

## رخداد گوهر نیمه قیمتی گارنت در سامانه اسکارنی جوینان

\*شهاد شرافت، عضو هیات علمی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

Sh\_sherafat@yahoo.com

### چکیده

اسکارن جوینان در ۴۰ کیلومتری جنوب کاشان و بخش مرکزی کمان ماگمایی ارومیه دختر قرار داشته و در همبری زبانه های کوچکی از پیکره ی گرانیتوئیدی قهرود با واحدهای کربناته کرتاسه گسترش یافته است. در این سامانه اسکارنی همیافتی کانیایی ولاستونیت، کلینوپیروکسن، گارنت، اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت، کوارتز، مگنتیت و سولفیدهای فلزی (آهن-مس) مشاهده می شود. گارنت فراوانترین کانی موجود در این سامانه اسکارنی است که به اشکال و اندازه های گوناگون دیده می شود. گارنتها عمدتاً خودشکل، همسانگرد تا ناهمسانگرد و به رنگ سبز تا قهوه ای بوده و انواع ناهمسانگرد آن منطقه بندی نشان می دهند. آنگونه که از نتایج تجزیه ریز کاو الکترونی بر می آید گارنت های مورد پژوهش بیشتر دارای ترکیب آندرادیت-گروسولار هستند. بررسی های کانی شناسی و روابط پاراژنتیکی کانیها، موید تکوین اسکارن جوینان طی دو گامه اصلی دگرگونی بی متاسوماتیسم و دگرسانی برگشتی می باشد. گامه دگرگونی بی متاسوماتیسم که در پی نفوذ توده گرانیتوئیدی بدخل سنگهای کربناته رخ داده، با پیدایش کالک سیلیکاتهای بی آب مانند ولاستونیت، پیروکسن و گارنت گروسولار-آندرادیتی مشخص است. گامه دگرسانی برگشتی با حضور کانیهای کالک سیلیکاته دماپائین اپیدوت، اکتینولیت و کلریت مشخص می شود. گارنت عمدتاً در گامه دگرگونی بی متاسوماتیسم و از تاثیر سیالات گرمایی بر سنگ آهک میزبان ناشی شده است.

کلید واژه: گارنت، دگرگونی همبری، اسکارن جوینان، کمان ماگمایی شمال اصفهان

### مقدمه

نام گارنت به سبب گرد بودن بلورهای این کانی (شکل بلوری دودکائدر و تراپزوئدر) از کلمه لاتین Granum به معنی دانه گرفته شده است. بلورهای گارنت اغلب به رنگهای قرمز، سبز، زرد، آبی و نارنجی روشن دیده می شوند. شفافیت، جلای شیشه ای، رنگهای زیبا و سختی زیاد گارنت (۶/۵ تا ۷/۵) آنرا به گزینه ای مناسب برای استفاده بعنوان جواهر بدل کرده است. فرمول ساختاری گارنت به صورت  $X_3Y_2Z_3O_{12}$  است که در آن موضع X توسط کاتیونهای  $Ca^{2+}$ ،  $Mg^{2+}$  یا  $Fe^{2+}$  یا  $Mn^{2+}$  و موضع Y توسط عناصر  $Al^{3+}$ ،  $Fe^{3+}$  و  $Cr^{3+}$  اشغال می شود (Deer et al., 1991). بر این اساس گارنت ها در دو گروه پیرالسیپیت و اوگراندیت تقسیم بندی می شوند. گروه پیرالسیپیت از کانیهای پیروپ، آلماندن و اسپسارتیت و گروه اوگراندیت از کانیهای اووارویت، گروسولار و آندرادیت تشکیل شده است. با وجودیکه بین پژوهشگران ایرانی، بر سر نام دقیق کانی که به آن لعل گفته میشده اختلاف نظر زیادی وجود دارد (معمولاً به اسپینل لعل پارسی گفته می شود) در بسیاری از متون به گارنت، نام لعل اطلاق شده است. برخلاف بسیاری از گوهرها، ظاهر و کیفیت گارنت با روشهای ترمیمی حرارتی و شیمیایی بهبود نمی یابد.

