

مطالعه کانی شناسی و توالی پاراژنزی کانسار آهن گوزل دره، جنوب شرق زنجان

فرشته محمدی^{۱*}، سید جواد مقدسی^۱، محمد ابراهیمی^۲

۱- دانشگاه پیام نور واحد تهران ۲- دانشگاه زنجان

fereshteh_mohammadi54@yahoo.com

چکیده

کانسار آهن گوزل دره در استان زنجان و ۱۸ کیلومتری شمال غرب شهر سلطانیه واقع شده است. ماده معدنی در کانسار گوزل دره عمدتاً به صورت توده‌های کوچک و رگه‌های مگنتیت در سنگهای کربناته ائوسن جای گرفته است. کانه‌زایی از نوع اسکارنی است و در سه مرحله دگرگونی، متاسوماتیسم و هوازدگی رخ داده است. هماتیت، اولیژیست، لیمونیت، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت در همراهی با مگنتیت حضور دارند. بلورهای کلسیت و کوارتز نیز در رگه‌های معدنی وجود دارند. وابستگی کانسار آهن گوزل دره با توده نفوذی آشکار است. کانه‌زایی آهن به صورت رگه‌ای در داخل گسلها و شبکه‌ای از رگه - رگچه‌ها و پراکنده در فواصل بین گسلهای مجاور و نیز به صورت اسکارنی در مجاورت توده نفوذی، با حضور مگنتیت، پیریت، گارنت، پیروکسن، اپیدوت و غیره رخ داده است.

واژه های کلیدی: اسکارن، کانه زایی آهن، توده نفوذی، گوزل دره

Study of Mineralogy and Paragenetic Sequences of Gozal Darreh deposit, Southwest of Zanjan

Mohammadi, freshteh^{1*}, Moghadasi, Seyed Javad¹ and Ebrahimi, Mohammad²

1-PNU University- Tehran branch 2- University of Zanjan

Abstract

Gozal Darreh iron deposit is located in Zanjan province, 18 Km northwest of Soltanieh city. Ore in Gozal Darreh deposit mainly has taken place as small bodies and magnetite veins in Eocene carbonate rocks. Mineralization is skarn type and took place in three stages consist of metamorphism, metasomatism and weathering. Hematite, oligist, limonite, pyrite, chalcopryrite, malachite and azurite exist in association with magnetite. Calcite and quartz crystals are also existed in ore veins. Relation of Gozal Darreh iron deposit with intrusion body is clear. Iron mineralization took place as vein in faults and nets of vein-veinlet and disseminate in distances between adjacent faults and also as skarn in intrusion body neighbor with magnetite, pyrite, garnet, pyroxene, epidote and etc.

Keywords: skarn, Iron Mineralization, Intrusive Body, Gozal Darreh.

مقدمه

منطقه مورد مطالعه، در شمال غرب ایران و در ۴۴ کیلومتری جنوب شرقی شهر زنجان، ۱۸ کیلومتری شمال غربی شهر سلطانیه، در چهار گوش نقشه زمین شناسی خدابنده سلطانیه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ قرار گرفته است. بر اساس تقسیم‌بندی واحدهای ساختمانی ایران، کانسار گوزل دره در زون ایران مرکزی (نبوی، ۱۳۵۵) و بر اساس تقسیم‌بندی افتخارنژاد (۱۳۵۹) در پهنه البرز غربی قرار دارد. منطقه مورد مطالعه جزء کوچکی از کوه های سلطانیه با روند شمال غربی - جنوب شرقی می باشد. کانسار آهن گوزل دره در ارتباط با نفوذ گرانیت خرم دره در سنگهای اطراف بوده است. گرانیت در نمونه دستی به رنگ صورتی بوده و بلورهای فلدسپات و کوارتز در نمونه‌های درشت بلور به وضوح دیده

