



پetroگرافی گارنت‌های علم کندی- کوه بلقیس و بررسی کاربرد گارنت‌ها در گوهرشناسی

فاطمه مزلقانی (نویسنده مسئول)^۱، روشنک ارغائی^۲

^۱دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، elahe.mazlaghani@icloud.com

^۲دانشجو دکتری پترولوژی، دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی، تهران arghaee.rk@gmail.com

چکیده

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۸/۵ کیلومتری تخت سلیمان شهرستان تکاب از توابع استان آذربایجان غربی واقع شده است. در منطقه تکاب، فلززایی کانسارها و نشانه‌های معدنی و گوهری بسیاری وجود دارد. از ۲۴ نمونه برداشت شده، تعداد ۱۲ عدد مقطع نازک مورد بررسی قرار گرفت. در بررسی‌های پتروگرافی دو گروه سنگی نام‌گذاری شده است که شامل پیروکسن گارنت اسکارن و گارنت پیروکسن اسکارن. در پیروکسن گارنت اسکارن بافت آن‌ها ریزبلور بوده و بلورهای خودشکل تا بی‌شکل پیروکسن و گارنت با ابعاد غالب کوچکتر از ۱۰۰ میکرون به صورت گرانولار در کنار همدیگر قابل مشاهده هستند. در برخی از بلورهای گارنت دارای زونینگ هستند. نمونه‌های پیروکسن گارنت اسکارن در ارتباط با یک سنگ متاسوماتیسم شده و به عبارتی متاسوماتیسم در ارتباط با هاله‌های اسکارنی هستند همچنین اثر دگرسانی پسروده، کانی‌هایی مثل کلریت و اکتینولیت در اثر دگرسانی پیروکسن در این نمونه‌ها تشکیل شده است. به نظر می‌رسد که پیروکسن ابتدا تشکیل شده و در ادامه گارنت شکل گرفته و با توقف تشکیل پیروکسن، گارنت نسل دوم ادامه داشته است. در نمونه‌های گارنت پیروکسن اسکارن مطالعات میکروسکوپی نشان داد، که این نمونه‌ها مربوط به متاسوماتیسم اسکارنی است و گارنت بخش عمده نمونه را تشکیل داده است (حدود ۷۰ درصد نمونه). بلورهای گارنت متوسط بلور تا درشت بلور بوده و ابعاد برخی از آن‌ها به چند میلیمتر نیز رسیده است و شکستگی‌های زیادی در گارنت‌ها رخ داده است.

واژه‌های کلیدی

گارنت، اسکارن، متاسوماتیسم، تکاب.



۱. مقدمه

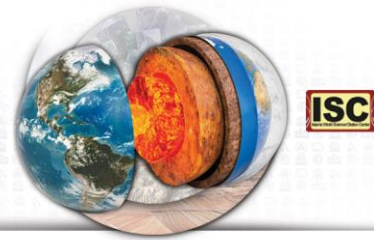
گارنت یکی از گوهرهای با ارزش و زیباست که از دیرباز تاکنون مورد توجه علاقه‌مندان به سنگ‌های گوهری بوده است. خواص گوهری و صنعتی گارنت از جمله خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و بصری این سنگ زیبا، درک و شناخت آن را برجسته می‌کند. علاوه بر این تحقیقات در حوزه‌ی خواص گوهری و صنعتی گارنت می‌تواند به توسعه‌ی فناوری‌های جدید در صنایع مختلف از جمله صنایع معدنی و جواهرسازی کمک کند. در این مقاله به بررسی و تحلیل ۱۲ مقطع نازک از گارنت‌های منطقه علم‌کندی-کوه بلقیس پرداخته شده است و در کنار آن تحلیل رونق گارنت‌ها در گوهرشناسی مورد ارزیابی قرار گرفته است.

شهرستان تکاب شامل قسمتی از استان آذربایجان غربی می‌باشد. چهارگوشه تکاب (شکل ۲) در محل تلاقی دو رشته کوه اصلی کشورمان یعنی زاگرس و البرز قرار گرفته است. به عبارتی دیگر در محل برخورد زون‌های ساختمانی سنندج، سیرجان، البرز، آذربایجان و ایران مرکزی قرار دارد. به جز جنوب و جنوب غربی منطقه که از نظر زمین‌شناسی خصوصاً چینه‌شناسی شبیه واحد تکتونیکی ارومیه - دختر است، سایر قسمت‌های منطقه از لحاظ زمین‌شناسی خصوصاً چینه‌شناسی ادامه کوه‌های ناحیه غربی زنجان می‌باشد. در بیشترین قسمت‌های منطقه مورد مطالعه، جز جنوب و جنوب غربی آن سازندهای مختلف زمین‌شناسی متعلق به دوره پرکامبرین تا عهد حاضر گسترش یافته و از سنگ‌های دگرگونی رسوبی و آذرین (درونی و بیرونی) تشکیل یافته است. در منطقه تکاب سنگ‌های متنوعی از نوع رسوبی، دگرگونی و آذرین پروژند دارند که سن آن‌ها از پرکامبرین پسین تا کواترن تغییر می‌کند. این سنگ‌ها فراوانی و پراکندگی مکانی و زمانی یکسانی در چهارگوش تکاب دارند. از نظر چینه‌شناسی می‌توان گفت سنگ‌های دو برهه زمانی پرکامبرین پسین - پرکامبرین پیشین و الیگو - میوسن در چهارگوش تکاب هم از نظر تنوع سنگ شناختی و هم از نظر گسترش برسنگ‌های دیگر فزونی دارند [5].

