IRANIAN SOCIETY of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Vol. 17, No. 3, Fall 1388/2009

IRANIAN JOURNAL of CRYSTALLOGRAPHY and MINERALOGY

Mineralogical studies of Darreh – Zerreshk copper deposit SW of YAZD

A. H. Kohsary*, A. H. Ansari, K. Alamdar

Mining & Metallurgy Engineering department, Yazd University

(Received: 17/11/2008, in revise form: 14/5/2009)

Abstract: Loco-granite and granodiorite intrusive bodies have cut the Naiband and Sangestan Formations in Darreh-Zerreshk area in southwest margins of Shirkooh batholite. This intrusion has caused weak metamorphism and copper hydrothermal mineralization in permeable Sangestan Formation. The characteristics minerals are magnetite, chalcopyrite, pyrite, bournite and dyajenite. The studied area is composed of sedimentary strata of Lower Cretaceous up to present. These rocks have been cut by a great variety of extrusive and intrusive rocks. Intrusion of porphyric granitoide of Miocene in volcanic units and Cretaceous limestone units caused Copper mineralization in different parts of studied area. In Darreh-Zerreshk, four different mineralization zones can be recognized as: oxide, leaching, supergene and hypogene. Alteration zones in Darreh- Zerreshk area are potassic, propylitic and phyllic thet can be correlated with Lovell and Gilbert model. This research was carried out for mineralogical, texture and geneses studies of this ore deposit.

Keywords: *Copper Deposit Supergene, Hypogene, Lovell and Gilbert.*

*Corresponding author, Tel.: +98 (0351) 8122522, Fax:+98 (0351) 6225720, E-mail: Kohsary@yazduni.ac.ir

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال هفدهم، شمارهٔ ۳، پاییز ۸۸، از صفحهٔ ۴۳۷ تا ۴۴۸

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

کانی‌شناسی کانسارمس درهٔ زرشک جنوب‌غرب یزد

امیرحسین کوهساری*، عبدالحمید انصاری، کمال علمدار

دانشکده مهندسی معدن و متالورژی دانشگاه یزد

(دریافت مقاله: ۸۷/۸/۲۷ ، نسخه نهایی: ۸۸/۲/۲۵)

چکیده: تودهٔ نفوذی لوکوگرانیتی- گرانودیوریتی در منطقهٔ درهٔ زرشک و حاشیهٔ شمال غرب باتولیت شیرکوه، سازند نای بند و سنگستان را قطع کرده و باعث دگرگونی ضعیف و کانی‌سازی گرماب مس در سازند نفوذپذیر سنگستان شده‌است.کانی‌های شاخص عبارتند از مگنتیت، کالکوپیریت، پیریت، بورنیت،کالکوسیت و دیژنیت. به طور کلی منطقه مورد بررسی از واحدهای ته‌نشستی از کرتاسه زیرین تا زمان ما تشکیل شده است که با گستره‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی قطع شده‌اند. نفوذ گرانیتوئیدهای پورفیری میوسن در میان این واحدها به خصوص واحدهای آتشفشانی و آهک‌های کرتاسه باعث کانی‌زایی مس در نقاط مختلف این منطقه از جمله درهٔ زرشک شده است. در درهٔ زرشک چهار زون اکسید، آبشسته، برون زا و درون‌زا به ترتیب از سطح به عمق شناسایی شده‌اند. روند دگرسانی در درهٔ زرشک با منطقه‌بندی مدل لاول و گیلبرت همخوانی دارد که شامل دگرسانی‌های پتاسیک،پروپیلیتیک و فیلیک می‌شود. هدف از این کار پژوهشی تعیین کانی‌ها، بافت و چگونگی تشکیل کانسار درهٔ زرشک است.

واژه‌های کلیدی: *مس پورفیری، درهٔ زرشک، برون زا، درون زا، لاول و گیلبرت.*

مقدمه

کانسار مس درهٔ زرشک در ۶۰ کیلومتری جنوب غربی یزد و ۴۵ کیلومتری جنوب غربی تفت در مسیر جادهٔ تفت – شیراز با طول جغرافیایی $53^{\circ}51'$ شرقی و عرض جغرافیایی $31^{\circ}38'$ شمالی جای گرفته است. برای رسیدن به منطقهٔ درهٔ زرشک با حرکت از یزد به تفت و پس از گذر از تفت به شیراز به طول ۳۵ کیلومتر به معدن علی آباد و پس از طی ۱۰ کیلومتر دیگر به منطقهٔ معدنی دره زرشک می‌رسیم.

به منظور پی جویی ذخایر مس درهٔ زرشک، در اوایل سال ۱۳۴۹ قراردادی بین سازمان گسترش و نوسازی صنایع ایران و شرکت فرانسوی کوفیمین منعقد شد. بررسی‌های شرکت کوفیمین منجر به کشف و براورد ذخیره‌ای در حدود ۲۳ میلیون تن با عیار متوسط ۹٪ درصد مس (عیار حد ۴٪ درصد) تا عمق ۱۵۶۵ متری شد. پس از آن در سال ۱۳۷۷ شرکت ایرانی کانی فراوران، پی جویی‌های تفصیلی را با حفر گمانه و چاهک تکمیل و اقدام به براورد ذخیره کرد. ذخیرهٔ به دست آمده از سوی این شرکت ایرانی بین ۲۶ تا ۳۰ میلیون تن با عیار مس ۶۸٪ درصد براورد شد. در سال ۱۳۸۱ با واگذاری کانسار درهٔ زرشک به شرکت ملی صنایع مس ایران، و از اوایل سال ۱۳۸۲ عملیات حفاری سیستماتیک در منطقه شروع و هم اکنون به پایان رسیده و بررسی‌های فنی و اقتصادی معدن در حال انجام است[۱].

سنگ‌های گرانیتوئیدی باعث رخدادها و ذخایر اسکارنی، پورفیری و رگه‌ای مس و آهن در جنوب غرب یزد شده‌اند[۱]، که کانسار مس درهٔ زرشک از آن جمله است. کانی‌های شاخص این کانسار عبارتند از مگنتیت، کالکوپیریت، پیریت، بورنیت، کالکوسیت و دیژنیت. به طور کلی منطقهٔ مورد بررسی از

* نویسنده مسئول، تلفن: ۸۱۲۲۵۲۲ (۰۳۵۱) ۹۸+، نمابر: ۶۲۲۵۷۲۰ (۰۳۵۱) ۹۸+، پست الکترونیکی: Kohsary@yazduni.ac.ir