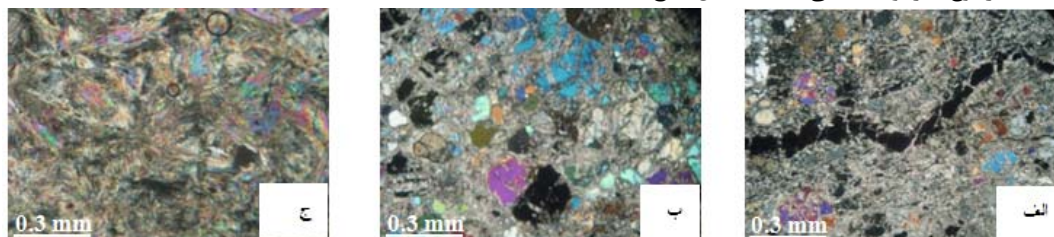
می‌شوند. بر اساس بررسیهای صحرایی و میکروسکوپی کانه‌زایی کانسار آهن گوزل دره درون سنگهای آهکی رخ داده که با توجه به حضور فسیلهای متعدد فرامینیفرای به سن ائوسن، این واحد سنگی به سازند زیارت نسبت داده شده است.

روش مطالعه

در این پژوهش پس از انجام مطالعات صحرایی و نمونه برداری از ماده معدنی و سنگهای مختلف درونگیر کانسار آهن منطقه، مقاطع نازک و صیقلی تهیه شد. پس از انجام مطالعات میکروسکوپی ساخت و بافت ماده معدنی و تشخیص دقیق پاراژنز کانیهای معدنی سنگ ساز

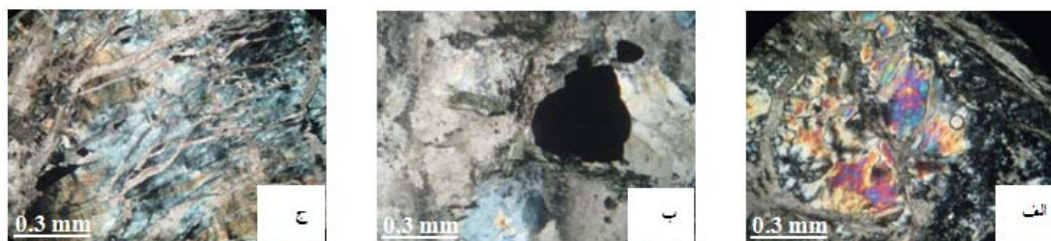
بحث

کانی‌شناسی زون اسکارن: کانی‌شناسی زون اسکارن اهمیت بسزایی در شناخت ارتباط ماده معدنی با سنگ درونگیر آن در کانسار گوزل دره دارد، چرا که کانی سازیهای انجام شده بیشتر در ارتباط با این زون است. اسکارن گارنت غالباً به صورت هم‌رشدی با دیگر اسکارنها دیده می‌شود. رگچه‌های کلسیت (شکل ۱ الف)، کوارتز و اکسیدهای آهن شکستگیهای گارنتها را پر کرده‌اند. شکستگیها بر اثر هجوم سیالات گرمایی حاوی سولفید مراحل پایانی به وجود آمده‌اند. مگنتیت غالباً رشد همزمان با گارنت را نشان می‌دهد. جانشینی گارنتها در کلسیت و فلدسپار مشخص است، مرز بلورهای گارنت مشخص نیست که نشان دهنده رشد توأم آنها است. گسترش اسکارن کلینوپیروکسن از اسکارن گارنت بیشتر بوده و در مراحل پیشرونده در اثر متاسوماتیسم تشکیل شده است (پیروکسنها عمدتاً از نوع دیوپسیدی (شکل ۱ ب) و از نظر بافتی متغیر هستند. پیروکسנהایی که مگنتیت در آنها جانشین شده است، در مرحله دگرگونی تشکیل شده‌اند. بر اساس (Pichler, 1997)، سری محلول جامد بین ترمولیت با آهن آزاد، اکتینولیت آهن-منیزیم‌دار، اکتینولیت آهن‌دار و فرواکتینولیت وجود دارد. آمفیبولهای منطقه عمدتاً از نوع ترمولیت می‌باشند (شکل ۱ ج).