۱.۱. زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

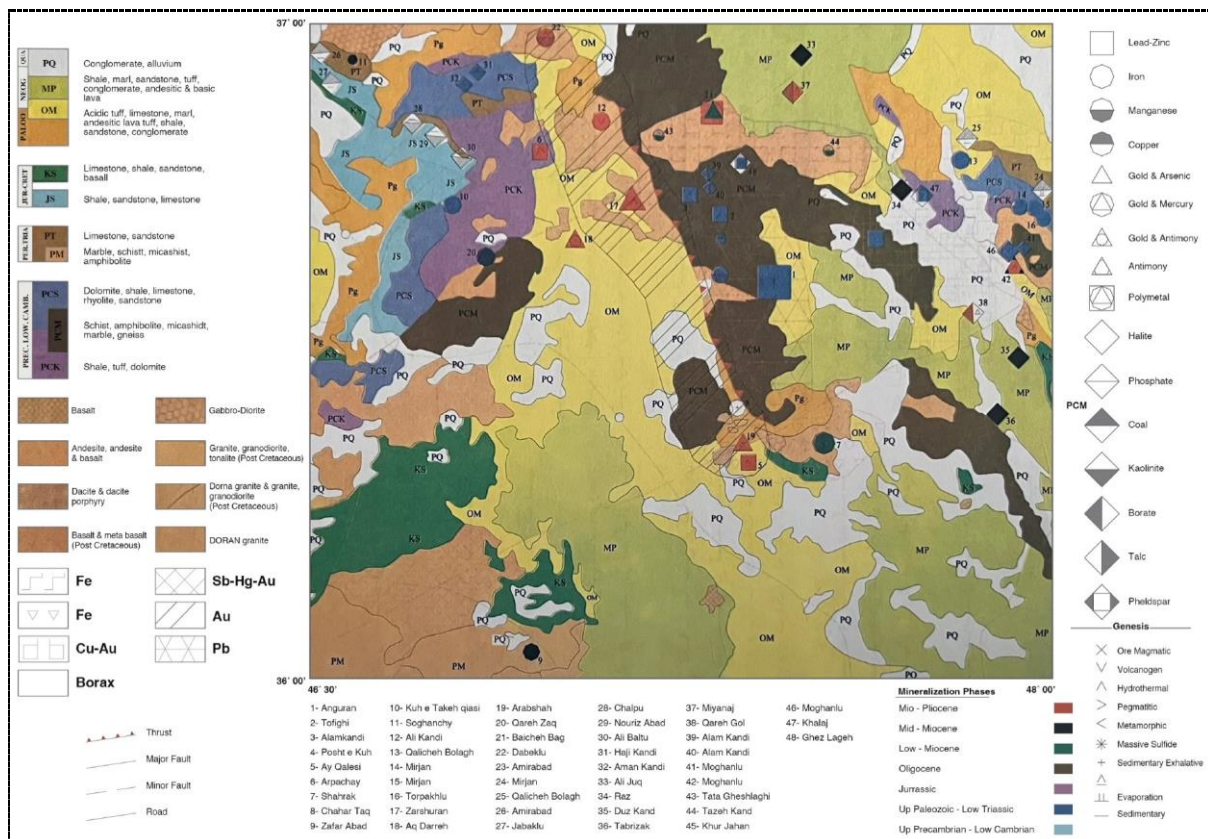
شهرستان تکاب در شهر آذربایجان غربی قرار دارد که جاذبه‌ی گردشگری فراوان دارد. کوه بلقیس در ارتفاع ۳۳۳۰ متر از سطح زمین در شهرستان تکاب واقع شده است. منطقه مورد مطالعه در فاصله ۸/۵ کیلومتری تخت سلیمان شهرستان تکاب از توابع استان آذربایجان غربی واقع شده که از سمت شمال به شهرستان چاراویماق در استان آذربایجان شرقی، از جنوب غربی به شهرستان سقر، از جنوب شرقی به شهرستان بیجار در استان کردستان، از شرق به شهرستان ماهنشان در استان زنجان و از سمت غرب به شهرستان شاهیندین در استان آذربایجان غربی محدود می‌شود. در منطقه تکاب، فلززایی کانسارها و نشانه‌های معدنی فراوانی وجود دارد که از منطقه مورد مطالعه در این نقشه واقع شده است (شکل ۱). در منطقه تکاب، فلززایی کانسارها و نشانه‌های معدنی زیر وجود دارد:

- **سرب و روی:** مانند کانسارهای روی و سرب انگوران، علم‌کندی، پشت‌کوه، ملا، آی‌قلعه‌سی، با ذخیره بیش از ۳۰ میلیون تن کانسنگ روی و سرب.
- **آهن:** مانند کانسارهای آهن شهرک، میرجان، قالیچه‌بلاغ، چهارتاق، کوه‌بابا، ظفرآباد و ... با ذخیره‌ای افزون بر ۵۰ میلیون تن کانسنگ.
- **منگنز:** مانند کانسارهای منگنز دیکلو، امیرآباد.
- **طلا:** مانند کانسارهای طلای زرشوران، آق‌دره، نشانه معدنی طلای عربشاه، زرین‌آباد، قوزلو و ... که با توجه به کارهای انجام شده در کانسار زرشوران و آق‌دره، ذخیره طلای قابل استخراج این دو کانسار، دست کم ۱۰۰ تن برآورد می‌شود.
- **آنتیموان، آرسنیک، جیوه:** مانند کانسارهای آنتیموان مغانلو، آق‌دره، نشانه معدنی قیزقیان، کانسار آرسنیک زرشوران، نشانه معدنی آرسنیک عربشاه، نشانه معدنی جیوه شاخ - شاخ، جیوه قره‌زاغ که مجموع ذخایر آنها، ۵۰ هزار تن برآورد می‌شود.
- **مس:** مانند کانسار مس بایچه‌باغ که یک کانسار چند فلزی است و شامل عناصر مس، سرب و روی، کبالت، نیکل، بیسموت و ... است. نشانه معدنی تاناقشلاقی، تازه‌کند که مجموع ذخایر آنها ۱۰۰ هزار تن برآورد می‌شود [4].



در منطقه تکاب ذخایر نافلزلی زیر را می توان برشمرد:

- فسفات: مانند کانسارهای فسفات امان کنده، حاجی کنده.
- فلدسپار: مانند کانسارهای مغانلو، خلج و قزلچه.
- تالک: مانند کانسار تالک پیرامون روستای علم کنده.
- دولومیت: مانند کانسارهای دولومیت بردلو.
- نمک: مانند کانسارهای دوزکند، رز و قره آغاج.
- بر: مانند کانسارهای قره گل و میانج.
- نسوز: مانند کانسارهای نسوز چلپو، نوروزآباد، علی بالتو و آقاجیر.
- زغال سنگ: مانند کانسارهای میرجان و قالیچه بلاغی.



