

بسم الله الرحمن الرحيم

به نام خداوند کانی و زر

خداوند الماس و دیگر گوهر

خداوند یاقوت و لعل و اپال

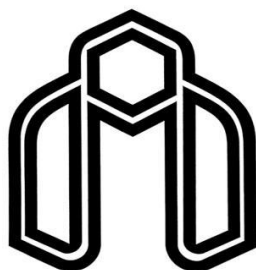
خداوند در، کهربا و کپال

خدایی که یشم و عشیق آفرید

همه یک به یک را دقیق آفرید

به فیروزه رنگ و جلایی بداد

همه گوهران را پس از آن نهاد



دانشگاه صنعتی شاهرود

دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک

پایان نامه کارشناسی ارشد اکتشاف مواد معدنی

بررسی کانی‌سازی های سیلیس در منطقه چاه اندو، جنوب دامغان از نظر کوه‌رشناسی

مکارنده: مریم شاکویی

استاد راهنما

دکتر آرزو علبدی

شهریور ۱۳۹۷

تقدیم بہ:

پدر و مادر مہربانم

ہمسر عزیزم

و دختر دلبندم؛ تمسینم

تشکر و قدردانی

پس از ارادت خاضعانه به درگاه خداوند بی‌همتا، به رسم ادب و احترام بر خود واجب می‌دانم از کسانی که در تهیه این پایان‌نامه مرایای نموده‌اند تشکر و قدردانی نمایم.

در ابتدا از استاد فرزانه و بزرگوارم سرکار خانم دکتر آرزو عابدی که با راهنمایی‌ها و نظرات ارزنده‌شان نقش مهمی در به ثمر رساندن این پایان‌نامه داشته‌اند، صمیمانه تشکر و قدردانی می‌نمایم و موفقیت روزافزون ایشان را از ایند منان خواستارم.

از اعضای خانواده‌ام که با صبر و بردباری مشوق من در این راه بوده‌اند و دوستان عزیزم که هر کدام به نوعی در انجام این پروژه نقش داشته‌اند کمال تشکر و قدردانی را دارم.

مریم شاکویی

تابستان ۱۳۹۷

تعمدنامه

اینجانب **مریم شاکویی** دانشجوی دوره کارشناسی ارشد رشته **مهندسی معدن** گرایش **اکتشاف** دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود نویسنده پایان نامه ت بررسی **کانی سازی های سیلیس در منطقه چاه اندو، جنوب دامغان از نظر گوه رشناسی** تحت راهنمایی دکتر **آرزو عابدی** متعهد می شوم:

- تحقیقات در این پایان نامه توسط اینجانب انجام شده است و از صحت و اصالت برخوردار است.
- در استفاده از نتایج پژوهش های محققان دیگر به مرجع مورد استفاده استناد شده است.
- مطالب مندرج در پایان نامه تاکنون توسط خود یا فرد دیگری برای دریافت هیچ نوع مدرک یا امتیازی در هیچ جا ارائه نشده است.
- کلیه حقوق معنوی این اثر متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد و مقالات مستخرج با نام «دانشگاه صنعتی شاهرود» و یا «Shahrood University of Technology» به چاپ خواهد رسید.
- حقوق معنوی تمام افرادی که در به دست آمدن نتایج اصلی پایان نامه تأثیرگذار بوده اند در مقالات مستخرج از پایان نامه رعایت می گردد.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که از موجود زنده (یا بافت های آنها) استفاده شده است ضوابط و اصول اخلاقی رعایت شده است.
- در کلیه مراحل انجام این پایان نامه، در مواردی که به حوزه اطلاعات شخصی افراد دسترسی یافته یا استفاده شده است اصل رازداری، ضوابط و اصول اخلاق انسانی رعایت شده است.

امضای دانشجو

تاریخ ۱۳۹۷/۶/۴

مالکیت نتایج و حق نشر

- کلیه حقوق معنوی این اثر و محصولات آن (مقالات مستخرج، کتاب، برنامه های رایانه ای، نرم افزارها و تجهیزات ساخته شده است) متعلق به دانشگاه شاهرود می باشد. این مطلب باید به نحو مقتضی در تولیدات علمی مربوطه ذکر شود.
- استفاده از اطلاعات و نتایج موجود در پایان نامه بدون ذکر مرجع مجاز نمی باشد.

منطقه کانی سازی شده آگات- ژاسپر چاه اندو در ۱۰۰ کیلومتری جنوب غرب دامغان در استان سمنان واقع شده است. مهم ترین سنگ های رخنمون یافته در این منطقه شامل بازالت، آندزیت - بازالت، توف و سنگ های دگرگونی می باشد. آگات، ژاسپر و آگات - ژاسپر مهم ترین نوع کانی های سیلیس می باشند که به صورت قطعات خرد شده در ابعاد میلی متری تا نیم متر پراکنده شده است. اکثر آگات های منطقه از نوع تک مرکز (نواری)، استالاکتیتی (منظره)، خزه ای و تخم مرغی شکل می باشند. ژاسپرها به صورت نواری، خزه ای، توده ای و ژاسپرهای رنگی مختلف مشاهده می شود. در بررسی های طیفسنجی میکرورامان کوارتز آلفا و موگانیت به- عنوان فازهای اصلی در آگات ها و ژاسپرها به همراه ناخالصی هایی مانند هماتیت، کلسیت، کلریت و مواد آلی کربن دار آشکار گردید. بر اساس نتایج حاصل از آنالیز مایکروپروپ اشعه ایکس و فلورسانس اشعه ایکس اکسیدهای آهن، کلسیم، کروم و منگنز مهم ترین ناخالصی های موجود در آگات و ژاسپرهای منطقه می باشد. با مطالعه خصوصیات گوهرشناسی نمونه ها شامل رنگ، بافت، شدت جلا، شفافیت و وزن مخصوص مشخص شد که آگات و ژاسپرهای منطقه از کیفیت بالایی برخوردار بوده و می تواند به عنوان گوهرسنگ معرفی شود. کانی موگانیت از پلی مورفهای سیلیس برای اولین بار با استفاده از روش طیفسنجی رامان در این منطقه و نیز در ایران معرفی می گردد.

کلمات کلیدی: آگات، ژاسپر، طیفسنجی میکرورامان، موگانیت، چاه اندو، گوهر

لیست مقالات استخراج شده:

- ۱- شاکویی م، عابدی آ، (۱۳۹۶)، "بررسی ژاسپرهای منطقه چاهاندو، شمال غرب معلمان، از دیدگاه گوهرشناسی"، چهارمین همایش ملی گوهرشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.
- ۲- مقاله فرستاده شده برای مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران "بررسی کانی‌سازی‌های سیلیس در دشت عقیق-ژاسپر چاهاندو با نگرشی ویژه بر گوهرشناسی".

فهرست مطالب

فصل اول.....	۱
۱-۱ مقدمه.....	۲
۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه.....	۳
۳-۱ موقعیت زمین‌شناسی منطقه.....	۴
۴-۱ مروری بر کارهای انجام شده قبلی.....	۱۱
۵-۱ هدف از انجام مطالعه.....	۱۵
۶-۱ ساختار پایان نامه.....	۱۵
۷-۱ روش مطالعه.....	۱۶
فصل دوم.....	۱۷
۱-۲ مقدمه.....	۱۸
۲-۲ نمونه‌برداری.....	۱۸
۳-۲ آماده‌سازی.....	۱۸
۴-۲ روش‌های آنالیز نمونه‌ها.....	۱۸
۱-۴-۲ آنالیز طیف‌سنجی میکرورامان.....	۱۹
۲-۴-۲ آنالیز فلورسانس اشعه ایکس (XRF).....	۲۰
۳-۴-۲ آنالیز میکروپروب اشعه ایکس (XPMA).....	۲۰
فصل سوم.....	۲۳

۲۴	۱-۳ مقدمه
۲۴	۲-۳ مطالعه میکروسکوپی سنگ دربرگیرنده
۲۹	۳-۳ انواع کانی سازی های سیلیس در منطقه
۲۹	۱-۳-۳ آگات
۳۲	۲-۳-۳ ژاسپر
۳۷	۴-۳ ویژگی های گوهرشناسی کانی سازی های سیلیس
۴۱	فصل چهارم
۴۲	۱-۴ مقدمه
۵۳	فصل پنجم
۵۴	۱-۵ مقدمه
۵۴	۲-۵ آنالیز XRF
۵۷	۳-۵ آنالیز XPMa
۶۳	فصل ششم
۶۴	۱-۶ خلاصه
۶۶	۲-۶ نتیجه گیری
۶۷	۳-۶ پیشنهادات
۶۹	مراجع

فهرست اشکال

- شکل ۱-۱ نقشه راه‌های ارتباطی منطقه چاه‌اندو ۴
- شکل ۱-۲ بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته- رشم ۷
- شکل ۱-۳ الف، ب، پ، ت و ث- کانی‌سازی سیلیس ۸
- شکل ۱-۴ دیاگرام مراحل انجام پایان‌نامه ۱۶
- شکل ۳-۱ تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک ۲۶
- شکل ۳-۲ انواع کانی‌سازی سیلیس در منطقه (انواع ساخت و بافت) ۳۱
- شکل ۳-۳ انواع ژاسپر در منطقه ۳۴
- شکل ۳-۴ انواع بافت کانی‌سازی‌های سیلیس در زیر میکروسکوپ نوری پلاریزان ۳۶
- شکل ۳-۵ تراش گنبدی، اشک، جغه و بیضی بر روی کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه ۳۷
- شکل ۴-۱ الف. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان ۴۳
- شکل ۴-۲ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز و مoganit ۴۴
- شکل ۴-۳ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز و مoganit ۴۴
- شکل ۴-۴ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganit و هماتیت ۴۵
- شکل ۴-۵ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganit ۴۵
- شکل ۴-۶ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganit ۴۶
- شکل ۴-۷ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganit، هماتیت و کلسیت ۴۷
- شکل ۴-۸ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganit، هماتیت ۴۷

- شکل ۴-۹ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، همتایت ۴۸
- شکل ۴-۱۰ الف. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و همتایت ۴۹
- شکل ۴-۱۱ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و ۴۹
- شکل ۴-۱۲ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، همتایت ۵۰
- شکل ۴-۱۳ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و ۵۰
- شکل ۵-۱ نتایج آنالیز XRD بر روی یک نمونه آگات-ژاسپر منطقه چاه‌اندو ۵۶
- شکل ۵-۲ الف- نمونه دستی آگات-ژاسپر سیاه ۵۸
- شکل ۵-۳ الف- نمونه دستی آگات-ژاسپر قرمز و سبز ۵۹
- شکل ۵-۴ الف- نمونه دستی آگات سبز ۵۹
- شکل ۵-۵ الف- نمونه دستی ژاسپر زرد و قرمز ۶۰
- شکل ۵-۶ الف- نمونه دستی ژاسپر رنگی مختلف ۶۱
- شکل ۵-۷ الف- نمونه دستی ژاسپر سبز ۶۲

فهرست جداول

- جدول ۱-۳ علائم اختصاری کانی‌های موجود در مطالعات میکروسکوپی ۲۸
- جدول ۲-۳ کانی‌های عامل تنوع رنگ در ژاسپرها ۳۵
- جدول ۳-۳ ویژگی‌های گوهرشناختی آگات، ژاسپر و آگات-ژاسپرها ی چاه‌اندو ۳۸
- جدول ۱-۴ باندهای مشاهده شده در طیف‌سنجی میکرورامان ۵۱
- جدول ۱-۵ نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی، مواد فرار ۵۵

فصل اول

کلیات

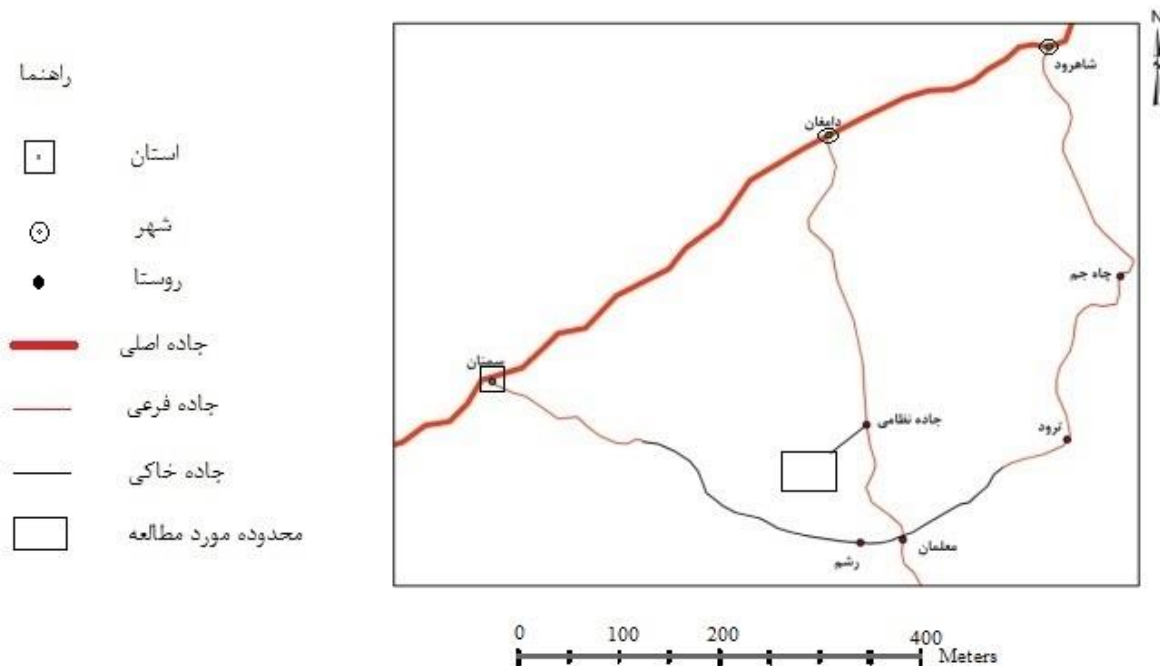
گوهرها که بخش نسبتاً کوچکی از دنیای کانی‌ها و سنگ‌ها را تشکیل می‌دهند از دیرباز و از روزگاران کهن همواره مورد توجه انسان بوده است به طوری که سهم عمده‌ای از اقتصاد کشورها بر پایه معاملات و داد و ستد گوهرهاست [معزز لسکو، ۱۳۸۰]. نام گوهر، سنگ گران‌بها و یا نیمه-قیمتی معمولاً برای دسته‌ای از کانی‌ها به کار برده می‌شود که با داشتن برخی ویژگی‌ها از دیگر مواد معدنی و سنگ‌ها متمایز هستند که این ویژگی‌ها عبارتند از: سرشت زیبایی و درخشش و جلای دل‌پسند، استحکام، کمیاب بودن، رنگ و قابلیت حمل و نقل [قربانی، ۱۳۸۲]. شرایط زمین‌شناسی لازم برای تشکیل کانی‌های گوهری با کیفیت شامل حضور عوامل رنگی به اندازه کافی، تمرکز محدود عناصر نامطلوب، فضای کافی برای رشد بلورها، محیطی مساعد برای تشکیل بلورهای با اندازه و شفافیت کافی و محیطی مناسب برای معدنکاری می‌باشد که به ندرت یافت می‌شود [Emmanuel Fritsch, 2009]. امروزه گوهرشناسی از یک فعالیت تجاری به یک علم شناسایی تبدیل شده است. از گوهرهای مختلف در کارهای تزئینی، علمی، صنعتی و گالری‌های جواهر استفاده می‌شود و لذا بازار جهانی پرسودی را به خود اختصاص داده است. ارزش سالیانه تجارت گوهرها و جواهرآلات در حدود ۱۵۰ بیلیون دلار برآورد شده است که حدود ۲۰ تا ۲۵ بیلیون دلار آن از تجارت گوهرها است [Emmanuel Fritsch, 2009]. گوهرسنگ‌ها و شغل‌های وابسته به آن از جمله جواهرسازی و طراحی گوهرسنگ‌ها و جواهرات یکی از منابع درآمدزا در دنیا و به‌خصوص در آسیا به شمار می‌رود که پتانسیل بالقوه‌ای در رشد و توسعه اقتصادی کشورها محسوب می‌شود [تقی‌زاده اناری، ۱۳۹۴]. کشور ایران در طی چندین دهه گذشته به علت برخی کاستی‌ها و نواقص، از سیر شتابان تحولات در صنعت جهانی جواهرات بازمانده و جایگاه تاریخی خود را به تدریج از دست داده است؛ لذا ضروری است که با شناسایی کمبودها و تلاش برای مرتفع ساختن آن‌ها، تحولی بنیادین در علم و صنعت جواهرات کشور ایجاد گردد تا با بهره‌گیری از پتانسیل‌های موجود، بتوان جایگاه شاخص و برآورنده‌ای در عرصه بین‌المللی کسب نمود و از

ارزش افزوده بالای این صنعت در جهت رشد و شکوفایی اقتصاد کشور سود جست [مجتهدزاده، ۱۳۹۵]. سرزمین پهناور ایران شامل ساختارهای گوناگون سنگی، حوادث تکتونیکی مختلف و ماگماتیسم متنوع در چندین مرحله است که مجموعه این عوامل باعث تشکیل کانسارهای متفاوت و به طبع آن کانی‌های متنوع و شاخص در مقیاس ماکروسکوپی شده است [رحیمزاده، ۱۳۹۵]. بر اساس گزارش پی‌جویی سنگ‌های قیمتی ایران و شواهد یافت شده بسیاری از سنگ‌های قیمتی مانند انواع آگات‌ها و کوارتزها در ایران وجود دارد که می‌توان بسیاری از این ذخایر را در آینده اکتشاف نمود؛ لذا این امر نه تنها از نیاز واردات گوهرها کاسته بلکه زمینه را برای سرمایه‌گذاری و صادرات آن‌ها مهیا می‌نماید [تقی‌زاده اناری، ۱۳۹۴]. عقیق یا آگات، ژاسپر و سایر گوهرهای مربوط به خانواده سیلیس، گوهرسنگ‌هایی هستند که به دلیل قداست، در ایران و سایر کشورهای اسلامی، از دیرباز مورد توجه بسیار بوده است [دولت، ۱۳۸۸]. در ایران انواع کانی‌سازی‌های سیلیس شامل آگات (عقیق)، درکوهی، آمیتیست، کلسدونی، ژاسپر، اوپال در کمان‌های ماگمایی ترشیری (کمان‌های ارومیه-دختر، معلمان-خواف و البرز-آذربایجان) توزیع فراوانی دارد و قابل پی‌جویی است [افاضلی اولادی، ۱۳۹۰].

در این پژوهش برای اولین بار کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه چاه‌اندو تحت عنوان دشت آگات-ژاسپر معرفی و به بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و گوهرشناسی انواع سیلیس‌های منطقه مورد نظر پرداخته می‌شود.

۲-۱ موقعیت جغرافیایی و راه‌های ارتباطی منطقه

منطقه مورد مطالعه در ۱۰۰ کیلومتری جنوب دامغان و در پهنه‌ای به مختصات جغرافیایی حدودی با عرض‌های $35^{\circ} 25' 45''$ تا $35^{\circ} 26' 24''$ شمالی و طول‌های $54^{\circ} 14' 12''$ تا $54^{\circ} 38' 15''$ شرقی در زون ساختاری کلاته‌رشم واقع شده است. بهترین راه دسترسی به منطقه از جاده دامغان به معلمان و گذشتن از جاده نظامی می‌باشد. نیمی از این مسیر آسفالت‌ه و بقیه راه خاکی



درجه دو و سه است (شکل ۱-۱).

شکل ۱-۱ نقشه راه‌های ارتباطی منطقه چاه‌اندو

با توجه به نزدیکی ناحیه مورد بررسی با دشت کویر، این منطقه در مجموع تحت تاثیر جریان‌های گرم و خشک قرار دارد. عواملی نظیر دوری از دریا، روند عمومی ارتفاعات، بلندی از سطح دریا و جهت وزش بادهای موسمی در آب و هوای این ناحیه تاثیر داشته‌اند. تنوع ناهمواری‌ها و نزدیکی کویر و کوهستان در این ناحیه سبب ایجاد تغییرات فشار هوا شده است. آن‌چنان که با وزش بادهای محلی بادهای کویری نیز همراه است. محدوده ورقه کلانته رشم دارای آب و هوای کویری به نسبت گرم و خشک در تابستان و سرد و خشک در زمستان است. در فصول سرد بادهای باختری موجب افزایش رطوبت هوا و ریزش باران می‌شود. این ناحیه از این جهت که در آغاز کویر جندق جای گرفته است به منطقه سر کویر معروف است.

