



ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ساخت و بافت در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ، شمال زنجان

شکوفه تارویردی‌زاده^۱، حسین کوهستانی (نویسنده مسئول)^{۲*}، میر علی اصغر مختاری^۳، ناهید رحمتی^۴

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه زنجان، زنجان shokoufeh.tz@gmail.com

^۲ دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان kouhestani@znu.ac.ir

^۳ دانشیار گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان amokhtari@znu.ac.ir

^۴ کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه زنجان، زنجان Nahid.rahmati20@gmail.com

چکیده

کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ در فاصله ۱۱۰ کیلومتری شمال زنجان قرار داشته و بخشی از کمربند فلززایی طارم- هشتجین است. کان‌زایی سرب و روی به صورت یک رگه سیلیسی- سولفیدی (NE-SW/70-80NE) درون واحدهای آذرآواری و آتشفشانی ائوسن رخ داده و حدود ۲۰۰ متر درازا و ۱ تا ۲ متر ستبراً دارد. پنج مرحله کان‌زایی در گوشه‌بلاغ قابل تفکیک است که کان‌زایی سرب و روی در مرحله دوم کان‌زایی رخ داده است. دگرسانی گرمایی شامل دگرسانی‌های سیلیسی، کربناتی، آرژیلیک حدواسط و پروپیلیتیک است. پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، پیرولوسیت، پسیلوملان، کوارتز، کلسیت، سیدریت و سیریسیت- ایلیت، کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسنگ در کان‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ هستند. سرزیت، اسمیت‌زونیت، مالاکیت، کولیت و گوتیت طی فرایندهای برون‌زاد به وجود آمده‌اند. انواع بافت کانسنگ شامل دانه‌پراکنده، رگه- رگچه‌ای، برشی، پوسته‌ای، گل‌کلمی، کاکلی، تیغه‌ای، پرماند، بازماندی، جزیره‌ای، پُرکننده فضای خالی و جان‌شینی است. کان‌زایی سرب و روی در گوشه‌بلاغ از نوع کانسارهای اپی‌ترمال سولفیداسیون حدواسط است.

واژه‌های کلیدی: کان‌زایی سرب- روی، اپی‌ترمال سولفیداسیون حدواسط، گوشه‌بلاغ، زنجان، طارم- هشتجین

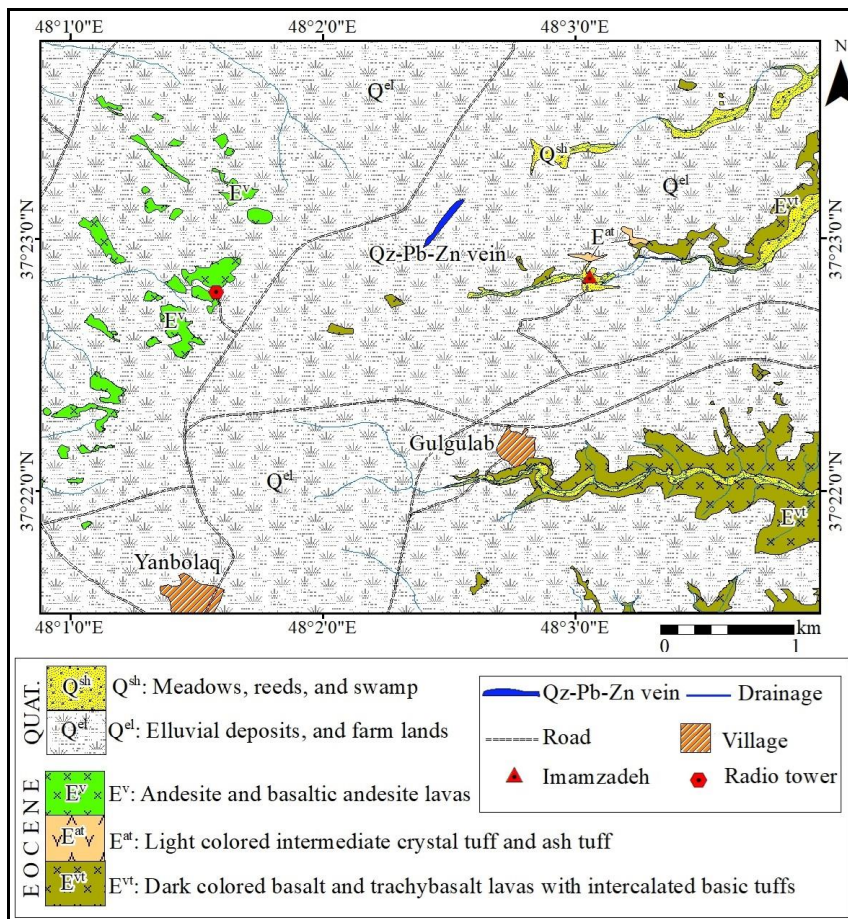


۱. مقدمه

کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ در فاصله حدود ۱۱۰ کیلومتری شمال زنجان با مختصات ۴۱۴۱۵۷۰ شمالی و ۲۳۷۹۰۰ خاوری قرار دارد. این منطقه بخشی از کمربند فلززایی طارم- هشتجین در پهنه البرز باختری- آذربایجان است. این کمربند فلززایی میزبان کانسارهای آهن- آپاتیت تیپ کایرونا مانند مروارید، سرخه دیزج، ذاکر و گلستان‌آباد [۱، ۲، ۳، ۴]، کانسارهای مس تیپ مانتو مانند دوه‌یاتاکی، ماری، دهنه، کردکند و گله‌رود [۵، ۶، ۷، ۸، ۹] و کانسارهای اپی‌ترمال فلزات پایه و گران‌بها مانند علی‌آباد- خان‌چای، آق‌کند، جلیل‌آباد، رشت‌آباد، تشویر، ورمزیار، زاجکان، مرشون، عباس‌آباد، زه‌آباد، خلیفه‌لو، چرگر، شمال چرگر، باریک‌آب، چودرچای، لوبین- زرده، گلوجه، لهنه و شاه‌علی‌بیگلو [۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷، ۱۸، ۱۹، ۲۰] است. کانه‌زایی سرب- روی گوشه‌بلاغ یکی از کانه‌زایی‌های موجود در کمربند فلززایی طارم- هشتجین می‌باشد که آثار فعالیت‌های اکتشافی قدیمی در آن دیده می‌شود. با این وجود، تاکنون مطالعه علمی دقیقی بر روی آن انجام نشده است. در این مقاله، ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی و ساخت و بافت این کانه‌زایی بر اساس نتایج مطالعات صحرایی و آزمایشگاهی بررسی شده است.

۲. زمین‌شناسی و سنگ‌شناسی

بر اساس نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰،۰۰۰ هشتجین [۲۱] و با توجه به مطالعات صحرایی انجام‌شده در قالب تهیه نقشه ۱:۲۰،۰۰۰ (شکل ۱)، رخنمون‌های سنگی موجود در منطقه گوشه‌بلاغ مربوط به سنگ‌های آذرآواری و آتشفشانی ائوسن بوده و شامل گدازه‌های بازالتی و تراکی بازالتی با میان‌لایه‌های توفی بازیک، توف‌های روشن با ترکیب حدواسط تا اسیدی و گدازه‌های آندزیت بازالتی و آندزیتی است.