شکل ۱. نقشه فلززایی منطقه تکاب [4].



شکل ۲. الف: نمایی از منطقه تکاب، کوه بلقیس به طول جغرافیایی "33° 16' 47" و عرض جغرافیایی "36° 37' 47". ب: گارنت در نمونه دستی از منطقه مورد مطالعه.

۲. گوهرشناسی

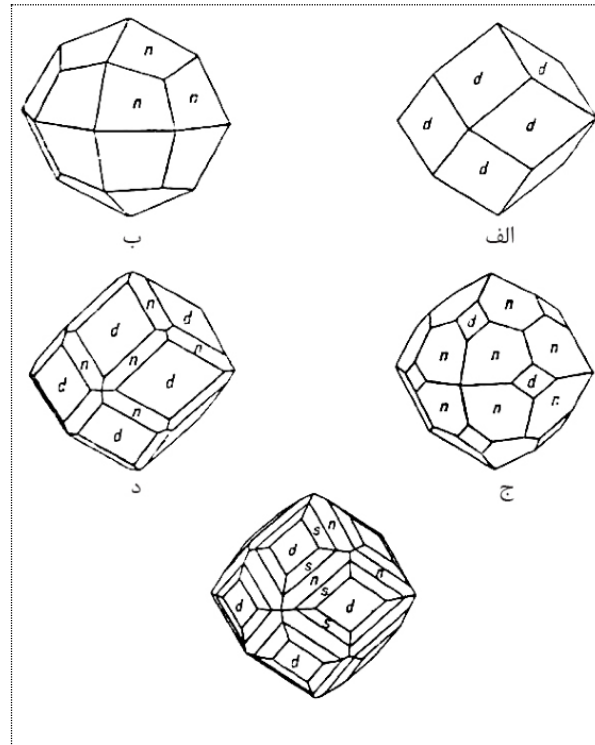
گسترش گارنت‌ها در جهان بسیار زیاد می‌باشد و می‌توان گفت که تقریباً در هر نقطه‌ای از جهان می‌توان نوعی از گارنت را پیدا نمود ولی گارنت‌هایی که ارزش جواهری دارند فقط در پاره‌ای از نقاط جهان دیده می‌شوند. بیجاده در گوهرشناسی به کانی‌های خانواده گارنت‌ها یا گرونها گفته می‌شود. شناخت و استفاده از گارنت‌ها به عنوان گوهر به قبل از میلاد مسیح بر می‌گردد. بیجاده را در قدیم کهربا نیز نامیده‌اند زیرا در اثر مالش می‌تواند مو و کاه را جذب نماید. نام گرونا از کلمه لاتین گرانوم به معنی دانه‌ای گرفته شده است که اشاره به شکل پیدایش آن دارد. در قدیم گرونها را با توجه به رنگ و سختی با یاقوت سرخ و لعل اشتباه می‌گرفته‌اند [1].

۱.۲. خصوصیات کانی‌شناسی گارنت‌ها

گارنت‌ها متعلق به گروه نوزوسیلیکات‌ها یا سیلیکات‌های جزیره‌ای (منفرد) می‌باشند. فرمول عمومی آن‌ها به صورت $A_3B_2(SiO_4)_3$ می‌باشد. گارنت‌ها به دو گروه بزرگ گارنت‌های آلومینیم‌دار (پیرالسپیت) و گارنت‌های کلسیم‌دار (اوگراندیت) تقسیم می‌شوند. در گارنت‌های آلومینیم‌دار به جای B کاتیون آلومینیم و به جای A کاتیون‌های دوظرفیتی مثل آهن (آلماندین)، منیزیم (پیروپ) و منگنز (اسپسارتین) قرار می‌گیرد. در گارنت‌های کلسیم‌دار به جای A کاتیون کلسیم و به جای B کاتیون‌های سه ظرفیتی مثل آهن (آندرادیت)، آلومینیم (گروسولار) و کروم (اورویت) قرار می‌گیرد.

گارنت‌ها همگی در سیستم کوبیک و رده هگزا اکتائدرال (۴۸ سطحی) متبلور می‌شوند (شکل ۳). سختی گارنت‌ها ۶/۵ تا ۷ در مقیاس موس و وزن مخصوص آن‌ها ۳/۵ تا ۴/۳ گرم بر سانتیمتر مکعب است. جلای آن‌ها شیشه‌ای تا صمغی است و به ترکیب شیمیایی گارنت‌ها بستگی دارد. گارنت‌ها معمولاً به صورت دانه‌های ریز و درشت در کنار هم رشد می‌کنند. ضریب شکست آن‌ها بر اساس ترکیب شیمیایی متفاوت بوده و بین ۱/۷۱ (در پیروپ) تا ۱/۸۸ (در آندرادیت) در نوسان است [1].

گارنت‌ها به رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای، زرد، نارنجی، سفید، سبز و سیاه دیده می‌شوند و عناصر رنگ دهنده در آن‌ها شامل آهن، کروم، منگنز و تیتان می‌باشد. نام پیروپ از کلمه یونانی پیرا به معنی ذغال گداخته گرفته شده است. پیروپ به رنگ‌های قرمز تیره تا سیاه دیده شده و اغلب شفاف است. ردولیت به مخلوط پیروپ و آلماندین ارغوانی یا قرمز مایل به صورتی گفته می‌شود. نام آلماندین از منطقه آلاباندا در آسیای صغیر گرفته شده است. آلماندین به رنگ قرمز کاملاً تیره تا قرمز مایل به قهوه‌ای دیده می‌شود و به صورت شفاف تا نیمه شفاف است. نام اسپسارتین از منطقه اسپسارت ایالت باواریای آلمان گرفته شده است. رنگ اسپسارتین زرد، قهوه‌ای مایل به نارنجی و به ندرت نارنجی است. نام گروسولار از رنگ سبز انگوری آن گرفته شده است. گروسولار به رنگ‌های سبز، سفید، زرد، نارنجی (هسونیت) قهوه‌ای مایل به نارنجی (اسونیت) و قرمز یافت می‌شود. نام آندرادیت از نام کانی‌شناس معروف پرتغالی آندرادا گرفته شده است. آندرادیت به رنگ‌های زرد، سبز و قهوه‌ای تا سیاه دیده می‌شود. دمانتوئید نوعی آندرادیت سبز رنگ با جلای الماسی است که ارزش جواهری بالایی دارد. نام اورویت از کنت روسی به نام یوارف گرفته شده است. اورویت به رنگ سبز و زرد دیده می‌شود. غیر از گارنت‌های فوق گارنت آبدار نیز وجود دارد که به هیدرو گروسولار معروف است [1].



