

مطالعه کانی شناسی و ژنز کانسار آهن کامو (میمه - اصفهان)

جهانگیر اسماعیلی^{۱*}، احمد خاکزاد^۲، مهرداد بهزادی^۳، منصور وثوقی عابدی^۴

۱- دانشجوی دکترای زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

۲- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد تهران شمال

۳- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه شهید بهشتی تهران

۴- دانشیار گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران

پذیرش مقاله: ۱۳۹۷/۹/۱۴

تأیید نهایی مقاله: ۱۳۹۷/۱۱/۱۶

چکیده

یکی از مناطق مستعد جهت پی جویی و اکتشاف اندیس‌های فلزی از جمله آهن، در شمال شرق اصفهان واقع شده است. برونزد وسیعی از توده گرانیتوئیدی در محدوده مورد مطالعه و اطراف آن (گرانیت‌های کرکس) وجود دارد که بیشتر واحدهای چینه‌شناسی قبل از الیگومیوسن منطقه را قطع کرده است. لیتولوژی منطقه شامل ماسه‌سنگ‌های ریز تا درشت‌دانه، دولومیت‌های توده‌ای، آهک‌های کرم رنگ فسیل‌دار و توده‌های نفوذی منطقه به ترتیب فراوانی شامل کوارتزمونزونیت، کوارتزمونزودیوریت، گرانودیوریت و گرانیت می‌باشد. گرانیت‌های منطقه در زون فرورانش و قبل از تصادم تشکیل و از نوع (VAG) هستند و از نظر ماگمایی جزء سری کالکو آکالن (CAG) می‌باشند که دم‌های داسیتی فراوانی در آن نفوذ کرده است. سنگ‌های آتشفشانی منطقه شامل پورفیروداسیت، آندزیت و کوارتزلاتیت به سن میوسن تا پلیوسن است. منشاء آهن، ماگمای گرانیتی نیمه عمیق با موتور محرکه عظیم گرمایی که ضمن گسیل دادن سیالات حاوی عناصر به افق‌های بالا و حمله به سنگ‌های آهک و دولومیت‌ها اسکارن‌زایی با ترکیب کانی‌شناسی آندرادیت، گرسولر، هسونیت، اپیدوت، لیپیدوکرولیت، زونیزیت و هدربرژیت شده است. علاوه بر این، سیالات گرمایی سبب تشکیل کانی‌های دگرسانی کائولینیت، مونت موریلونیت کلریت و سرسیت گردیده و پدیده سوپر ژن در غنی‌شدگی کانسار آهن در سطح نقش اساسی داشته است که شاهد اصلی آن کلاک آهنی (گوسان) است. معدن آهن کامو که بر روی آن واقع است از کانی‌های آهن مانند مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، گوتیت و پاراژن‌های آن تشکیل شده است. مگنتیت و کانی‌های سولفیدی مانند پیریت و کالکو پیریت و با منشاء ماگمایی، نسل اول کانی‌زایی اسکارنی و دگرسانی‌های حاصل از سیالات ماگمایی نسل دوم و پدیده سوپرژن نسل سوم کانی‌سازی (هماتیت، لیمونیت، کوولیت، گوتیت) منطقه کامو را تشکیل داده‌اند. بنابراین ژنز اصلی کانسار آهن کامو به صورت اپی ژنتیک هیدروترمالی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: گوسان، آلتراسیون، اسکارن، سوپرژن، کامو.

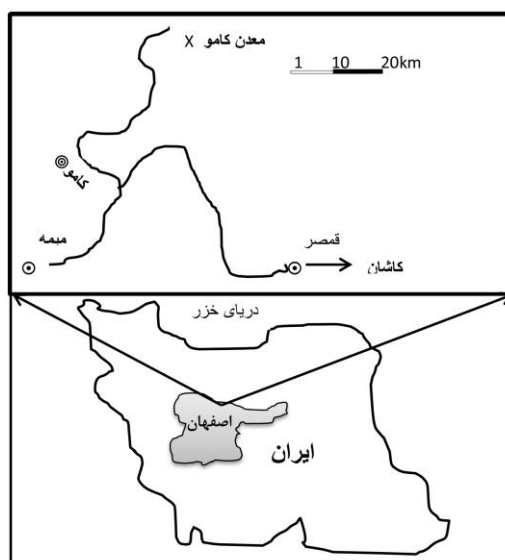
مقدمه

منطقه مورد مطالعه در ایالت فلز زایی ارومیه - دختر (نوار آتشفشانی سهند - بزمان) قرار دارد (آقانباتی، ۱۳۸۳). این زون به طول ۱۵۰۰ کیلومتر و به عرض تقریبی ۱۰۰ کیلومتر است و در راستای زون سنندج - سیرجان و به موازات آن قرار دارد. قدیمی ترین واحد قابل مشاهده در منطقه ماسه سنگ‌های معادل سازند سرخ شیل است که بر روی آن دولومیت‌های شتری قرار دارد. جوان‌ترین واحدهای زمین‌شناسی منطقه از رسوبات معادل کواترنری تشکیل شده‌اند. از دیدگاه تکتونیکی چهار گسل کامو، گسل چال و گرگیش و ویشنگ به صورت موازی با روند شمال غربی - جنوب شرقی که در امتداد رورانندی زاگرس کشیده شده‌اند در محدوده شناسایی شده است قهرایی پور (۱۳۹۲) گزارش نموده است که عمق زیاد این گسل‌ها احتمالاً نقش اساسی در تقویت سیالات کانه‌زا و غنی‌شدگی ذخیره معدنی داشته است. فتحیان پور (۱۳۸۵) بیان نموده است که اولین بررسی‌های زمین‌شناسی انجام شده در منطقه مورد مطالعه مربوط به یکصد سال قبل (۱۹۱۱) توسط استاهال (Stahal) صورت گرفته است. قهرمانی پور (۱۳۸۹) در گزارش شماره ۴۲ سازمان زمین‌شناسی به بررسی چینه‌شناسی و پتروولوژی منطقه نطنز در شرق محدوده‌ی مورد مطالعه پرداخته است و عقیده دارد که دگرگونی در نهشته یاد شده را در یک سیستم هورست-گرابن با فرونشست تدریجی در حوضه رسوبی صورت گرفته که با تظاهرات پی‌درپی ماگمایی از کرتاسه تا میوسن همراه بوده است. طبق این