۱-۳ موقعیت زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در این پژوهش دشت کانی‌سازی ژاسپر و آگات با وسعتی حدود ۷۰۰

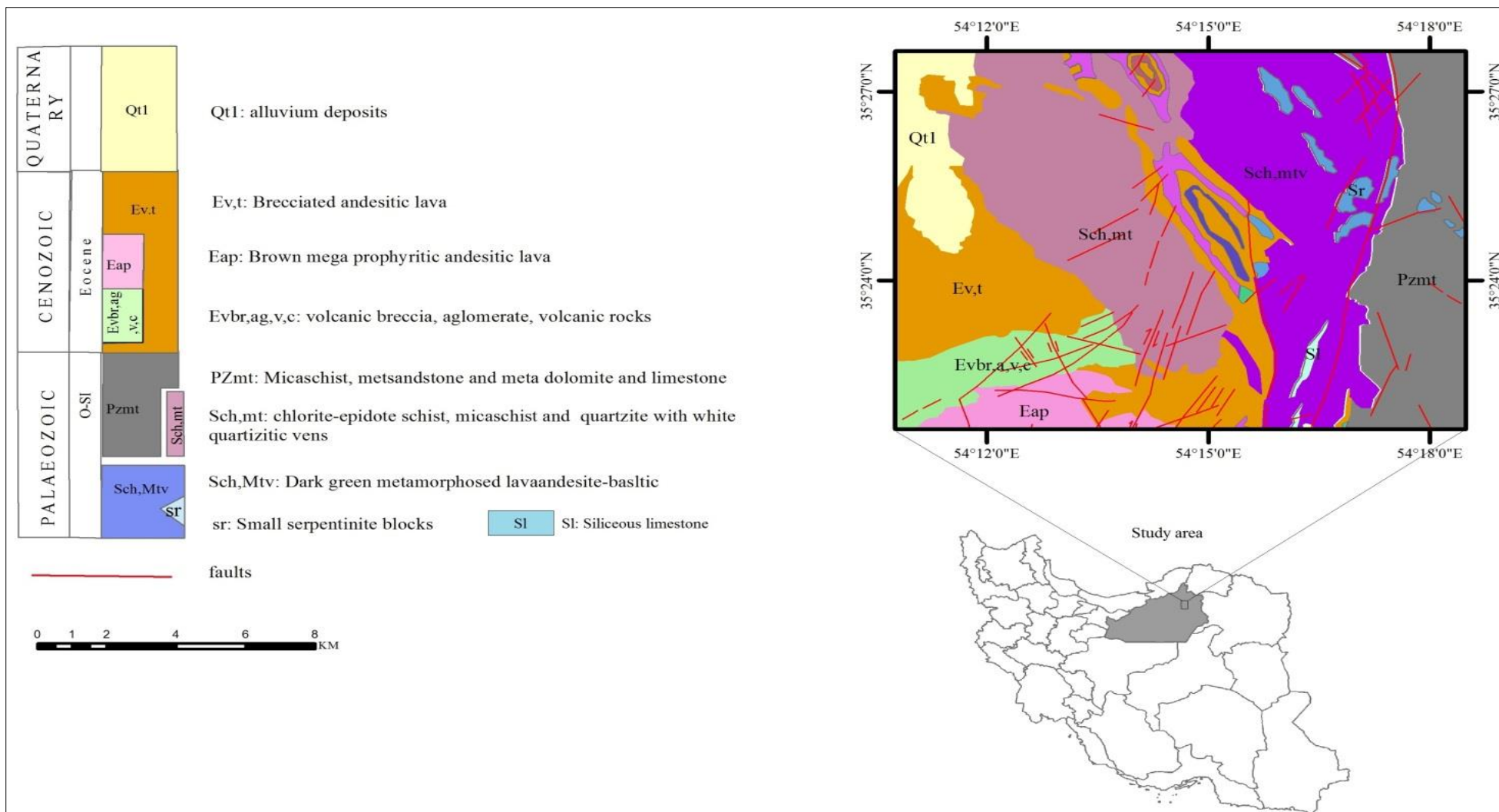
مترمربع از منطقه چاه اندو در استان سمنان می‌باشد که از نظر زمین‌شناسی در قسمت مرکزی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته-رشم قرار دارد [جعفریان]. ناحیه کلاته رشم در بخش شمالی زون ساختاری ایران مرکزی واقع شده است که می‌توان آن را به سه حوضه کوچکتر تقسیم نمود: ۱. نیمه جنوبی ورقه در محدوده حوضه رسوبی جندق. ۲. نیمه شمالی ورقه شامل کمر بند ترود چاه شیرین. ۳. بخش کوچکی از گوشه شمالی باختری ورقه در محدوده باریک رشته کوه‌های انجیلو.

در این زون ساختمان‌های تکتونیکی بسیاری اعم از تاقدیس یا ناودیس و انواع گسل‌ها وجود دارد. عناصر ساختاری در اغلب واحدهای سنگی به ویژه سنگ‌های دگرگونه پیش از ژوراسیک زیرین دارای روند شمالی- جنوبی است. این سنگ‌ها در بین دو گسل ترود در جنوب و انجیلو در شمال محصور شده‌اند.

ناحیه کلاته رشم در یک زون کانی‌سازی واقع است که از عباس آباد آغاز و پس از عبور از بیارجمند و ترود به جنوب گرمسار پایان می‌پذیرد. از آثار معدنی یا معادن موجود در این منطقه می‌توان به کانی‌سازی‌های فلزی و غیرفلزی اشاره نمود. کانی‌سازی‌های فلزی شامل موارد زیر است: کانی‌سازی آهن، مس و روی. کانی‌سازی‌های غیرفلزی نیز شامل بنتونیت، رگه‌های فلدسپات‌دار، سیلیس و نمک و گچ می‌باشد. کانی‌سازی‌های سیلیس به عبارتی ژاسپرهای در ظاهر قرمز و زرد در سطح دشت به صورت قطعات خرد شده در ابعاد میلی‌متری تا نیم متر پراکنده شده است. در برخی قسمت‌ها به صورت رگه‌های پراکنده در سطح زمین مشاهده می‌شود که رخنمون آن‌ها در محل ریشه بوته‌ها و درختچه‌ها مشهودتر است. همچنین آگات‌های موجود در منطقه به صورت کروی و تخم‌مرغی^۱ شکل درون حفرات سنگ‌های آتشفشانی از ابعاد کمتر از ۱ سانتی‌متر تا بیشتر از ۸ سانتی‌متر مشاهده می‌شود (شکل ۱-۳). بر اساس اطلاعات نقشه زمین

¹ Thunder egg

شناسی کلاته-رشم مهم‌ترین واحدهای سنگی رخنمون یافته در این منطقه گدازه‌های آندزیتی، توف و برش‌های دوران سوم (ائوسن) و همچنین گدازه‌های آندزیت- بازالتی دگرگونه، توف دگرگونه، میکاشیست و کوارتز با سن اردوئین می‌باشد که در ذیل تشریح می‌شود (شکل ۱-۲).



شکل ۲-۱ بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته- رشم با مناطق حاوی کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه چاه‌اندو [جعفریان]



شکل ۱-۳ الف و ب- دشت آگات و ژاسپر چاهاندو







ادامه شکل ۱-۳ پ، ت و ث- کانی سازی سیلیس به صورت رگه های پراکنده و در محل ریشه بوته ها و درختچه ها و درون حفرات سنگ های آتشفشانی. ج. چ- کانی سازی سیلیس در ابعاد چند متری و در عمق.

مهمترین واحدهای زمین شناسی در منطقه براساس نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته- رشم به شرح زیر می باشد:

قدیمی ترین سنگ های رخنمون یافته شامل گدازه های آندزیتی- بازالتی دگرگونه، شیست سبز، میکاشیست، کوارتزشیست، سیلیس دگرگون شده، دولومیت مرمری شده و سنگ های اولترابازیکی با سن قبل از اردوئین است (Sch, mtv). علاوه بر آن، این واحد شامل توده های سرپانتینی (Sr) با رنگ سبز تیره و صابونی با کانی اصلی سرپانتین و بافت غربالی است که انواع سرپانتین ها به صورت رشته ای آنتی گوریت و کریزوتیل دیده می شود. کلریت نیز به همراه سرپانتین دیده می شود. هم چنین بر اثر کربناتی و سیلیسی شدن بخش بالایی سنگ های اولترابازیک ناحیه (سرپانتینیت) سنگ های قهوه ای رنگی را به طور ثانوی به وجود آمده اند که به آن ها لیستونیت گفته می شود. کلسدوئن به صورت تبلور اسفرولیتی در حفرات فراوان است. وجود کلسدوئن به این دلیل است که سرپانتین ها هنگام تبدیل به سریسیت و دولومیت سیلیس خود را آزاد می کنند که این سیلیس به صورت مجموعه کریپتوکریستالین (کلسدوئن) متبلور می شود. هم چنین رخنمونی کوچک از شیست سبز (G.Sch) در مجاور چاه اندو دیده می شود [جعفریان].

مجموعه‌ای از شیست، سنگ آهک و دولومیت، ماسه سنگ، توف و سنگ‌های ولکانیک با سن اردوئین سیلورین که همگی دگرگون شده‌اند بیشترین ضخامت و گسترش را در بخشی از منطقه دارند (PZ^{mt}). از نشانه‌های شاخص این شیست‌ها وجود بخش‌های سفید سیلیسی است که این سیلیس نتیجه متامورفیسم است که آزاد شده و در برخی نقاط دارای ارزش اقتصادی نیز می‌باشد. علاوه بر این واحد شیستی Sch, Mt که در ناحیه شمالی دره کلوت رخنمون دارد مربوط به این دوران بوده و از گسترش به نسبت زیاد برخوردار است و در یک ساختمان شبه آنتی کلینالی، یال غربی آن را تشکیل می‌دهد.

مجموعه‌ای از گدازه‌های آندزیتی زیر دریایی، برش آندزیتی، برش توفی، آندزیت پورفیری و توف آندزیتی با سن ائوسن در میان واحدهای ولکانیکی و توفی بیشترین گسترش و ضخامت را دارد. ترکیب سنگ‌های ولکانیکی در این واحد از آندزیت تا آندزیت بازالتی تغییر می‌کند (E^{vt}). همچنین مجموعه‌ای از ولکانیک برش (که سنگ‌های ولکانیک در حد آندزیت است)، آگلومرا، کنگلومرا و افق-هایی از سنگ‌های ولکانیکی با سن ائوسن_الیگوسن در شمال نواحی کلوت رخنمون دارد و ارتفاعات کوتاهی را به وجود آورده است ($E^{vbr,ag}$). ضخامت زیادی از گدازه‌های مگاپورفیری آندزیتی با سن ائوسن_الیگوسن در نواحی کلوت گسترش دارد و معدن مس کلوت نیز در این واحد قرار گرفته است. در این واحد شکستگی‌ها و گسل‌های فراوان به ویژه در جهت شمالی_جنوبی تا اندکی شمال خاوری جنوب باختری دیده می‌شود. در اثر فعالیت دایک‌هایی در امتداد این شکستگی‌ها کانی‌سازی مس دیده می‌شود (E^{ap}).

۱-۴ مروری بر کارهای انجام شده قبلی

مطالعات پتانسیل‌یابی بر روی کانی‌سازی‌های سیلیس از دیدگاه ارزش گوهری، در ایران سابقه کمی داشته که از جمله مهم‌ترین مطالعات انجام شده بر روی کانی‌سازی‌های سیلیس شامل موارد زیر است: نظری (۱۳۷۷) به مطالعه کانی‌شناسی و ژنز آگات‌ها و ژئودهای خور و رابطه آن با تشکیل بنتونیت‌ها

پرداخت. بر اساس مطالعات انجام شده همراهی کانی‌سازی آگات و ژئودهای کوارتز با توف‌های بنتونیتی این تصور را به وجود آورد که احتمالاً بین ژنز آگات و فرآیندهای سیلیس زدایی که در طی پدیده‌های بنتونیتی شدن توف‌ها روی می‌دهد رابطه‌ای مستقیم وجود دارد [نظری، ۱۳۷۷].

مهرپرتو و همکاران (۱۳۸۷) منشا تشکیل ژئودهای آمیتیست جنوب طرود را مورد بررسی قرار داده‌اند. بر اساس مطالعات صورت گرفته محتمل‌ترین الگو برای تشکیل ژئودها شامل دو مرحله است: ۱- فرآیند نفوذ ماگمای اولیه بازالتی به درون واحد توفی و انفجار ناشی از نفوذ این ماگما که باعث ایجاد ژئودهای اولیه می‌شود. ۲- پر شدن ژئودها با آگات، کوارتزهای بی‌رنگ و کلسیت ناشی از آلتراسیون توف آندزیتی و واحد داسیتی موجود در منطقه [مهرپرتو، ۱۳۸۷].

فاضلی اولادی و همکاران (۱۳۹۰) به بررسی خاستگاه سیلیس‌های نیمه قیمتی در ناحیه طرود - معلمان پرداختند. در این منطقه مطالعات ساخت و بافت رگه‌ها دلالت بر کانی‌سازی تحت کنترل شکستگی‌ها و گسل‌های منطقه دارد. مشاهدات و مطالعات آزمایشگاهی و صحرایی به طور قاطع نشان دهنده نقش فعالیت‌های گرمایی در تشکیل آن است. همچنین تشکیل سیلیس در محدوده مورد مطالعه به صورت اپی‌ژنتیک است [فاضلی اولادی، ۱۳۹۰].

حاج علیلو و همکاران (۱۳۹۰) به مطالعه ویژگی‌های کانی‌شناسی، ژئوشیمی، گوهرشناسی و علل تنوع رنگ در آگات‌های میانه پرداختند. با بررسی‌های انجام شده مشخص شد که تنوع ساخت در آگات‌های میانه بیانگر شرایط متفاوت در پر شدن حفره‌های سنگ‌ها از ژل‌های سیلیسی است. آزمایش‌های گوهرشناسی نشان داد که وجود رنگ‌های متنوع در آگات‌های منطقه ناشی از تغییرات جزئی در عناصر ایجاد کننده رنگ (آهن، منگنز، مس و...) در ترکیب ژل‌های سیلیسی است [حاج علیلو، ۱۳۹۰].

ملک محمودی و همکاران (۱۳۹۳) به بررسی منشا و شرایط شکل‌گیری آگات‌های خور و بیابانک پرداختند. بر اساس مطالعات صورت گرفته دریافتند که آگات‌های خور و بیابانک در حفرات گدازه‌های

آشفشانی ائوسن با ترکیب بازالت آندزیتی و در دل افق بنتونیتی خور شکل گرفته‌اند. بر اساس آنالیز XRD ترکیبات پر کننده حفرات در منطقه مورد مطالعه علاوه بر آگات شامل عناصر کلسیت، دولومیت و باریت است. با توجه به بررسی‌های ژئوشیمیایی و مشاهدات صحرایی نقش فرآیندهای گرمایی در تشکیل نمونه‌های مورد مطالعه قابل توجه است [ملک محمودی، ۱۳۹۳].

شیخی قشلاقی و همکاران (۱۳۹۴) مطالعات گوه‌رشناسی در رابطه با آگات‌های جنوب طرود و کیفیت صیقل‌پذیری آن‌ها انجام داده‌اند. با توجه به مطالعات انجام شده می‌توان نتیجه گرفت که کانی‌سازی آگات در اثر انحلال ولکانیک‌های منطقه شکل گرفته است. همچنین از آگات‌هایی که بافت‌های اسفرولیتی دارند به سمت نمونه‌های دارای بافت‌های کریپتوکریستالین و دانه ریزتر کیفیت صیقل‌خوری افزایش می‌یابد [شیخی قشلاقی، ۱۳۹۴].

طالع‌فاضل و اصغرزاده‌اصل (۱۳۹۵) به شناسایی و معرفی پتانسیل‌های سیلیس نیمه‌قیمتی در جنوب سفیدابه (شمال استان سیستان و بلوچستان) پرداختند. بر اساس مطالعات انجام شده منطقه معدنی سفیدابه در زون نه‌بندان-خاش در شمال استان سیستان و بلوچستان متشکل از سنگ‌های ولکانیک و ساب‌ولکانیک حدواسط تا بازیگ شامل بازالت، تراکی‌آندزیت، پیروکسن آندزیت و داسیت به عنوان مهم‌ترین سنگ منشا و خاستگاه سیلیس‌های نیمه‌قیمتی در پتانسیل‌های مدنی حیدرآباد، کندی، لواری آب و هرمک است [طالع‌فاضل، ۱۳۹۵].

آموزگار و ایرانمنش (۱۳۹۵) به بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و نحوه تشکیل ژاسپرهای منطقه بم (استان کرمان) پرداختند. با توجه به مطالعات انجام شده ژاسپرهای منطقه با تنوع رنگی بالا و بافت مستحکم به صورت رگه‌ای و توده‌ای قابل رویت بوده و از لحاظ ژنتیکی از نوع ژاسپرهای حقیقی و به ندرت از نوع شبه ژاسپر می‌باشند [آموزگار، ۱۳۹۵].

منتظمی و همکاران (۱۳۹۵) به مطالعه فرم‌های مختلف آگات منطقه بم از دیدگاه اقتصادی پرداختند. با توجه به مطالعات انجام شده انواع آگات‌های رنگی با ساختار یکنواخت، آگات‌های دارای لایه‌بندی

منظم، آگات‌های غیر یکنواخت و انواع آگات برفی یخی، آگات دندریتیک، آگات ژاسپیر، انیکس، آگات-های خزه‌ای، رگه‌های رزکوارتز و آمیتیست در منطقه شناسایی شده است [منتظمی، ۱۳۹۵].

مهری و همکاران (۱۳۹۵) به بررسی نحوه تشکیل آگات‌های منطقه بم (استان کرمان) پرداختند. بر اساس مطالعات انجام شده تشکیل آگات‌ها در منطقه در دو مرحله صورت گرفته است: ۱- مرحله تشکیل حفرات و شکاف‌های موجود در سنگ میزبان. ۲- مرحله پر شدن حفره‌ها و شکاف‌های موجود در سنگ میزبان [مهری، ۱۳۹۵].

دریکوند و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی ساخت، بافت و منشا تشکیل آگات‌های منطقه چاه‌گنبد (شمال‌شرق سه‌چنگی) پرداختند. بر اساس مطالعات انجام شده ساخت‌های متعدد در آگات‌های منطقه (ستاره‌ای، ژئودی، شعاعی و رشته‌ای) نتیجه ته‌نشینی محلول‌های غنی از سیلیس در درز و شکاف و حفره‌های سنگ‌های منطقه است [دریکوند، ۱۳۹۶].

بهپور و مرادیان (۱۳۹۶) به مطالعه منشا و گوهرشناسی درکوهی منطقه کوه گبری (کرمان، رفسنجان) پرداختند. با توجه به مطالعات انجام شده انواع متفاوتی از کوارتز در رگه‌ها و ژئودهای حاصل از محلول‌های گرمابی غنی از سیلیس در منطقه کوه گبری به وجود آمده است. که علاوه بر مصارف صنعتی می‌توانند برای مصارف گوهری و تزئینی به کار روند [بهپور، ۱۳۹۶].

عبدل‌آبادی و همکاران (۱۳۹۶) به بررسی خصوصیات مینرالوگرافی و ژنز آگات‌ها و ژئوشیمی سنگ میزبان آگات‌های منطقه بایگ در خراسان رضوی پرداختند. بر اساس مطالعات انجام شده منشا سیلیس تشکیل‌دهنده آگات‌های منطقه آندزیت‌ها می‌باشند و با توجه به حجم بالا و گستردگی کانی-زایی در منطقه نقش سیالات گرمابی در تشکیل این آگات‌ها می‌تواند مورد بررسی قرار گیرد [عبدل-آبادی، ۱۳۹۶].

براتی (۱۳۹۶) به بررسی پتانسیل معادن عقیق ایران و مقایسه آن با معادن کشور آذربایجان پرداخت.

بر این اساس با توجه به وابستگی ژنتیکی عقیق به سنگ‌های آتشفشانی اسیدی که چرخش‌هایی از محلول‌های هیروترمال غنی از سیلیس در آن‌ها وجود دارد و با توجه به گستردگی سنگ‌های آتشفشانی اسیدی تا حد واسط در ایران این انتظار می‌رود که ذخایر عقیق در نقاطی از ایران که این سنگ‌ها وجود دارند یافت گردد [براتی، ۱۳۹۶].

انصاری‌فر و همکاران (۱۳۹۶) به تعیین دما و منشا تشکیل آگات‌های رضاآباد (جنوب‌شرق شاهرود) با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن پرداختند. بر این اساس با مقایسه نتایج حاصل از این تحقیق با موارد مشابه در سراسر جهان می‌توان به دمای پایین رسوب‌گذاری آگات‌های رضا آباد پی برد [انصاری‌فر، ۱۳۹۶].

۱-۵ هدف از انجام مطالعه

عقیق (آگات) و گوهرهای مربوط به خانواده سیلیس از جمله گوهرسنگ‌هایی هستند که عموماً به صورت سنگ جوری و محصولات جانبی معادن وارد بازار می‌شوند. سهولت در جابجایی و حمل و نقل از مزیت این کانی‌هاست. از دیگر مواردی که باعث ارزشمندی این مواد معدنی است، هزینه پایین در ایجاد کارگاه‌های تراش و فرآوری آن‌هاست، که از جمله موارد کارآفرینی و اشتغال‌زایی به شمار می‌آید. بنابراین با توجه به حجم عظیم کانی‌سازی‌های سیلیس به خصوص آگات‌ها و ژاسپر‌ها در منطقه چاه-اندو در این مطالعه به بررسی خصوصیات کانی‌شناسی و گوهرشناسی انواع کانی‌سازی‌های سیلیس به ویژه شناسایی انواع آگات‌ها و ژاسپر‌های منطقه با رنگ‌های مختلف (زرد، قرمز، سبز، آبی و...) پرداخته می‌شود؛ که این مطالعات در انتخاب بهترین نمونه‌ها جهت برش و تراش و در جهت ارتقای ارزش افزوده این گوهرها نقش بسزایی دارد.

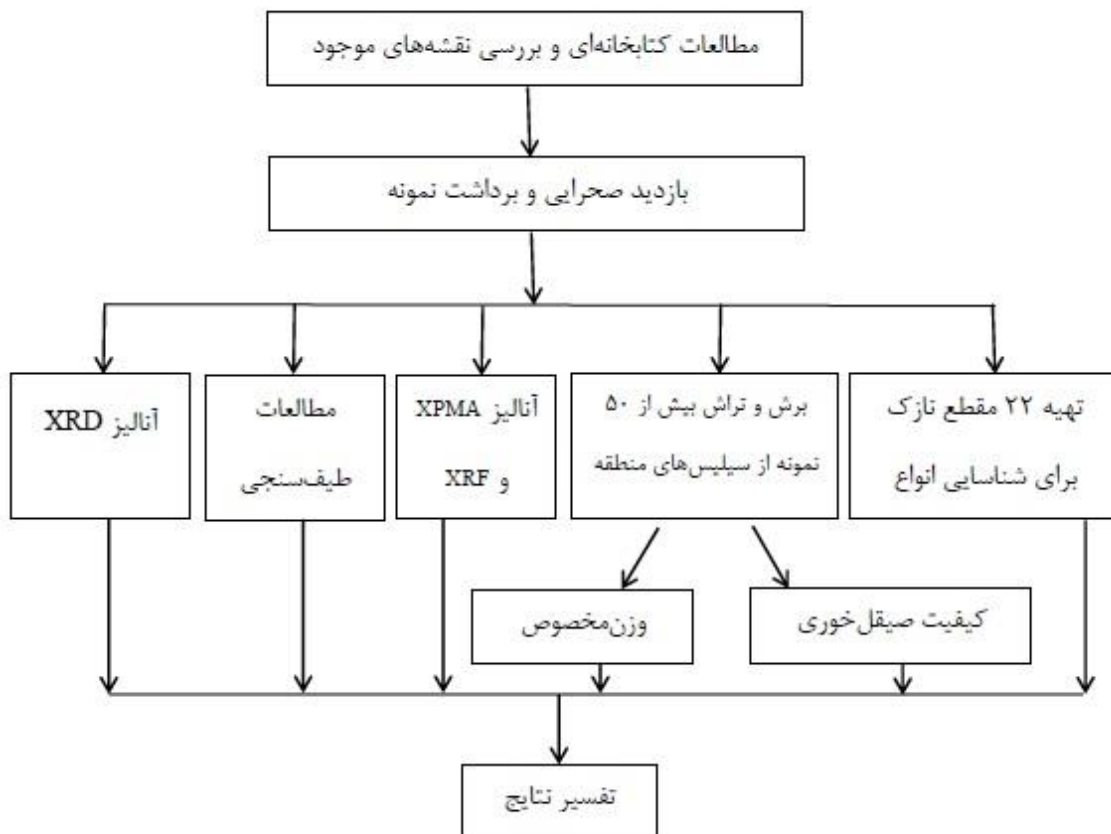
۱-۶ ساختار پایان‌نامه

پایان‌نامه حاضر در شش فصل تدوین شده است. در فصل اول به بررسی موضوع و اهمیت آن، در فصل دوم به نحوه جمع‌آوری نمونه‌ها و روش‌های آماده‌سازی و آنالیز آن‌ها، در فصل سوم به مطالعات کانی-

شناسی، پتروگرافی و گوهرشناسی، در فصل چهارم به بررسی مطالعات طیف‌سنجی رامان و در فصل پنجم به مطالعات شیمی سیلیس شامل فلورسانس اشعه ایکس و میکروپروب اشعه ایکس پرداخته می‌شود. در فصل ششم بحث و نتیجه‌گیری از اطلاعات به دست آمده و خلاصه‌ای از این پژوهش آورده شده است.