گارنت در گستره وسیعی از دما، فشار و محیط شیمیایی تشکیل می شود. این کانی به فراوانی در سنگهای دگرگونی، برخی از سنگهای آذرین و نیز سنگهای رسوبی آواری یافت می شود. شاخص ترین رخداد گارنت (بویژه نوع آلماندن) در سنگهای



دگرگونی، مختص به شیست ها و گنایسها است. گارنتهای موجود در اکلوزیت ها ترکیبی متغیر از پیروپ تا آلماندن دارند. آندرادیت و گروسولار به صورت فراورده های دگرگونی مجاورتی سنگهای آهکی ناخالص یافت می شوند. گارنت در دایکهای پگماتیته و گرانیت ها نیز یافت می شود. گارنت نوع پیروپ در سنگهای الترابازیک مانند پریدوتیتها یا کیمبرلیتها و اواروویت (کمیابترین عضو گارنتها) همراه با کرومیتها و در سنگهای الترابازیک دیده می شود. گارنت آندرادیت با فرمول کلی  $Ca_3Fe_2Si_3O_{12}$  یکی از کانیهای تشکیل دهنده سنگهای دگرگونی است که به فراوانی در اسکارن ها یافت می شود. این کانی در جواهرسازی کاربرد گسترده داشته و انواع آن به نامهای لعل سیاه و لعل سبز نامیده می شود. گونه ای از گارنت آندرادیتی سبز - زرد متمایل به سبز به نام دمانتوئید، کمیاب و بسیار قیمتی است.

منطقه جوینان در ۴۰ کیلومتری جنوب کاشان قرار داشته و بخشی از نوار ماگمایی ارومیه دختر به حساب می آید. نفوذ پیکره گرانودیوریتی قهرود در سنگهای رسوبی مزوزوئیک منطقه، پیدایش سنگهای دگرگونه همبری را سبب شده که در بخشهای مختلف مورد بررسی میدانی قرار گرفته اند (بدر، ۱۳۹۱؛ میرلوحی، ۱۳۸۷ و پورهمایون، ۱۳۸۵). اسکارن جوینان حاصل همبری پیکره گرانیتوئیدی قهرود با رسوبات آهکی کرتاسه است. گارنتهای آندرادیتی سبز متمایل به قهوه ای، کانی شاخص اسکارن در منطقه است که طی فرایندهای متاسوماتیک شکل گرفته است. در این نوشتار ضمن مطالعه دقیق کانی شناسی گارنت، مکانیسم تشکیل آن مورد بررسی قرار می گیرد.

## روش مطالعه

به منظور برآورد ویژگی های فیزیکوشیمیایی گارنت های مورد پژوهش، پس از بررسیهای دقیق و برداشتهای صحرائی، از سنگهای دگرگونی همبری منطقه نمونه برداری شده و پس از تهیه مقاطع نازک میکروسکوپی، بافتها و کانیهای موجود (به ویژه گارنت) با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان دوچشمی المپوس Olympus مدل BH-2 مورد شناسایی قرار گرفت. پس از مطالعات دقیق کانی شناسی و انتخاب بلورهای مناسب گارنت، آنالیز نقطه ای توسط دستگاه ریزکاو الکترونی (EPMA) مدل JEOL-JXA تحت شرایط شدت جریان ۱۵ nA و ولتاژ شتاب دهنده ۱۵ Kev در دانشگاه Naruto ژاپن انجام گرفت. مطالعه شیمی گارنت، با محاسبه فرمول کانیها توسط صفحات گسترده (Spread sheet) انجام شد (متاسفانه به دلیل محدودیت تعداد صفحات مقاله امکان ارائه نتایج آنالیز وجود ندارد).