گزارش توده نفوذی گرانودیوریتی کرکس (در شرق منطقه مورد مطالعه) سن مطلق بین ۱۷ تا ۱۹ میلیون سال (میوسن میانی) دارند. عمیدی (۱۳۵۹) در نتیجه بررسی کانی‌سازی‌های آهن-کبالت منطقه قمصر در شمال‌غرب محدوده‌ی مورد مطالعه به دو زون کانی‌سازی سولفیدی و اکسیدی اشاره داشته است و تشکیل کبالت را در دمای ۶۰۰ درجه سانتیگراد و مقدم بر تشکیل مگنتیت دانسته است. حاج علیلو (۱۳۶۸) کانی-زایی کانسار آهن کامو را نیز حاصل تأثیر توده گرانیتهی بر آهک‌های اوربیتولین دار کرتاسه عنوان کرده است.

محدوده مورد مطالعه

اندیس آهن کامو در ۳۰ کیلومتری شمال شرق میمه و در مسیر جاده‌ی کامو به قهرود یک جاده شوسه به سمت شمال منشعب می‌گردد که پس از ۵ کیلومتر طی طریق به کانسار آهن کامو می‌رسیم. نام روستای کامو از دو کلمه کام (دهانه) و او (آب) است یعنی (دهانه رودخانه) و مختصات مرکز روستا عبارت است از: $22^{\circ} 15'$ ، $38^{\circ} 4' 2''$ ، $36^{\circ} 21'$ ، 33° و $21'$ ، $18'$ ، 51° و از نظر ژئومورفولوژی دشت کم ارتفاع کامو در کنار ارتفاعات نسبتاً بلند کرکس قرار دارد. محدوده‌ی مورد مطالعه در نقشه توپوگرافی ۱:۵۰۰۰۰ کامو که توسط سازمان نقشه‌برداری تهیه شده قرار دارد. کروکی موقعیت و راه‌های دسترسی به کانسار آهن کامو در شکل ۱ ارائه شده است.



شکل ۱: کروکی و موقعیت راه‌های دسترسی به کانسار آهن کامو

مواد و روش‌ها

پس از جمع‌آوری و بررسی کلیه کارهای قبلی انجام شده در منطقه و طبقه‌بندی و جمع‌بندی آنها مطالعات صحرایی و نمونه برداری‌های میدانی در امتدادهای مشخص صورت پذیرفته و با توجه به اینکه نمونه‌گیری از رخنمون‌های سنگی یکی از روش‌های مناسب در مطالعات زمین‌شناسی است، به همین منظور در منطقه کامو نمونه‌برداری از واحدها یا رخنمون‌های سنگی با توجه به تغییرات سنگ‌شناسی، زمین‌شناسی ساختمانی، تنوع کانی‌سازی، در وسعتی به ابعاد 500×400 متر انجام شده است. در مجموع ۵۰ نمونه سنگی از رخنمون واحدهای رسوبی، توده نفوذی، اسکارنها و کانی‌سازی‌های فلزی و غیرفلزی و زون‌های آلتراسیون به روش کلوخه‌ایی، لب‌پری و شیاری نمونه‌برداری شده و مختصات سایت‌های نمونه-برداری با دستگاه GPS گارمین برداشت شده است. پس از شماره‌گذاری نمونه‌ها، در آزمایشگاه سازمان زمین‌شناسی و آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود به روش‌های مختلف EPMA، XRD و XRF مورد آنالیز قرار گرفته‌اند. همچنین از نمونه-

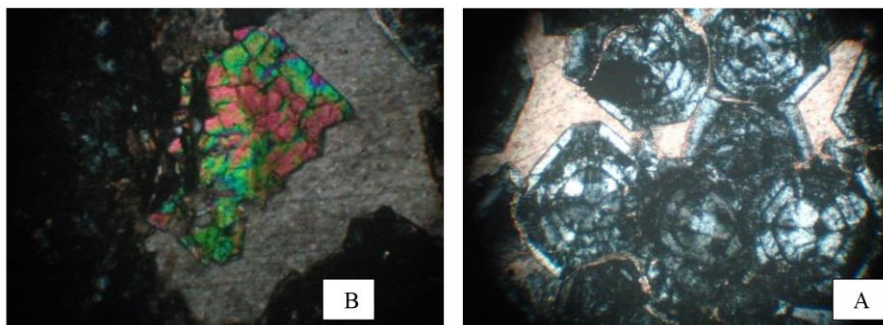
های برداشت شده، جهت مطالعه پتروگرافی و مینرالوژی با نور عبوری و انعکاسی، مقاطع نازک و صیقلی و دو بر صیقلی تهیه شده است. نتایج حاصل از تفسیر انواع کانی‌های سنگ درون‌گیر و کانی‌های تشکیل دهنده مواد معدنی و تعیین دگرسانی و ژئوشیمی عناصر و ژنز کانسار با استفاده از نرم‌افزارهای جدید رایانه‌ای مورد جمع-بندی قرار گرفته است.