شکل ۱ الف) رگه گارنت در نور XPL که بوسیله رگچه‌های کلسیتی قطع شده‌اند. ب) بلورهای نیمه خود شکل دیوپسید ج) آمفیبول (ترمولیت)

اپیدوت (شکل ۲ الف)، معمولاً شکافهای سنگهای دیواره متاسوماتیز شده را پر کرده است. بنابر Shimazaki (1980)، وجود اپیدوت نشان دهنده تأثیر محلولهای آهن‌دار است و کانسارهای اسکارنی غنی از اپیدوت، همراه با گرانیتوئیدهای مگنتیتی می‌باشند. وجود مجموعه گرانیتوئیدی از نوع I در منطقه، با این امر سازگار است. کلریت از کانیهای فرعی موجود در زون اسکارن است که بر اثر پدیده متاسوماتیسم به وجود آمده است (شکل ۲ ب). کلسیت‌های رومبوندرال و شفاف به صورت عدسیهای بزرگی دیده می‌شوند. در برخی از شکستگیها، کلسیت و کوارتز به صورت رگچه در کنار هم حضور دارند که این همراهی مربوط به یک فاز تاخیری است (شکل ۲ ج).



شکل ۲ الف) اپیدوت در زیر میکروسکوپ (ب) کلریت حاصل از متاسوماتیسم (ج) همراهی کلسیت و کوارتز در رگه‌های کوارتز - کربنات کانه‌زایی و ساخت و بافت ماده معدنی: کانسار گوزل دره، در نتیجه همبری توده نفوذی نیمه عمیق گرانیتی با سنگهای آهکی ائوسن تشکیل شده است. کانه‌زایی از نوع اسکارنی است. کانسنگها عمدتاً از مگنتیت، گارنت، اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت، ژیپس، هماتیت، پیریت، کالکوپیریت، سروزیت، مالاکیت، آزوریت و هیدروکسیدهای آهن تشکیل شده‌اند. نمونه‌های دستی، رنگ خاکستری متمایل به سبز تا قرمز و قهوه‌ای داشته، اما کانسنگهای غنی از مگنتیت، به رنگ سیاه هستند. کانه‌زایی و ساخت و بافت ماده معدنی به شرح ذیل آمده است:

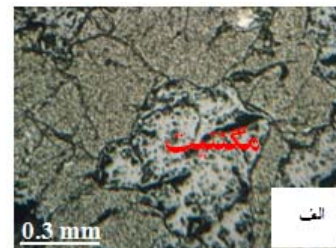
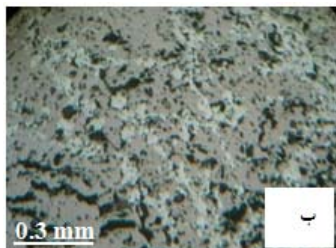
مگنتیت، کانه اصلی کانسار بوده و بافت آن توده‌ای، رگه-رگچه‌ای، پراکنده، برشی و کاتاکلاستیک است و به صورت خودشکل، نیمه خودشکل و بی‌شکل دیده می‌شوند. تعدادی از بلورهای مگنتیت زونینگ نشان می‌دهند. در مگنتیت‌های سطحی، مارتیتی شدن گسترش یافته است. مگنتیت از حاشیه و در محل درزه، به مارتیت تبدیل می‌شود که حاکی از یک حادثه گرمایی بعدی بر کانسنگ است. فاز اکسیدی قدیمی‌تر را یک فاز سولفیدی جدیدتر قطع کرده است. مگنتیت‌های توده‌ای خرد شده تحت استرس، - مرتبط با سیستمهای اسکارنی هستند و با حادثه ارتوماگماتیک ارتباطی ندارند. بافت کلی مگنتیت توده-ای است (شکل ۳ الف)، اما تحت خردشدگی، حالت برشی (شکل ۳ ب) در امتداد شکستگیها و درون گانگ دیده می‌شود. در امتداد شکستگیها که محلولها راحت‌تر وارد شدند، مگنتیت به مارتیت‌های رشته‌ای تبدیل شده است. فاز اکسیدی مگنتیت و فاز سولفیدی پیریت و کالکوپیریت در کنار هم، به شکل رگچه‌ای قرار دارند. گانگ کلسیتی و کوارتزی همراه با فاز سولفیدی تشکیل شده است. بنابراین، گانگ می‌تواند به صورت هم رشد یا به طور موازی با سولفیدها باشد، چرا که هر دو از یک سیال منشاء می‌گیرند.



