



GIMI



مجله
گوهرشناسی و
کانی‌های صنعتی



مجله گهرشناسی و کانی های صنعتی

دارای اعتبار علمی - پژوهشی از کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور

تیر ۱۴۰۵

شماره دوم

سال اول

فهرست

رخداد کانی گوهری اسپینل در اسکارن های منشاد (جنوب یزد)

شهرزاد شرافت، مهناز خدای

بررسی سنگ های قیمتی و نیمه قیمتی در استان کرمان

محمد فراهانی، حجت حاج حسنی، فاطمه توکلی

ارزیابی گوهرسنگ های شهرستان تفت از دیدگاه گهرشناسی و گوهرتراشی

جواد قانع اردکان

ارزیابی گهرشناسی و گوهرتراشی واریسکایت معدن سرب و روی کوشک بافق

جواد قانع اردکان

نخستین گزارش از رخداد مویزانايت در ایران (سازند هرمز - جنوب ایران)

صفورا زمانی، حسین بصیرت، محمد علی مکی زاده، واپیک هایراپتیان

تشکیل، پیدایش و اهمیت اکتشاف گارنت در سرپانتینیت های باغ برج (استان کرمان، ایران)

مرتضی رزم آرا فرزقی، سمیرا عاقبتی



مجله گهرشناسی و کانی های صنعتی

مجله گهرشناسی و کانی های صنعتی نشریه تخصصی گهرشناسی و کانی های صنعتی دانشگاه فردوسی مشهد است که به منظور ارائه دستاوردهای تازه علمی و پژوهشی به صورت فصلنامه در سال منتشر می شود. نشریه از همکاری پژوهشگران در گرایش های مختلف علوم زمین به گرمی استقبال می کند. امید است با بسط پژوهش در این شاخه از علوم پایه، هر شماره پر بار تر از شماره قبل منتشر گردد.

جایگاه مجله گهرشناسی و کانی های صنعتی

بنابر موافقت کمیسیون بررسی نشریات علمی کشور این مجله دارای درجه علمی- پژوهشی است و در ISC نمایه می شود.

آدرس:

مشهد، پردیس دانشگاه فردوسی، دانشکده علوم پایه، دبیرخانه گهرشناسی و کانی های صنعتی. تلفن-دورنگار: ۰۵۱-۳۸۸۰۵۴۹۵

پست الکترونیکی: gemiran@um.ac.ir

آدرس وبگاه: <https://gemiran.um.ac.ir>



مجله گوه‌رشناسی و کانی‌های صنعتی

نشریه گوه‌رشناسی و کانی‌های صنعتی دانشگاه فردوسی مشهد

سال اول، شماره اول، تیر ۱۴۰۵

دانشگاه فردوسی مشهد

دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی

سر دبیر تخصصی گوه‌رشناسی: دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی

سر دبیر تخصصی کانی‌های صنعتی: دکتر خسرو ابراهیمی نصرآبادی

دکتر خسرو ابراهیمی نصرآبادی (دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی (دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر بهزاد حاج علیلو (دانشگاه پیام نور مرکز تبریز)

دکتر محمدعلی مکی زاده (دانشگاه اصفهان)

دکتر فرهاد آلیانی (دانشگاه همدان)

دکتر بیژن اعتمادی (دانشگاه شیراز)

دکتر زهرا اعلمی نیا (دانشگاه فردوسی مشهد)

دکتر آرزو عابدی (دانشگاه شاهرود)

دکتر زهرا مختاری (دانشگاه نیشابور)

دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی - دکتر خسرو ابراهیمی نصرآبادی

دکتر مرتضی رزم آرا فرزقی

دکتر کریمیان

سمیرا عاقبتی

گرایش گوه‌رشناسی کاربردی و کانیهای صنعتی

انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

صاحب امتیاز:

مدیر مسئول:

سر دبیران:

هیات تحریریه:

ویراستار متن انگلیسی:

ویراستار متن فارسی:

مدیر اجرایی:

تایپ و صفحه آرایی:

امور اجرایی و فنی:

چاپ:

پیشگفتار گوهرشناسی

سخن مدیر مسئول و سردبیر گوهرشناسی

گوهرشناسی نوین: حوزه ای فنی (تکنیکال) و پیشرو

گوهرشناسی به عنوان یک علم بین رشته ای، حوزه های گسترده و وسیعی شامل اکتشاف گوهرسنگ ها، گوهر تراشی، طراحی جواهرات، بهسازی (enhancement) و عمل آوری (treatment) گوهرها، سنتز، تجارت گوهرسنگ ها و کاربرد گوهرها در فناوری های پیشرفته (High tech.) را پوشش می دهد. گوهرشناسی به دلیل نیاز به روش ها و ابزارهای تحلیلی پیشرفته جهت شناسایی گوهرسنگ ها، بهسازی و روش های نوین سنتز، به یک حوزه فنی (تکنیکال) پیشرو تبدیل شده است.

گوهرشناس، متخصصی است که گوهرسنگ ها را شناسایی، درجه بندی و ارزیابی می کند و اصالت و ارزش آنها را در بازاری که دقت در آن حرف اول را می زند، تضمین می کند. گوهرشناس دانش علمی را با نگاهی هنری ترکیب می نماید تا ویژگی های منحصر به فرد گوهرسنگ ها (همچون الماس، یاقوت سرخ، یاقوت کبود و گوهرسنگ های بی شمار دیگری) را تجزیه و تحلیل کند. این ترکیب منحصر به فرد علم و هنر، این حرفه را به حوزه ای جذاب برای علاقه مندان به گوهر تبدیل نموده است.

گوهرشناس متخصص، دانش علمی عمیقی در مورد کانی شناسی، بلورشناسی و اپتیک باید داشته باشد و از این تخصص ها جهت تعیین اصالت، کیفیت و ارزش گوهرسنگ ها به نحو احسن استفاده کند. هدف اصلی گوهرشناس، ارائه ارزیابی های عینی و استاندارد است که شفافیت و اعتماد را در صنعت گوهرسنگ ها و جواهرات تضمین می کند. این نقش با نقش یک گوهرتراش، طراح جواهرات و فروشنده جواهرات، تفاوت قابل توجهی دارد. در حالی که تمامی افرادی که در این حوزه ها فعالیت می کنند، ضروری است تا با دانش گوهرشناسی آشنایی داشته باشند، اما تخصص یک گوهرشناس در تجزیه و تحلیل علمی و نوآوری در حوزه های گسترده مرتبط با گوهرسنگ ها است.

چالش های فعلی

رقابت برای نقش گوهرشناس، بویژه در سطوح ورود به حوزه گوهرسنگ ها، همچنان بالاست، زیرا موقعیت های تخصصی کمتر مورد استفاده قرار می گیرند. تحولات و تغییرات اقتصادی، مستقیماً بر حوزه گوهرسنگ، تأثیرگذار می باشند. حفظ مهارت ها که به سرعت در حال تحول است، نیازمند تلاش مداوم است.

فرصت های رشد

علیرغم چالش ها، نیاز مبرم به گوهرشناسان متخصص در تجزیه و تحلیل های پیشرفته داده های آزمایشگاهی و تعیین منشأ وجود دارد. روش های جدید در تولید گوهرسنگ های سنتتیک و بدلی، وجود متخصصان در تشخیص و آشکارسازی آنها را ایجاد می کند. پدیده های نوظهور در ردیابی گوهرسنگ ها با پشتیبانی بلاکچین و گوهرشناسی دیجیتال نیز به سرعت در حال رشد هستند. از متخصصان، در زمینه های تخصصی مانند شناسایی گوهرسنگ ها، درجه بندی (grading) پیشرفته الماس و دیگر گوهرها، لازم است استفاده شوند. مهارت در تجزیه و تحلیل داده ها و مهارت در کار با ابزارهای گوهرشناسی مبتنی بر هوش مصنوعی، مزیت رقابتی قابل توجهی را ارائه می دهد. آموزش فناوری های جدید و روش های نوین و پیشرفته می تواند افق های وسیعی را به روی این حوزه های تخصصی و پر تقاضا باز کند.

نقش سنتی آزمایشگاه‌های گوهرشناسی

آزمایشگاه‌های گوهرشناسی مدت‌هاست که تجزیه و تحلیل‌های مستقلی از گوهرسنگ‌ها را بدون هیچ استاندارد یا نظارت یکسانی ارائه می‌دهند. آنها به شدت به تخصص گوهرشناسان آموزش دیده متکی هستند. با این حال، حتی با وجود استانداردهای دقیق ولی درجه مهارت و امکانات آزمایشگاهی منجر به ناهماهنگی نیز می‌شود.

آینده گوهرشناسی در عصر هوش مصنوعی

چگونه هوش مصنوعی در حال تغییر شکل شناسایی گوهرسنگ‌ها، استانداردهای درجه‌بندی و نقش گوهرشناسان در آزمایشگاه‌ها است

در طول دهه‌های گذشته، آزمایشگاه‌های بزرگ گوهرشناسی نقش مهمی در صنعت گوهرسنگ ایفا کرده‌اند. این مؤسسات - مانند مؤسسه گوهرشناسی آمریکا (GIA)، انجمن بین‌المللی گوهرشناسی (IGS) و دیگران، استانداردهایی را برای شناسایی و درجه‌بندی گوهرسنگ‌ها تعیین کرده‌اند. با این حال، پیشرفت سریع هوش مصنوعی (AI) این چشم‌انداز را به طرز چشمگیری در حال تغییر دادن است.

هوش مصنوعی در گوهرشناسی

هوش مصنوعی، بویژه یادگیری ماشین (machine learning) و تشخیص تصاویر، به طور فزاینده‌ای در شناسایی و درجه‌بندی گوهرسنگ‌ها به کار گرفته می‌شوند. سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند تصاویر با وضوح بالا و داده‌های طیف‌سنجی را برای طبقه‌بندی، تشخیص بهسازی‌ها و درجه‌بندی گوهرسنگ‌ها با ثبات قابل توجه تجزیه و تحلیل کنند. مزایای هوش مصنوعی در این زمینه عبارتند از:

- **استانداردسازی:** الگوریتم‌های هوش مصنوعی (AI) می‌توانند معیارهای یکسانی را برای هر گوهرسنگی اعمال کنند و خطاها و ذهنیت انسانی را از بین ببرند.
- **دقت:** مدل‌های یادگیری ماشین را می‌توان بر روی مجموعه داده‌های وسیع آموزش داد و آنها را قادر ساخت تا جزئیات و الگوهای دقیقی را که ممکن است حتی گوهرشناسان باتجربه نیز از آنها غافل باشند، تشخیص دهند.
- **کارایی:** تجزیه و تحلیل‌های خودکار، سریع‌تر و مقیاس‌پذیرتر از درجه‌بندی‌های معمولی است و هزینه‌ها و زمان‌های را کاهش می‌دهد.
- **شفافیت:** سیستم‌های هوش مصنوعی می‌توانند هر تصمیمی را ثبت کرده و سوابق قابل ردیابی ارائه دهند و اعتماد مصرف‌کننده را افزایش دهند.

تغییر پویایی نیروی کار: کاهش نیاز به گوهرشناسان، افزایش تقاضا برای فناوری‌ها

با افزایش روزافزون وظایف اصلی شناسایی و درجه‌بندی توسط سیستم‌های هوش مصنوعی، انتظار می‌رود، نقش گوهرشناسان سنتی در آزمایشگاه‌های بزرگ کاهش یابد. ارزیابی‌های دقیق بصری و دستی که زمانی حرفه گوهرشناسی را برجسته می‌کردند،

اکنون به طور خودکار قابل انجام می باشند و ماشین ها نتایج سریع، استاندارد و بسیار دقیقی ارائه می دهند. این تغییر، اتکا به تخصص انسانی برای آنالیزهای معمول را کاهش می دهد و آزمایشگاه ها را به سازماندهی مجدد نیازهای پرسنلی خود سوق می دهد.

در مقابل، پذیرش فناوری های پیشرفته هوش مصنوعی، پلتفرم های داده محور و شبکه های دیجیتال یکپارچه، نیاز فزاینده ای به برنامه نویسان کامپیوتر ماهر و مدیران شبکه ایجاد کرده است. این متخصصان برای توسعه، نگهداری و به روزرسانی الگوریتم های هوش مصنوعی، مدیریت جریان های گسترده داده های گهرسنگ های قیمتی، تضمین امنیت سایبری و پشتیبانی از سیستم های صدور گواهی های برخط (آنلاین) اصالت ضروری هستند. با چرخش صنعت به سمت راه حل های دیجیتال، متخصصان فناوری اطلاعات به ستون فقرات محیط آزمایشگاه مدرن تبدیل می شوند و عملکرد یکپارچه و نوآوری فناوری را تضمین می کنند.

مسیر پیش رو

در حالی که نیاز به آزمایشگاه های بزرگ گهرشناسی معمول بزودی از بین خواهند رفت، نیاز به ارزیابان آموزش دیده گهرسنگ ها افزایش خواهد یافت. شناسایی و درجه بندی گهرسنگ های قیمتی توسط هوش مصنوعی جایگزین نیاز به مکان هایی مانند آزمایشگاه های تجاری GIA، و IGI خواهند شد. اما هوش مصنوعی نمی تواند جایگزین یک ارزیاب گهرسنگ آموزش دیده شود. ظرافت های ارزیابی دارای متغیرهای بسیار زیادی است که یک الگوریتم هوش مصنوعی را نمی توان برای جایگزینی مغز انسان برنامه ریزی کرد. بنابراین، آینده گهرشناسی به عنوان یک مطالعه، بخشی از یک آموزش کلی برای ارزیابان گهرسنگ ها خواهد بود. این بدان معناست که برنامه های گهرشناسی مستقل بدون آموزش مناسب برای ارزیابی نیز منسوخ خواهند شد.

نتیجه گیری

گهرشناسی نوین، در حال پیشرو بودن در به کارگیری هوش مصنوعی برای بهبود و پیشرفت مطالعه گهرشناسی و ارزیابی گهرسنگ ها می باشد.

آینده ای روشن برای متخصصان صنعت گهرسنگ ها وجود دارد که شاهد نرخ رشد قابل توجه در جهان صادراتی است.

هدف اصلی برنامه های تحصیلی در رشته گهرشناسی، آموزش دانشجویان برای استفاده از فناوری های پیشرفته و یادگیری درجه بندی، ارزش گذاری و شناسایی گهرسنگ ها است.

سخن سردبیر کانی های صنعتی

آیا نمی شود عنوان کرد که کانیهای صنعتی بشر را از غار نشینی به اعماق کهکشانها رسانده است؟ با قدری تامل و مرور بسیار اجمالی از محصولات صنعتی تولید شده از کانیهای صنعتی، نقش هر یک از آنها در ارتقا زندگی بشر از غار نشینی تا زندگی امروزی، جوابگوی پاسخ این سوال خواهد بود.

ساینده ها (Abrasives)

ساینده ها که از کانیهای صنعتی ساخته می شوند از جمله الماس مصنوعی، کربندوم، گارنت و بسیاری دیگر در تهیه سرمته های حفاری و در صنایع دیگر به عنوان صیقل دهنده مورد استفاده قرار می گیرند. بدون آنها بشر قادر نبود به اعماق زمین به منظور دستیابی به منابع عمیق آب، ذخایر معدنی و هیدروکربور (نفت و گاز) نائل گردد.

مواد اولیه صنایع سرامیک (Ceramic raw materials)

مهمترین مواد اولیه صنایع سرامیک شامل فلدسپارها، خاکهای رس و ماسه های سیلیسی می باشند. بدون آنها، تولید سرامیک ها از آجر و محصولات ظروف چینی و کاشی گرفته تا ابرسرامیک های تشکیل دهنده قسمت های حساس بدنه و موتور فضاپیماها، هواپیماها و صنایع فضایی، امکان پذیر نبود.

صنایع شیمیایی (Chemical industry)

نقش بی بدیل کانیهای صنعتی اسپودمن، سیلویت، کلسیت، منیزیت، سولفات استرانسیم و غیره در صنایع شیمیایی غیر قابل انکار است.

مواد اولیه ساختمانی (Construction raw materials)

اهمیت اگرگات های سبک در ساخت ساختمان های سبک مقاوم در مقابل زلزله که می تواند جان هزاران و گاهی ده ها هزار انسان را درمقابل زلزله حفظ نماید. از اهمیت مواد اولیه سیمان همین بس که بدون آن هیچ جاده و پل و راه و ساختمان و کارخانه و سد و فرودگاهی قابل ساخت نبود. از اهمیت آندسته از کانیهای صنعتی که می توانند در ایزولاسیون ساختمانها به عنوان عایق گرما، سرما و صوت به کار روند که می توانند صرفه جویی فوق العاده و غیر قابل انکاری، در مصرف نفت و گاز و الکتریسیته ایجاد نمایند.

اهمیت سنگ های ساختمانی نما، سنگ های لاشه و خرد شده و سرباره ها در تولید بتن و استفاده از گچ در صنایع ساختمانی، دکوراسیون، سیمان و پزشکی (ارتوپدی) از اهمیت بالایی برخوردار است.

عناصر حیاتی (Critical Elements)

عناصر حیاتی (Critical Elements)، سرنوشت ساز زندگی امروز و آینده بشر از قبیل لیتیوم، بریلیوم، آلومینیوم، کروم، زیر کانیوم، سزیم، گالیوم، ژرمانیوم، اندیوم، نیوبیوم، رودیوم، روبیدیوم، سریوم، باریوم، تیتانیوم، منیزیم، منگنز، سیلیکا، گرافیت

و فلزات کمیاب خاکی که شامل پانزده عنصر سری لانتانیدهای جدول مندلیف بعلاوه ایتريوم و اسکاندیوم هستند از کانیهای صنعتی استخراج می گردند که در صنایع پیشرفته مورد استفاده قرار می گیرند. علاوه بر آن، این عناصر، دارای خصوصیات مغناطیسی، اپتیکی، الکترونیکی و حتی اتمی هستند، در مقابل حرارت مقاومند و برخی دارای خاصیت لومینسنس هستند که در صنایع پیشرفته متالورژی، سرامیک مورد استفاده قرار می گیرند و امروزه در موتور فضاپیماها، هواپیماها، صنایع الکتریکی، نظامی، فضایی، اتمی، پزشکی، الکترونیکی، اپتیک، پیل های انرژی خورشیدی، باتری های شارژشونده خودروهای الکتریکی، نمایشگر (مانیتور)ها، تلویزیونها و گوشیهای همراه دارای صفحات لمس نمایشی، تلسکوپ ها، جی پی اس، دوربین های حساس با قابلیت دید شب و روز، لامپهای کم مصرف و هزاران محصول صنعتی که امروز در اختیار بشر قرار گرفته، کاربرد دارند.

صنایع الکتریسته و اپتیکی (Electronic & Optical Industries)

نقش آندسته از کانیهای صنعتی که دارای خواص پیزو الکتروسیته و اپتیکی ویژه هستند همچون کوارتز، تورمالین، فلوریت، روتیل، شلیت و بسیاری دیگر در ساخت ابزارآلات الکترونیکی و اپتیکی بسیار دقیق، پیشرفت صنعتی غیر قابل انکاری را در ارتقا کیفیت زندگی بشر ایفا نموده است.

کودهای شیمیایی (Fertilizers)

کانیهای صنعتی حاوی عناصری چون پتاسیم، نیتروژن، کلسیم، منیزیم، استرانسیم، بر، آهن، منگنز و دیگر عناصر، در تولید کودهای شیمیایی از اهمیت بالایی برخوردارند. بدون آنها، تهیه غذای هشت میلیارد جمعیت زمین، امکان پذیر نبود.

پرکننده ها، فیلترها، جادب ها (Filler, Filters, Absorbents)

کانیهای صنعتی خانواده کائولن، بنتونیت، کلسیت، تالک، پرلیت و زئولیت و برخی دیگر در صنایع کاغذ، لاستیک، پلاستیک و فیلترها و دیگر تسویه گر ها از اهمیت بالایی برخوردارند. ۳۰٪ کاغذی مورد استفاده از پرکننده ها ساخته شده است و لمس زیر و نرم آن بستگی به جنس پرکننده (فیلر) آن دارد. تحمل حرارت ناشی از اصطکاک لاستیک هواپیما در برخورد به باند فرودگاه، مدیون پرکننده (فیلری) است که در آن به کار رفته است.

نقش فیلترها و مواد جاذب در صنایع آرایشی، بهداشتی و تسویه روغن ها ی خوراکی، آب میوه ها، نوشیدنی ها، روغنهای موتور و صنایع دیگر، از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

گداز آورها (Fluxes)

نقش گداز آورهایی همچون فلدسپارهای پتاسیک و سدیک و فلوراسپار در تولید فرآوردهای صنعتی سرامیک و متالورژی در پایین آوردن درجه پخت و ذوب، باعث کاهش درجه پخت، کاهش سوخت مصرفی، افزایش عمر مفید کوره و کاهش زمان تولید می گردد که همگی باعث افزایش ارزش افزوده محصولات صنعتی می گردد.

