

## گارنت های جواهری در اسکارن های شرق قهرود (استان اصفهان)

افسانه، بدر\*، دانشکده منابع طبیعی و علوم زمین، دانشگاه شهرکرد، Afsanehbadr90@yahoo.com

مهدی هاشمی، گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۳۶۹۷ - ۱۹۳۹۵ تهران

[Economic.geology@yahoo.com](mailto:Economic.geology@yahoo.com)

### چکیده

توده نفوذی قهرود با ترکیب گرانودیوریت - تونالیت به سن ۱۷ تا ۱۹ میلیون سال (میوسن میانی) در شرق روستای قهرود در مجموعه ای از سنگ آهک و مارن های کرتاسه و ائوسن نفوذ کرده و باعث تشکیل اسکارن های آهن شده است پس ترکیب این اسکارن ها کلسیکی است. کانی های اصلی اسکارن های بخش شرقی قهرود شامل کلینوپیروکسن، ولاستونیت، اسفن و گارنت و کانی های فرعی آن ها شامل وزووینایت (ایدوکراز)، ترمولیت - اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت، مسکویت می باشند. کانی های اپاک هماتیت، مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، ملاکیت و آزوریت در اسکارن های منطقه مشاهده می شوند. گارنت یکی از فراوان ترین کانی های سازنده اسکارن های شرق قهرود است که ارزش جواهری دارد. گارنت های موجود در اسکارن ها تنوع فراوانی از لحاظ شکل، خصوصیات نوری و رنگ دارند. رنگ گارنت ها در نمونه دستی از حبابی تا قهوه ای کم رنگ و شکلاتی متغیر می باشد. انجام تجزیه های EPMA و ICP-MS بر روی گارنت های منطقه، تعلق آن ها را به خانواده اوگراندیت با ترکیب شاخص آندرادیتی آشکار کرده است. گارنت های منطقه مورد مطالعه عمدتاً به دو صورت ایزوتروپ و انیزوتروپ با منطقه بندی نوسانی دیده می شوند.

کلیدواژه: اصفهان، قهرود، گرانودیوریت - تونالیت، گارنت، اسکارن، اوگراندیت

### مقدمه

از میان کانی های گوهری رنگین، سه دسته کانی گوهری یاقوت، اسپینل و گارنت بیش از همه بعنوان گوهر مورد توجه می باشد. گارنت بعنوان یکی از پرکاربردترین گوهرها به لحاظ زیبایی و تنوع رنگی مشهور است. تنوع وجود عناصر مختلف در گارنت باعث شده که این کانی دارای ترکیبات متنوعی باشد که اغلب به لحاظ سختی بالا، زیبایی و قابلیت انواع تراش در سیستم کوبیک، جزو سنگهای قیمتی تا نیمه قیمتی محسوب شود. بعضی از انواع کمیاب و خوشرنگ گروه گارنت بسیار قیمتی هستند. ارزش گارنت های جواهری به فاکتورهای زیادی شامل رنگ، شفافیت، نایابی، درخشندگی، نوع برش و مد روز بستگی دارد. اغلب نمونه های گوهری ریز دانه هستند. گاهی گارنت های درشت نیز قابل دسترس می باشند که بعنوان نمونه های کلکسیونی از آنها استفاده می شود. کانی گارنت در سیستم کوبیک متبلور می شود و در گروه نروسیلیکات ها قرار دارد. گارنت عمدتاً در سنگ های دگرگونی تشکیل می شود و در برابر هوازدگی فیزیکی و شیمیایی مقاوم است. فرمول عمومی گروه گارنت به صورت  $R_3^{+2} Z_2^{+3} (SiO_4)_3$  می باشد. در موقعیت  $R^{+2}$  عناصر Fe, Mg, Ca, Mn و در



موقعیت  $Z^{+3}$  عناصر Cr, Al, Fe می توانند قرار گیرند. به دلیل نزدیک بودن شعاع یونی Fe, Mg, Mn و مساوی بودن این شعاع های یونی با شعاع یونی Ca، گروه گارنت ها را به دو زیر گروه که به طور محدود با یکدیگر مخلوط می شوند، تقسیم می کنند:

۱- زیر گروه پیرالسپیت که شامل پیروپ، آلماندین و اسپسارتین می باشد.