شکل ۱- نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۲۰،۰۰۰ تهیه‌شده از کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ.



براساس مطالعات سنگ‌شناسی، گدازه‌های بازالت آندزیتی دارای بافت پورفیریتیک شامل درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز، هورنبلند و کلینوپیروکسن در یک زمینه دانه‌ریز می‌باشند (شکل ۲-الف). در برخی از نمونه‌ها، تجمعات درشت‌بلورهای مختلف منجر به تشکیل بافت گلمروپورفیری شده است (شکل ۲-ب). پلاژیوکلازها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار مشاهده شده و ابعادشان تا ۳ میلی‌متر نیز می‌رسد. با توجه به زاویه خاموشی، پلاژیوکلازها احتمالاً از نوع لابرادوریت تا آندزین هستند. این کانی‌ها بعضاً به سریسیت دگرسان شده‌اند. آمفیبول‌ها به‌صورت بلورهای شکل‌دار و نیمه‌شکل‌دار حضور داشته و ابعاد آنها تا ۱ میلی‌متر می‌رسد. برخی از آمفیبول‌ها اوپاسیته شده‌اند. یکسری بلورهای منشوری و تخته‌ای نیز در نمونه‌ها دیده می‌شود که تماماً توسط کلریت و کانی کدر جانشین شده‌اند. با توجه به شکل بلوری، به‌نظر می‌رسد کانی اولیه از نوع آمفیبول بوده باشد. کلینوپیروکسن‌ها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا بی‌شکل حضور داشته و ابعادشان تا ۱/۲ میلی‌متر نیز می‌رسد. برخی از پیروکسن‌ها به کلریت دگرسان شده‌اند. کانی‌های کدر عمدتاً به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار همراه با درشت‌بلورهای سنگ در تجمعات گلمروپورفیری دیده می‌شوند.

تراکی‌بازالت‌ها دارای بافت پورفیریتیک شامل درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن، آمفیبول و بیوتیت در یک زمینه دانه‌ریز می‌باشند (شکل ۲-پ و ت). پلاژیوکلاز به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با ابعاد تا ۲ میلی‌متر دیده می‌شوند. این کانی‌ها عمدتاً از نوع آندزین تا لابرادوریت بوده و بعضاً منطقه‌بندی نشان می‌دهند. برخی از بلورهای درشت پلاژیوکلاز به کلسیت و سریسیت دگرسان شده‌اند اما بلورهای کوچک تقریباً سالم هستند. کلینوپیروکسن‌ها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار حضور داشته و ابعاد آنها کمتر از ۱ میلی‌متر است. این کانی‌ها با درجات مختلفی به کلریت و گاه کلسیت و کانی‌های کدر دگرسان شده‌اند. بیوتیت‌ها به‌صورت بلورهای ورقه‌ای با ابعاد عمدتاً کمتر از ۰/۵ میلی‌متر با دگرسانی به کلریت دیده می‌شوند. بعضی از بیوتیت‌ها به‌طور کامل توسط کلریت جانشین شده‌اند. هورنبلندها به تعداد کم در نمونه‌ها دیده شده و بعضاً به‌طور کامل به کلریت دگرسان شده‌اند. ابعاد هورنبلندها کمتر از ۰/۵ میلی‌متر است. کانی‌های کدر به‌صورت بلورهای اولیه شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار در متن سنگ پراکنده هستند.

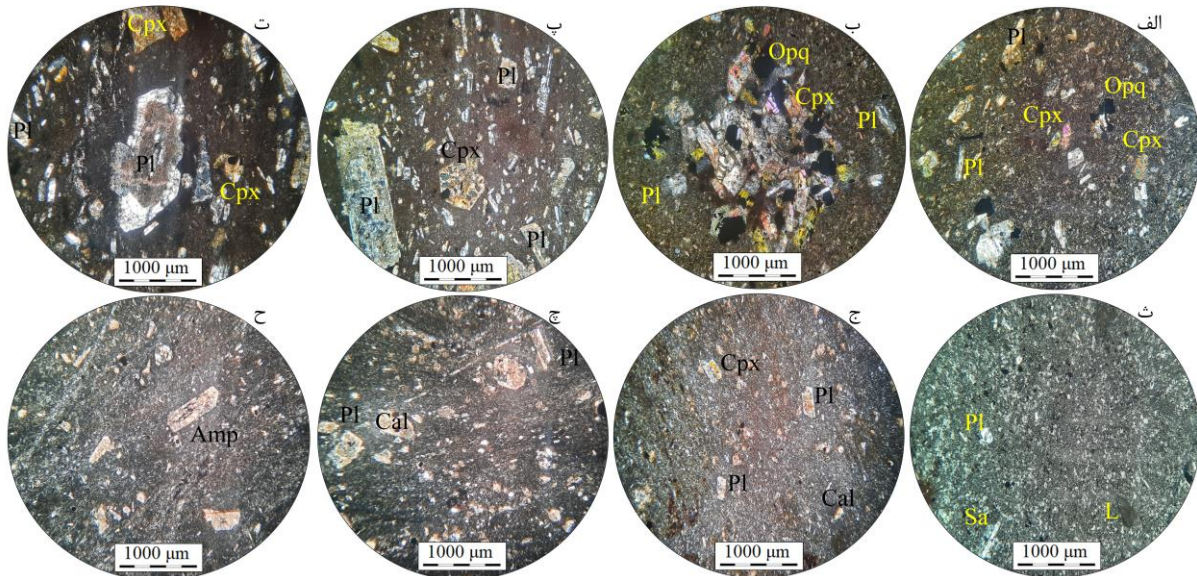
توف‌های حدواسط - اسیدی ترکیب تراکی‌بند آندزیتی داشته و به رنگ قهوه‌ای روشن تا سبز رنگ دیده می‌شوند. این سنگ‌ها در نمونه دستی دارای لایه‌بندی مشخص حاوی قطعات سنگی می‌باشند. بخش‌های غنی از کانی‌های کدر و هیدروکسید آهن باعث ایجاد لایه‌بندی در این سنگ‌ها شده است. در مقیاس میکروسکوپی، این سنگ‌ها ماهیت آذرآواری داشته و بافت‌های پورفیریتیک تا پورفیروکلاستیک نشان می‌دهند (شکل ۲-ث). تعداد کمی درشت‌بلور آلکالی فلدسپار (سانیدین) و پلاژیوکلاز در این سنگ‌ها قابل مشاهده است که در یک زمینه دانه‌ریز پراکنده هستند. ابعاد این درشت‌بلورها کمتر از ۰/۵ میلی‌متر است. این کانی‌ها بعضاً دارای گوشه‌های شکسته هستند. رگه-رگه‌های کوارتزی این سنگ‌ها را قطع کرده‌اند. در حاشیه رگه‌های کوارتزی، آغستگی به هیدروکسیدهای آهن دیده می‌شود. کانی‌های کدر با فراوانی نسبتاً زیاد در متن سنگ پراکنده هستند. زمینه سنگ تا حدودی به کانی‌های رسی دگرسان شده است.