ماسه های ریخته گری (Foundry Sands)

ماسه های ریخته گری نقش پراهمیتی در قالب گیری و تولید مصنوعات سرامیکی و متالورژیکی دارند.

گوهر سنگ ها (Gemstones)

گروهی از کانیهای صنعتی که دارای رنگ زیبا، زلالیت در رنگ، سختی بالا، سیستم بلوری (کریستالوگرافی) مناسب باشند، به عنوان گوهر سنگ هزاران سال است که توجه بشر را به خود جلب نموده اند. کشور ایران که از پتانسیل زمین شناسی بالایی در اکتشاف گوهر سنگها دارا می باشد.

مواد اولیه شیشه (Glass raw materials)

مواد اولیه معدنی چون سیلیکا، کربنات سدیم، کربنات کلسیم، فلدسپار، فلوئوریت و دیگر عناصر و کانیهای صنعتی مورد استفاده در صنایع تولید شیشه های بیرنگ و رنگین مورد استفاده در ساختمانها و شیشه های نوشیدنی تا ابرشیشه سرامیک های مقاوم امروزی مورد استفاده در صنایع فضایی و حتی شیشه های مقاوم در برابر گلوله، از اهمیت ویژه ای برخوردار است.

رنگدانه ها (Pigments)

عناصر و کانیهای که به عنوان رنگدانه در تولید سرامیک های با رنگ های دلپذیر مورد استفاده قرار می گیرند، از اهمیت زیادی برخوردار است.

دیرگذاها و یا نسوزها (Refractories)

به آن دسته از کانیهای صنعتی که قادر به تحمل حرارتهای بالاتر از 1500°C را دارند بدون اینکه از حالت جامد خارج شوند دیرگذا و یا نسوز می گویند که در پوشاندن لایه های داخلی کوره های پخت و ذوب به کار می روند. بدون کمک آنها، ذوب فلزات، تولید شیشه و ساخت سیمان، امکان پذیر نبود.

گلهای حفاری (Drilling Fluids)

کانیهای صنعتی عمدتاً بنتونیتی سدیک و باریت از مهمترین گلهای حفاری است که بدون آنها، دسترسی بشر به اعماق زمین جهت آب و نفت و گاز و معدن امکان پذیر نبود.

پس باید در کاربرد اهمیت کانیهای صنعتی، اندیشه ژرف داشت.

خسرو ابراهیمی





Occurrence of the gem mineral spinel in Manshad skarns (south of Yazd)

Shahrzad Sherafat

Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran

Mahnaz Khodami

Department of Geology, Faculty of Science, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

The Manshad skarn is exposed 40 km south of Yazd and on the western margin of the Central Iranian subcontinent in the granodiorite stock intercalation with Cretaceous carbonate units. In this skarn system, the mineral assemblage of wollastonite, clinopyroxene, spinel, clintonite, phlogopite, garnet, tremolite-actinolite, vesuvianite, epidote, calcite and quartz is seen. Spinel is one of the gem minerals of this skarn system, which is green, automorphic and isotropic and, based on the results of electron micrograph analysis, has a hercynite composition. Mineralogical studies and paragenetic relationships of minerals confirm the formation of the Manshad skarn through several stages of metamorphism. In the early stages of metamorphism, clinopyroxene was formed as a result of the intrusion of silica-rich solutions into the carbonate host rock, and then spinel formed independently or from acidic and cationic leaching of pyroxene, providing a source of aluminum for the formation of clintonite, phlogopite, garnet, and vesuvianite. The source of a skarn is a skarn of polygenetic origin.

Keywords: Spinel, Manshad skarn, south of Yazd, Hemberian metamorphism.

رخداد کانی گوهری اسپینل در اسکارن‌های منشاد (جنوب یزد)

شهزاد شرافت

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

sh_sherafat@pnu.ac.ir

مهناز خدابی

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه یزد، یزد، ایران

khodami_m@yazd.ac.ir

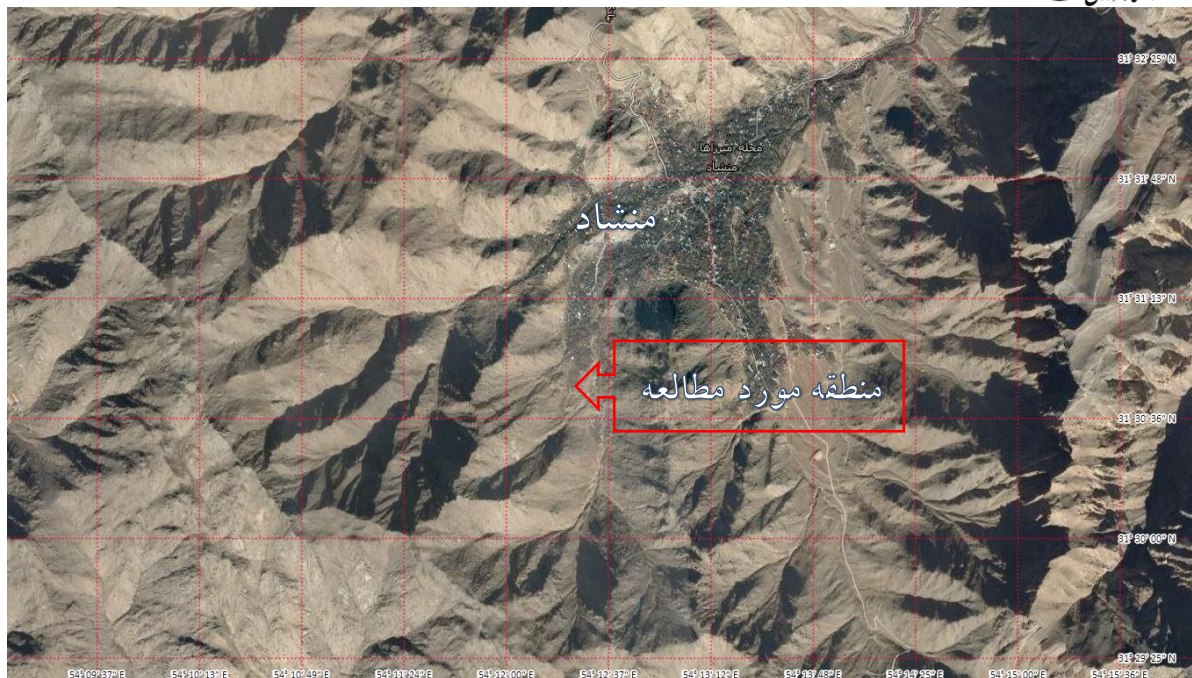
چکیده

اسکارن منشاد در ۴۰ کیلومتری جنوب یزد و حاشیه غربی خردقاره ایران مرکزی در همبری استوک گراندیوریتی با واحدهای کربناته کرتاسه رخنمون یافته است. در این سامانه اسکارنی همیافتی کانیاپی ولاستونیت، کلینوپیروکسن، اسپینل، کلینتونیوت، فلوگوپیت، گارنت، ترمولیت-اکتینولیت، وزوویانیت، اپیدوت، کلسیت و کوارتز دیده می‌شود. اسپینل از کانی‌های گوهری این سامانه اسکارنی است که سبز رنگ، خودشکل و همسانگرد بوده و بر اساس نتایج تجزیه ریزکاو الکترونی، دارای ترکیب هرسینیت است. بررسی‌های کانی‌شناسی و روابط پاراژنتیکی کانی‌ها، موید تکوین اسکارن منشاد طی چند گامه دگرگونی است. در مراحل ابتدایی دگرگونی، کلینوپیروکسن در نتیجه هجوم محلول‌های غنی از سیلیس به سنگ میزبان کربناته به وجود آمده و پس از آن اسپینل به‌طور مستقل و یا از شستشوی اسیدی و کاتیونی پیروکسن شکل گرفته و منبع آلومینیم برای پیدایش کلینتونیوت، فلوگوپیت، گارنت و وزوویانیت را فراهم آورده است. اسکارن منشاد یک اسکارن از خاستگاه چندزادی است.

واژه‌های کلیدی: اسپینل، اسکارن منشاد، جنوب یزد، دگرگونی همبری.

لعل یا اسپینل از کانی‌های اکسیدی با ترکیب شیمیایی $MgAl_2O_4$ است که در سیستم کوبیک متبلور شده و دارای هابیت کریستالی اکتاهدرال، دودکاهدرال یا کوبیک و شفاف تا نیمه شفاف است. جلای این کانی شیشه‌ای تا الماسی و درجه سختی آن ۸ است. کانی‌های گروه اسپینل دارای تنوع رنگی بوده و جایگزینی بخشی از منیزیم و آلومینیوم آن توسط عناصری مانند آهن، کروم، کبالت و روی، رنگ‌های مختلف را ایجاد می‌کند. اسپینل در انواع بی‌رنگ، زرد- نارنجی (روبیسل)، قهوه‌ای (پیکوتیت)، سیاه (پلئوناست)، سبز تیره (هرسینیت)، قرمز روشن (بالاس روبی)، آبی و آبی ارغوانی (گاهنو) یافت شده و مرغوب‌ترین رنگ آن قرمز یاقوتی و آبی تیره می‌باشد. شفافیت، سختی بالا و رنگ‌های جذاب سبب شده این کانی از دیرباز به عنوان جواهر مورد استفاده قرار گیرد. انواع اسپینل دارای پدیده ستاره‌ای، بسیار کمیاب و گرانبها هستند. اسپینل قرمز به دلیل شباهت زیاد به یاقوت، در گذشته با آن اشتباه گرفته می‌شده است. این کانی از دیرباز با یاقوت همراه بوده و همواره با آن اشتباه گرفته شده است.

منطقه مورد پژوهش واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب یزد و ۲۰ کیلومتری غرب مهریز، به طول‌های جغرافیایی $53^{\circ}10'$ تا $53^{\circ}30'$ شرقی و عرض جغرافیایی $31^{\circ}40'$ تا $32^{\circ}00'$ شمالی محدود شده است (شکل ۱). این منطقه در حاشیه غربی خردقاره ایران مرکزی و بخش جنوبی کوهستان شیرکوه واقع شده و کهن‌ترین رخنمون سنگی آن را پی سنگ باتولیتی شیرکوه به سن ژوراسیک میانی تشکیل می‌دهد که با دگرشیبی آذرین‌پی توسط سازند کنگلومرای- ماسه سنگی سنگستان به سن ژوراسیک بالا- کرتاسه زیرین پوشانده شده است (Aghanabati, 2004). بر روی سازند سنگستان، سنگ‌های آهکی- دولومیتی سازند تفت قرار گرفته‌اند. نفوذ توده‌های گرانودیوریتی پس از کرتاسه در امتداد زون گسلی تفت- منشاد به داخل سنگ‌های تخریبی- کربناته، سبب شکل‌گیری اسکارن‌ها و مرمرهای متعددی شده که توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است (Noorbehesht et al., 1996, Koohsari, 2001, Ghanei and Mackizadeh, 2011). معرفی رخداد و چگونگی تشکیل کانی گوهری اسپینل در اسکارن‌های یال شرقی کوهستان منشاد موضوع (Ghanbari et al., 2023). پژوهش حاضر می‌باشد.



شکل ۱- وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد نظر (برگرفته از گوگل ارث)

Fig. 1- Geomorphological status of the study area (derived from Google Earth)

مواد و روش‌ها

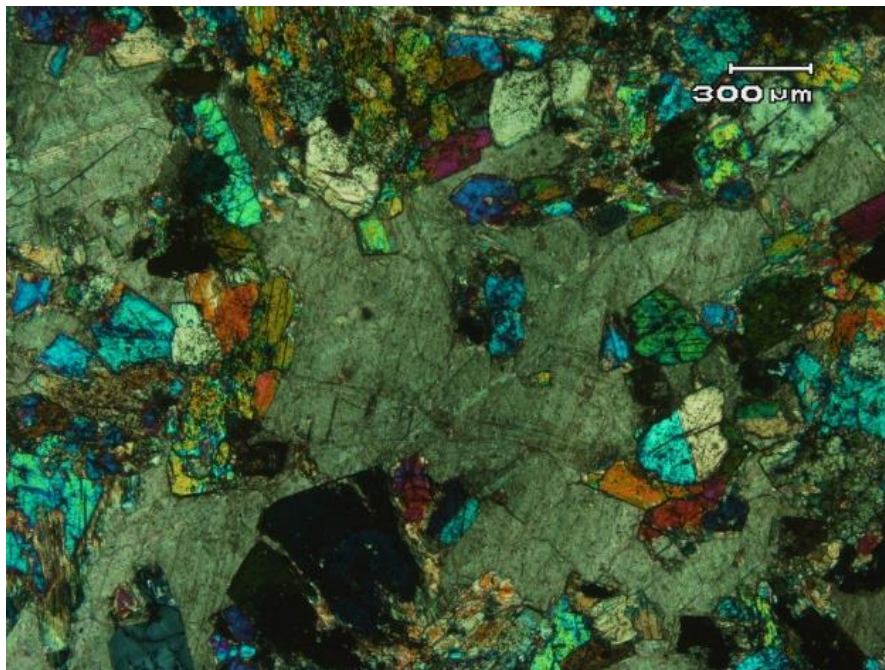
به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، پس از بررسی نقشه زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، پیمایش صحرایی انجام و از بین نمونه‌های برداشت شده، ۳۶ نمونه انتخاب و مقاطع نازک آنها با میکروسکوپ پلاریزان المپیوس مدل BX-2 مورد مطالعه قرار گرفت. پس از مطالعات سنگ‌نگاری، تعداد ۵ نمونه جهت تعیین ترکیب شیمیایی کانی‌ها انتخاب و توسط دستگاه JEOL مدل JXA-800 در دانشگاه کانازاواوی ژاپن با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ Kev و ۱۲ nA مورد بررسی قرار گرفت. بررسی شیمی کانی و محاسبه فرمول آن با صفحات گسترده انجام شد. مقاله حاضر حاصل تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌های حاصل از مطالعات صحرایی، سنگ‌نگاری و شیمی کانی است.

نتایج و بحث

نفوذ استوک دیوریتی پس از کرتاسه سبب رخداد دگرسانی گرمابی در گرانیتوئید شیرکوه و دگرگونی مجاورتی و تشکیل مجموعه هورنفلس و اسکارن منشاد شده است. هورنفلس‌ها حاصل دگرگونی ماسه‌سنگ‌های قاعده کرتاسه بوده و با گسترش محدود به شکل ستیخ‌های منفرد دیده می‌شوند. در منطقه منشاد توده‌ی آهکی مجزایی قابل مشاهده نبوده و زون اگزواسکارن گسترش چندانی ندارد (Javadi, 2018). در رخنمون‌های صحرایی، بخش‌هایی از اسکارن‌ها درون توده نفوذی دیوریتی شکل گرفته و به شکل برشی و شکافه پراکن دیده می‌شوند. رخنمون کم ضخامت اسکارن‌های کلینتونیت-وزوویانیت-گارنت دار تنها در یک نقطه و در مجاورت بلافصل توده نفوذی قابل رویت است.

بررسی‌های سنگ‌نگاری حضور مجموعه کانی‌های کلینوپیروکسن، اسپینل، کلسیت، فلوگوپیت، گارنت، وزوویانیت، ترمولیت-اکتینولیت، کلسیت و کوارتز در اسکارن‌های منشاد را نشان می‌دهد.

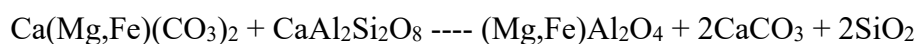
پیروکسن در برش نازک سنگ به صورت بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل در انواع مجتمع و متراکم با بافت گرانوبلاستیک هم‌بعد و یا جزیره‌ای در زمینه کلسیتی قابل مشاهده است (شکل ۲). بر اساس شیمی کانی، پیروکسن‌ها از نوع کلینوپیروکسن و متعلق به سری دیوپسید-هیدبرژیت می‌باشند. تشکیل کلینوپیروکسن در اسکارن‌ها به خرج دولومیت-کلسیت و در واکنش با بسته ساختاری پلاژیوکلاز در سیال رخ داده است.

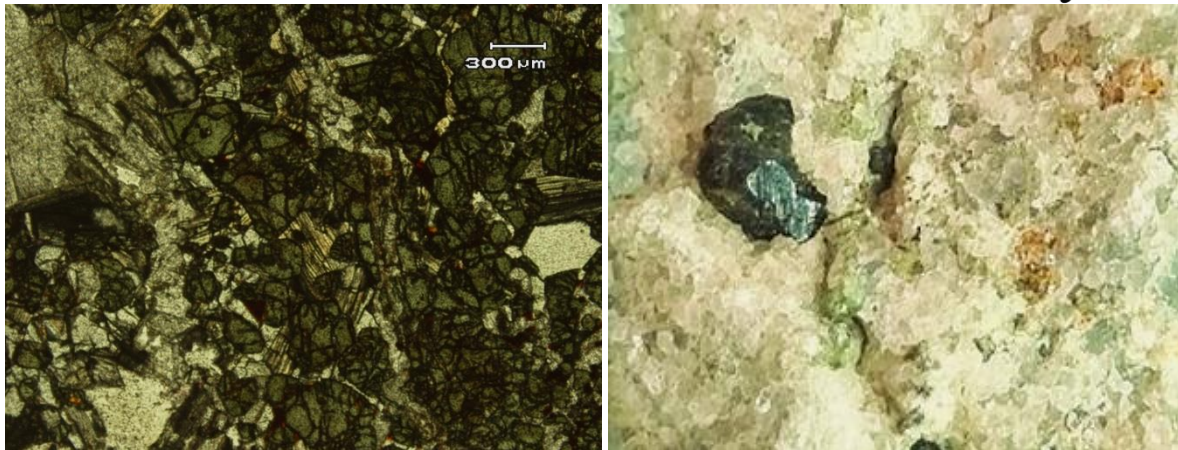


شکل ۲- پیدایش مستقل کلینوپیروکسن در زمینه کلسیتی، نور پلاریزه متقاطع

Fig. 2- Independent occurrence of clinopyroxene in a calcitic matrix, crossed-polarized light.

اسپینل به صورت توده‌ای و به‌ندرت دانه‌ای و به شکل بلورهای خودشکل تا نیمه شکل‌دار به رنگ‌های سبز زیتونی، سبز تیره تا سیاه دیده می‌شود (شکل ۳). این کانی در نور پلاریزه ایزوتروپ و سیاه رنگ است. شواهد میکروسکوپی حاکی از شکل‌گیری بخشی از اسپینل‌ها به شکل مستقل و در نتیجه تاثیر سازه آنورتیتی سیال ماگمایی بر دولومیت سنگ میزبان طی واکنش زیر است:

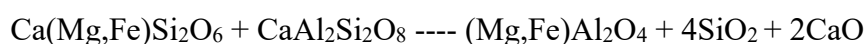




شکل ۳ - بلورهای سبزرنگ اسپینل در نمونه دستی (سمت راست) و برش نازک میکروسکوپی (سمت چپ)

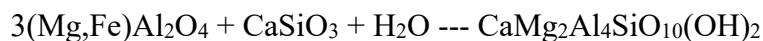
Fig. 3- Green spinel crystals in a hand specimen (right) and a microscopic thin section (left).

بخشی از اسپینل‌های سنگ به خرج کلینوپیروکسن به وجود آمده‌اند. در این صورت شکل ظاهری و بقایای رخ پیروکسن در اسپینل محفوظ مانده است. تشکیل اسپینل به خرج پیروکسن را می‌توان به شرح زیر بیان نمود :

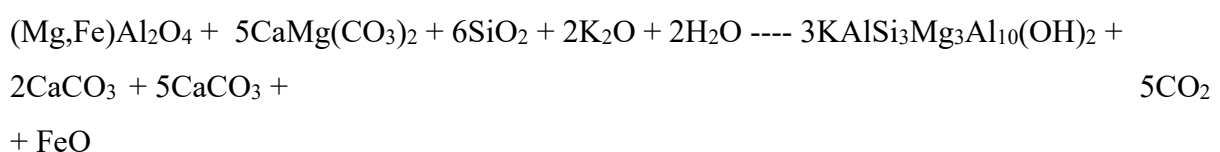


آنالیز مایکروپروب اسپینل‌های مورد بررسی، جانشینی قابل توجهی از آهن به جای منیزیم را نشان می‌دهد (جدول ۱). این اسپینل‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی آهن بوده و با توجه به جانشینی آهن به جای منیزیم می‌توان فرمول تقریبی آنها را به صورت $\text{Mg}_{0.912}\text{Fe}_{0.091}\text{Al}_{1.878}\text{O}_4$ نوشت.

