زنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۱۱/۳۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۵/۳۰

چکیده

کانسار مس-روی-سرب پیرقشلاق در پهنه‌ی ایران مرکزی، در استان زنجان و در شمال خاور شهرستان ماهنشان واقع شده است. سازند کهر با سن پر کامبرین به عنوان قدیمی ترین واحد منطقه به شمار می‌رود که توسط مجموعه‌ای از دایک‌های گرانیتی قطع شده است. کانه‌زایی مس-روی-سرب پیرقشلاق عمدتاً به صورت صفحه‌ای شکل بوده و در درون واحدهای ماسه‌سنگ دگرگون شده، متاتوف آندزیتی، متاکریستالیتیک توف و متاآندزیت روی داده است. بر اساس مطالعات صحرایی و میکروسکوپی، کالکوپیریت، پیریت، اسفالریت، گالن، آرسنوپیریت و به مقدار کم مگنتیت کانی‌های اصلی کانسنگ را تشکیل می‌دهند. بافت ماده‌ی معدنی از نوع دانه‌پراکنده، لامینه‌ای، توده‌ای و رگچه‌ای است که بافت رگچه‌ای عمدتاً در بخش‌های زیرین کانسار دیده می‌شود. کانی‌های ثانویه از جمله اسمیت‌زونیت، سروزیت، کالکوسیت، ککولیت، مالاکیت، آزوریت، گوتیت و لیبیدوکروسیت نیز در اثر فرایندهای سوپرژن در این کانسار تشکیل شده‌اند. دگرسانی‌های سیلیسی، سربستی، کلریتی و کربناتی دگرسانی‌های اصلی کانسار پیرقشلاق را تشکیل می‌دهند. نتایج مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که کانه‌زایی مس-روی-سرب در کانسار پیرقشلاق از نوع کانسارهای سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد تیپ بشی است.

کلیدواژه‌ها: سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد، ایران مرکزی، پیرقشلاق، ماهنشان، زنجان.

* نویسنده مسئول: قاسم نباتیان

E-mail: gh.nabatian@znu.ac.ir

۱- پیش‌نوشتار

اکسید زیرکیم (ZrO_2)، کبالت خالص (Co)، نیکولیت (NiAs)، اسفالریت (Zns)، آرژنتیت (Ag_2S)، طلا خالص (Au)، گالیم-آرسنیک (Ga-As)، گرینوکیت (CdS)، آنتیموان (Sb)، سینابر (HgS)، گالن (PbS) و بیسموتینت (Bi_2S_3) است.

۲- زمین‌شناسی

بر اساس مطالعات صحرایی، نقشه ۱/۵۰۰۰ زمین‌شناسی (شرکت معدنکاران انگوران، ۱۳۸۴) و ستون چینه‌شناسی تهیه شده از منطقه مورد مطالعه، واحدهای سنگی مربوط به سازندهای کهر، درود، روته، قرمز زیرین و قرمز بالایی به همراه دایک‌های گرانیتی در این منطقه رخنمون دارند که دایک‌های مذکور به داخل سازند کهر نفوذ کرده‌اند (شکل‌های ۱ و ۲). با توجه به اینکه دایک‌های مذکور فقط در داخل سازند کهر نفوذ کرده‌اند، می‌توان نتیجه گرفت که سن نسبی دایک‌های گرانیتی بعد از تشکیل سازند کهر و قبل از پرمین بوده است. بیشترین رخنمون واحدهای موجود در محدوده مورد مطالعه مربوط به سازند کهر و شامل ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده (کوارتزیت)، متاآندزیت‌ها، متاتوف آندزیتی و متاکریستالیتیک توف است. این سازند میزبان اصلی کانه‌زایی در این منطقه به شمار می‌رود. به واسطه مرز گسله، سازند درود و روته بر روی سازند کهر قرار گرفته است (شکل ۳).

سازند قرمز زیرین نیز با سن الیگوسن با یک واحد کنگلومرایی-ماسه‌سنگی پیشرونده به رنگ قرمز متمایل به قهوه‌ای، به وسیله مرز گسله بر روی سازند کهر قرار گرفته است (شکل ۳). در بخش پایینی سازند کهر، سازند قرمز بالایی قرار دارد که مرز بین این دو واحد نیز تراستی است (شکل ۳). در این منطقه سازند قرمز بالایی تناوبی از مارن، ماسه‌سنگ و توف است. قابل ذکر است که به دلیل گسترش کم دایک‌های گرانیتی، این دایک‌ها تأثیر چندانی بر روی کانه‌زایی نداشته‌اند.

۴- سنگ‌شناسی

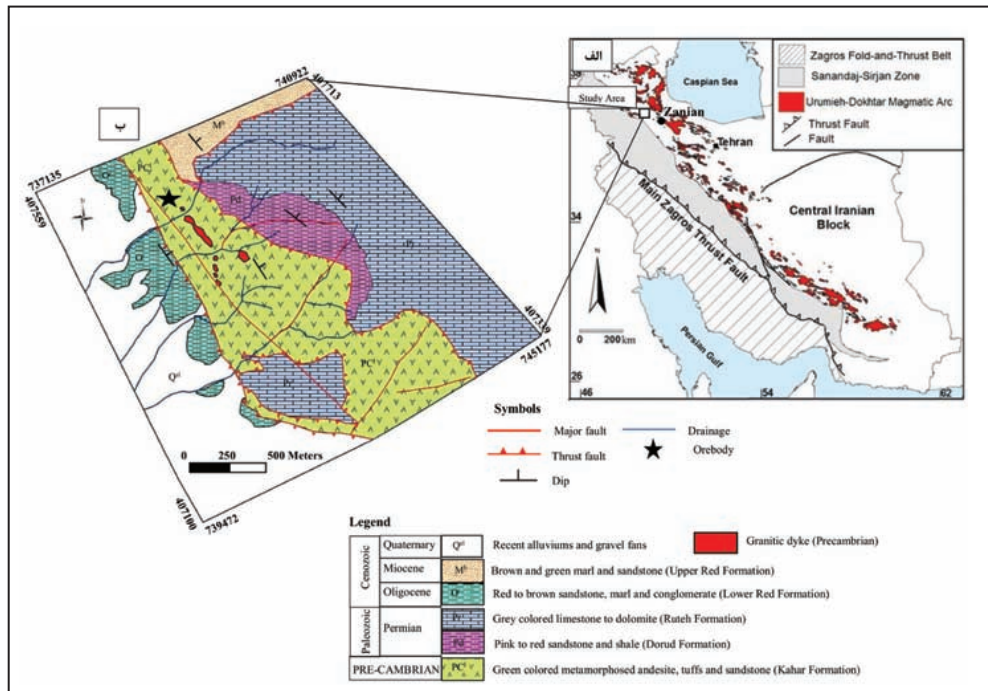
با توجه به اینکه سازند کهر میزبان اصلی کانه‌زایی مس-روی-سرب در این منطقه

کانسار مس-روی-سرب پیرقشلاق در گوشه شمال خاوری نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ماهنشان (لطفی، ۱۳۸۰) میان طول‌های خاوری ۳۸' ۴۷° تا ۴۴' ۴۷° و عرض‌های شمالی ۴۵' ۳۶° تا ۴۷' ۳۶° جای دارد. در تقسیمات پهنه‌های ساختاری ایران‌زمین، این کانسار در پهنه‌ی ایران مرکزی (آقناباتی، ۱۳۸۳) واقع شده است. کانسارها و رخدادهای معدنی متعددی در منطقه ماهنشان وجود دارد که از مهم‌ترین آنها می‌توان به روی (سرب-نقره) انگوران (Annels et al., 2003; Daliran and Borg, 2005; Gilg et al., 2006; Alinia, 1989) همکاران، ۱۳۹۰؛ قدیمی و نباتیان، ۱۳۹۳، محمدی نیایی، ۱۳۹۵، سرب-روی-نقره آی‌قلعه‌سی (شیرخانی و همکاران، ۱۳۸۵؛ محمدی نیایی، ۱۳۹۴؛ Mohamadi Niaei et al., 2015)، مس بایچه‌باغ (کریمی و لطفی، ۱۳۹۰)، مس چهرآباد (بیگدلی، ۱۳۹۳؛ بیگدلی و همکاران، ۱۳۹۳) و آهن لولک‌آباد (کریمی و همکاران، ۱۳۹۲) اشاره کرد. علی‌رغم فعالیت‌های اکتشافی اخیر انجام شده در کانسار مس-روی-سرب پیرقشلاق (شرکت معدنکاران انگوران، ۱۳۸۴)، تاکنون مطالعه علمی دقیقی بر روی آن انجام نشده است. در این نوشتار، ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت و کانه‌زایی کانسار پیرقشلاق مورد بررسی قرار گرفته است.

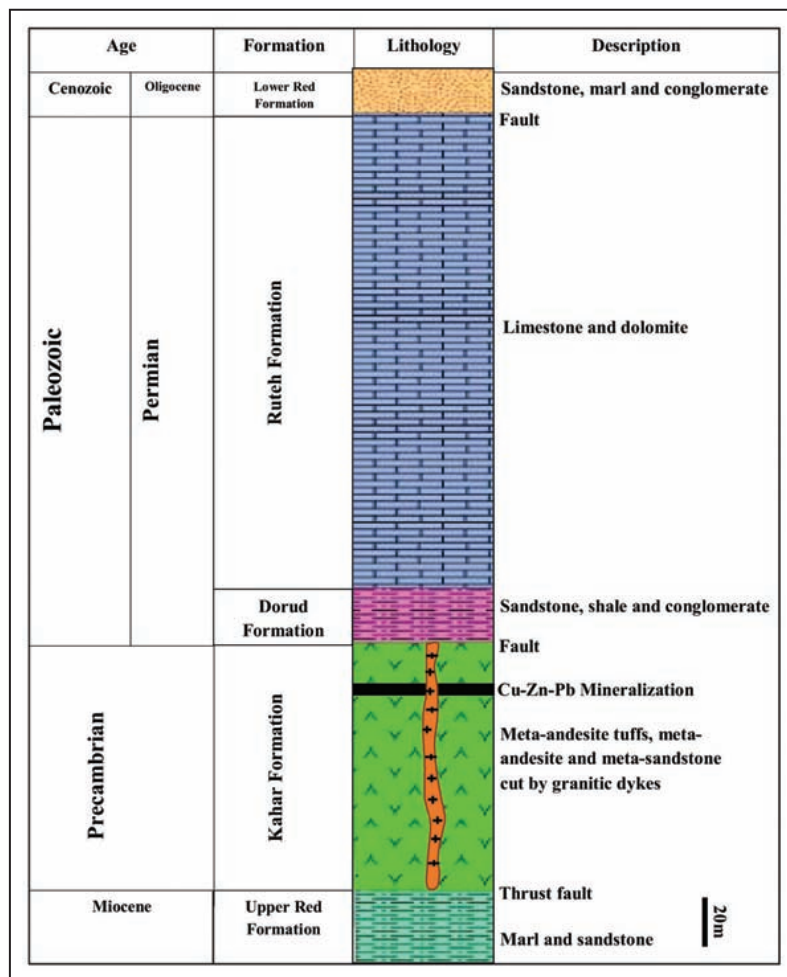
۲- روش پژوهش

جهت انجام این پژوهش علاوه بر مطالعات صحرایی و تصحیح نقشه زمین‌شناسی، تعداد ۳۰ مقطع نازک-صیقلی و ۷ مقطع نازک به منظور مطالعات سنگ‌نگاری، بافتی، کانی‌شناسی و رسم توالی پاراژنزی تهیه شده است. همچنین جهت مطالعات میکروپروپ (EPMA)، ۵ مقطع نازک-صیقلی و دو مقطع صیقلی تهیه و به منظور بررسی تعیین عناصر موجود در کانی‌های سولفیدی در مرکز فرآوری مواد معدنی ایران مورد آنالیز قرار گرفتند. دستگاه الکترون پروپ در مرکز تحقیقات فرآوری مواد معدنی ایران، ساخت شرکت Cameca فرانسه و مدل آن SX100 است. استانداردهای مورد استفاده برای آنالیز میکروپروپ شامل کالکوپیریت ($CuFeS_2$)،

به شمار می‌رود، بر این اساس، سنگ‌نگاری واحدهای تشکیل‌دهنده سازند کهر در ادامه توضیح داده شده است.