۷-۱ روش مطالعه

شکل ۴-۱ دیاگرامی از مراحل انجام این پایان‌نامه را نشان می‌دهد.



شکل ۴-۱ دیاگرام مراحل انجام پایان‌نامه

فصل دوم

نمونه برداری و روش های آنالیز

۲-۱ مقدمه

در این پایان نامه از نمونه‌های مختلف کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه چاه‌اندو استفاده شده است. در این فصل توضیحی در مورد جمع‌آوری نمونه‌ها و روش‌های آماده‌سازی و آنالیز نمونه‌ها آورده شده است.

۲-۲ نمونه برداری

پس از بازدید صحرایی از منطقه چاه‌اندو و نمونه برداری به صورت تصادفی و شناسایی نمونه‌ها به روش دستی از بین حدود ۱۰۰ نمونه جمع‌آوری شده از انواع کانی‌سازی‌های سیلیس که در سطح زمین رخنمون دارند، تعدادی از نمونه‌های دارای رنگ و بافت متنوع به منظور بررسی بافت، ساخت، ترکیب شیمیایی و ویژگی‌های گوهر شناسی انتخاب شد.

۲-۳ آماده‌سازی

جهت مطالعات کانی‌شناسی و پتروگرافی ۲۲ مقطع نازک از کانی‌سازی‌های سیلیس و سنگ‌های دربرگیرنده منطقه و برای مطالعات فلورسانس اشعه ایکس ۱۱ نمونه به صورت پودر تهیه شد. از ۱۵ نمونه تراش خورده جهت مطالعات طیف‌سنجی میکرورامان و از ۶ نمونه دستی جهت آنالیز میکروپروپ اشعه ایکس استفاده شد. به منظور مطالعات گوهرشناسی برش، تراش و صیقل و اندازه‌گیری وزن-مخصوص بیش از ۵۰ نمونه از انواع کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه انجام شد.

۲-۴ روش‌های آنالیز نمونه‌ها

جهت آنالیز نمونه‌ها از روش‌های طیف‌سنجی میکرورامان با استفاده از دستگاه طیف‌سنجی میکرورامان مدل uRaman-532-Ci محصول شرکت Avantes در آزمایشگاه آنالیز و اندازه‌گیری مواد دانشکده فیزیک و مهندسی هسته‌ای دانشگاه صنعتی شاهرود، فلورسانس اشعه ایکس (XRF) با

دستگاه shimadzu-japan مدل XRF 1800 در آزمایشگاه تجزیه مواد معدنی دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود و میکروپروپ اشعه ایکس (XPMa) با دستگاه میکروپروپ اشعه X هوريبا (HORIBA) مدل XGT-7200V در شرکت کانساران بینالود تهران استفاده شد که در ذیل به توضیح مختصری از این روش‌ها پرداخته می‌شود.

۲-۴-۱ آنالیز طیف‌سنجی میکرورامان

در این پژوهش به منظور تعیین فازهای کانی کوارتز و ناخالصی‌های موجود از روش طیف‌سنجی رامان استفاده شد و طیف‌های حاصل مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. طیف‌سنجی، مطالعه چگونگی واکنش ذرات (اتم و مولکول) در برابر نور لیزر می‌باشد. مطالعات طیف‌سنجی بر اساس پدیده جذب و پراکندگی امواج الکترومغناطیس می‌باشد [Fredricks, 1999]. تابش الکترومغناطیس نوعی انرژی است که درون فضا با سرعتی بسیار زیاد عبور می‌کند. این تابش ممکن است اشکال متعددی را به خود بگیرد که نور و تابش حرارتی ساده‌ترین شکل قابل تشخیص آن هستند. طیف‌سنجی رامان به ارتعاشات مولکول‌هایی می‌پردازد که تغییر دو قطبی ندارند [Habucchi et al., 2003]. در طیف‌سنجی رامان، یک پرتو قوی از نور تک رنگ از میان نمونه عبور داده می‌شود و سپس نور پراکنده شده، در زوایای راست اشعه اولیه بر طبق فرکانس آنالیز می‌شوند و بر حسب نوع نمونه بررسی و تفسیر می‌شوند. نور مرئی در ناحیه ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر قابل رویت می‌باشد و اساس کار طیف‌سنجی رامان را تشکیل می‌دهد. منحنی‌هایی که بر اساس شدت رامان- عدد موج رسم می‌شوند فقط بر اساس خطوط استوکس می‌باشند [Roth et al., 1993]. در هر طیف رامان، محور افقی نشانگر جابجایی رامان است که بر حسب cm^{-1} بیان می‌شود و محور عمودی نشان دهنده شدت و متناسب با مقدار فوتون‌های آشکار شده برای دستگاه است. روش طیف‌سنجی رامان یکی از جدیدترین روش‌های تجزیه مولکولی است که به دلیل مزایایی چون عدم نیاز به آماده‌سازی نمونه در اکثر موارد، غیر مخرب بودن آزمایش بر روی نمونه‌ها، کاربری در سه حالت ماده، عدم دخالت آب در تجزیه، در گوهرشناسی و زمین‌شناسی

کاربرد دارد [صالحی، ۱۳۹۲]. طیف‌سنجی رامان ابزاری موثر و قوی برای شناسایی نمونه‌های زمین-شناسی و تشخیص شیمی بلوری مواد هتروژن می‌باشد. کاربرد ویژه این روش در کانی‌های پلی‌مورف از جمله اشکال مختلف سیلیس است [Dana Pop, 2004].

۲-۴-۲ آنالیز فلورسانس اشعه ایکس (XRF)

در طیف‌نگاری فلورسانس اشعه ایکس، (XRF=X-ray Fluorescence Spectroscopy)، از روش طیف نشری اشعه ایکس برای تجزیه لایه‌های سطحی استفاده می‌شود. این تکنیک توانایی انجام آنالیز عنصری به صورت کیفی و نیمه‌کمی نمونه‌ها به خصوص نمونه‌های معدنی را داراست. در اثر تابش اشعه ایکس و برانگیختگی نمونه، انتقال الکترونی در لایه‌های مختلف اتم انجام می‌شود که هر انتقال الکترونی همراه با نشر یک خط طیفی اشعه ایکس است. طول موج خطوط طیفی نشر شده مبنای تجزیه کیفی عناصر و شدت پرتوها، متناسب با فراوانی یا کمیت عناصر موجود در نمونه است [edu.nano.ir].

۲-۴-۳ آنالیز میکروپروب اشعه ایکس (XPMA)

دستگاه میکروپروب اشعه ایکس پرتوهای اشعه ایکس را به باریکی ۱۰ و یا ۱۰۰ میکرون بر روی نقطه‌ای از نمونه که توسط میکروپروب مشخص می‌شود، تابانده و آن را با دقت زیاد مورد تجزیه شیمیایی قرار می‌دهد. محدوده آنالیز عناصر از سدیم تا اورانیوم است و این دستگاه می‌تواند در محیط خلا و یا در شرایط اتمسفر معمولی برای نمونه‌های خاص به کار برده شود. جهت تعیین موقعیت آنالیز، دوربینی با قدرت تفکیک بالا امکان مشاهده جزئیات نمونه و تعیین موقعیت آنالیز را فراهم می‌کند. اشعه ایکس قادر است از برخی از نمونه‌ها عبور کرده و ساختار داخلی آن‌ها را به وضوح نمایان ساخته و اطلاعات با ارزشی ارائه نماید. اشعه ایکس پس از تولید در محفظه، از لوله بسیار باریک اشعه ایکس خارج شده و به اتم‌های نمونه برخورد می‌کند که این امر باعث شدن الکترون از ترازهای مختلف در اتم شده و در نتیجه باعث برانگیخته شدن اتم‌های داخل نمونه می‌شود. برای جبران

برانگیختگی و ناپایداری اتم‌ها الکترونی از ترازهای بالاتر به سمت ترازهای پایین‌تر که انرژی آن کمتر است مهاجرت می‌کند که در این نقل و انتقالات الکترونی، مازاد انرژی که از اتم‌ها ایجاد شده به صورت امواج اشعه ایکس ساطع می‌شود. تشعشعات ایکس خارج شده طول موج‌های مشخصی دارند که امواج فلورسانس نام دارند. هر طول موج مربوط به عنصری است که در نمونه وجود دارد. با اندازه‌گیری میزان انرژی این طول موج‌ها، عناصر مربوطه نیز شناسایی شده و مقدار آن نیز از روی شدت به دست می‌آید. با توجه به سهولت کار دستگاه و ارتباط با کامپیوتر، الگوی کاری و اسکن نمونه نیز به راحتی قابل تعریف است. آنالیز می‌تواند بر روی یک نقطه خاص متمرکز شده و یا در طول یک خط با فواصل قابل تعریف باشد و یا حتی ابعاد یک شبکه را پیمایش نموده و تغییرات عناصر را ثبت نماید. در این دستگاه نمونه را می‌توان در خلا کامل یا در فشار اتمسفر معمولی قرار داد

[www.binaloud.com]

فصل سوم

کافی‌شناسی، پتروگرافی و کوه‌شناسی

۳-۱ مقدمه

در این فصل مطالعه بر روی ۱۰ مقطع نازک از کانی‌سازی‌های سیلیس و ۱۲ مقطع نازک از سنگ‌های دربرگیرنده منطقه با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان در آزمایشگاه کانی‌شناسی نوری دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. به منظور مطالعات گوه‌رشناسی برش، تراش و صیقل بیش از ۵۰ نمونه از آگات‌ها و ژاسپرهای جمع‌آوری شده‌ی منطقه در بخش گوه‌رتراشی آزمایشگاه فرآوری دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. همچنین اندازه‌گیری وزن مخصوص ۱۹ نمونه از آگات‌ها و ژاسپرهای تراش خورده در آزمایشگاه فرآوری دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود انجام شد. بررسی ساخت، بافت، پارامترهای گوه‌رشناسی و نام‌گذاری آگات‌ها و ژاسپرهای منطقه بر اساس استاندارد موسسه گوه‌رشناسی آمریکا، مقالات معتبر علمی و استاندارد ملی ایران به شماره ۱۴۲۳۵ صورت گرفته است. روش‌های مرسوم گوه‌رشناسی در پیوست ضمیمه شده است [GIA, 2005, (Hall, 2000), (Kowalczyk and Kocemba J, 2016), (Dayvault, 2014), (Lucyna), (Natkaniec-Nowak, 2016), (Yakovleva, 2010), (استاندارد ملی ۱۴۲۳۵)].

۳-۲ مطالعه میکروسکوپی سنگ دربرگیرنده

بر اساس مطالعات صحرایی و بررسی مقاطع نازک، مهم‌ترین سنگ‌های منطقه اغلب شامل بازالت، آندزیت - بازالت، توف و سنگ‌های دگرگونی می‌باشد.

بازالت: بازالت در مقاطع مورد مطالعه با بافت پورفیری، میکرولیتی، میکرولیتی پورفیری و حفره‌ای (وزیکولار) دیده می‌شود. این سنگ‌ها دارای پلاژیوکلاز و الیوین‌هایی که به طور کامل ایدنگسیتی شده‌اند می‌باشد. در برخی مقاطع پیروکسن‌ها تقریباً سالم و به رنگ‌های آبی، قرمز و سبز دیده می‌شوند. برخی از حفرات موجود در این سنگ‌ها توسط کلسیت و زئولیت پر شده است که زئولیت به

صورت بافت شعاعی دیده می‌شود (شکل ۱-۳ الف، ب، پ، ت، ث و ج).

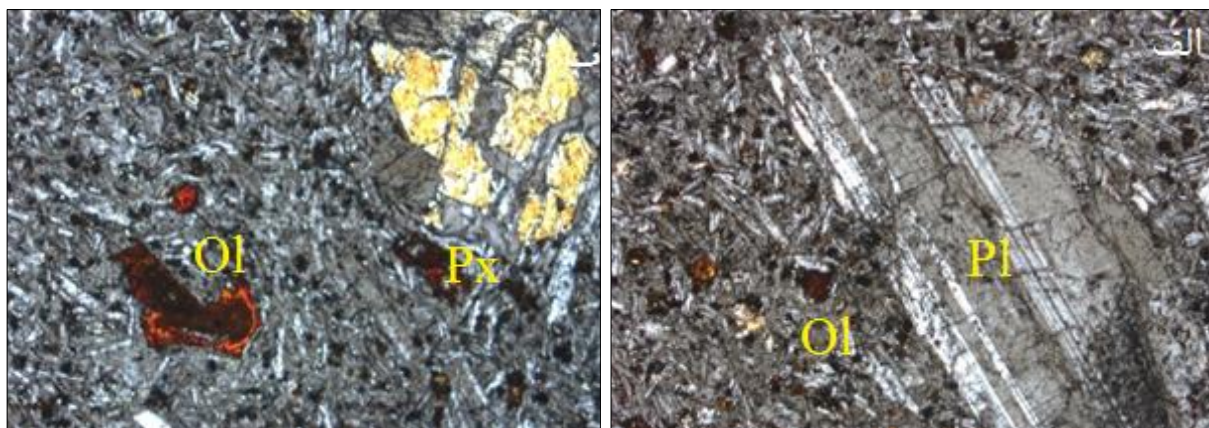
آندزیت- بازالت: این سنگ دارای پورفیری‌های درشت پلاژیوکلاز است که بعضاً به کلسیت و کلریت دگرسان شده‌اند. مقدار کمی پیروکسن و اولیوین حضور دارد که ایدنگسیتی شده‌اند، بافت سنگ پورفیری است (شکل ۱-۳ چ و ح).

کریستال توف: این سنگ کریستال توف یا توف بلورین نامیده می‌شود. بلورهای کوارتز، آمفیبول و کانی‌های اپک در زمینه بسیار دانه ریز (خاکستر آتشفشانی) قرار دارند (شکل ۱-۳ خ و د).

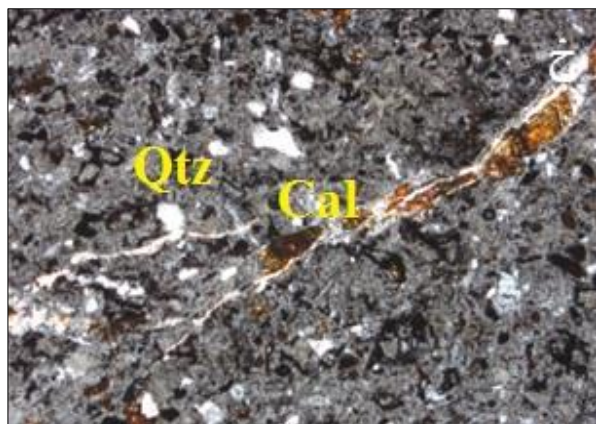
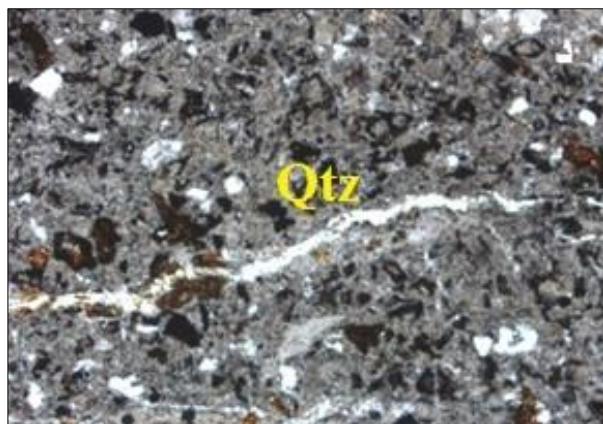
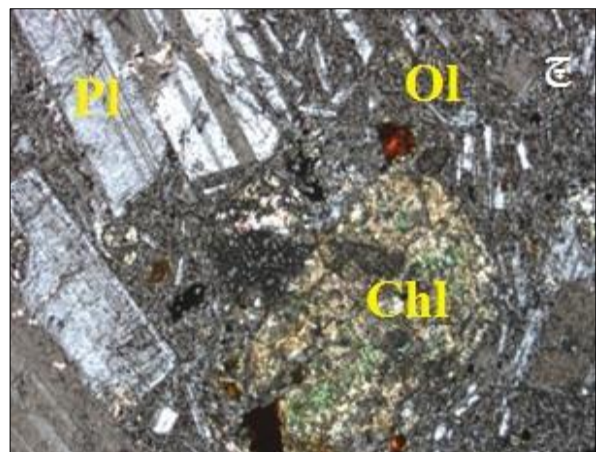
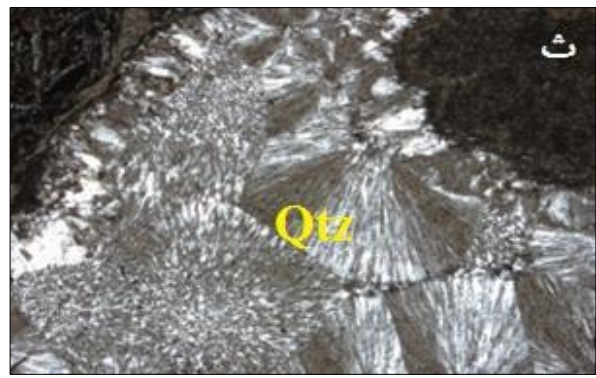
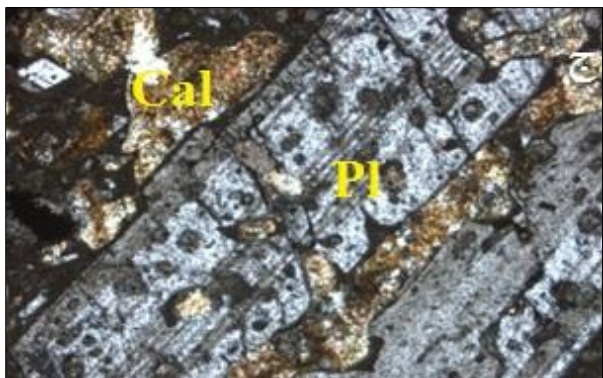
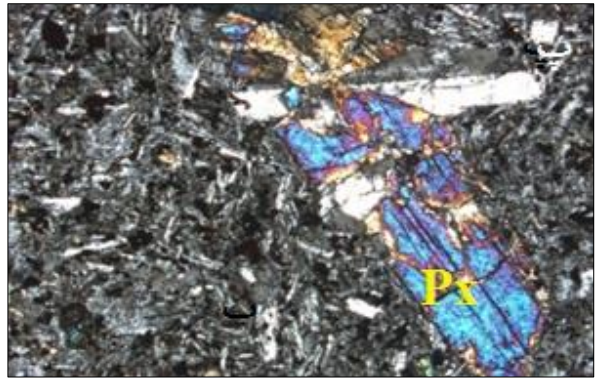
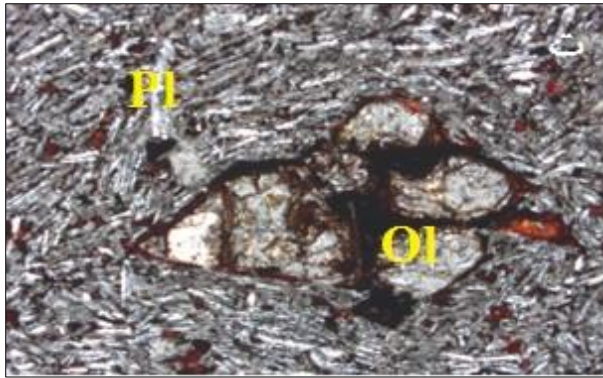
بیوتیت شیست: در این سنگ مقدار زیادی کوارتز وجود دارد که به علت فشار حاصل از دگرگونی خرد شده‌اند و بیوتیت‌های موجود نیز دگرسان شده‌اند (شکل ۱-۳ ذ).