۲- زیر گروه گراندیت یا اوگراندیت که شامل گروسولار، آندرادیت و اواریت می باشد. گارنت های سری اوگراندیت معمول ترین گارنت ها در دگرگونی مجاورتی هستند. ملانیت (آندرادیتی حاوی ۱/۵ تا ۵ درصد  $TiO_2$ ) هم در این گروه حضور دارد.

تاکنون ۶ نوع گارنت تحت عنوان اعضای انتهایی شناخته شده که شامل پیروپ ( $Mg_3Al_2Si_3O_{12}$ )، آلماندین ( $Fe_3Al_2Si_3O_{12}$ )، اسپسارتین ( $Mn_3Al_2Si_3O_{12}$ )، گروسولار ( $Ca_3Al_2Si_3O_{12}$ )، آندرادیت ( $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$ ) و اواریت ( $Ca_3Cr_2Si_3O_{12}$ ) می باشد. نوعی گارنت آب دار به اسم هیدروگروسولار (هیپشیت)، ( $Ca_3Al_2Si_2O_8(SiO_4)_{1-4}(OH)_{4M}$ ) نیز در محیط های طبیعی شناخته شده است. اکثر گارنت ها محلول های جامدی از دو یا تعداد بیشتری از اعضای نهایی هستند (ردهورست، ۲۰۰۲).

گارنت یکی از مهمترین و فراوان ترین کانی های سازنده اسکارن های شرق قهرود است و بنظر می رسد که ارزش جواهری دارد.

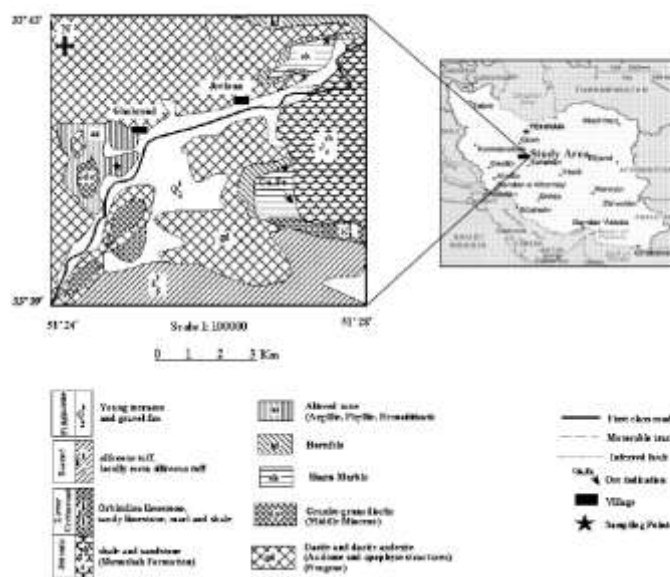
## روش مطالعه

در طی مطالعات صحرایی تعداد ۹۰ نمونه سنگ از قسمت های مختلف منطقه برداشت گردید. از بین نمونه های برداشت شده ۴۱ نمونه برای تهیه مقاطع نازک انتخاب شد. سه نمونه برای تجزیه به روش ICP - MS انتخاب و به آزمایشگاه Als Chemex - کانادا فرستاد شد و مورد آنالیز قرار گرفت. یک نمونه برای تجزیه به روش EPMA انتخاب و در ژاپن مورد آنالیز قرار گرفت. نتایج حاصل از تجزیه ICP - MS جهت تعیین ویژگی های ژئوشیمیایی گارنت های منطقه تحت پردازش توسط نرم افزار Newpet، Spread sheet و Tri - plot قرار گرفت. نتایج حاصل از EPMA نیز جهت شناسایی عناصر اصلی و در نتیجه نوع گارنت تحت پردازش توسط نرم افزار Minpet، Spread sheet و Tri - plot قرار گرفته اند.