گدازه‌های آندزیت بازالتی دارای بافت جریان‌ی متشکل از پلاژیوکلاز و کانی‌های مافیک (آمفیبول و کلینوپیروکسن) در یک زمینه دانه‌ریز از پلاژیوکلاز هستند (شکل ۲-ج). درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار حضور داشته و ابعاد آنها کمتر از ۱ میلی‌متر و اغلب کوچک‌تر از ۰/۵ میلی‌متر می‌باشد. این کانی‌ها با شدت‌های متوسط تا نسبتاً شدید به کلسیت دگرسان شده‌اند. بلورهای کوچک پلاژیوکلاز موجود در زمینه دانه‌ریز، جهت‌یافتگی سنگ را ایجاد کرده‌اند. یکسری کانی‌ها که کاملاً با کلسیت جانشین شده‌اند نیز در نمونه‌ها قابل تشخیص است. ابعاد این بلورها کوچک‌تر از ۰/۳ میلی‌متر است. با توجه به شکل منشوری، احتمالاً کانی اولیه از نوع آمفیبول بوده است. کلینوپیروکسن‌ها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار حضور دارند. این کانی‌ها با درجات مختلفی به کلریت دگرسان شده‌اند. در نتیجه دگرسانی آمفیبول به کلسیت و پیروکسن به کلریت، کوارتزهای ثانویه هم تشکیل شده است.

آندزیت‌ها دارای بافت پورفیریتیک و جریان‌ی متشکل از بلورهای درشت پلاژیوکلاز و کانی‌های مافیک (آمفیبول) در یک زمینه دانه‌ریز می‌باشند (شکل ۲-چ و ح). زمینه این سنگ‌ها دانه‌ریز و عمدتاً متشکل از بلورهای ریز پلاژیوکلاز می‌باشد. پلاژیوکلازها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار دیده می‌شوند. این کانی‌ها با درجات مختلفی به کلسیت دگرسان شده‌اند. ابعاد پلاژیوکلازها حدود ۱ میلی‌متر است. یکسری بلورهای تقریباً منشوری با ابعاد کمتر از ۰/۵ میلی‌متر نیز در این سنگ‌ها دیده می‌شود که به‌طور کامل توسط کلسیت جانشین شده‌اند. با توجه به شکل بلوری، کانی اولیه احتمالاً آمفیبول بوده است. پیروکسن‌ها به‌صورت بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار حضور دارند. این کانی‌ها با درجات مختلفی به کلریت دگرسان شده‌اند. در زمینه سنگ، بلورهای کوچک و بی‌شکل کوارتز دیده می‌شود که احتمالاً ثانویه هستند. در اطراف آنها رگه‌های کوارتزی متعددی قابل مشاهده است که سنگ را قطع کرده‌اند. کانی‌های کدر عمدتاً



به صورت جریان‌ی دیده می‌شوند. این کانی‌ها بعضاً محصول دگرسانی کانی‌های مافیک اولیه هستند. در اطراف کانی‌های کدر بعضاً کوارتز ثانویه دیده می‌شود.

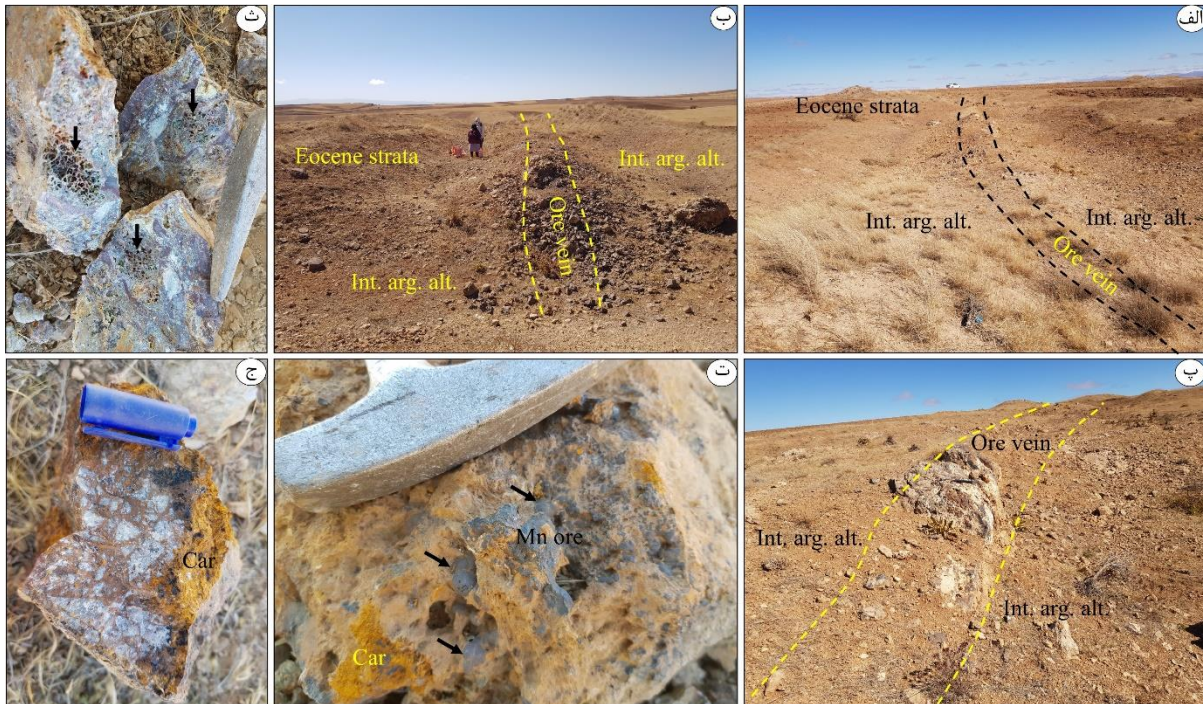
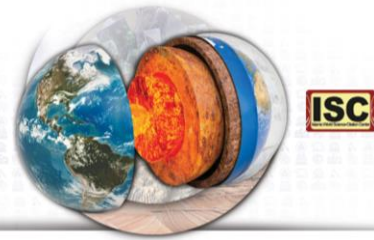


شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی (نور عبوری XPL) از کانی‌شناسی و بافت واحدهای سنگی موجود در منطقه گوشه‌بلاغ. الف- بافت پورفیریتیک متشکل از بلورهای درشت پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه دانه‌ریز در گدازه‌های بازالت آندزیتی. ب- تجمع درشت‌بلورهای سنگ و تشکیل بافت گلومروپورفیری در گدازه‌های بازالت آندزیتی. پ- بافت پورفیریتیک متشکل از بلورهای درشت پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه دانه‌ریز در گدازه‌های تراکی‌بازالتی. ت- درشت‌بلور پلاژیوکلاز دارای منطقه‌بندی در گدازه‌های تراکی‌بازالتی. بخش‌های مرکزی بلور به کلسیت و سریسیت دگرسان شده است. ث- بافت‌های پورفیریتیک تا پورفیروکلاستیک حاوی درشت‌بلورهای سانیدین و پلاژیوکلاز در زمینه دانه‌ریز در توف‌های حدواسط-اسیدی با ترکیب تراکی‌آندزیتی. ج- بافت جریان‌ی متشکل از پلاژیوکلاز و کلینوپیروکسن در زمینه دانه‌ریز در گدازه‌های آندزیت‌بازالتی. چ و ح- بافت پورفیریتیک متشکل از بلورهای درشت پلاژیوکلاز و آمفیبول‌های کربناتی‌شده در زمینه دانه‌ریز در گدازه‌های آندزیتی. علائم اختصاری کانی‌ها از [۲۲] اقتباس شده است. Amp: آمفیبول، Cal: کلسیت، Cpx: کلینوپیروکسن، L: قطعه سنگی، Opq: کانی کدر، Pl: پلاژیوکلاز، Qz: کوارتز، Sa: سانیدین

۳. کانه‌زایی و دگرسانی

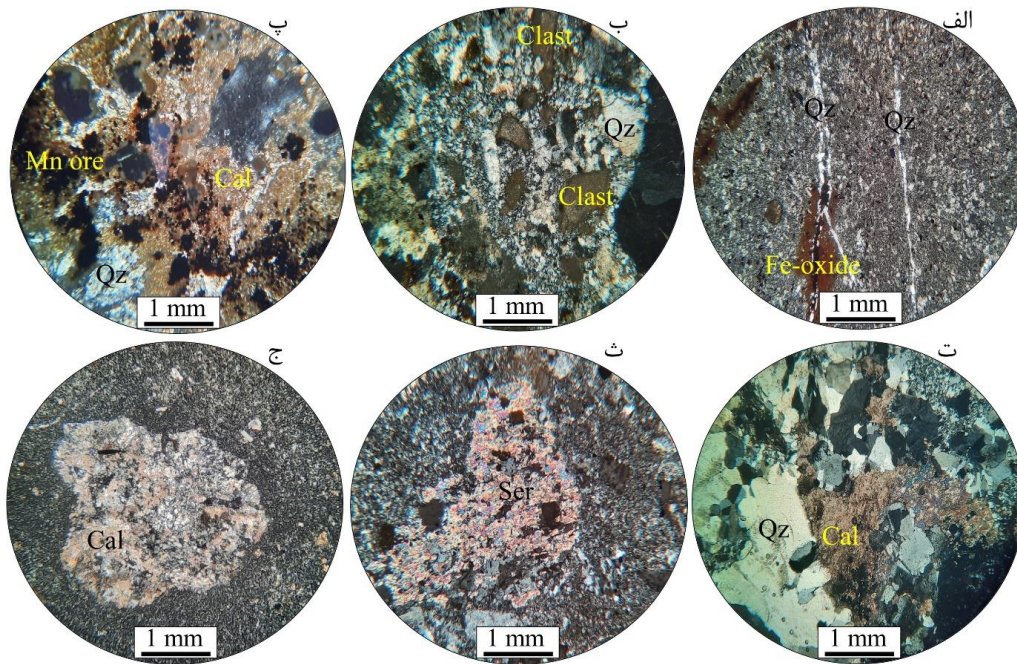
براساس مطالعات صحرائی، کانه‌زایی سرب و روی در گوشه‌بلاغ به صورت یک رگه سیلیسی-سولفیدی درون توالی توفی و گدازه‌های ائوسن رخ داده است (شکل ۳-الف تا پ). رگه کانه‌زایی دارای روند شمال‌خاوری-جنوب‌باختری با شیب حدود ۸۰-۷۰ درجه به سمت شمال‌باختری بوده و حدود ۲۰۰ متر درازا و ۱ تا ۲ متر ستبراً دارد. آثار فعالیت‌های اکتشافی به صورت پاک‌سازی خاک سطحی از روی رگه کانه‌زایی و حفر ترانشه در چندین بخش از آن دیده می‌شود. دگرسانی آرژیلیک متوسط به ضخامت ۳ تا ۵ متر در اطراف رگه کانه‌دار قابل مشاهده است (شکل ۳-الف تا پ). در مقیاس رخنمون، ساخت و بافت ماده معدنی بیشتر از نوع برشی، گل‌کلمی، تیغه‌ای و پرکننده فضاهای خالی است (شکل ۳-ت تا ج). عیار نمونه‌های برداشت‌شده از پهنه کانه‌دار تا بیش از ۳ درصد سرب، بیش از ۳ درصد روی، ۱/۵ درصد مس و تا ۳۸۵ گرم در تن نقره را مشخص کرده است.

دگرسانی گرمایی در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ شامل سیلیسی، کربناتی، آرژیلیک حدواسط و پروپیلیتیک است. دگرسانی سیلیسی در ارتباط نزدیک با بخش‌های کانه‌دار بوده و عمدتاً به صورت رگه-رگچه‌ای و سیمان سیلیسی برش‌های گرمایی رخ داده است (شکل ۴-الف و ب) پهنای رگچه‌های کوارتزی در این دگرسانی بیشینه تا ۵ میلی‌متر می‌رسد. در مطالعات میکروسکوپی، کوارتز به صورت بلورهای



شکل ۳-الف تا پ- نماهایی از رگه کانه‌دار در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ که توالی سنگی ائوسن میزبان خود را قطع کرده است (دید تصاویر به ترتیب به سمت شمال‌خاور، جنوب‌باختر و شمال). در هر سه تصویر، هاله دگرسانی آرژیلیک متوسط (Int. arg. alt.) در اطراف رگه کانه‌دار قابل مشاهده است. ت تا ج- نماهایی نزدیک از بافت‌های گل‌کلمی، تیغه‌ای (فلش‌های مشکی)، برشی و پرکننده فضای خالی ماده معدنی در مقیاس رخنمون و نمونه دستی. علائم اختصاری کانی‌ها از [۲۲] اقتباس شده است. Car: کربنات، Mn ore: کانه منگنز)