شکل (الف) نقشه زمین‌شناسی- ساختاری ایران‌زمین و موقعیت منطقه مورد مطالعه بر روی آن (اقتباس از: Alavi, 1994; (ب) نقشه زمین‌شناسی منطقه پیرقشلاق (اقتباس با تغییرات از شرکت معدنکاران انگوران، ۱۳۸۴). (Shahabpour, 2005)



شکل ۲- ستون چینه‌شناسی واحدهای موجود در منطقه مورد مطالعه (ضخامت‌ها تقریبی است).



شکل ۳- نمایی از سازندهای کهر، درود، روته، قرمز زیرین و قرمز بالایی در منطقه پیرقشلاق. همان‌طور که در تصویر مشاهده می‌شود، مرز بین سازند کهر و سازند قرمز بالایی تراستی است (دید به سمت شمال-شمال باختر).

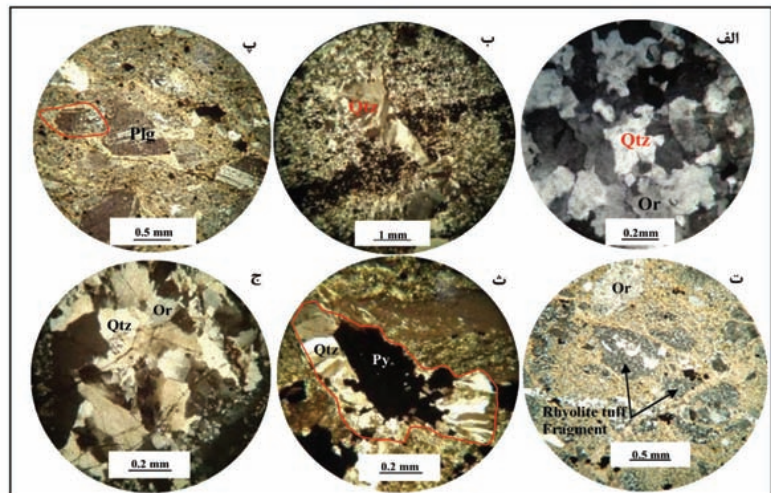
(شکل ۴-ت). زیرکن و اسفن به‌عنوان کانی‌های فرعی این واحد به‌شمار می‌روند و سریسیت، کلریت، اپیدوت و کلسیت نیز کانی‌های ثانویه آن را تشکیل می‌دهند. با توجه به ترکیب کانی‌شناسی، می‌توان اظهار داشت که سنگ مادر آن کریستالیتیک توف بوده است. واحد متاتوف آندزیتی دارای بافت ریزبلور است که متشکل از کانی‌های کلریت، سریسیت و کانی‌های اوپک، بیوتیت همراه با بلورهای درشت لنزی شکل کوارتز با اندازه ۳۰۰ تا ۵۰۰ میکرون هستند (شکل ۴-ث). در برخی نقاط، کوارتزها حالت تجمعی دارند و خاموشی موجی شکل و تبلور مجدد را از خود نشان می‌دهند. این تجمعات عمدتاً در اطراف کانی‌های اوپک قابل مشاهده هستند. در نمونه‌های متاتوف آندزیتی منطقه پیرقشلاق، علاوه بر خاموشی موجی شکل کوارتز، پارامترهای دگرشکلی دیگر از جمله سایه‌های واکنشی یا کرنشی نیز مشاهده می‌شود که حاکی از وجود یک پهنه برشی است. این پدیده از رشد بلورهای کوارتز در اطراف بلورهای پورفیروکلاست از جنس پیریت در راستای عمود بر جهت بیشترین میزان فشار تشکیل شده و همروند با بر گوارگی غالب سنگ است. این پدیده بیشتر به‌صورت متقارن توسعه یافته است (شکل ۴-ث).

نمونه‌ها مربوط به دایک‌های گرانیتی دارای بافت‌های گرانولار تا میکروگرانولار هستند و از کانی‌های پلاژیوکلاز، کوارتز و آلکالی فلدسپار تشکیل شده‌اند (شکل ۴-ج). زیرکن و اسفن کانی‌های فرعی این سنگ و سریسیت، کلسیت و مسکوویت نیز کانی‌های ثانویه آن را تشکیل می‌دهند. پلاژیوکلاز (۳۰ درصد)، کوارتز (۲۵ درصد) و آلکالی فلدسپار (۳۵ درصد) کانی‌های اصلی این سنگ و دارای خاموشی موجی و تبلور مجدد هستند که حاکی از دگرشکلی سنگ‌های مورد مطالعه است (شکل ۴-ج). کانی‌های موجود در گرانیت‌ها تا حدی جهت‌یافتگی ترجیحی نشان می‌دهند.

بر اساس نتایج مطالعات سنگ‌نگاری، واحدهای تشکیل‌دهنده سازند کهر در منطقه مورد مطالعه شامل ماسه‌سنگ دگرگون شده (کوارتزیت)، متاآندزیت و توف‌های دگرگون شده هستند که دایک‌های گرانیتی این واحدها را قطع کرده‌اند. کوارتزیت‌ها دارای بافت گرانوبلاستیک هستند و از نظر کانی‌شناسی کانی‌های اصلی این سنگ‌ها را کوارتز و آلکالی فلدسپار، بلورهای کوچک مسکوویت و بیوتیت و کانی‌های کدر تشکیل می‌دهند که در این بین، کوارتز و کانی‌های کدر از فراوانی بیشتری نسبت به بقیه کانی‌ها برخوردار هستند (شکل ۴-الف). همان‌طور که در شکل ۴-ب مشاهده می‌شود، کانی‌های کدر به‌صورت لامینه‌ای و نواری در داخل این واحد سنگی قابل مشاهده هستند و توسط رگچه‌های سیلیسی قطع شده‌اند. متاآندزیت‌ها در نمونه دستی و در مقاطع میکروسکوپی بافت پورفیری را از خود نشان می‌دهند. زمینه این واحد سنگی ریزبلور است و متشکل از کانی‌های پلاژیوکلاز، سریسیت، کانی‌های اوپک و کانی‌های ریز مسکوویت همراه با فنوکریست‌هایی از پلاژیوکلاز با ماگل‌های پلی‌سنتیک در اندازه‌های ۵۰۰ میکرون تا ۲ میلی‌متر هستند (شکل ۴-پ). بافت‌های حاصل از دگرشکلی از جمله بافت پورفیروکلاست و بافت سایه‌فشاری در نمونه‌های مربوط به متاآندزیت‌ها قابل مشاهده است (شکل ۴-پ). برخی از پلاژیوکلازها با حالت لنزی شکل و ماگل‌های ناقص و نوک تیز در زمینه‌ی دانه‌ریز سنگ، همروند با بر گوارگی قرار دارند. قابل ذکر است که این واحد تا درجه رخساره شست سبز دگرگون شده است.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی، نمونه‌های متاکریستالیتیک توف دارای بافت هیالوپورفیریک بوده و از کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز، آلکالی فلدسپار، بیوتیت و قطعات سنگی (لیتیک) تشکیل شده‌اند که این قطعات از جنس سنگ‌های آذرین (توف ریولیتی و توف آندزیتی) و سنگ‌های رسوبی (ماسه‌سنگ) هستند

شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی از واحدهای مختلف موجود در منطقه مورد مطالعه، الف) بافت گرانوبلاستیک در واحد متاکوارتزیت؛ ب) رگچه‌ی سیلیسی در واحد ماسه‌سنگ دگرگون شده که لامینه کانی‌های اوپک (نوارهای تیره رنگ) را قطع کرده است؛ پ) بافت پورفیری در واحد متاآندزیت با زمینه ریزبلور و بلورهای درشت پلاژیوکلاز که بافت سایه‌فشاری را نشان می‌دهند؛ ت) بافت پورفیری در واحد متاکریستالیتیک توف با فنوکریست‌های ارتوز، کوارتز و قطعات لیتیک (Rock Fragment) از جنس توف ریولیتی در زمینه ریزدانه سریسیتی شده؛ ث) پدیده سایه واکنشی به‌صورت رشد متقارن کوارتز در اطراف پیریت در واحد متاآندزیت؛ ج) بلورهای درشت کوارتز با خاموشی موجی در دایک گرانیتی (Qtz: کوارتز، Or: ارتوز، Plg: پلاژیوکلاز، Ms: مسکوویت).



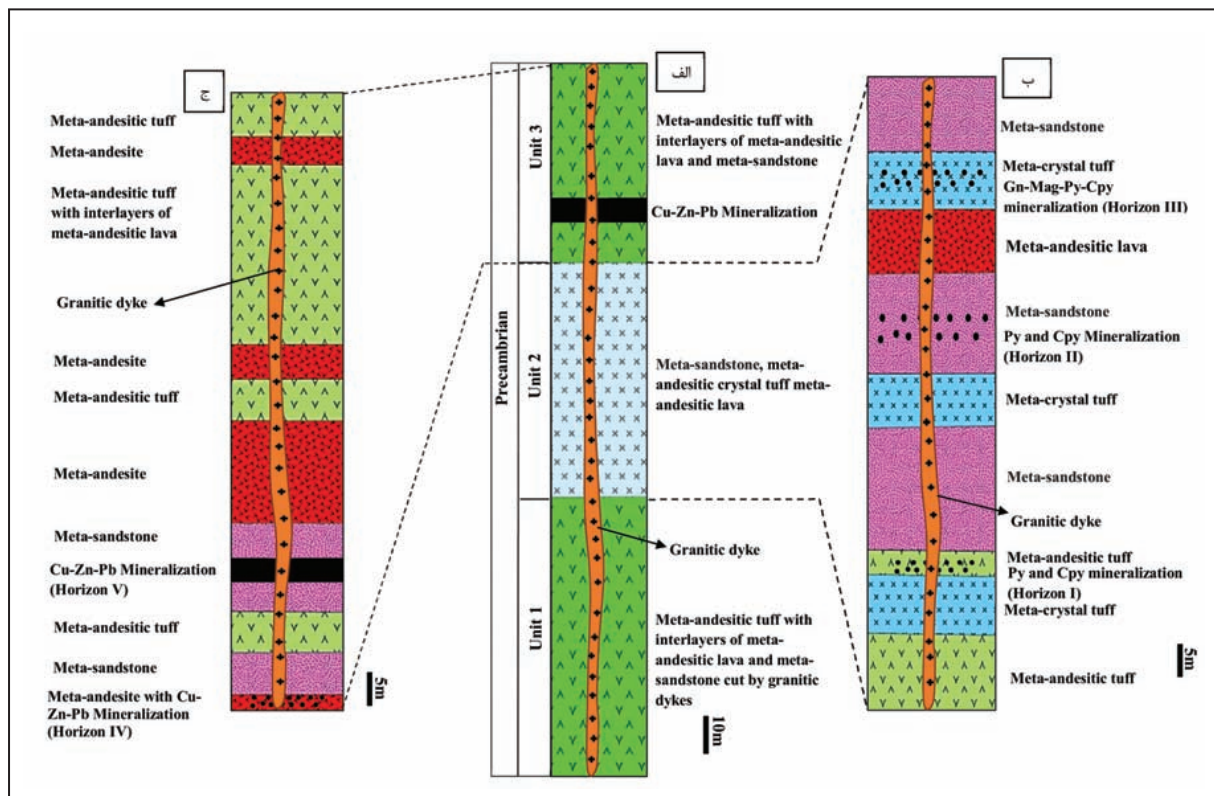
۵- کانه‌زایی

کانه‌زایی مس- روی- سرب در داخل سازند کهر به ۵ افق قابل تقسیم است (شکل ۵) که از پایین به بالا به ترتیب عبارتند از:

– **افق اول:** این افق حاوی کانه‌زایی مس است که با ضخامت ۲ متر و طول ۵۰ متر در واحد متاتوف آندزیتی دگرگون شده مابین واحد متاکریستالیتیک توف و ماسه‌سنگ دگرگون شده قرار دارد (شکل‌های ۵- ب و ۶). افق یاد شده قدیمی‌ترین افق کانه‌زایی در محدوده مورد مطالعه به شمار می‌رود و در زیر سایر افق‌ها قرار دارد. افق اول کانه‌زایی در این منطقه دارای کانی‌سازی مس به صورت پراکنده است. بر اساس نمونه‌های برداشت شده از این افق، کانی‌های پیریت و کالکوپیریت در این افق دیده می‌شود که در برخی بخش‌ها به کانی‌های ثانویه از

جمله اکسیدهای آهن و مالاکیت تجزیه شده‌اند (شکل ۶- ب). قابل ذکر است علاوه بر کانه‌زایی پراکنده، پیریت و کالکوپیریت با بافت رگچه‌ای نیز در این بخش قابل مشاهده هستند.