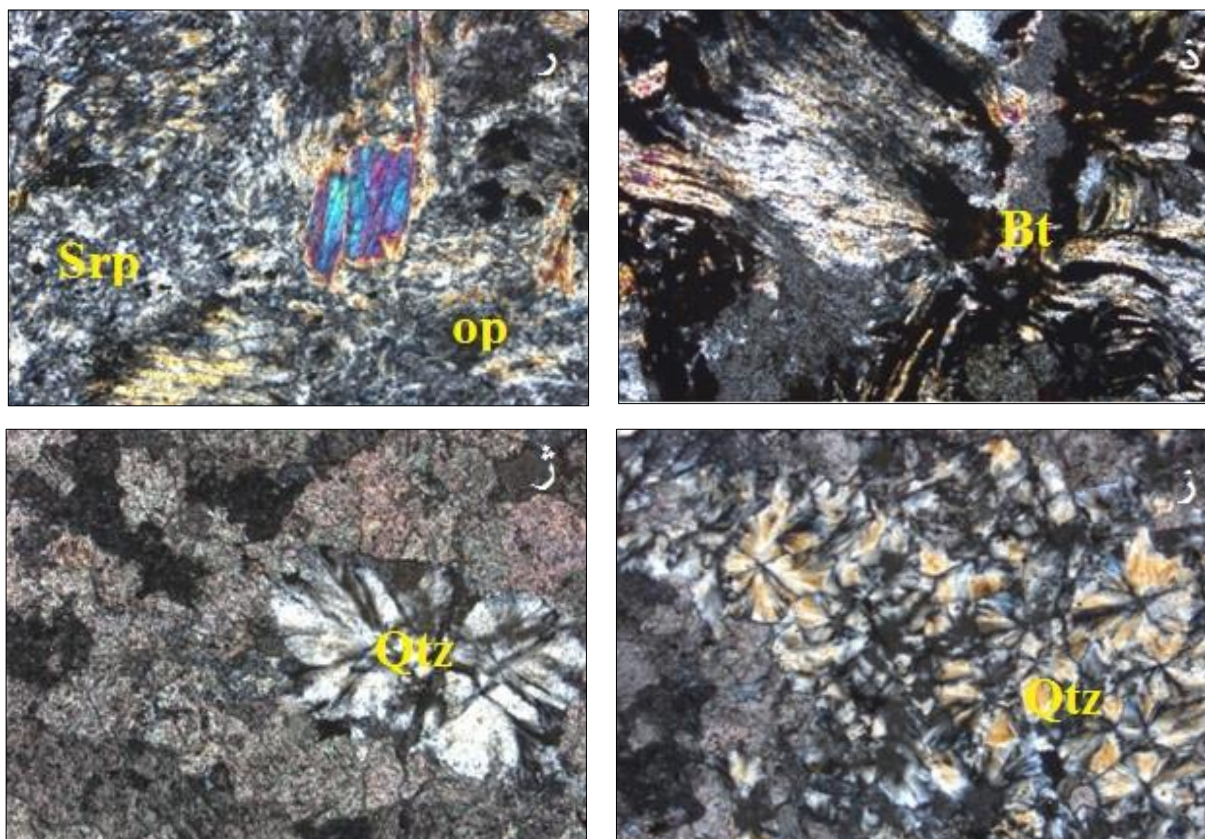
سرپانتینیت: این سنگ درواقع یک سنگ اولترامافیک بوده که به طور کامل سرپانتینیتی شده است. سرپانتین‌های سوزنی احتمالاً کریزوتیل و سرپانتین‌های صفحه‌ای (آنتی‌گوریت) در مقطع مشاهده می‌شوند، هم‌چنین حاوی کانی‌های اوپک احتمالاً کرومیت می‌باشد. در برخی قسمت‌ها، شکستگی‌های سنگ توسط کوارتز پر شده است (شکل ۱-۳ ر).

سنگ آهک: این سنگ آهک از نوع آهک اسپارایتی می‌باشد که در برخی قسمت‌ها به دلیل فشار وارده بر سنگ آثار انحلال فشاری (استیلولیت) مشاهده می‌شود. در فضاهای خالی سنگ، سیلیس به صورت بافت اسفرولیتی تبلور یافته که این سیلیس‌ها ثانویه بوده و بعد از تشکیل سنگ وارد سنگ شده‌اند (شکل ۱-۳ ز و ژ).



شکل ۳-۱: تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک سنگ‌های مورد مطالعه در منطقه الف و ب- بازالت با بافت پورفیری تا میکرولیتی پورفیری حاوی پیروکسن و اولیوین که به طور کامل ایدنگسیتی شده‌اند.





ادامه شکل ۱-۳ تصاویر میکروسکوپی مقاطع نازک سنگ‌های مورد مطالعه در منطقه پ- بازالت با بافت پورفیری حاوی پیروکسن‌هایی به رنگ آبی و سبز و اولیوین‌هایی که ایدنگسیتی شده‌اند. ت و ث- بازالت با بافت میکروولیتی که اولیوین‌ها به صورت پورفیری‌های درشتی که به طور کامل ایدنگسیتی شده‌اند دیده می‌شود و حفرات موجود توسط کلسیت و کوارتز پر شده است. ج- بازالت با بافت غربالی که اولیوین‌ها به ایدنگسیت دگرسان شده‌اند و حفرات موجود با کلسیت پر شده است. چ و ح- آندزیت- بازالت با بافت پورفیری که دارای پورفیری‌های درشت پلاژیوکلاز است که بعضاً به کلسیت و کلریت دگرسان شده‌اند و همچنین حاوی پیروکسن و اولیوین‌های ایدنگسیتی می‌باشد. خ و د- کریستال توف یا توف بلورین که بلورهای کوارتز، آمفیبول و کانی‌های اپک و کلسیت در زمینه بسیار دانه ریز (خاکستر آتشفشانی) وجود دارند. ذ- بیوتیت شیبست که بیوتیت‌ها دگرسان شده و کوارتزهای موجود خرد شده‌اند ر- سرپانتینیت که حاوی مفادیر بالایی کانی اپک بوده که به احتمال قوی کرومیت است. حفرات توسط کوارتز پر شده و در برخی نقاط کلریت نیز حضور دارد. ز و ژ- سنگ آهک از نوع آهک اسپارایتی که حفرات توسط سیلیس‌های ثانویه با بافت اسفروولیتی پر شده است. (درشت‌نمایی: 40x)

جدول ۱-۳ علائم اختصاری کانی‌های موجود در مطالعات میکروسکوپی [Siivola J, Schmid R]

نام کانی	بیوتیت	کلسیت	کلریت	اولیوین	اپک	پلاژیوکلاز	پیروکسن	کوارتز	سرپانتین
علامت اختصاری	Bt	Cal	Chl	Ol	Op	Pl	Px	Qtz	Srp

۳-۳ انواع کانی سازی های سیلیس در منطقه

کانی سازی های سیلیس در منطقه شامل آگات، ژاسپر و در اغلب موارد به صورت ترکیبی از این دو می باشد که به آن آگات-ژاسپر می گویند.

۳-۳-۱ آگات

آگات ها یکی از تماشایی ترین و منحصر بفردترین گونه های طبیعی هستند که در نقاط مختلف جهان و در محیط های گوناگون زمین شناسی رخ می دهند [Magdalena Dumańska-Słowik, 2018]. کانی های گروه آگات زیرگروهی از کلسدونی با سایه های گوناگون و یا گونه های کریپتوکریستالین کوارتز شفاف یا نیمه شفاف می باشند. آگات ها معمولاً دارای نواربندی های رنگی می باشند. گونه های نیمه شفاف اشکال ابرمانند با ادخال های خزهای یا شاخه درختی نشان می دهند که معمولاً منظره بسیار زیبایی ایجاد می کنند، آگات ها معمولاً در رنگ های مختلف با شدت پایین یافت می شوند [Manutchehr-Danai, 2005]. بسیاری از محققان بر این باورند که تشکیل آگات ها همراه با آلتراسیون های قبل و بعد از ولکانیک یا هوازدگی سنگ میزبان ولکانیک بوده است. علاوه بر این ممکن است آگات ها به صورت رگه های هیدروترمال در شکاف سنگ ها و یا به صورت محلول های غنی از سیلیس دما پایین در خلل و فرج سنگ های رسوبی تبلور یابند [Stefan Richter, 2015]. انواع آگات ها بر اساس شفاف یا نیمه شفاف بودن و نیز ادخال های موجود به انواع آگات های دارای نواربندی، ابری، خزهای، منظره دار و آتشین تقسیم بندی می شوند [Manutchehr-Danai, 2005]. بر اساس تقسیم بندی Natkaniec-Nowak (2016) آگات ها از نظر رنگ و شکل شامل آگات های تک مرکز، آگات های چند مرکز و آگات های استلاکتیتی کاذب می باشند [Lucyna Natkaniec-Nowak, 2016]. در آگات های تک مرکز و چند مرکز زون بندی های سیلیسی مختلفی وجود دارد. بخش بیرونی آگات که در تماس با سنگ میزبان است معمولاً از کلسدونی های الیافی و کریپتوکریستالین و بخش داخلی به طور کامل از کوارتز تشکیل شده است که اغلب با کانی های اوپک یا مواد ارگانیک نیز همراه

می‌باشد. حضور ترکیبات رنگی (اکسیدها یا هیدروکسیدهای آهن و مواد کربن دار) نیز در آگات‌ها متغیر است. این ترکیبات عمدتاً در انواع چند مرکز و استالاکتیتی کاذب رخ می‌دهند در حالی که آگات‌های تک مرکز عاری از آن‌ها می‌باشند [Lucyna Natkaniec-Nowak, 2016].

وجود آگات‌های با تنوع رنگی بالا و ساخت‌های زیبا در منطقه چاه اندو چشمگیر است. بر اساس تقسیم‌بندی Natkaniec-Nowak (2016) اکثر آگات‌های منطقه چاه اندو از نوع تک مرکز و در برخی موارد استالاکتیتی می‌باشند. از دیگر بافت یا ساخت‌های موجود در آگات‌های منطقه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد: آگات خزه‌ای، آگات نواری (تک مرکز)، آگات-ژاسپر منظره (استالاکتیتی کاذب) و thunder egg. آگات-ژاسپر منظره که ترکیبی از آگات و ژاسپر می‌باشد و در این نوع، آگات‌ها و ژاسپر‌ها در هم آمیخته‌اند (شکل ۲-۳ الف و ب). در آگات‌های نواری یا تک مرکز بخش بیرونی از کلسدونی‌های الیافی و لایه لایه و بخش داخلی از کوارتز تشکیل شده است (شکل ۲-۳ پ). در آگات-های خزه‌ای بخش مرکزی از کلسدونی‌های لایه لایه تشکیل شده در حالی که لایه‌های بیرونی به علت حضور ناخالصی‌ها به رنگ سبز دیده می‌شود (شکل ۲-۳ ت). علاوه بر این آگات‌های موجود در منطقه به صورت thunder egg از ابعاد کمتر از ۱ سانتی‌متر تا بیشتر از ۸ سانتی‌متر مشاهده گردید. thunder egg های ریز به طور مشخص از درون حفرات سنگ‌های آتشفشانی که توسط سیلیس پر شده‌اند برداشته شد در حالی که نمونه‌های درشت‌تر به صورت نابرجا از روی سطح زمین برداشت شد (شکل ۲-۳ ث) و (شکل ۲-۳ ج).

هرگاه در منطقه‌ای آگات و ژاسپر با یکدیگر ترکیب شوند به این ترکیب در اصطلاح آگات-ژاسپر می‌گویند [Richard D. Dayvault, 2014]. در واقع این اصطلاح حدواسط، برای تمایز آگات و ژاسپر به کار برده می‌شود [Tomasz Powolny, 2017]. در تقسیم‌بندی کانی‌سازی‌های سیلیس در این منطقه به علت حجم بیشتر آگات نسبت به ژاسپر، این نمونه‌ها به صورت آگات در نظر گرفته شده‌اند. انواع ساخت موجود در آگات‌های منطقه در شکل‌های زیر قابل مشاهده می‌باشد:



شکل ۲-۳ انواع کانی‌سازی سیلیس در منطقه (انواع ساخت و بافت): الف وب- آگات-ژاسپر استالاکتیتی کاذب (منظره)، پ- آگات نواری (تک مرکز)، ت- آگات خزه‌ای، ث- thunder egg با ابعاد بیشتر از ۸ سانتی متر، ج- thunder egg با ابعاد حدود ۱ سانتی متر و کوچکتر

آگات در بیش از ۳۰ رنگ مختلف در طبیعت دیده می شود. یکی از عوامل اصلی تاثیر گذار در رنگ آگات ها حضور اکسیدهای فلزی و عناصر مختلف به صورت ناخالصی در این کانی ها می باشد. اکسید آهن به وفور در آگات وجود دارد و به رنگ های قرمز، نارنجی، زرد، بنفش و سیاه دیده می شود. رنگ قرمز به دلیل وجود هماتیت (Fe_2O_3) و رنگ زرد یا نارنجی به علت وجود گوتیت ($FeOOH$) می باشد [Petrological microscopes and photomicroscopy].

آگات‌های منطقه چاه اندو نیز در مناطق مختلف به رنگ‌های متفاوتی دیده می‌شوند که از آن جمله می‌توان به رنگ‌های سبز، قرمز و سبز، خاکستری و بنفش اشاره کرد.

۳-۳-۲ ژاسپر

ژاسپر یک نوع کلسدونی یا چرت ناخالص، معمولاً خالدار یا نواری، متراکم، ریز بلور، مات تا کدر و به رنگ های قرمز، قهوه ای، زرد، سبز، آبی مایل به خاکستری و بنفش کم رنگ می باشد. ژاسپر دارای سختی ۶/۵ تا ۷ ، وزن مخصوص ۲/۵۸ تا ۲/۹۱ ، جلای چرب و شکست صدفی می باشد [gemdat.org] و [Manutchehr-Danai, 2005]. اصطلاح ژاسپر عمدتاً برای سنگ های حاوی SiO_2 با منشا متاسوماتیک یا متامورفیک استفاده می شود [Kostov, 2010]. ژاسپر ها شفافیت کمتری داشته و تقریباً اوپک می باشند و اذخال های اکسید آهن یا منگنز، رس ها یا کربنات ها در آن ها وجود دارد [Richard D. Dayvault, 2014]. ژاسپر ها به صورت گسترده در لایه های رسوبی یا متامورفیک و همچنین به صورت پراکنده فضای خالی یا به صورت ندول یا رگه در کانه های آهن رخ می دهند. آن ها همچنین در سنگ های آذرین آلتیره شده و رسوبات آواری نیز تشکیل می شوند [gemdat.org]. به دلیل محیط های زمین شناسی گوناگون و ترکیب کانی شناسی متنوع، ژاسپر ها پلی ژنتیک بوده و به عنوان یکی از متنوع ترین تیپ سنگ ها در سراسر جهان شناخته شده اند [Tomasz Powolny, 2017]. نام های تجاری غیر رسمی زیادی برای انواع ژاسپر وجود دارد که این نام ها عمدتاً برگرفته از محل معدن می باشد؛ برخی از مشهورترین نام ها عبارت اند از: آگات ژاسپر (ترکیب زرد، قهوه ای و یا سبز که همراه با آگات رشد می کند) ، ژاسپر برشی (قطعات ژاسپر چسبیده در یک زمینه خاکستری) ، ژاسپر مصری (ژاسپر شدیداً زرد و قرمز) ، ژاسپر سبز (ژاسپر دارای رنگ سبز روشن تا تیره) ، ژاسپر خزه ای (ژاسپر همراه با اینکلوزن های هورنبلند متراکم مشابه خزه) ، ژاسپر اقیانوسی (نوعی ژاسپر کروی همراه با حلقه های هم مرکز کوچک) ، ژاسپر منظره ای (ژاسپر با طرحی شبیه منظره) ، ژاسپر نواری (ژاسپر با ساختار لایه ای همراه با نوارهای عریض) ، ژاسپر خونی (نام تجاری سنگ خون) ، هورن استون (ژاسپر بسیار دانه ریز خاکستری تا قهوه ای- قرمز) ، ژاسپر کروی (ژاسپر دارای حلقه های هم مرکز مدور) ، ژاسپر روسی (ژاسپر روسی معمولاً همراه با نقاط قرمز) و ژاسپر برزیلی [&

[gemrockauctions.com & gemselect.com minerals.net]

Fersman (1962) ژاسپر ها را از نظر بافت و رنگ به شش گروه اصلی ذیل طبقه بندی می کند [Fersman, 1962]:

۱. ژاسپرهای توده ای با رنگ یکنواخت در بعضی موارد همراه با اینکلوژن

۲. ژاسپرهای نواری. ۳. ژاسپرهای پورفیری (با اینکلوژن های فلدسپار، کوارتز، اوژیت یا آمفیبول)

۴. ژاسپرهای با رنگهای مختلف. ۵. ژاسپرهای کنگلومرایی و برشی. ۶. ژاسپرهای کروی و گل کلمی

طبقه بندی بافتی جزئی تر بر اساس ژاسپرهای اورال توسط Igumnov (1960) انجام شده است که شامل توده ای، نواری، برشی، هم مرکز، گل کلمی، پوسته ای، کاتاکلاستیک و شبه برشی می باشد [Igumnov, 1960]. Putolova (1989) ژاسپر ها به را به چهار گروه تقسیم بندی می کند [Putolova, 1989]:

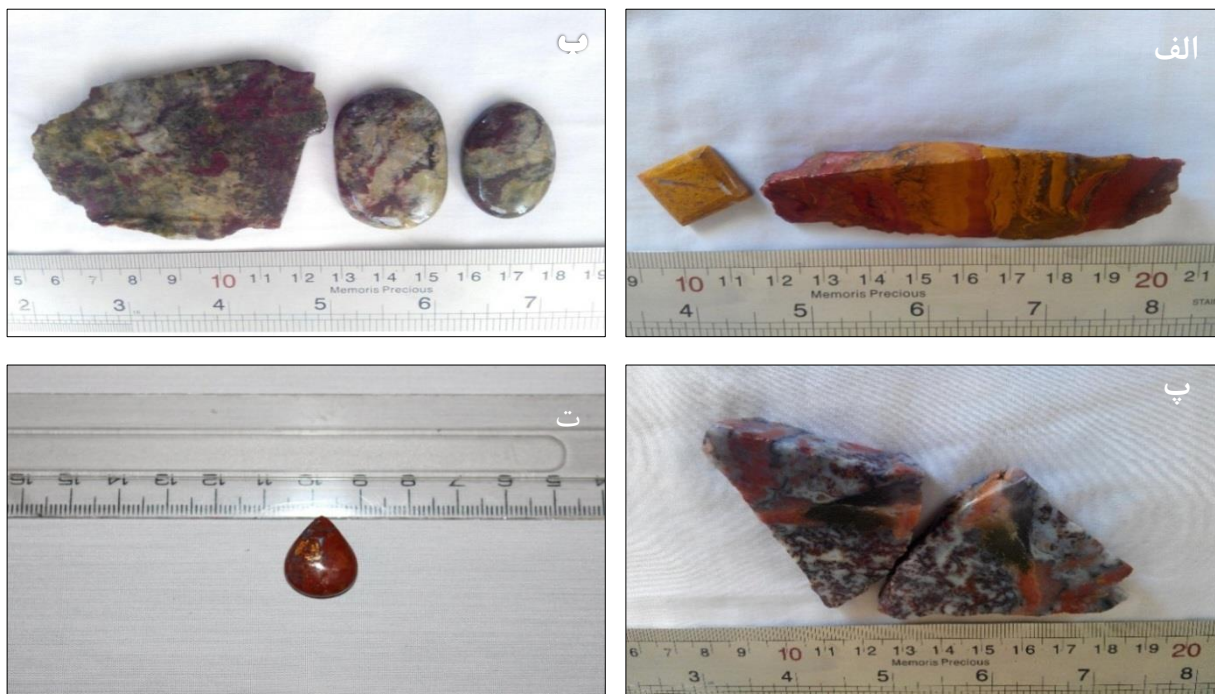
۱. ژاسپرهای حقیقی که ترکیب غالب آن کوارتز می باشد. ۲. کوارتزیت ها و هورنفلس های شبه ژاسپر

۳. شبه ژاسپر که ترکیب غالب آن کلسدونی می باشد. ۴. سنگ های بیرونی و نفوذی شبه ژاسپر که ترکیب غالب آن فلدسپار و کوارتز می باشد.

بر اساس Kostov (2003) ژاسپر ها و سنگ های اطراف آن بر اساس ترکیب کانی شناسی شامل ژاسپر حقیقی، شبه ژاسپر و سنگ های شبه ژاسپر می باشند [Kostov, 2003].

ژاسپرهای حقیقی محصول فرآیندهای ولکانیک - رسوبی متامورفیک و هیدروترمال - متاسوماتیک با ترکیب غالب کوارتز بوده؛ در حالی که شبه ژاسپر ها محصول مراحل نهایی فعالیت های آتشفشانی با ترکیب غالب کلسدونی می باشند [Kostov, 2010]. بر اساس طبقه بندی Fersman (1962) اکثر ژاسپرهای منطقه ی چاه اندو دارای بافت نواری و رنگی مختلف می باشند. از دیگر بافت های موجود در منطقه می توان به بافت دندریتی و شجر پاییزه اشاره نمود. در ژاسپرهای نواری ترکیبی از رنگ های

زرد و قرمز به فرم نواری و لایه لایه سطح نمونه را پوشانده است (شکل ۳-۳ الف). ژاسپرهای رنگی مختلف، درواقع ترکیبی از رنگ‌های گوناگون می‌باشند که به صورت نامنظم و غیر یکنواخت در هم آمیخته‌اند (شکل ۳-۳ ب). در ژاسپرهای دندریتی طرحی مانند شاخه‌ی درخت در برخی قسمت‌های نمونه مشاهده می‌شود (شکل ۳-۳ پ) و ژاسپرهای شجر پاییزه تداعی‌کننده منظره‌ای از پاییز و رنگ زرد طبیعت می‌باشند که برخی قسمت‌های نمونه را منقش نموده است (شکل ۳-۳ ت). انواع بافت موجود در ژاسپرهای منطقه در شکل‌های زیر قابل مشاهده می‌باشد :



شکل ۳-۳ انواع ژاسپر در منطقه: الف- ژاسپر نواری، ب- ژاسپر رنگی مختلف ، پ- ژاسپر دندریتی ، ت- ژاسپر شجر پاییزه

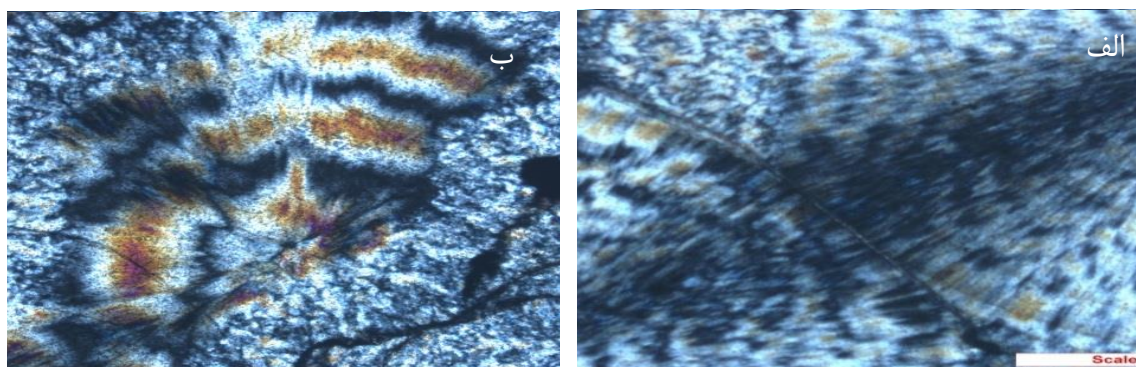
بر اساس مطالعات انجام شده توسط Putolova و Yakovleva (1971) مهمترین علل ایجاد تغییر رنگ در ژاسپرها، وجود کانی‌های مختلف به صورت ناخالصی در ژاسپر می‌باشند که هر کدام بر حسب ترکیب شیمیایی رنگ خاصی را در ژاسپرها ایجاد می‌کنند [Yakovleva, 2010].