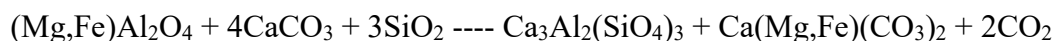
وجود بقایای اسپینل به شکل پوئی کیلوبلاست و تشکیل بافت حلقوی و هاله‌ای با کلینتونیت، بیانگر رابطه ناپایدار این دو کانی و حاکی از آنست که بلورهای کلینتونیت به خرج اسپینل شکل گرفته است. واکنش زیر شکل‌گیری تأخیری کلینتونیت به خرج اسپینل (و ولاستونیت) را بر اساس واکنش زیر نشان می‌دهد :



بلور اسپینل به صورت بازمانده‌هایی با حواشی تحلیل رفته داخل فلوگوپیت‌ها نیز دیده می‌شود. واکنش تبدیل اسپینل به فلوگوپیت را می‌توان بصورت زیر نوشت :



شواهدی از تحلیل رفتگی و تبدیل اسپینل به گارنت مشاهده می شود. واکنش احتمالی تشکیل گارنت به خرج اسپینل به شکل زیر است:



کانی وزوویانیت نیز اسپینل ها را مورد تهاجم قرار داده و دارای رابطه ناپایدار با اسپینل است. واکنش تبدیل اسپینل به وزوویانیت را می توان

بصورت زیر نوشت:



جدول ۱ - نتایج آنالیز نقطه ای اسپینل های منطقه منشاد به همراه محاسبه فرمول ساختاری آن

Table 1- Results of point analysis of spinels from the Manshad area, along with structural formula calculations.

Sample	263	264	265	266	267
SiO ₂	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01
TiO ₂	0.18	0.21	0.19	0.20	0.22
Al ₂ O ₃	64.42	64.21	64.53	64.48	64.66
FeO	9.90	10.10	9.98	9.95	9.93
MnO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
MgO	24.68	24.85	24.83	24.79	24.80
CaO	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Total	99.27	99.71	99.58	99.51	99.69
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	1.879	1.874	1.876	1.876	1.878
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe ³	0.114	0.000	0.117	0.116	0.113
Fe ²	0.091	0.180	0.089	0.090	0.092
Mn	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001
Mg	0.911	0.914	0.913	0.912	0.911
tot. cat.	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
tot. oxy.	4.000	4.183	4.000	4.000	4.000

نتیجه گیری

کانی اسپینل به شکل بلورهای دانه ای سبز رنگ در سنگ های دگرگونی مجاورتی منشاد به وجود آمده است. این کانی به شکل مستقل و یا از تاثیر سیالات گرمایی بر کلینوپیروکسن بوجود آمده و به عنوان بستری برای تشکیل سایر کانی های اسکارنی همانند کلینتونیت، فلوگوپیت، گارنت و وزوویانیت عمل نموده است. با توجه به حضور کانی های متعدد در اسکارن منشاد، می توان آن را یک اسکارن پلی ژنیک دانست که



در گامه‌های متفاوت شکل گرفته است. واکنش‌های اسکارن‌زایی با شکل‌گیری کلینوپیروکسن شروع شده و پس از آن با اسپینل، کلینتونیت، فلوگوپیت دنبال شده و در نهایت با تشکیل گارنت و وزوویانیت ادامه یافته است.

منابع

- Aghanabati. S.A., 2004, Geology of Iran, Geological Survey of Iran Publications, 640 p.
- Javadi, M.B., 2018, Petrology and Mineral Chemistry of Skarns in the Eastern part of Manshad Mountains (Southeast of Yazd), M.Sc. Thesis, Payame Noor University, Tehran, Iran.
- Ghanei Ardakanei, J. and Mackizadeh, M. A. (2011). Textural assemblage relationships between Clintonite-spinel-garnet in the Central Iranian skarns as evidence of clintonite genesis. *Petrological Journal*, 1(4), 65-72.
- Ghanbari, S., Ayati, F. and Ahankoub, M., 2023, Mineralogy, geochemistry and ore metal potential of the Baghi-Abad skarn deposit (south Taft), *New findings in applied Geology*, 17(33), 31-48.
- Kouhsari, A.H. 2001, Mineralogy of brucite bearing marbles, eastern margin of Shirkuh batholith (west of Vazd province). *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 9(2), 117-125.
- Noorbehesht, I., Mackizadeh, M.A. and Sherafat, S., 1996, Mineralogical Characterization of the Kuh-e-Dor Skarn with Emphasis on the Rare Mineral Clintonite, Shirkuh Mountains, Yazd. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 4(1), 37-46.



Survey of precious and semi-precious stones in Kerman Province

Mohammad Farahani¹, Hojat Haj Hassani ², Fatemeh Tavakoli³

¹ Yaqout Kavir Land Consulting Engineers Company

²Isfahan Regional Water Company

³Yaqout Kavir Land Consulting Engineers Company

Abstract:

Kerman province is located southeast of Iran and have Sanadaj – Sirjan, Uromieh – Dokhtar, central iran and Makran geology zone. Sanandaj – Sirjan have gemstone in metamorphic rocks, include types garnet, kordierite and andalusite in hornfels, shist and skarn. Uromieh – Dokhtar zone there is mineralization precious and semi-precious stone in metamorphic and igneous rock. Semiprecious mineralization in igneous rocks with silicification, andesite and granite origin, skarn metamorphic rocks whithin garnet. Semi-precious mineralization in central Iran zone, around of volcanic and intrusive igneous rocks and related hydrothermal activated. The northern part of Makran zone has ophiolite melanges rich in ultramafic rocks with precious and semi-precious minerals such as spinel, titanium, serpentine, olivine. Most of the gem stones of Kerman province are from the silica family (quartz, agate, jasper, etc.) in the vicinity and with the origin of andesites.

Keywords: Garnet, silice, Kerman.



بررسی سنگ های قیمتی و نیمه قیمتی در استان کرمان

محمد فراهانی^۱، دکتر حجت حاج حسنی^۲، فاطمه توکلی^۳.

۱- شرکت مهندسین مشاور زمین کاوان یاقوت کویر (Mohammadfarahani.geo@gmail.com).

۲- شرکت آب منطقه ای اصفهان (Hojat_ha@yahoo.com).

۳- شرکت مهندسین مشاور زمین کاوان یاقوت کویر (Fatemehtavakoli1000@gmail.com).

چکیده

استان کرمان در جنوب شرق ایران و از دیدگاه زمین شناسی در ۴ زون زمین شناسی ساختاری سنج - سیرجان، ارومیه - دختر، ایران مرکزی و مکران قرار دارد. زون سنج سیرجان در محدوده مورد مطالعه علاوه بر انواع ترکیبات سیلیسی گوهری در سنگ های دگرگونی، دارای انواع گارنت، کلدیریت، آندالوزیت در هونفلس ها، شسیت ها و اسکارنها می باشد. زون ساختاری ارومیه - دختر دارای کانی زایی قیمتی و نیمه قیمتی در سنگ های دگرگونی و آذرین می باشد. کانی زایی نیمه قیمتی در سنگ های آذرین به صورت ترکیبات سیلیسی و دارای منشا آندزیتی و گرانیتی و در سنگ های دگرگونی اسکارنی همراه با گارنت قابل بررسی می باشند. گوهرزایی در زون زمین شناسی ساختاری ایران مرکزی، اطراف توده های آذرین درونی و بیرونی ناشی از سیلیس زایی و فعالیت های گرمایی می باشد. بخش شمالی زون مکران دارای افیولیت ملائزهای غنی از سنگ های الترامافیک دارای کانی های قیمتی و نیمه قیمتی از قبیل اسپینل، تیتانیوم، سربانتین، الیون است. اغلب گوهر سنگ های استان کرمان از خانواده سیلیس (کوارتز، عقیق، جاسپر و...) در مجاورت و با منشاء آندزیت ها می باشند.

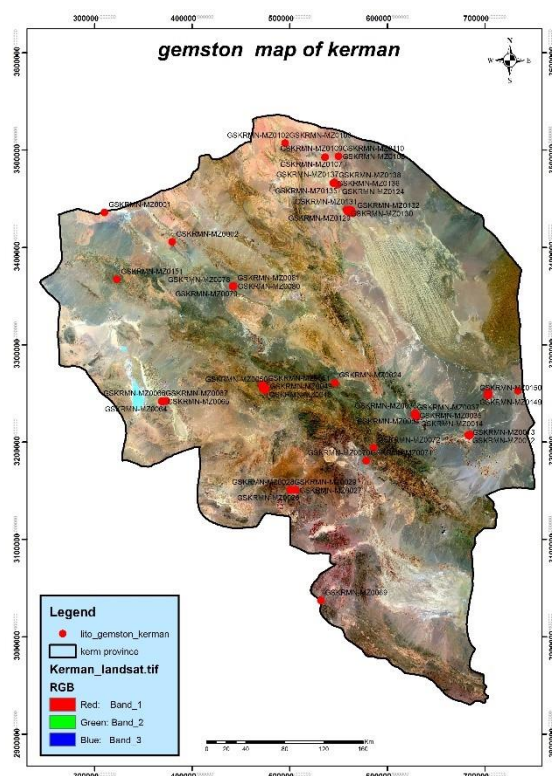
کلیدواژه: گارنت، سیلیس، کرمان

مقدمه

استان کرمان در جنوب شرق ایران قرار گرفته که از دیدگاه زمین شناسی، ساختاری، سنگ شناسی و ریخت شناسی بسیار تنوع دارد. نواحی شرقی این استان به پهنه های کویری بسیار گسترده ای محدود می شود که تا استان سیستان و بلوچستان ادامه دارد. نواحی مرکزی آن که مهمترین رشته های آن سلسله جبال بارز است. محدوده مورد مطالعه در دوران تکامل زمین شناسی از پرکامبرین تا عهد حاضر تنوع و پویایی سنگ شناسی و ساختاری بسیار زیادی داشته است.

زون سنج - سیرجان از نواحی غرب شهر بابک تا نزدیکی زون گسلی زندان در میناب و رشته کوه های آتشفشانی ارومیه دختر به صورت کمربندی با امتداد شمال غربی - جنوب شرقی از نزدیکی انار تا جنوب شرقی بم در آن امتداد می یابد. پلاتفرم پالئوزوئیک ایران مرکزی بخش عمده ای از شرق و شمال و شمال شرق این استان را پوشش داده است. در جنوب شرقی استان زون ساختاری مکران قابل مشاهده می باشد.

بخش اعظم کانی های قیمتی و نیمه قیمتی در سنگ های دگرگونی و آذرین تشکیل می شوند (مجیدی، ۱۳۸۸). یکی مناطق مستعد اکتشاف و بررسی سنگ های قیمتی و نیمه قیمتی در ایران زون دگرگونی سنج - سیرجان و زون آتشفشانی ارومیه - دختر می باشند و بخش عمده ای از زون های نامبرده در در محدوده مطالعاتی واقع شده اند (شکل ۱).



شکل ۱- نقشه نمونه برداری گوهر سنگ های استان کرمان

Figure 1- Gemstone sampling map of Kerman province

مواد و روش ها

تحقیق مورد نظر با هدف شناسایی استعدادهای بلقوه سنگ و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی استان کرمان در طی پیمایش کلیه ساختارها و واحدهای سنگ‌شناسی و زمین‌شناسی مستعد از جمله واحدهای آذرین، دگرگونی، رسوبی در کلیه زون‌های زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه انجام شده‌است. پس از تهیه نقشه‌های زمین‌شناسی، تصاویر ماهواره و مطالعه گزارش‌های اکتشافی، نقشه و گزارشات ژئوشیمی، کلیه اطلاعات پردازش گردید و مناطق دارای پتانسیل بالاتر انتخاب و منطقه‌بندی گردید، در مناطق منتخب مسیر پیمایش مشخص گردید. در بازدید صحرایی اولیه، نمونه کانی سنگین، ژئوشیمی سنگی و نمونه‌های اولیه جمع‌آوری شد و پس از تحلیل اطلاعات بدست آمده مرحله دوم پیمایش و بازدید صحرایی از مناطق کانی‌زایی صورت گرفت، نمونه‌های مناسب جمع‌آوری و پس از آماده‌سازی ضمن بررسی کیفیت فیزیکی آنها نمونه‌های سالم و باارزش جداسازی شده و جهت تهیه پلاک به آزمایشگاه گوهر تراشی گوهر نشان ارسال گردید و در این کارگاه برش، طراحی و تراش و صیقل شده‌اند (تصاویر منتخب از نمونه‌های راف و تراش خورده (شکل‌های ۷ تا ۲۷).



شکل ۳- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 3- Rough and polished sample



شکل ۲- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 2- Rough and polished sample



شکل ۵- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 5- Rough and polished sample



شکل ۴- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 4- Rough and polished sample



شکل ۷- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 7- Rough and polished sample



شکل ۶- نمونه راف و تراش خورده

Fig. 6- Rough and polished sample

نتایج و بحث

در این بخش زون‌های زمین‌شناسی استان کرمان که دارای پتانسیل سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی بوده و به تفکیک مورد مطالعه قرار گرفته‌اند بررسی می‌گردند.

زون سنندج - سیرجان: زون دگرگونی سنندج - سیرجان با امتداد شمال غرب - جنوب شرق به موازات زاگرس واقع شده است. این زون دارای کانی‌زایی گوهری در سنگ‌های دگرگونی به صورت انواع کوارتزها و ترکیبات سیلیسی به صورت پراکنده، می‌توان به انواع گارنت، کردیریت و آندالوزیت در هورنفلس‌ها در اطراف سیرجان و غرب شهر بابک، انواع گارنت و آندالوزیت در شیست‌های جنوب سیرجان (کوه خواجه)، گارنت‌های سبز دمانتوئید در اسکارن‌های سیخوران و باغ برج بافت و اشاره کرد.

هورنفلس‌های مورد مطالعه در غرب شهرستان شهر بابک با سن احتمالی مربوط به سیمیرین آغازی می‌باشد و فازهای کوهزایی کرتاسه‌ی بالایی و ترشیری باعث دگرگونی قهقرایی در این سنگ‌ها شده‌اند. این سنگ‌ها دارای رخساره‌ی آلبیت اپیدوت هورنفلس می‌باشند و سه فاز دگرگونی را متحمل شده‌اند. تنوع سنگ‌شناسی آن شامل هورنفلس، آندالوزیت - کردیریت - هورنفلس، کردیریت - هورنفلس، گارنت - هورنفلس، گارنت - آندالوزیت هورنفلس می‌باشد. مهمترین رویداد در تشکیل این سنگ‌ها جایگیری سنگ‌های توده نفوذی گرانیتوئیدی در اثر فرآیند‌های تکتونیکی می‌باشد. نتایج تحقیقات نشان دهنده مقدار Al_2O_3 و Si_2O در سنگ‌ها بالاست. این امر به دلیل وجود کانی‌هایی مانند آندالوزیت، کردیریت و گارنت در نمونه‌ها می‌باشد. آنومالی منفی Eu به دلیل کاهش میزان کانی پلاژیوکلاز در سنگ‌ها است. منشأ سنگ‌های نیمه‌قیمتی در هورنفلس‌های مورد مطالعه، رسوبی و از نوع شیل می‌باشد (شمسی، ۱۳۹۳).

سنگ‌های دگرگونی کوه خواجه در رخساره شیست سبز تا آمفیبولیت دگرگون شده است. بطور کلی گروه خواجه را میتوان به سه بخش عمده تقسیم کرد

۱. شیست‌ها و متابازیک‌های تحتانی که شامل مجموعه سریسیت شیست، اکتینولیت شیست، فیلیت، میکاشیست و متاگابرو است.
 ۲. فیلیت، کالک شیست و متادیا بازها که شامل بیوتیت شیست، سریسیت شیست، کلریت شیست، کالک شیست، اپیدوت اکتینولیت شیست و متابازیک است.
 ۳. مرمرها و دولومیت‌های مرمری که شامل مرمرهای نازک لایه تا متوسط لایه، دولومیت‌های خاکستری تا سیاه رنگ، آهک‌های متبلور شده و طبقات دولومیت متوسط لایه تا ضخیم لایه است. بخش شیست‌ها و متابازیک‌ها عموماً در رخساره شیست سبز دگرگون شده‌اند و واجد کلریت، مسکویت، سریسیت، آلبیت، گارنت بخصوص در نزدیکی توده‌های بازیک و گابروئیک می‌باشد. حضور گارنت در شیست‌های اطراف آمفیبولیت‌ها بیشتر می‌شود و گاهی مقدار گارنت و فراوانی آن آنقدر زیاد می‌شود که به سنگ می‌توان نام گارنتیت را اطلاق نمود. گرچه سن و ارتباط جانبی این گروه به خوبی واضح نیست لذا شواهد نشان می‌دهد که سن این مجموعه متعلق به پالئوزوئیک می‌باشد.
- گارنت‌های بخش انتهایی و جنوب شرق زون سنندج - سیرجان در اسکارن‌های روستاهای باغ برج و سیخوران قابل بررسی می‌باشند. این گارنت‌ها به رنگ سبز و از نوع دمانتوئید بوده و حاصل نفوذ توده‌های الترامافیک با واحدهای آهکی منطقه می‌باشد. (تصویر شماره)

زون ارومیه - دختر:

ارومیه - دختر دارای سنگ و کانی‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی در ۲ نوع متفاوت سنگ‌های دگرگونی و آذرین می‌باشد.

تشکیل در سنگ‌های آذرین از نوع گرانیت و آندزیت ناشی از سیلیس‌زایی و فعالیت‌های گرمایی که شامل کوارتز دودی، عقیق، ژئودهای کوارتز و در سنگ‌های آذرین از نوع ژئودهای کوارتز، انواع عقیق (نباتی، قرمز، سفید و...) و کوارتز دودی و کانی‌های با ترکیبات مس در معادن مس منطقه مورد مطالعه قابل بررسی می‌باشد. گوهرزایی در سنگ‌های دگرگونی ارومیه - دختر بر اثر برخورد توده‌های آذرین درونی (گرانیتوئید) با سنگ‌های رسوبی اغلب با ترکیب آهکی مانند کوه گبری (رفسنجان) و هرازان (بافت) تشکیل کانی‌های گوهری از خانواده سیلیس و گارنت نموده است.

در محدوده روستاهای بخش نوق رفسنجان رگه‌های جاسپر در مجاورت آندزیت‌ها بیانگر وفور آهن در آندزیت‌ها و فوگاسیته بالا اکسیژن در فعالیت گرمایی منطقه می‌باشد.

در محدوده شهرستان بم واقع در بخش شمالی و شرقی بم انواع عقیق (نباتی، قرمز، سفید و...) و کوارتز دودی قابل مشاهده است. عقیق زایی و ترکیبات سیلیسی نیمه قیمتی در شرق بم حاصل برخورد ماگما ریولیتی با ماگما آندزیتی در منطقه می باشد. در برداشت های صحرایی و تصاویر ارائه شده در مرز برخورد بین این ۲ توده ولکانیکی، زایش سنگ های نیمه قیمتی با ترکیبات متنوع سیلیس قابل بررسی می باشد (شکل ۸).



شکل ۸- نمایی از رگه های عقیق در منطقه بم کرمان

Fig. 8- View of agate veins in the Bam region of Kerman

یکی از ذخایر بزرگ مس دنیا در زون ارومیه دختر و در واحد ماگمایی این زون قرار دارد. در طی بازدید صحرایی از معادن فعال منطقه مانند دره زا (شکل ۹ و ۱۰) و میدوک، کانه زایی متنوع مس پورفیری منطقه گاها سبب تشکیل کانی های نیمه قیمتی با ترکیبات مس از قبیل کریزوکولا، مالاکیت و آزوریت می باشد. در بازار سنگ های قیمتی ایران اخیرا فیروزه های کرمان مبادله می گردد، البته معادن مس محدوده از نوع پورفیری می باشند و فیروزه مس فسفات آبدار است که در معادن پورفیری تشکیل نمی گردد. برابر بررسی های به عمل آمده نمونه های شبه فیروزه، کریزوکولا می باشند.