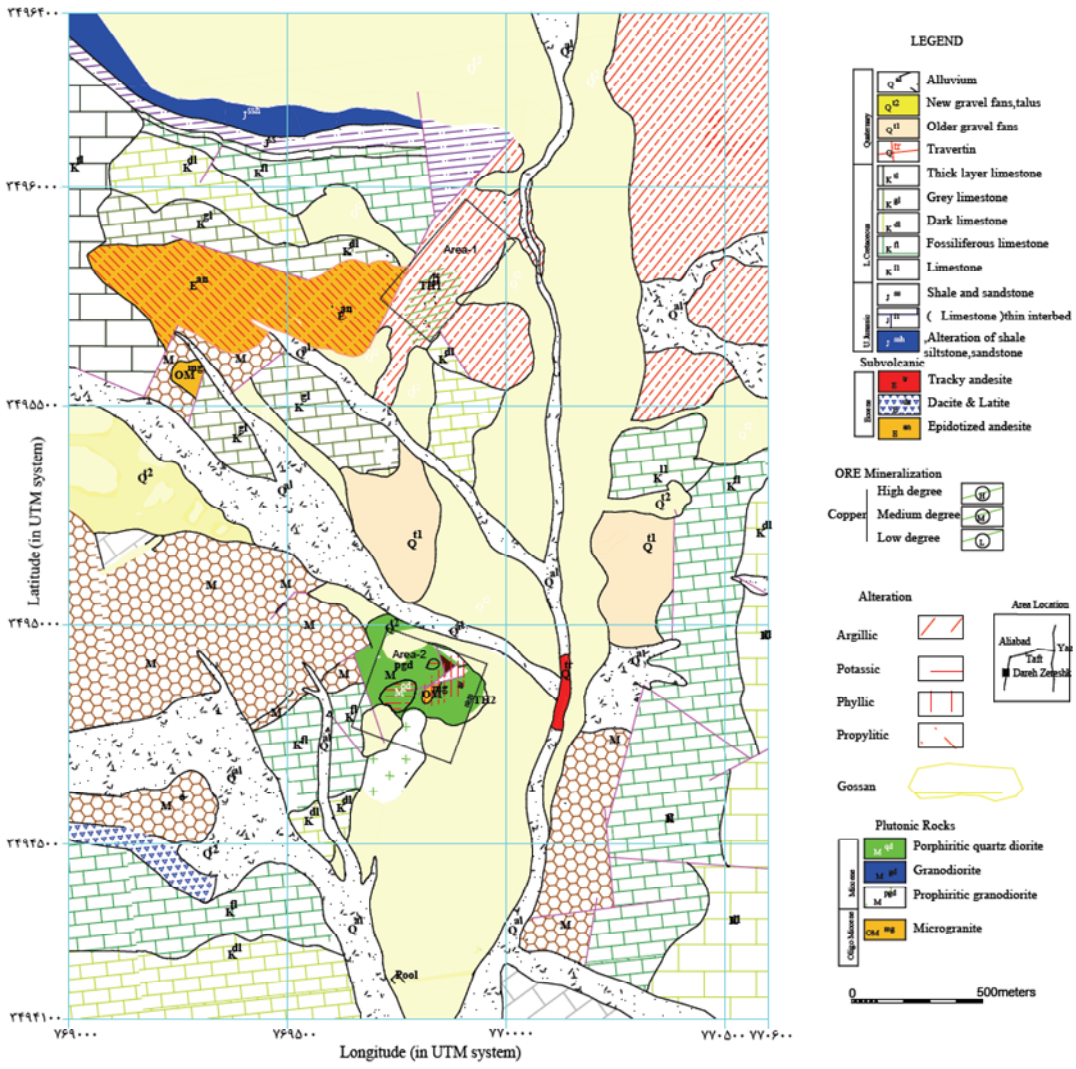
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

واحدهای ته نشستی از کرتاسه زیرین تا زمان ما را تشکیل داده‌اند که با طیف گسترده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی و نفوذی قطع شده‌اند. نفوذ گرانیتوئیدهای پورفیری میوسن در میان این واحدها به خصوص واحدهای آتشفشانی و آهک‌های کرتاسه باعث کانی‌زایی مس در نقاط مختلف این منطقه از جمله درهٔ زرشک شده است.

این مقاله به کانی‌شناسی کانسار مس درهٔ زرشک جنوب غرب یزد می‌پردازد. هدف از کانی‌شناسی، تعیین نوع کانی‌ها، مقدارنسبی هر یک از آن‌ها، ساخت و بافت کانی‌ها و چگونگی تشکیل کانسار است.

زمین شناسی

قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه را سازند تخریبی نای بند به عنوان پی سنگ تشکیل داده است. ماسه سنگ‌های تیره و شیل‌های این سازند به وسیلهٔ باتولیت گرانیتی شیرکوه در ژوراسیک میانی قطع شده‌اند و دگرگونی ضعیفی در آنها رخ داده است. رخنمون این رویداد به خوبی در بخش غربی باتولیت شیرکوه دیده می‌شود[۲]. فرسایش باتولیت شیرکوه و پی سنگ میزبان پس از فاز کوهزایی کیمبرین فوقانی منجر به انباشت انبوهی از ماسه سنگ و کنگلومرای سرخ با عنوان سازند سنگستان در گودال‌های گسلی باتولیت در ژوراسیک بالایی – ابتدای کرتاسه شده است. سازند سنگستان به تدریج جای خود را به سنگ‌های آهکی اربیتولین‌دار کرتاسه زیرین با ضخامت زیاد به نام سازند تفت می‌دهد. برخوردگاه این دو سازند با باتولیت گرانیتی شیرکوه از نوع ناپیوستگی آذرین پی است (شکل ۱).



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه درهٔ زرشک.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

احتمالاً فازهای تأخیری تبلور باتولیت شیرکوه منجر به پیدایش توده‌های لوکوگرانیتی – گرانودیوریتی در منطقه شده‌اند. این توده‌ها، سازند نای بند و سنگستان را قطع کرده و با یک دگرسانی ضعیف، کانی‌سازی گرمابی مس را در سازند نفوذپذیر سنگستان موجب شده است. ماگماتیسم پس از کرتاسه به شکل توده‌های نفوذی کوچک در منطقهٔ دره زرشک نیز سنگ‌های آهکی سازند تفت را مورد تهاجم قرار داده که رخداد اسکارن‌ها در منطقه از این خاستگاه است. در جنوب منطقه دو تودهٔ مستقل رخنمون دارند که کنگلومرا – ماسه سنگ‌های سنگستان و ماسه سنگ‌ها و شیل‌های تریاس – ژوراسیک را قطع کرده‌اند و باعث شکل‌گیری دگرسانی‌های گرمابی با گسترش هاله‌ای بسیار کم شده‌اند. از این دگرسانی، سازندهای منطقه دستخوش دگرگونی ضعیفی شده‌اند و تنها اطلاق واژهٔ شبه نهشتی (Metasediment) به آن‌ها درست به نظر می‌رسد[۳].

گسل دهشیر- بافت مهم‌ترین عنصر ساختاری در منطقه به شمار می‌رود که ساختارهای دیگر را تحت تأثیر قرار داده است. روند کلی این گسل شمال غرب- جنوب شرقی است و از ۲۰ کیلومتری شرق گسترهٔ مورد بررسی گذر می‌کند، علاوه بر گسل‌های اصلی هم روند با گسل دهشیر- بافت، گسل‌های عرضی عمود بر گسل اصلی نیز فراوانند.