– **افق دوم:** افق دوم کانه‌زایی با ضخامت ۰/۵ متر و طول ۵۰ متر در واحد ماسه‌سنگ دگرگون شده قرار دارد که در کمربین آن واحد متاکریستالیتیک توف و در کمربالای آن واحد متاآندزیت قرار دارد (شکل ۵- ب). این افق دارای کانی‌سازی به صورت پراکنده و رگچه‌ای است که بافت رگچه‌های می‌تواند به عنوان بخش استرینگر این کانسار باشد. بر اساس نمونه‌های برداشت شده از این افق، پیریت و کالکوپیریت در این افق دیده می‌شود (شکل ۶- ج).



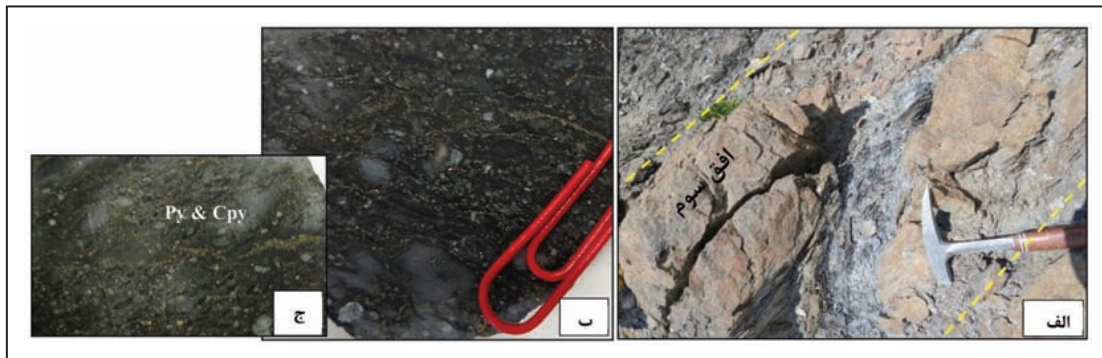
شکل ۵- الف) ستون‌های چینه‌شناسی کلی تهیه شده از سازند کهر؛ ب) ستون تهیه شده از واحد دوم سازند کهر که دارای ۳ افق کانه‌زایی (افق‌های ۱، ۲ و ۳) به صورت دانه پراکنده در منطقه معدنی پیرقشلاق است؛ ج) ستون چینه‌شناسی کلی تهیه شده از سازند کهر؛ د) ستون چینه‌شناسی تهیه شده از واحد سوم این سازند که دارای افق‌های چهارم و پنجم (افق‌های ۴ و ۵) کانه‌زایی است؛ کانه‌زایی در افق چهارم به صورت دانه پراکنده و در افق پنجم به صورت صفحه‌ای شکل روی داده است (Py: Pyrite و Cpy: Chalcopyrite).



شکل ۶- الف) افق اول کانه‌زایی در منطقه پیرقشلاق با میزبان متاتوف آندزیتی که در حدود ۲ متر ضخامت دارد؛ ب) نمای نزدیک از افق کانه‌زایی مس که آغشتگی سطحی به مالاکیت دارد؛ ج) دومین افق کانه‌زایی در منطقه با میزبان ماسه‌سنگ دگرگون شده تشکیل شده است.

شده قرار دارد (شکل ۵-ب). قابل ذکر است که پیریت و کالکوپیریت علاوه بر بافت دانه پراکنده، به صورت لامینه‌ای و رگچه‌ای (کانه‌زایی رگچه‌ای در این افق نیز می‌تواند به عنوان بخش استرینگر باشد) نیز در این افق دیده می‌شوند (شکل ۷).

– **افق سوم:** افق سوم کان‌زایی دارای کان‌های پیریت، کالکوپیریت، مگنتیت و گالن دانه پراکنده در واحد متاکریستال لیتیک توف با ضخامت حدود ۵ متر و به طول حدوداً ۵۰ متر است که مابین دو واحد متاندزیت و ماسه‌سنگ دگرگون



شکل ۷- الف) سومین افق کان‌زایی در منطقه با میزان متاکریستال لیتیک توف که در شکل نشان داده شده است؛ ب) نمونه متاکریستال لیتیک توف برداشت شده از افق سوم که حاوی کان‌زایی پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) است؛ ج) نمایی نزدیک از کان‌زایی پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) به صورت دانه پراکنده، لامینه‌ای (لامینه‌هایی که قطعات لیتیک از جنس توف ربولینی، توف آندزیتی و ماسه‌سنگ را دور زده‌اند) و رگچه‌ای.

زیرین (افق‌های اول تا چهارم) و در زیر افق اصلی کان‌زایی (افق پنجم) تشکیل شده و در بخش‌هایی رگچه‌هایی از کان‌زایی در این افق قابل مشاهده است.

– **افق چهارم:** افق چهارم کان‌زایی به صورت پیریت و کالکوپیریت دانه پراکنده و رگچه‌ای در واحد متاندزیت با ضخامت ۲ متر و به طول حدوداً ۵۰ متر در بین دو واحد ماسه‌سنگ دگرگون شده قرار دارد که مقدار این کانی‌ها تقریباً در این افق با هم برابر است.

۷- ساخت و بافت

مطالعات صحرایی و میکروسکوپی انجام شده در منطقه پیرقشلاق نشان می‌دهد که بافت ماده معدنی افق اصلی کان‌زایی (افق پنجم) از نوع دانه پراکنده، لامینه‌ای، توده‌ای، نواری و رگچه‌ای است (شکل ۸). بافت لامینه‌ای شامل نوارهای غنی از کالکوپیریت، اسفالریت، گالن و پیریت با ضخامت ۱ تا چند میلی‌متر و گاهی تا چند سانتی‌متر است (شکل‌های ۸-ج، د و ز). بافت توده‌ای به طور عمده از اسفالریت و گالن به همراه کالکوپیریت و پیریت تشکیل شده است. بافت دانه پراکنده شامل بلورهای دانه پراکنده پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت و گالن است که در داخل ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده، متاتوف آندزیتی، متاندزیت و متاکریستال لیتیک توف مشاهده می‌شود (شکل ۸-ر). بافت رگچه‌ای نیز شامل کانی‌های پیریت و کالکوپیریت است که عمدتاً در واحدهای زیرین افق پنجم ماده معدنی مشاهده می‌شود (شکل ۸-ر). قابل ذکر است که دگرگونی بر روی کان‌زایی نیز تأثیر گذاشته و باعث تشکیل بافت‌هایی همانند سایه‌فشاری در اطراف کانی‌های سولفیدی از جمله پیریت شده است (شکل ۴-ث).

– **افق پنجم:** افق پنجم که افق اصلی کان‌زایی در منطقه مورد مطالعه است، کان‌زایی مس-روی-سرب به صورت صفحه‌ای شکل دارد که با طول تقریبی ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر و کمتر از ۱۰ متر ضخامت در امتداد عمومی شمال باختری-جنوب خاوری در داخل ماسه‌سنگ دگرگون شده قرار دارد (شکل‌های ۵-ب و ۸-الف). بر اساس نمونه‌های برداشت شده از این افق، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، گالن و آرسنوپیریت کانی‌های اصلی این افق را تشکیل می‌دهند که کالکوپیریت، اسفالریت و پیریت نسبت به سایر کانی‌ها از فراوانی بیشتری برخوردار هستند. همان‌طور که در شکل ۸-الف و ب مشاهده می‌شود این بخش از کان‌زایی محدود به یک افق زرد رنگ بوده که رنگ زرد این افق به خاطر وجود کانی‌های ثانویه از جمله ژاروسیت و لیمونیت است. در جدول ۱ تمام ویژگی‌های افق‌های کان‌زایی در کانسار پیرقشلاق باهم مقایسه شده است. قابل ذکر است که با توجه مطالعات ژئوشیمیایی انجام شده و همچنین بر اساس گزارش اکتشافی در محدوده پیرقشلاق (۱۳۸۴)، مقادیر به دست آمده از آنالیزهای ژئوشیمیایی در افق اصلی کان‌زایی (افق پنجم) بیانگر آن است که مقدار روی در نمونه‌های مطالعه شده برابر با ۳۲ درصد، مقدار مس بیش از ۳ درصد، مقدار سرب برابر با ۱۰ درصد، مقدار نقره بیش از ۱۰۰ گرم در تن و مقدار طلا ۱/۵ گرم در تن است.

۸- کانی‌شناسی

مطالعات کان‌نگاری نشان می‌دهد که کالکوپیریت، اسفالریت، گالن، پیریت و آرسنوپیریت به همراه مقدار کم مگنتیت کان‌های اصلی ماده معدنی کانسار پیرقشلاق را در افق‌های اول تا پنجم کان‌زایی تشکیل می‌دهند. کوارتز و کلسیت نیز کانی‌های باطله این کانسار را شامل می‌شوند. کانی‌های ثانویه از جمله سروزیت، اسمیت زونیت، گوتیت، کالکوسیت، کولیت، اکسید و هیدرواکسیدهای آهن نیز در اثر فرایندهای سوپرژن و هوازدگی در این کانسار تشکیل شده‌اند. پیریت یکی از کانی‌های مهم سولفیدی در این کانسار است که به صورت دانه پراکنده، لامینه‌ای، سایه‌فشاری، رگچه‌ای و ادخال در همه افق‌های کان‌زایی تشکیل شده است (شکل‌های ۹-الف، ب، پ و ت). البته قابل ذکر است که بافت رگچه‌ای آن در افق‌های اول تا چهارم کانسار مشاهده می‌شود. پیریت در بعضی نمونه‌ها به صورت ادخال‌هایی (انکلوزیون و یا به احتمال زیاد پوئیکلیتیک) درون کالکوپیریت، اسفالریت و گالن دیده می‌شود

۶- شکل هندسی ماده معدنی

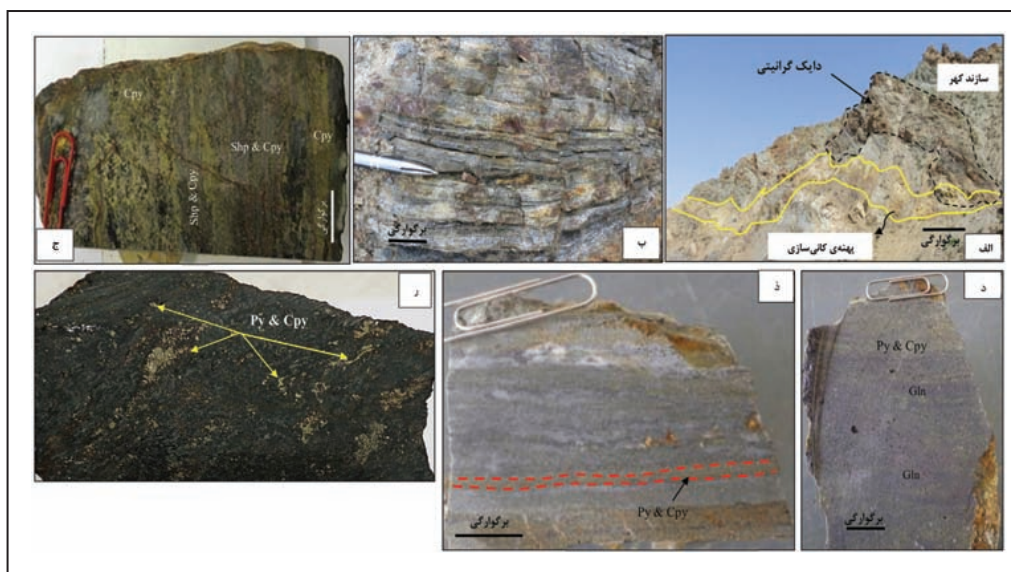
در کانسار پیرقشلاق ماده معدنی به صورت چینه‌سان صفحه‌ای و لایه‌ای شکل و به صورت همخوان و همروند با لایه‌بندی سنگ‌های درونگیر است که در زیر آن پهنه کان‌دار رگه-رگچه‌ای نیز مشاهده می‌شود. پیکر ماده معدنی با سبزی ۱۰ متر و طول ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر تا حدودی دچار چین خوردگی و گسل خوردگی شده است. با توجه به اینکه در این منطقه کارهای اکتشافی دقیقی از جمله حفر گمانه انجام نشده است، به همین خاطر اطلاعات دقیقی از بخش‌های زیرین کانسار از جمله پهنه استرینگر وجود ندارد. ولی بر اساس مطالعات انجام شده و مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی، می‌توان اظهار داشت که بخش استرینگر کانسار پیرقشلاق در افق‌های