شکل ۳. فرم‌های مختلف تبلور در کانی‌های گروه گارنت [6].

۲.۲. شرایط تشکیل گارنت‌ها

گروناها به فراوانی در برخی از سنگ‌های آذرین و دگرگونی دیده می‌شوند. گارنت‌ها بیش از همه در شیست‌های میکادار، شیست‌های هورنبلنددار و گنیس‌ها مشاهده می‌گردند. گارنت‌ها در دایک‌های پگماتیتی و به مقدار کمتر در سنگ‌های گرانیتی یافت می‌شوند. پیروپ و آلماندین در سنگ‌های فوق قلیایی مثل پریدوتیت‌ها، کیمبرلیت‌ها، اکلویت‌ها و سرپانتین‌های حاصل از دگرسانی آن‌ها دیده می‌شود. آلماندین در سنگ‌های دگرگونی ناشی از رسوبات رسی تشکیل می‌شود. اسپسارتین در کانسارهای اسکارن و مجموعه‌های سرشار از منگنز یافت می‌شود. آندرادیت و گروسولار همراه با سنگ‌های آهکی ناخالص تحت شرایط دگرگونی ناحیه‌ای یا همبری تشکیل می‌گردد. اوارویت نادرترین عضو گارنت‌ها است که همراه با سرپانتین‌های کرومیت‌دار یافت می‌شود. مطالعات تجربی نشان داده که گارنت‌ها و به ویژه پیروپ در شرایط گوشته زمین (فشار و حرارت بسیار بالا) پایدار هستند [1].

۳.۲. گسترش گارنت‌ها در جهان

گسترش گارنت‌ها در جهان بسیار زیاد می‌باشد و می‌توان گفت که تقریباً در هر نقطه‌ای از جهان می‌توان نوعی از گارنت را پیدا نمود ولی گارنت‌هایی که ارزش جوهری دارند فقط در پاره‌ای از نقاط جهان دیده می‌شوند که به آن‌ها اشاره می‌گردد. آلماندین زینتی در شمال هندوستان، سریلانکا، استرالیا، ماداگاسکار، پاکستان، برزیل و آمریکا (ایالت نیویورک) دیده می‌شود. اقسام شفاف پیروپ در جمهوری چک، آمریکا (ایالت کارولینای شمالی)، ماداگاسکار، برزیل، زامبیا، استرالیا و تانزانیا به دست می‌آید. پیروپ همچنین از تنوره‌های کیمبرلیتی افریقای جنوبی به دست می‌آید. آندرادیت در سوئد، آلمان غربی، روسیه و ایالت نیوجرسی آمریکا مشاهده شده است. گروسولار در ارتفاعات اسکاتلند، سریلانکا و برمه به دست می‌آید. اسپسارتین در آلمان غربی منطقه میناس جراس برزیل، نیوساوت ولز، استرالیا، ماداگاسکار، ایتالیا و نامیبیا مشاهده می‌شود.



اورویت از روسیه، کبک کانادا، اسپانیا، فنلاند، لهستان، نروژ و افریقای جنوبی به دست می‌آید. اخیراً گون‌های گارنت شفاف به رنگ سبز زمردی (نوعی آندرادیت) به نام تساووریت در پارک ملی تساوور کنیا یافت شده است. دمانتوئید که مرغوبترین گارنت از نظر جواهری است (نوعی آندرادیت) از رشته کوه‌های اورال روسیه به دست می‌آید از افریقای جنوبی نیز نوعی گروسولار سبز استخراج می‌شود که به عنوان جانشین یشم مورد استفاده قرار می‌گیرد [1].

۴.۲. گسترش گارنت در ایران

در مناطق مختلفی از ایران گارنت گزارش شده که اغلب آن‌ها کاربرد جواهری ندارند. در شیست‌های میکادار منطقه خلیج مشهد آلماندین با استروئید دیده می‌شود. در شیست‌های میکادار جاده همدان - ملایر آلماندین همراه با آندالوزیت مشاهده می‌شود. در منطقه کوه‌گیری رفسنجان آندرادیت همراه با گروسولار دیده می‌شود. در دره شاهسون ملایر گروناهایی یافت می‌شود که اندازه آن‌ها به درشتی دانه‌های انار است. در کوه اهر استان زنجان گارنت نوع ملانیت (گارنت سیاه رنگ) به همراه کروندم گزارش شده است. در محل تماس گرانیت شیرکوه با سنگ‌های آهکی در منطقه تفت استان یزد گارنت فراوانی تشکیل شده است.

در سرکوه منطقه ساغند یزد گارنت از نوع آلماندین مشاهده می‌شود. در جندق استان یزد نیز گارنت‌های درشت از نوع پیروپ و آلماندین وجود دارد. در کوه بلقیس شهرستان تکاب در استان آذربایجان غربی، اورویت همراه با سنگ‌های افیولیتی دگرگون شده تشکیل شده است. در معدن مس مزرعه در شمال شهرستان اهر در استان آذربایجان شرقی آندرادیت و آلماندین در اثر دگرگونی همبری به وجود آمده است [1].

گارنت‌های ایران بیشتر در اسکارن‌ها، شیست‌ها، پگماتیت، هورنفلس و گرانیت‌ها دیده می‌شوند و از نوع آلماندین، آندرادیت، گروسولار و اسپسارتین هستند. از مهمترین مناطق حاوی گارنت در ایران می‌توان به باغ برج کرمان و تکاب آذربایجان اشاره کرد [2].