روش بررسی

به منظور بررسی و ارزیابی منطقهٔ مورد نظر، کارشناسان در دو مرحله به منطقه اعزام شدند. پس از بررسی‌های صحرایی و نمونه برداری از سنگ‌های منطقه به روش لبپری(Chip- Channel) و نیز نمونه برداری از مغزه‌های به دست آمده از حفاری‌های، مقاطع نازک و صیقلی از سنگ‌ها تهیه شدند. از میان نمونه‌های برداشت شده تعداد ۵۰ نمونه انتخاب و پس از آماده‌سازی و تهیه مقاطع مورد نیاز، بررسی‌های سنگ‌شناختی و کانه نگاری روی آن‌ها انجام شده. همچنین از مغزه‌های موجود تعداد ۴۲ نمونه انتخاب و برای عیار سنجی مس در آزمایشگاه شرکت مس سرچشمه بررسی قرار گرفتند که نتایج آن در جدول ۱ آمده‌اند.

جدول۱ نتایج آنالیز شیمیایی نمونه‌های به دست آمده از مغزه‌های حفاری.

نمونه / مغزی حفاری / فلز	CU(%)	CUO(%)	Mo(PPM)	AU(PPb)	نمونه / مغزی حفاری / فلز	CU(%)	CUO(%)	Mo(PPM)	AU(PPb)
۱	۰٫۳۶	۰٫۰۴	۶۱	۱۶	۲۲	۰٫۲۹	۰٫۱۵	۳۹	۹
۲	۰٫۱۵	۰٫۰۱	۱۸	۱۷٫۵	۲۳	۰٫۲۸	۰٫۰۴	۲۶٫۴	۱۹
۳	۰٫۱۶	۰٫۰۳	۲۳	۱۳	۲۴	۰٫۱۷	۰٫۰۵	-	۱۳
۴	۰٫۱۵	۰٫۰۲	۴۱	۱۵	۲۵	۰٫۲۹	۰٫۰۳	۵۲٫۱	۱۵
۵	۰٫۲۵	۰٫۰۳	۱۹	۱۹	۲۶	۰٫۱۸	۰٫۰۲	-	-
۶	۰٫۱۲	۰٫۰۲	۱۰	۱۷	۲۷	۰٫۴۲	۰٫۰۲	۱۶	-
۷	۰٫۱۱	۰٫۰۲	۱۸	۱۹٫۵	۲۸	۰٫۰۶	۰٫۰۳	۵۸	۱۳
۸	۰٫۱۰	۰٫۰۱	۱۰	۱۴	۲۹	۰٫۳۰	۰٫۰۱	۳۳٫۵	۱۲
۹	۰٫۲۶	۰٫۰۵	۵٫۱۷	۱۱٫۳	۳۰	۰٫۳۸	۰٫۰۲	۶۱	۱۵
۱۰	۰٫۲۵	۰٫۰۲	۵۳	۱۱٫۵	۳۱	۰٫۳۸	۰٫۰۶	۷۳	۱۱٫۳
۱۱	۰٫۲۲	۰٫۰۳	۷٫۳۸	۱۶	۳۲	۰٫۳۹	۰٫۱۹	۸۴	۱۴
۱۲	۰٫۲۰	۰٫۰۴	۲۹	۱۳	۳۳	۰٫۳۸	۰٫۰۹	۴۵٫۲	۵
۱۳	۰٫۲۶	۰٫۰۲	۵۷	۸۰	۳۴	۰٫۱۶	۰٫۰۳	۱۱٫۹	۶
۱۴	۰٫۱۸	۰٫۰۲	۴۶	۱۲	۳۵	۰٫۰۳	۰٫۰۳	۵۳	۸
۱۵	۰٫۴۴	۰٫۰۸	-	۱۸	۳۶	۰٫۳۱	۰٫۰۷	۲۹	۱۱
۱۶	۰٫۱۵	۰٫۰۲	-	۱۶	۳۷	۰٫۴۵	۰٫۰۴	۵۷	۹
۱۷	۰٫۱۷	۰٫۰۱	۳۱	۱۰٫۵	۳۸	۰٫۲۵	۰٫۰۵	۵۷	۱۱
۱۸	۰٫۰۷	۰٫۰۱	۲۸	۱۵٫۳۴	۳۹	۰٫۱۳	۰٫۰۱	۴۴	۹
۱۹	۰٫۳۷	۰٫۰۳	۶۵	۱۶٫۵	۴۰	۰٫۱۷	۰٫۰۱	۳۲	۹
۲۰	۰٫۴۱	۰٫۰۴	۳۷	۱۱	۴۱	۰٫۳۶	۰٫۰۴	۶۱	۹
۲۱	۰٫۴۱	۰٫۰۳	۳۵٫۷۵	۱۴	۴۲	۰٫۳۵	۰٫۰۴	۵۹	۹

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

کانی‌شناسی و سنگ‌نگاری تودهٔ نفوذی بر اساس نمونه‌های از منطقه

توده‌های نفوذی منطقه دره زرشک کاملاً لوکوکرات هستند و ترکیب کانی‌شناسی آن‌ها از گرانیت تا گرانودیوریت در نوسان است. کوارتز، پلاژیوکلاز کانی‌های اصلی تشکیل دهندهٔ توده نفوذی هستند. از کانی‌های فرعی موجود در تودهٔ نفوذی می‌توان ارتوکلاز، مسکویت، بیوتیت، کلریت و آمفیبول را نام برد. بافت گرانوفیری، مورتار، میکروگرافیک و گرانولار متوسط در تودهٔ نفوذی دیده می‌شود. کم و بیش دگرسانی و شکستگی فراوانی در این توده‌ها مشاهده می‌شود. بعضی از پلاژیوکلازها، منطقه‌بندی نشان می‌دهند[۴]. تبدیل آمفیبول به بیوتیت از پدیده‌های نادر این سنگ‌ها است. پلاژیوکلازهای اسیدی در این سنگ‌ها عموماً به سرسیت و کائولینیت تجزیه شده‌اند به طوری که ماکل پلی سنتتیک آن‌ها حذف شده است.

سنگ‌های آذرین این منطقه بیشتر به صورت توده‌های نفوذی کم عمق و نیمه‌عمیق با ترکیب اسیدی تا حد واسط شامل آندزیت، داسیت، کوارتزدیوریت و گرانودیوریت‌اند که مختصری از آن به شرح زیر است.