## بحث

**زمین شناسی منطقه:** قدیمی ترین واحدهای سنگی منطقه جوینان که در تاقدیس بزرگی با روند شرقی - غربی و طول تقریبی ۱۰ کیلومتر رخنمون یافته شامل متاولکانیکهای سیلورین، ماسه سنگها - دولومیتهای دونین و نهشته های کربناته پرمین است که بر روی بخش زیرین سازند نای بند با لیتولوژی شیل و ماسه سنگ (تریاس بالایی) رانده شده اند. روی این واحدهای سنگی را آهکهای اربیتولین دار کرتاسه زیرین می پوشاند. سریهای آتشفشانی - رسوبی ابتدای سنوزوئیک با رخساره های متنوع سنگ شناسی (متاتوفهای سیلیسی، توف برشی، شیل و آذرآواری) به طور دگرشیب بر روی نهشته های مزوزوئیک قرار گرفته اند. گسترده ترین رخنمون لیتولوژیکی در منطقه متعلق به پیکره گرانیتوئیدی قهرود به سن



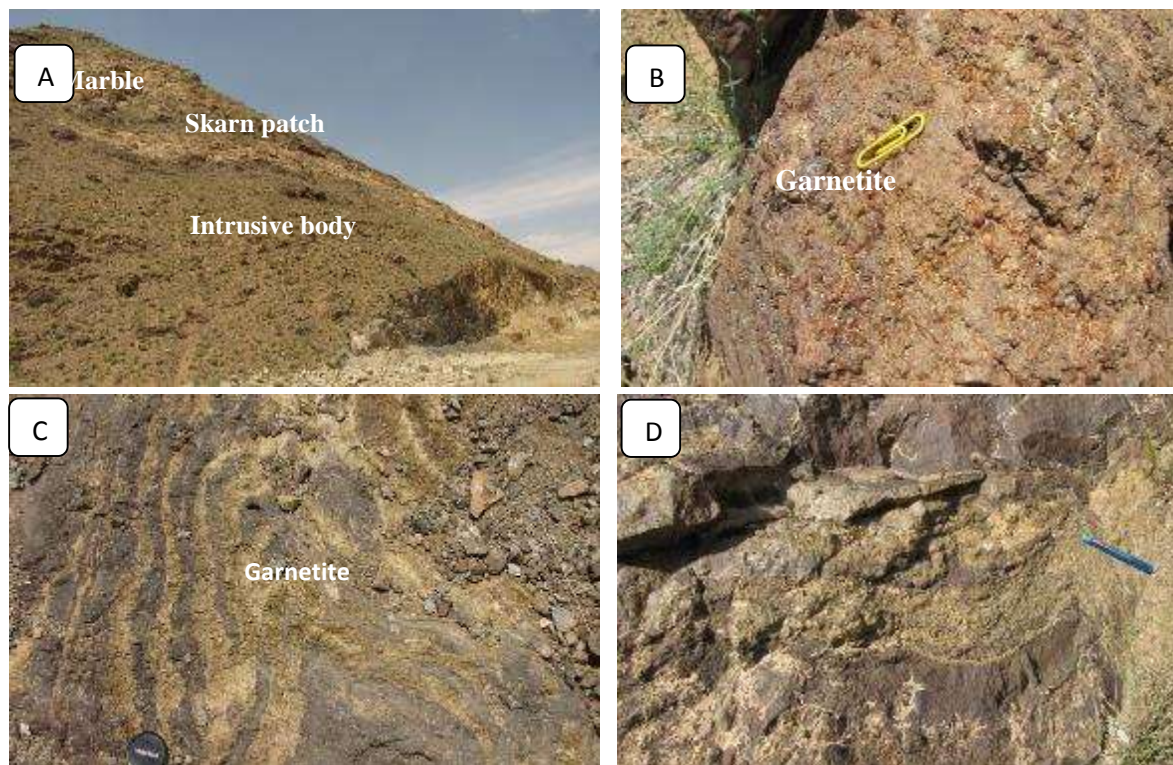
میوسن میانی (امامی، ۱۳۸۰) است که واحدهای قدیمی را قطع کرده است. توده های گنبدی داسیتی، آخرین تظاهرات ماگمایی در منطقه هستند که دگرسانی وسیعی را در سنگهای پیرامون خود سبب شده اند (رادفر و میرعلائی، ۱۹۹۳). نفوذ زبانه های پیکره گرانیتوئیدی قهرود درون کربناته های لایه ای کرتاسه زیرین منجر به مرمرزایی و تشکیل اسکارن در شمال جوینان شده است. اسکارن با توسعه خیلی کم (حداکثر یک متر مربع) و بصورت توده های پراکنده به اشکال رگه ای، رگچه ای، توده ای و پینه ای (Patchy) در تماس مستقیم یا نزدیک به پیکره نفوذی رخنمون دارد (شکل A-۱) بخشهای اسکارنی به رنگ قهوه ای تیره تا شکلاتی، حنایی و حنایی-سبز مشخص هستند که بیانگر حضور فراوان گارنت (گارنتیت) است (شکل B-۱). اسکارنهای مورد پژوهش توده ای بوده و ساخت نواری موجود در آنها، ناشی از چین خوردگی جریانی سنگ آهک نازک لایه اولیه است که به شکل چین خوردگی در لایه های غنی از گارنت، خودنمایی می کند (شکل C-۱). بنابراین سیالات ضمن نفوذ در امتداد سطوح لایه بندی سنگ آهک نازک لایه، گارنت سازی را بسهولت انجام داده اند. پاراژنهای ابتدایی سنگ توسط رگچه های کوارتز و کلسیت خودشکل قطع شده اند.