۵.۲. گارنت‌های جواهری

کلیه انواع گارنت در صورتی که بلورهای درشت تشکیل دهند، می‌توانند در ساخت جواهرات مورد استفاده قرار گیرند. با ارزشترین گارنت از نظر جواهری، **دمانتوئید** می‌باشد که دارای رنگ سبز زمردی بوده و نوعی آندرادیت می‌باشد. و بهترین نوع آن از کوه‌های اورال در روسیه به دست می‌آید. دمانتوئید ممکن است با گروسولار، زمرد، پریدوت و تورمالین اشتباه شود. کشورهای چین، ایتالیا، کره، نامیبیا، روسیه و آمریکا صادرکننده دمانتوئید هستند.

پیروپ با رنگ قرمز تیره و یا قرمز مایل به صورتی (ردولیت) پس از تراش می‌تواند به صورت نگین انگشتری و یا به شکل‌های دیگر جواهرات مورد استفاده قرار گیرد. این گوهر از نظر ظاهری با یاقوت سرخ قابل اشتباه است ولی به وسیله سیستم تبلور کویک خود، از روبي با سیستم تبلور رومبوندی شناخته می‌شود.

اسپسارتین نیز با رنگ‌های قهوه‌ای مایل به قرمز و نارنجی مایل به قرمز و زرد، پس از تراش در جواهرسازی استفاده می‌شود. گروسولار در رنگ‌های متنوع مثل سبز انگوری، نارنجی (هسونیت)، قهوه‌ای مایل به نارنجی، زرد و سفید ظاهر شده و به صورت‌های مختلف در ساخت انواع جواهرها استفاده می‌شود [1].

۳. پتروگرافی گارنت‌های منطقه

پتروگرافی علم تشریح و بررسی دقیق یک سنگ است. برای طبقه‌بندی و نام‌گذاری سنگ‌ها از داده‌های شیمیایی استفاده‌های زیادی می‌شود اما این داده‌ها به تنهایی نمی‌توانند تمام مسائل مربوط به یک سنگ را دربرگیرند، لذا مطالعات پتروگرافی از اهمیت زیادی برخوردار است و گام نخست در تشریح یک سنگ به شمار می‌رود [3].

جهت مطالعه کانی‌شناسی و پتروگرافی، طی انجام عملیات صحرائی، حدود ۲۴ نمونه سنگی از منطقه جمع‌آوری و مختصات جغرافیایی آن‌ها با استفاده از دستگاه GPS یادداشت گردید و براساس طول و عرض جغرافیایی در جدول ۴ آورده شده است. نمونه‌های جمع‌آوری شده از منطقه پس از تهیه ۱۲ مقاطع نازک، مورد مطالعه دقیق پتروگرافی قرار گرفت. تشخیص نوع بافت، کانی‌های تشکیل دهنده، دگرسانی‌های موجود در نمونه‌های سنگی و نهایتاً نام‌گذاری سنگ‌ها در این مرحله صورت پذیرفت.

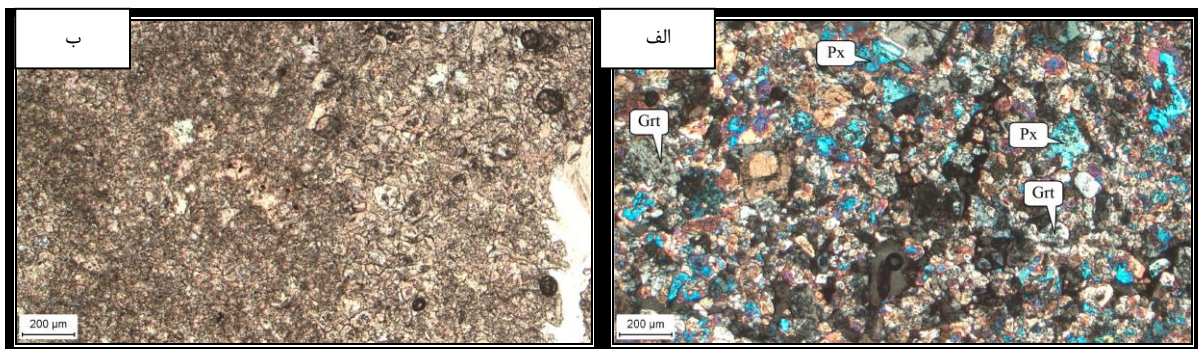


جدول ۱. نام، طول و عرض جغرافیایی نمونه‌های برداشت شده

شماره نمونه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	نام سنگ
BL-3	47° 17' 59"	36° 39' 55"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-5	47° 16' 33"	36° 38' 18"	گارنت-پیروکسن اسکارن
BL-6	47° 16' 35"	36° 37' 52"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-9	47° 16' 35"	36° 37' 52"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-10	47° 16' 44"	36° 38' 42"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-12	47° 17' 59"	36° 37' 17"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-13	47° 17' 59"	36° 39' 50"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-14	47° 16' 35"	36° 37' 52"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-16	47° 16' 44"	36° 38' 42"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-17	47° 17' 52"	36° 39' 41"	پیروکسن-گارنت اسکارن
BL-19	47° 17' 59"	36° 37' 17"	گارنت-پیروکسن اسکارن

۱.۳. پیروکسن گارنت اسکارن (نمونه‌های شماره BL-3, BL-6, BL-9, BL-10, BL-12, BL-13, BL-14, BL-16, BL-17, BL-19)

کانی‌های اصلی (بیش از ۱۰ درصد) پیروکسن، گارنت و کانی‌های فرعی (بین ۲ و ۱۰ درصد) شامل اکتینولیت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت و نام سنگ پیروکسن-گارنت اسکارن مطالعات میکروسکوپی نشان داده است، که شدیداً متاسوماتیسم شده است. متاسوماتیسم پیش‌رونده اسکارن در این نمونه‌ها رخ داده و کانی‌های پیروکسن و گارنت بخش عمده نمونه را تشکیل داده است. بافت آن‌ها ریزبلور بوده و بلورهای خودشکل تا بی‌شکل پیروکسن و گارنت با ابعاد غالب کوچکتر از ۱۰۰ میکرون (بیشتر آن‌ها کوچکتر از ۵۰ میکرون هستند) به صورت گرانولار در کنار همدیگر قابل مشاهده هستند. پیروکسن حدود ۵۰ تا ۵۵ درصد نمونه را تشکیل داده و گارنت نیز دارای فراوانی حدود ۴۰ تا ۴۵ درصدی است. شکستگی‌هایی در نمونه مشاهده شده که توسط اپیدوت و آغشتگی‌هایی از اکسید و هیدرواکسید آهن پر شده است. اکتینولیت طی دگرسانی پیروکسن با فراوانی ۲ تا ۳ درصد مشاهده شده است. مقادیر جزئی کوارتز و کلسیت نیز در فضای بین بلورهای گارنت و پیروکسن مشاهده شده است.