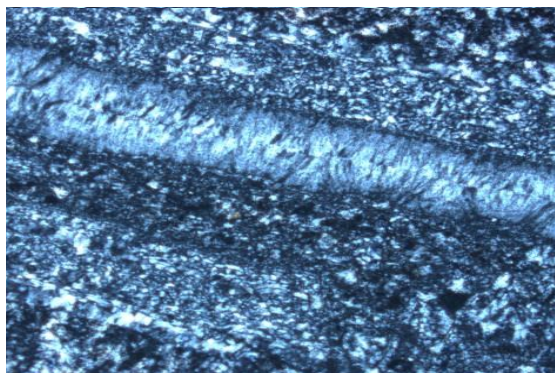
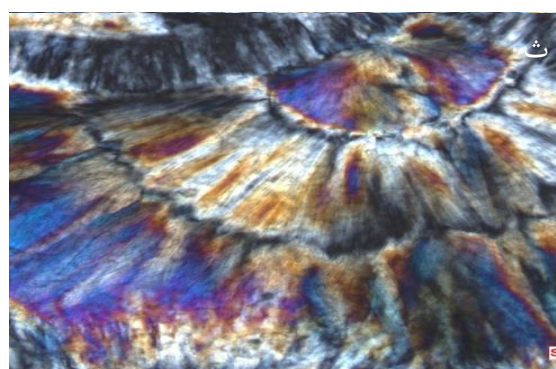
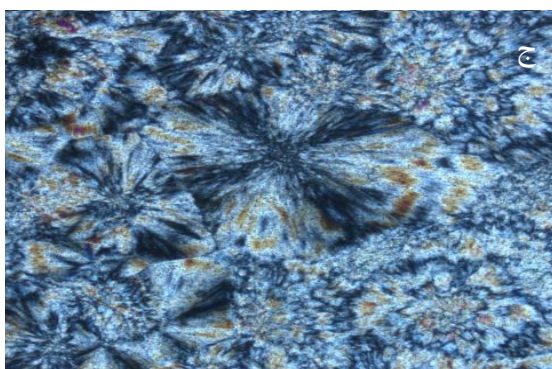
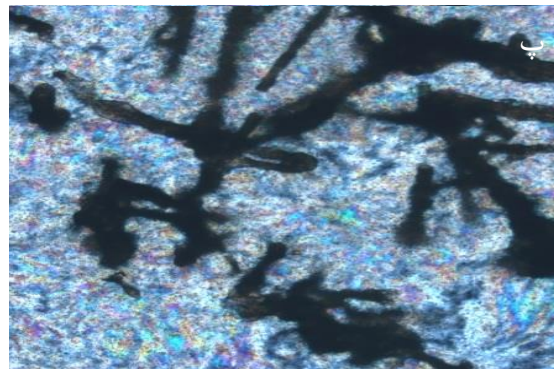
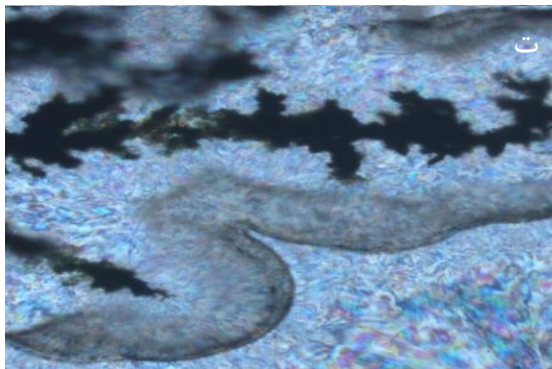
جدول ۲-۳ کانی‌های عامل تنوع رنگ در ژاسپرها [Yakovleva & Putolova, 1971]

رنگ	کانی
خاکستری	آلبیت، فلدسپار K، سرسیت
سیاه	مگنتیت، اکسیدهای منگنز
قرمز، صورتی	هماتیت، گارنت
قهوه ای	گوتیت، هماتیت
زرد	گوتیت
سبز	کلریت، اپیدوت، آکتینولیت، سلادونیت
آبی، بنفش	مگنتیت، گلوکوفان، هماتیت

در ژاسپرهای منطقه، رنگ قرمز، زرد و قهوه‌ای به دلیل وجود اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن از جمله هماتیت و گوتیت و رنگ سبز به دلیل وجود کلریت می‌باشد.

سیلیس‌های ریز بلور شامل آگات و ژاسپر در مقاطع میکروسکوپی به اشکال مختلف شعاعی، دندریتی، پرتاووسی و نواری دیده می‌شوند (شکل ۳-۴). این بافت‌ها هم در آگات‌ها و هم در ژاسپرها حضور دارد.





شکل ۳-۴ انواع بافت کانی‌سازی‌های سیلیس در زیر میکروسکوپ نوری پلاریزان: الف و ب- بافت پرتاووسی، پ و ت- بافت دندریتی، ث و ج - بافت شعاعی، چ- بافت نواری. (درشت‌نمایی: 40X)

۳-۴ ویژگی‌های گوهرشناسی کانی‌سازی‌های سیلیس چاه‌اندو

بررسی ویژگی‌های گوهرشناسی (رنگ، بافت، شدت جلا، میزان شفافیت) آگات‌ها و ژاسپر‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که این کانی‌سازی‌ها از کیفیت بالایی برخوردار بوده و می‌تواند به عنوان کانی گوهری معرفی شود؛ بنابراین با توجه به میزان شفافیت آن‌ها و همچنین تنوع رنگی بالا برای انواع تراش کابوشن (گنبدی) و تراش چند وجهی (فست) مناسب می‌باشند. تراش این گوهرسنگ‌ها در ابعاد بزرگ و به اشکال مختلفی مانند گرد، بیضی، اشک، بالشتک، قلب و... انجام می‌شود [gemselect.com]. برش و تراش به اشکال گنبدی، گرد، اشک، جغه و بیضی بر روی برخی از کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه صورت گرفت تا ارزش گوهری آن‌ها را بیشتر نمایان کند (شکل ۳-۵).



شکل ۳-۵ تراش گنبدی، اشک، جغه و بیضی بر روی کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه

در جدول شماره ۳-۳ برخی از ویژگی‌های گوهری کانی‌سازی سیلیس چاه‌اندو با یکدیگر مقایسه شده است.

جدول ۳-۳ ویژگی‌های گوهرشناختی آگات، ژاسپر و آگات-ژاسپرهای چاه‌اندو

ویژگی گوهری	شفافیت	وزن مخصوص	صیقل خوری	شکستگی	نام نمونه
ژاسپر سبز	مات	2.59	متوسط	صدفی	
ژاسپر خاکستری	متوسط	2.60	خوب	صدفی	
ژاسپر قرمز و سبز	متوسط	2.55	متوسط	صدفی	
ژاسپر زرد و قرمز	متوسط	2.60	خوب	صدفی	
ژاسپر قرمز	متوسط	2.62	متوسط	صدفی	
ژاسپر زرد و قرمز (نواری)	متوسط	2.65	متوسط	صدفی	
آگات سبز	متوسط	2.53	خوب	صدفی	
آگات سفید (نواری)	خوب	2.60	خیلی خوب	صدفی	
آگات سبز و سفید (خزه-ای)	خوب	2.59	خیلی خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر زرد و قرمز	متوسط	2.62	خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر قرمز و سبز	متوسط	2.60	خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر سیاه	متوسط	2.64	متوسط	صدفی	
آگات-ژاسپر خاکستری	متوسط	2.59	متوسط	صدفی	
آگات-ژاسپر بنفش	خوب	2.60	خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر خاکستری روشن	متوسط	2.62	خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر بنفش	متوسط	2.60	خوب	صدفی	
آگات-ژاسپر رنگی مختلف	متوسط	2.56	متوسط	صدفی	
آگات-ژاسپر قرمز و سفید	متوسط	2.60	متوسط	صدفی	
آگات-ژاسپر قرمز	متوسط	2.64	متوسط	صدفی	

بر اساس جدول ۳-۳ مشاهده می‌شود که در بیشتر موارد نمونه‌های آگات و آگات-ژاسپر از شفافیت بالاتری برخوردار هستند یعنی نور را به میزان بالاتری نسبت به ژاسپرها از خود عبور می‌دهند. هم-چنین میزان صیقل‌خوری در نمونه‌های آگات و آگات-ژاسپر نسبت به نمونه‌های ژاسپر از کیفیت بهتری برخوردار می‌باشد. بر این اساس ملاحظه می‌شود که مطابق جدول نمونه‌های آگات-ژاسپر قرمز و سبز، آگات سبز، آگات سفید (نواری) و آگات سبز و سفید (خزه‌ای) شفافیت و کیفیت صیقل-خوری بالاتری نسبت به سایر نمونه‌ها دارند.

بر اساس جدول ۳-۳ کمترین مقدار وزن مخصوص در نمونه‌های آگات و آگات-ژاسپر مربوط به آگات سبز و برابر با $2/53 \text{ gr/cm}^3$ و بیشترین مقدار آن مربوط به آگات-ژاسپر سیاه و آگات-ژاسپر قرمز و برابر با $2/64 \text{ gr/cm}^3$ می‌باشد. هم‌چنین کمترین مقدار وزن مخصوص در ژاسپرها مربوط به ژاسپر قرمز و سبز و برابر با $2/55 \text{ gr/cm}^3$ و بیشترین مقدار آن مربوط به ژاسپر زرد و قرمز (نواری) و برابر با $2/65 \text{ gr/cm}^3$ می‌باشد.

فصل چهارم

بررسی فازهای کانی سیلیس به روش طیف سنجی میکرورامان

به منظور بررسی فازهای مختلف کانی‌سازی سیلیس، ۱۵ نمونه از آگات‌ها و ژاسپرهای تراش خورده به روش طیف‌سنجی میکرورامان با دستگاه طیف‌سنجی رامان محصول شرکت Avantes مدل uRaman-532-Ci در آزمایشگاه آنالیز و اندازه‌گیری مواد دانشکده فیزیک و مهندسی هسته‌ای دانشگاه صنعتی شاهرود آنالیز شد.

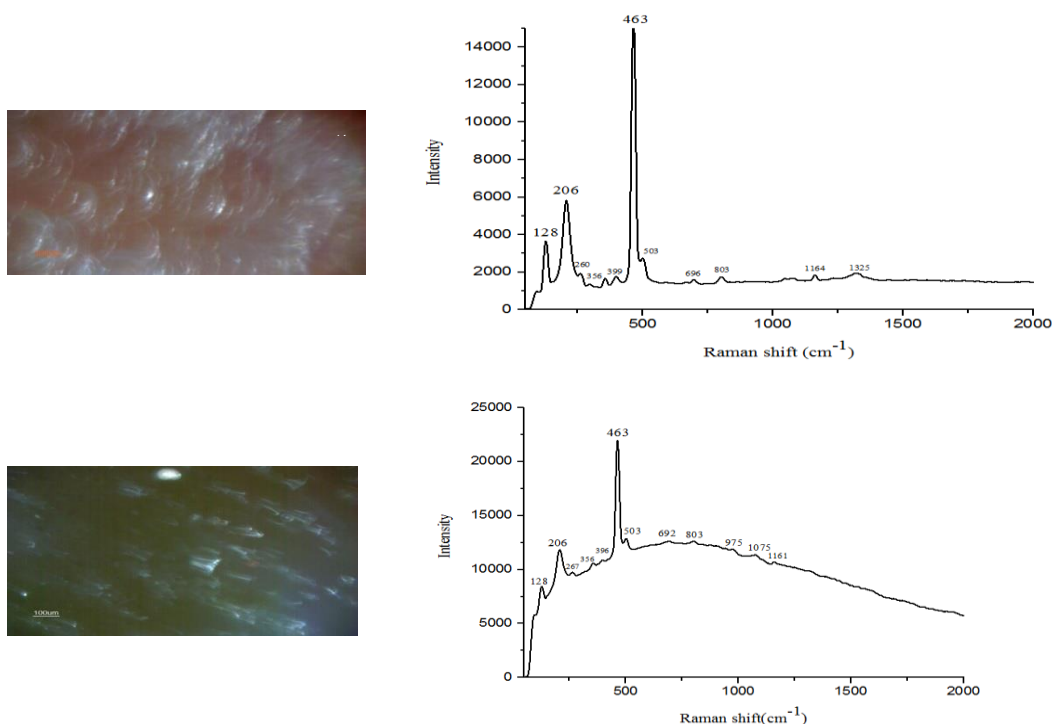
طیف سنجی میکرورامان

برای تشخیص فازهای کانی کوارتز و ناخالصی‌های موجود در نمونه‌های منطقه دو نمونه آگات-ژاسپر استالاکتیتی به رنگ‌های قرمز-سبز و بنفش، یک نمونه آگات-ژاسپر سیاه رنگ، یک نمونه آگات-ژاسپر قرمز، یک نمونه آگات-ژاسپر خاکستری، دو نمونه آگات نواری یا تک مرکز، یک نمونه آگات خزه‌ای، یک نمونه thunder egg، یک نمونه ژاسپر دندریتی خاکستری رنگ، یک نمونه ژاسپر دندریتی زرد رنگ، یک نمونه ژاسپر نواری، یک نمونه ژاسپر رنگی مختلف، یک نمونه ژاسپر خزه‌ای و یک نمونه ژاسپر سبز آنالیز شد.

بر اساس نتایج حاصل از طیف‌سنجی رامان در نمونه‌های منطقه مورد مطالعه که در ادامه تشریح می‌شود؛ کانی‌های کوارتز آلفا و موگانیت همراه با ناخالصی‌های هماتیت، کلسیت، کلریت و مواد آلی کربن‌دار آشکار گردید. کوارتز آلفا یک کوارتز دما پایین و تری گونال است که در دمای زیر ۵۷۳ درجه سلسیوس تشکیل می‌شود [Manutchehr-Danai, 2005]. کانی اصلی ترکیبات سیلیسی میکروکریستالین (کلسدونی، ژاسپر، چرت یا فیلینت) کوارتز آلفا یا کوارتز دما پایین است. پلی‌مورف سیلیکاته جدیدی به نام موگانیت توسط Florke et al. (1976) بر اساس آنالیز XRD شناسایی شده است که اغلب به صورت هم‌رشدی نزدیکی با کوارتز آلفا در بسیاری از گونه‌های کوارتز

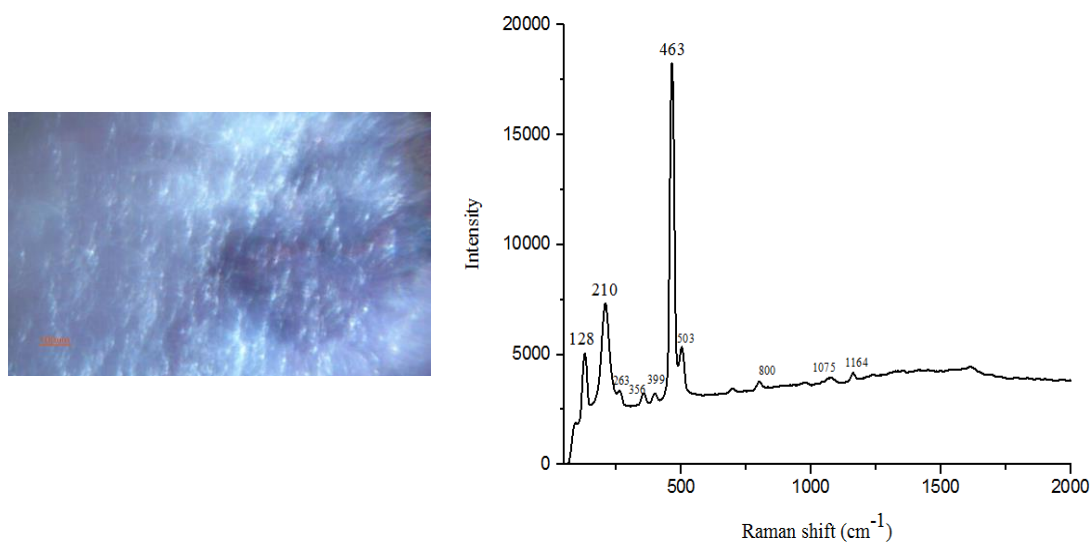
میکروکریستالین تشکیل می‌شود. موگانیت به‌عنوان یک کانی جدید توسط IMA در ۱۹۹۹ معرفی شده است [Dana Pop, 2004]. موگانیت از نظر ساختاری بسیار نزدیک به کوارتز است و معمولاً شامل سه درصد وزنی آب می‌باشد. بر اساس نتایج حاصل از رامان حضور کانی موگانیت در پلی‌مورف-های سیلیس شناسایی و همچنین نسبت موگانیت به کوارتز ارزیابی می‌شود [Dana Pop, 2004]. موگانیت در آگات‌هایی وجود دارد که توسط متامورفیسم تشکیل نشده یا در آزمایشگاه ساخته نشده باشند [Moxon].

آگات-ژاسپرهای استالاکتیتی قرمز و سبز عمدتاً شامل کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} و 206 cm^{-1} و موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} می‌باشد. علاوه بر این شامل مواد کربن‌دار در باند 1325 cm^{-1} است (شکل ۱-۴ الف). همچنین در این نمونه طیف‌سنجی رامان در حاشیه سبز رنگ آن صورت گرفت که حضور کلریت را در باند 356 cm^{-1} نشان داد (شکل ۱-۴ ب).



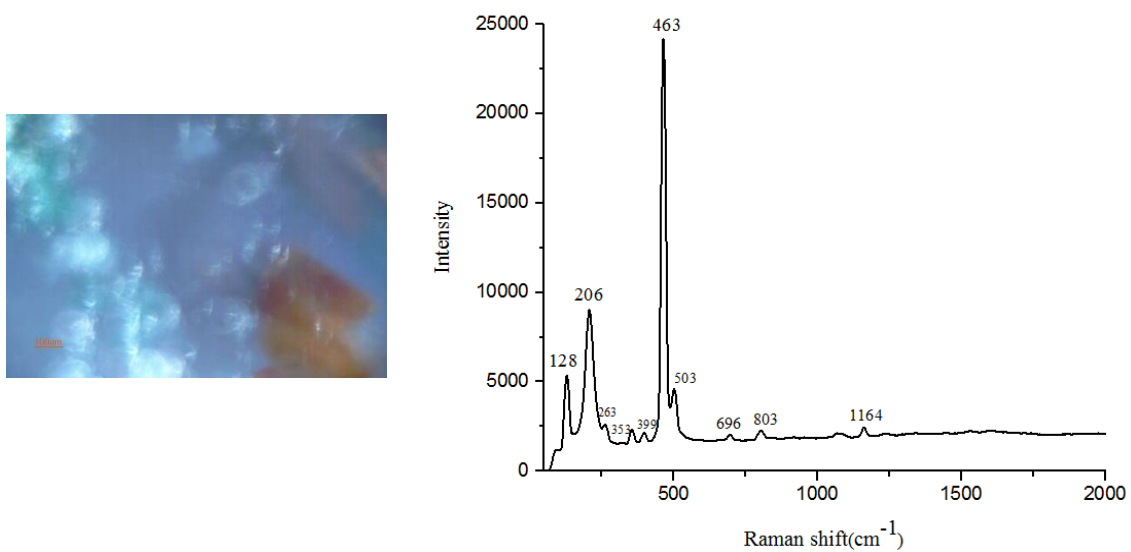
شکل ۱-۴ الف. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و مواد کربن‌دار در آگات-ژاسپرهای استالاکتیتی قرمز و سبز. ب. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کلریت در آگات-ژاسپرهای استالاکتیتی قرمز و سبز

آگات-ژاسپرهای استالاکتیتی بنفش عمدتاً شامل کوارتز با باند 128 cm^{-1} و 210 cm^{-1} و موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} می‌باشد (شکل ۲-۴).



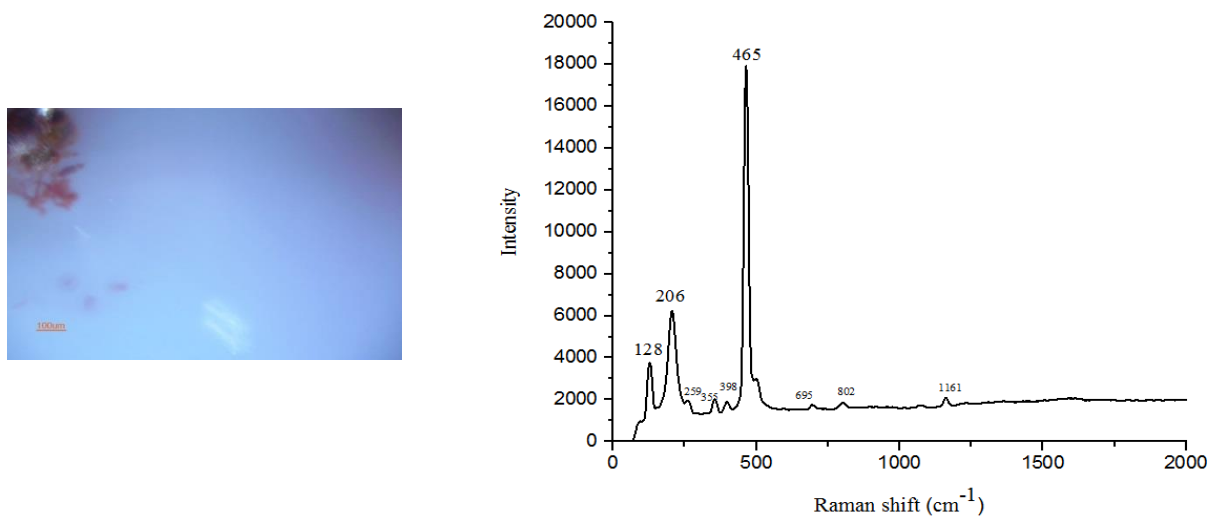
شکل ۲-۴ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز و موگانیت در آگات-ژاسپرهای استالاکتیتی بنفش رنگ

آگات-ژاسپرهای سیاه رنگ (شکل ۳-۴) نیز عمدتاً شامل کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} و 210 cm^{-1} و موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} می‌باشد.