شکل ۹- نمایی کلی از معدن مس دره زا

Fig. 9- General view of the Darreza copper mine

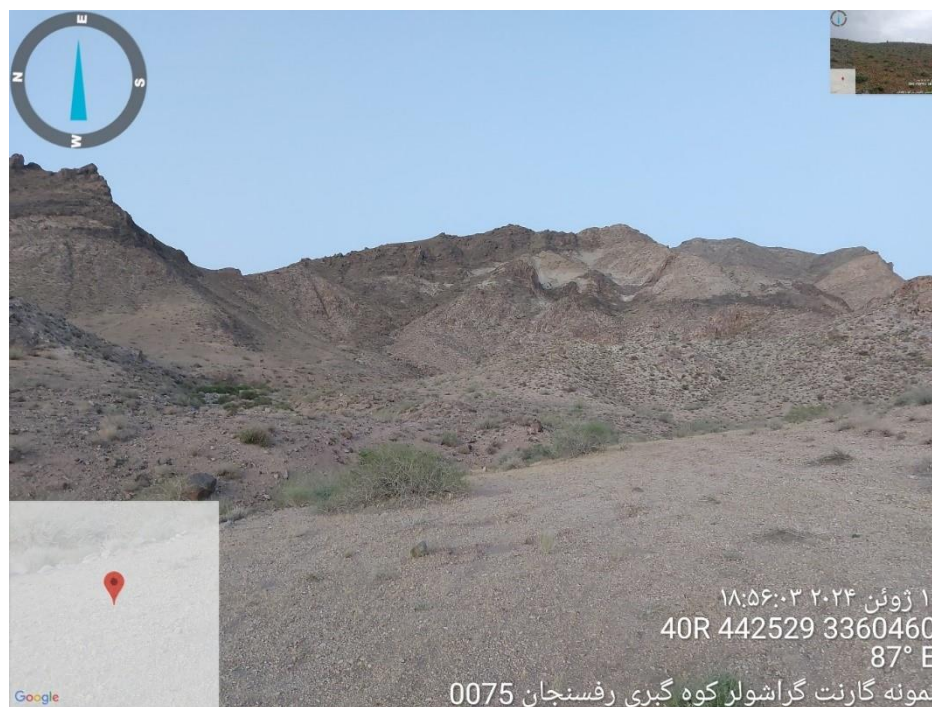


شکل ۱۰- کانی کالکانتیت در محدوده مس دره زا

Fig. 10- Calcantite mineral in the Darezha copper range

کوه‌گیری در فاصله ۴۰ کیلومتری شرق رفسنجان (۷۰ کیلومتری جاده کرمان - رفسنجان) و به فاصله ۱ کیلومتری شمال دهکده ده‌پناه قرار دارد. استوک کوچک گرانیتی لوکوکرات منطقه با سن احتمالی ائوسن - الیگوسن با نفوذ در سنگ‌های آهکی کرتاسه فوقانی و کنگلومرای پلی ژنتیک پالئوسن زیرین باعث ایجاد یک مجموعه اسکارن کلسیک - آهن دار شده است. علاوه بر گارنت ها گلو سولار، آلماندن و کانی های دگرگونی موجود در اسکارن ها می توان به انواع کوارتز های زیبا با رنگ و تنوع بی نظیر در اطراف توده گرانیتوئیدی و هاله دگرگونی اشاره کرد (ایزدی، ۱۳۹۱). اسکارن زایی در مراحل پیشرونده و پسرونده به شکل توده ای و رگه ای در منطقه مشاهده می شود. در نمونه های برداشت شده از اسکارن، کانی های گارنت، دیوپسید، ولاستونیت، کلریت، کلسیت، ایدوکراز و اپیدوت حضور دارند (شکل ۱۱ و ۱۲). نسل اول از گارنت، ولاستونیت و دیوپسید طی دگرگونی پیش رونده تشکیل شده اند. اپیدوت، کلریت، گارنت در نسل دوم و گارنت و ایدوکراز طی دگرگونی برگشتی اسکارن، به علت افزایش فشار بخار آب، متبلور شده اند. حضور اپیدوت و آندرادیت، نشان دهنده ی فوگاسیته ی بالای اکسیژن در زمان تشکیل اسکارن بوده است علاوه بر کانی های متداول اسکارن، کانی های متداول مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت و فلوئوریت

همراه مجموعه کانیایی اسکارن یافت می گردند. کانسارسازی اسکارن در اثر ورود توده گرانیتی با ترکیب کالکوالکانی تحت دمای ۷۵۰ تا ۴۰۰ درجه سانتیگراد و در فشار تقریباً ۲ کیلو بار در سنگ های آهکی و کنگلومرایی رخ داده است. بر اساس نوع سنگی که اسکارن جانشین آن می شود، اسکارن منطقه مورد مطالعه از نوع برون اسکارن و بر اساس ترکیب شیمیایی، از نوع اسکارن کلسیکی است. با توجه به حضور دیوپسید و ولاستونیت، احتمالاً سنگ اولیه ی اسکارن، سنگ آهک مختصری دولومیتی بوده است (شکل ۱۳). (ایزدی، ۱۳۹۱)



شکل ۱۱- نمای نزدیک از کانی‌زایی اسکارن و گارنت گراسولار در کوه گیری رفسنجان

Fig. 11- Close-up view of skarn and grossular garnet mineralization in Mount Gabari, Rafsanjan



شکل ۱۲- نمایی از زون اسکارن کوه گیری رفسنجان

Fig. 12- View of the skarn zone of Rafsanjan's Kooghbari Mountains



شکل ۱۳- نمایی از زگه های سیلیسی کوه گیری رفسنجان

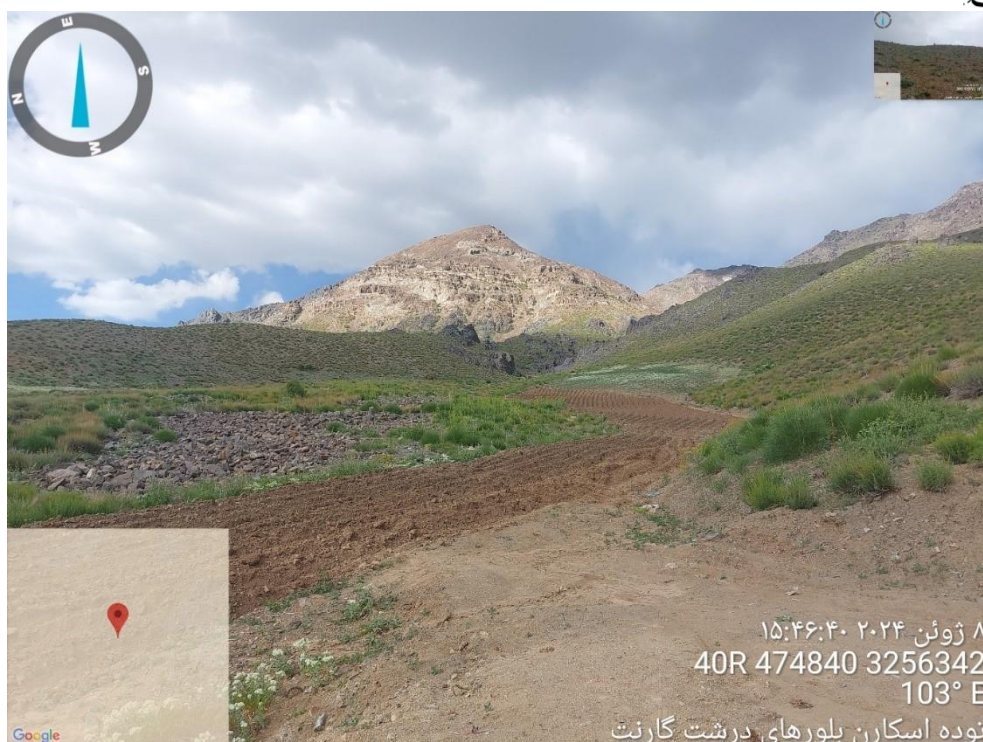
Fig. 13- A view of the silica rocks of Mount Gebri, Rafsanjan.

اسکارن های هراران ناشی از نفوذ توده گرانیتوئیدی در آهک های منطقه می باشد که تشکیل گارنت های از نوع هیسونیت نموده است. بررسی ترمودینامیکی بیوتیت های منطقه دمای تشکیل گرانیت را بین ۶۸۰ تا ۷۸۰ درجه سانتیگراد و فشار را کمتر از دو کیلو بار (۱ تا ۷ کیلو بار) نشان می دهد (دهقانی، ۱۴۰۲) (شکل ۱۴ و ۱۵).



شکل ۱۴- نمایی نزدیک از بلورهای گارنت عسلی (هیسونیت) هراران

Fig. 14- Close-up view of Hararan honey garnet (hyssonite) crystals



شکل ۱۵- نمایی از توده اسکارن هرازان

Fig. 15- View of the Hararan skarn massif

ایران مرکزی:

ذخایر عقیق در ایران مرکزی در سنگ‌های آتشفشانی با سن الیگوسن یافت می‌شوند و تمام آنها از محلول‌های اسیدی غنی از سیلیسیم در درون حفرات ته نشین شده‌اند و بدین صورت اشکال آمیگدال تا ژئود مانند در سطح زمین به وفور یافت می‌شوند که از لایه‌هایی با رنگ‌های گوناگون از جمله عقیق‌های سلیمانی تشکیل شده‌است در حالی که تعدادی دیگر در مرکز خود دارای حفراتی می‌باشند که بعنوان کلسدونی می‌توان از آنها نام برد.

لایه‌بندی در ساختارهای عقیق به دلیل تناوب ته‌شینی لایه‌های سیلیس می‌باشد که می‌توان به دوره‌های متناوب محلول‌های هیدروترمال نسبت داد. ذخایر و اندیس‌های معدنی عقیق ایران عمدتاً در نیمه شمالی کشور و مرزهای شرقی در نواحی تربت‌حیدریه، فردوس و شرق کرمان تا مرکز ایران در نواحی اصفهان، قم و در نهایت در شمال غرب ایران در ناحیه میانه گسترش یافته‌اند.

گندم بریان که جزء مناطق شرق کرمان است و دارای ذخایر عقیق می‌باشد، پوشیده از سنگ‌ها و گدازه‌های بازالتی سیاه‌رنگ آتشفشانی است و همین پوشش سیاه آتشفشانی موجب بالا رفتن شدید گرما در این منطقه می‌شود. این منطقه پست‌ترین منطقه داخلی کشور ایران نیز محسوب می‌شود و این موضوع نیز از دیگر دلایل گرمای شدید آن است. گندم بریان در منطقه‌ای به طول ۲۰۰ کیلومتر و عرض ۱۵۰ کیلومتر قرار گرفته است.

تپه‌های گندم بریان نیز ۴۸ کیلومتر طول، ۱۰ کیلومتر عرض و ۴۸۰ کیلومتر مساحت دارد (شکل ۱۶). این محوطه در ۸۰ کیلومتری شرق راور و ۸۰ کیلومتری شمال شهداد و ۳۰۰ متر بالاتر از سطح دریا قرار دارد. بخش شمالی گندم‌بریان با دشت‌های پیرامونش همسطح می‌شود و تنها خاک سیاه رنگش (گدار باروت) سبب می‌شود که به اشتباه آن را همسطح تپه‌های گندم بریان تصور کنیم. وجود دشت عقیق با تنوعی از عقیق‌هایی به رنگ سفید، زرد و آبی همراه با تکه‌هایی از جاسپرهای قرمز و زرد بر روی دشت پهناور بخوبی قابل مشاهده می‌باشد.



شکل ۱۶- تصویر دشت عقیق گندم بریان

Fig. 16- Picture of the plain of agate, wheat and berian

زون مکران در در بخش جنوب شرقی استان کرمان و در مجاورت استان‌های هرمزگان، سیستان و بلوچستان در مجاورت شهرستان‌های کهنوج و منوجان زون مکران قابل مشاهده است. بخش شمالی زون مکران دارای افیولیت ملانژهای غنی از سنگ‌های الترامافیک و دگرگونی می‌باشد. سنگ‌های الترامافیک منطقه دارای کانی و سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی از جمله اسپینل، سرپانتین، الیون (فورستریت- فایالیت) تیتانیوم می‌باشند که در اندازه‌های مناسب برای گوهر مورد استفاده قرار می‌گیرند. علاوه بر موارد بالا گارنت‌های یوآرویت در اسکارن منطقه فاریاب کهنوج قابل بررسی می‌باشند. گارنت‌های مورد نظر در دگرگونی‌های کمپلکس بجگان واقع شده‌اند و در اثر نفوذ سنگ‌های الترامافیک منطقه خصوصاً دونیت‌های غنی از کروم با واحدهای آهکی و تبادل یونی عناصر سازگار الترامافیک‌ها از جمله کروم و کلسیم می‌باشد. البته در این زون، کمپلکس‌های دگرگونی بجگان و مختاران انواع گارنت‌های آماندین، اسپسارتیت، پیروپ در شیبست‌ها بلخصوص آمفیبول شیبست‌ها قابل بررسی است. همچنین در مرز استان هرمزگان و کرمان شهرستان‌های رودان و منوجان وجود کانی‌های رودونیت صورتی رنگ همراه با کانی‌های منگنزدار قابل رویت و بررسی می‌باشند.

نتیجه‌گیری

در کلیه زون‌های زمین‌شناسی استان کرمان سنگ و کانی‌های قیمتی پراکنده می‌باشند که غالباً در ارتباط با فعالیت‌های دگرگونی و هیدروترمال می‌باشند. لازم به ذکر است که بسیاری از کانی‌های قیمتی مانند زیرکن، تورمالین و ... در نمونه‌گیری کانی‌شناسایی شده‌اند که اندازه آنها بسیار ریز بوده و در اندازه گوهر سنگ قابل استفاده و تراش نمی‌باشند.

اغلب گوهر سنگ‌های نیمه‌قیمتی استان کرمان از خانواده سیلیس (کوارتز، عقیق، جاسپر و...) در مجاورت و با منشاء آندزیت‌ها می‌باشند. آندزیت‌ها به دلیل بالا بودن سیلیس در ترکیب فلدسپار و کانی‌های مافیک آبدار (بیوتیت، آمفیبول و...) منشاء مناسبی جهت تشکیل رگه و ژئودهای سیلیسی در هنگام فعالیت‌های گرمایی می‌باشند.

مجیدی، ر، ۱۳۸۸، اطلس جامع گوهر شناسی، انتشارات کسما، ۱۶۰ صفحه.

محبوبه شمسی، ستاد راهنما عباس مرادیان حمید احمدی پور، بررسی پتروگرافی، ژئوشیمی و پتروژنز هورنفلس های غرب شهر بابک. پایان نامه. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه شهید باهنر کرمان - دانشکده علوم (۱۳۹۳).

مهدی ایزدی. استاد راهنما بیژن اعتمادی مجید هاشمی تنگستانی بتول تقی پور، ژئوشیمی و کانی شناسی زون های اسکارنی در هاله دگرگونی کوه گبری رفسنجان. پایان نامه. وزارت علوم، تحقیقات و فناوری - دانشگاه شیراز - پژوهشکده علوم. نویسنده . سال انتشار ۱۳۹۱

سلیمه دهقانی دشتابی، محمد رهگشای، شهریار محمودی، زمین شیمی بیوتیت و شرایط تشکیل آن در گرانیتوئید هرازان. مجله بلور و کانی شناسی ایران، سال سی و یکم، شماره چهارم، زمستان، ۱۴۰۲، صفحه ۷۹۱ تا ۷۰۸



Evaluation of gemstones in Taft County from the perspective of gemology and gem cutting

Javad Ghanei Ardakan

Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences,

Payam Noor University, Tehran, Iran

Abstract

The art of gemology and gem cutting is highly appreciated and appreciated today and has become a lucrative career for geology graduates and other people of all levels of education. Taft County, located 20 kilometers west of Yazd, is rich in gemstones due to the intrusion of Shirkuh, Ali Abad, Khezr Abad and Adar Bolandan granite masses into the sedimentary rocks of the region, especially the Cretaceous limestone formations of the Taft Formation, along with volcanic formations. It is one of the areas with potential for precious and semi-precious gemstones in Yazd Province.

Keywords: Evaluation, Gemology, Gem Cutting, Taft, Shirkuh

ارزیابی گوهرسنگ‌های شهرستان تفت از دیدگاه گوهرشناسی و گوهرتراشی

جوادقانع اردکان

استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

ghaneijavad@pnu.ac.ir

چکیده

هنرگوهرشناسی و گوهرتراشی، امروزه به شدت مورد استقبال و توجه قرار گرفته و به شغلی پر درآمد برای فارغ التحصیلان رشته زمین شناسی و افراد دیگر با هر سطح سواد درآمده است. شهرستان تفت واقع در ۲۰ کیلومتری غرب یزد با تنوع گوهرسنگها که در اثر نفوذ توده‌های گرانیته شیرکوه، علی‌آباد، خضرآباد و آدربلندان در سنگ‌های رسوبی منطقه به ویژه تشکیلات آهکی کرتاسه سازند تفت به همراه تشکیلات آتشفشانی از جمله مناطق دارای پتانسیل گوهرسنگ‌های قیمتی و نیمه قیمتی در استان یزد می‌باشد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، گوهرشناسی، گوهرتراشی، تفت، شیرکوه

مقدمه

استان یزد بخشی از ورقه بزرگ ایران مرکزی است که در نتیجه عملکرد گسل‌های خمیده با تحدب به سمت غرب، به چندین بلوک جدا با ویژگی‌های متفاوت تقسیم شده که به همین علت ویژگی‌های زمین‌شناسی و ساختمانی استان در همه جا یکسان نیست. در حد فاصل یزد-دهشیر رخنمون‌های گسترده‌ای از سنگ‌های آتشفشانی از نوع آندزیت و سنگ آئوسن وجود دارد که در روند شمال غرب- جنوب شرق از استان یزد عبور می‌کند.

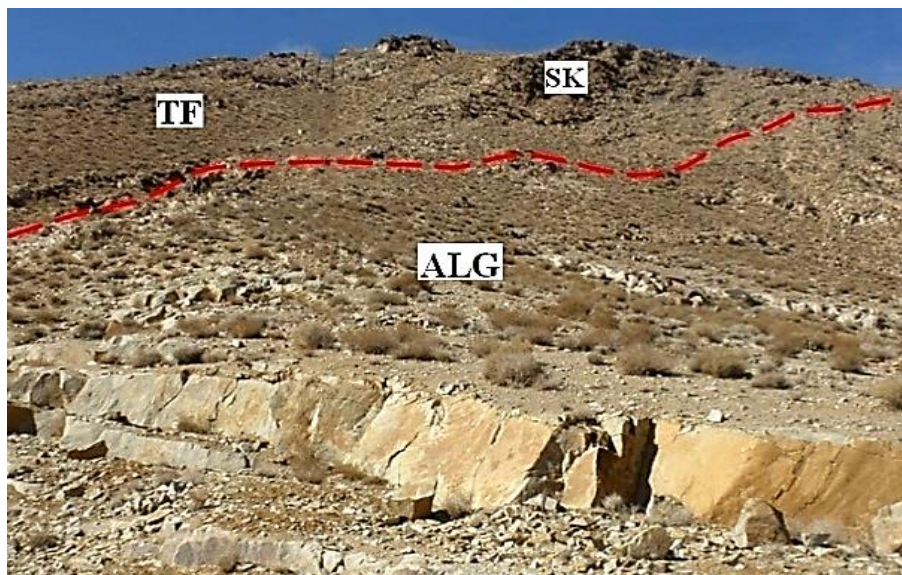
بخش قابل توجهی از ارتفاعات و رخنمون منطقه از تشکیلات رسوبی کرتاسه تشکیل شده که تحت عنوان سازند تفت معرفی می‌شود. به‌طور کلی لیتولوژی سازند تفت شامل سنگ آهک‌های نازک لایه تا ضخیم لایه و گاهی توده‌ای شکل به رنگ خاکستری بوده که به فراوانی دارای اریتولین و ماکروفسیل می‌باشد. سازند تفت به‌طور هم‌شیب و تدریجی روی سازند سنگستان قرار می‌گیرد. با توجه به مجموعه میکروفسیل‌های به دست آمده از سنگ آهک‌های تفت، سن این سازند باریمن تا آپسین در نظر گرفته می‌شود (شکل ۱).

نفوذ گرانیته‌ی علی‌آباد در آهک‌های سازند تفت به سن کرتاسه در مجاورت روستای حسن‌آباد منجر به اسکارن‌زایی و کانه‌زایی آهن و مس گردیده‌است. نفوذ این توده در شیل و ماسه‌سنگ سازند نایبند به سن تریاس بالایی باعث تشکیل هورنفلس متشکل از کانی‌های کردیریت، بیوتیت، اپیدوت و کوارتز و همچنین دگرسانی‌های هیدروترمال در سنگ‌های رسوبی- آتشفشانی آئوسن در اطراف روستای علی‌آباد

شده‌است (Ghanei ardakani, 2014).

روش تحقیق

با بررسی نقشه های زمین شناسی پوششی استان یزد، لایه های اطلاعاتی بدست آمده با یکدیگر تلفیق گردید و با در نظر گرفتن اولویت های زمین شناسی برای پیدایش کانی های قیمتی و نیمه قیمتی هفت منطقه اولویت دار در محدوده شهرستان تفت انتخاب شدند که مجموع مساحت آنها به ۲۰ کیلومترمربع می رسد. در بازدید عملیات صحرایی، تعیین محل های مناسب برای عملیات حفر ترانشه و چاهک و کار نمونه برداری انجام گردید؛ البته برخی از مناطقی بازدید صحرایی انجام نشده است که به دلیل ذخیره بسیار کم گوهرسنگ و یا ظاهراً فاقد آن بوده و یا مالکین معدن اجازه بازدید و برداشت نمونه را به ما نداده و از لیست مناطق امید بخش خارج شده و از اینرو فقط تعداد هفت منطقه در شهرستان تفت از دیدگاه محدوده جویی سنگ های قیمتی و نیمه قیمتی به عنوان پتانسیل دار شناسایی شدند.