(شکل ۹- ذ). بافت‌های لامینه‌ای و نواری این کانی نیز در افق اصلی کانه‌زایی (افق پنجم) دیده می‌شود و بافت دانه‌پراکنده آن در افق‌های زیرین افق پنجم تشکیل شده است. کانی آرسنوپیریت یکی دیگر از کانی‌هایی است که به همراه کانی‌های سولفیدی دیگر در این کانسار تشکیل شده که مقدار آن نسبت به کانی‌های دیگر کمتر است (شکل ۹- ز). این کانی بیشتر در افق پنجم کانسار تشکیل شده است. کانی مگنتیت نیز به صورت بلورهای خودشکل و پراکنده در داخل واحد متاکریستال لیتیک توف (افق سوم) مشاهده می‌شود. همان‌طور که در (شکل ۹- س) مشاهده می‌شود، این کانی بعد از کانه‌زایی سولفیدی مس- روی- سرب تشکیل شده و در برخی بخش‌ها کانی‌های سولفیدی از جمله پیریت را احاطه کرده است. قابل ذکر است که به غیر از مگنتیت و پیریت در افق سوم کانه‌زایی، کانه‌های موجود در هر افق، با هم هم‌رشدی دارند و در هر افق به‌طور هم‌زمان تشکیل شده‌اند. بدین معنی که کانه‌های موجود در افق پنجم هم‌رشدی دارند و به‌طور هم‌زمان تشکیل شده‌اند. این در حالی است که همین فرایند در بقیه افق‌ها نیز اتفاق افتاده است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی مقادیر کانی‌های سولفیدی موجود در افق اصلی کانه‌زایی شامل پیریت: ۳۰٪، کالکوپیریت: ۴۰٪، اسفالریت: ۳۰٪ و گالن: ۱۰٪ است. مگنتیت نیز در اثر فرایندهای سوپرژن و هوازدگی از حواشی بلوری و شکستگی‌ها به کانی‌های ثانویه از جمله هماتیت تبدیل شده است. قابل ذکر است که تشکیل مگنتیت در این منطقه بسیار کم بوده و به‌صورت پراکنده درون واحد متاکریستال لیتیک توف تشکیل شده است.

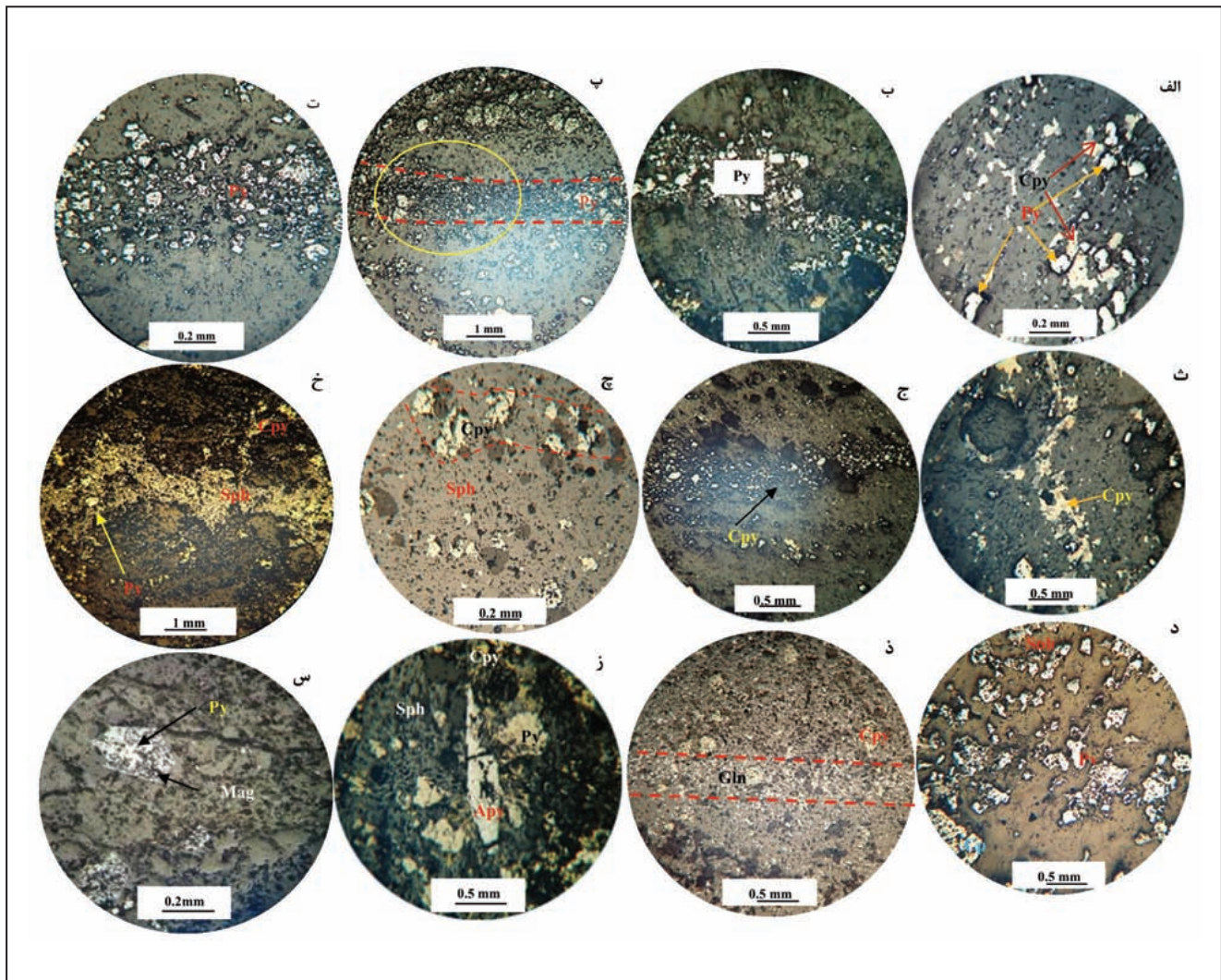
که حالت عکس آن نیز وجود دارد. وجود این بافت در این کانسار نشان‌دهنده تبلور هم‌زمان این کانه‌هاست. این کانی در اثر فرایندهای هوازدگی و سوپرژن به درجات مختلفی به گوتیت و لپیدوکروزیت تبدیل شده است. در نمونه‌های مطالعه شده، کالکوپیریت نسبت به پیریت فراوانی بیشتری دارد. در بیشتر نمونه‌ها این کانی با بافت‌های دانه‌پراکنده، لامینه‌ای و رگچه‌ای در واحدهای متاتوف آندزیتی و ماسه‌سنگ دگرگون شده و به‌صورت نوارهایی همراه با نوارهای غنی از گالن در زمینه‌ای از کانی اسفالریت دیده می‌شوند (شکل‌های ۸ و ۹- ث، ج و چ). در بعضی موارد درون کالکوپیریت، انکلوژیون‌هایی از پیریت، اسفالریت و گالن و حالت بالعکس آن نیز دیده می‌شود. بافت رگچه‌ای این کانی نیز در افق‌های اول تا چهارم دیده می‌شود. اسفالریت یکی دیگر از کانی‌های مهم سولفیدی است که اغلب به‌صورت نواری، لامینه‌ای، توده‌ای و دانه‌پراکنده در واحدهای ماسه‌سنگ دگرگون شده قابل مشاهده است (شکل‌های ۹- خ و د). بافت‌های نواری، لامینه‌ای و توده‌ای آن در افق پنجم کانه‌زایی تشکیل شده و بافت دانه‌پراکنده آن در افق‌های زیر آن قابل مشاهده است. همان‌طور که قبلاً ذکر شد، در برخی از موارد اسفالریت، ادخال‌هایی از کالکوپیریت، پیریت و گالن دارد که در داخل آن به‌صورت بلورهای ریز تا درشت مشاهده می‌شوند و نشان‌دهنده تشکیل هم‌زمان آنهاست. گالن با رنگ سفید و رخ مثلی کاملاً مشخص و یکی از مهم‌ترین کانی‌های سولفیدی در ارتباط با کانه‌زایی سازند کهر است که با بافت‌های لامینه‌ای، نواری و دانه‌پراکنده در واحدهای ماسه‌سنگ دگرگون شده و متاکریستال لیتیک توف قرار دارد

جدول ۱- مقایسه افق‌های کانه‌زایی در کانسار پیرقشلاق با یکدیگر.

ویژگی‌ها	افق اول	افق دوم	افق سوم	افق چهارم	افق پنجم
سنگ میزبان	متاتوف آندزیتی	ماسه‌سنگ دگرگون شده	متاکریستال لیتیک توف	ماسه‌سنگ دگرگون شده	ماسه‌سنگ دگرگون شده
ضخامت کانه‌زایی	ضخامت: ۲ متر	ضخامت: ۰/۵ متر	ضخامت: ۵ متر	ضخامت: ۲ متر	ضخامت: ۱۰ متر
	طول: ۵۰ متر	طول: ۵۰ متر	طول: ۵۰ متر	طول: ۵۰ متر	طول: ۱۰ تا ۱۵۰ متر
کانی‌شناسی	پیریت، کالکوپیریت	پیریت، کالکوپیریت	پیریت، کالکوپیریت، گالن	پیریت، کالکوپیریت	پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت و آرسنوپیریت
بافت ماده معدنی	دانه‌پراکنده و رگچه‌ای	دانه‌پراکنده و رگچه‌ای	دانه‌پراکنده و رگچه‌ای و لامینه‌ای	دانه‌پراکنده و رگچه‌ای	دانه‌پراکنده و رگچه‌ای، لامینه‌ای و توده‌ای



شکل ۸- الف) تصویری از افق پنجم کانی‌سازی مس- روی- سرب در منطقه مورد مطالعه (دید به سمت شمال- شمال باختر)؛ ب) نمایی نزدیک از افق پنجم کانه‌زایی، همان‌طور که در شکل مشاهده می‌شود، کانه‌زایی به‌صورت نوارهایی هم‌روند با لایه‌بندی سنگ میزبان قرار گرفته است؛ ج) بافت لامینه‌ای با نوارهای غنی از کالکوپیریت (Cpy)، اسفالریت (Sph)، پیریت (Py)؛ د و ذ) بافت لامینه‌ای با نوارهای غنی از گالن (Gln)، پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) در ماده معدنی پیرقشلاق؛ ر) بافت رگچه‌ای پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) در واحد متاتوف آندزیتی.



شکل ۹- تصاویر میکروسکوپی از کانی‌شناسی و بافت‌های موجود در کانسار پیرشلاق؛ الف) پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) با بافت دانه پراکنده در متاتوف آندزیتی؛ ب) پیریت (Py) با بافت رگچه‌ای در متاتوف آندزیتی؛ پ و ت) پیریت (Py) با بافت لامینه‌ای در متن سنگ کوارتزیت؛ ث) کالکوپیریت (Cpy) با بافت رگچه‌ای در واحد متاتوف آندزیتی؛ ج) کالکوپیریت (Cpy) دارای بافت لامینه‌ای در زمینه ماسه سنگ دگرگون شده؛ چ) نوارهای غنی از کانی کالکوپیریت (Cpy) در زمینه اسفالریت (Sph)؛ خ) بافت لامینه‌ای اسفالریت (Sph) در کنار کالکوپیریت (Cpy) به همراه پیریت‌هایی (Py) در متن سنگ کوارتزیت؛ د) بافت دانه پراکنده کانی اسفالریت (Sph)، پیریت (Py) و کالکوپیریت (Cpy) در متن سنگ کوارتزیت؛ ذ) نوارها یا باندهای غنی از کانی گالن (Gln) به همراه ادخال‌هایی از کانی کالکوپیریت (Cpy) در زمینه اسفالریت (Sph)؛ ز) کانی آرسنوپیریت (Apy) به شکل لوزی همراه با کانی‌های پیریت (Py)، کالکوپیریت (Cpy) و اسفالریت (Sph)؛ س) کانی مگنتیت (Mag) تشکیل شده در واحد متاکریستالینک توف که کانی پیریت (Py) را دربر گرفته است.