نتایج

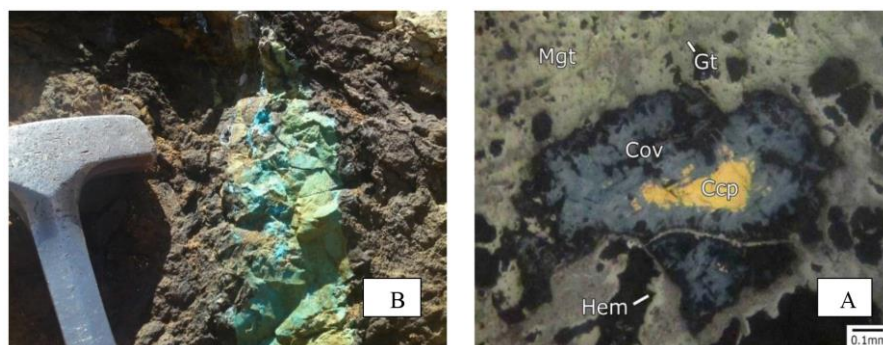
کانی‌شناسی اسکارن آهن کامو: معدن آهن کامو براساس مطالعات انجام شده در رده اسکارنها قرار دارد که گرونا و پیروکسن به‌طور همزمان تشکیل شده و فلزات مگنتیت و پیریت به همراه کانی‌های فوق جزء نسل اول کانی‌سازی بوده که در سرتاسر منطقه کامو پراکنده‌اند. علاوه بر آن ئیدروسیلیکات‌ها (اپیدوت و اکتینولیت و ترمولیت) در جریان دگرسانی همزمان و یا بعد از آن جزء نسل دوم کانی‌سازی منطقه می‌باشند. نسل سوم کانی‌سازی سوپرژن می‌باشد که سبب تشکیل کلاhek آهنی (گوسان) و کانی‌های

مانند مالاکیت در منطقه وجود دارد (شکل‌های ۲ و ۳).

اکسیدی نظیر هماتیت، لیمونیت گوتیت و کانی-های سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت و کوولیت) شده است. آثار کمی از کانی‌زایی کربنات مس



شکل ۲: A: بلورهای شش گوش و با ساخت منطقه‌ای (ZONAL STRUCTURE) از گروسولاریت B: پیروکسن آهن دار نوع هدبنرژیت با بیرفرانژانس سبز و گل‌بهی (XPL (10×6.3)

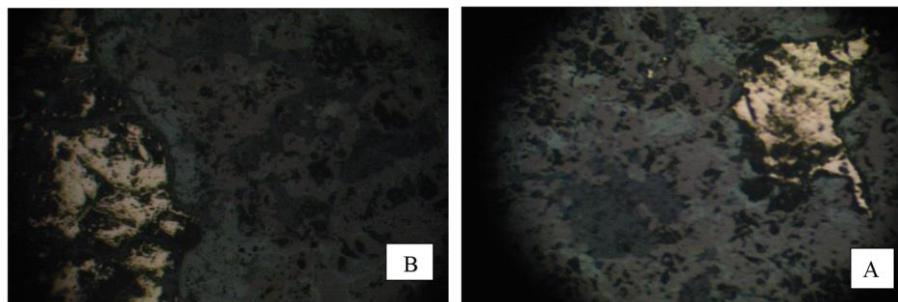


شکل ۳: A: کالکوپیریت، کوولیت، مگنتیت، هماتیت و گوتیت، B: کانی مس در کنار اکسیدهای آهن

سنگ‌های کربناتی، دگرسانی حرارت بالا از نوع اسکارنی شدن گسترش دارد. این نوع دگرسانی از گسترش نسبتاً بالایی برخوردار است و مجموعه کانی‌شناسی و لاستونیت، گارنت، دیوپسید، ترمولیت، اکتینولیت، فلوگوپیت و غیره معرف این نوع دگرسانی می‌باشند. در این نمونه‌ها پیریت ضمن خرد شدن، دچار واپاشی شده و به گوتیت و لپیدوکروولیت تبدیل شده و با مگنتیت هم‌رشدی پیدا کرده است و لذا سطح مقطع را فرا گرفته‌اند. در این راستا باقیمانده‌هایی از پیریت نیز برجای مانده‌اند (شکل ۴ A و B).