داسیت- آندزیت

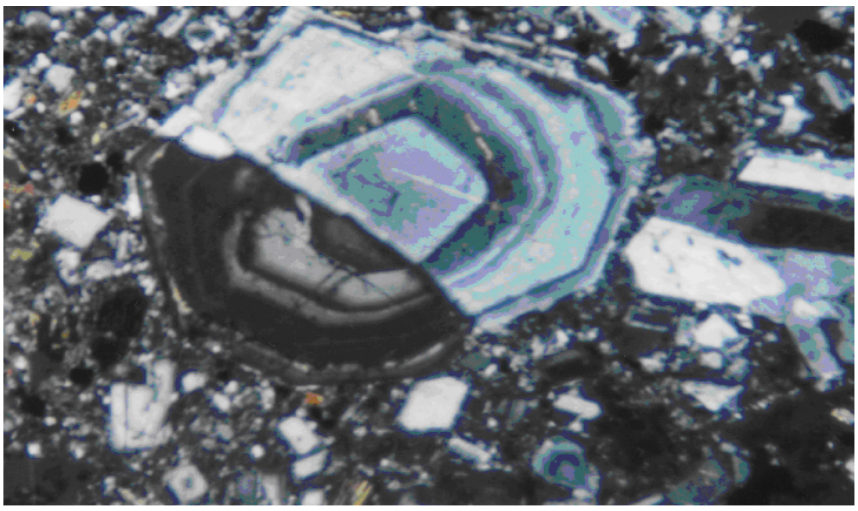
کوارتز و پلاژیوکلاز از کانی‌های اصلی این دسته از سنگ‌هاست. بافت این سنگ‌ها پورفیروئید تا فلسوفیریک است، به این صورت که پلاژیوکلازهای بزرگ و گاهی خردشده در زمینهٔ ریز دانه‌هایی از کانی‌های فلسیک (کوارتز و فلدسپار) مشاهده می‌شوند. سرسیت‌ها به صورت پراکنده در زمینه و یا به صورت سویدومورفیک یک کانی (از جمله آمفیبول) مشاهده می‌شوند.

کوارتزدیوریت‌ها

این سنگ‌ها با بافت دانه متوسط مشخص هستند. پلاژیوکلاز و کوارتز از کانی‌های اصلی این دسته از سنگ‌ها هستند. کانی‌های فرعی این گونه سنگ‌ها شامل ارتوکلاز، کانی‌های کدر، هورنبلند و بیوتیت است. اپیدوت و آپاتیت به صورت جزیی مشاهده می‌شود. بعضی از پلاژیوکلازها دارای منطقه‌بندی هستند (شکل ۲). ارتوکلاز با بافت میان روزنه‌ای (Interstitial)، فضای خالی بین پلاژیوکلازهای بزرگ را پر کرده است. تبدیل آمفیبول به بیوتیت از پدیده نادر این سنگ‌ها است.

گرانودیوریت‌ها

این دسته از سنگ‌ها با فراوانی کوارتز در کنار پلاژیوکلاز و بافت گرانولار مشخص هستند. ارتوکلاز، مسکویت، بیوتیت، کلریت و آمفیبول به صورت فرعی حضور دارند. پلاژیوکلازهای اسیدی در این سنگ‌ها عموماً به سرسیت و کائولینیت تجزیه شده‌اند به طوری که ماکل پلی تکراری آنها محو شده است [۵]. بیوتیت‌ها نیز کم وبیش به کلریت تجزیه شده‌اند. مسکویت در همراهی با کلریت بیشتر دیده می‌شود و ظاهراً حضور مستقل در سنگ دارد. در بعضی موارد، هم رشدی کوارتز و ارتوکلاز به طور محدودی بافت میکروگرافیک را ایجاد کرده است. آلبیت به صورت رگچه‌ای نیز در این دسته از سنگ‌ها حضور دارد که همهٔ آنها نشانگر هجوم شاره‌ای سدیم‌دار پس از تشکیل و انجماد این دسته از سنگ‌هاست.



شکل ۲ پدیدهٔ (منطقه‌بندی) در پلاژیوکلازهای موجود در کوارتزدیوریت‌های منطقه.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

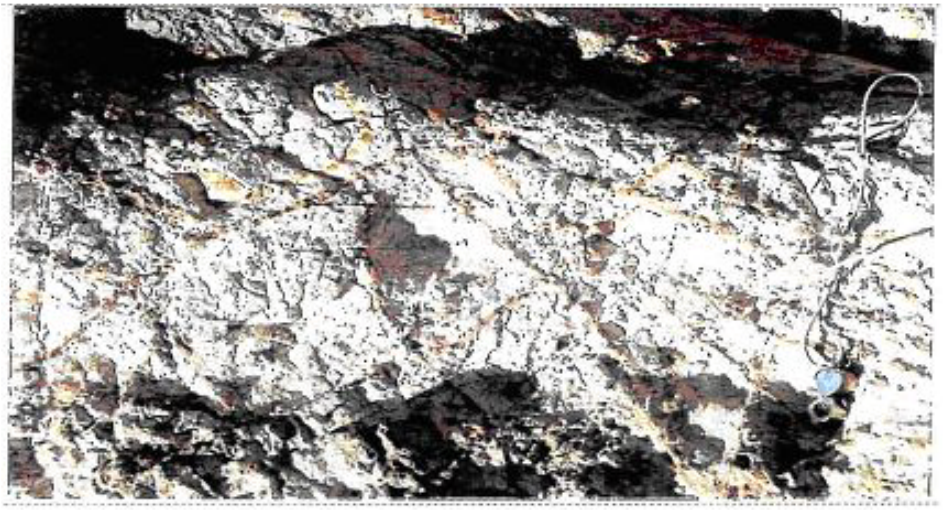
ویژگی‌های صحرائی

در گسترهٔ مورد بررسی مناطق دگرسانی، فیلیک، آرژیلیک و پروپلیتیک حضور دارند. بیشتر کانی‌سازی در منطقهٔ دگرسانی فیلیک، دیده می‌شود که عموماً به شکل کانی‌های کربناتی مس شامل مالاکیت و آزوریت است. کانه‌های سولفیدی نادرند و فقط آثار محدودی از آن‌ها در بخش برشی شمال منطقه به صورت پیریت و کالکوپیریت قابل رویت است. در منطقهٔ دگرسانی آرژیلیک آثار کانی‌سازی وجود ندارد ولی کانی‌سازی مالاکیت و آزوریت به طور محدود در منطقهٔ دگرسانی پروپلیتیک در شمال شرقی منطقه قابل رویت است.

کانی‌سازی در سطح منطقه عموماً به شکل رگچه‌های ظریف (شکل۳)، و محلی به شکل داربستی (شکل ۴) و بندرت به صورت پراکنده در متن سنگ‌ها (شکل۵) دیده می‌شود.

علاوه بر بررسی‌های انجام شده روی نمونه‌های سطحی که از زون اکسیدی این کانسار به دست آمده و مورد بررسی قرار گرفتند، نمونه‌هایی از مغزه‌های حفاری نیز تهیه شد که بررسی میکروسکوپی آنها، فراوانی کانی‌های کالکوسیت، کالکوپیریت و پیریت را نشان می‌دهد.

شکل۳ رگچه‌های مالاکیت در نمونه‌های سنگی (آندزیت - داسیت) منطقه دره زرشک.