در یک فاز کانه‌زایی اصلی و یک مرحله اکسایش و غنی‌شدگی سوپرژن پیشنهاد شده است (شکل ۱۰).

بر اساس مطالعات کانی‌شناسی، ساخت و بافت کانی‌ها و همچنین مطالعه دقیق ارتباط کانی‌های معدنی و سنگ‌ساز، توالی پاراژنری کانی‌ها برای کانسار پیرقشلاق

Minerals and Process		Exhalative Mineralization	Supergene and Weathering
	Pyrite		
	Chalcopyrite		
	Sphalerite		
	Galena		
	Arsenopyrite		
	Quartz		
	Smithsonite		
	Cerrusite		
	Covellite		
	Lepidocrocite		
	Geothite		
	Chalcocite		
	Malachite		
	Azurite		
	Jarosite		
	Limonite		
Ore Texture	Disseminated		
	Laminated		
	Massive		
	Vein and Veinlets		
	Inclusion		
	Banded		
	Replacement		
	Relict		

شکل ۱۰- توالی پاراژنری فاز اصلی کانه‌زایی (کانه‌زایی افق پنجم) در کانسار مس- روی- سرب پیرقشلاق.

۹- مطالعات الکترون مایکروپروب (EPMA)

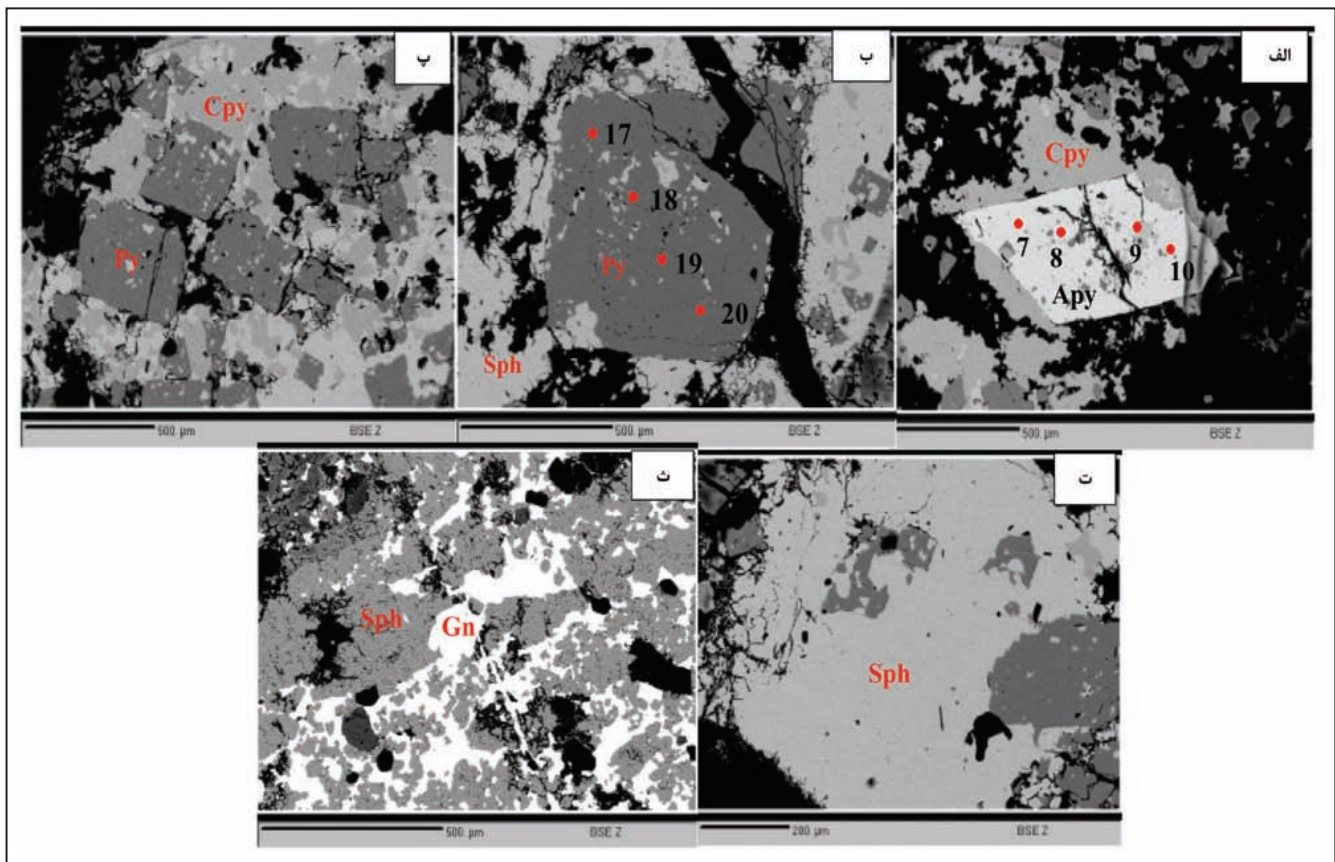
درصد و Ag میانگین ۰/۱ درصد دارند. علاوه بر این، مقدار طلا در نمونه‌های برداشت شده از بخش لامینه‌ای (۰ تا ۰/۰۸) و از بخش توده‌ای ماده معدنی (۰/۰۷-۰) در این کانی نسبت به سایر بافت‌ها بیشتر دیده می‌شود (جدول ۲). بر اساس جدول ۲، در آرسنوپیریت Ni میانگین ۰/۰۳ درصد، Au میانگین ۰/۰۲ درصد و Sb میانگین ۰/۰۲ درصد دارند. در اسفالریت Fe میانگین ۷/۸۱ درصد، Cu میانگین ۰/۱ درصد، Au میانگین ۰/۰۴ درصد، As میانگین ۰/۰۸ درصد، Hg میانگین ۰/۰۴ درصد دارند (جدول ۲). جهت تعیین میزان عناصر درون کانی گالن، دو نقطه از این کانی مورد آنالیز قرار گرفت. همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود، مقادیر عناصر نقره، طلا و کادمیم در نمونه‌های آنالیز شده قابل توجه و به بررسی‌های بیشتری در این مورد نیاز است. در واقع می‌توان اظهار داشت که کانسار پیرقشلاق نسبت به عناصر مذکور

از اهداف اصلی این آنالیز در مرحله اول، شناسایی کانی‌های موجود و در مرحله بعدی بررسی ژئوشیمی عناصر اصلی و فرعی موجود در کانی‌هاست، تا بدین طریق بتوان اطلاعاتی در مورد ترکیب شیمیایی کانه‌ها به دست آورد. در ادامه نتایج و تصاویر SEM حاصل از این بررسی‌ها در مورد کانی‌های مختلف مورد بررسی قرار گرفته است (شکل ۱۱).

بر اساس جدول ۲، در کالکوپیریت Ag میانگین ۰/۰۲٪ وزنی، As میانگین ۰/۰۳٪ وزنی و Hg میانگین ۰/۰۲٪ وزنی دارند. با توجه به جدول ۲، مقدار عنصر طلا در نمونه‌های مرتبط با دایک‌های گرانیتی (نمونه PQ6) نسبت به نمونه‌های برداشت شده از سازند کهر (نمونه‌های PQ1, PQ5, PQ6, PQ7) بیشتر است. در نمونه‌های کانه‌زایی مرتبط با دایک‌های گرانیتی، Cu میانگین ۰/۰۲ درصد، Zn میانگین ۰/۱۲

و پیریت‌های موجود در بخش‌های توده‌ای، نواری و رگچه‌ای کانسار تمرکز دارد. همچنین با توجه به اسفالریت‌های آنالیز شده، می‌توان نتیجه گرفت که کانی‌های اسفالریت موجود در این کانسار فقیر از آهن هستند که نتایج مطالعات میکروسکوپی نیز بیانگر آن است.

غنی‌شدگی نسبی نشان می‌دهد که از لحاظ اکتشافی می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. قابل ذکر است که نتایج حاصل از مطالعات ژئوشیمیایی نیز مؤید غنی‌شدگی نسبی این کانسار نسبت به طلا و نقره است. همان‌طور که در نتایج حاصل از آنالیز الکترون مایکروپروب مشاهده می‌شود عنصر طلا بیشتر داخل کالکوپیریت‌ها، آرسنوپیریت



شکل ۱۱- تصاویر SEM از کانه‌های موجود در کانسار پیرقشلاق؛ نقاط آنالیز شده در روی تصاویر نشان داده شده است: الف) بلور شکل دار آرسنوپیریت (Apy) در زمینه‌ای از کالکوپیریت (Cpy) که از بخش توده‌ای ماده معدنی مرتبط با کانه‌زایی سازند کهر برداشت شده است؛ ب) درشت‌بلور پیریت (Py) که از بخش توده‌ای مرتبط با سازند کهر برداشت شده است؛ پ) کالکوپیریت (Cpy) و پیریت (Py) که از بخش توده‌ای مرتبط با کانه‌زایی سازند کهر نمونه‌برداری شده است؛ ت) اسفالریت (Sph) که از بخش توده‌ای مرتبط با کانه‌زایی سازند کهر نمونه‌برداری شده است؛ ث) گالن (Gn) با بافت ادخال در زمینه‌ای از اسفالریت (Sph) که از بخش توده‌ای مرتبط با کانه‌زایی سازند کهر نمونه‌برداری شده است.

جدول ۲ - داده‌های تجزیه الکترون مایکروپروب کانی‌های سولفیدی در کانسار پیرقشلاق (واحد آنالیز به صورت درصد وزنی است).