شکل ۱) ارتباط توده گرانیته‌ی علی‌آباد (ALG) با آهک کرتاسه سازند تفت (TF) (در جنوب علی‌آباد)

Fig. 1-Relationship of Aliabad granitoid mass (ALG) with Cretaceous limestone of Taft Formation (TF) (south of Aliabad)

گوهرشناسی و گوهرتراشی گوهرسنگ های تفت

۱- در کوهی و گارنت دره منشاد: این محدوده در ارتفاعات ۲۴۰۰ متری شیرکوه و در ۱۲۰۰ متری جنوب غربی روستای منشاد قرار گرفته است. در محدوده‌ای که از دیرباز به تپه در شهرت دارد، برونزدی از یک پگماتیت به چشم می خورد که علاوه بر فلدسپات، بلورهای سیاه رنگ تورمالین و کوارتزهای درشت می باشد که در داخل حفرات و فضاهای خالی رشد کرده اند. برخی از این بلورهای حاوی انکلوزیون هایی از روتیل، اکتینولیت و کلریت هستند.

بر اساس مطالعات پتروگرافی گارنت ها همگی همسانگرد، بی شکل و بی رنگ تا کمی رنگی (زرد عسلی) هستند. گارنت علاوه بر پیدایش مستقل در زمینه کلسیتی به خرج دیوپسید نیز شکل گرفته است. در بخشی از کوه دور اسکارن های گارنت دار در رخنمون صحرایی درون توده نفوذی گسترش یافته اند. گارنت های شکلاتی رنگ درشت دانه تنها نمود جالب صحرایی این اسکارن ها هستند که نظرها را به خود جلب می کند. این گارنت ها از دیر باز موضوع بهره برداری معدنی بوده اند. کیفیت نمونه های کوارتز شیری از نظر فشردگی و رنگ و نیز حضور بلورهای درشت دور کوهی در کنار حجم دخیره، این منطقه از نظر اکتشاف و استخراج بلورهای کوارتز با کیفیت گوه رشناسی حائز اهمیت می سازد.

جهت اطلاع از ویژگی های گوه رشناسی چند نمونه به گارگاه و آزمایشگاه گوه رشناسی کرج ارسال شد و نظر گوه رتراش در خصوص فرآوری آنها این گونه اظهار نظر نمودند که نمونه ها فاقد درز و ترک و یکپارچه هستند، رنگ سفید و بدون ناخالصی است. آبدار با پولیش پذیری خوب و مناسب برای کارهای فانتزی چون با هر رنگ نگینی که بر روی آن کار گذاشته شود، مناسب است. همچنین برای تامبلر شدن هم مناسب می باشد و می توان به عنوان مثال برای تهیه دستبند، گوشواره و یا گردنبند استفاده شود.

۲- گارنت، اپیدوت و کوارتز نصرآباد: این محدوده در جنوب غربی یزد و جنوب شرقی روستای گلویک نصرآباد قرار دارد. گرانودیوریت آدربلندان با سن بعد از کرتاسه و متعاقب فاز کوهزایی لارامید در میان واحدهای کربناته کرتاسه جایگزین شده است. ترکیب کانی شناسی این توده نفوذی که بیشتر با گرانودیوریت مطابقت دارد از پلاژیوکلاز با ساخت منطقه ای، بیوتیت و آمفیبول و نیز فلدسپات آلکال تشکیل شده است.

۳- وزویانیت و مرمر سبزگردنه دهشیر: زمین شناسی این محدوده که در امتداد زون گسله دهشیر واقع شده و بشدت متأثر از عملکرد این گسل و گسل های نرمال و رورانده واقع در شمال آن با روند شمال غربی- جنوب شرقی است. عملکرد فاز کوهزایی پیرنه موجب شده تا ضمن بالا آمدن منطقه و نبود رسوبگذاری از ائوسن بالا تا میوسن، گسل نتیجه عملکرد در با سن پلیوسن کرمان کنگومرای های تراستی توران پشت و در ادامه آن تراست شواز، به روی آهک های کرتاسه رانده شدند. این گدازه ها از نظر حضور انواع آگات و ژاسب که می توانند در فازهای پایانی فعالیت آتشفشانی تشکیل شود، دارای پتانسیل پی جویی است.

تراورتن ها در نقاط مناسب با رنگ های سفید، گردویی و سبزی شمی استخراج می شوند. مهمترین پیدایش های تراورتن سبزی شمی که می تواند کاربردی مهمه قیمتی نیز داشته باشد، معادن توران پشت و بورق هستند که به ترتیب در شرق و غرب گردنه دهشیر واقع شده اند. این دو معدن از سالیان گذشته تولیدکننده نوعی تراورتن فشرده و بدون تخلخل (مرمریت) سبزی شمی هستند. نمونه های حاصل از این دو معدن که برای آزمون تراش و پرداخت به کارگاه تراش ارسال شدند، نتایج خوبی را هم در زمینه پیکر تراشی و هم درحکاکی به همراه داشت. با توجه به رنگ یشمی مرغوب این سنگ تهیه اقلام زینتی از آن می تواند در بازارهای جنوب شرق آسیا که یشم را سنگی مقدس و باارزش می شمارند، از استقبال خوبی برخوردار باشد.

در مسیر گردنه دهشیر حد فاصل دره زرشک و دامک علی‌آباد پیدایشی از وزوینیت‌های سبز-زرد در داخل آهک‌های مرمری شده مشاهده گردید که در محدوده وسیعی کانی‌سازی آهن و مس را همراهی می‌کند و به نظر می‌رسد بخشی از یک کانی‌سازی اسکارن مس-آهن باشد.

۴- تورمالین، بریل عقاب‌کوه اسلامی: این محدوده در شرق روستای اسلامی و در ۱۰ کیلومتری جنوب غربی تفت، جنوب ارتفاعات موسوم به عقاب‌کوه واقع شده است. توالی فوق سیکل پیشروی دریای کرتاسه را پس از کوهزایی سیمرین به نمایش می‌گذارد که آغاز آن با یک کنگلومرای پیش روی است. عملکر طبیعی فرسایش روی آهک‌های سازند تفت منجر به تشکیل یکی از زیباترین مناظر طبیعی این ناحیه در صخره‌ای موسوم به عقاب‌کوه شده است. در جنوب غربی این کوه و در حد فاصل آن با معدن گرانیات رخنمون محدودی از هاله دگرگونی مجاورتی شیرکوه مشاهده می‌شود. با توجه به مطالعات پتروگرافی و آنالیز شیمیایی XRD این رگه پگماتیستی از کانی‌های آل بیت، اورتوز، مسکوویت و تورمالین‌های سیاه‌رنگ تشکیل شده است.

۵- گارنت و وزوینیت دامک علی‌آباد: این گوه‌رسنگها در روستایی دامک علی‌آباد در حد فاصل بین دره زرشک-تفت و در جاده تفت-دهشیر واقع شده است. (شکل ۲).

رخداد وزوینیت در آخرین گامه به‌عنوان یک کانی متاسوماتیک به خرج همیافتی‌های کانیایی غنی از Al_2O_3 و SiO_2 اتفاق افتاده است. در برخی موارد ورود SiO_2 همراه سیالات غنی از H_2O الزامی بوده است. به‌طور کلی برای پایداری وزوینیت ورود سیالات حاوی H_2O ، SiO_2 و خروج CO_2 الزامی است. آنگونه که در برش‌های نازک میکروسکوپی دیده می‌شود، شکل‌گیری و پایداری توده‌های تک کانیایی وزوینیت، تنها توسط واکنش‌های تشکیل این کانی به خرج کانی‌های پیشین توجیه پذیر است

۶- وزوینیت باقی‌آباد: این محدوده که در مسیر جاده تفت به طرزجان واقع شده در فاصله یک کیلومتری شمالشرقی روستای باقی‌آباد و در مجاورت معدن مرمریت باقی‌آباد واقع شده است. این محدوده در زمره بخش‌های آهکی سازند نایبند (ژوراسیک) که در نتیجه دگرگونی مجاورتی با گرانیات شیرکوه تبدیل به مرمر شده‌اند (شکل ۱).

بلورهای شفاف وزوینیت هم به صورت تراش فست و هم به صورت دامله از ارزش جواهری برخوردار بوده و انواع توده‌ای نیمه شفاف و کدر آن به صورت تامبلر شده به عنوان یک سنگ نیمه‌قیمتی مورد استفاده قرار می‌گیرد. محدوده باقی‌آباد در زمره مناطق امیدبخشی است که حضور واحدهای کربناته سازندهای ژوراسیک در فرآیند دگرگونی مجاورتی منجر به تشکیل کانی‌های کالک-سیلیکات شده‌است. مشاهدات صحرایی چنین نتیجه‌گیری می‌شود که اغلب کانی‌های یافت شده وزوینیت در این محدوده قابلیت تراش ساده را دارند.



شکل ۲) تصاویری از گوهرسنگ های شهرستان تفت

Fig. 2- Pictures of gemstones in Taft County

۷- اسمیت زونیت معدن سرب و روی دره زنجیر تفت: این محدوده که در ۴ کیلومتری جنوب شرقی تفت واقع شده، در کناره جاده آسفalte تفت-ده بالا قرار دارد. کارهای شدادی فراوانی که در قالب حفاریات معدنی در محدوده معدن و ارتفاعات پیرامون آن مشاهده می شود که نشان دهنده سابقه طولانی استخراج کانسنگ های سرب و روی از این معدن است. تنوع کانی شناسی کانسنگ روی و باطله ها همراه با آن در معدن دره زنجیر، توجه محققان زمین شناسی و کانی شناسان متعدد ایرانی و خارجی را از چندین دهه پیش به خود جلب نموده است. یکی از کانی هایی که حضور برجسته ای در کانسنگ استخراجی دارند، اسمیت زونیت های سبزرنگی بامشاء رسوبی است که با بافت گل کلمی سایر کانی های روی به ویژه هیدروزینسیت را در بخش های اکسیدی معدن همراهی می کند. این کانی با رنگ سبز سیب علی رغم سختی پایین بین کانی های کربناته به خاطر رنگ کمیابش از ارزش گوهر شناختی بالایی برخوردار است. تراش های آزمایشی که بر روی نمونه های اسمیت زونیت سبزرنگ دره زنجیر انجام شده، نشان می دهد که در صورت جداسازی این کانی و سایر کانی های روی در معدن این بخش از ماده معدنی می تواند برای مصارف زینتی و جواهری مورد استفاده قرار گیرد. (Abedian, Borna, Farhadian, and Jan-Nisari, 2010)

2010

بحث و نتیجه گیری

همانطور که بیان شد استان یزد از دیدگاه زمین شناسی، پتانسیل کانی‌ها و سنگ‌های قیمتی و نیمه قیمتی را دارد چرا که این کانی‌ها و سنگ‌ها اغلب در محیط‌های آتشفشانی، دگرگونی مجاورتی و دگرسانی هیدروترمال بوجود می‌آیند و با توجه به گسترش سنگ‌های آتشفشانی و همچنین توده‌های نفوذی متعدد با سن‌های مختلف که باعث ایجاد دگرگونی مجاورتی و دگرسانی هیدروترمال گردیده است. مناطق مورد بررسی در این طرح بخشی کوچکی از ظرفیت و توانایی استان یزد در رشد و توسعه و اشتغالزایی در زمینه صنعت گوهر شناسی و گوهرتراشی است که با ادامه مطالعات برنامه ریزی شده و اصولی در شناسایی مناطق دارای پتانسیل کانی‌ها و سنگ‌های قیمتی و نیمه قیمتی اولاً منابع مواد خام (راف) را تامین نموده ثانیاً با آموزش و ایجاد کارگاه‌های فرآوری آنها و همچنین تشکیل آزمایشگاه‌های تخصصی گوهرشناسی زمینه اشتغال جوانان به ویژه فارغ التحصیلان رشته زمین‌شناسی فراهم آورده و از توسعه صنایع با آلودگی زیست محیطی و با مصرف آب زیاد مثل صنایع فولاد جلوگیری شود.

References

Abedian, N., Borna, B., Farhadian, M.B., and Jan-Nisari, M.R., (2010) Identification of precious and semi-precious stones and minerals in Yazd province, Final report of the project of the Geological and Mineral Exploration Organization of the country, 355 pp.

Ghanei Ardakani, J., (2014), Petrology and geochemistry of the Khezrabad-Aqda granitoid masses (west of Yazd) and their associated proximity metamorphism, PhD thesis, Faculty of Earth Sciences, Department of Petrology and Economic Geology, Shahrood University of Technology, 37



Gemological and gemological evaluation of Variscite lead and zinc mine in Kushk Bafgh

Javad Ghanei Ardakan

Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Basic Sciences,

Payam Noor University, Tehran, Iran

Abstract

The Kushak lead and zinc deposit is located within the Esfordi Formation, which consists of a series of volcanic-sedimentary sequences of Infracambrian age. Variscite is observed as cross-veins within the pyrite ore of the Kushak deposit, in both open-pit and underground mines. Based on XRD and electron microscopy studies, it was determined that the formula of this mineral is $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. This mineral is formed by the action of phosphate-containing oxidant waters on aluminum-bearing rocks, especially shales.

Keywords: Evaluation, Gemology, Variscite, Lead and Zinc Mine, Bafgh Pavilion



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

<https://doi.org/10.22067/gemiran.2026.48063>

ارزیابی گوهرشناسی و گوهرتراشی واریسکایت معدن سرب و روی کوشک بافق

جوادقانعی اردکان

استادیار گروه زمین شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

ghaneijavad@pnu.ac.ir

چکیده

کانسار سرب و روی کوشک در داخل تشکیلات اسفوردی شامل یکسری از توالی‌های آتشفشانی- رسوبی با سن اینفراکامبرین قرار گرفته است. واریسکایت به صورت رگه‌های متقاطع در داخل کانسنگ پیریتی کانسار کوشک، در معدن روباز و زیرزمینی قابل مشاهده است. براساس مطالعات XRD و میکروسکوپ الکترونی مشخص گردید که فرمول این کانی $\text{AlPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ می‌باشد. این کانی در اثر عملکرد آب‌های فسفات‌دار اکسیدان بر روی سنگ‌های آلومینیم‌دار مخصوصا شیل‌ها تشکیل می‌گردد.

واژگان کلیدی: ارزیابی، گوهرشناسی، واریسکایت، معدن سرب و روی، کوشک بافق

مقدمه

معدن سرب و روی کوشک در فاصله ۱۶۵ کیلومتری شرق یزد و در فاصله ۴۵ کیلومتری شمالشرق شهرستان بافق و در طول جغرافیایی $39^{\circ}45'55''$ و عرض جغرافیایی $30^{\circ}45'31''$ واقع شده است. راه ارتباطی معدن کوشک جاده آسفalte یزد- بافق- بهاباد است. ناحیه کوشک در محدوده‌های از سنگ‌های تفکیک نشده پالئوزوئیک که در واقع مخلوطی از رسوبات و سنگ‌های آتشفشانی هستند، قرار گرفته است. معدن سرب و روی کوشک از دیرباز مورد توجه معدنکاران قدیمی بوده و آثار کارهای استخراجی قدیمی نشان دهنده بهره‌برداری کلوخه‌های پر عیار سرب از رخنمون‌های شرق معدن کوشک قدیمی است. این معدن در حال حاضر در دو بخش زیرزمینی و روباز در حال بهره‌برداری است.

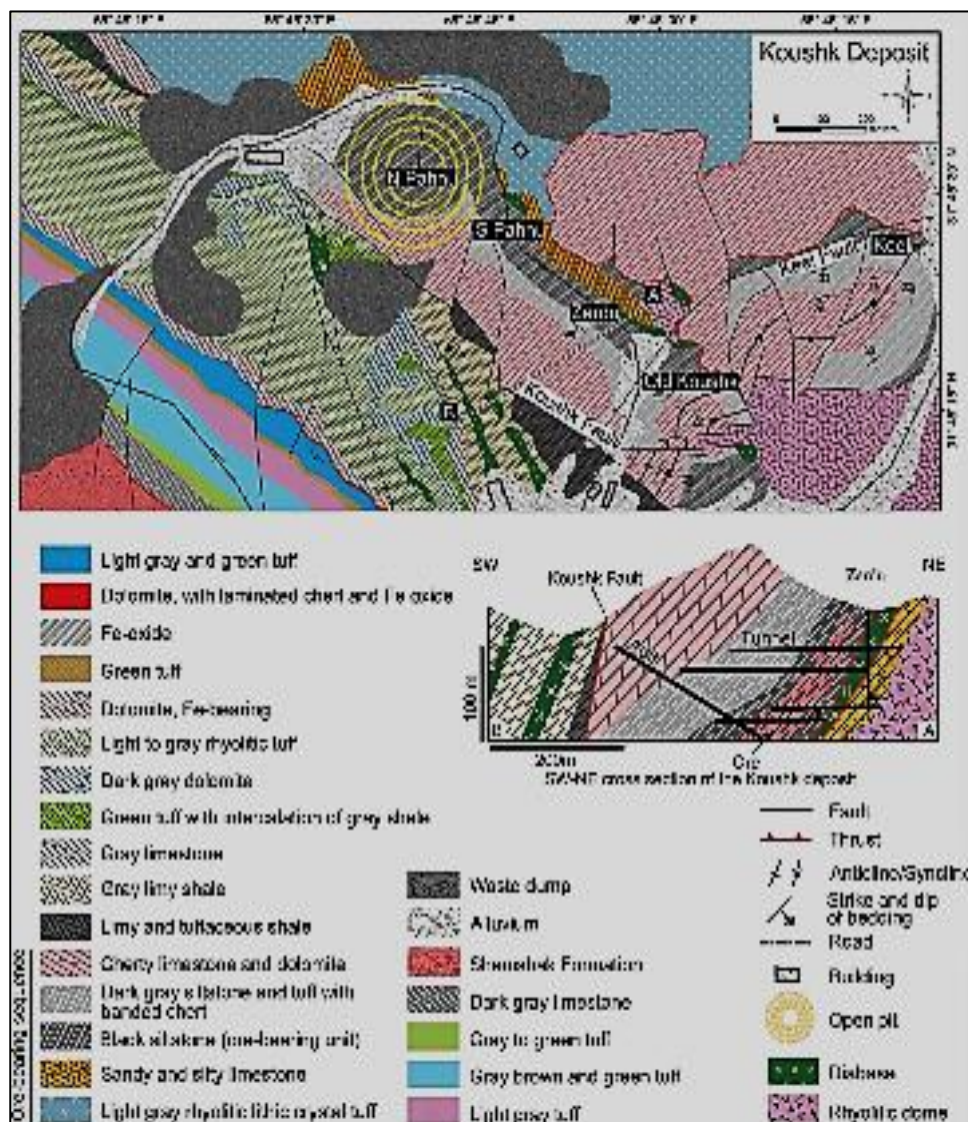
زمین شناسی کانسار کوشک

از نظر زمین‌شناسی معدن کوشک در مرکز حوضه رسوبی- آتشفشانی بافق، با وسعت ۷۰۰ کیلومتر مربع جای دارد. از شمال غربی با ماسه سنگ‌های ژوراسیک (سازند شمشک) و از شمال شرقی با آهک‌ها مرزگسله دارد. گرانیته صورتی رنگ نارینگان در جنوب آن واقع شده و از نظر تقسیمات زمین‌شناسی ایران جزئی از ایران مرکزی است. این ناحیه از نظر ساختمانی بسیار چین خورده و گسله است (شکل ۱).

چینه شناسی ناحیه معدن از قدیم به جدید عبارت است از:

۱- بخش تحتانی شامل سنگ‌های نفوذی نیمه ژرف اسیدی از جنس ریولیت، کوارتز پورفیر، توف و میکرودیوریت

۲- آهک‌های سیاه‌رنگ به شکل عدسی‌های پراکنده با ضخامت متغیر



شکل ۱) نقشه زمین شناسی ۱:۵۰۰۰ معدن کوشک (Omidi, 2018)

Figure 1- Geological map 1:5000 of Koushk mine

۳- شیل‌های سیاه‌رنگ کربناته منیرالیزه که میزبان عدسی‌های سولفور کانسار هستند. در بخش تحتانی شیل‌های یاد شده یک سیل

میکرودیوریتی وجود دارد.

۴- عدسی‌های آهکی دولومیتی

۵- توف‌های قهوه و سبزی که از پایین به بالا ضخیم لایه‌تر می‌شوند و درصد سیلیس آنها افزایش می‌یابد.

۶- دولومیت قهوه ای رنگ چرت دار که به شدت خرد شده‌اند و در قاعده‌ی خود دارای عدسی‌های پراکنده‌ای از هماتیت هستند.

کانی‌شناسی کانسار کوشک

معدن کوشک شامل کانی‌های سولفیدی پیریت (FeS_2)، اسفالریت (ZnS)، گالن (PbS) و کالکوپیریت (CuFeS_2) و کانی‌های غیرسولفیدی شامل فسفات‌ها (واریسکایت، پیرومورفیت)، سولفات‌ها (مالتریت، اپسومیت، باریت، ژپس، انیدریت، لیناریت)، کربنات‌ها (دولومیت و کلسیت)، اکسیدها (گوتیت، لیمونیت، هماتیت و مگنتیت) و سیلیکات‌ها (چرت‌های آهن‌دار یا ژاسپیلیت و کوارتز) می‌باشد در ادامه این کانی‌ها به تفصیل مورد بررسی قرار می‌گیرد.