**کانی شناسی اسکارن:** برون اسکارن منطقه جوینان در مجاورت بلافضل زبانه های توده نفوذی شکل گرفته و با گسترش کانیهای کالک سیلیکات در زمینه کربناته مشخص است. مطالعه مقاطع میکروسکوپی اسکارن جوینان، حضور مجموعه کانیایی گارنت، ولاستونیت، مگنتیت و کلینوپیروکسن را نشان می دهد (شکل A-۲). با دور شدن از توده نفوذی کانیهای اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت و کوارتز نیز امکان حضور می یابند. جدول ۱ مراحل تشکیل اسکارن بر پایه روابط پاراژنتیکی کانیها را نشان می دهد. بر این اساس می توان مراحل تشکیل این اسکارن را به دو مرحله اصلی بی متاسوماتیسم و برگشتی تقسیم کرد. در مرحله بی متاسوماتیسم کانیهای بی آب و دمابالای اسکارنی مانند کلینوپیروکسن و گارنت تشکیل می شوند. با سپری شدن زمان و کم شدن دمای سیالات گرمابی، کانیهای اکتینولیت، اپیدوت، کلریت، کلسیت و کوارتز بطور مستقل و یا از دگرسانی کانی های از پیش تشکیل شده بوجود می آیند.

جدول ۱: روابط پاراژنتیکی کانیها در اسکارن جوینان

کانیها	دگرگونی - بی متاسوماتیسم	دگرسانی برگشتی
ولاستونیت	●	
پیروکسن	●	
گارنت	●	
مگنتیت	●	
اپیدوت		●
اکتینولیت		●
کلریت		●
کلسیت	●	●
کوارتز	●	●