شکل ۳ الف) مگنتیت با بافت توده ایی (ب) بافت برشی مگنتیت

در تصویر ۴ الف، بخشی از مگنتیت توسط پیریت محصور شده است. با ورود فاز سیال سولفیدی، مگنتیت خرد و برشی می‌شود. سپس پیریت و گانگ که متشکل از کلسیت و کوارتز می‌باشند، در رگه-رگچه‌ها به صورت فاز بعد از مگنتیت، تشکیل شده‌اند. کانسنگ اسکارنی تحت فشار به شدت درزه‌دار است. مگنتیت در متن کانسنگ وجود دارد. بافت میکروگرانوبلاستیک و کاتاکلاستیک نیز حضور دارد. در شکستگیها، بیشتر اکسیدهای آهن مثل گوتیت، لپیدوکروسیت و اخرای آهن حضور دارند، ولی زمینه اصلی مگنتیت است که در امتداد رخها مارتیتی شده است (شکل ۴ ب). در

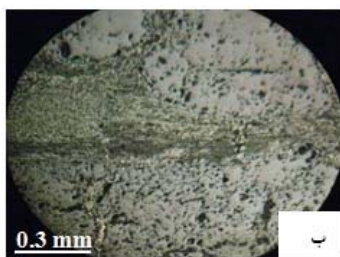
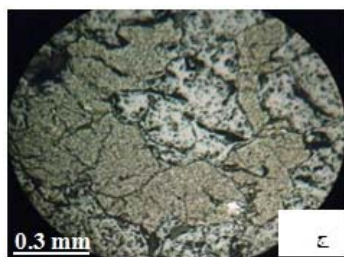
کانسنگهای توده‌ای لنزی شکل، می‌توان جانشینی مگنتیت را در سنگ درونگیر تشخیص داد. گاهی کانسنگ حالت دانه پراکنده دارد. رگچه‌های مگنتیتی، نشان‌دهنده این است که سیالات گرمایی باعث ایجاد این کانسار شده‌اند



شکل ۴ الف) پیریت کانی مگنتیت توده‌ای را احاطه کرده است. ب) مگنتیت با بافت توده‌ای که در امتداد رخوا در حال مارتیتی شدن است

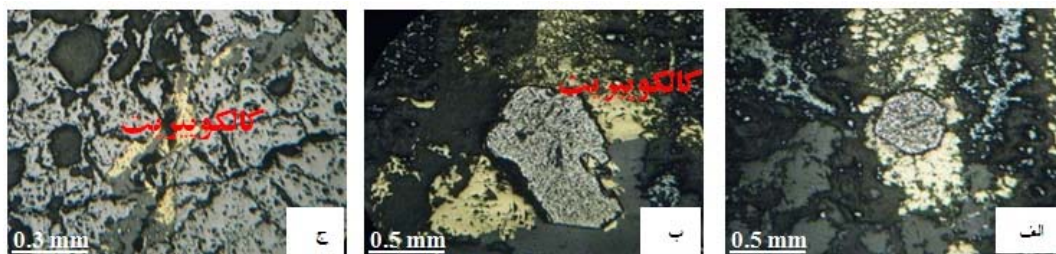
پیریت به صورت توده‌ای، پراکنده و رگچه‌ای دیده می‌شود و در اثر هوازدگی و دگرسانی به اکسید و هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده و حالت غربالی پیدا کرده است. اندازه بلورهای آن متغیر است و بصورت خودشکل، نیمه خودشکل و اسکلتی هستند. بلورهای خودشکل آن دو نوع می‌باشند که عبارتند از بلورهای همزمان با مگنتیت و بلورهای پس از مگنتیت در مراحل پایانی. بلورهای مرحله پایانی در رگچه‌های قطع کننده مگنتیت رشد کرده‌اند. در کل پیریت، به صورت توده‌ای، پراکنده، میرمکتی، کاتاکلاستیک، برشی و رگچه‌ای دیده می‌شود. پیریت به صورت پرکننده فضای خالی و به صورت جانشینی، اطراف و یا داخل کانیه‌های گانگ دیده می‌شود. این کانه به صورت هم رشدی با مگنتیت و کانیه‌های گانگ نیز تشکیل شده است. کانه‌زایی پیریت احتمالاً در دو مرحله به شرح زیر تشکیل شده است: ۱- پیریت‌های همزمان با مگنتیت بصورت بلورهای درشت و ریز خودشکل و نیمه خودشکل (شکل ۵الف). ۲- پیریت‌های فاز سولفیدی پرکننده فضاهای خالی پس از تشکیل مگنتیت (شکل ۵ب). اکثر پیریت‌ها مربوط به این مرحله هستند.