ریز تا درشت اغلب نیمه‌شکل‌دار و بی‌شکل دیده می‌شود. دگرسانی کربناتی به دو صورت قابل مشاهده است. دگرسانی کربناتی نوع اول شامل کلسیت و سیدریت‌هایی است که در رگه و رگچه‌های کوارتز- کربناتی منگنزدار دیده می‌شوند (شکل ۴-پ). دگرسانی کربناتی نوع اول معمولاً ارتباط نزدیکی با رگه‌های کانه‌دار دارد. نوع دوم دگرسانی کربناتی شامل رگچه‌های کلسیت تأخیری و کلسیت با بافت پرکننده فضای خالی می‌باشد (شکل ۴-ت). رگچه‌های کلسیتی معمولاً رگچه‌های کانه‌دار را قطع می‌کنند که نشان‌دهنده تشکیل آنها در مراحل پایانی دگرسانی گرمایی است. دگرسانی آرژیلیک حدواسط با پهنا ۳ تا ۵ متر در اطراف رگه کانه‌دار دیده می‌شود (شکل ۳-الف تا پ). این دگرسانی معمولاً سبب تغییر رنگ رخنمون‌های سنگی به سفید، زرد و قرمز آجری شده است. در مطالعات میکروسکوپی، دگرسانی آرژیلیک حدواسط شامل دگرسانی پلاژیوکلاز به مجموعه ایلیت و سریسیت است که عموماً با اندکی کوارتز و کلسیت همراهی می‌شوند (شکل ۴-ث). دگرسانی پروپیلیتیک در رخنمون‌های صحرایی به رنگ سبز دیده شده و معمولاً در حاشیه‌های پهنه کانه‌زایی رخ داده است. این دگرسانی از شدت کم تا متوسط برخوردار بوده و بافت کانی‌ها در آن معمولاً حفظ شده است. دگرسانی پروپیلیتیک اغلب با دگرسانی پلاژیوکلاز، آمفیبول و پیروکسن به کلریت، اپیدوت، سریسیت و کلسیت همراه است (شکل ۴-ج). در این دگرسانی، مقادیر اندکی کوارتز در زمینه سنگ تشکیل شده است.



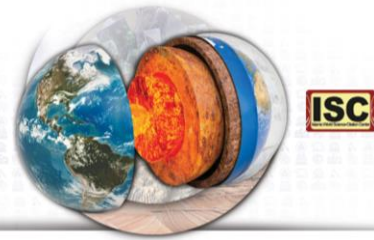
شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی (نور عبوری XPL) از انواع دگرسانی‌ها در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ، الف و ب- دگرسانی سیلیسی شامل کوارتز با بافت‌های رگه- رگچه‌ای (الف) و سیمان برش‌های گرمایی (ب). پ- کلسیت در دگرسانی کربناتی نوع اول موجود در رگه- رگچه‌های کوارتز- کربناتی منگنزدار. ت- کلسیت با بافت پرکننده فضای خالی در دگرسانی کربناتی نوع دوم. ث- دگرسانی آرژلیک حدوداً شامل جانشینی پلاژیوکلاز توسط مجموعه سریسیت- ایلیت. ج- دگرسانی پروپیلیتیک شامل جانشینی پلاژیوکلاز توسط کلسیت. علائم اختصاری کانی‌ها از [۲۲] اقتباس شده است. Cal: کلسیت، Fe-oxide: اکسیدهای آهن، Mn ore: کانه منگنز، Qz: کوارتز، Ser: سریسیت

۴. کانی‌شناسی و ساخت و بافت کانسنگ

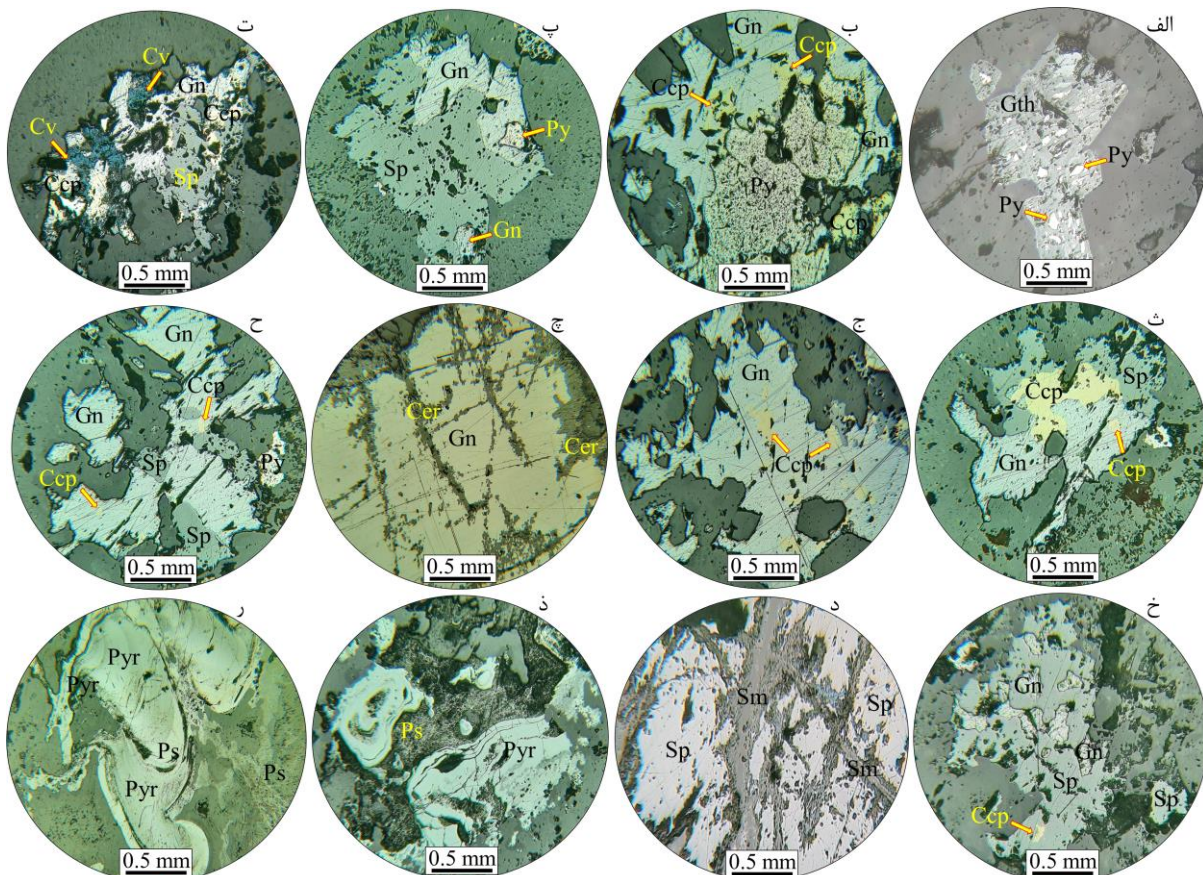
پیریت، کالکوپیریت، گالن، اسفالریت، پیرولوسیت، پسیلوملان، کوارتز، کلسیت، سیدریت و سریسیت- ایلیت، کانی‌های تشکیل‌دهنده کانسنگ در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ هستند. سروزیت، اسمیت‌زونیت، ملاکیت، کولیت و گوتیت طی فرایندهای برون‌زاد به وجود آمده‌اند. انواع بافت کانسنگ شامل دانه‌پراکنده، رگه- رگچه‌ای، برشی، پوسته‌ای، گل‌کلمی، کاکلی، تیغه‌ای، پرمانند، بازماندی، جزیره‌ای، پُرکننده فضای خالی و جانشینی است.