شکل ۴ شبکه داربستی از رگچه‌های اکسید آهن ـ مالاکیت در محل ترانشه در شمال شرق منطقه.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

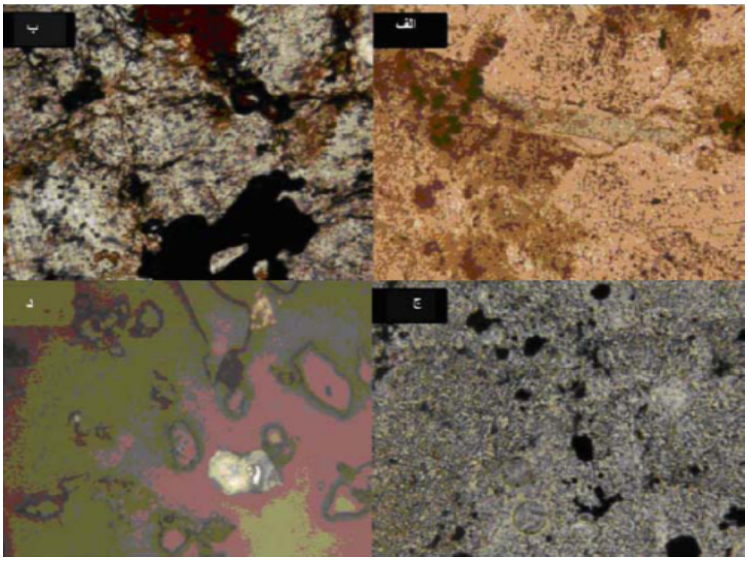
شکل ۵ آثار مالاکیت در متن سنگ‌های گرانیتی همراه با رگچه‌های کوارتز در منطقهٔ دگرسانی فیلیک.

بافت و ساخت کانی سازی

کانه‌های فلزی در سطح منطقه کم و نادرند. آثار مس بیشتر به صورت کانی‌های کربناتی است که درز و شکاف سنگ‌های گرانیتی و ته نشستی را پر می‌کنند.

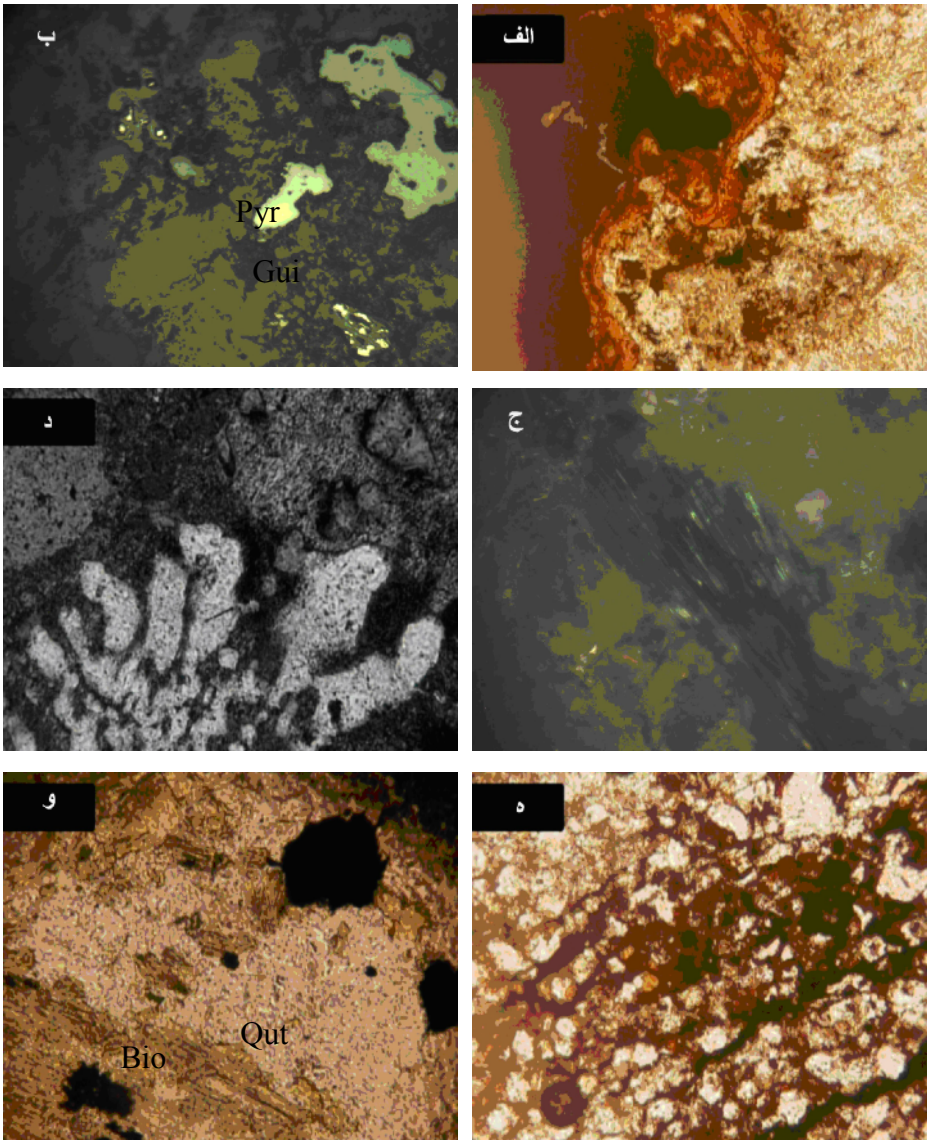
مالاکیت و آزوریت نیز همراه با اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن وجود دارند و به صورت محلی و نادر آثار پیریت و سولفیدهای مس را می‌توان با چشم مسلح در متن سنگ‌ها مشاهده کرد. کانه نگاری نمونه‌هایی از سنگ‌های حاوی کانه-سازی مس در منطقه درهٔ زرشک نیز ضعف کانه‌سازی را به خوبی نشان داده است. به دلیل ضعف کانه‌سازی بافت آن‌ها چندان مشخص نیست. به هر حال در نمونه‌های بررسی شده، بافت اصلی کانه‌سازی از نوع پرکننده فضاهای خالی و درز و شکاف‌های سنگ است (شکل۷الف). در برخی موارد شاید بتوان بافت پر کنندهٔ درزه و شکاف‌ها را از نوع رگه‌ای و داربستی دانست (شکل۶ ب). بیشتر کانه‌های اولیه مثل اکسید تیتان، پیریت و کالکوپیریت با بافت پراکنده در متن سنگ دیده می-شوند (شکل ۶ ج)

افزون بر بافت‌های یاد شده بافت جانشینی نیز در متن سنگ‌ها وجود دارند که به طور ثانویه پدید آمده‌اند. در بیشتر نمونه‌ها هیدروکسیدهای آهن که حاصل تجزیهٔ پیریت یا کالکوپیریت‌اند با بافت جانشینی در بیشتر کانی‌های یادشده دیده می‌شوند (شکل ۶ د).