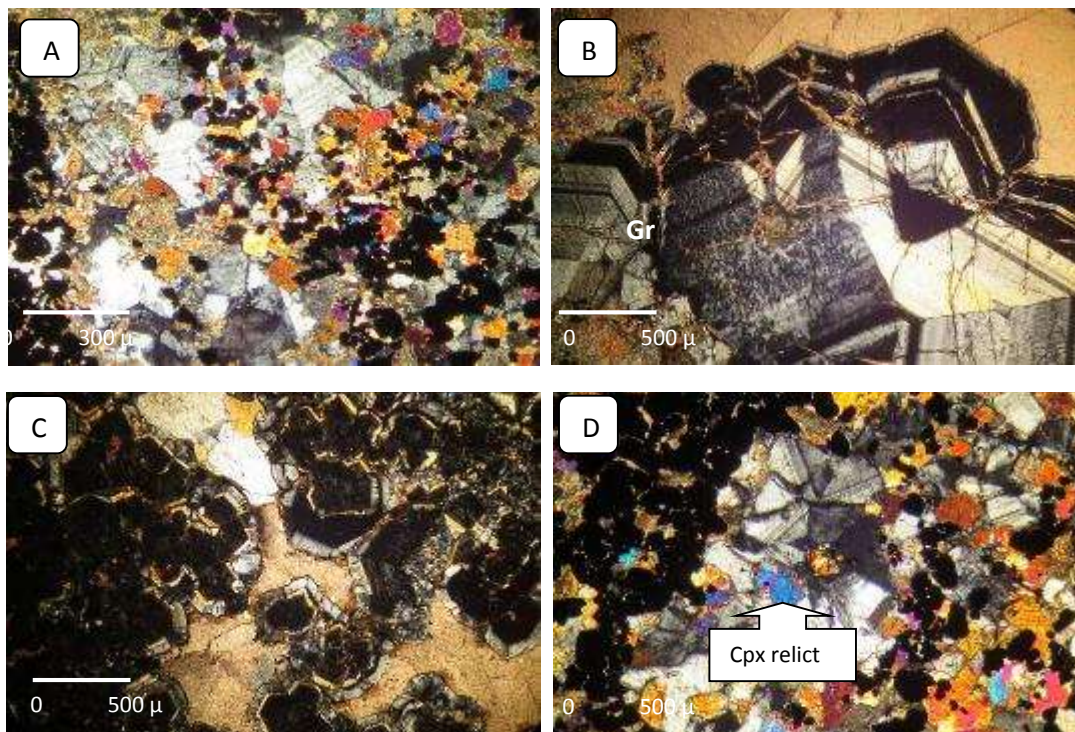
شکل ۱- روابط صحرایی اسکارنهای جوینان

- (A) ارتباط تنگاتنگ اسکارن و مرمر با توده نفوذی  
(B) فراوانی گارنتهای قهوه ای رنگ و تشکیل گارنتیت  
(C) حفظ چین خوردگی سنگ مادر توسط گارنتیت  
(D) بازمانده ساختار رسوبی سنگ کربناته بعد از اسکارن زایی

**کانی نگاری گارنت:** گارنت مهم ترین و فراوانترین کانی سازنده اسکارن جوینان است که در ابعاد متفاوت (تا ۲ سانتی متر) و اشکال متغیر دیده می شود. بلورهای گارنت از سبز، زرد تا قهوه ای پررنگ، همسانگرد تا ناهمسانگرد (با ماکل قطاعی و منطقه بندی نوسانی) و خودشکل تا نیمه شکلدار تغییر می کنند (شکل ۲- B, C). گارنت اغلب دارای زون بندی بوده و گاهی انواع ناهمسانگرد، بصورت پوششی روی اقسام همسانگرد قرار می گیرند. گارنتهای همسانگرد و ناهمسانگرد به واسطه نفوذ سیال ماگمایی آهن و سیلیس دار به داخل سنگ میزبان کربناته (Deer et al., 1991) تشکیل می شوند. گارنت ها ترکیب گسترده ای از محلول جامد آندرادیت- گروسولار داشته و گاهی محتوای پیروپ آنها به دلیل بالا بودن مقدار منیزیم در سنگ مادر کربناته، کمی بالا می رود. زون بندی در گارنت اغلب به عدم تعادل و تغییر ترکیب سیال حین رشد بلور نسبت داده می شود (Ciboanu and Cook, 2004). گارنت علاوه بر پیدایش مستقل در زمینه کلسیتی، به خرج کلینوپیروکسن نیز شکل گرفته است. شاهد این مدعا حضور بازمانده های کلینوپیروکسن (relict) داخل گارنت است که می تواند دلیلی بر تشکیل گارنت به خرج کلینوپیروکسن در فوگاسیته بالای اکسیژن باشد (شکل ۴- D). در این صورت ادخال های کلینوپیروکسن در اندازه های مختلف داخل گارنت دیده شده و دارای حواشی خورده شده (resorbed margins)