پیریت در جاهایی مگنتیت را محصور کرده است و نشان می‌دهد سولفید یک فاز متأخر می‌باشد (شکل ۵ج). پیریت، در اثر حادثه گرمایی بعدی، به مجموعه هیدروکسیدهای آهن مانند هماتیت، گوتیت و اخرای آهن تبدیل شده است.



شکل ۵: الف) پیریت‌هایی که همزمان با مگنتیت تشکیل شده‌اند ب) پیریتی که در فاز سولفیدی پس از تشکیل مگنتیت به وجود آمده است ج) پیریت مگنتیت را محصور کرده است و نشان از آن دارد که سولفید بعداً وارد شده و یک فاز متأخر می‌باشد

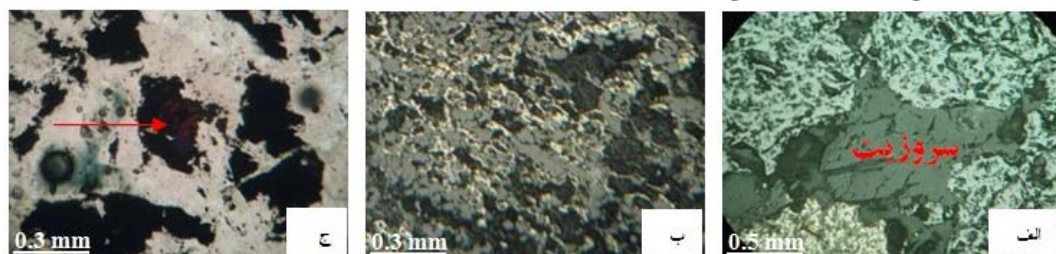
کالکوپیریت، از لحاظ فراوانی پس از پیریت دومین کانه سولفیدی در کانسار گوزل‌دره می‌باشد و اطراف پیریت را فرا گرفته است (شکل ۶الف). تشخیص بافت آن که به طریق جانشینی (شکل ۶ب) تشکیل شده و یا به وسیله پر کردن فضای خالی (شکل ۶ج)، مشکل است، ولی مرحله اول احتمالاً جانشینی و مرحله دوم پرکننده فضای خالی است.



شکل ۶ الف) کالکوپیریت اطراف پیریت را فرا گرفته است ب) تشکیل بافت به طریق جانشینی ج) کالکوپیریت پر کننده فضای بین مگنتیت

در برخی مقاطع میکروسکوپی، گالن بوسیله سروزیت جانشین شده است (شکل ۷ الف). مطالعات میکروسکوپی نشان دهنده جانشینی گالن اولیه به جای مگنتیت است (شکل ۷ ب) که خود بوسیله پیریت جانشین شده است. تبدیل گالن به سروزیت پس از جانشینی آن به وسیله پیریت رخ داده است.