پیریت به‌صورت بلورهای بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار و بعضاً شکل‌دار ریز تا درشت (اندازه بین ۱۰ میکرون تا ۱ میلی‌متر) با بافت دانه‌پراکنده در رگه‌های کانه‌دار دیده می‌شود. پیریت معمولاً از حاشیه‌ها و در امتداد شکستگی‌ها به گوتیت دگرسان شده است که این امر سبب تشکیل بافت‌های بازماندی و جزیره‌ای شده است (شکل ۵-الف). در برخی از نمونه‌ها، پیریت با کالکوپیریت و گالن هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۵-ب). در بخش‌هایی از پهنه کانه‌دار، ادخال‌هایی ریز از پیریت درون گالن دیده می‌شود (شکل ۵-پ). کالکوپیریت معمولاً به‌صورت بلورهای متوسط تا درشت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل با اندازه بعضاً تا ۲ سانتی‌متر و با بافت دانه‌پراکنده در رگه‌های کانه‌دار دیده می‌شود. در بخش‌های کانه‌دار، کالکوپیریت توسط گوتیت و کولیت جانشین شده (شکل ۵-ت) و بقایای آن با بافت‌های بازماندی و جزیره‌ای باقی مانده است. در بیشتر نمونه‌ها، کالکوپیریت معمولاً با پیریت، گالن و اسفالریت هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۵-ب، ت و ث). در برخی از نمونه‌ها، ادخال‌هایی از کالکوپیریت درون گالن و اسفالریت دیده می‌شود (شکل ۵-ث و ج، ح و خ).

گالن عمدتاً به‌صورت بلورهای درشت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل تا اندازه ۳ سانتی‌متر در رگه‌های کانه‌دار حضور دارد. در بیشتر نمونه‌ها، گالن‌ها از حاشیه و در امتداد شکستگی‌ها به سروزیت دگرسان شده (شکل ۵-چ) و بقایای آنها با بافت‌های بازماندی و جزیره‌ای باقی مانده



است. گالن با کالکوپیریت و اسفالریت و بعضاً پیریت هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۵-ب تا ث و ج). در برخی از نمونه‌ها، ادخال‌های ریزی از کالکوپیریت داخل گالن دیده می‌شود (شکل ۵-ث و ج). گالن به‌صورت ادخال‌های ریز درون اسفالریت نیز قابل مشاهده است (شکل ۵-خ). اسفالریت به رنگ عسلی (فقیر از آهن) و به‌صورت بلورهای متوسط تا درشت بی‌شکل تا نیمه‌شکل‌دار (اندازه ۲ تا ۳ سانتی‌متر) در رگه‌های کانهدار دیده می‌شود. اسفالریت معمولاً با گالن و کالکوپیریت هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۵-ت و ث). معمولاً ادخال‌هایی از گالن و کالکوپیریت درون اسفالریت دیده می‌شود (شکل ۵-ح و خ). اسفالریت اغلب در امتداد شکستگی‌ها به اسمیت‌زونیت دگرسان شده است (شکل ۵-د). پیرولوپسیت و پسیلوملان با فراوانی نسبتاً فراوان در رگه و رگچه‌های کوارتز-کربناتی منگن‌دار حضور دارند. این کانی‌ها عمدتاً به‌صورت بلورهای بی‌شکل با بافت‌های پرکننده فضای خالی، گل‌کلمی (شکل ۵-ذ و ر) و رگچه‌ای دیده می‌شوند.

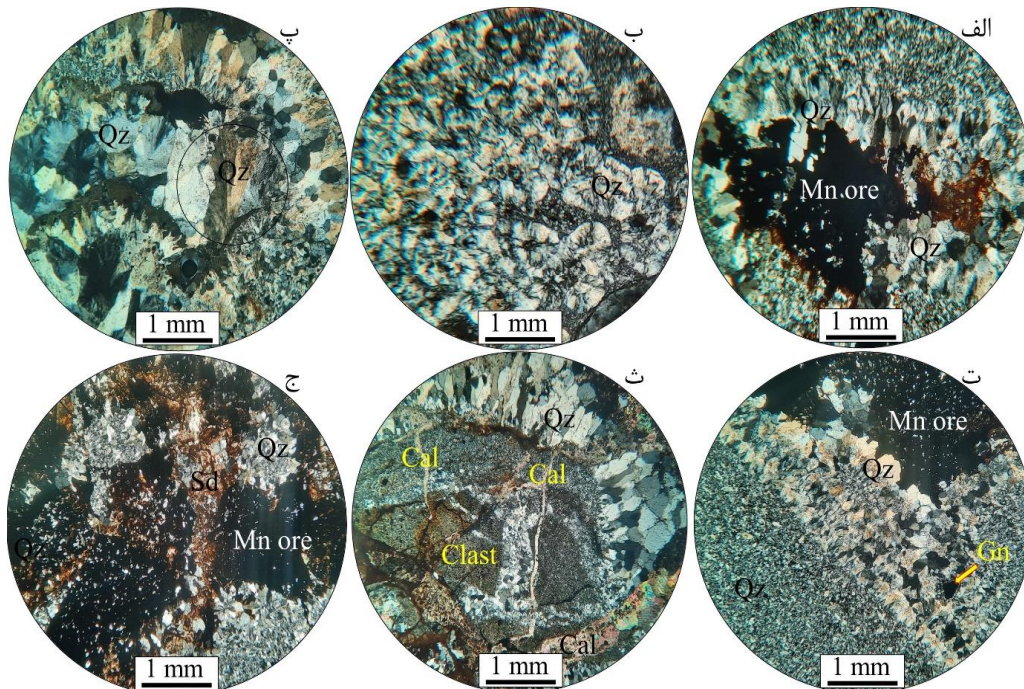


شکل ۵-الف - دگرسانی بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار پیریت به گوتیت و ایجاد بافت‌های بازماندی و جزیره‌ای. ب- هم‌رشدی پیریت با کالکوپیریت و گالن. ادخال ریز کالکوپیریت درون گالن نیز در تصویر دیده می‌شود. پ- ادخال پیریت درون گالن. هم‌رشدی گالن و اسفالریت نیز در تصویر دیده می‌شود. ت و ث- هم‌رشدی کالکوپیریت با گالن و اسفالریت. در تصویر ت، دگرسانی کالکوپیریت به کولیت و در تصویر ث، ادخال ریز کالکوپیریت درون گالن نیز دیده می‌شود. ج- ادخال‌های کالکوپیریت درون گالن. چ- دگرسانی گالن به سروزیت از حاشیه و در امتداد شکستگی‌ها. ح- هم‌رشدی گالن با پیریت و اسفالریت. ادخال‌های ریز کالکوپیریت درون گالن نیز در تصویر دیده می‌شود. خ- ادخال‌های گالن و کالکوپیریت داخل اسفالریت. د- دگرسانی اسفالریت به اسمیت‌زونیت در امتداد شکستگی‌ها. ذ و ر- پیرولوپسیت و پسیلوملان با بافت گل‌کلمی. همه تصاویر در نور بازتابی تهیه شده‌اند. علائم اختصاری کانی‌ها از [۲۲] اقتباس شده است. Ccp: کالکوپیریت، Cer: سروزیت، Cv: کولیت، Gn: گالن، Gth: گوتیت، Ps: پسیلوملان، Py: پیریت، Pyr: پیرولوپسیت، Sm: اسمیت‌زونیت، Sp: اسفالریت