شکل ۶ الف) (مالاکیت) به صورت پرشدگی در فضای خالی وگوتیت ناشی از پیریت درزمینهٔ سیلیسی. ب) کانی‌های کدر (مگنتیت) و نیمه‌شفاف و بافت داربستی ج) کانی‌های کدر (مگنتیت) در اندازه‌های مختلف با بافت پراکنده (زمینه دگرسان شده است). د) کالکوپیریت، دیژنیت و پیریت باقی مانده به صورت درگیر.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۷ الف) مقطع نازک، ساخت کلوفرمی مربوط به گوتیت که در بخش میانی آن کانی کدر وجود دارد. ب) مقطع صیقلی .گوتیت که گاهی حاوی بقایای پیریت است. ج) مقطع صیقلی. مالاکیت در فضای شکستگی‌ها. د) کوارتز و فلدسپات با الگوی بین انگشتی. ه) اکسیدهای آهن با بافت داربستی در زمینهٔ سیلیسی. و) دگرسانی بیوتیتی در خمیرهٔ کوارتزی.

پاراژنز کانی‌سازی

ترکیب کانه‌های فلزی ذخیرهٔ معدنی درهٔ زرشک شامل کانه‌های اولیه، اکسیدهای تیتان، پیریت، کالکوپیریت و ایلمنیت (فقط در یک نمونه) است. در نتیجه فرایندهای ثانوی، بندرت کانه-های سولفوره مس (کوولین و کالکوسیت) پیرامون کانی‌های اولیه یاد شده وجود دارد. همچنین کانه‌های کربناتی مس (مالاکیت و آزوریت) و هیدرو اکسید آهن نیز به طور ثانویه در این سنگ‌ها پدید آمده‌اند. مقدار کانه‌های فلزی در متن سنگ-های مورد بررسی کمتر از ۵٪ حجمی سنگ بوده است.

اکسید تیتان فراوان‌ترین کانهٔ اولیه است که به صورت شکل‌دار تا بی‌شکل با بافت پراکنده در تمام مقاطع وجود دارد. اندازه دهانه‌های آن از ۲۰ تا ۱۰۰ میکرون است و بندرت اندازهٔ آن‌ها تا ۱۵۰ میکرون نیز می‌رسد. پیریت فراوان‌ترین کانهٔ سولفوری منطقه است. این کانه به صورت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار با بافت پراکنده در بیشتر مقاطع وجود دارد. اندازهٔ دانه‌های آن زیر ۱۰۰ میکرون است و به ندرت در برخی نمونه-ها به ۲۰۰ تا ۶۰۰ میکرون هم می‌رسد. پیریت به صورت تک دانه‌های پراکندهٔ اولیه یا بلورهای ثانویه در متن سنگ حضور دارد.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

کالکوپیریت مهم‌ترین کانه سولفور مس در کانسارهای پورفیری است که با فراوانی خیلی کمتر از پیریت قابل رویت است. این کانه با ابعاد زیر ۲۰۰ میکرون با بافت پراکنده در متن سنگ دیده می‌شود و عموماً در اثر دگرسانی به هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده است و در اثر دگرسانی سوپرزا بیشتر به کالکوسیت و کوولین بدل شده است. ایلمنیت با بافت پراکنده دیده می‌شود که در حال تجزیه به اکسید تیتان است. این کانه بدون شکل هندسی با ابعاد کمتر از ۲۰۰ میکرون در متن سنگ حضور دارد[۵، ۶].

مالاکیت و آزوریت نیز در متن بیشتر نمونه‌ها حضور دارند و بیشتر حفره‌ها و شکستگی‌ها را پر می‌کنند و در برخی مقاطع در متن سنگ آغشتگی ایجاد کرده‌اند.

طی نفوذ شارهٔ حاوی مس ناشی از تودهٔ نفوذی با ترکیب داسیت- آندزیت در سازند نفوذپذیر سنگستان، کانی‌سازی بیشتری در زون درون‌زا رخ داده است. میانبارهای شارهٔ کانسار از نظر دمای به دام افتادگی و درجهٔ شوری تفاوت دارند و داده‌ها بیانگر این است که نهشت کانه‌ها در گسترهٔ دمایی ۱۵۰ تا ۶۰۰ درجه سانتیگراد از یک آبگون با درجهٔ شوری پایین تا بالا (۱/۱ – ۷۳/۹wt%NaCl) صورت گرفته است. میانبارهای شاره‌ای که از به دام افتادن شاره‌های اشباع از NaCl-KCl با کمی ($CaCl_2$) در فشاری معادل حداقل ۲۰۰ تا ۳۰۰ بار تشکیل شده‌اند، می‌توانند دارای بیش از ۶ کانی نوزاد باشند (هالیت، سیلویت، هماتیت، کالکوپیریت و پیریت) [۶]. جدول (۲) توالی و مراحل کانی‌سازی را نشان می‌دهد.

زون‌های کانی‌سازی

با بررسی مقاطع صیقلی و نازک تهیه شده از مغزه‌های حفاری منطقه، چهار زون کانی‌سازی شامل زون اکسید، آبشستی، برون‌زا و درون‌زا تشخیص داده شدند که در ادامه به معرفی این زون‌ها خواهیم پرداخت.

زون اکسید

کانی‌های شاخص این زون گوئتیت، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت و بیوتیت است. گوئتیت با شکل‌های کلوفرمی خاص ناحیهٔ اکسایش قابل مشاهده‌اند که از کانی اولیه بیوتیت ناشی شده‌اند (شکل۷الف،ب). مالاکیت و آزوریت به صورت پرشدگی در فضای شکستگی وابسته به ناحیهٔ اکسایش دیده می‌شوند شکل(۷،ج). از دیگر شواهد این زون وجود کوارتز و فلدسپات انگشت‌وار (Finger Like) است که در شکل (۷،د) دیده می‌شود. بافت این زون داربستی است و اکسیدهای آهن به صورت داربست در خمیرهٔ سیلیسی دیده می‌شوند. بررسی مقاطع نشان می‌دهد که دگرسانی این زون از نوع بیوتیتی شدن است که در خمیرهٔ کوارتزی صورت گرفته و گسترهٔ گسترده ای را در بر می‌گیرد.

جدول ۲ نشان دهنده توالی کانی‌زائی در کانسار مس دره زرشک.

کانی ها	زون اکسید و کربنات	زون درون‌زا	زون برون‌زا
مالاکیت	———		
آزوریت	———		
کالکوسیت		———	
بورنیت		———	
دیژنیت		———	
کالکوپیریت		———	———
پیریت		———	———
مولیبدینیت		———	
کوارتز			———

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

زون آبشستی

دگرسانی غالب این زون سرسیتی است شکل (۸،الف). کانی-های شاخص این زون پیریت، کالکوپیریت، اکسید مس (کوپریت)، بورنیت ثانویه و اسفالریت است. فراوانترین کانی در این زون پیریت است که به صورت شکلدار تا نیمه شکلدار در مقاطع قابل مشاهده است. پیریت اغلب به صورت پر کنندهٔ فضای خالی با نفوذی‌های ریزی از کانی اسفالریت و بورنیت دیده می‌شود شکل (۸،ب،ج،د).

زون برون زا

کانی‌های شاخص این زون دیژنیت، کالکوزین، پیریت، کالکوپیریت و مولیبدینیت است. کالکوپیریت با هاله‌هایی از سولفور و اکسید و نیز به صورت دگرسان شده به دیژنیت مشخص است. در این زون پیریت به صورت تراشه‌ای از دیگر کانی‌ها متمایز است (شکل۹).