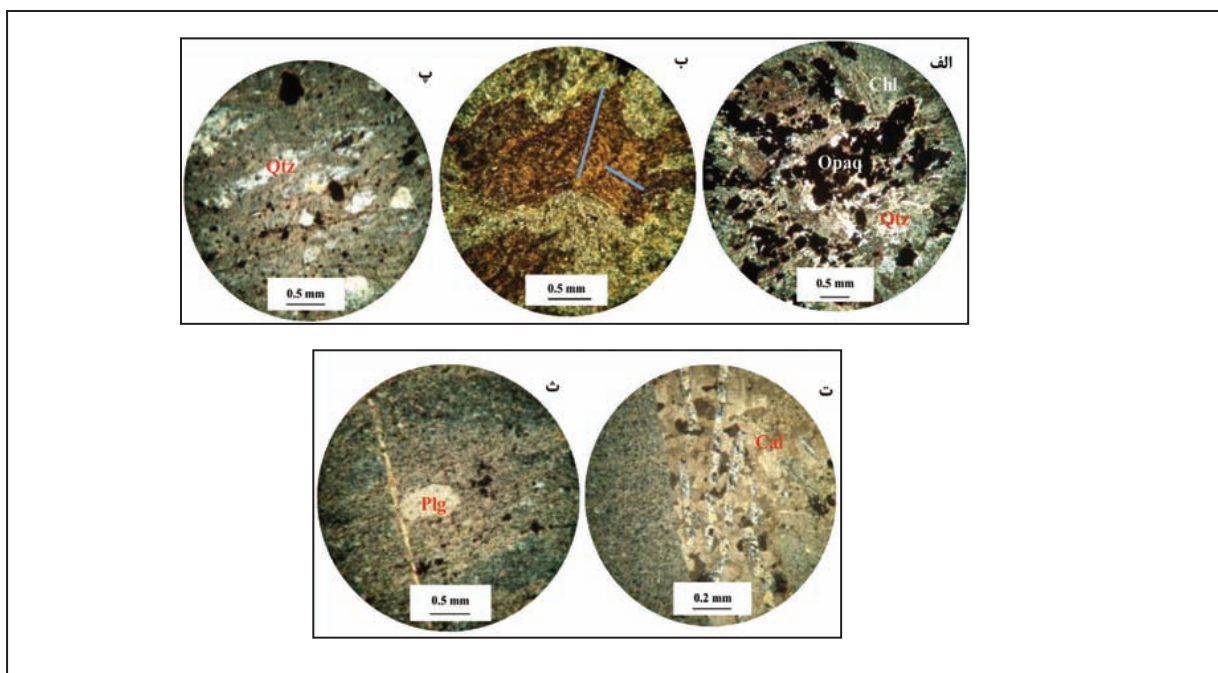
Sample	Point	mineral	S	Cr	Fe	Ni	Cu	Zn	Ag	Au	As	Cd	Sb	Hg	Pb	Bi	Total	Texture	
PQ9	17	Pyrite	53.16	0	47.06	0.01	0.04	0.16	0	0	0.15	0	0.02	0	0	0	100.6	Massive	
PQ9	18		53.13	0	47.31	0	0	0.14	0.02	0.07	0.04	0	0	0	0	0	100.71	Massive	
PQ9	19		53.01	0	47.23	0	0.01	0	0.04	0	0.03	0	0	0	0	0	100.32	Massive	
PQ9	20		53.11	0	47.56	0	0.02	0	0	0.05	0.09	0	0	0.04	0	0	100.87	Massive	
PQ7	1		53.62	0	46.83	0.01	0.08	0	0	0	0.06	0.05	0	0.01	0	0	100.66	Disseminated	
PQ7	9		52.61	0	47.38	0.03	0.02	0.03	0	0	0.01	0	0.02	0	0	0	100.1	Disseminated	
PQ1	11		53.29	0	47.13	0	0	0.24	0.01	0.01	0.05	0	0.03	0	0	0	100.76	Massive	
PQ1	14		52.22	0	47.29	0	0	0.49	0	0	0	0	0.01	0.01	0	0	100.02	Massive	
PQ6	1		53.18	0	47.38	0.1	0.1	0	0	0	0.02	0	0	0.04	0	0	100.72	Veinlet	
PQ6	2		53.51	0	46.49	0	0	0	0.03	0.02	0.05	0.05	0	0	0	0.08	100.23	Veinlet	
PQ5-1	16		53.62	0.01	47.12	0.02	0	0.03	0	0	0.13	0	0	0	0	0	100.93	Laminated	
PQ5-1	17		53.3	0	47.02	0.01	0	0.13	0.01	0.08	0.13	0.01	0	0.07	0	0	100.76	Laminated	
PQ5-1	27		53.3	0	46.6	0.01	0	0.62	0.02	0.04	0.05	0	0	0	0	0	100.64	Laminated	
PQ5	4	Chalcopyrite	34.42	0.01	31.36	0.01	34.16	0	0.01	0	0.08	0	0	0.07	0	0.01	100.13	Massive	
PQ9	24		34.84	0.01	29.84	0.01	33.95	0	0	0	0.04	0	0	0	0	0.01	98.7	Massive	
PQ9	25		34.01	0.01	30.7	0	34.95	0	0.04	0	0	0.01	0.02	0	0	0	99.74	Massive	
PQ6	3		34.9	0	30.51	0	34.24	0	0	0	0.04	0	0.03	0.03	0	0.02	99.77	Veinlet	
PQ6	4		35.16	0	30.76	0	34.79	0	0.1	0.04	0	0	0.02	0.04	0	0	100.91	Veinlet	
PQ6	5		35.29	0.01	30.08	0	34.36	0	0	0.07	0.03	0.03	0.01	0.03	0	0	99.91	Veinlet	
PQ6	6		35.47	0.01	30.07	0	34.29	0	0.03	0.02	0.08	0	0	0	0	0	99.97	Veinlet	
PQ6	7		35.02	0	30.47	0	34.72	0	0	0.04	0.04	0.01	0	0.06	0	0	100.36	Veinlet	
PQ6	8		35.11	0.01	30.08	0	34.91	0	0.03	0	0.02	0.05	0.03	0	0	0.02	100.26	Veinlet	
PQ6	9		34.16	0	29.34	0	34.75	0	0	0	0.08	0	0	0.01	0	0.06	98.4	Veinlet	
PQ5	7		Arsenopyrite	20.99	0	34.39	0.04	0	0	0	45.04	0	0.06	0	0	0.02	100.54	Laminated	
PQ5	8			21.44	0	34.83	0.08	0	0	0.03	0.07	44.06	0	0.03	0	0	0.01	100.55	Laminated
PQ5	9			21.43	0	34.26	0.02	0	0	0	0.02	44.93	0.05	0.06	0	0	0	100.77	Laminated
PQ5	10	21.5		0	34.45	0.05	0	0	0	0.07	44.77	0	0.02	0	0	0.07	100.93	Laminated	
PQ5-1	10	20.63		0	35.14	0.06	0	0.03	0.02	0.01	44.43	0.03	0.05	0	0	0	100.4	Massive	
PQ5-1	11	21.2		0.01	35.36	0.03	0.02	0	0.01	0.02	43.98	0	0.01	0	0	0.04	100.68	Massive	
PQ5-1	19	21.27		0	35.73	0.01	0	0.13	0.01	0.08	0.13	0.01	0	0.07	0	0	100.84	Massive	
PQ9	21	20.84		0	34.38	0.03	0.01	0.06	0.03	0	44.79	0	0.02	0.07	0	0	100.23	Massive	
PQ9	15	Sphalerite		33.15	0	5.4	0.01	0.55	59.6	0	0.01	0.03	0.26	0	0.05	0	0	99.06	Massive
PQ9	16			32.86	0	5.82	0	0.03	60.76	0.01	0.08	0.03	0.26	0	0.03	0	0.05	99.93	Massive
PQ9	22		33.08	0	5.58	0	0.52	60.45	0	0.1	0	0.22	0	0.02	0	0	99.97	Massive	
PQ9	23		33.1	0	5.66	0.01	0	60.43	0	0	0	0.3	0	0.07	0	0	99.57	Massive	
PQ1	13		33.1	0.01	1.34	0.02	0	64.56	0.04	0	0.01	0.38	0	0	0	0	99.46	Massive	
PQ5-1	14		33.68	0	5.32	0	0	60.71	0.01	0.19	0.04	0.22	0	0.06	0	0.04	100.28	Laminated	
PQ5-1	15		33.5	0	5.23	0	0	61.38	0	0.02	0.02	0.24	0	0.03	0	0	100.42	Laminated	
PQ5-1	18		32.75	0	5.45	0	0	61.09	0	0.08	0	0.3	0.04	0.02	0	0	99.73	Laminated	
PQ5-1	20		33.35	0	3.23	0	0.17	63.16	0.01	0.03	0	0.25	0.03	0.04	0	0	100.27	Laminated	
PQ1	12		Galena	12.59	0	0	0	0	0.09	0	0	0.03	0.11	0	0	86.72	0	99.54	Massive
PQ1	15	12.96		0	0.67	0.01	0.02	0.22	0	0	0	0.02	0	0	86.29	0	100.19	Massive	

۱۰- پهنه‌های دگرسانی موجود در منطقه مورد مطالعه

دگرگونی قرار گرفته‌اند و حداقل دو مرحله دگرشکلی روی آنها تأثیر گذاشته است (شکل ۱۲- ب). دگرسانی سیلیسی در منطقه مورد مطالعه به صورت همروند با شیب‌توزیته در متاآندزیت‌ها و همراه با رگچه‌های معدنی در متاتوف آندزیتی مشاهده می‌شود که نشان‌دهنده تشکیل رگچه‌های سیلیسی قبل از فرایند دگرگونی است (شکل ۱۲- پ).

در محدوده مورد مطالعه، سنگ‌ها کم‌بیش دگرسانی کربناتی را با شدت‌های مختلف متحمل شده‌اند. این دگرسانی به صورت رگه- رگچه‌های کلسیتی تأخیری رخ داده و در برخی بخش‌ها جانشین کانی‌ها شده است (شکل ۱۲- ت). گسترش دگرسانی سرسیستی در کانه‌زایی روی- مس- سرب محدود به بخش‌هایی است که رگه- رگچه‌هایی از کانه‌زایی درون واحد متاآندزیتی روی داده است (شکل ۱۲- ث). البته قابل ذکر است که گسترش این دگرسانی نسبت به دگرسانی کلریتی کمتر است.

بر اساس مطالعات انجام شده، پهنه‌های دگرسانی‌های مرتبط با کانی‌سازی شامل دگرسانی‌های کلریتی، سرسیستی و سیلیسی- کربناتی هستند. این دگرسانی‌ها در بخش‌های زیرین ماده معدنی و در افق اول تا چهارم کانه‌زایی دیده می‌شوند. در واقع دگرسانی‌های موجود محدود به پهنه استرینگر کانسار و در داخل سنگ‌های دگرگون شده بخش‌های زیرین ماده معدنی قابل مشاهده هستند. سنگ میزبان پهنه استرینگر همان‌طور که در بخش‌های قبلی ذکر شد، بیشتر ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده، متاآندزیت و متاتوف‌ها هستند. قابل ذکر است که تمامی دگرسانی‌های موجود در منطقه تحت تأثیر فرایند دگرگونی قرار گرفته و در نتیجه آن تغییر شکل یافته‌اند (شکل‌های ۴ و ۱۲). در ادامه هر کدام از این دگرسانی‌ها توضیح داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۱۲- الف مشاهده می‌شود، دگرسانی کلریتی موجود در منطقه مورد مطالعه همراه با بخش‌های رگه- رگچه‌های کانسار رخ داده است. قابل ذکر است که کلریت‌های تشکیل شده در این بخش‌ها تحت تأثیر فرایند



شکل ۱۲- دگرسانی‌های تشکیل شده مرتبط با کانه‌زایی‌ها موجود در منطقه. الف) دگرسانی کلریتی و دگرسانی سیلیسی همراه با رگچه‌های معدنی از جنس پیریت در متاتوف آندزیتی دگرگون شده؛ ب) تجمع بلورهای کلریت با بافت حداقل دو جهت‌یافتگی ترجیحی (خطوط آبی رنگ جهت دگرشکل‌ها را نشان می‌دهند)؛ پ) دگرسانی سیلیسی همروند با شیب‌توزیته در متاآندزیت؛ ت) دگرسانی کربناتی و سیلیسی که واحد توف دگرگون شده را قطع کرده‌اند. همان‌طور که مشخص است، رگچه‌های کربناتی رگچه‌های سیلیسی را قطع کرده‌اند؛ ث) تبدیل پلاژیوکلاز به سرسیست در واحد متاآندزیت، Qtz: کوارتز، Chl: کلریت، Cal: کلسیت، Or: ارتوز، Plg: پلاژیوکلاز.

۱۱- الگوی تشکیل کانسار پیرقشلاق

آشفشانی و نیز ابر قاره‌ی گندوانا فراهم شده‌اند. بنابراین می‌توان اظهار داشت که سازند کهر در این منطقه، تحت تأثیر رژیم زمین‌ساختی کششی و در یک محیط پشت کمان (back-arc) در اثر فرورانش مورب پوسته اقیانوس پروتوتیس به زیر ایران مرکزی ایجاد شده است (ذوالفقاری، ۱۳۹۵). بنابراین به علت داشتن محیط زمین‌ساختی پشت کمانی، سنگ‌های میزبان آشفشانی مافیک، شکل هندسی لایه‌ای و صفحه‌ای و بافت و ساختار نواری و لامینه‌ای، این کانسار بیشترین شباهت را با نهشته‌های تیپ مافیک پلیتی یا تیپ بشی مانند کانسارهای Besshi در ژاپن (Franklin et al., 2005)، Matchells در نامیبیا (Vikentiev et al., 2008) و Windy Craggy در کانادا (Galley et al., 2007) نشان می‌دهد.

همان‌طور که قبلاً اشاره شد، کانه‌زایی مس- روی- سرب در داخل سازند کهر در ۵ افق رخ داده است. افق پنجم که افق اصلی کانه‌زایی در منطقه مورد مطالعه بوده، درون واحدهای ماسه‌سنگ دگرگون شده (کوارتزیت) تشکیل شده است.