سروریت، اسمیت‌زونیت، مالاکیت، کولیت و گوتیت کانی‌های برون‌زاد در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ می‌باشند که در بخش‌های سطحی بخش‌های کانه‌دار دیده می‌شوند. سروریت و اسمیت‌زونیت به ترتیب جانشین گالن و اسفالریت شده‌اند (شکل ۵-ج و د). اسمیت‌زونیت معمولاً به صورت بلورهای شعاعی و رشته‌ای دیده می‌شود. با توجه به فراوانی کم اسفالریت در نمونه‌های سطحی، احتمالاً بخش اصلی اسفالریت طی فرایندهای برون‌زاد به اسمیت‌زونیت دگرسان شده است. مالاکیت معمولاً بافت پرکننده فضای خالی نشان می‌دهد. کولیت اغلب جانشین کالکوپیریت شده است (شکل ۵-ت). گوتیت در اثر دگرسانی پیریت و کالکوپیریت تشکیل شده است (شکل ۵-الف).

کوارتز، کلسیت، سیدریت و سریسیت-ایلیت کانی‌های باطله در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ می‌باشند. کوارتز اصلی‌ترین و فراوان‌ترین کانی باطله در این کانه‌زایی است که به صورت بلورهای ریز (کمتر از ۲۰۰ میکرون) تا درشت (تا ۱ سانتی‌متر) بی‌شکل تا شکل‌دار در رگه و رگچه‌های سیلیسی و سیمان برش‌های گرمایی دیده می‌شود. در مقاطع میکروسکوپی، کوارتزها اغلب بافت‌های رگه-رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی نشان می‌دهند (شکل ۶-الف). در برخی از نمونه‌ها، کوارتزها بافت‌های گل‌کلمی، پوسته‌ای، کاکلی و پرماند نشان می‌دهند (شکل ۶-ب تا د). در نمونه‌های رخنمون، جانشینی کوارتز در قالب کلسیت‌های تیغه‌ای سبب تشکیل بافت تیغه‌ای شده است (شکل ۳-ث). کلسیت عمدتاً به صورت بلورهای بی‌شکل دیده شده و معمولاً بافت‌های رگچه‌ای و پرکننده فضای خالی نشان می‌دهد (شکل‌های ۴-پ و ت و ۶-ث). سیدریت با بافت پرکننده فضاهای خالی و رگچه‌ای در مقاطع میکروسکوپی قابل مشاهده است (شکل ۶-ج). سریسیت و ایلیت به صورت بلورهای ریز (۵ تا ۵۰ میکرون) در مقاطع نازک میکروسکوپی دیده می‌شوند (شکل ۴-ث).



شکل ۶-الف- کوارتز با بافت پرکننده فضای خالی. ب- بافت گل‌کلمی کوارتز. پ- بافت‌های گل‌کلمی و پرماند کوارتز. ت- بافت پوسته‌ای کوارتز. ث- رشد کوارتز با بافت کاکلی بر روی قطعات سنگی. کلسیت با بافت‌های پرکننده فضای خالی و رگچه‌ای نیز در تصویر دیده می‌شود. ج- سیدریت با بافت رگچه‌ای. همه تصاویر در نور عبوری XPL تهیه شده‌اند. علائم اختصاری کانی‌ها از [۲۲] اقتباس شده است. (Cal: کلسیت، Gn: گالن، Qz: کوارتز، Sd: سیدریت، Mn ore: کانه منگنز)



۵. مراحل کانه‌زایی و توالی پاراژنزی کانی‌ها

مراحل کانه‌زایی در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ به پنج مرحله قابل تفکیک است. مرحله اول کانه‌زایی با دگرسانی سیلیسی سنگ‌های میزبان همراه با مقادیر کمی پیریت ریز و بی‌شکل (اغلب اکسیده) با بافت دانه‌پراکنده مشخص می‌شود. این مرحله از کانه‌زایی بیشتر توسط مراحل بعدی کانی‌سازی قطع و برشی شده است. مرحله دوم کانه‌زایی با حضور رگه- رگچه‌ها و برش‌های گرمابی با سیمان کوارتز و سولفید مشخص می‌شود که دارای مقادیر متغیری پیریت، کالکوپیریت، گالن و اسفالریت هستند. ضخامت رگه- رگچه‌های کوارتزی کانه‌دار این مرحله تا ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد. مرحله سوم کانه‌زایی با حضور کوارتز و کربنات (کلسیت و سیدریت) همراه با کانه‌های اکسیدی منگنز (پیرولوسیت و پسیلوملان) در رگه‌ها و سیمان برش‌های گرمابی مشخص می‌شود. مرحله چهارم کانه‌زایی با حضور کوارتز و کلسیت به صورت رگچه‌ای و پرکننده فضاهای خالی مشخص می‌شود. ضخامت رگچه‌های کوارتزی و کلسیتی این مرحله تا ۵ میلی‌متر می‌رسد. مرحله چهارم کانه‌زایی به آخرین فعالیت‌های گرمابی در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ ارتباط داشته و هیچ کانی سولفیدی با آن تشکیل نشده است. مرحله پنجم کانه‌زایی مربوط به فرایندهای برون‌زاد است و طی آن کانی‌های ثانویه مانند سروزیت، اسمیت‌زونیت، مالاکیت، کولیت و گوتیت با بافت‌های پرکننده فضای خالی، بازماندی و جان‌نشینی تشکیل شده‌اند. مراحل کانه‌زایی و توالی پاراژنزی کانی‌ها در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ در شکل ۷ نشان داده شده است.

	Stage 1	Stage 2	Stage 3	Stage 4	Supergene
Pyrite					
Chalcopyrite					
Galena					
Sphalerite					
Pyrolusite					
Psilomelane					
Cerussite					
Smithsonite					
Malachite					
Covellite					
Goethite					
Quartz					
Calcite					
Siderite					
Sericite-Illite					
Disseminated					
Brecciated					
Vein-Veinlets					
Cockade					
Colloform-Crustiform					
Plumose					
Vug Infill					
Relict					
Replacement					

شکل ۷- مراحل کانه‌زایی، توالی پاراژنزی و ساخت و بافت کانسنگ در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ.

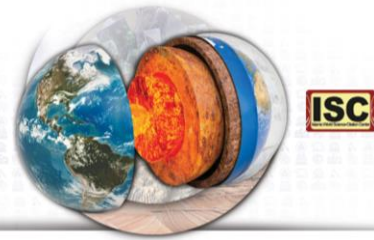
۶. نتیجه‌گیری

مقایسه شواهد زمین‌شناسی، کانه‌زایی، دگرسانی، کانی‌شناسی و ساخت و بافت در کانه‌زایی سرب و روی گوشه‌بلاغ با انواع کانسارهای سرب و روی نشان می‌دهد این کانه‌زایی را می‌توان در دسته کانسارهای اپی‌ترمال سولفیداسیون حدواسط [۲۳ و ۲۴] طبقه‌بندی کرد. مطالعات تکمیلی در دست انجام می‌تواند به فهم بهتر فرایندهای کانه‌ساز در این کانه‌زایی منجر گردد.