پاراژنهای همراه

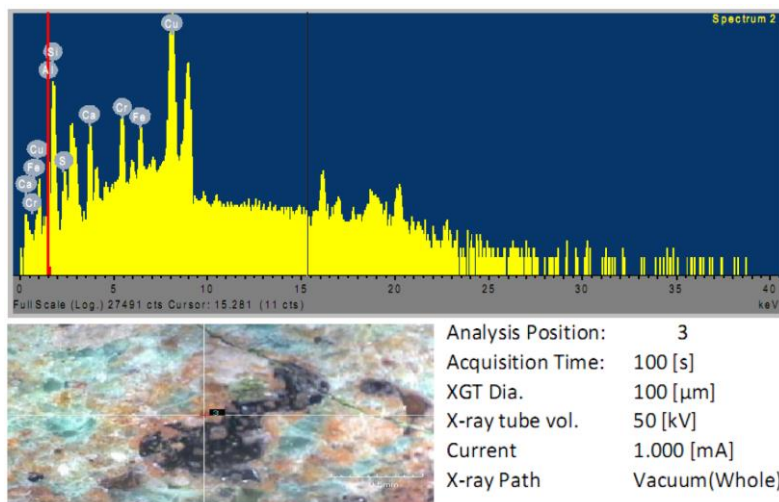
پاراژنهای همراه به‌طور عمده شامل گارنت (آندرادیت، گروسولاریت)، اپیدوت-زوئیزیت، کوارتز، کلسیت، آمفیبول اکسیدهای آهن (مگنتیت، هماتیت، لیمونیت، گوتیت) و گاهی کلینوپیروکسن هستند. رخساره دگرگونی این مجموعه در حد آمفیبول هورنفلس تا ابتدای رخساره پیروکسن هورنفلس است. بلورهای بی-شکل اپیدوت این سنگ‌ها از نوع زوئیزیت و یا کلینوزوئیت است که به گونه پراکنده در کل سنگ وجود دارند. در برخی نمونه‌ها نیز کلینوپیروکسن از نوع دیوپسید دیده می‌شود در



شکل ۴: A و B: پیریت ضمن خردشدن، واپاشی شده و به گوتیت و لپیدوکروولیت تبدیل شده و با مگنتیت هم‌رشدی پیدا کرده است - $10 \times 20 \mu\text{m}$

گرفت (X-Ray image, Back scattered) تعداد سه نمونه حاوی پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت توسط دستگاه میکروپروپ (HORBIA XGT 7200) به تعداد ۳۰ نقطه مورد مطالعه قرار گرفته است. دانه‌های پیریت نمونه‌های فوق از نظر محتوی عناصر نیکل و کبالت و مگنتیت (منحصرا از نظر مقدار کبالت) مورد آنالیز نقطه‌ای قرار

تعداد سه نمونه حاوی پیریت، کالکوپیریت و مگنتیت توسط دستگاه میکروپروپ (HORBIA XGT 7200) به تعداد ۳۰ نقطه مورد مطالعه قرار گرفته است. دانه‌های پیریت نمونه‌های فوق از نظر محتوی عناصر نیکل و کبالت و مگنتیت (منحصرا از نظر مقدار کبالت) مورد آنالیز نقطه‌ای قرار

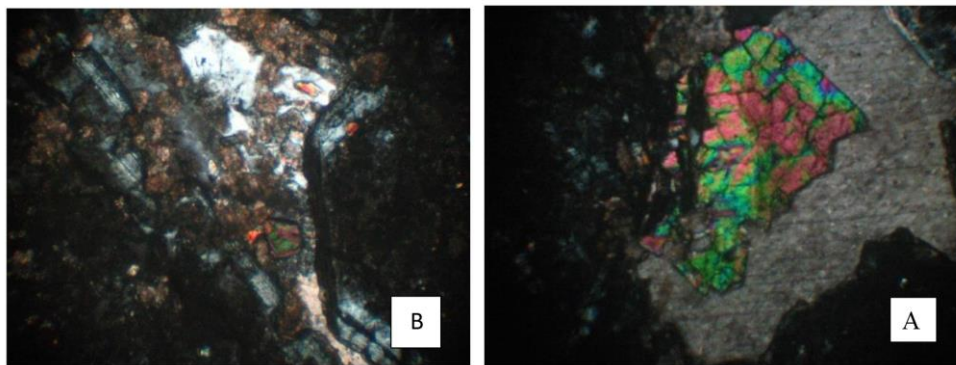


شکل ۵: نتایج آنالیز نقطه‌ای با دستگاه میکروپروپ (HORBIA XGT 7200)

گرفته‌اند، تشکیل شده است (شکل ۶ A). توده اصلی آذرین پورفیری به شکل استوک است که دمه‌های داسیتی در آن نفوذ کرده‌اند. در نتیجه نفوذ این توده‌ها در سنگ‌های آهکی منطقه کانی-های گرونا‌ی کلسیم و آهن‌دار به وجود آمده‌اند (شکل ۶ B). کانسار آهن به شکل‌های چینه‌ای، انباری و شاخه‌دار و استوک ورک تشکیل شده‌اند.

ساخت و بافت

براساس مطالعات پتروگرافی، سنگ‌های آذرین و متامورف و توده‌های اسکارنی منطقه، دارای بافت گرانوبلاستیک و پورفیروئید از درشت بلورهای پلاژیوکلاز، فلدسپار پتاسیک و بیوتیت که در زمینه‌ای متبلور (لیکن ریزدانه‌تر نسبت به درشت بلورها) از کوارتز و فلدسپار (زمینه فنیتی) قرار



شکل ۶: A: بافت گرانولار از مجموعه بلورهای آندرادیت و گروسولاریت همراه آهنک و پلاژیوکلاز (PPL 10×20)، B: گروسولاریت بازونبندی مربوطه که حاوی سیلیس، آهنک، هیدرنژیت و هسونیت است (XPL 10×6.3)