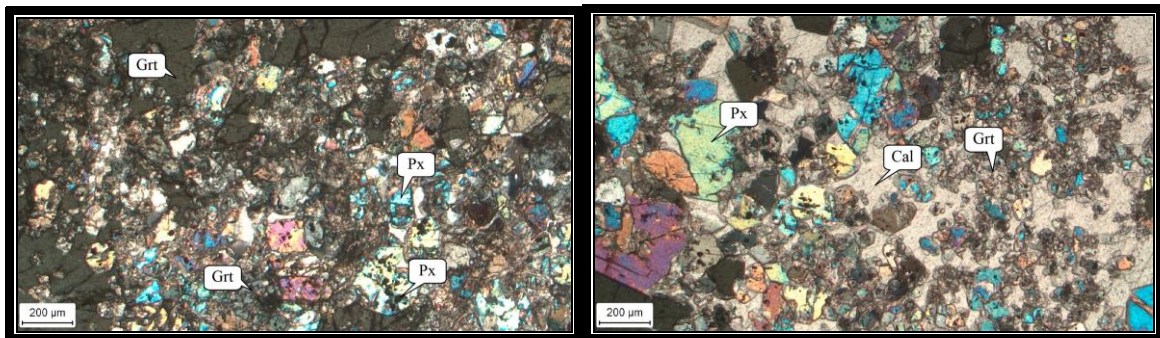


شکل ۴. نمونه شماره BL-3 که پیروکسن و گارنت بخش عمده نمونه را تشکیل داده است (نور عبوری XPL). ب. نور PPI در نمونه پیروکسن گارنت اسکارن.



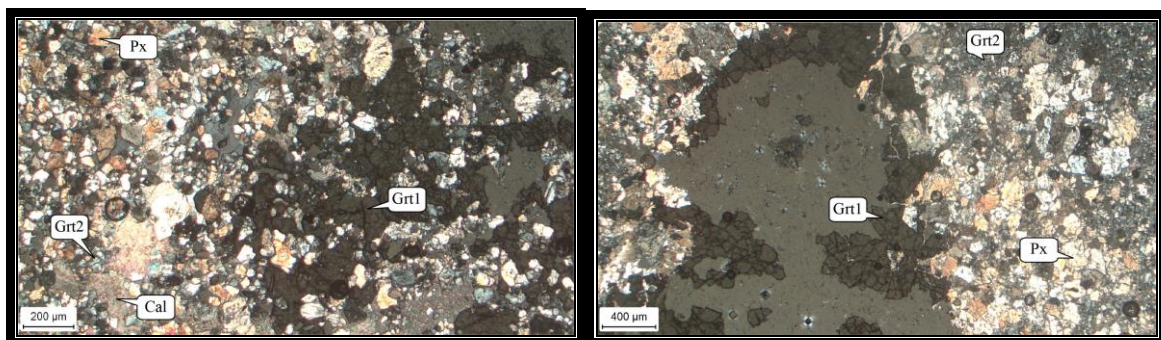
به نظر می‌رسد که پیروکسن ابتدا تشکیل شده و در ادامه گارنت شکل گرفته و با توقف تشکیل پیروکسن، گارنت نسل دوم ادامه داشته است. پیروکسن نیز تقریباً ۴۵ تا ۵۰ درصد نمونه را تشکیل داده است.

مطالعات میکروسکوپی در نمونه شماره BL-9 نشان داد، که نمونه یک سنگ اسکارنی شده با کانی‌های شاخص اسکارن پیشرونده مثل گارنت، پیروکسن و ولاستونیت است. به نظر می‌رسد که دو نوع گارنت متفاوت در نمونه وجود دارد. نخست بلورهای ریزبلور گارنت بوده که همراه با پیروکسن و ولاستونیت در زمینه کلسیتی تشکیل شده و احتمالاً آندرادیت هستند و دیگری بلورهای گارنتی بوده که درشت بلورتر بوده و بعد از نوع اول تشکیل شده و احتمالاً گروسولار هستند. زونینگ در بلورهای گارنت مشاهده نشد ولی برخی از آن‌ها شکسته شده و در فضای شکستگی‌ها کلسیت مشاهده شده است. گارنت در فضای بین بلورهای پیروکسن مشاهده شده و احتمالاً نسبت به پیروکسن دیرتر تشکیل شده است. ولاستونیت دارای فراوانی ۲ تا ۴ درصد است و درشت بلور است. کلسیت دارای فراوانی ۱۰ تا ۱۲ درصدی است و مابقی نمونه از گارنت و پیروکسن با فراوانی بیشتر پیروکسن تشکیل شده است. ادخال‌های ریزی از کانی‌های اوپک در پیروکسن مشاهده شده است (شکل ۵).