## بحث

منطقه مورد مطالعه در استان اصفهان، ۲۰ کیلومتری جنوب قمصر و شرق روستای قهرود، در مختصات جغرافیایی طول ۲۴° ۵۱' تا ۲۸' ۵۱° شرقی و عرض ۳۹° ۳۳' تا ۴۳° ۳۳' شمالی بر روی نوار ماگمایی ارومیه - دختر و بین زون های سنندج - سیرجان و ایران مرکزی قرار دارد (شکل ۱). توده نفوذی قهرود با ترکیب گرانودیوریت - تونالیت به سن ۱۷ تا ۱۹ میلیون سال (میوسن میانی) و مساحت حدود ۶۵ کیلومتر مربع در شمال، جنوب و شرق روستای قهرود در مجموعه ای از شیل و ماسه سنگ های ژوراسیک و سنگ آهک و مارن های کرتاسه و ائوسن نفوذ کرده و باعث دگرگونی مجاورتی سنگ های اطراف و تشکیل اسکارن های بارور و همچنین مرمرها، کوارتزیت ها و هورنفلس ها شده است. اسکارن های بخش شرقی قهرود در اثر نفوذ توده نفوذی قهرود به درون واحدهای کربناته (کلسیت) حاصل شده اند پس ترکیب این اسکارن ها کلسیکی است. اسکارن های منطقه از تنوع کانیایی زیادی برخوردار هستند و به دو صورت اندواسکارن و اگزواسکارن دیده می شوند. اسکارن ها در منطقه در اطراف توده نفوذی به صورت پراکنده و گاه به صورت مجتمع مشاهده می شوند. وسعت کانی سازی آهن در این اسکارن ها به حدی می باشد که رنگ سیاه کانه های آن از فاصله های تقریباً دور قابل تشخیص می باشد. از آن جایی که این اسکارن ها گسترش محدودی داشته و دارای کنتاکت مستقیمی با توده نفوذی هستند، اسکارن های مذکور از نوع متاسوماتیک نفوذی در نظر گرفته می شوند. اسکارن های کلسیکی دارای کانی های گروسولار - آندرادیت، وزوویانیت و ولاستونیت می باشند. کانی های اصلی اسکارن های بخش شرقی قهرود شامل کلینوپیروکسن، ولاستونیت، اسفن و گارنت و کانی های فرعی آن ها شامل وزوویانیت (ایدوکراز)، ترمولیت - اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت، مسکویت می باشند. کانی های اپاک هماتیت، مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت در اسکارن های منطقه مشاهده می شوند.

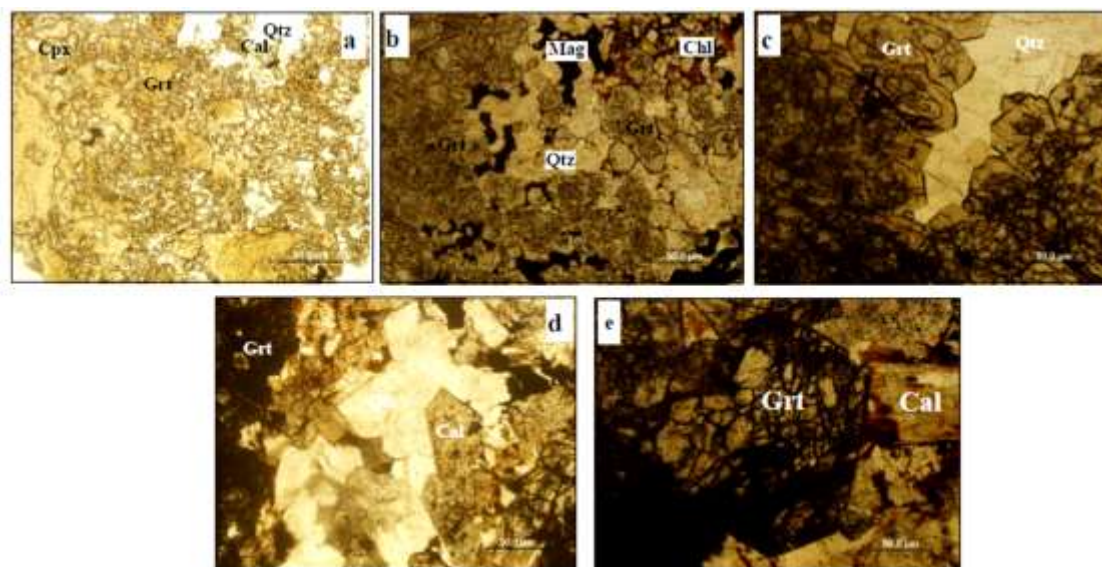


شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰۰ (رادفر و همکاران، ۱۳۷۲ با تغییرات).