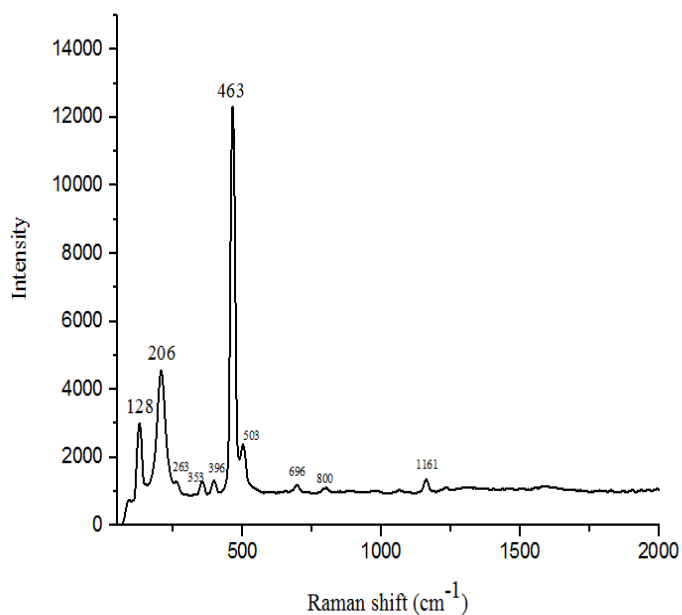
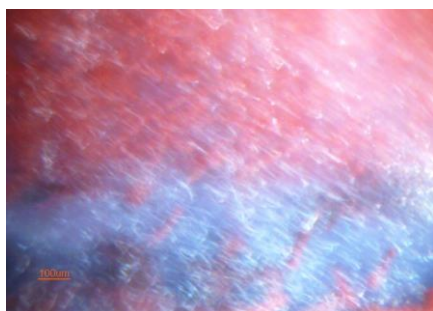
شکل ۳-۴ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganیت و کلسیت در آگات-ژاسپره‌های سیاه رنگ

در آگات-ژاسپره‌های خاکستری (شکل ۴-۴) کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} ، 206 cm^{-1} و 259 cm^{-1} مشاهده می‌شود. و مoganیت با باند 501 cm^{-1} و هماتیت با باند 259 cm^{-1} مشاهده می‌شود.

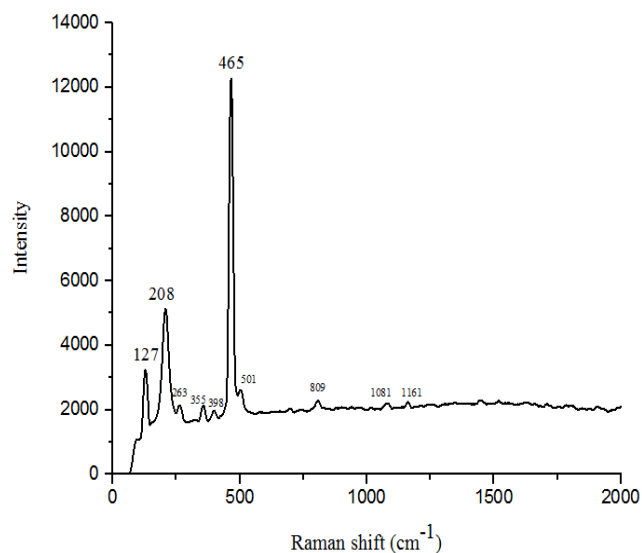
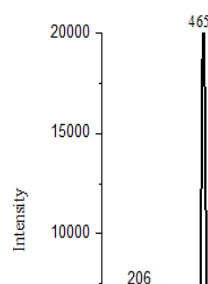


شکل ۴-۴ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، مoganیت و هماتیت در آگات-ژاسپره‌های خاکستری رنگ

همچنین در آگات-ژاسپره‌های قرمز رنگ کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} ، 206 cm^{-1} ، مoganیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} ، هماتیت با باند 259 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} دیده می‌شود (شکل ۵-۴).



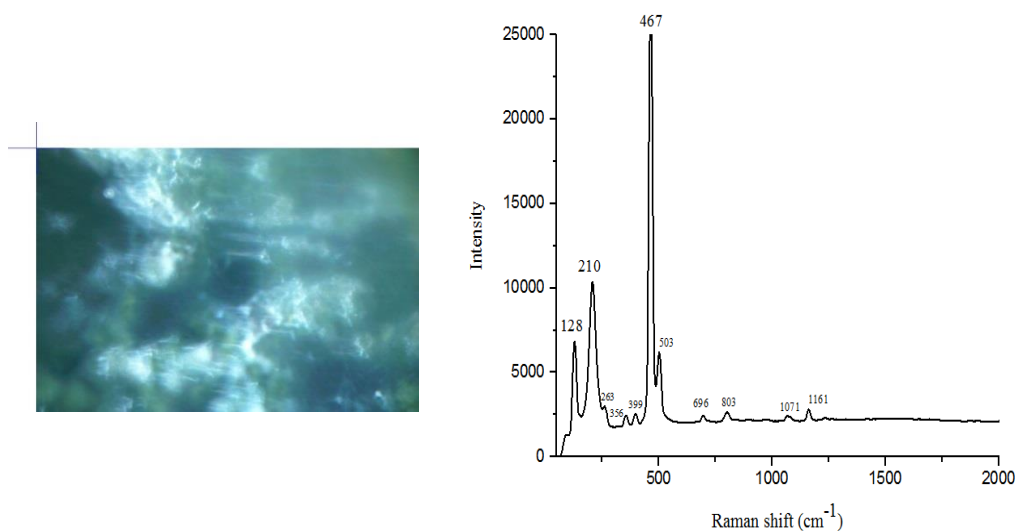
شکل ۴-۵ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در آگات-ژاسپهای قرمز رنگ طیف‌سنجی رامان برای دو نمونه آگات نواری یا تک مرکز انجام شد که نمونه اول عمدتاً شامل کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} ، 206 cm^{-1} ، 465 cm^{-1} و 503 cm^{-1} ، موگانیت با باند 501 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} (شکل ۴-۶) و نمونه دوم عمدتاً شامل کوارتز با باندهای 127 cm^{-1} ، 208 cm^{-1} ، 465 cm^{-1} و 501 cm^{-1} و موگانیت با باند 501 cm^{-1} و 398 cm^{-1} می‌باشد (شکل ۴-۶).



ب).

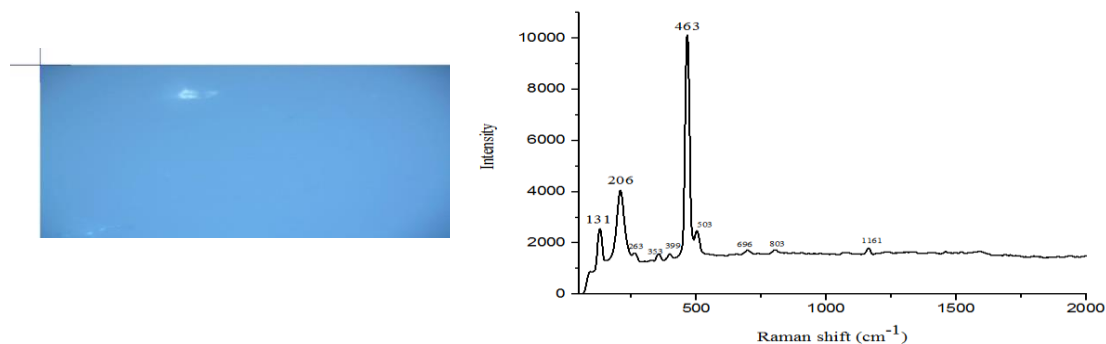
شکل ۴-۶ الف. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و کلسیت در آگات‌های نواری (نمونه اول). ب. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز و موگانیت در آگات‌های نواری (نمونه دوم)

آگات‌های خزه‌ای نیز شامل کوارتز با باندهای 467 cm^{-1} ، 210 cm^{-1} و 128 cm^{-1} ، موگانیت با باند 503 cm^{-1} ، هماتیت با باند 399 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} می‌باشد (شکل ۴-۷).



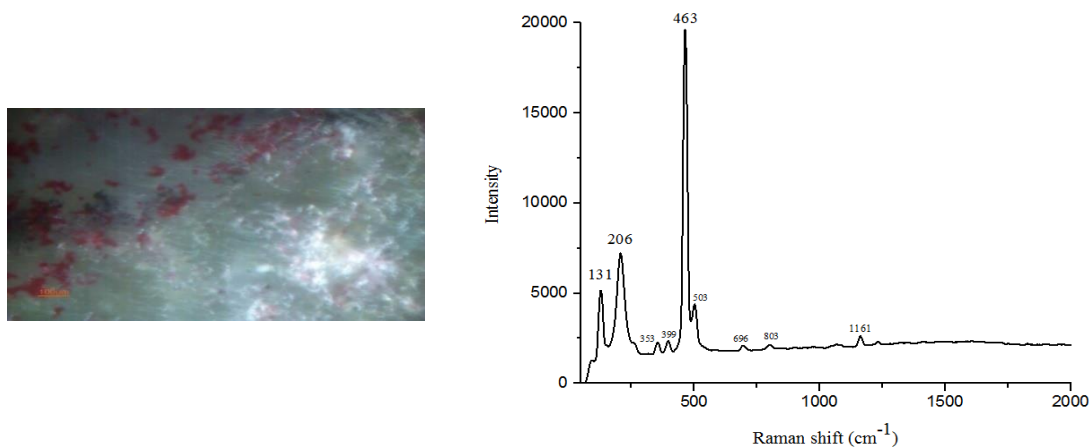
شکل ۴-۷ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در آگات‌های خزه‌ای

در طیف‌سنجی مربوط به **thunder egg** ها کوارتز با باندهای 131 cm^{-1} و 206 cm^{-1} ، موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} ، هماتیت با باند 399 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} مشاهده شد (شکل ۴-۸).



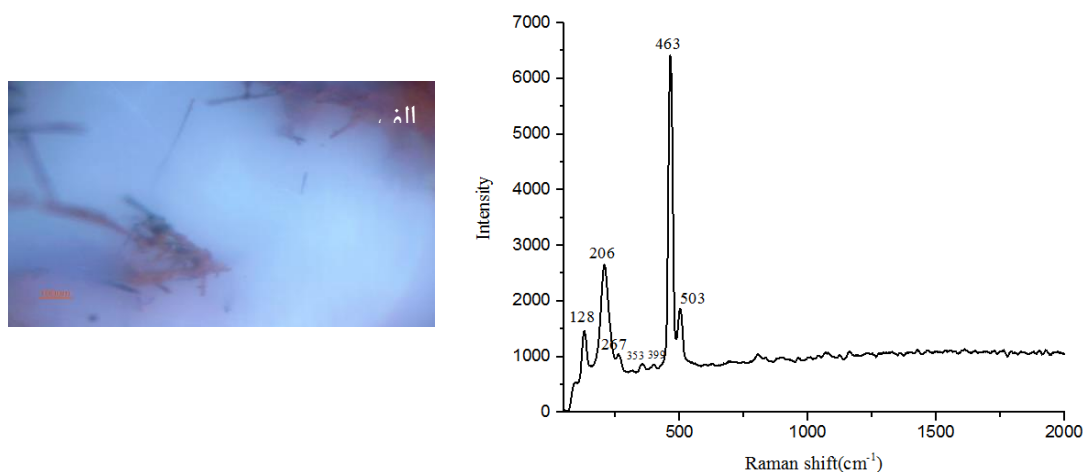
شکل ۴-۸ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در thunder egg ها

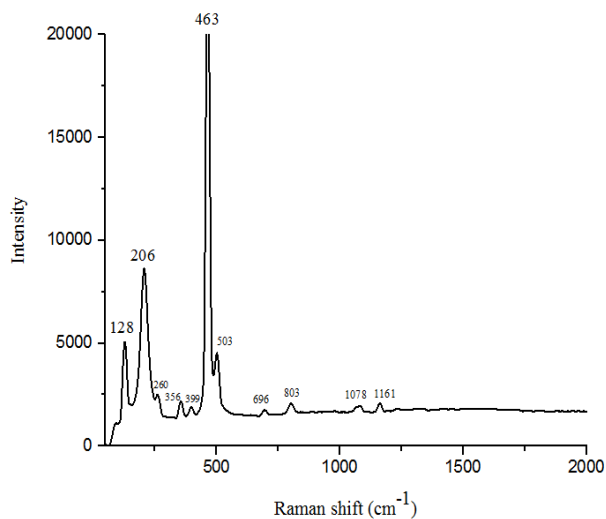
در ژاسپرهای رنگی مختلف کوارتز با باندهای 131 cm^{-1} ، 206 cm^{-1} و 1161 cm^{-1} و موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} و هماتیت با باند 399 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} مشاهده می‌شود (شکل ۴-۹).



شکل ۴-۹ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در ژاسپرهای رنگی مختلف

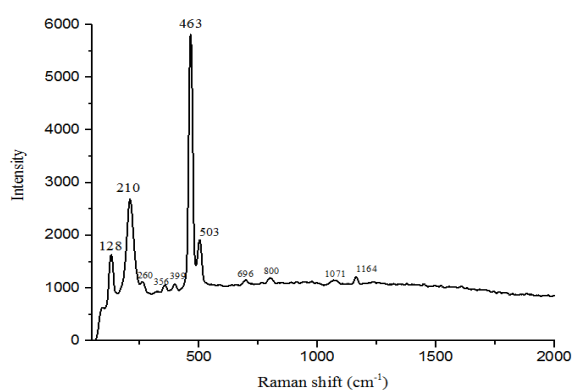
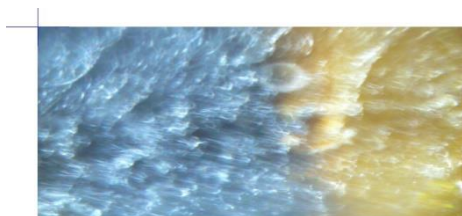
در طیف‌سنجی رامان مربوط به ژاسپر دندریتی خاکستری و ژاسپر دندریتی زرد رنگ کوارتز با باندهای 128 cm^{-1} و 206 cm^{-1} ، موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} و هماتیت با باند 399 cm^{-1} مشاهده شد (شکل ۴-۱۰ الف) و (شکل ۴-۱۰ ب).





شکل ۴-۱۰ الف. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و هماتیت در ژاسپ‌های دندریتی خاکستری. ب. تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت و هماتیت در ژاسپ‌های دندریتی زردرنگ

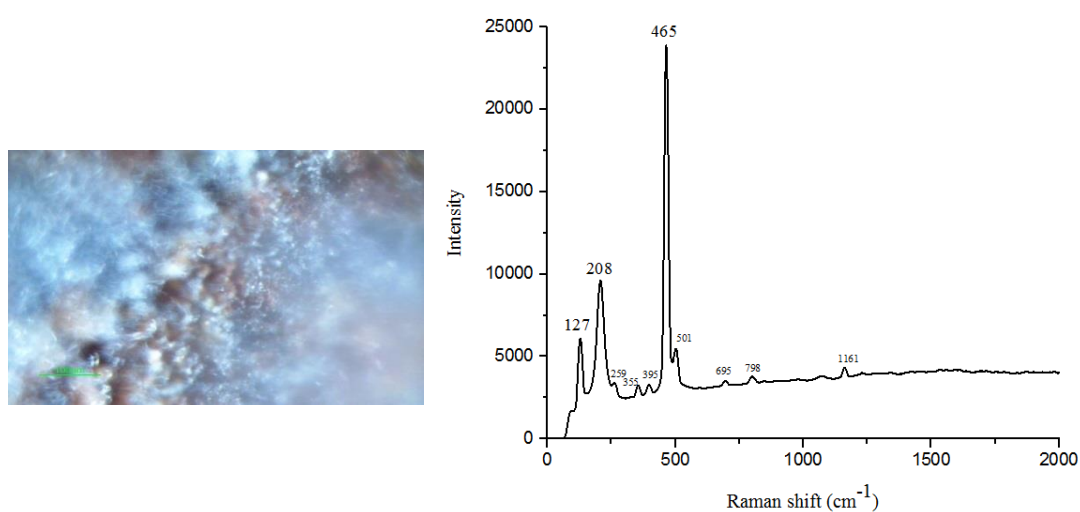
در ژاسپ‌های نواری نیز کوارتز با باندهای بر 128 cm^{-1} و 210 cm^{-1} ، موگانیت با باندهای 463 cm^{-1} و 503 cm^{-1} و هماتیت با باند 399 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} مشاهده می‌شود (شکل ۴-۱۱).



شکل ۴-۱۱ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در ژاسپ‌های نواری

در ژاسپ‌های خزه‌ای کوارتز با باندهای بر 127 cm^{-1} ، 208 cm^{-1} و 465 cm^{-1} ، موگانیت با باند 463 cm^{-1}

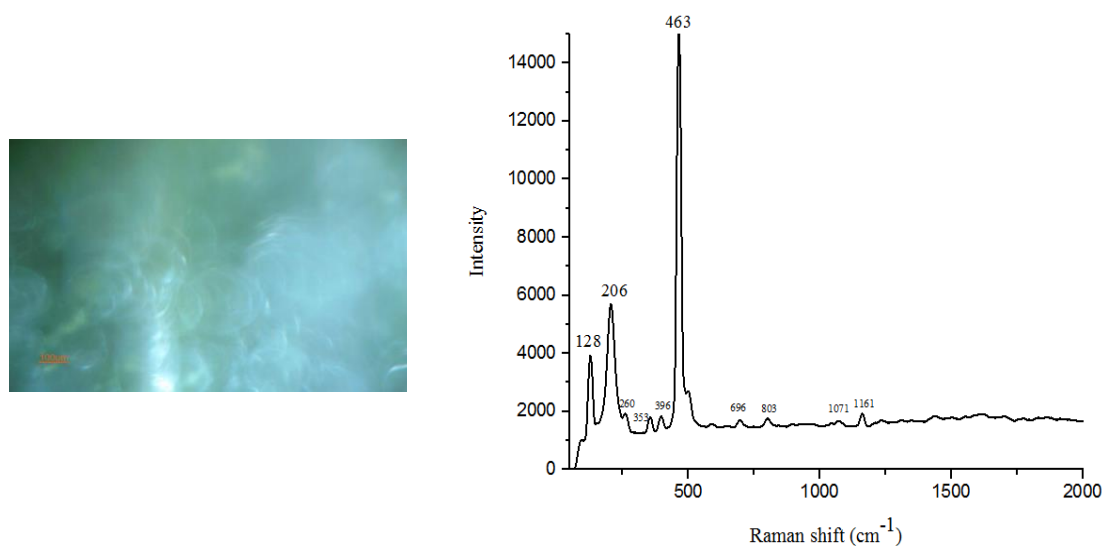
۵۰۱، هماتیت با باند 395 cm^{-1} و کلسیت با باند 695 cm^{-1} مشاهده می‌شود (شکل ۴-۱۲).



شکل ۴-۱۲ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در ژاسپ‌های خزه‌ای

در ژاسپ‌های سبز رنگ کوارتز در باند 128 cm^{-1} و 206 cm^{-1} ، موگانیت در باند 463 cm^{-1} ،

هماتیت با باند 396 cm^{-1} و کلسیت با باند 696 cm^{-1} مشاهده می‌شود (شکل ۴-۱۳).



شکل ۴-۱۳ تصویر میکروسکوپی و طیف رامان کوارتز، موگانیت، هماتیت و کلسیت در ژاسپرهای سبز رنگ

باندهای مشاهده در طیفسنجی میکرورامان بر روی نمونه های منطقه بر اساس جدول ۴-۱ تفسیر شده است.

جدول ۴-۱ باندهای مشاهده شده در طیفسنجی میکرورامان

منابع	باند (cm^{-1})	کانی
[Kingma K J., 1994], [Dumańska-Słowik, 2018]	128, 206, 265, 355, 394, 401, 450, 464, 511, 696, 796, 808, 1069, 1085, 1162, 1230	کوارتز α
[DANA POP, 2004] , [Kingma K J., 1994], [Dumańska-Słowik, 2018]	129, 141, 220, 265, 317, 370, 377, 398, 432, 449, 463, 501, 693, 792, 833, 1058, 1084, 1171, 1177	موگانیت
[Lucyna Natkaniec-Nowak, 2016], [Dumańska-Słowik, 2018]	223, 245, 290, 408, 498, 609, 1320	هماتیت
[Lucyna Natkaniec-Nowak, 2016]	277, 710, 1083, 1085	کلسیت
[Lucyna Natkaniec-Nowak, 2016], [Dumańska-Słowik, 2018]	1320, 1585	مواد آلی کربن دار

بر اساس نتایج به دست آمده ملاحظه می شود که کانی موگانیت برای اولین بار در ایران با استفاده از روش

طیف سنجی رامان در منطقه چاه اندو معلمان شناسایی شده است.

فصل پنجم

بررسی شیمی کانی سازی های سیلیس به روش های

فلورسانس اشعه ایکس و میکروپروپ اشعه ایکس

۵-۱ مقدمه

برای بررسی ترکیب شیمیایی انواع کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه چاه‌اندو و شناخت عناصر رنگ‌زا (آهن، منگنز، مس، کروم، تیتانیوم) تعداد ۱۱ نمونه برای تعیین میزان اکسیدهای اصلی، مقدار مواد فرار و عناصر فرعی به روش XRF با دستگاه shimadzu-japan مدل XRF 1800 در آزمایشگاه تجزیه مواد معدنی دانشکده مهندسی معدن، نفت و ژئوفیزیک دانشگاه صنعتی شاهرود مورد بررسی قرار گرفت. همچنین به منظور بررسی ترکیب شیمیایی کانی‌سازی‌های سیلیس از روش XPMa استفاده شد؛ بر این اساس ۶ نمونه از انواع کانی‌سازی‌های سیلیس به صورت نمونه دستی به روش XPMa با دستگاه میکروپروپ اشعه X هوربا (HORIBA) مدل XGT-7200V در شرکت کانساران بینالود تهران مورد بررسی قرار گرفت.

۵-۲ آنالیز XRF

بر اساس نتایج حاصل از آنالیز XRF، کمترین مقدار SiO_2 مربوط به ژاسپر سبز و برابر با ۸۵/۶۸ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط به ژاسپر زرد و قرمز و برابر با ۹۲/۰۳ درصد، کمترین مقدار Fe_2O_3 مربوط به ژاسپر سبز و برابر با ۲/۵۷ درصد و بیشترین مقدار مربوط به ژاسپر خاکستری و برابر با ۶/۱۳ درصد، کمترین مقدار MnO مربوط به ژاسپر قرمز و سبز و برابر با ۰ و بیشترین مقدار آن مربوط به ژاسپر سبز و برابر با ۰/۲۵ درصد، کمترین مقدار CaO مربوط به ژاسپر قرمز و سبز و برابر با ۱/۵۴ درصد و بیشترین مقدار مربوط به ژاسپر سبز و برابر با ۸/۷۳ درصد می‌باشد. علاوه بر این محتوی TiO_2 در نمونه‌های ژاسپر از ۰/۰۰۴ تا ۰/۰۵ درصد، K_2O از ۰/۶۰۴ تا ۰/۳ درصد، P_2O_5 از ۰/۰۱ تا ۰/۰۵ درصد، Al_2O_3 از ۰/۰۹ تا ۰/۷۷ درصد و Cr_2O_3 از ۰/۸ تا ۱/۷۱ درصد می‌باشد.