گوهرشناسی و گوهرتراشی واریسکایت

واریسکایت ($\text{Al}[\text{PO}_4] \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) این کانی به صورت رگه‌های متقاطع در داخل کانسنگ پیریتی کانسارکوشک، در معدن روباز و زیرزمینی قابل مشاهده است. این کانی در اثر عملکرد آب‌های اکسیژن دار حاوی فسفات بر روی سنگ‌های آلومینیم دار مخصوصاً شیله‌ها تشکیل می‌گردد (شکل ۲). واریسکایت از کانی با لومینسانس متغیر تا کم رنگ دارد. از نظر شکل بلور: پسودواکتاندر - منشوری، رنگ: بیرنگ - سبز آبی - سبز، شفافیت: نیمه کدر، شکستگی: صدفی، جلا: مات - چرب، رخ: کامل مطابق با سطح، سیستم تبلور: ارتورومبیک و در رده‌بندی فسفات است همچنین خاصیت مغناطیسی ندارد و منشأ تشکیل آن ثانوی است.



شکل ۲) تصاویری از کانی واریسکایت به صورت رگه‌های متقاطع در داخل کانسنگ پیریتی کانسارکوشک

Figure 2- Images of variscite mineral in the form of cross-veins within pyrite ore from Kansar Kushk ore deposit

این کانی از نظر ظاهری شبیه کریزوکولا، کریزوپراز و فیروزه است. این کانی ایک (کدر) است و معمولاً به صورت سبز روشن با طرحی نسبتاً سفید دیده می‌شود. واریسکایت اغلب با طیف‌های مختلفی از رنگ سبز تا مایل به زرد و قرمز دیده می‌شود. این کانی ممکن است به دیگر کانی‌های فسفاتی تبدیل شود و این تغییر بیشتر در نوع ندولار آن مشاهده می‌شود. منبع مهم واریسکایت‌های جواهری از ایالت نوادا

و بخصوص یوتا (ایالتی در جنوب غربی آمریکا) بوده و در واقع مهمترین کانسار گوهر سنگ واریسکایت، کانسار یوتاهلیت است. به همین دلیل به کانی واریسکایت، یوتاهلیت (Utahlit) نیز گفته می‌شود. همچنین در کوئینزلند استرالیا نیز یافت شده است. واریسیکت در ایران نیز یافت شده است که نمونه های زیبای آن در یزد و کرمان و .. دیده شده است. استخراج صحیح کانی واریسکایت می تواند اولین حلقه از چرخه تولید یک گوهر سنگی زیبا باشد. رسیدن به این هدف نیازمند مطالعات دقیق جهت تعیین خاستگاه و موقعیت رگه نسبت به ساختارهای زمین شناختی (مانند لایه بندی های سنگی، گسلها، شکستگی های، ترکها) است.

با توجه به مطالعات صورت گرفته در کشورهای مختلف بر روی این کانی مشخص شده است که همبستگی خاصی بین کانی واریسکایت و رگه های زرد رنگ همراه با آن وجود دارد و در واقع رگه های زرد رنگ که حاوی دیگر کانی های گروه فسفاتهاست و از تغییر کانی واریسکایت به وجود آمده اند. در ایران و در بخش روباز معدن سرب و روی کوشک بافی یزد نیز همین ارتباط مشاهده می شود. قیمت آن می تواند تا کیلویی ۱۰۰ الی ۴۰۰ هزار تومان بر حسب کیفیت خود باشد.

از نظر گوهرشناسی اغلب برای نمایش زیبایی این کانی از آن ورقه های بزرگ تهیه می‌شود و همچنین تراش دامله و فانتزی رنگ‌های آن را بهتر نمایان می‌سازد. معروف ترین و پرتعدادترین طرح های تراش این کانی به صورت بیضی شکل، گرد، قلبی، مارکیز و طرح قطره است. در بحث تراش گوهر سنگ واریسکایت باید به این نکته توجه داشت که به دلیل وجود آب در ساختار آن، این کانی مانند فیروزه نسبت به افزایش دما در هنگام تراش و تماس با مواد شیمیایی، حساس بوده و ممکن است به دلیل فرار آب از شبکه کانیایی آن، رنگی روشن تر ایجاد نماید و به سبز کم رنگ تا سفید تغییر کند. به همین دلیل تراش این گوهر سنگ ها نیازمند اطلاعات و تجربه کافی است.

روش تحقیق

به منظور دستیابی به اطلاعات پایه و اولیه از منابع مختلف (شامل کتاب های مرجع لاتین و فارسی، گزارشات نقشه های زمین شناسی و طرح های پژوهشی و مقالات معتبر) که به صورت مستقیم یا غیرمستقیم با موضوع این مقاله در ارتباط می باشد، گردآوری و مطالعه شد. پس از مطالعات اولیه، نقشه های زمین شناسی و توپوگرافی و تصاویر ماهواره ای منطقه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مسیرهای مناسب برای نمونه برداری و برداشت روابط صحرایی انتخاب گردید؛ که در مجموع بیش از ۳۰ نمونه از واحدهای مختلف باطله معدن برداشت و مختصات جغرافیایی محل برداشت نمونه ها، با دستگاه GPS تعیین و ثبت گردید. به منظور مطالعات پتروگرافی، تعداد بیش از ۱۰ عدد مقطع نازک و ۵ عدد مقطع صیقلی از سنگ های باطله واریسکایت دار تهیه و با میکروسکوپ پلاریزان الیمپوس BX41 دو منظوره ساخت کشور ژاپن مورد مطالعه قرار گرفته اند. این مطالعه شامل بررسی کانی شناسی، بافت، ترتیب تبلور کانی ها و طبقه بندی سنگ ها بوده است.

با مطالعه دقیق و کامل پتروگرافی مقاطع نازک واحدهای مختلف سنگی تعداد ۱۰ نمونه برای آنالیز شیمیایی XRF و XRD انتخاب و توسط شرکت بینالود انجام گرفته است. پس از دریافت داده ها و انجام تصحیحات لازم، با استفاده از نرم افزارهای متداول، نمودارهای مورد نیاز رسم و مورد تجزیه و تحلیل و قرار گرفت.

یافته‌ها

کوارتز و کلسیت اغلب به صورت کانی‌های همزمان با کانی‌سازی در کنار کانی‌های سولفیدی در لایه‌های حاوی ماده معدنی مشاهده می‌شوند، اما ژئیس و واریسکیت غالباً به صورت بخش‌شکاف پرشدگی و شکستگی‌های نزدیک‌های سطح زمین مشاهده ثانویه‌های با هوازگی سولفیدها و شیل می‌باشد که ظاهراً سرشار از آلومینیم در ارتباط هستند.

در معدن کوشک، واریسکیت (فسفات آلومینیم آب‌دار) به رنگ سبز سیب تا سفید مایل به زرد در کنار ژئیس در بخش باطله‌ی ماده معدنی مشاهده می‌شود و در نمونه برداری‌های انجام شده انواع سبزرنگ آن از کیفیت جواهری خوبی برخوردارند. انواع سفید و رنگ پریدگی آن حاصل از دست دادن مولکول آب ساختمانی آن می‌باشد. این کانی با سختی ۴ تا ۵ که بسیار نزدیک به فیروزه است و با شباهت رنگی که با فیروزه‌های آهن‌دار دارد از دیرباز یکی از کانی‌هایی بوده که به عنوان جانشین فیروزه مورد استفاده قرار گرفته است و به خاطر رنگ زیبای آن مورد استفاده جواهری داشته است.

واریسکیت‌های معدن کوشک در مقایسه با واریسکیت‌هایی که از ایالت یوتای آمریکا به دست می‌آیند از یک پارچگی و رنگ زیباتری برخوردار بوده تضاد رنگ آن با شیل‌های معدن سرب و روی کوشک و فاقد ذرات کالسدونی هستند. در مورد کانی واریسکیت که به لحاظ نیمه قیمتی در این معدن یافت می‌شود با توجه به آنکه این کانی ثانویه محسوب شده عمدتاً در شکاف و درزها تشکیل می‌شود که از نظم و روند خاصی در کل کانسار برخوردار نبوده و نمی‌توان برای آن درصد و یا عیار خاصی مشخص نمود.

از اینرو فقط می‌توان با توجه به اطلاعات اخذ شده از کارشناس زمین‌شناسی معدن، مقدار آن را طی استخراج سالیانه حدود ۱۰۰ کیلوگرم و طی ۱۰ سال آینده به مقدار ۱۰۰۰ کیلوگرم برآورد نمود. در حال حاضر هیچگونه تفکیکی در خصوص جدایش واریسکیت از باطله‌ها صورت نمی‌گیرد، لذا می‌توان با آموزش پرسنل کارگری معدن جدایش دستی این کانی را در اولویت قرارداد تا از به هدر رفتن نمونه‌های مناسب جلوگیری شود. طبق جداول استخراج شده از سایت‌های مختلف اینترنتی، واریسکیت را نیز می‌توان به شکلهای مختلف و تراشهای متفاوت فرآوری کرد؛ حتی نمونه برش خام و صرفاً برش خورده این کانی همراه با سنگ میزبان بعنوان یک محصول کلکسیونی برای فروش در نظر گرفته شده است. بر اساس قیمتهای پیشنهادی اولیه معلوم می‌گردد که ارزش افزوده این کانی نیز طی مراحل فرآوری به مراتب بیشتر می‌گردد.

بحث و نتیجه‌گیری

واریسکایت که در باطله معدن سرب و روی کوشک بافق یافت می‌شود، دارای کیفیت گوه‌شناسی مطلوبی است که در حال حاضر در سد باطله معدن مدفون می‌گردد. با توجه به فعالیت گسترده استخراجی در این معدن که در دو بخش زیرزمینی و روباز انجام می‌گیرد، پیش‌بینی می‌شود ذخیره قابل قبولی از واریسکایت در این معدن وجود داشته باشد که هم از نظر گوه‌شناسی و هم از دیدگاه کانی‌شناسی دارای ارزش افزوده قابل توجهی است.

استحصال واریسیکایت های معدن کوش این بار در منطقه واریسیکایت در ایالت یوتای آمریکا و در ایران نیز تنها در همین کانسار گزارش شده است. براساس مطالعات XRD و میکروسکوپ الکترونی مشخص گردید که فرمول این کانی $AlPO_4 \cdot 2H_2O$ می باشد این کانی در اثر عملکرد آبهای فسفات دار اکسیدان بر روی سنگ های آلومینیم دار مخصوصا شیلها تشکیل می گردد. مطالعات ژئودینامیکی نشان می دهد که کانی مذکور می تواند به صورت رگه های گرمایی دمای پایین، جانشینی و یا در محیط اکسیدان تشکیل گردد. از این کانی به جای فیروزه در جواهرسازی استفاده می شود و فرآیند تشکیل آن مانند فیروزه است (شکل ۳).



شکل ۳) نمایی از کانی واریسیکایت، پهنوی جنوبی، معدن روباز کوشک

Figure 3- View of Variscite mineral, southern view, Kushk open pit mine

References

Omidi, H. (2018) Providing appropriate solutions to reduce the environmental impacts of lead mine tailings in Bafgh Kushk, Master's thesis in Environmental Geology, Payam Noor University, 100 pp.



The first report of Moissanite occurrence in Iran (Hormuz formation, South of Iran)

Safoora Zamani ¹, Hossein Basirat ^{*2}, Mohammadali Mackizadeh ³, Vachik Hayrapetyan ⁴

^{1,2} MSc, Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

³ Department of Geology, Faculty of Science, University of Isfahan, Isfahan, Iran

⁴ Department of Geology, Faculty of Science, Khorasgan Islamic Azad University, Isfahan, Iran

Abstract

Moissanite (SiC) or natural silicon carbide is a rare mineral. This paper is focused on the first & preliminary research on this mineral in south of Iran which is found in Hormoz formation. The preparation of thin sections for petrology are done with instruments without synthetic SiC. It is proved that natural moissanites occurred in geological samples. The host rock is a metasomatic (silicified) rock. The tiny terrigenous particles (micrometer size) show carbon blue color with high relief in plane polarized light. By use of FESEM analysis (EDS) it is revealed the chemical composition of SiC.

Keywords: moissanite, Hormuz formation, SiC, metasomatic rock.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

<https://doi.org/10.22067/gemiran.2026.48064>

نخستین گزارش از رخداد مویزاناتیت در ایران (سازند هرمز - جنوب ایران)

صفورا زمانی^۱، حسین بصیرت^۲، محمدعلی مکی زاده^۳، واپیک هایراپتیان^۴

^{۱و۲} کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران
b.hossein64@yahoo.com

^۳ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

^۴ گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه آزاد اسلامی خوراسگان، اصفهان، ایران

چکیده

مویزاناتیت یا سیلیکون کاربید طبیعی یک کانی کمیاب است. در این مقاله به بررسی اولین گزارش مویزاناتیت در ایران پرداخته می شود، که در یک سنگ متاسوماتیکی در همایندی با زونی ایت در سازند هرمز در جنوب کشور یافت شده است. برای اطمینان از عدم آلودگی نمونه توسط SiC مصنوعی موجود در بعضی از ابزارهای مورد استفاده برای آماده سازی نمونه میکروسکوپی، بارها از نمونه سنگ موجود توسط ابزارهای بدون SiC، مقطع گرفته شد و با یقین وجود SiC طبیعی برای نگارندگان این مقاله مسجل گردید. نمونه سنگ میزبان مورد مطالعه یک سنگ متاسوماتیکی (سیلیسی شده) است و ذرات ریز میکرونی مویزاناتیت به رنگ آبی کاربنی (ppl) و با برجستگی بسیار بالا به خوبی قابل تشخیص هستند. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) نیز مهر تأییدی بر حضور این کانی در نمونه سنگ دارد.

کلمات کلیدی: مویزاناتیت، سازند هرمز، SiC، سنگ متاسوماتیک.

مقدمه

مویزاناتیت فرم طبیعی سیلیکون کاربید است که نام آن از Nobel Laureate Henri Moissan گرفته شده است. او برای اولین بار در سال ۱۹۰۴ دانه های SiC را در حفره ایجاد شده توسط یک متئوریت گزارش کرد (Moissan, 1904). یافته ی Moissan در ابتدا توسط بسیاری از دانشمندان به عنوان یک سیلیکون کاربید مصنوعی تصور می شد که احتمالاً از ابزارات حاوی ساینده SiC که در فرآیند آماده سازی نمونه متئوریت استفاده شده بود درون نمونه مورد مطالعه جا مانده بود (Mason, 1967). پس از آن، با ارائه ی گزارشات جدید از پیدایش طبیعی SiC (برای مثال: Regis and Sand 1958, Kaminskiy et al. 1969, Moskvitin et al. 1978) موضوع فرم طبیعی SiC به شدت مورد بحث قرار گرفت و بسیاری از زمین شناسان منشأ طبیعی زمینی را برای آن غیرمحمول می دانستند (برای مثال: Milton and Vitaliano 1984). اگرچه موضوع آلودگی توسط SiC مصنوعی موجود در ساینده های مورد

استفاده، محتمل است، با این وجود، گزارشات جدید از کشف SiC در متئوریت‌ها آن را به طور یقین اثبات می‌کند (برای مثال: Daulton et al. 2002).

منشا زمینی نمونه‌های سیلیکون کاربید (مویزنانیت) موضوع بحث برانگیزی در طول یک قرن گذشته بوده است (Di pierro et al. 2003). کشف کریستال‌های SiC به صورت اینکلوژن در الماس‌های طبیعی در کیمبرلیت‌ها (Moore et al. 1986, moore and 1990, Gurney 1989, Otter and Gurney 1989, Leung 1990) یک مدرک موثق برای منشا طبیعی بودن آن است. علاوه بر این، در سال‌های اخیر گزارشاتی از کشف مویزنانات در لامپروئیت‌ها (Jaques et al. 1989)، در افیولیت‌ها (Trumbull. R.B et al 2009)، در گرانولیت‌ها و سنگ‌های دگرگونی (Perraki and Faryad. 2014, Machev et al. 2018, Qi et al., 2007) و در برش‌های آتشفشانی (Di pierro et al. 2003, Dobrzhinetskaya et al. 2018) مستند شده است و تشکیل طبیعی مویزنانیت در سنگ‌های زمینی بطور زیادی پذیرفته شده است (Di pierro et al. 2003).

حضور مویزنانیت در سنگ‌های مختلف، بحث‌های بیشماری را در مورد منشأ آن باز کرده است (Shiryaev et al., 2011; Di Pierro et al., 2003; Dobrzhinetskaya et al., 2018, Machev et al., 2018) (Di pierro, S et al 2003) برای اولین بار پیدایش مویزنانیت را به عنوان یک کانی تشکیل دهنده سنگ در یک نمونه زمینی گزارش دادند که نمونه سنگ یافت شده دارای 8.4 درصد حجمی SiC است.

در سالهای اخیر مطالعات زیادی در مورد مویزنانیت صورت گرفته است. (Zhang, J et al 2002) نیز به بررسی مقاومت نهایی مویزنانیت تا فشارهای بالای 18.3 GPa و دماهای بالای 1200 درجه سانتیگراد پرداخته اند.

(Trumbull. R.B et al 2009) به بررسی مویزنانیت‌های یافت شده در کرومیتیت‌های موجود در چندین کمپلکس افیولیتی از جمله افیولیت (Luobusa and Donqiao) در تبت، افیولیت (Semail) در عمان و امارات متحده عربی و افیولیت Ray-Iz و Polar Urals در روسیه پرداخته است و معتقد است که گزارش تشکیل مویزنانیت در تعدادی از کیمبرلیت‌های الماس دار منجر میشود که اینکلوژن‌های سیلیکون کاربید طبیعی یک کانی شایع در گوشته زمین است و این مطلب را میرساند که به شرایط ردوکس به شدت کم دلالت دارد.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه بخشی از سری یا سازند هرمز در جنوب ایران است. ترکیب سنگی سری هرمز، شامل سنگ نمک (به رنگ‌های مختلف)، انیدریت، ژئپس، سنگ آهک سیاه، دولومیت بودار چرتی، ماسه سنگ سرخ، شیل رنگارنگ، سنگ‌های آذرین (درونی و بیرونی)، کانی‌های آهن و آپاتیت‌دار است. سنگ‌های یاد شده فاقد نظم چینه‌ای هستند و به همین دلیل تاکنون برش الگو ندارند (آقاباتی، ۱۳۸۳). واحدهای سری هرمز از پایین به بالا به ترتیب عبارتند از:

واحد h_1 واحد نمکی سازند هرمز: این واحد که بیشتر حجم آن را لایه‌های نمکی با میان لایه‌های نازکی از توف، مارن، آهک‌های تیغه‌ای و اکسیدها و سولفورهای آهن تشکیل می‌دهد دارای قاعده نامعلومی است بطوری که قاعده این واحد در هیچ‌کجا به طور کامل ظاهر نشده است.

واحد هرمز h_2 : این واحد تناوبی از مارن‌های سفید تا زرد کم‌رنگ، توف، ایگنمبریت، آهک‌های نازک لایه سیاه‌رنگ و سنگ آهن که به صورت نوارهای نازک میلی‌متری آهن‌دار، اکسیدهای بی‌آب و آب‌دار آهن می‌باشد.

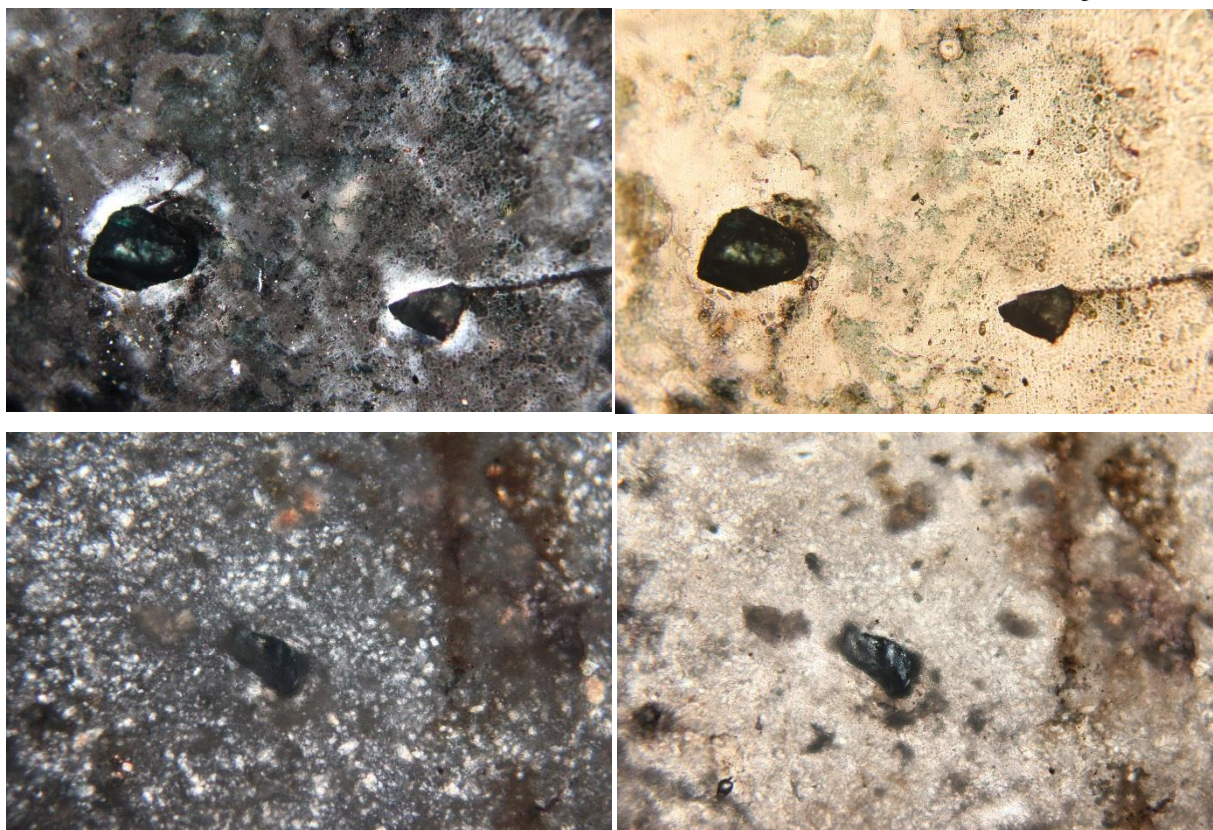
واحد هرمز h_3 یا واحد آهک‌های سیاه‌رنگ جلبکی: این واحد که از طبقات نازک لایه آهکی سیاه‌رنگ تشکیل شده عموماً سرشار از فسیل‌های جلبکی است. ضخامت این واحد گاهی تا حدود ۵۰ متر می‌رسد.