زون درون زا

کانی‌های شاخص این زون پیریت، کالکوپیریت است. در بیشتر موارد کالکوپیریت به صورت درگیر با دیژنیت یافت می‌شود که این حاصل جانشینی کالکوپیریت و وابسته به زون انتقالی است. بافت کانی‌سازی در این زون داربستی است (شکل۱۰).

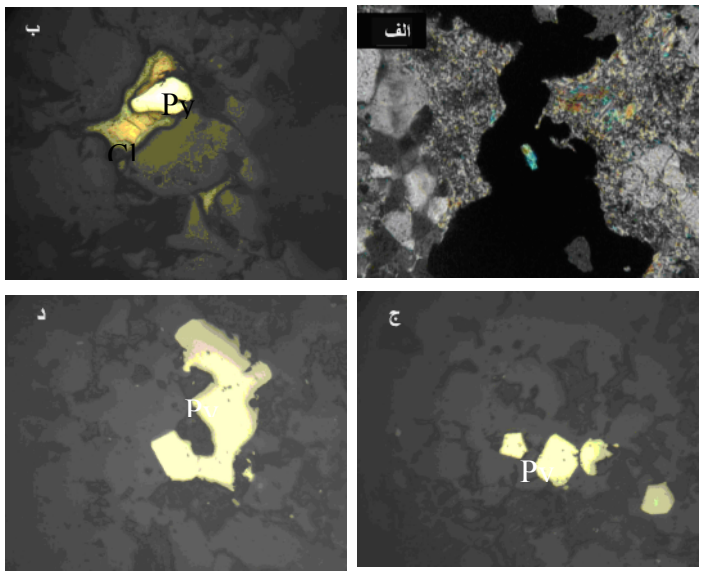
دگرسانی

روند یا دگرسانی در درهٔ زرشک با منطقه‌بندی ارائه شده توسط لاول و گیلبرت همخوانی دارد [۷، ۸] با توجه به بررسی‌های صحرایی، کانی‌شناسی و سنگ‌شناسی در تودهٔ مس درهٔ زرشک که ترکیب گرانودیوریتی دارد دگرسانی‌های زیر قابل مشاهده است:

۱) دگرسانی پتاسیک که با پیدایش فلدسپات‌های ثانویه روی پلاژیوکلازها و تشکیل بیوتیت ثانویه روی بیوتیت‌های اولیه و یا هورنبلندها مشخص می‌شود [۹]. کمترین پیشروی و شدت دگرسانی در تبدیل هورنبلند به بیوتیت دیده می‌شود. با شدت گرفتن پیشروی دگرسانی، بیوتیت‌های اولیه در لبه‌ها و در راستای شکاف‌ها به بیوتیت ثانویه تبدیل شده‌اند. کانی‌های سولفیدی در این دگرسانی پیریت و کالکوپیریت است.

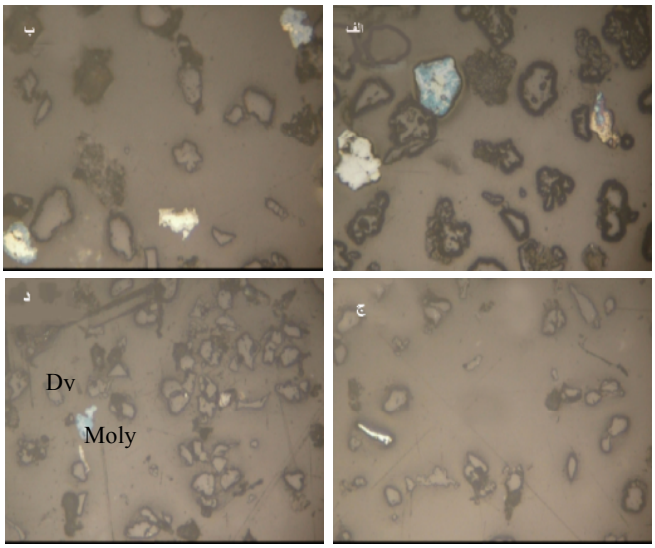
۲) دگرسانی پروپیلیتیک: بر اساس شواهد صحرایی و بررسی مقاطع نازک دگرسان نوع پروپیلیتیک در منطقه عمومیت دارد و گسترش زیادی را نیز شامل می‌شود و تقریباً در سطح منطقه آثار آن را می‌توان با مشاهدهٔ کانی‌های کلریت، اپیدوت، کلسیت و کوارتز در سنگ‌ها مشاهده کرد.

۳) دگرسانی فیلیک که در تودهٔ مورد بررسی فرایندی تأخیری بوده و بر روی دیگر دگرسان‌ها قرار می‌گیرد. همهٔ سیلیکات-های سنگ به سرسیت برگشته‌اند. فلدسپات‌های سالم از دگرسانی پتاسیک در این جا به سرسیت تبدیل شده‌اند و این در حالی است که فلدسپات‌های پتاسیک ثانویه در برابر این دگرسانی پایدارتر هستند. پدیدهٔ سرسیتی شدن، بیوتیت‌های اولیه را دگرسان کرده است ولی بیوتیت‌های ثانویه به کلریت دگرسان شده‌اند که این فرایند به فراوانی دیده می‌شود.کوارتز و کالکوپیریت نیز در حوالی این دگرسانی وجود دارد. [۱۰]

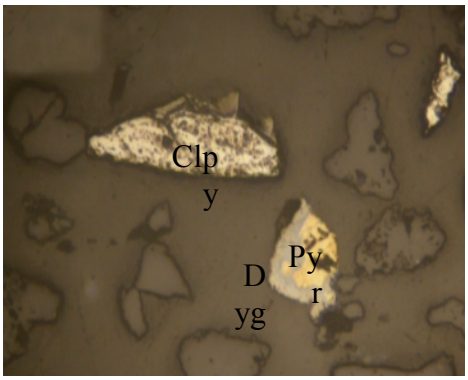


شکل ۸ الف) مقطع نازک، انباشت کانی‌های کوارتز، سرسیت و پیریت که بیانگر دگرسانی سرسیتی است. ب) مقطع صیقلی، انباشت کانی‌های اکسید مس، پیریت و کالکوپیریت در زون آبشستی. ج) پیریت شکلدار در زون آبشستی د) پیریت با بافت پرکننده فضای خالی با نفوذی‌هایی از اسفالریت.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]



شکل ۹ الف) انباشت کانی‌های دیژنیت و کالکوزین به صورت کانی‌های شاخص زون برون‌زا. ب) مقطع صیقلی. کالکوپیریت با هاله‌هایی از سولفور (گوشه بالا سمت راست)، اکسید (پایین مرکز) و دگرسان شده به دیژنیت (پایین سمت چپ). ج) پیریت به صورت تراشه‌ای در زون برون‌زا. د) همراهی کانی دیژنیت با کانی مولیبدینیت.



شکل ۱۰ مقطع صیقلی پیریت، کالکوپیریت و دیژنیت.