مطابق جدول ۵-۱ بیشترین مقدار LOI مربوط به ژاسپر سبز و برابر با ۴/۳۲ درصد و کمترین مقدار آن مربوط به ژاسپر خاکستری و برابر با ۱/۴۱ درصد می‌باشد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود افزایش میزان LOI سبب کاهش SiO_2 شده است؛ به طوری که ژاسپر سبز بیشترین مقدار

LOI یعنی ۴/۳۲ درصد و کمترین مقدار SiO_2 یعنی ۸۵/۶۸ درصد را شامل می‌شود.

جدول ۵-۱ نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی، مواد فرار و عناصر فرعی بر روی ۱۱ نمونه از کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه چاه‌اندو

اکسیدها	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر	آگات- ژاسپر
ی اصلی	سبز	ژاسپر	خاکستر	ژاسپر	ژاسپر	قرمز	و	زرد	ژاسپر	سبز	ژاسپر
(%)	و	زرد	ی	و	قرمز	و	سبز	قرمز	سیاه	خاکستر	بنفش
	قرمز			سبز	سبز					ی	
Fe_2O_3	2.57	3.73	6.13	2.79	2.64	5.98	4.04	5.38	3.09	2.3	3.58
MnO	0.25	0.022	0.09	0	0	0	0.06	0.17	0	0.013	0
TiO_2	0.01	0.004	0.004	0.01	0.01	0.05	0.004	0.005	0.006	0.004	0.004
CaO	8.73	0.76	2	0.76	0.73	1.54	1.8	7.89	0.29	0.28	0.8
K_2O	0.27	0.066	0.05	0.25	0.24	0.3	0.06	0.053	0.34	0.066	0.11
P_2O_5	0.01	0.013	0.02	0.012	0.012	0.05	0.02	0.03	0.004	0.006	0.007
SiO_2	85.6	93.38	90.67	94.6	94.14	89.5	92.03	83.35	94.46	96.63	94.17
	8										
Al_2O_3	0.41	0.084	0.09	0.25	0.26	0.77	0.12	0.1	0.2	0.15	0.18
MgO	0.26	0.019	0.04	0.09	0.1	0.12	0.001	1.5	0.12	0.006	0.1
Na_2O	0.02	0.032	0.02	0.03	0.04	0.06	0.003	0.02	0.03	0.046	0.02
ZrO_2	8	0.06	0.01	0.03	0.026	0.04	0.02	0.013	0.006	0.007	0.008
SrO	0.02	0.007	0.01	0.01	0.009	0.03	0.016	0.047	0.008	0.004	0.006
Cr_2O_3	3	1.74	0.8	1.14	1.73	1.41	1.71	1.29	1.39	0.44	0.96
SO_3	0.03	0.082	0.05	0.05	0.05	0.15	0.06	0.14	0.05	0.038	0.04
	5										
	1.66										
	0.05										
	7										
LOI	4.32	0.93	1.41	0.97	0.98	1.51	1.46	5.01	0.82	0.72	1.01
مجموع	99.9	99.99	99.98	100.00	99.98	100	99.97	99.98	99.99	99.99	99.98
	7	9	4	2	7		1	8	4		5

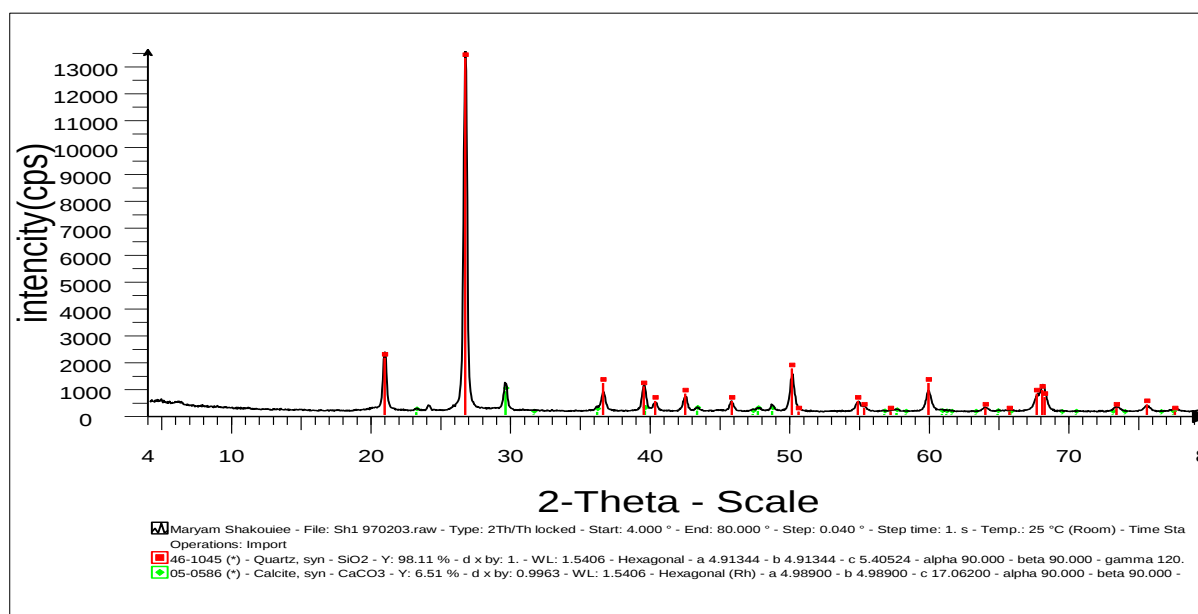
بر اساس جدول ۵-۱ میزان اکسیدهای اصلی در آگات و آگات-ژاسپرهای منطقه به شرح زیر می‌باشد:

کمترین مقدار SiO_2 مربوط به آگات-ژاسپر سیاه و برابر با ۸۳/۳۵ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط

به آگات-ژاسپر خاکستری و برابر با ۹۶/۶۳ درصد، کمترین مقدار Fe_2O_3 مربوط به آگات-ژاسپر

خاکستری و برابر با ۲/۳ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط به آگات-ژاسپر سیاه و برابر با ۵/۳۸ درصد، کمترین مقدار CaO مربوط به آگات-ژاسپر خاکستری و برابر با ۰/۲۸ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط به آگات-ژاسپر سیاه و برابر با ۷/۸۹ درصد است. علاوه بر این مقدار MnO در آگات-ژاسپرها از ۰ تا ۰/۲۵ درصد، مقدار K₂O از ۰/۵۳ تا ۰/۳۴ درصد، مقدار P₂O₅ از ۰ تا ۰/۰۱ درصد، مقدار Al₂O₃ از ۰/۸۴ تا ۰/۲۶ درصد و مقدار Cr₂O₃ از ۰/۴۴ تا ۱/۷۴ درصد می باشد. همچنین کمترین مقدار LOI مربوط به آگات سبز و برابر با ۰/۸۲ درصد و بیشترین مقدار آن مربوط به آگات-ژاسپر سیاه و برابر با ۵/۰۱ درصد می باشد. در اینجا نیز مشاهده می شود که با افزایش LOI میزان SiO₂ کاهش می یابد؛ به طوری که آگات-ژاسپر سیاه بیشترین مقدار LOI یعنی ۵/۰۱ درصد و کمترین مقدار SiO₂ یعنی ۸۳/۳۵ درصد را شامل می شود.

همان گونه که در نمونه های ژاسپر و همچنین آگات-ژاسپر ملاحظه می شود؛ باتوجه به اینکه افزایش میزان CaO با افزایش LOI در نمونه ها هم خوانی دارد، لذا احتمالاً میزان بالای LOI مربوط به وجود کانی های کربناته می باشد. از طرفی در یک نمونه آنالیز XRD که برای شناسایی احتمالی کانی های رسی و کربناته در ژاسپرها صورت گرفت، کانی کلسیت آشکار گردید.



شکل ۵-۱ نتایج آنالیز XRD بر روی یک نمونه آگات-ژاسپر منطقه چاهاندو

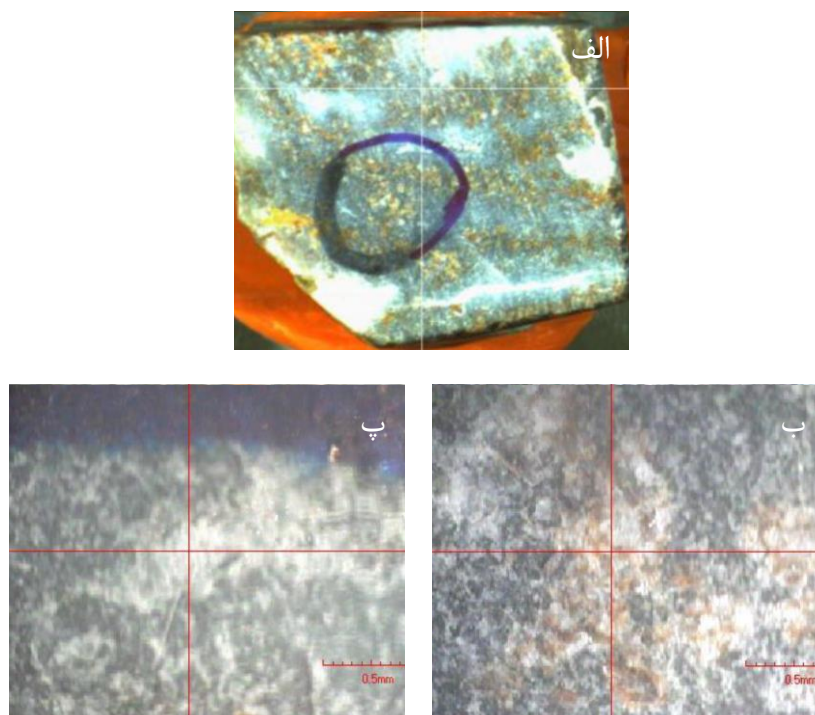
بر اساس نتایج فوق می‌توان چنین گفت که به احتمال زیاد رنگ سبز به علت وجود عنصر کروم، رنگ قرمز و زرد به دلیل حضور آهن و اذخال‌های سیاه رنگ به دلیل وجود منگنز می‌باشد.

۵-۳ آنالیز XPMA

در این پژوهش به منظور بررسی ترکیب شیمیایی کانی‌سازی‌های سیلیس از روش XPMA استفاده شد؛ بر این اساس ۶ نمونه از انواع کانی‌سازی‌های سیلیس به صورت نمونه دستی به روش XPMA با دستگاه میکروپروپ اشعه X هوربا (HORIBA) مدل XGT-7200V در شرکت کانساران بینالود تهران مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور یک نمونه آگات-ژاسپر سیاه رنگ (دندریتی)، یک نمونه آگات-ژاسپر قرمز و سبز (استالاکتیتی کاذب)، یک نمونه آگات سبز رنگ (خزه‌ای)، یک نمونه ژاسپر زرد و قرمز، یک نمونه ژاسپر رنگی مختلف و یک نمونه ژاسپر سبز رنگ هر کدام در دو نقطه مورد آنالیز قرار گرفت که نتایج حاصل به شرح زیر است:

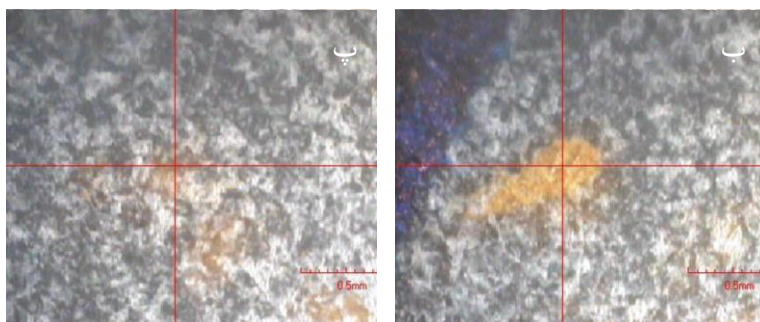
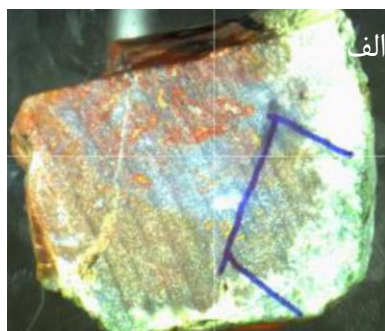
در نمونه آگات-ژاسپر سیاه رنگ مقدار SiO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۸/۲۵ و ۹۹/۶۳ درصد، مقدار CaO به ترتیب ۴۸/۷۴ و ۰/۳۱ درصد و مقدار Fe_2O_3 به ترتیب ۲۷/۸۵ و ۰/۰۶ درصد است. علاوه بر آن حاوی ۱۳/۶ درصد MgO ، ۰/۱ درصد SO_3 ، ۱/۲۶ درصد MnO_2 ، ۰/۱۷ درصد SrO و ۰/۰۲ درصد SnO_2 می‌باشد.

در این نمونه میزان SiO_2 در نقطه ۲ بیش از ۹۰ درصد است در حالی که میزان سیلیس در نقطه ۱ به مقدار کمتر از ۹ درصد کاهش یافته و ناخالصی‌هایی مانند MnO_2 ، Fe_2O_3 ، CaO ، MgO افزایش چشمگیری داشته‌اند (شکل ۵-۲).



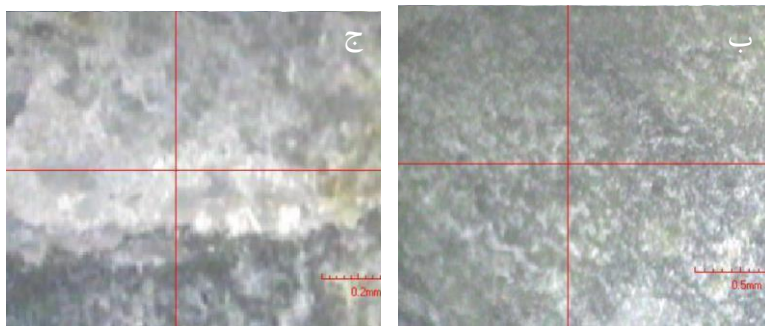
شکل ۵-۲ الف- نمونه دستی آگات-ژاسپر سیاه ، ب- تصویر میکروسکوپی XPM در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPM در نقطه ۲

در نمونه آگات-ژاسپر قرمز و سبز مقدار SiO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۹۵/۷۹ و ۹۸/۵۱ درصد، مقدار Fe_2O_3 به ترتیب ۴/۱۶ و ۱/۳۶ و مقدار ZrO_2 در هر دو نقطه ۰/۰۳ درصد می‌باشد. علاوه بر این میزان Cr_2O_3 در نقطه ۱ برابر ۰/۰۲ درصد و میزان K_2O در نقطه ۲ برابر ۰/۱۱ درصد است. در این نمونه مقدار سیلیس در نقطه ۱ بیش از ۹۵ درصد است و حضور اکسیدهای Fe_2O_3 و Cr_2O_3 جهت ایجاد رنگ قرمز و سبز قابل ملاحظه است. در نقطه ۲ میزان سیلیس بیش از ۹۸ درصد است و میزان ناخالصی‌ها کاهش یافته است (شکل ۵-۳).



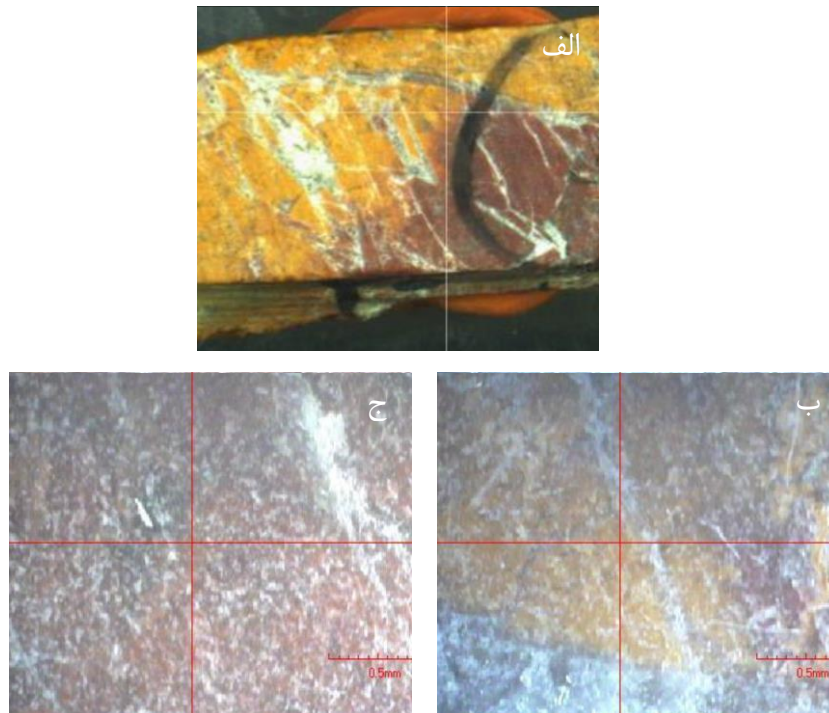
شکل ۳-۵ الف- نمونه دستی آگات-ژاسپر قرمز و سبز، ب- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۲

در نمونه آگات سبز رنگ مقدار SiO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۹۷/۳۴ و ۹۹/۸۱ درصد، مقدار CaO در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۰/۱۸ و ۰/۱ درصد و میزان Fe_2O_3 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۱/۹۴ و ۰/۰۶ درصد است (شکل ۴-۵).



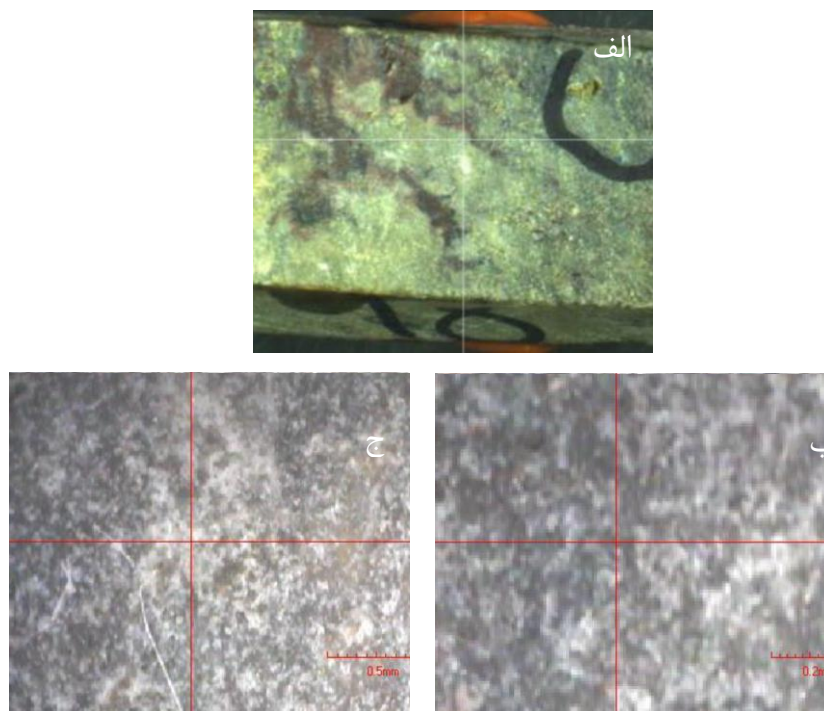
شکل ۴-۵ الف- نمونه دستی آگات سبز، ب- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۲

در نمونه ژاسپر زرد و قرمز مقدار SiO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۹۷/۳۱ درصد و ۹۹/۰۵ درصد، مقدار Fe_2O_3 در این نقاط به ترتیب ۲/۶۱ درصد و ۰/۸۱ درصد است. مقدار CaO در نقطه ۱ برابر ۰/۰۸ درصد است (شکل ۵-۵).



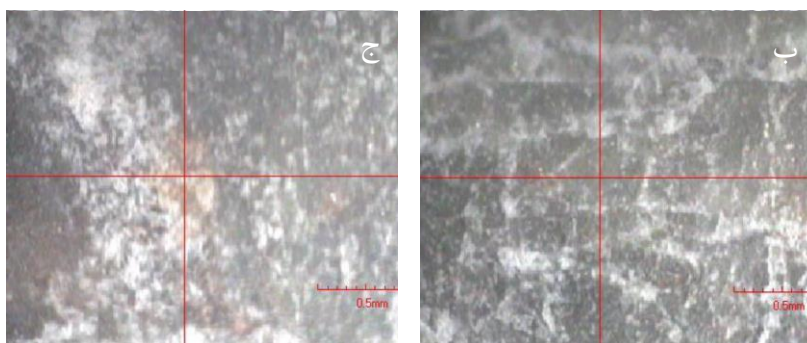
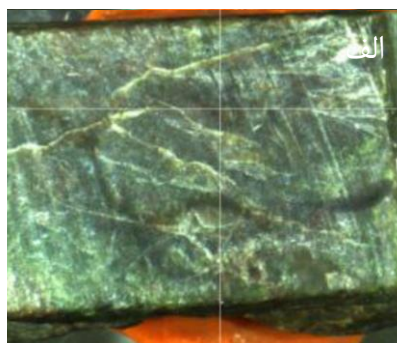
شکل ۵-۵ الف- نمونه دستی ژاسپر زرد و قرمز، ب- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۲

در نمونه ژاسپر رنگی مختلف مقدار SiO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۹۹/۵۹ درصد و ۹۷/۵ درصد، مقدار Fe_2O_3 در این نقاط به ترتیب ۰/۳۹ درصد و ۱/۴۴ درصد است. این نمونه در نقطه ۲ حاوی Al_2O_3 ۰/۸۱ درصد، K_2O ۰/۱۷ درصد و CaO ۰/۰۸ درصد است (شکل ۵-۶).



شکل ۵-۶ الف- نمونه دستی ژاسپر رنگی مختلف، ب- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPMa در نقطه ۲

در نمونه ژاسپر سبز مقدار SiO_2 در نقطه ۱ برابر ۹۱/۰۱ درصد است در حالی که مقدار این اکسید در نقطه ۲ برابر ۷/۳۹ درصد است. مقدار MnO_2 در نقاط ۱ و ۲ به ترتیب ۰/۳۳ درصد و ۳/۹۲ درصد، مقدار Fe_2O_3 به ترتیب ۰/۲۲ درصد و ۷/۶۷ درصد است. مقدار CaO در نقطه ۱ برابر ۸/۲۶ درصد است در حالی که در نقطه ۲ برابر ۸۰/۳۴ درصد است. در نقطه ۲ حضور عناصری مانند CuO به میزان ۰/۱۸ درصد و As_2O_5 به میزان ۰/۱۲ درصد نیز قابل توجه است (شکل ۵-۷).