منابع

- [۱] نباتیان، ق.، قادری، م.، ۱۳۹۳. کانی‌شناسی و ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب در کنسارهای اکسید آهن- آپاتیت ناحیه زنجان. فصلنامه علوم زمین، ۹۳، ۱۷۰-۱۵۷.
- [۲] نباتیان، ق.، ۱۳۹۱. زمین‌شناسی، ژئوشیمی و تکامل کنسارهای اکسید آهن آپاتیت‌دار در کمربند آتشفشانی- نفوذی طارم، البرز باختری. رساله دکتری، دانشگاه تربیت مدرس.
- [۳] کردیان، ش.، ۱۳۹۷. ژئوشیمی عناصر کمیاب خاکی در کنسار اکسید آهن- آپاتیت گلستان‌آباد (خاور زنجان). پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.
- [۴] کردیان، ش.، مختاری، م.ع.ا.، کوهستانی، ح.، ویسه، س.، ۱۳۹۹. زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ساخت و بافت، زمین‌شیمی و ژئز کنسار اکسید آهن- آپاتیت گلستان‌آباد (خاور زنجان). مجله زمین‌شناسی اقتصادی، ۱۲ (۳)، ۳۲۵-۲۹۹.
- [۵] حسین‌زاده، م.، مغفوری، س.، موید، م.، فریداصل، و.، ۱۳۹۵. معرفی کنسار مس ماری به‌عنوان یک ذخیره چینه‌کران نوع مانتو در پهنه طارم، شمال‌غرب ایران. مجله زمین‌شناسی ایران، ۳۸، ۳۷-۱۷.
- [۶] احمدی، م.، ۱۳۹۷. زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ژئز کنسار مس- آهن کردکند، شمال‌غرب زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.
- [۷] محمدی، م.، نباتیان، ق.، هنرمند، م.، ابراهیمی، م.، ۱۳۹۸. زمین‌شناسی و خاستگاه کانه‌زایی مس در کنسار دهنه، شمال‌خاور زنجان. مجله زمین‌شناسی اقتصادی، ۱۱ (۳)، ۵۲۴-۴۹۷.
- [۸] عسگری، ا.، ۱۳۹۹. زمین‌شناسی و کانه‌زایی در کنسار مس گلرود، شمال‌شرق زنجان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان.
- [۹] معصومی، ف.، ۱۴۰۲. زمین‌شناسی، زمین‌شیمی و خاستگاه کنسار مس دوه‌باتاکی، شمال‌باختر ابهر. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه زنجان. ۶۹ صفحه.
- [۱۰] Mehrabi, B., Ghasemi Siani, M., Goldfarb, R., Azizi, H., Ganerod, M., Marsh, E.E., 2016. Mineral assemblages, fluid evolution, and genesis of polymetallic epithermal veins, Gulojeh district. NW Iran. *Ore Geology Reviews*, 78, 41–57.
- [۱۱] Kouhestani, H., Azimzadeh, A.M., Mokhtari, M.A.A., Ebrahimi, M., 2017. Mineralization and fluid evolution of epithermal base metal veins from the Aqkand deposit. NW Iran. *Neues Jahrbuch für Mineralogie Abhandlungen (Journal of Mineralogy and Geochemistry)*, 194 (2), 139–155.
- [۱۲] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Chang, Z., Johnson, A.C., 2018. Intermediate sulfidation type base metal mineralization at Aliabad-Khanchy, Tarom-Hashtjin metallogenic belt, NW Iran. *Ore Geology Reviews*, 93, 1–18.
- [۱۳] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Qin, K.Z., Zhao, J.X., 2019a. Fluid inclusion and stable isotope constraints on ore genesis of the Zajkan epithermal base metal deposit, Tarom-Hashtjin metallogenic belt, NW Iran. *Ore Geology Reviews*, 109, 564–584.
- [۱۴] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Qin, K., Zhao, J., 2019b. Origin and evolution of hydrothermal fluids in the Marshoun epithermal Pb-Zn-Cu (Ag) deposit, Tarom-Hashtjin metallogenic belt, NW Iran. *Ore Geology Reviews*, 113, 103087.
- [۱۵] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Qin, K.Z., Zhang, X.N., 2020. Genesis of the Abbasabad epithermal base metal deposit, NW Iran: Evidence from ore geology, fluid inclusion and O-S isotopes. *Ore Geology Reviews*, 126, 103752.



- [۱۶] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Chang, Z., 2022a. Fluid inclusion and stable isotope constraints on the genesis of epithermal base metal veins in the Armaqan Khaneh mining district, Tarom–Hashtjin metallogenic belt, NW Iran. *Australian Journal of Earth Sciences*, 69 (6), 844–860.
- [۱۷] Kouhestani, H., Mokhtari, M.A.A., Chang, Z., 2022b. Fluid inclusion, zircon U-Pb geochronology and O-S isotopic constraints on the origin and evolution of ore-forming fluids of the Tashvir and Varmazyar epithermal base metal deposits, NW Iran. *Frontiers in Earth Science*, 10, 990761.
- [۱۸] Mousavi Motlagh, S.H., Ghaderi, M., Yasami, N., 2021. Porphyry-type mineralization associated with epithermal deposits in the Tarom metallogenic belt of NW Iran: Constraints from fluid inclusions. *Journal of Geochemical Exploration*, 223, 106724.
- [۱۹] Yasami, N., Ghaderi, M., 2019. Distribution of alteration, mineralization and fluid inclusion features in porphyry–high sulfidation epithermal systems: the Chodarchay example, NW Iran. *Ore Geology Reviews*, 104, 227–245.
- [۲۰] Zamanian, H., Rahmani, S., Zarei Sahameih, R., 2019. Fluid inclusion and stable isotope study of the Lubin-Zardeh epithermal Cu-Au deposit in Zanzan Province, NW Iran: Implications for ore genesis. *Ore Geology Reviews*, 112, 103014.
- [۲۱] فریدی، م.، انوری، ا.، ۱۳۷۹. نقشه زمین‌شناسی مقیاس ۱:۱۰۰,۰۰۰ هشتجین. سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- [۲۲] Whitney, D.L. and Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist*, 95 (1), 185–187.
- [۲۳] Hedenquist, J.W., Arribas, A., Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration for epithermal gold deposits. In: *Gold in 2000*. Hagemann, S.G., Brown, P.E., (Eds.), *Reviews in Economic Geology*, 13, 245–277.
- [۲۴] Wang, L., Qin, K.Z., Song, G.Y., Li, G.M., 2019. A review of intermediate-sulfidation epithermal deposits and subclassification. *Ore Geology Reviews*, 107, 434–456.