شکل ۵. الف: گارنت و پیروکسن در زمینه آهکی تشکیل شده است (نور عبوری XPL). ب: دو نوع گارنت متفاوت در نمونه قابل مشاهده است

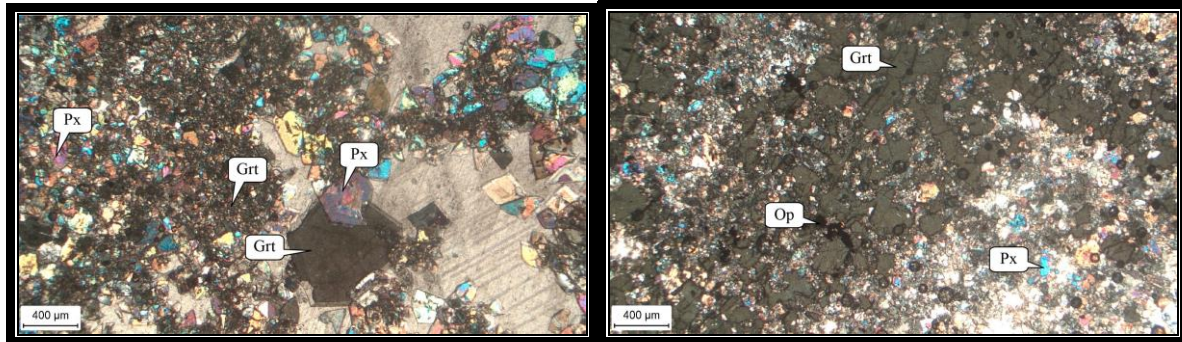
در نمونه BL-6 برخی از بلورهای گارنت دارای زونینگ هستند و توسط کلسیت در برگرفته شده است. بلورهای گارنت متوسط بلور (با ابعاد حدود ۱۰۰ میکرون) بوده که بدون همراهی پیروکسن هستند و شکستگی‌هایی در آن مشاهده شده است. گارنت تقریباً ۴۰ تا ۴۵ درصد نمونه را تشکیل داده است (شکل ۶. الف). به نظر می‌رسد که پیروکسن ابتدا تشکیل شده و در ادامه گارنت شکل گرفته و با توقف تشکیل پیروکسن، گارنت نسل دوم ادامه داشته است. پیروکسن نیز تقریباً ۴۵ تا ۵۰ درصد نمونه را تشکیل داده است.



شکل ۶. الف: حضور گارنت و پیروکسن در نمونه BL-6 که گارنت بخش اعظم مقطع را تشکیل می‌دهد. ب: حضور کلسیت در پیروکسن گارنت اسکارن (XPL).



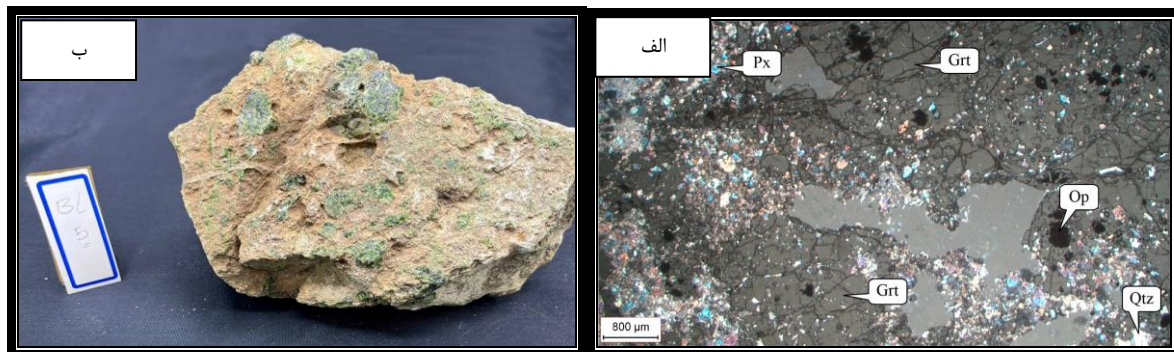
نمونه BL-10 در ارتباط با یک سنگ متاسوماتیسم شده و به عبارتی متاسوماتیسم در ارتباط با هاله‌های اسکارنی است که در شکل ۷ این رویداد قابل مشاهده است. در نمونه BL-17 اثر دگرگونی پسروده، کانی‌هایی مثل کلریت و اکتینولیت در اثر دگرگونی پیروکسن تشکیل شده است (شکل ۹-ب). گارنت دارای فراوانی ۱۵ تا ۲۰ درصد در نمونه است. و بیشتر به نظر می‌رسد که گروسولار هستند.



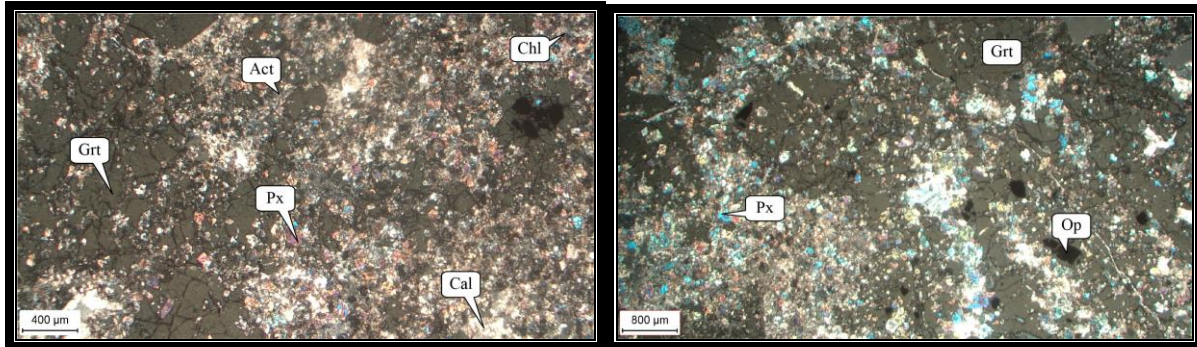
شکل ۷. الف: متاسوماتیسم (اسکارنی شدن) در نمونه BL10 رخ داده است. ب: زونینگ در گارنت در نمونه BL10.