## گارنت

گارنت یکی از مهمترین و فراوان ترین کانی های سازنده اسکارن های منطقه است که دارای بافت گرانوبلاستیک می باشد. دو کانی گارنت و پیروکسن در اسکارن ها کانی های شاخص و ردیاب محسوب می شوند. حضور گارنت و پیروکسن در اسکارن های منطقه مشخص کننده دمای بیش از ۴۰۰ درجه سانتیگراد می باشند. گارنت های موجود در اسکارن ها تنوع فراوانی از لحاظ شکل، خصوصیات نوری و رنگ دارند. در نمونه دستی رنگ آنها از حنایی تا قهوه ای کم رنگ و شکلاتی دیده می شود. تجزیه EPMA و ICP-MS گارنت های منطقه تعلق آن ها را به سری گراندیت آشکار کرده است. در مطالعه مقاطع نازک و با استفاده از نتایج تجزیه ICP-MS سه نوع گارنت شناسایی شد: گارنت های نوع اول خیلی ریز هستند (گارنتیت) که در نور XPL زرد عسلی و در نور PPL کاملاً ایزوتروپ می باشند. این نوع گارنت که نزدیک به توده نفوذی بوده، از سیالات آزاد شده از توده منشأ گرفته است. در موقع رشد این گارنت، نسبت سیال به سنگ کم بود و سیستم بسته بوده است. کانی های کوارتز، پیروکسن و کلسیت های هماتیتی شده، همراه این گارنت دیده می شود (شکل ۲a). گارنت های نوع دوم خود شکل هستند و در نور PPL زرد رنگ و در نور XPL ایزوتروپ و دارای ماکل قطاعی هستند. کانی های کلریت آهن دار، پیروکسن و مگنتیت، همراه با این گارنت یافت شده اند. این نوع گارنت دور از توده بوده و موقع تشکیل آن سیستم محیط باز بوده است (شکل ۲b). گارنت های نوع سوم خود شکل هستند و در نور PPL زرد رنگ و در نور XPL ایزوتروپ و دارای ماکل قطاعی هستند. در اطراف این گارنت، کانی های کوارتزهای خود شکل، کلسیت های شکل دار و هماتیت وجود دارد. این نوع گارنت دور از توده بوده و موقع تشکیل آن،



شکل ۲: a: گارنت (Grt) در زمینه کوارتز (Qtz)، کلسیت (Cal) و کلینوپیکروکسن (Cpx)، (PPL). b: گارنت (Grt) خود شکل در زمینه کوارتز (Qtz)، مگنتیت (Mag) و کلریت آهن دار (Chl) در (PPL). c: گارنت (Grt) خود شکل در زمینه کوارتز (Qtz)، (PPL). d: گارنت (Grt) خود شکل در زمینه کوارتز (Qtz) های خود شکل و کلسیت (Cal) های خود شکل (PPL). e: گارنت (Grt) خود شکل در زمینه کلسیت (Cal)، (PPL).



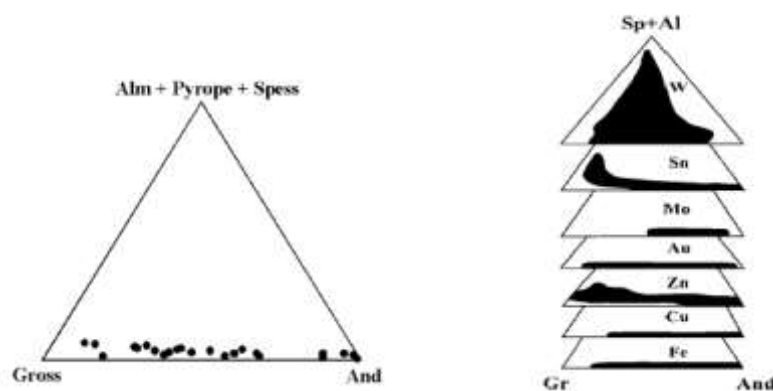
سیستم باز و نسبت سیال به سنگ زیاد بوده است (شکل ۲c,d,e). این گارنت‌ها براساس شکل و اندازه، به صور گوناگون (شکل دار، بی شکل، دانه ریز و دانه درشت) مشاهده می‌شوند.