شکل ۵-۷ الف- نمونه دستی ژاسپر سبز، ب- تصویر میکروسکوپی XPMA در نقطه ۱، پ- تصویر میکروسکوپی XPMA در نقطه ۲

فصل هشتم

خلاصه، نتیجه گیری و پیشنهادات

گوهرها و گوهرسنگ‌ها به دلیل سرشت زیبایی، درخشش و جلای دل‌پسند، استحکام، کمیاب بودن و رنگ از دیرباز و از روزگاران کهن همواره مورد توجه انسان بوده است؛ به طوری که سهم عمده‌ای از اقتصاد کشورها بر پایه معاملات و داد و ستد گوهرهاست. از گوهرهای مختلف در کارهای تزئینی، علمی، صنعتی و گالری‌های جواهر استفاده می‌شود و لذا بازار جهانی پرسودی را به خود اختصاص داده است. بر اساس گزارش پی‌جویی سنگ‌های قیمتی ایران و شواهد یافت شده بسیاری از سنگ‌های قیمتی مانند انواع آگات‌ها و کوارتزها در ایران وجود دارد که می‌توان بسیاری از این ذخایر را در آینده اکتشاف نمود؛ لذا این امر نه تنها از نیاز واردات گوهرها کاسته بلکه زمینه را برای سرمایه‌گذاری و صادرات آن‌ها مهیا می‌نماید. در ایران انواع کانی‌سازی‌های سیلیس شامل آگات (عقیق)، درکوهی، آمیتیست، کلسدونی، ژاسپر و اپال در کمان‌های ماگمایی ترشیری (کمان‌های ارومیه-دختر، معلمان-خواف و البرز-آذربایجان) توزیع فراوانی دارد و قابل پی‌جوئی است. بنابراین در این پژوهش برای اولین بار کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه چاه‌اندو تحت عنوان دشت آگات- ژاسپر معرفی و به بررسی کانی‌شناسی، ژئوشیمی و گوهرشناسی انواع سیلیس‌های منطقه مورد نظر پرداخته می‌شود. منطقه مورد مطالعه در این پژوهش دشت کانی ژاسپر و آگات با وسعتی حدود ۳۰۰۰ مترمربع از منطقه چاه‌اندو در استان سمنان می‌باشد که از نظر زمین‌شناسی در قسمت مرکزی نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته-رشم قرار دارد.

بر اساس مطالعات صحرایی و بررسی مقاطع نازک، مهم‌ترین سنگ‌های منطقه اغلب شامل بازالت، آندزیت - بازالت، توف و سنگ‌های دگرگونی می‌باشد.

کانی‌سازی‌های سیلیس در منطقه شامل آگات، ژاسپر و در اغلب موارد به صورت ترکیبی از این دو می‌باشد که به آن آگات-ژاسپر می‌گویند.

کانی‌های گروه آگات زیرگروهی از کلسدونی با سایه‌های گوناگون و یا گونه‌های کریپتوکریستالین کوارتز شفاف یا نیمه شفاف می‌باشند. رخداد تبلور آگات در مقیاس جهانی از میلیون‌ها سال قبل گزارش شده است. قدیمی‌ترین گوهرسنگ‌های آگات در سنگ‌های سازند pilbara با سن ۳۵۰۰-۲۷۰۰ میلیون سال قبل و جوان‌ترین آن‌ها در توف‌های ولکانیکی کوه‌های Yucca آمریکا با سن ۱۳ میلیون سال می‌باشد [Moxon, 2006]. نحوه تشکیل آگات‌ها وابسته به محلول‌های ولکانیک و سوپرژن می‌باشد که منشا یون‌های مختلف و مواد ارگانیک می‌توانند باشند. عمومی‌ترین منشا آگات-ها یک تبلور چند مرحله‌ای و پیچیده از اکسید سیلیسیم با تغییر ترکیب شیمیایی محلول [Heaney, 1993] و یا تبلور دوره‌ای از ژل‌های سیلیسی حاوی رنگدانه در حفرات سنگ‌های ولکانیک می‌باشند [Dumańska-Słowik, M 2013]. ژاسپر یک نوع کلسدونی یا چرت ناخالص، معمولاً خالدار یا نواری، متراکم، ریز بلور، مات تا کدر و به رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای، زرد، سبز، آبی مایل به خاکستری و بنفش کم‌رنگ می‌باشد. کانی‌سازی آگات و آگات-ژاسپر در منطقه چاه‌اندو به صورت قطعات خرد شده پراکنده در دشت از ابعاد چند میلی‌متر تا چند متر دیده می‌شود که بعضاً برخی از آن‌ها برجا بوده و به صورت باندهایی با ضخامت حدود نیم متر در سطح قابل مشاهده می‌باشند. در محدوده این دشت سنگ‌های آندزیت، بازالت، توف، بیوتیت شیست و سرپانتینیت بیرون‌زدگی دارند که در برخی قسمت‌ها در داخل حفرات سنگ‌های ولکانیکی تبلور آگات صورت گرفته است. درشیت نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کلاته رشم، در مناطق با گسترش سنگ‌های شیستی پالئوزوئیک، رگه‌های سیلیسی وجود دارند که در طی فرآیند دگرگونی تشکیل شده‌اند [جعفریان]. از آن‌جا که کانی موگانیت در آگات‌هایی با منشا غیر دگرگونی وجود دارد؛ لذا با توجه به آشکارسازی فاز موگانیت در بسیاری از نمونه‌های آگات-ژاسپر منطقه مورد مطالعه، همه سیلیس‌زایی‌های منطقه مربوط به فرآیند دگرگونی نمی‌باشند و احتمال دارد چندین مرحله کانی‌سازی سیلیس صورت گرفته باشد. به عبارتی در یک مرحله سیلیس در اثر دگرگونی آزاد و سپس به صورت رگه‌ای شکل گرفته باشد که نیاز به مطالعات زمین‌شناسی بیشتر و منشایابی دارد.

مطالعات طیف‌سنجی رامان که برای اولین بار بر روی ۱۵ نمونه از آگات‌ها و ژاسپرهای منطقه مورد مطالعه صورت گرفت، فاز کانی موگانیت (SiO_2 حاوی ۳ درصد آب) را آشکار نمود که این ترکیب در سنگ‌های زمینی در شرایط غیر دگرگونی ایجاد می‌شود لذا مربوط به محلول‌های هیدروترمال می‌باشد.

بررسی ویژگی‌های گوهرشناسی (رنگ، بافت، شدت جلا، میزان شفافیت) آگات‌ها و ژاسپر‌ها در این منطقه نشان می‌دهد که این کانی‌سازی‌ها از کیفیت بالایی برخوردار بوده و می‌تواند به عنوان کانی گوهری معرفی شود.

مطالعات شیمی کانی سیلیس شامل XRF (۱۱ نمونه) و XPM (۶ نمونه)، بر روی انواع کانی‌سازی‌های سیلیس منطقه صورت گرفت که بر این اساس عوامل اصلی رنگ‌زا در ژاسپر‌ها و آگات-ژاسپرهای منطقه آهن، منگنز و کرم می‌باشد.

۶-۲ نتیجه‌گیری

- مطالعات گوهرشناسی نشان می‌دهد که شفافیت و صیقل‌پذیری در نمونه‌های آگات و آگات-ژاسپر نسبت به نمونه‌های ژاسپر بیشتر بوده، بنابراین این نمونه‌ها جهت برش و تراش به عنوان گوهرسنگ مناسب‌تر می‌باشند. نمونه‌های آگات خزه‌ای و آگات-ژاسپر منظره (استالاکتیتی) به علت شفافیت، رنگ منحصر به فرد و جلای بیشتر نسبت به سایر نمونه‌ها از زیبایی بیشتری برخوردار بوده و می‌توان از آن‌ها در صنعت جواهرسازی بهره جست.
- بر اساس مطالعات طیف‌سنجی میکرورامان انواع فازهای کانی‌های سیلیس شامل کوارتز آلفا و موگانیت و هم‌چنین ناخالصی‌هایی مانند هماتیت، کلسیت، کلریت و مواد آلی کربن‌دار مشاهده گردید.
- مطالعات شیمی سیلیس به روش‌های XRF و XPM نشان از وجود ناخالصی‌هایی مانند

Fe₂O₃، MnO، CaO، Cr₂O₃، CuO، As₂O₅ و MgO دارد که مهم‌ترین عوامل ایجاد رنگ

وجود عناصر آهن، منگنز و کرم می‌باشد.

۳-۶ پیشنهادات

- با توجه به ارزش گوهری کانی‌سازی‌های سیلیس بررسی مناطق امیدبخش گوهری و ایجاد کارگاه‌های برش و تراش
- با توجه به آشکار شدن فاز موگانیت، بررسی بیشتر کانی موگانیت از نظر نحوه تشکیل
- بررسی ژاسپروئیدهای منطقه به عنوان راهنمایی برای کانی‌سازی‌های طلا

منابع و مراجع

منابع فارسی

آموزگار، ر.، ایرانمنش، ر.، (۱۳۹۵)، بررسی ویژگی‌های کانی‌شناسی و نحوه تشکیل ژل‌سپرهای منطقه بزم (استان کرمان)، سومین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

انصاری‌فر، ا.، رضایی کهخایی، م.، قاسمی، ح.، (۱۳۹۶)، تعیین دما و منشا تشکیل آگات‌های رضاآباد با استفاده از ایزوتوپ‌های پایدار اکسیژن، جنوب‌شرق شاهرود (ایران مرکزی)، چهارمین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

استاندارد ملی ایران (۱۴۲۳۵)، (۱۳۹۰)، گوه‌رهای رنگی - ویژگی‌ها و روش‌های آزمون تشخیص گوه‌رهای رنگی از انواع سنتز شده، فرآوری شده، شبه گوه‌ر و ترکیبی.

براتی، م.، (۱۳۹۶)، بررسی پتانسیل معادن عقیق ایران و مقایسه آن با معادن کشور آذربایجان، چهارمین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

بهپور، ش.، مرادیان، ع.، (۱۳۹۶)، منشا و گوه‌رشناسی درکوهی منطقه کوه گبری (کرمان، رفسنجان)، چهارمین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

تقی‌زاده اناری، ف.، (۱۳۹۴). زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ژئوشیمی و ارزیابی کانی‌های گروه فیروزه در معدن باغو-دامغان و مقایسه آن با سایر فیروزه‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شیراز، سومین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

جعفریان، م.ب.، نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کلاته-رشم، سازمان زمین‌شناسی ایران.

حاج علیلو، ب.، وثوق، ب.، مؤذن، م.، (۱۳۹۰)، ویژگی‌های کانی‌شناسی، ژئوشیمی، گوه‌رشناسی و علل تنوع رنگ در آگات‌های میانه، شمال غرب ایران، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال نوزدهم، شماره ۳، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.

دریکوند، ن.، یوسف‌زاده، م. ح.، زرین‌کوب، م. ح.، (۱۳۹۶)، بررسی ساخت، بافت و منشا تشکیل آگات-های منطقه چاه‌گنبد (شمال‌شرق سه‌چنگی)، چهارمین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

دولت، ا.، حسینی‌نژاد، س.، (۱۳۸۸)، شناسایی سنگ‌های قیمتی جنوب شهرستان فردوس (خراسان جنوبی) در خواجه بیدختی، ح.، ۱۳۸۸، پژوهش‌های پیرامون سنگ‌های قیمتی و نیمه‌قیمتی در ایران و جهان، انتشارات معلا با همکاری اداره کل میراث فرهنگی خراسان رضوی.

رحیم‌زاده، ب.، (۱۳۹۵)، درآمدی بر کانی‌های کلکسیونی ایران، معرفی و لزوم توجه به آن، سومین همایش ملی گوه‌رشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

شیخی قشلاقی، ر.، قربانی، م.، (۱۳۹۴)، خصوصیات مینرالوگرافی، گوه‌رشناسی و ارتباط آن با کیفیت صیقل‌خوری در آگات‌های جنوب طرود، مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۱۸، دانشگاه شهید چمران اهواز.

صالحی، ل.، رساء، ا.، علیرضایی، س.، مطرودی، ف.، توسلی، س. ح.، (۱۳۹۲)، طیف سنجی رامان و کاربرد آن در شناسایی دگرسانی‌های موجود در کانسارهای مس عباس‌آباد، شمال شرق شاهرود، پژوهش‌های دانش زمین، سال چهارم، شماره ۱۳، صفحات ۶۹-۸۳.

طالع‌فاضل، ا.، اصغرزاده اصل، ح.، (۱۳۹۵)، شناسایی و معرفی پتانسیل‌های سیلیس نیمه‌قیمتی در جنوب سفیدابه (شمال استان سیستان و بلوچستان) : شواهد زمین‌شناسی، ژئوشیمی و خاستگاه،

کنفرانس بین‌المللی علوم گوهر، از دانایی تا دارایی، دانشگاه زابل.

عبدل‌آبادی، ب.، زارعی‌مقدم، ح.، ذوالفقاری، ع.، (۱۳۹۶)، خصوصیات مینرالوگرافی و ژنز آگات‌ها و ژئوشیمی سنگ میزبان آگات‌های منطقه بایگ، چهارمین همایش ملی گوهرشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه بوعلی‌سینا، همدان.

فاضلی‌اولادی، ا.، بستامی، ع.، فرهادی‌نژاد، ط.، شاه‌رخ، س.، محمدزاده‌هاوستینی، س.، (۱۳۹۰)، بررسی خاستگاه سیلیس‌های نیمه‌قیمتی با نگرشی بر میکروترمومتری سیالات کانه‌دار در ناحیه طرود-معلمان (استان سمنان)، سی‌امین گردهمایی علوم زمین، وزارت صنعت معدن تجارت، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قربانی، م.، (۱۳۸۲)، سنگ‌ها و کانی‌های گرانبها (گوهرها) و جایگاه آن‌ها در ایران، انتشارات آراین زمین.

مجتهدزاده، ا.، (۱۳۹۵)، بررسی عوامل بازدارنده رشد و تحول صنعت جواهرات در ایران، سومین همایش ملی گوهرشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

معزز لسکو، ض.، (۱۳۸۰)، گوهرشناسی (بررسی سنگ‌های قیمتی)، انتشارات واژگان خرد.

ملک محمودی، ف.، خلیلی، م.، (۱۳۹۳)، بررسی منشا و شرایط شکل‌گیری آگات‌های خور و بیابانک (استان اصفهان)، مجله زمین‌شناسی اقتصادی، جلد ۶، شماره ۲، دانشگاه فردوسی مشهد.

منتظمی، ع.، آموزگار، ر.، ایرانمنش، ر.، (۱۳۹۵)، مطالعه فرم‌های مختلف آگات منطقه بم از دیدگاه اقتصادی، سومین همایش ملی گوهرشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

مهرپرتو، م.، فیضی، ع.، سلطانی، ص.، قاسمی‌سیانی، م.، (۱۳۸۸)، بررسی منشا تشکیل ژئوهای

سیلیسی (آمتیست) جنوب طرود بر اساس مطالعات پتروگرافی، بافت‌شناسی و میکروترمومتری، دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، اهواز، شرکت ملی مناطق نفتخیز جنوب.

مهری، ع.، علیپور، م.، مدرسی، ف.، ایرانمنش، م.، (۱۳۹۵)، بررسی نحوه تشکیل آگات‌های منطقه بم (استان کرمان)، سومین همایش ملی گوهرشناسی و بلورشناسی، انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، دانشگاه شهید بهشتی.

هال، ک.، (۱۳۸۸)، راهنمای مصور و جامع سنگ‌های قیمتی، ترجمه عرب‌اسدی، م.ح.، ۱۶۰ صفحه، انتشارات سجاد.

Dayvault R. (2014) "Colorful Agate and Jasper of Southeastern Utah", 2153 Redcliff Circle Grand Junction, Colorado 81507.

Dumańska-Słowik M, Weselucha-Birczyńska A, Natkaniec-Nowak L. (2013) "Inclusions in topaz from miarolitic pegmatites of the Volodarsk-Volynski Massif (Ukraine)—A Raman spectroscopic study. *Spectrochim. Acta A*, 109, 97–104.

Dumańska-Słowik M, Powolny T, Sikorska-Jaworowska M, Gaweł A, Kogut L, Poloński K. (2018) "Characteristics and origin of agates from Płóczki Górne (Lower Silesia, Poland): A combined microscopic, micro-Raman, and cathodoluminescence study", 6–15.

Essential colored stone reference guide, Gemological Institute of America, 2005.

Fersman A. E. (1962) "Gem and colour stones of Russia" In: Kostov, R. I. (2010), *Review Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks*.

Fredricks S, Enhanced S. (1999) "Raman Spectroscopy of Peptides and Proteins absorbed on a Silver Surface on an electrochemically Prepared Silver Surface". *Spectrochimica Acta*, Part A, Vol. 55, pp. 1615-1640.

Fritsch E and Rondea B. (2009) "Gemology: The Developing Science of Gems", An international magazine of mineralogy, Geochemistry, and Petrology, Volume 5, Number 3, ISSN 1811-5209.

Habucchi S, Cotlet M, Gronheid R, Dirix G, Michiels J, Vanderleyden J, Schryver F. De, Hofkense J. (2003) "Single Molecule Surface Enhanced Resonance Raman Spectroscopy of the Enhanced Green Fluorescent Protein". *Journal of the American Chemical Society*, Vol. 125, pp. 8446-8447.

Heaney, P.J. A Proposed Mechanism for the Growth of Chalcedony. *Contrib. Mineral. Petrol.* 1993, 115, 66–74.

<https://depositsmag.com>: Agate: a mineral that develops with age, water and moganite, The Magazine on Fossils, Geology & Minerals. Deposits is both a printed and online magazine featuring articles by high profile authors.

<https://www.binaloud.com>.

<https://www.gemselect.com/gem-info/agate/agate-gemstone-information-and-education.php>

<http://gemdat.org/gem-2082.html>.

<http://iranian-agates.freesevers.com>.

<http://www.edu.nano.ir>.

Igumnov A. N. (1960) "On the texture peculiarities of the multicoloured jasper from the Southern Ural" In: Kostov, R. I. (2010), *Revie Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks*.

Kostov R. I. (2003) "Precious Minerals: Testing, Distribution, Cutting, History and Application (Gemmology). Pensoft, Sofia-Moscow,X" In: Kostov, R. I. (2010), *Revie Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks*.

Kostov R. I. (2010). "Revie Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks". Manutchehr-Danai M. (2005)" *Dictionary of Gems and Gemology*", Springer.

Moxon T, Reed S.J.B. (2006) "Agate and chalcedony from igneous and sedimentary hosts aged from 13 to 3480 Ma":A cathodoluminescence study. *Mineral. Mag*, 70, 485–498.

Moxon. T.,:Agate: a mineral that develops with age, water and moganite, *Deposits Magazine*, 27.03.2018. <https://depositsmag.com>

Natkaniec-Nowak L, Dumańska-Słowik M , Pršek J, Lankosz M , Wróbel P, Gawel A, Kowalczyk and Kocemba J. (2016) " Agates from Kerrouchen (The Atlas Mountains,Morocco): Textural Types and TheirGemmological Characteristics".

Petrological microscopes and photomicroscopy.

Pop D, Constantina C, Tatar D, Kiefer W. (2004) "Raman Spectroscopy on Gem-Quality Microcrystallineand Amorphous Silica Varieties From Romania", *Studia Universitatis Babes-Bolyai, Geologia*, 1, 41-52.

Powolny T, Dumańska-Słowik M. (2017) "Review of existing systems of jaspers nomenclature and classification in Poland and worldwide, gospodarka surowcami mineralnymi – mineral resources management" 33, 2, 43–52.

Putolova L. S., Menchinskaya T. I, Baranova, T. L., Vdovenko, A. P. (1989) "

Decorative Varieties of Coloured Stone in the Ussr. Nedra, Moscow" In: Kostov, R. I. (2010), *Revie Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks*.

Richter S, Götze J, Niemeyer H, Möckel R. (2015) "Mineralogical investigations of agates from Cordón de Lila, Chile , Andean Geology" 386-396.

Roth E, Hope G. A, Schweinsberg D. P, Kiefer W, Fredericks P. M, (1993) "Simple Technique for measuring Surface Enhanced Fourier Transform Raman Spectra of Organic Compounds". Applied Spectroscopy, Vol. 47 (11), pp. 1794-1800.

Siivola J, Schmid R "List of Mineral Abbreviations", Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks: Web version 01.02.07.

Yakovleva M. E., Putolova L.S. (1971) "On the mineralogical composition of some jaspers and the cause of their colour" In: Kostov, R. I., 2010. Review Of The Mineralogical Systematics Of Jasper And Related Rocks.

Kingma K J., Hemley R J. (1994) " Raman spectroscopic study of microcrystalline silica" American Mineralogist, Volume 79, pages 269-273.

Abstract

The agate-gasper mineralization area of Chah Andoo is located at 100 km of SW Damqan in Semnan Province. Basalt, andesite-basalt, tuff and metamorphic rocks are the main rocks which expose in the study area. Agate, jasper and agate – jasper are silica minerals which widespread at the plain surface as crushed fragments from a few millimeters to 0.5 meter in dimension .Banded (mono centric), stalactite (landscape), mossy and thunder egg agates are the most frequent agate types in the area. Jaspers observe as banded, mossy, massive and different color types. Low quartz and moganite as the main silica polymorph minerals with impurities such as hematite, carbonate, chlorite and carbonaceous organic material was revealed by micro Raman spectroscopy. Based on the results of XPM and XRF analyses oxides of Fe, Ca ,Mn and Cr are the main impurities in the agate and jaspers. Gemological investigation (color, texture, luster, transparency and specific gravity) show that agates and jaspers have good quality as gemstone. Moganite introduced in the silica mineralization for the first time in Iran.

Key words: Agate, Jasper, micro Raman spectroscopy, Moganite, Chah Andoo , gem



Shahrood University of Technology

Faculty of Mining, Petroleum and Geophysics Engineering

M.Sc. Thesis in Mineral Exploration

Investigation on the Silica Mineralization at Chah- Andu area, South Damqan with Special Emphasis on Gemology

By: Maryam Shakooei

Supervisor:

Dr. Arezoo Abedi

September 2018