۲.۳. گارنت پیروکسن اسکارن (نمونه‌های شماره BL-5, BL-19)

در نمونه BL-5 کانی‌های اصلی بیش از ۱۰ درصد گارنت، پیروکسن و کانی‌های فرعی بین ۲ و ۱۰ درصد شامل کانی‌های اوپک، کوارتز، اپیدوت و کمتر از ۲ درصد کلسیت هستند. مطالعات میکروسکوپی نشان داد، که این نمونه‌ها مربوط به متاسوماتیسم اسکارنی است و گارنت بخش عمده نمونه را تشکیل داده است (حدود ۷۰ درصد نمونه). بلورهای گارنت متوسط بلور تا درشت بلور بوده و ابعاد برخی از آن‌ها به چند میلیمتر نیز رسیده است و شکستگی‌های زیادی در گارنت‌ها رخ داده است. همچنین حاوی ادخال‌هایی از پیروکسن، کانی‌های اوپک (احتمالاً مگنتیت)، کوارتز و اپیدوت ریزبلور هستند که این دو ویژگی باعث شده که ارزش گوهری آن‌ها کمتر شود. در برخی از شکستگی‌های گارنت، کوارتز مشاهده شده است. تبدیل پیروکسن به اپیدوت مشاهده شده است. مقادیر جزئی کلسیت نیز در نمونه مشاهده شده است.

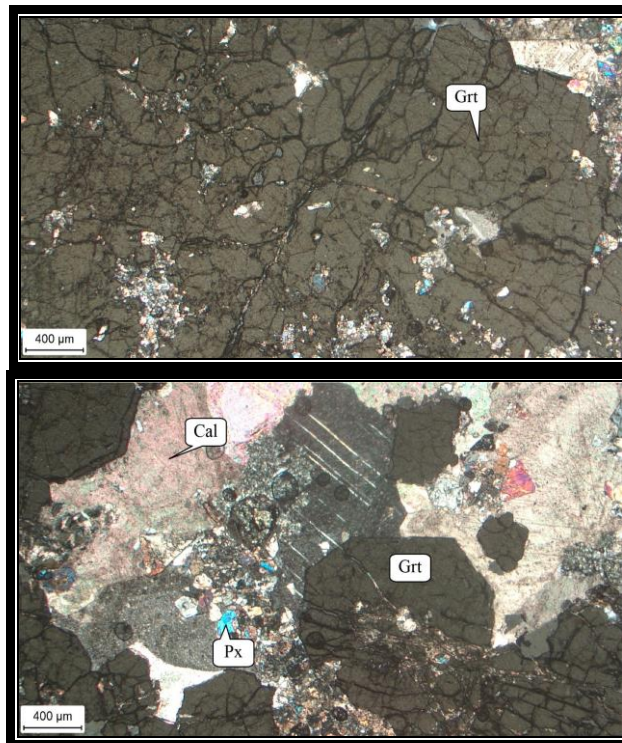


شکل ۸. الف: گارنت پیروکسن اسکارن در مقطع میکروسکوپی. ب: نمونه دستی گارنت پیروکسن اسکارن.



شکل ۹. الف: ادخال‌های فراوان پیروکسن، کوارتز و اپیدوت در گارنت پیروکسن اسکارن (نور عبوری XPL) ب: اکتینولیت و کلریت همراه با کلسیت در نمونه BL-17 قابل مشاهده هستند

مطالعات میکروسکوپی در نمونه BL-19 نشان داد، که نمونه عمدتاً از درشت بلورهای خودشکل گارنت که ابعاد برخی از آن‌ها به ۱ میلیمتر نیز رسیده و همچنین درشت بلورهای بی‌شکل گارنت تشکیل شده است. زونینگ جزئی در بلورهای خودشکل گارنت مشاهده شده و دارای شکستگی‌هایی است که توسط کلریت پر شده است. همچنین درشت بلورهای گارنت بی‌شکل دارای ادخال‌هایی از پیروکسن و دیگر کانی‌های تشکیل دهنده نمونه است. گارنت تقریباً ۶۰ تا ۶۵ درصد نمونه را تشکیل داده است. پیروکسن نیز دارای فراوانی ۳۰ درصدی است و ریزبور است. کلریت و اپیدت و اکتینولیت از دگرسان شدن پیروکسن حاصل شده است. مقادیر جزئی کوارتز و کانی‌های اوپیک در گارنت و پیروکسن به صورت ادخال قابل مشاهده است.



شکل ۹. الف: درشت بلورهای گارنت در نمونه گارنت پیروکسن اسکارن BL19. ب: بلورهای خودشکل گارنت در زمینه کربناتی در نمونه BL-19.



نتیجه گیری

مطالعات پتروگرافی در منطقه علم کندی-کوه بلقیس دو گروه سنگی نام گذاری شده است. این دو گروه شامل پیروکسن گارنت اسکارن و گارنت پیروکسن اسکارن هستند. برخی نمونه‌های منطقه دستخوش متاسوماتیسم شدند که سنگ متاسوماتیسم شده به عبارتی متاسوماتیسم در ارتباط با هاله‌های اسکارنی است. در برخی نمونه‌ها دگرگونی پسرونده مشاهده می‌شود که احتمالاً مرتبط با دگرگونی‌های پرکامبرین ناحیه تکاب هستند. اغلب نخست بلورهای ریزبلور گارنت هستند که همراه با پیروکسن و ولاستونیت در زمینه کلسیتی تشکیل شده و احتمالاً از نوع آندرادیت هستند و دیگری بلورهای گارنتی بوده که درشت بلورتر بوده و بعد از نوع اول تشکیل شده و احتمالاً گروسولار هستند. به نظر می‌رسد که پیروکسن ابتدا تشکیل شده و در ادامه گارنت شکل گرفته و با توقف تشکیل پیروکسن، گارنت نسل دوم ادامه داشته است.

منابع

- [1] حاج‌علیلو، ب.، ۱۳۸۶، گهرشناسی، انتشارات پیام نور، ص ۲۱۳ تا ۲۲۰.
- [2] ساکی، س، کیانی، م.، ۱۳۹۵. نگاهی. ناهج و نار یا رد اهنآ هاگتساخ و اه‌تناگ یسانشره‌وگ هب
- [3] شیخی قشلاقی، ر.، ۱۳۹۲. ولکانیسم جنوب و جنوب غربی تروود و ارتباط آن با تشکیل سنگ‌های نیمه قیمتی
- [4] قربانی، م.، ۱۳۸۶، زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران، انتشارات آرین زمین.
- [5] کانی‌کار، م.، ۱۳۹۶. سایت زمین‌شناسی شهرستان تکاب.
- [6] Hurlbut, S., Kammerling, R., 1991. Gemology, Publisher Wiley-Interscience.