و کنگره ای هستند. گارنت و کلینوپیروکسن در بعضی نمونه ها بصورت همزیست وجود دارند. در این صورت گارنت در زمینه با پیروکسن دارای مرز مشترک و کاملا پایدار است. مطالعات میکروسکوپی مویید تبدیل گارنت در مرحله دگرگونی برگشتی به مجموعه ی کلریت، اکتینولیت، کوارتز، مگنتیت و کلسیت است .



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی اسکارنها : میدان دید همه شکل ها ۳ میلیمتر (به غیر از شکل B با میدان دید ۱/۸ میلیمتر)  
 (A) همانند کانیایی گارنت، پیروکسن و مگنتیت  
 (B) گارنتهای انیزوتروپ با ماکل قطاعی، XPL  
 (C) رخدادهای گارنتهای ایزوتروپ در اسکارنها، XPL  
 (D) بقایای پیروکسن داخل گارنتهای انیزوتروپ، XPL

## نتیجه گیری

نفوذ زبانه هایی از پیکره گرانیتوئیدی قهرود به داخل کربناتهای ناخالص کرتاسه، سبب تشکیل اسکارن جوینان شده است. شواهد صحرایی نشان می دهند که زونهای اسکارنی به شکل زبانه هایی در نقاط واکنش پذیر سنگ میزبان مرمری تشکیل شده اند. پس از جایگیری کامل پیکره گرانیتوئیدی و شروع انجماد، هجوم فاز سیال آبگون منجر به دگرگونی بی متاسوماتیک پیشرونده مرمر و تشکیل مقادیر قابل توجهی کانیهای کالک سیلیکاته بی آب مانند ولاستونیت، پیروکسن و گارنت شده است. در مرحله دگرسانی برگشتی، ورود سیال های آبگون دما پائین تر سبب رخداد فرایندهای آبگیری و کربن گیری شده



و طی آن بخشی از کانیهای کالک سیلیکاته بی آب توسط کانیهای کالک سیلیکاته آب دار (اکتینولیت، کلریت، مگنیت و اپیدوت) جانشین شده است. گارنت ماحصل نفوذ سیال های دمابالا به سنگ میزبان کربناته است.

#### منابع فارسی

امامی، م. ه. ۱۳۸۰، فعالیتهای ماگمایی در ایران، سازمان زمین شناسی ایران.  
 بدر، ا. ۱۳۹۱، مطالعه پترولوژیکی و کانی شناسی اسکارنهای بخش غربی گرانیتهوئید قهرود. پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران  
 پورهمایون، پ. ۱۳۸۵، کانی شناسی و پترولوژی اسکارنها و مرمهای جهق- زنجانبر (جنوب کاشان). پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.  
 رادفر، ج. و علائی مهابادی، س. ۱۹۹۳: نقشه چهارگوش زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ کاشان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی.  
 میرلوحی، ا. س. ۱۳۸۷: پترولوژی و ژئوتکتونیک بازالتهای پالئوزوئیک زیرین در دره جهق، (غرب قهرود- جنوب کاشان)، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران.

#### References

- Ciboanu, C. L. and Cook, N. J. (2004) Skarn texture and a case study: The ocna de Fier- Dognncea ore field, Banat, Romania, Ore Geology Reviews, 24, 315-370.  
 Deer, W. A., Howie, R. A. and Zussman, J. (1991) An introduction to the rock forming minerals. 7<sup>th</sup> impression, Longman, London.