### ژئوشیمی گارنت

گارنت‌های منطقه مورد مطالعه عمدتاً به دو صورت ایزوتروپ و انیزوتروپ با منطقه بندی نوسانی دیده می‌شوند. این گارنت‌ها متعلق به خانواده اوگراندیت با ترکیب شاخص آندرادیتی می‌باشند (شکل ۳). گارنت‌های کلسیک در طول دگرگونی مجاورتی و دگرسانی گرمایی سنگ‌های غنی از کربنات، تحت شرایط متغیر فیزیکیوشیمیایی تشکیل می‌شوند (جامتویت و همکاران، ۱۹۹۳). چنین گارنت‌هایی عمدتاً دارای الگوی منطقه بندی شیمیایی پیچیده و نوسانی هستند (جامتویت، ۱۹۹۱ و آماتر و رزمن، ۱۹۹۸).

### نتیجه گیری

توده نفوذی قهرود با ترکیب گرانودیوریت - تونالیت به سن ۱۷ تا ۱۹ میلیون سال (میوسن میانی) در شرق روستای قهرود در مجموعه‌ای از سنگ آهک و مارن‌های کرتاسه و ائوسن نفوذ کرده و باعث تشکیل اسکارن‌های آهن شده است. پس ترکیب این اسکارن‌ها کلسیکی است. کانی‌های اصلی اسکارن‌های بخش شرقی قهرود شامل کلینوپیروکسن، ولاستونیت، اسفن و گارنت و کانی‌های فرعی آن‌ها شامل وزوویانیت (ایدوکراز)، ترمولیت - اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کوارتز، کلسیت، مسکویت می‌باشند. کانی‌های اپاک هماتیت، مگنتیت، پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت و آزوریت در اسکارن‌های منطقه مشاهده می‌شوند. گارنت یکی از فراوان‌ترین کانی‌های سازنده اسکارن‌های شرق قهرود است که



شکل ۳: مقایسه اعضای نهایی گارنت‌های قهرود با ترکیب گارنت در کانسارهای شناخته شده اسکارنی (مینرت، ۱۹۹۲).

ارزش جواهری دارد. گارنت‌های موجود در اسکارن‌ها تنوع فراوانی از لحاظ شکل، خصوصیات نوری و رنگ دارند. رنگ گارنت‌ها در نمونه دستی از حنایی تا قهوه‌ای کم رنگ و شکلاتی متغیر می‌باشد. انجام تجزیه‌های EPMA و ICP-MS بر روی گارنت‌های منطقه، تعلق آن‌ها را به خانواده اوگراندیت با ترکیب شاخص آندرادیتی آشکار کرده است. گارنت‌های منطقه مورد مطالعه عمدتاً به دو صورت ایزوتروپ و انیزوتروپ با منطقه بندی نوسانی دیده می‌شوند.



منابع

رادفر، ج.، علایی مهابادی، س.، امامی، ه.، ۱۳۷۲. شرح نقشه ی زمین شناسی چهار گوش کاشان ۱:۱۰۰۰۰۰، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

## References

- Amthauer, G., Rossman, G.R., 1998. The hydrous component in andradite garnet, *American Mineralogist*, 83: 835 – 840.
- Barker, A.J., 1991. *Metamorphic textures and macrostructures*, Blackie, Glasgow.
- Jamtveit, B., 1991. Oscillatory zonation patterns in hydrothermal grossular – andradite garnet, *Nonlinear behavior in regions of immiscibility*, *American Mineralogist*, 76: 1319 – 1327.
- Jamtveit, B., Wogelius, R.A., and Fraser, D.G., 1993. Zonation patterns if skarn garenets, records of hydrothermal system evolution, *Geology*, 21: 113 – 116.
- Gaspar, M., Knaack, C., Meinert, L.D., and Moretti, R., 2008. REE in skarn system: A LA – ICP – MS study of garnet from the Crown Jewel gold deposit, *Geochemica et Cosmochimica Acta*, 72: 185 – 205.
- Rodehorst, U., Geiger, C.A., and Armbruster, T., 2002. The crystal structures of grossular and spessartine between 100 and 600 K and the crystal chemistry of grossular – spessartine solid solutions, *American Mineralogist*, 87: 542 – 549.
- Tadeuchi, Y., Haga, N., 1976. Optical anomaly and structure of silicate garnets, *Proc. Jap. Acad*, 52: 228 – 231.