هماتیتی شدن

این دگرسانی‌ها از نوع دگرسانی به اکسیدهای آهن بوده و آثاری از آن در حوالی اسکارن شمال کامو به گونه یک هاله بسیار وسیع دیده می‌شود. در برخی نقاط این آلتراسیون شامل عدسی‌های بسیار کوچک آهن‌دار و رگچه‌های از هماتیت، لیمونیت و گوتیت است. در برخی نقاط شدت این دگرسانی در حدی است که سنگ اولیه قابل شناسایی نیست. این مجموعه به رنگ قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره متمایل به ارغوانی در منطقه دیده می‌شود. محلول‌های گرمایی حاصل از ماگماتیسم منطقه باعث شستشو یا دگرسانی آهن از کانی‌های فرومنیزین شده و این مجموعه‌ها تحت شرایط مناسب فشار، حرارت و فشار بخشی گاز اکسیژن در درزه‌ها و شکاف‌ها به صورت عدسی‌های کوچک آهن‌دار نهشته شده‌اند. براساس مطالعات پتروگرافی، پلاژیوکلاز سنگ‌های اولیه به سرسیت و کلریت تبدیل شده و آمیبیول‌ها به ترمولیت-آکتینولیت تجزیه شده‌اند. کانی‌های کلینوپیروکسن و الیون نیز به طور کامل به اکسید آهن و کلریت دگرسان شده‌اند. تجمع بسیار فراوانی از اکسیدهای آهن در خمیره سنگ دیده می‌شود. هماتیتی شدن هم بر اثر پدیده مارتیتی شدن هم در محیط سوپرژن بر اثر واپاشی

مکنیت در محیط ثانویه تشکیل گردیده است. تبدیل مگنتیت به هماتیت (مارتیتی شدن) و هماتیت به مگنتیت (در شرایط آزمایشگاهی) یک واکنش اکسیداسیون و احیا است که حضور اکسیژن و یا بدون اکسیژن انجام می‌شود (رسا، ۱۳۸۵).

پروپیلیتی شدن

مجموعه پروپیلیتی شامل کانی‌های اپیدوت (زوئیزیت-کلینوزوئیزیت) آلبیت، کلریت و کربنات‌هاست و معمولاً سرسیت، پیریت، یا اکسیدهای آهن و گاهی زئولیت و مونت موریونیت‌ها نیز حضور دارند. سولفورها همراه این مجموعه به جز پیریت عموماً دارای نسبت گوگرد/فلز پایین تا متوسط هستند. از نظر ژئوشیمیایی محلول‌های گرمایی غنی از منیزیم، آهن، کلسیم، سدیم و یا بی‌کربنات در سنگ‌های آذرین موجب تشکیل اپیدوت، کلریت، زوئیزیت و یا آلبیت می‌شوند. در مرکز سیستم اپیدوت-کلریت به طرف خارج به آلبیت، کلسیت و کانی‌های رسی تبدیل می‌شوند. این آلتراسیون خارجی‌ترین قسمت در کانسارهای مس پورفیری است و از نظر پی‌جویی و اکتشاف این نوع کانسار حایز اهمیت است. این نوع دگرسانی در منطقه مورد مطالعه در ارتباط با سنگ‌های داسیتی منطقه با گسترش

از فرآیندهای اکسیداسیون فازهای سولفور می- باشد. در آنالیزهای انجام شده نمونه شماره 90-E-2 همراه با محصولات دگرسانی حاصل از فعالیت- های هیدروترمالی محصولاتی با ترکیب، مونت مورینیتی، کائولینیتی، لیمونیت، گوتیت نیز دیده می‌شود (جدول ۱).

نسبتاً بالایی دیده می‌شود. به نحوی که در برخی موارد کانی کلریت یا اپیدوت به حدی در سنگ بالا می‌رود که می‌توان دگرسانی را از نوع کلریتی و یا اپیدوتی دانست. تغییر رنگ سطحی در نتیجه توسعه هیدرومیکها، کائولینیت و شستشوی هیدرو اکسیدهای آهن از طریق اسیدهای حاصله

جدول ۱: آنالیزهای انجام شده به روش‌های XRF، XRD (اسماعیلی، ۱۳۹۲)

Number	Sample	Major Phase	Minor Phase	Trace Phase
1	90-E-2	Goethite	Montmorillonit + Grassular	Quartz
2	90-E-4	Magnetite	Quartz	-
3	90-E-6	Goethite + Quartz Montmorillonit + Orthocloose	Moscovite + illite	Kaolinite
4	90-E-12	Gibbsite + Halloysite	Quartz	-
5	90-E-14	Hematite + Geotite Magnetite	Quartz	-
6	90-E-16	Quartz + Calsite + Kaolinite + Monmorillonit	Orthoclase	-
7	G-91-1	Andradite + Quartz	Calcite	Albite
8	G-91-2	Andradite	Quartz	-
9	G-91-5	Quartz + Moscovite + illite + Albite	Chlorite	-
10	G-91-6	Quartz + Albite + Moscovite	-	-

Sample	SiO2	Al2O2	Fe2O3	CaO	Na2O	K2O	MgO	TiO2	MnO
	%	%	%	%	%	%	%	%	%
G-91-1	65.74	15.28	5.09	4.34	2.70	2.93	2.03	0.451	0.049
G-91-5	60.85	20.85	6.19	0.52	0.94	3.52	1.65	.0500	0.002
G-91-6	61.58	21.58	4.23	2.33	1.80	2.01	1.22	0.527	0.001
G-91-8	65.45	17.09	3.45	3.32	2.45	2.74	1.60	0.519	0.063

Sample	P2O5	S	L.O.I	Cl	Ba	Sr	Cu	Zn	Pb
	%	%	%	ppm	ppm	Ppm	ppm	Ppm	Ppm
G-91-1	0.105	0.002	0.97	472	146	539	14	60	25
G-91-5	0.098	0.051	4.49	79	226	416	228	81	137
G-91-6	0.051	0.002	4.38	97	269	686	56	83	23
G-91-8	0.143	0.010	2.83	74	216	804	251	82	17