بر اثر انحلال و اکسیداسیون سطحی، کانه‌های سولفیدی انحلال یافته و هیدروکسیدهای بر جای می‌مانند (شکل ۷ ج). شاهد این امر وجود منطقه بندی در گوتیت‌های بر جای مانده است که گاهی بقایای پیریت به صورت هسته‌هایی در آن به چشم می‌خورد. لیمونیت نیز در قسمتهای اکسیدان و بخشهای سطحی معدن، دیده می‌شود.



شکل ۷: الف) گالن توسط سروزیت جانشین شده است. ب) جانشینی مگنتیت توسط گالن ج) هیدروکسیدهای آهن

توالی پاراژنزی: مطالعات ساخت و بافت ماده معدنی و تشخیص دقیق پاراژنز و توالی پاراژنتیکی کانیهای معدنی و سنگ‌ساز، یکی از اساسی‌ترین پارامترهای شناسایی ویژگیهای محیط و فرآیندهای تشکیل هر کانسار می‌باشد. مراحل کانی‌سازی در کانسار گوزل‌دره به شرح زیر است (جدول ۱):

دگرگونی: با نفوذ توده گرانیتی در مجموعه سنگهای ائوسن در منطقه، دگرگونی مجاورتی به وجود آمده است. در نتیجه، هاله‌های دگرگونی در منطقه ظاهر شده، که شامل کانیهای کالک سیلیکاته نظیر گارنت و پیروکسن نوع دیوپسید است و این سنگها نشانگر مرحله اول دگرگونی می‌باشند. بنابر Meinert (1992) در اکثر موارد وجود ناخالصیهای عمده شامل منیزیم و آلومینیم سبب تشکیل کانیهای کالک سیلیکاتی مانند گارنت گراسولاریتی و پیروکسن دیوپسیدی می‌شود. هرگاه سنگهای میزبان غنی از آهن باشند، کانیهای غنی از آهن مانند گارنت آندرادیتی تشکیل می‌شود. در این مرحله، بافتهای پراکنده، رگه- رگچه‌ای و تا حدی توده‌ای در کانیها قابل رؤیت هستند.

متاسوماتیسم: بنابر Einaudi et al. (1981) و Meinert (1992)، متاسوماتیسم و تشکیل اسکارن با شروع تبلور ماگما و رها شدن سیالات ماگمایی آغاز شده و فشار این سیالات باعث ایجاد شکستگی درون توده نفوذی می‌گردد (Burnham, 1979). در این مرحله، سیالات گرمابی ناشی از توده گرانیتوئیدی که حاوی عناصر ماگمایی بوده، در مجموعه ولکانوپروکلاستیک ائوسن تراوش کرده و باعث ایجاد کانیهای

کالک سیلیکاته و کانیهای فلزی شده است که با مرحله اسکارن پیشرونده مشخص شده است (جدول ۱). ته نشینی مگنتیت و سولفیدها در این مرحله پایانی آغاز می شود، ولی در مرحله دگرسانی پسروده و ته نشینی کانیهای سولفیدی به اوج خود می رسد. کانی کدر مشخصه این مرحله، مگنتیت می باشد که در اسکارنهای کلسیمی، جانشین آندرادیت می شود. در مرحله اسکارن پسروده، کانیهای تشکیل شده در مرحله پیشرونده، دگرسان و تخریب شده و کانیهایی چون کلسیت، کوارتز، هماتیت، پیریت، اپیدوت، کلریت و غیره که در جدول ۱ مشخص شده، به وجود آمده اند. در پایان این مرحله، فاز تشکیل کوارتز - کربنات ظاهر شده که به صورت گسترده در منطقه گسترش یافته است. مرحله اصلی ته نشینی سولفیدها، پس از مرحله تشکیل اسکارن می باشد. این واکنشهای پسروده نهایتاً باعث جانشینی کانیهای کالک سیلیکاتی غنی از کلسیم توسط مجموعه ای از سیلیکاتهای فقیر از کلسیم، اکسیدها و سولفیدهای آهن و همچنین کربناتها و پلاژیوکلازهای آلبیتی می شوند. ته نشینی سولفیدها در اثر کاهش درجه حرارت، یا خنثی شدن سیالات می باشد. در مرحله متاسوماتیسم، بافتهای مشاهده شده، پراکنده، برشی، پرکننده فضای خالی، توده ای و رگه - رگچه ای می باشند.