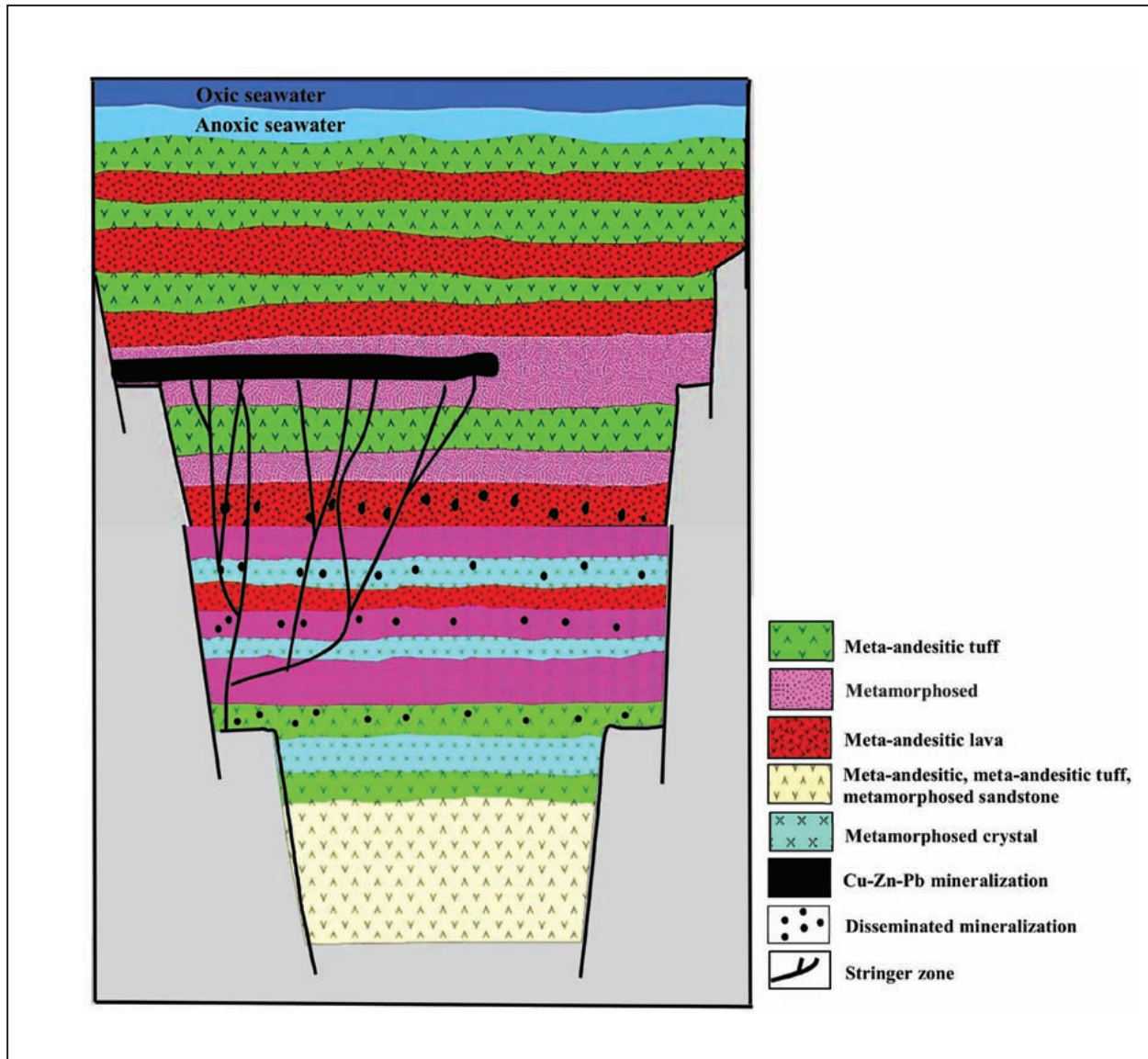
با توجه به مطالب ارائه شده، می‌توان اظهار کرد که کانسار پیرقشلاق، شباهت زیادی با کانسارهای سولفید توده‌ای دارد. به همین دلیل در جدول ۳، کانه‌زایی سولفید توده‌ای مس- روی- سرب در منطقه پیرقشلاق با کانسارهای سولفید توده‌ای مهم جهان، یعنی کانسارهای منطقه بتورست کانادا، کانسارهای کمر بند پیریتی ایبرین در اسپانیا- پرتغال، کانسار Rosebery در تاسمانیا و کانسارهای کوروکو و Besshi در ژاپن مقایسه شده است. همان‌طور که از اطلاعات موجود در این برداشت می‌شود، با در نظر گرفتن ویژگی‌های سنگ‌شناسی، زمین‌ساختی، کانی‌شناسی، دگرسانی و ژئوشیمی می‌توان اظهار داشت که شباهت کاملاً نزدیکی بین کانه‌زایی پیرقشلاق و کانسار تیپ بشی وجود دارد. بر اساس مطالعات انجام شده روی واحدهای ماسه‌سنگی رخنمون‌های سازند کهر در البرز (Etemad-Saeed et al., 2015) و شمال باختر ایران مرکزی، در کوه‌های سلطانیه (Honarmand et al., 2016)، رسوبات موجود در سازند کهر از هر دو منبع کمان

جدول ۳- مقایسه کانسار پیرقشلاق با برخی از کانسارهای سولفید توده‌ای مهم در جهان.

مهمترین خصوصیات کانه‌زایی	کانسار پیرقشلاق	کانسارهای منطقه تورتوس کاناها	کانسارهای کمربند پیریتی ائیرین اسپانیا- پرتغال	کانسارهای Rosebery تاسمانیه استرالیا	کانسارهای کوروکو، ژاپن	کانسار Besshi در ژاپن
محیط زمین‌ساختی	حوضه گدشی، پست گمانی	پست گمانی (brck-arc)	پیش گمانی (fore- arc) یا پست گمانی	پست گمانی یا درون گمانی	پست گمانی	پست گمانی
سنگ‌های میزبان و همراه	کوارتزیت، متاکریستال لیتیک، توف، متاتوف آندزیتی، متاتانزیت	داسیت، ریزولیت، شیل سیاه	ریزولیت، داسیت، شیل سیاه	ریزولیت، داسیت	ریزولیت، داسیت	گدازه‌های بازالتی، آندزیتی- بازالتی، شیل سیاه، سیلستون، ماسه‌سنگ
سن کانه زایی	پر کاهبرین - کاهبرین	ارودوسین	دوین بالایی - کریپتفر	کاهبرین	میوسن	ژوراسیک
شکل هندسی ماده معدنی	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل	صفحه‌ای شکل و عدسی شکل	عدسی شکل	تخته‌ای شکل
ساخت و بافت	توده‌ای، تواری، لامینه‌ای، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، تواری، زیاد، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، تواری، زیاد، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، تواری، زیاد، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، تواری، دانه‌پراکنده، رگه‌ای	توده‌ای، تواری، لامینه‌ای، دانه پراکنده، رگه‌ای و انواع ساخت و بافت های ناشی از گسترشگی
کانی‌های معدنی	پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، آرسنوپیریت، گالن، مگنیت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، پیروتیت، تراهدریت، کاسریت، کاسریت استاییت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، تراهدریت، کاسریت، استاییت، پیروتیت	پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، تراهدریت، پورتویت، پولاژوریت، جوردانیت، الکتروم	اسفالریت، گالن، پیریت، کالکوپیریت، تراهدریت	پیریت، پیروتیت، اسفالریت، کالکوپیریت، گالن، مگنیت، کاسریت، بارت
کانی‌های باطله	کوارتز، کربنات، کربت، سرسپت	کربنات، کوارتز، سرسپت، کربت، بارت، باجیز	کوارتز، کربنات، سرسپت، کربت، بارت، باجیز	کوارتز، کربنات، سرسپت، کربت، بارت (گاهی زیاد)	بارت، قرانان، کوارتز	کربت، کوارتز، سرسپت، اپیدوت
دگرسانی	کلریتی، سیلیسی، کربناتی، سرسپتی	سرسپتی، پیریتی، سیلیسی، کربتی، کلسیتی	سرسپتی، پیریتی، سیلیسی، کربتی، کلسیتی	سرسپتی، پیریتی، سیلیسی، کربتی، آلینی	سرسپتی، پیریتی، سیلیسی، کربتی	کلریتی، سیلیسی، سرسپتی، اپیدوتی
منابع	اطلاعات حاصل از همین تحقیق	Goodfellow and McCutcheon (2003)	Solomon et al. (2002); Dawson et al. (2001); Tomos (2006)	Large (1992); L'arge et al. (2001)	Ohmoto and Skinner (1983)	Fox (1984); Klemd et al. (1989); Wilson (2000); Franklin et al. (2005)

آب‌های دریایی بوده‌اند پس از رفتن به بخش‌های زیرین کف دریا، گرم شده و از طریق گسل‌ها و شکستگی‌ها بالا آمده و با آب دریا مخلوط شده‌اند (شکل ۱۳).

کانه‌زایی مس-روی-سرب در این منطقه در اثر فعالیت سیالات برون‌دهی غنی از عناصر مختلف تشکیل شده است. به این صورت که سیالات هیدروترمالی که عمدتاً



شکل ۱۳- نمایی شماتیک از مدل ژنتیکی و افق‌های کان‌زایی در کانسار پیرقشلاق؛ افق اول (I)، دوم (II) و سوم (III) کان‌زایی که به ترتیب در واحدهای متاتوف‌آندزیتی، ماسه‌سنگ دگرگون شده و متاکریستال لیتیک توف تشکیل شده‌اند و افق چهارم (IV) و پنجم (V) (افق اصلی) کان‌زایی که به ترتیب در واحدهای متاآندزیت و ماسه‌سنگ دگرگون شده روی داده‌اند.

و در افق‌های چینه‌ای خاص و در سنگ‌های درونگیر آتشفشانی- رسوبی دگرگون شده (شامل کوارتزیت، متاندزیت، متاکریستالیتیک توف، متاتوف آندزیتی) رخ داده، ماده معدنی دارای بافت‌های اولیه نواری، لامینه‌ای، توده‌ای، دانه پراکنده، رگه- رگچه‌ای و بافت‌های ثانویه از جمله پورفیروکلاست، لیدوبلاستیک و سایه‌فشاری است و سنگ‌های میزبان دگرسان شده و مواد معدنی به همراه دیگر واحدهای توالی، دچار برگوارگی، چین‌خوردگی و گسلش شده‌اند، این گونه استنباط می‌شود که کانه‌زایی مس- روی- سرب در منطقه پیرقشلاق در زمانی پیش از فرایند دگرگونی و دگرشکلی و به صورت همزمان با نهشته شدن سنگ‌های میزبان در اثر فعالیت‌های آتشفشانی زیر دریایی به صورت سولفید توده‌ای آتشفشان‌زاد (VMS) تشکیل شده است. بنابراین، بر اساس مطالعات انجام شده می‌توان کانسار مس- روی- سرب در منطقه پیرقشلاق را در دسته کانسارهای سولفید توده‌ای نوع بشی قرار داد. پژوهش حاضر، اولین گزارش از کانسار سولفید توده‌ای نوع بشی است که با سن پرکامبرین- کامبرین در این بخش از ایران شناسایی و مطالعه شده است. بر همین اساس، مطالعه کانسار مزبور می‌تواند به عنوان کلید اکتشافی در این منطقه به کار برده شود تا با استفاده از آن، کانه‌زایی‌های مشابه را در این منطقه اکتشاف کرد.

در اثر کاهش دما و تغییر Eh و pH، کانه‌زایی سولفیدی در کف دریا روی داده است. بافت رگه- رگچه‌ای (پهنه استرینگر) مشاهده شده از کانی‌های پیریت و به مقدار کمتر کالکوپیریت و کوارتز در بخش‌های زیرین کانسار در واحدهای متاتوف آندزیتی و ماسه‌سنگ دگرگون شده نشان‌دهنده فعالیت‌های هیدروترمالی در بخش‌های زیرین افق پنجم کانه‌زایی بوده است. البته قابل ذکر است که با توجه به نداشتن مغزه‌های حفاری در این منطقه، مقدار گسترش و جایگاه دقیق این بافت به طور کامل مشخص نیست. ولی با توجه به نمونه‌های مطالعه شده از بخش‌های مختلف کانسار، بافت رگه- رگچه‌ای (شکل‌های ۸- ر و ۹- ب و ث) در بخش زیرین افق پنجم و در داخل واحدهای متاتوف آندزیتی، متاکریستالیتیک توف، ماسه‌سنگ دگرگون شده و متاندزیت مشاهده می‌شود. همان‌طور که قبلاً نیز اشاره شد، ترکیب کانی‌شناسی رگچه‌های تشکیل شده در بخش‌های زیرین افق پنجم، عمدتاً پیریت و کالکوپیریت است. در واقع این بخش افق استرینگر این کانسار به شمار می‌آید. همان‌طور که در شکل ۱۲ نیز مشاهده می‌شود، دگرسانی‌های تشکیل شده در اطراف رگچه‌ها (بخش استرینگر) عمدتاً کلریتی و سریسیتی هستند.