Sample	Ni	Cr	V	Ce	La	W	Zr	Y	Rb
	ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm	ppm	ppm	Ppm
G-91-1	46	8	76	34	15	1	184	31	107
G-91-5	58	1	107	82	38	19	171	26	130
G-91-6	35	2	98	75	36	5	225	20	80
G-91-8	53	1	76	44	21	12	208	26	68

Sample	Co	As	U	Th	Mo	Ga	Nb
	ppm	Ppm	ppm	ppm	ppm	ppm	Ppm
G-91-1	1	2	1	2	2	10	1
G-91-5	2	77	1	3	5	11	1
G-91-6	5	3	1	2	2	14	1
G-91-8	2	2	1	1	3	13	1

منطقه باعث تشکیل دگرگونی‌های مجاورتی، دگرسانی‌های هیدروترمال و برهم زدن نظم لایه-بندی و آثار سطحی در سنگ‌های رسوبی شده‌اند. عمده‌ترین سنگ‌های آذرین منطقه مورد مطالعه عبارتند: مونزوگرانیت تا کوارتز مونزودیوریت آمفیبول دار، آمفیبول مونزوگرانیت پروفیری تورمالین دار-اپیدوتی شده، گرانودیوریت، داسیت و آندزیت، تراکی آندزیت، لاتیت کوارتزدار و بالاخره بازالت هستند. سنگ‌های دگرگونی در محدوده، اسکارن‌ها، شامل مرمرهای سفید، گارنت هورن فلس، گارنت فلس و تاکتیت می‌باشد (شکل ۷).



شکل ۷: نمایی از کانی زایی اسکارن با کلاک آهنی همراه با زون آلتراسیون، با دید به سمت شمال

دلیل جایگزینی در شبکه منیزم بیشتر است (آدابی، ۱۳۹۰). در مشاهدات صحرائی علاوه بر اکسیدو هیدروکسید (مگنتیت، هماتیت و لیمونیت) پیریت، بلورهای گارنت، کلریت، کلسیت و کوارتز در این مجموعه دیده می‌شود. همچنین آثار بسیار شدیدی از انواع دگرسانی پروپیلیتیک، پتاسیک و آرژیلیک دیده می‌شود. با توجه به این که عامل اصلی تشکیل دهنده این مجموعه اسکارنی زبانه‌هایی از استوک گرانیوتوئیدی واحد کرکس است ولی نقش دم‌های داسیتی نفوذی

لیمونیتی شدن، گوتیتی شدن

کانسارهای هیدروترمال ممکن است در بخش‌های سطحی دگرسانی نوع سوپوزن را هم تحمل نمایند. معمولاً در سطح هوازده شده، چنین توده-هایی با رنگ‌های زرد شاخص آلتراسیون لیمونیتی، قرمز شاخص التراسیون گوتیتی در منطقه مشخص می‌شوند.

شکل توده معدنی آهن منطقه کامو: برون زد وسیعی از سنگ‌های گرانیوتوئیدی در محدوده مورد مطالعه و اطراف آن وجود دارد که بیشتر واحدهای چینه-شناسی قبل از الیگومیوسن منطقه را قطع کرده است. این سنگ‌ها به ترتیب فراوانی شامل کوارتزمونزونیت، کوارتزمونزودیوریت، گرانودیوریت و گرانیوت هستند. این مجموعه‌های نفوذی در

اسکارن

این مجموعه حاصل متاسوماتیسم توده‌های نفوذی واحد گرانیوتی کرکس با سنگ‌های دولومیتی و آهک‌های اربیتولین دار واحد کرتاسه زیرین است و شامل یک مجموعه اسکارنی آهن‌دار است که بر روی زمین به رنگ قهوه‌ای تا ارغوانی تیره دیده می‌شود (شکل ۸). با آن که کانی زایی اصلی در این محدوده مربوط به آهن است. ولی در برخی نقاط کانی زایی محدودی از مس و منگنز نیز وجود دارد. معمولاً میانگین آهن در دولومیت‌ها به

دگرسان شده هستند. علاوه بر این آثار بسیار فراوانی از فیلون‌های داسیتیک آندزیتی و داسیتی دگرسان در محدوده معدن یافت می‌شود که به نظر می‌رسد نقش افزایش شششو (leaching) را در این محدوده ایفا کرده باشد.

(پالس جدیدتر از گرانیته) نیز در تکوین آن بی-تاثیر نبوده است. با توجه به نمونه‌برداری‌های فراوانی که در پیرامون این محدوده انجام شد، سنگ‌های اثر گذارنده اصلی جهت تشکیل این مجموعه، میکروگرانودیوریت و میکروگرانیته‌های واحد کرکس هستند؛ که در محل همبری بسیار



شکل ۸: شکل نمایی از اسکارن و زون کانی‌سازی آهن منطقه کامو، پیت معدن با دید به سمت شرق

فاز کانی‌زایی آهن به صورت پراکنده در سرتاسر منطقه کامو تشکیل شده است. به واسطه قطع توده اصلی توسط دمه‌های داسیتی، می‌توان آن‌ها را دایک‌های بعد کانی‌سازی اولیه آهن در نظر گرفت. لذا جوان‌ترین پالس نفوذ در منطقه می‌باشند. عملکرد گسله‌های معکوس موجب فرسایش بیشتر بلوک‌های کمر بالای گسلی لولای طاق‌دیس شده و تأثیر پدیده سوپرژن باعث تشکیل کلاهدک آهن (گوسان) شده است. معدن آهن کامو بر روی آن قرار دارد. عیار آهن از سطح به عمق، در محل حفاری‌های معدنی کانسار آهن کامو کاسته می‌شود (فتحیان پور، ۱۳۸۹). بخش عمده زون دگرسانی در سنگ‌های درون‌گیر این توده و در زون گسلیده در سطح ظاهر شده است (قاسمیان، ۱۳۹۰). عدسی‌های آهن موجود در کلاهدک و زون‌های دگرسانی کاملاً در هم آمیخته شده و جداسازی دقیق انواع آلتراسیون‌ها با توجه به تکنونیزه بودن منطقه مشکل می‌باشد. با توجه به