هوازدهگی: در مرحله هوازدهگی، بر اثر فرآیندهای سوپرژن و هوازدهگی، کانیهایی مانند گوتیت، لپیدوکروسیت، لیمونیت، ملاکیت و آزوریت تشکیل شده اند (جدول ۱) و بافتهای مشاهده شده، عمدتاً رگه - رگچه ای و پراکنده می باشند.

جدول ۱: مراحل مختلف توالی پاراژنتیکی تشکیل کانیها در کانسار آهن گوزل دره

Mineral	Metamorphism	Metasomatism Prograde skarn	Metasomatism Retrograde skarn	Weathering
Magnetite				
Hematite				
Pyrite				
Chalcopyrite				
Pyroxene				
Tremolite				
Garnet				
Chlorite				
Epidote				
Quartz				
Calcite				
Geothite				
Lepidocrocite				
Limonite				
Malachite/Azurite				
Cerussite				

نتیجه گیری

با توجه به شواهد صحرایی، سنگ شناسی و مینرالوگرافی می توان گفت نفوذ توده گرانیته به درون سنگهای آهنکی سازند زیارت در کانسار آهن گوزل دره باعث دگرگونی ایزوشیمیایی سنگ میزبان و تشکیل کالک سیلیکاتهای جایگزین از جمله گارنت، پیروکسن و اپیدوت در شرایط ایزوشیمیایی شده است. کانه زایی از نوع اسکارنی است. کانسنگها عمدتاً از مگنتیت، گارنت، اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت، ژیپس، هماتیت، پیریت، کالکوپیریت، سروزیت، ملاکیت، آزوریت و هیدروکسیدهای آهن تشکیل شده اند. کانه اصلی مورد مطالعه در منطقه مگنتیت است که دارای بافت توده ای، رگه - رگچه ای، پراکنده، برشی و کاتاکلاستیک است. بر اساس مطالعات ساخت و بافت ماده معدنی و تشخیص پاراژن و توالی پاراژنتیکی کانیهای معدنی و سنگ ساز، مراحل کانی سازی در کانسار گوزل دره شامل سه مرحله دگرگونی، متاسوماتیسم و هوازدهگی می باشد. ته نشینی مگنتیت و نیز کانه های سولفیدی در

مرحله متاسوماتیسم پایانی آغاز می‌شود، ولی در مرحله دگرسانی پسروده و ته‌نشینی کانیهای سولفیدی به اوج خود می‌رسد.

منابع

۱. افتخارنژاد، ج.، ۱۳۵۹. تفکیک بخشهای مختلف ایران از نظر وضع ساختمانی در ارتباط با حوضه های رسوبی. نشریه انجمن نفت ۸۲، ص ۱۹-۲۸.
۲. نبوی، م. ح.، ۱۳۵۵. دیباچه ای بر زمین شناسی ایران. انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

3. Burnham, C. W., 1979. Magmas and hydrothermal fluids, in Barnes, H. L., ed., Geochemistry of Hydrothermal ore deposits, New York, Wiley Interscience, p. 71-136.
4. Einaudi, M.T., Meinert, L.D., and Newberry, R.J., 1981. Skarn deposits, Economic Geology, 75th Anniv. p. 317-391.
5. Meinert, L.D., 1992. Skarn and skarn deposits, Geoscience Canada, v. 19, n. 4, p. 145-1162.
6. Pichler, H., 1997. Rock-forming minerals in thin section, Chapman & Hall, 220 p.
7. Shimazaki, H., 1980. Characteristic of skarn deposits and related acid magmatism in Japan, Economic Geology., v. 75, p. 173-183.