۱۲- نتیجه‌گیری

نظر به این که کانه‌زایی مس- روی- سرب در منطقه پیرقشلاق به صورت چینه‌سان

کتابنگاری

- ابراهیمی، م. ح.، آفتابی، ع. و محمدی نیایی، ر.، ۱۳۹۰- ویژگی‌های ساختی، بافتی، کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی و الگوی تشکیل کانسار انگوران در مثلث کانسارهای نوع متصاعدی- رسوبی (Sedex)، سولفید توده‌ای (VMS) و دره می‌سی‌سی‌پی (MVT)، پترولوژی، شماره ۳، صص. ۱ تا ۱۰.
- آفتاباتی، س. ع.، ۱۳۸۳- زمین‌شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران، ۵۸۶ ص.
- بیگللی، ز.، ۱۳۹۳- کانی‌شناسی و ژئوشیمی سنگ میزبان و کانسنگ مس در منطقه چهرآباد، شمال خاور ماهنشان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ۱۰۷ ص.
- بیگللی، ز.، ابراهیمی، م.، نباتیان، ق. و مختاری، م.، ۱۳۹۳- کانی‌شناسی، ساخت و بافت ماده معدنی در کانسار مس رسوبی چهرآباد، شمال باختر زنجان، بیست و یکمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه سیستان و بلوچستان، صص ۱ تا ۶.
- ذوالفقاری، م.، ۱۳۹۵- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، ژئوشیمی و ژنز کانسار سرب و روی پیرقشلاق، شمال ماهنشان، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران، ۲۲۳ ص.
- شرکت معدنکاران انگوران، ۱۳۸۴- گزارش اکتشافی کانسار روی-سرب پیرقشلاق، ۱۱۲ ص.
- شیرخانی، م.، قادری، م. و رشیدزاد عمران، ن.، ۱۳۸۵- کانه‌زایی پلی‌متال گرمابی در کانسار آی‌قلعه‌سی، جنوب خاور تکاب، دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، صص. ۵۰۱ تا ۵۰۸.
- قدیمی، س. و نباتیان، ق.، ۱۳۹۳- بررسی زمین‌شناسی معدن روی-سرب انگوران و اثرات فعالیت‌های معدن کاری بر آلودگی منطقه، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۲، صص. ۵۶ تا ۶۶.
- کرمی، م.، ابراهیمی، م. و کوهستانی، ح.، ۱۳۹۲- مطالعات سنگ‌نگاری و ریزساختاری مرتبط با دگرشکلی شکل‌پذیر در منطقه لولک‌آباد، خاور ماهنشان، سی و دومین گردهمایی و نخستین کنگره بین‌المللی تخصصی علوم زمین، مشهد، چکیده مقاله، ۴۹۵ ص.
- کریبی، م. و لطفی، م.، ۱۳۹۰- ژئوشیمی و خاستگاه زمین‌ساختی سنگ‌های آتشفشانی محدوده معدن بایچه‌باغ (زنجان)، فصلنامه زمین‌شناسی کاربردی، شماره ۳، صص. ۲۵۵ تا ۲۶۸.
- لطفی، م.، ۱۳۸۰- نقشه زمین‌شناسی ماهنشان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، تهران، ایران.
- محمدی نیایی، ر.، ۱۳۹۴- ژنز و زمین‌شناسی اقتصادی کانسار سرب و روی آی‌قلعه‌سی با نگرش ویژه‌ای بر کانه‌زایی فلزات قیمتی، رساله دکترا، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، تهران، ایران، ۲۱۱ ص.
- محمدی نیایی، ر.، ۱۳۹۵- گسلش فرایندی پویا در تکوین نهشته‌های سولفیدی و ناسولفیدی کانسار انگوران، هشتمین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، زنجان، صص. ۲۹۲ تا ۲۹۹.

References

- Alavi, M., 1994- Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran. New data and interpretations. *Tectonophysics*, V. 229, p. 211-238.
- Alinia, F., 1989- Mineralogy and genesis of Zn-Pb deposit, Angouran, northwest Iran. Abstracts of the 28th International Geological Congress, Washington, DC, (abstract 28/1), p. 31.
- Annels, A. E., O'Donovan, G. and Bowles, M., 2003- New ideas concerning the genesis of the Angouran Zn-Pb deposit, NW Iran. Abstracts of the 26th Mineral Deposits Studies Group, University of Leicester, Leicester, p. 11-12.
- Daliran, F. and Borg, G., 2005- Characterisation of the nonsulfide zinc ore at Angoran, northwestern Iran, and its (genetic) aspects. In: Jingwen, M. and Bierlein, F. P. (Eds.), *Mineral deposit research: meeting the global change*. Springer, Berlin Heidelberg, New York, V. 2, p. 91 912-916.
- Dawson, G. L., Caessa, P., Alverca, R. and Sousa, J. C., 2001- Geology of the Aljustrel Mine area, southern Portugal. In: GEODE Workshop "Massive sulfide deposits in the Iberian Pyrite Belt: New advances and comparisons with equivalent systems". Aracena, Spain, Aljustrel, Eurozinc, Aljustrel Field Trip Guidebook, 28 p.
- Etemad-Saeed, N., Hosseini-Barzi, M., Adabi, M. H., Sadeghi, A. and Houshmandzadeh, A., 2015- Provenance of Neoproterozoic sedimentary basement of northern Iran, Kahar Formation. *Journal of African Earth Sciences*, V. 111, p. 54-75.
- Fox, J. S., 1984- Besshi- type volcanogenic sulphide deposits- a review. *Canada Inst, Mining Metallurgy Bulletin*, V. 77(864), p. 57-68.
- Franklin, J. M., Gibson, H. L., Galley, A. G. and Jonasson, I. R., 2005- Volcanogenic Massive Sulfide Deposits. In: Hedenquist, J. W., Thompson, J. F. H., Goldfarb, R. J. and Richards, J. P.)eds. (Economic Geology 100th Anniversary Volume, Littleton, CO, Society of Economic Geologists, p. 523-560.
- Galley, A. G., Hannington, M. D. and Jonasson, I. R., 2007- Volcanogenic massive sulphide deposits. In: Goodfellow, W. D., (ed.), *Mineral Deposits of Canada: A Synthesis of Major Deposit-Types, District Metallogeny, the Evolution of Geological Provinces, and Exploration Methods*. Geological Association of Canada, Mineral Deposits Division, Special Publication No. 5, p. 141-161.
- Gilg, H. A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C. R., Banks, D. and Moore, F., 2006- Marble-hosted sulphide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. *Mineralium Deposita*, V. 41, p. 1-16.
- Goodfellow, W. D. and McCutcheon, S. R., 2003- Geologic and genetic of volcanic- hosted massive sulphide deposit of the Bathurst mining camp. *Northern New Brunswick Economic geology Monograph* 11, p. 245-311.

- Honarmand, M., Xian-Hua Li, Nabatian, Gh., Rezaeian, M. and Etemad-Saeed, N., 2016- Neoproterozoic–early Cambrian tectono-magmatic evolution of the Central Iranian terrane, northern margin of Gondwana: Constraints from detrital zircon U–Pb and Hf–O isotope studies. *Gondwana Research*, V. 37, p. 285–300.
- Klemm, R., Maiden, K. J. and Okrusch, M., 1989- The Matchless copper deposit, south west Africa/Namibia. a deformed and metamorphosed massive sulphide deposit. *Economic Geology*, V. 82, p. 587-599.
- Large, R. R., 1992- Australian volcania- hosted Massive Sulphide Deposits. Features, Styles, and Genetic Models. *Economic Geology*, V. 87, p. 471-510.
- Large, R., Mc Phie, J., Gemell, J. B. and Davidson, G., 2001- The Spectrum of Ore Deposit Type, Volcanic environment, alteration halos, and Related Exploration Vectors in Submarine volcanic Succession. *Economic Geology*, V. 96, p. 913-938
- Mohamadi Niaei, R., Daliran, F., Nezafati, N., Ghorbani, M., Sheikh Zakariaei, J. and Kouhestani H., 2015- The Ay Qalasi deposit: An epithermal Pb-Zn (Ag) Mineralization in the Urumieh- Dokhtar volcanic belt of northwestern Iran. *Neues Jahrbuch für Mineralogie–Abhandlungen*, V. 192, p. 263-274.
- Ohmoto, H. and Skinner, B. J., 1983- The Kuroko and related volcanogenic massive sulfide deposits. *Economic Geology Monograph* 5, 604 p.
- Shahabpour, J., 2005- Tectonic evolution of the orogenic belt in the region located between Kerman and Neyrez. *Journal of Asian Earth Sciences*, V. 24, p. 405-417.
- Solomon, M., Tornos, F. and Gaspar, O. C., 2002- Explanation for many of the unusual features of the massive sulfide deposits of the Iberian pyrite belt. *Geology*, V. 30, p. 87-90.
- Tornos, F., 2006- Environment of formation and styles of volcanogenic massive sulfides: The Iberian Pyrite Belt. *Ore Geology Reviews*, V. 28p. 259-30.
- Vikentiev, I. V., Shikikumba, T. H., Karpukhina, V. S., Nosik, L. P. and Kerzin, A. L., 2008- Formation condition of the Otjihase massive sulfide deposit in the Matchless amphibolite belt (Namibia): Proceedings of the XIII All-Russian Conference on Thermobarochemistry, IGEM Russian Academy of Sciences, p. 19–22 (in Russian).
- Wilson, D., 2000- Besshi-type VMS deposits (part I and II), U.S. Geol. Survey open – file Report.

Geology, mineralization, mineralogy and genesis of Pirgheshlagh Cu-Zn-Pb deposit, NW Zanjan

M. Zolfaghari¹, Gh. Nabatian^{2*}, A. M. Azimzadeh², M. Honarmand³ and P. Azizi⁴

¹M.Sc. Student, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

²Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Zanjan, Zanjan, Iran

³Assistant Professor, Faculty of Earth Sciences, Institute for Advance Studies in Basic Sciences (IASBS), Zanjan, Iran

⁴M.Sc., Angouran Mining Company, Zanjan, Iran

Received: 2017 February 18

Accepted: 2017 August 21

Abstract

Pirgheshlagh Cu-Zn-Pb deposit is located in the Central Iranian zone, north-east of the Mahneshan in the Zanjan province. The Kahar Formation with Precambrian age is the oldest Formation in the area which cutted by the granitic dykes. The Pirgheshlagh Cu-Zn-Pb mineralization occurred mainly as tabular-shape within the metamorphosed sandstones, meta-andesitic tuff, meta-crystal lithic tuff and meta-andesite rocks. Based on the field and microscopic studies, the main minerals consist of chalcopyrite, sphalerite, galena, pyrite, arsenopyrite and minor magnetite. The ore textures consist of disseminated, laminated, massive and veinlet which the veinlet texture is occurred mainly in the lower part of deposit. Secondary minerals such as smithsonite, cerrusite, chalcocite, covellite, malachite, azurite, goethite and lepidochrosite have formed during supergene processes. The main alterations in the Pirgheshlagh deposit include silicic, sericitic, chlorite and carbonate. The results of this study suggest that the Cu-Zn-Pb mineralization in the Pirgheshlagh deposit is a Besshi-type valcogenic massive sulfide (VMS) mineralization.

Keywords: Volcanogenic massive sulfide, Central Iran, Pirgheshlagh, Mahneshan, Zanjan.

For Persian Version see pages 133 to 148

*Corresponding author: Gh. Nabatian; E-mail: gh.nabatian@znu.ac.ir