کلاهدک آهنی

کانسار آهن کامو در زون ماگمایی سنوزوئیک ارومیه - دختر واقع شده و جای‌گیری استوک پورفیری کامو در راستای محور تاقدیس در منطقه و با راستای NW-SE انجام شده است. سنگ‌های درون‌گیر این توده آهک‌های اوربیتولین دار، دولومیت کرتاسه بالایی و سنگ‌های آتش‌فشانی و آذرآواری ائوسن می‌باشند (آهنکوب، ۱۳۸۲). ترکیب سنگ‌شناسی توده پورفیری دره کامو مونزو گرانیته، مونزو دیوریت پورفیری، گرانودیوریت پورفیری که توسط دمه‌های داسیتی وابسته قطع شده است (امامی، ۱۳۵۹). براساس نمونه‌های آنالیز شده از توده‌های نفوذی در محل کانسار (دره کامو) و مناطق اطراف نظیر قمصر نشان می‌دهد که عیار آهن و مس در منطقه کامو بیشتر است (جدول ۱). با در نظر گرفتن سایر شواهد صحرایی و مطالعات میکروسکوپی، مگنتیت و کالکوپیریت و همزمان با کانی‌ها اسکارنی اولین

هماتیت، لیمونیت، گوتیت، ازاروسیت، گیبسیت، کالکوپیریت، پیریت، کوولیت، کائولینیت، لیمونیت، کلسیت، دولومیت، مونتموریلونیت، کلریت، ایلیت، آلبیت، کوارتز، بیوتیت، موسکویت آمفیبول هستند. مگنتیت و پیریت به صورت اولیه در اسکارن‌ها وجود داشته و در زون سوپرژن به دیگر اکسیدهای آهن و کانی‌های سولفیدی تبدیل شده‌اند. پیریت به گوتیت و لیپدوکروولیت و کالکوپیریت به کوولیت و مگنتیت به هماتیت و لیمونیت تبدیل شده‌اند. علاوه بر آن آثار ضعیفی از کانی‌های کربناته مس مانند مالاکیت و آزوریت در محل حفاری‌های معدنی یافت شده است.

۳- عمده‌ترین بافت موجود شامل گرانولار، پورفیری، توده‌ای، هم‌رشدی کلوفورم، هیپ ایدومورفیک، کاتاکلاستیک، نواربندی کلوفورم می‌باشد.

۴- مگنتیت و کانی‌های سولفیدی مانند پیریت و کالکوپیریت، با منشاء ماگمایی، نسل اول کانی-زایی اسکارنی و دگرسانی‌های حاصل از سیالات ماگمایی نسل دوم و پدیده سوپرژن نسل سوم کانی‌سازی منطقه کامو را تشکیل داده‌اند. بنابراین در یک نگاه کلی شکل مجموعه کانسار به صورت اپی ژنتیک هیدروترمالی معرفی می‌گردد.

سرشت ماگمای مولد توده پورفیری کامو کالک آلکالن با پتاسیم بالا و محیط تکتونیکی زون فرو رانش است. عیار بالای مس در توده نفوذی (۲۸۸ پی پی ام) و تشکل کلاهدک آهنی در زون سوپر ژن، عیار بالای کانی‌های اکسیدی آهن در سطح زمین و حضور اندک کانی‌های سولفیدی مس (کالکوپیریت) بیانگر این واقعیت است که وجود توده مس پورفیری در عمق دور از انتظار نیست.

نتیجه گیری

در اسکارن‌های منطقه کامو با توجه به وجود گرونا در این سنگ (بیوتیت مونزوگرانیت پورفیری گرونا) که توده ساب-ولکانیک (sub-volcanic) اصلی منطقه است، مربوط به بخش اسکارن داخلی است. همچنین از همبری این توده گرانیوتوئیدی ساب و لکانیکی در مجاورت آهک و واکنش‌های نزدیک بین توده ساب و لکانیک و آهک، بلورهای در هم آمیخته گرونا کلسیم‌دار نوع آندرادیت و نوع گروسولاریت به وجود آمده است. (اگزواسکارن) و نمونه‌های با بافت پروفیروئید بخش حاشیه‌ای این توده اصلی مونزوگرانیتی آمفیبول دار با بافت هیپ ایدومورفیک تمام بلورین را ساخته‌اند.

۱- عمده‌ترین کانی‌های منطقه مورد مطالعه گرسولاریت، آندرادیت، هالوزیت، مگنتیت،

منابع

- امامی، م. و عمیدی، س.، ۱۳۵. نقشه زمین-شناسی چهارگوش کاشان با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰۰ شماره ۷، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- آهنکوب، م.، ۱۳۸۲. بررسی پترولوژیکی و ژئوشیمیایی هاله دگرگونی توده گرانیوتوئیدی قهرود، پایان‌نامه فوق لیسانس دانشگاه اصفهان، ۲۷۳ ص.