واحد هرمز h_4 یا واحد آواری – ولکانیکی: این واحد در نقاطی دیده می‌شود که واحد نمکی رخنمون ندارد یا مقدار کمی ظاهر شده است. این واحد بیشتر از ماسه‌سنگ‌های قرمز خاکستری و سبز رنگ تشکیل شده که همراه آن میان لایه‌هایی از توفیت‌های سبز رنگ دیده می‌شود. سنگ‌های ماگمایی سازند هرمز: این سنگ‌ها به دو صورت سنگ‌های نفوذی و خروجی دیده می‌شود. سنگ‌های خروجی بصورت توف و گدازه در تناوب با سنگ‌های رسوبی سازند هرمز است که بیشتر اسیدی تا متوسط و از نوع ریولیت داسیت و احتمالاً تراکیت هستند که گرایش قلیایی دارند. دسته دوم سنگ‌های آذرین نفوذی هستند که سن آنها از واحد h_4 جوان‌تر است. این سنگ‌ها را بیشتر دیاباز و گرانوفیر تشکیل می‌دهند که بصورت پی در پی سازند هرمز را قطع کرده‌اند.

در این میان هجوم سیالات هیدروترمالی در زمان زمین‌شناسی سبب رخداد دگرسانیهایی متنوعی در واحدهای مختلف سنگی سازند هرمز شده است. در محدوده مورد مطالعه سیلیسی شدن و شکل‌گیری زونی ایت در همایندی با مویزانات مشاهده می‌شود. آنچه مسلم است با توجه به گزارشات ارائه شده در مورد منشأ مویزانات در مقالات مختلف، حضور این کانی در این سنگ دگرگونی را (اگر منشأ متئوریتی نداشته باشد) باید در سایر سنگ‌های مشابه سازند هرمز جستجو کرد.

نمونه مطالعه شده

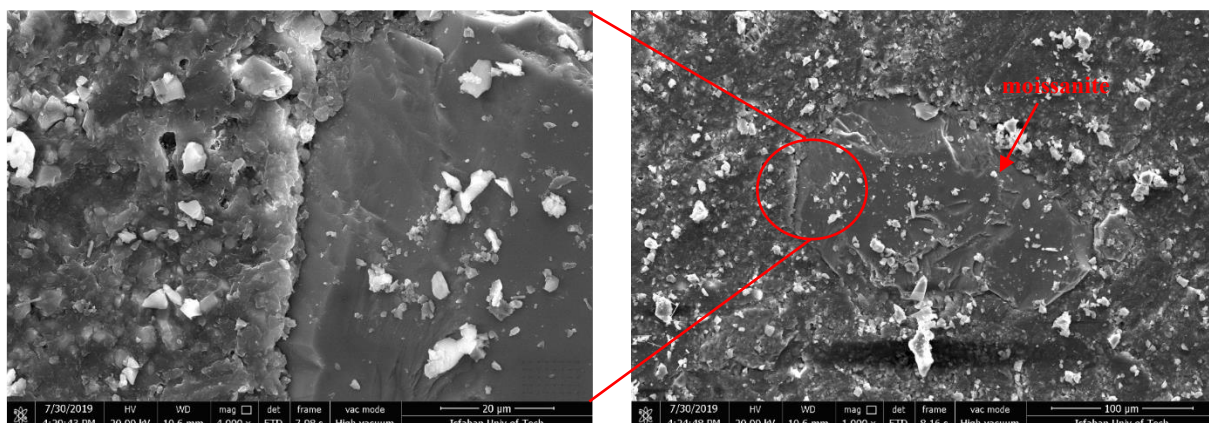
مقطع نازک مورد مطالعه یک سنگ متاسوماتیکی شدیداً سیلیسی شده متخلخل سفید تا کرمی و احتمالاً پیروکلاستیک می‌باشد. از آنجایی که احتمال آلودگی نمونه توسط SiC مصنوعی در زمان مقطع‌گیری آن، جزو احتمالات ذکر شده در منابع مختلف است، با مشاهده این کانی کمیاب در اولین مقطع نازک، تعداد بیشتری مقطع از سنگ مورد مطالعه تهیه شد. این مقاطع نازک در شرایطی تهیه شد که نمونه در تماس با هیچ‌گونه SiC مصنوعی نبوده است. حضور دانه‌های ریز میکرونی مویزانات در تمام مقاطع نازک، منشأ مصنوعی آن را رد می‌کند. دانه‌های مویزانات کاملاً بی‌شکل هستند و حواشی دانه‌ها به وضوح منشأ تخریبی بودن را نشان می‌دهد.



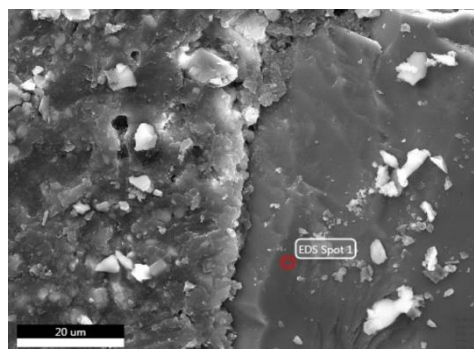
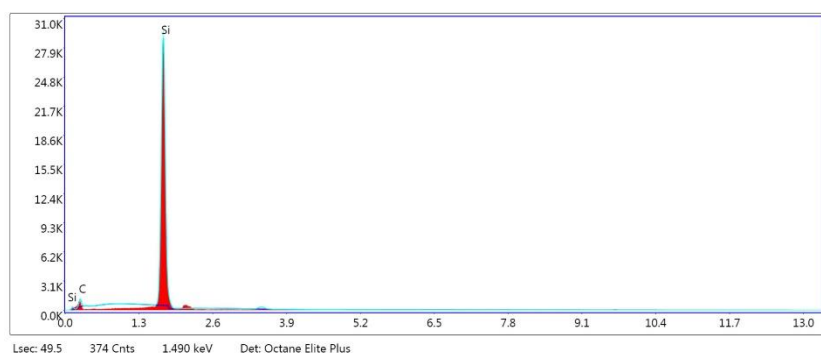
شکل ۱. دانه‌های ریز مویزاناتیت را در XPL و PPL نمایش می‌دهد (X 400)
Figure 1. Shows fine moissanite grains in XPL and PPL (X 400)

نتایج آنالیز FESEM بر روی نمونه

تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) در شکل ۲ نشان داده شده است. شکل الف یک بلور مویزاناتیت در زمینه و شکل ب مرز بین این بلور با کانی‌های دربرگیرنده را بخوبی نمایش می‌دهد. شکل ۳ و ۴ نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه دو نمونه مویزاناتیت و جدول داده‌های بدست آمده را نمایش می‌دهد. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی سنگ دربرگیرنده مویزاناتیت و جدول داده‌های بدست آمده مربوطه نیز در شکل ۵ نمایش داده شده است که دال بر سیلیس فراوان در این نمونه سنگ است.

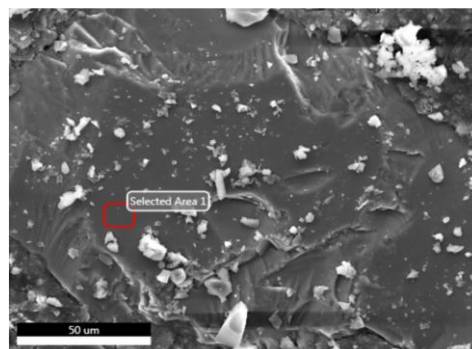
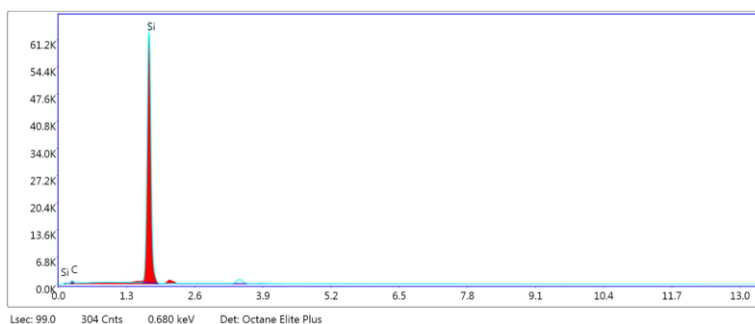


شکل ۲. تصاویر میکروسکوپ الکترونی روبشی الف. بلور مویزانایت در سنگ تخریبی ب. مرز بین بلور مویزانایت با زمینه کاملاً مشخص است
Figure 2. Scanning electron microscope images A. Moissanite crystal in a metamorphic rock B. The boundary between the moissanite crystal and the background is clearly defined



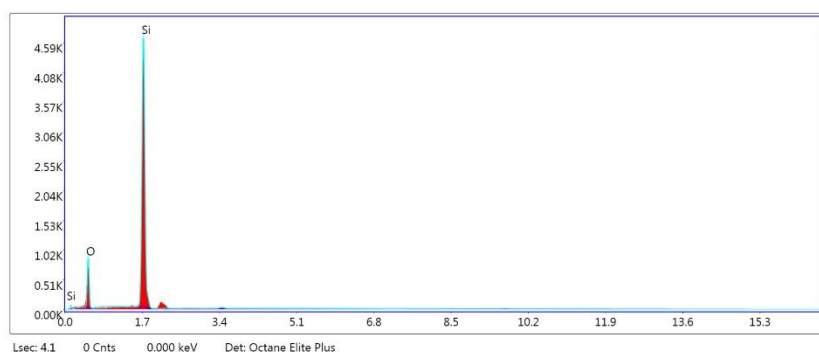
Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	30.02	50.08	100.29	12.30	0.0359	1.0690	0.1118	1.0000
SiK	69.98	49.92	5040.27	1.21	0.6547	0.9383	0.9967	1.0003

شکل ۳. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه اول مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده
Figure 3. Results of field emission scanning electron microscope (FESEM) EDS spectrum analysis on the first moissanite sample and table of obtained data



Element	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
C K	14.92	29.09	38.54	12.84	0.0153	1.0909	0.0937	1.0000
SiK	85.08	70.91	5698.37	1.13	0.8186	0.9590	1.0032	1.0001

شکل ۴. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه دوم مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده
Figure 4. Results of field emission scanning electron microscope (FESEM) EDS spectrum analysis on the second moissanite sample and table of obtained data.



	Weight %	Atomic %	Net Int.	Error %	Kratio	Z	A	F
O K	33.77	47.23	1119.89	9.47	0.1086	1.0323	0.3115	1.0000
SiK	66.23	52.77	8820.01	2.30	0.5688	0.9517	0.9022	1.0003

شکل ۵. نتایج تجزیه طیف EDS میکروسکوپ الکترونی روبشی گسیل میدانی (FESEM) بر روی نمونه سنگ دربرگیرنده کانی مویزانایت و جدول داده‌های بدست آمده

Figure 5. Results of EDS spectrum analysis of field emission scanning electron microscopy (FESEM) on a rock sample containing moissanite mineral and table of obtained data

کانی مویزانات مورد مطالعه در یک سنگ سیلیسی شده حضور دارد. در مورد منشأ این کانی، همان طور که ذکر شد به دلیل گزارش آن در سنگ های مختلف از جمله در متئوریت ها، کیمبرلیت ها، افیولیت ها، لامپروئیت ها، اکلوزیت ها، گرانولیت ها و سایر سنگ های دگرگونی و همچنین در سنگ های آتشفشانی، نمی توان به طور قطعی اظهار نظر نمود. آنچه مسلم است برای یافتن منشأ این کانی به بررسی های صحرایی و مطالعات آزمایشگاهی فراوان دیگری نیاز است. در گام نخست با توجه به وجود سنگ های آذرین در گنبد های نمکی هرمز، مطالعات کانی شناسی این سنگ ها در اطراف محدوده مورد مطالعه در دستور کار نگارندگان این مقاله قرار خواهد گرفت، هر چند برخورد یک متئوریت در این منطقه هم به عنوان یک نظریه قابل پیگیری می باشد. در هر حال امید است در آینده ای نه چندان دور، منشأ این کانی مشخص و در مقاله دیگری با جزییات بیشتر در اختیار علاقمندان قرار گیرد.

منابع

آقائباتی، س. ع.، زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور. ۵۸۶ صفحه.

References

- Di pierro, S., Gnos, E., Grobety, B. H., Armbruster, T., Bernasconi, S. M. And Ulmer, P. (2003) Rock-forming moissanite (natural α -silicon carbide). American Mineralogist, Vol, 88, pages 1817–1821.
- Daulton, T.L., Bernatowicz, T.J., Lewis R.S., Messenger S., Stadermann F.J., and Amari S. (2002) Poly type distribution in circumstellar silicon carbide. Science, 296, 1852–1855.
- Dobrzhinetskaya L, Mukhin P, Wang Q., Wirth R., O'Bannon E., Zhao W., Eppelbaum L., Jaques, A.L., Hall, A.E., Sheraton, J.W., Smith, J.B., Sun, S.S., Drew, R.M., Foudoulis, C., and Ellingsen, K. (1989) Composition of crystalline inclusions and C-isotope composition of Argyle and Ellendale diamonds. In Kimberlite and Related Rocks, Volume 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration; Geological Society of Australia Special Publication, 14; 966–989. Blackwell Scientific, Cambridge, U.K.
- Kaminskiy, F.V., Bukin, V.I., Potapov, S.V., Arkus, N.G., and Ivanova, V.G. (1969) Discoveries of silicon carbide under natural conditions and their genetic importance. International Geology Review, 11, 561–569.



- Leung, I.S. (1990) Silicon carbide cluster entrapped in a diamond from Fuxian, China. *American Mineralogist*, 75, 1110–1119.
- Machev, P., O'Bannon, E.F., Bozhilov, K.N., Wang, Q., Dobrzhinetskaya, L., 2018. Not all moissanites are created equal: New constraints on moissanite from metamorphic rocks of Bulgaria. *Earth and Planetary Science Letters* 498, 387–396.
- Mason, B. (1967) Extraterrestrial mineralogy. *American Mineralogist*, 52, 307–325.
- Milton, C. and Vitaliano, D.B. (1984) The non-existence of moissanite, SiC. *International Geological Congress, Abstract*, 27 (5), 107–108.
- Moissan, H., 1904. Nouvelles recherches sur la météorité de Cañon Diablo. *Comptes Rendus* 139, 773–786 (in French).
- Moore, R.O. and Gurney, J.J. (1989) Mineral inclusions in diamond from the Monastery kimberlite, South Africa. In *Kimberlite and Related Rocks*. Geological Society of Australia, Special Publication, 14, 1029–1041. Blackwell Scientific, Cambridge, U.K. Vol, 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration
- Moore, R.O., Otter, M.L., Rickard, R.S., Harris, J.W., and Gurney, J.J. (1986) The occurrence of moissanite and ferro-periclase as inclusions in diamond. In 4th International Kimberlite Conference, Perth, Extended Abstracts; Abstract Geological Society of Australia, 16, 409–411.
- Moskvitin, I.Y., Marshintsev, V.K., Mikhaylov, V.A., and Brovkin, A.A. (1978) Moissanite in Vendian sedimentary rocks of the Botuobuya Saddle, Siberian Platform. *Transaction (Doklady) of the USSR Academy of Sciences: Earth Science Sections*, 239; 1–6, 138–140.
- Shiryaev, A.A., Griffin, W.L. Stoyanov, E., 2011. Moissanite (SiC) from kimberlites: Polytypes, trace elements, inclusions and speculations on origin. *Lithos* 122, 152–164.
- Otter, M.L. and Gurney, J.J. (1989) Mineral inclusions in diamonds from the Sloan diatreme, Colorado-Wyoming State Line kimberlite district, North America. In *Kimberlite and Related Rocks*, Volume 2: Their Mantle/Crust Setting, Diamonds and Diamond Exploration; Geological Society of Australia, Special Publication, 14, 1042–1053. Blackwell Scientific, Cambridge, England.
- Qi, X.X., Yang, Z.Q., Xu, J.S., Bai, W.J., Zhang, Z.M., Fang, Q.S., 2007. Discovery of moissanite in retrogressive eclogite from the Pre-pilot hole of the Chinese Continental Scientific Drilling Project (CCSD-PP2) and its geological implication. *Acta Petrologica Sinica* 23, 3207–3214 (in Chinese with English abstract).



Regis, A.J. and Sand, L.B. (1958) Natural cubic silicon carbide. Geological Society of America Bulletin, 69, 1633.

Trumbull, R.B., Yang J-S., Robinson, P.T., Di Pierro, S., Vennemann, T., Wiedenbeck, M. (2009). The carbon isotope composition of natural SiC (moissanite) from the Earth's mantle: New discoveries from ophiolites. *Lithos* 113 (2009) 612–620

Zhang, J., Wang, L., Weidner, D. J., Uchida, T. and XU, JI-AN. (2002) The strength of moissanite. *American Mineralogist*, Vol. 87, pages 1005–1008.

Perraki, M., Faryad, S.W., 2014. First finding of microdiamond, coesite and other UHP phases in felsic granulites in the Moldanubian Zone: implications for deep subduction and a revised geodynamic model for Variscan Orogeny in the Bohemian Massif. *Lithos* 202, 157–166.

The Formation, genesis and exploration implication of garnet in Serpentinities of Bagh Borj (Kerman Province, Iran)

Razmar, M. and Aghebati, S.
Ferdowsi university of Mashhad

Abstract

Gem-quality transparent to semi-transparent crystals of demantoid from Bagh Borj, were examined by different conventional and advanced gemological methods. (XRD, EDXRF, XRF, Raman).

This study focuses on garnets sourced from Bagh Borj (Kerman), using standard and advanced gemological methods as well as chemical analyses, XRD, energy dispersive X-ray fluorescence (EDXRF) and Raman spectroscopy.

The results of XRF showed that the content of Cr and V in most samples is high, with some samples containing a Cr_2O_3 content up to 0.032%. This suggests that Cr is the primary chromogenic element of Bagh Borj area demantoid, but the role of vanadium cannot be ignored.

Raman spectroscopy revealed absorption peaks near 868 cm^{-1} , 816 cm^{-1} and 517 cm^{-1} , associated with $(\text{Si}-\text{O})_{\text{str}}$ vibrations ($\text{Si}-\text{O}$ stretching vibration), and absorption peaks are displayed near 358 cm^{-1} , related to the rotation of $\text{SiO}_4-\text{R}(\text{SiO}_4)^{4-}$, and the peaks near 517 cm^{-1} are related to $(\text{Si}-\text{O})_{\text{bend}}$ vibrations ($\text{Si}-\text{O}$ bending vibration). Additionally, related absorption peaks near 164 cm^{-1} are attributed to the translation of $\text{SiO}_4-\text{T}(\text{SiO}_4)^{4-}$, and absorption peaks near 226 cm^{-1} are associated with the translation of $\text{X}^{2+}-\text{T}(\text{X}^{2+})$ (X^{2+} represents divalent ions).

The high pressure mineral assemblage (amphibolite, garnet-amphibolite, kyanite-garnet-amphibolite, hornblendite and epidote-amphibolite), indicated that the studied garnet from



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

<https://doi.org/10.22067/gemiran.2026.48050>

serpentinite was formed through high pressure metamorphism, during the subduction zone serpentization.