آنالیز نمونه‌ها

چنانکه که گفته شد برای تعیین عیار مس تعدادی نمونه از مغزه‌های حفاری تهیه و به آزمایشگاه مس سرچشمه فرستاده شدند. نخست نمونه‌ها با روش XRD آنالیز شدند که بدلیل بالا بودن خطا از این روش چشم پوشی کردیم. در مرحلهٔ بعد نمونه‌ها با روش جذب اتمی (AA) دوباره آنالیز شدند که نتایج آن برای تمامی عناصر جز مولیبدن در حد قابل قبولی است. برای تعیین غلظت عنصر مولیبدن از روش DCP استفاده شد (جدول ۱).

برای تعیین عیارسنجی طلا، ۱۷۵ نمونه به آزمایشگاه AMDEL ارسال شدند که این داده‌ها عیار متوسط ۱۴ ppb را نشان می‌دهند، عیار بیشینهٔ ۸۰ ppb فقط در یک نمونه مشاهده شد و از اعتبار چندانی برخوردار نیست، مقادیر در حدود ۲۰ppb گسترش بیشتری دارند ولی این عیارها با توجه به محیط سنگی برداشت نمونه و گسترش نسبتاً کم، ارزش چندانی را ندارند.

برداشت

بخش کنگلومرایی سازند سنگستان به سبب نفوذپذیری بالای خود میزبان کانی‌سازی گارنت به روش اسکارن‌سازی بوده است. تشکیل کانسار مس درهٔ زرشک ناشی از جایگیری یک استوک پورفیری با ترکیب کوارتزدیوریت تا گرانودیوریت است. کانه‌زایی

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]

و دگرسانی نیز ناشی از نفوذی‌های چندگانه در یک گسترهٔ سنی از ۱۵ تا ۱۷(±۲ میلیون سال) است. بررسی‌های انجام شده بر روی مقاطع نازک و صیقلی در تودهٔ نفوذی، هاله‌های دگرسان و زون‌های کانه دار منطقه درهٔ زرشک نشان می‌دهد که تودهٔ نفوذی دارای ترکیبی از دیوریت تا گرانودیوریت است و کاهش میزان کانی هورنبلند مبین این است که بیشتر کانی-سازی مس به صورت رگچه‌ای و افشان در درون تودهٔ نفوذی رخ داده است. الگوی دگرسانی در کانسار مس درهٔ زرشک با مدل ارائه شده توسط لاول وگیلبرت همخوانی دارد و از عمق به سطح عبارت است از: پتاسیک، فیلیک، آرژیلیک و پروپیلیتیک که دگرسانی پروپیلیتیک گسترش قابل توجهی دارد. کانی‌سازی در زون‌های اکسیدی، آبشستی، برونزایی و درون‌زایی به صورت نایکنواخت دیده می‌شود و با کانی‌های شاخصی چون کالکوپیریت، پیریت، بورنیت، کالکوسیت و دیژنیت شناخته می‌شوند. مس و گوگرد به طور معمول در انواع دگرسانی‌ها زیاد است، ولی نسبت Cu/S به طور چشمگیری در زون پروپیلیتیک نسبت به زون پتاسیک و فیلیک کم می‌شود. زون اکسید از سطح تا عمق حدود ۴۰ متری ادامه دارد و با کانی‌های پیریت، کالکوپیریت و کربنات‌های مس از دیگر زون‌ها متمایز می‌شود. مالاکیت و آزوریت در متن بیشتر نمونه‌ها حضور دارد و بیشتر سوراخا و شکستگی‌ها را پر می‌کند. در تمام حفاری چهار زون بالا مشاهده می‌شوند ولی به غیر از زون اکسید که تقریباً از ضخامت ثابتی برخوردار است، بقیه زون‌ها دارای ضخامت‌های مختلفی هستند. وجود کانی دیژنیت (به عنوان کانی شاخص زون برون‌زا) در زون درون‌زا حاصل از جانشینی کالکوپیریت و مربوط به زون انتقالی است. اکسیدهای تیتان که در اثر دگرسانی ایلمنیت‌ها به طور ثانوی شکل گرفته‌اند نیز با بافت جانشینی در کنار ایلمنیت‌های اولیه دیده می‌شوند. کوولین و کالکوسیت بیشتر در اثر دگرسانی کالکوپیریت به وجود آمده و با بافت جانشینی در کنار کالکوپیریت‌های اولیه قرار گرفته‌اند.

مراجع

[۱] کوهساری ا. ح.، مکی‌زاده م. ع.، *"پتروگرافی و ژئوشیمی سنگ‌های آذرین و آلتراسیون آن‌ها در زون گسلی دهشیر"*، گزارش طرح پژوهشی مصوب دانشگاه یزد، (۱۳۷۵) ۲۲۰ صفحه.

[۲] کوهساری ا. ح.، میردهقان س.ک.، مکی‌زاده م.ع.، *"مطالعات کانی‌شناسی پدیده‌های متاسوماتیک در چندی از رخدادهای اسکارنی استان یزد"* گزارش نهایی طرح پژوهشی مصوب دانشگاه یزد، (۱۳۸۴) .

[۳] گزارش نهایی طرح اکتشاف کانسار مس دره زرشک. سازمان صنایع و معادن استان یزد، ۴۲۰ صفحه

[۴] کوهساری ا.ح.، میردهقان س.ک.، علمدارک.، *"مطالعات کانی‌شناسی کانسار مس دره زرشک جنوب غرب یزد"* پانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه فردوسی مشهد، (۱۳۸۶) ص۲۸۴-۲۸۷.

[۵] کوهساری ا.ح.، میردهقان س.ک.، مکی‌زاده م.ع.، *"مطالعه کانی‌شناسی و دگرسانی‌های هیدروترمال در کانسار مس دره زرشک علی آباد(تفت- یزد)"* ،گزارش نهایی طرح پژوهشی مصوب دانشگاه یزد، (۱۳۸۶) ۱۱۸ صفحه.

[۶] لیاقت س.، حسینی م.، زراسوندی ع.، *"مطالعه ژئوشیمی میانبارهای سیال کانسار مس پورفیری دره زرشک"*، چهاردهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، بیرجند، (۱۳۸۵) ص ۳۰۲-۳۰۹.

[7] Zarasvandi A., Liaghat S., Zentilli M., *"Geology of the Darreh-Zerreshk and Ali-Abad porphyry copper deposit,central Iran"*, international Geology Reviews, 40 (2004) (In press).

[8] Einaudi M.T., *"Introduction terminology, Classification, & Composition of skarn deposits"*, Econ .Geol, 77 (1982) 745-754.

[9] Lowell J.D., Guilbert J.M., *"Lateral and vertical alteration mineralization zoning in porphyry ore deposits"*, Economic Geology, 65 (1970) 373-408.

[10] Beane R.E., Bodnar R.J., *"Hydrothermal fluids and hydrothermal alteration in porphyry copper deposits"*, porphyry copper Deposits of American Cordillera, Tucson , Arizona , Arizona Geology Society,Arizona. 7 (1995) 83-93.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-31]