- آدابی، م.، ۱۳۹۰. ژئوشیمی رسوبی، مرکز پژوهشی ایران زمین چاپ دوم، ۵۳۰ ص.
- آقاناتی، ع.، ۱۳۸۳. زمین‌شناسی ایران، جلد اول، انتشارات سازمان زمین‌شناسی کشور، ۵۸۶ ص.
- اسماعیلی، ا.، ۱۳۹۴. رساله دکتری دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات تهران، ۱۹۵ ص.

- دومین همایش زمین‌شناسی و محیط زیست، ۵۱۶ ص.
- سهندی، م.ر.، ۱۳۷۹. گزارش پروژه اکتشافات سیستماتیک بر روی کمر بند ارومیه دختر، ۴۲۱ ص.
- فتحیان پور، ن.، ۱۳۸۵. مطالعات مغناطیس سنجی اندیس معدنی سنگ آهن کامو از توابع میمه، ۳۳ ص.
- قاسمی، پ.، ۱۳۸۷. گزارش اکتشاف سنگ آهن کامو، شرکت آروین کانه اصفهان، ۲۹ ص.
- قربانی، م.، ۱۳۸۶. زمین‌شناسی اقتصادی-ذخایر معدنی و طبیعی ایران، ۴۹۲ ص.
- قهرایی پور، م. و کریمی، ح.ر.، ۱۳۸۹. نقشه زمین‌شناسی کامو ۲۵۰۰۰: ۱، سازمان زمین‌شناسی و اکتشاف معدنی کشور.
- کریم پور، م. و سعادت، س.، ۱۳۸۱. زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی ایران، دانشگاه مشهد، ۵۲۲ ص.
- کوثری، س. و پارسی، ب.، ۱۳۷۳. مطالعه و ارزیابی اندیس‌های معدنی (دره کامو)، فصلنامه علوم زمین شماره ۱۳، ۲۳۱ ص.
- مولایی بیرگانی، غ.، ۱۳۶۹. پی جویی پهنه میمه - قهرود - طرق، سازمان زمین‌شناسی کشور، گزارش شماره ۲۸، ۹۶ ص.
- نوربهشت، ا.، بشیری، ا. و مکی‌زاده، م.ع.، ۱۳۸۸. پژوهش‌های پترولوژیکی و ژئوشیمیایی اسکارن‌ها در منطقه دره کامو (جنوب باختر کاشان)، فشرده مقالات سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه شیراز، ۵۶۳ ص.
- برنا، ب. و جانثاری، م.ر.، ۱۳۷۲. طرح اکتشافات سیستماتیک موضوعی، گزارش عملیات اکتشافات چکشی و متالوژنی در ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ کاشان، گزارش سازمان زمین‌شناسی کشور.
- بهزادی، م.، ۱۳۸۲. بررسی کانسار آهن ایران مرکزی، رساله دکتری زمین‌شناسی دانشگاه شهید بهشتی.
- بنی‌طبا، م. و طهماسبی نمکی، ز.، ۱۳۸۱. نگرشی به زمین‌شناسی پترولوژی و ژئوشیمیایی سنگ‌های آذرین نیاسر کاشان، هفتمین همایش سالانه انجمن زمین‌شناسی ایران.
- حاجی‌علیلو، ب.، ۱۳۶۸. بررسی پتانسیل‌های معدنی منطقه قمصر کاشان، پایان‌نامه فوق-لیسانس دانشگاه تربیت معلم تهران، ۳۱۱ ص.
- حسن‌زاده، ج.، ۱۳۵۷. مطالعه پترولوژی سنگ-های آذرین ناحیه قمصر جنوب کاشان، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران، ۲۴۳ ص.
- حسینی پاک، ع.ا.، ۱۳۷۴. گزارش پروژه اکتشافات ژئوشیمیایی سیستماتیک سیمای ژئوشیمیایی و متالوژنی در محدوده برکه‌های کاشان، نطنز، طرق، سازمان زمین‌شناسی کشور با مشاورت شرکت توسعه علوم زمین، ۳۴۱ ص.
- جعفر زاده، م. و قربانی، م.، ۱۳۷۴. زمین‌شناسی ایران، کانسارهای آهن ایران، ۴۹۲ ص.
- رادفر، ج. و علایی مهابادی، س.، ۱۳۶۴. نقشه زمین‌شناسی با مقیاس ۱/۱۰۰/۰۰۰ کاشان سازمان زمین‌شناسی کشور.
- رسا، ا. و براتی، م.، ۱۳۸۵. مطالعه واکنش‌های ردکس در تبدیل کانی مگنتیت به هماتیت

-Alavi, M., 1994. Tectonics of the Zagros orogenic belt of Iran, new data and interpretations, Tectonophysics, v. 229, p. 211-283.

-Berberian, M. and King, G.C.P., 1981. Towards a paleogeography and tectonic

evolution of Iran, Canadian Journal of Earth Sciences, v. 18, p. 210-265.

-Emami, H., 1981. Geologie de la region de Qom- Aran (Iran) Contribution an l'etude dynamique ET geochemique du volcanism Tertiaire de I Iran Central (These), 384 p.

-Chappell, B.W. and White, A.J.R., 1992. I-and S-type granites in the Lachlan Fold Belt, Transaction of Royal Society of Edinberg, Earth Sciences, v. 83, p. 1-26.

-Forster, H., Fesefeldt, K. and Kursten, M., 1972. Magmatic and orogenic

evolution of central Iranian volcanic belt, 24th, IGC, Section 2, p. 198-210.

-Cox, K.G., Bell, J.D. and Pankhurst, R.J., 1979. The Interpretation of Igneous Rocks, George Allen and Unwin, London, 454 p.