Key words: Bagh Borj area, demantoid garnet, inclusions,

Introduction

Garnet is one of the most useful minerals in Earth sciences providing key information on mantle, metamorphic, metasomatic, and igneous processes ([Baxter et al., 2013](#)). Garnet is commonly found in various types of skarn deposits. Hydrothermal activity during skarn formation alters both intrusive body and calcareous wall rock, and produces endoskarn and exoskarn, respectively. Garnet forms a zone that straddles both endoskarn and exoskarn. Commonly endoskarn and exoskarn garnets are andradite-rich and grossular-rich, respectively ([Somarin, 2012](#)).

Demantoid, the variety of Ca-Fe-rich green andradite (a member of the garnet group of minerals), is a high quality gemstone, discovered in southeast of Iran. Its chemical formula is $[\text{Ca}_3\text{Fe}_2^{3+}(\text{SiO}_4)_3]$, and it often contains admixtures of Cr, Ti, V, Al, and Mg.

One of the rarest garnet varieties, demantoid can have a green color that rivals emerald and a fire that exceeds diamond ([Arem and Clark, 2024](#)). It's the most well-known andradite garnet and one of the most valuable garnets of any variety. Even with the discovery of new sources since the 1990s, demantoid remains very rare. Clean, facetable stones command very high prices per carat. However, demantoids with horsetail inclusions wavy, golden, and fibrous are especially coveted by collectors ([Arem and Clark, 2024](#)).

From the perspective of geological genesis, demantoid garnet can be broadly divided into two petrogenetic groups: Skarn-hosted and serpentinite-hosted, with the majority originating from serpentinite environments ([Palke and Pardieu, 2014](#)).

In recent years, there has been increasing interest in the geographic origin determination of demantoid garnet, with research focusing mainly on chemical analyses and chemometric methods ([Schwarzinger, 2019](#); [Bindereif et al., 2020](#)), as well as inclusion characteristics ([Lewis, 2018](#)).

From the perspective of geological genesis, demantoid garnet can be broadly divided into two petrogenetic groups: Skarn-hosted and serpentinite-hosted, with the majority originating from serpentinite environments ([Palke and Pardieu, 2014](#)). In this study, new models have been proposed to explain the formation of garnet.

Geological setting

The study area has a very complex geological structure and is characterized by a geological formation known as an ophiolite complex. The sequence are partially to completely serpentinized peridotite, specifically harzburgite and dunite.

Skarn deposits are formed by the interactions between high-temperature magmatic–hydrothermal fluids and reactive (e.g., carbonate) rocks, supplying various commodities including Cu-Au, Ag-Zn-Pb, and Fe ([Meinert, 1992](#)).

Amphibolites, one of the common metabasic rocks in metamorphic terranes from Precambrian to Phanerozoic, can provide valuable information for the study of geological processes ([Barker, 1990](#)). Amphibolite can be formed by metamorphism of mafic igneous rock (ortho-amphibolite) or sedimentary tuff (para-amphibolite).

The amphibole group of minerals represents one of the most compositionally diverse mineral groups, and this diversity is reflected in the very different rock types, tectonic environments, and wide range of P–T conditions in which they occur ([Welch, 2020](#)). Amphibole-rich mafic and ultramafic intrusive rocks could be a ‘hidden’ amphibole reservoir in the arc crust, and therefore amphibole plays a major role in the petrogenesis and differentiation of many arc magmas ([Tiepolo et al., 2012](#)).

Field Occurrence

The study area is characterized by a geological formation known as an ophiolite complex. The sequence are partially to completely serpentinized peridotite, specifically harzburgite and dunite.

Skarn deposits are formed by the interactions between high-temperature magmatic–hydrothermal fluids and reactive (e.g., carbonate) rocks, supplying various commodities including Cu-Au, Ag-Zn-Pb, and Fe ([Meinert, 1992](#)).

Amphibolites, one of the common metabasic rocks in metamorphic terranes from Precambrian to Phanerozoic, can provide valuable information for the study of geological processes ([Barker, 1990](#)). Amphibolite can be formed by metamorphism of mafic igneous rock (ortho-amphibolite) or sedimentary tuff (para-amphibolite).

The amphibole group of minerals represents one of the most compositionally diverse mineral groups, and this diversity is reflected in the very different rock types, tectonic environments, and wide range of P–T conditions in which they occur ([Welch, 2020](#)). Amphibole-rich mafic

and ultramafic intrusive rocks could be a ‘hidden’ amphibole reservoir in the arc crust, and therefore amphibole plays a major role in the petrogenesis and differentiation of many arc magmas ([Tiepolo et al., 2012](#)).

Analytical Methods

All rock samples and mineral identification were first studied by a polarized light microscope. Representative samples were used for further investigation by X ray diffraction (XRD), X ray fluorescence (XRF), scanning electron microscope (SEM) analysis and micro-Raman spectroscopy methods.

Ten original crystals of transparent to translucent andradite (var. Demantoid) were separated from the host rock and faceted. The faceted samples were examined by standard and advanced gemmological methods to characterize their physical and optical properties.

Raman spectroscopic measurements were performed on a Edinburgh RM5 microspectrometer instrument, connected to an Zeiss microscope with confocally coupled monochromator (focal length 800 mm) at the central lab of Ferdowsi university of Mashhad.

Raman spectroscopy was performed at the central laboratory of Ferdowsi University of Mahhad. The instrument model is a LabSpec 6 laser Raman spectrometer. The experimental conditions are as following: the wavelength of the excitation laser was 532 nm, the exposure time was 1 s, and the scanning wave number range was 100~2000 cm⁻¹.

Inclusions in 5 of the samples from Bagh Borj were analyzed by Raman spectroscopy using a Thermo Scientific DXR Raman microscope with 532 nm laser excitation.

Scanning electron microscopy (SEM-EDS) analyzes of inclusions in two samples from Takab were performed using a scanning electron microscope. Measurements were taken at 15 kV, with a 40 s acquisition time for each analysis and a 3 µm spot size. Ten pieces of transparent garnets were separated from the host rock.

Results

As an indicator mineral, garnet composition and texture can effectively reveal the physical and chemical properties of ore-forming fluids and record hydrothermal fluid evolution and water–rock reactions (Gaspar et al., 2008). Moreover, garnet chemistry is widely used to reveal skarn formation processes such as the metasomatism mechanism ([Xiao et al., 2018](#)).

The result of chemical composition and trace elements of garnets showed that the 3 major sources of demantoid of Iran, Kerman (Gabri), Bagh Borj, and Takab, could be distinguished

by using a plot of the Mn/Ti ratio versus the sum of Cr and V in combination with the Al content (Table 1).

The chemical compositions established by XRF and ICP. The samples are andradite with a very low content of Al. Fe is the main component of demantoid and plays a crucial role in its coloration as an end member.

From the trace elements detected, Cr was the most abundant, along with minor concentrations of Mn, Ti, and V.

The heavy mineral garnet can be used for the identification of the potential lithologies exposed in the source area. Garnet is a particular useful mineral in provenance research because of its wide range of major element composition, its high importance in defining metamorphic conditions, and its comparative stability during transport and burial diagenesis (Deer et al., 1992).

Garnet chemistry also has important provenance applications in gemology, where the mineral chemical composition is used as a fingerprint to trace the source of gemstone garnet (Mathis et al., 2008).

Garnet has been widely applied to estimate the P-T conditions of mantle rocks, the P-T-t metamorphic history of metamorphic rocks based on the temperature-dependent (e.g., Fe, Mg) and pressure-sensitive (e.g., Ca) elements exchange experiments between garnet and coexisting mineral phases (Caddick and Kohn, Sun and Liang, 2015).

Inclusions in garnet are useful indicators of metamorphic grade (Krippner, 2014). certain garnet compositions are most likely related to specific source rocks such as high-grade metamafic rocks, granulite-facies metasedimentary rocks, granitoids, and skarn deposits (e.g., Morton et al., 2004, Mange and Morton, 2007, Aubrecht et al., 2009).

Hydrothermal garnets recorded the process of fluid-rock interactions and can therefore reveal the physicochemical conditions of hydrothermal mineralization, which include the fluid temperature, oxygen fugacity, fluid flow rate, pH, and chemical compositions (Jamtveit et al., 1993, Park et al., 2017, [Xiao et al., 2018](#)). Some researchers suggested that garnets from Cu-dominated skarns have higher Cu contents than those from other types of skarns (Karimzadeh Somarin, 2004), and W-Sn skarns have high Sn content in their garnets (Zhou et al., 2017). These studies provide new insights into using garnet trace element chemistry to classify skarn deposits and mineral exploration.

Garnets in different areas have different texture and mineralogical characteristics. Demantoid garnet in the study area comprises 4 types: :1) Garnet andradite in the serpentinite zones, 2)

Garnet andradite in the contact skarn, 3) Oscillatory-zoned Garnet andradite in proximal skarn, 4) Garnet andradite in distal skarn.

Table 1. XRF analysis results (wt.%) of garnets from the study area.

	SiO ₂	CaO	FeO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	MnO	MgO	TiO ₂	Cr ₂ O ₃	Total
Dark gray	36.7	33.91	15.83	-	7.84	0.15	0.29	0.71	1.18	96.61
bright gray	35.6	31.99	1.4	24.75	2.78	0.15	-	-	-	96.68

Gemological properties of garnet

The samples underwent examination utilizing standard and advanced gemological methods to determine their physical and optical properties (Table 2). The samples were transparent to translucent, with a vitreous luster and green color.

Their microscopic characters, specific gravity, refractive indices, densities and ultraviolet fluorescence.

The samples were investigated for ultraviolet fluorescence under long (365 nm) and short (254 nm) wavelength ultraviolet light. X-ray fluorescence (XRF) was performed using an EDX-7000.

Raman spectroscopy was performed at the department of applied gemology and industrial minerals of Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran. The instrument model is a LabSpec 6 laser Raman spectrometer produced by Horiba Scientific, Osaka, Japan. The experimental conditions are as follows: the exposure time was 1 s, the wavelength of the excitation laser was 532 nm, and the scanning wave number range was 100~2000 cm⁻¹.

Table 2) Gemological properties of Bagh Borj samples

	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄
Color	Deep green	Green	Deep green	Green
Luster	Glassy	Bright glassy	Glassy	Glassy
R.I	>1.81	>1.81	>1.81	>1.81
Density	3.83	3.86	3.83	3.83
Diaphaneity	Transparent	Transparent	Transparent	Transparent

Garnet has a homogeneous composition of $\text{Alm}_{66-71}\text{Grs}_{14-17}\text{Prp}_{9-12}\text{Sps}_{3-5}$, amphibole is ferro-hornblende, biotite belongs to the ferro-biotite species and pyroxene is dominated by orthopyroxene with few clinopyroxene.

The minor and trace elements of demantoids from different areas were measured and differentiate the chemical diversity by using advanced methods to determine the origin of demantoids.

Demantoid of Bagh Borj has a unique geological origin resulting from the interaction of geological processes and regional tectonic activities as well as serpentinization and skarnization processes.

Raman spectroscopy (Fig. 1) revealed absorption peaks near 868 cm^{-1} , 816 cm^{-1} and 517 cm^{-1} , associated with $(\text{Si-O})_{\text{Str}}$ vibrations (Si-O stretching vibration), and absorption peaks are displayed near 358 cm^{-1} , related to the rotation of $\text{SiO}_4\text{-R}(\text{SiO}_4)^{4-}$, and the peaks near 517 cm^{-1} are related to $(\text{Si-O})_{\text{bend}}$ vibrations (Si-O bending vibration). Additionally, related absorption peaks near 164 cm^{-1} are attributed to the translation of $\text{SiO}_4\text{-T}(\text{SiO}_4)^{4-}$, and absorption peaks near 226 cm^{-1} are associated with the translation of $\text{X}^{2+}\text{-T}(\text{X}^{2+})$ (X^{2+} represents divalent ions).

The common inclusions found in Bagh Borj demantoid consist of a combination of calcite, magnetite and hematite. This combination of inclusions differentiates Bagh Borj demantoids (Fig. 2) from demantoids sourced from Kerman and Takab area.

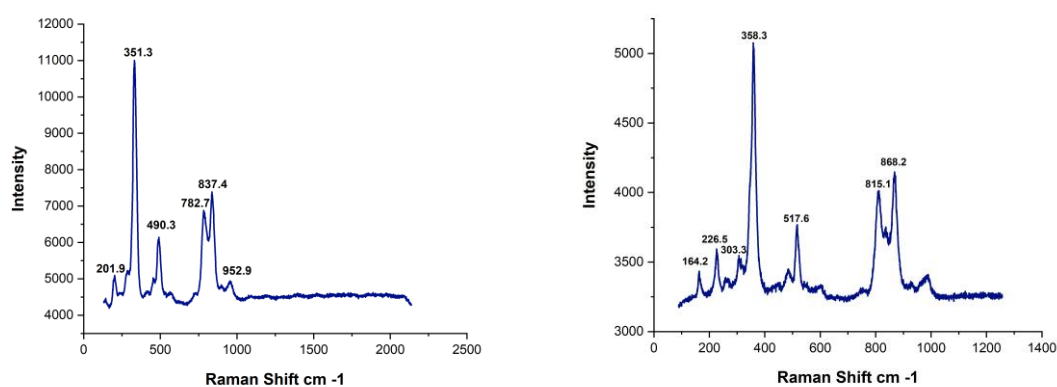


Fig. 1) Raman spectrum of demantoid from Bagh Borj.

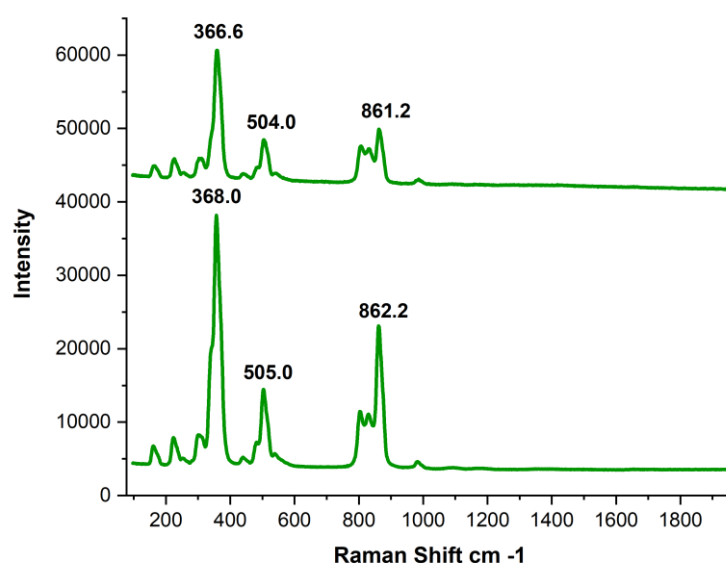


Fig. 2) Comparison of different demantoids from Bagh Borj

Conclusion

Demantoid garnet in the study area, is formed under complex geological process and geochemical conditions. The geological formation of demantoid garnet involves a complex interplay of different processes, (e.g. suitable parent rocks, chemical reactions, metamorphic processes, hydrothermal activities and time).

The parent rocks from which demantoid garnet originates is serpentinite or other ultramafic rocks rich in Mg, Fe and Cr, which are essential components for the formation of garnet. The green color of demantoid is related to the presence of Cr and/or iron within its crystal structure. Pre-existing rocks were subjected to high pressure and temperature conditions within the area. As metamorphism progresses, faulting and fracturing become favorable conditions for the crystallization of garnet within the rock. Hydrothermal fluids rich in Ca, Al and other elements infiltrated the metamorphic rocks, providing the necessary ingredients for demantoid growth.

References

- Ahmad Zadeh, S. (2009) Investigation of petrography, geochemistry and thermodynamic conditions of formation of metamorphic rocks of Alam Kandi complex in west of Mahenshan, northwest of Iran. MSc thesis. University of Tabriz.
- Arem, J. E. and Clark, D. (2024) Demantoid Garnet Value, Price, and Jewelry Information. International Gem Society.
- Babakhani and Ghalamghash, (1991) Geological map of Takhte Solieman.
- Barker, A.J. (1990) Introduction to Metamorphic Textures and Microstructures; Blackie: Glasgow, UK.
- Baxter, E. F.; Caddick, M. J. and Ague, J. J. (2013) Garnet: Common mineral, uncommonly useful. *Elements* 9: 415–419.

- Bindereif, S., Rüll, F., Schwarzsinger, S. & Schwarzsinger, C. (2020) Chemometric modeling of trace element data for origin determination of demantoid garnets. *Minerals*, 10(12), article 1046 (15 pp.).
- Giuliani, G.; Pignatelli, I.; Fallick, A.; Boyce, A.; Andriamamonjy, A.; Razafindratsimba, S. and Khan, T. (2017) Gem Andradite Garnet Deposits Demantoid Variety. *InColor*. 36.
- Krippner, A.; Meinhold, G.; Morton, A. C. and Eynatten, H. (2014) Evaluation of garnet discrimination diagrams using geochemical data of garnets derived from various host rocks. *Sedimentary Geology*, Vol. 306, Pages 36-52
- Lewis, Z. 2018. Beyond ‘horse tails’ in demantoid garnet. *Gems&Jewellery*, 27(4), 32–35.
- Palke, A. C. and Pardieu, V. (2014) Demantoid from Baluchistan Province in Pakistan. *Gems Gemol.* 50, 302–303.
- Meinert, L. D., (1992) Skarns and skarn deposits. *Geosci. Canada*, 19 (1992), pp. 145-162.
- Schwarzsinger, C. (2019) Determination of demantoid garnet origin by chemical fingerprinting. *Monatshefte für Chemie - Chemical Monthly*, 150(5), 907–912.
- Somarin, A. K. (2012) Use of garnet as a mineral exploration tool. In *Garnet: Metamorphic History, Composition and Crystallization*. Schweitzer, H. and Metzger, J. (eds). Nova Science Publishers Inc., New York, 225-239.
- Tiepolo, M.; Langone, A.; Morishita, T.; Yuhara, M. (2012) On the Recycling of Amphibole-rich Ultramafic Intrusive Rocks in the Arc Crust: Evidence from Shikanoshima Island (Kyushu, Japan). *J. Petrol.* 53, 1255–1285.
- Welch, D.M. (2020) Amphiboles. In *Encyclopedia of Geology*, 2nd ed.; Elias, S., Alderton, D., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA; pp. 297–300.
- Zhang, J. Y., Li, G., Tian, Y. and Schmitz, F. (2024) Inclusions and Spectral Characterization of Demantoid from Baluchistan, Pakistan. *Crystals*.
- Xiao, X.; Zhou, T.F.; Noel, C.W.; Zhang, L.J.; Fan, Y.; Wang, F.Y.; Chen, X.F. (2018) The formation and trace elements of garnet in the skarn zone from the Xinqiao Cu-S-Fe-Au deposit, Tongling ore district, Anhui Province, Eastern China. *Lithos*, 302–303, 467–479.

**IRANIAN JOURNAL OF
GEMOLOGY AND INDUSTRIAL MINERALS**

Volum1

Number2

Tir 1405/2026

CONTENTS

Occurrence of the gem mineral spinel in Manshad skarns (south of Yazd)

Sh. Sherafat, M. Khodami.

Survey of precious and semi-precious stones in Kerman Province

M. Farahani, H. Haj Hassani, F. Tavakoli.

Evaluation of gemstones in Taft County from the perspective of gemology and gem cutting

J. Ghanei Ardakan.

Gemological and gemological evaluation of Variscite lead and zinc mine in Kushk Bafgh.

J. Ghanei Ardakan.

The first report of Moissanite occurrence in Iran (Hormuz formation, South of Iran)

S. Zamani, H. Basirat, M. Mackizadeh, V. Hayrapetyan.

The Formation, genesis and exploration implication of garnet in Serpentinities of Bagh Borj (Kerman Province, Iran).

M. Razmara, S. Aghebati.

IRANIAN JOURNAL OF GEMOLOGY AND INDUSTRIAL MINERALS

This journal is the publication of the Iranian Society of Gemology and Industrial Minerals, which is published every three months, and is devoted to papers on all aspects of Gemology and Industrial Minerals in Persian or English.

EDITOR

M. Razmara and Kh. Ebrahimi

EDITORIAL BOARD

Dr.Kh. Ebrahimi, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.

Dr.M. Razmara, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.

Dr. B. Haj Alilou, Department of Geology, Faculty of Sciences, PayamNoor University , Tabriz Cener.

Dr. M. Mackizadeh, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Isfahan.

Dr. F. Aliani, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Haedan.

Dr. B. Etemadi, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Shiraz.

Dr.Z. Alaminia, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad.

Dr.A. Abedi, Department of Geology, Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Shahrood.

Dr.Z. Mokhtari, Department of Geology, Faculty of Sciences, University of Neishabour.

EDITING CONSULTANT

IJGIM address: Iranian Journal of Gemology and Industrial Minerals(IJGIM), Faculty of Sciences, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. Tel-Fax: (+98)5138805495

Email: gemiran@um.ac.ir Website: <https://gemiran.um.ac.ir>



GIMJ

The Gemological and
Industrial Minerals Journal



تأثیر عناصر و کانی‌های حیاتی بر آینده زندگی بشر

