



## Garnet genesis in altered conglomerate of Sangestan Formation, Damak Aliabad (west of Taft, Yazd Province)

P. Asadollahi<sup>1</sup>, M. Khalili<sup>2</sup>, M. A. Makizadeh<sup>2</sup>

1-Faculty of Earth Science, Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

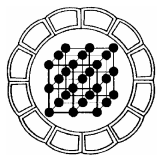
2-Department of Geology, University of Isfahan, Isfahan, Iran

E-mail: Pooyeh\_as@yahoo.com

(Received: 23/11/2005, received in revised form: 11/4/2006)

**Abstract:** The conglomerates of Sangestan Formation (Lower Cretaceous) have been metamorphosed in the vicinity of the leucogranitoid rocks of the Shir-Kuh batholith and have created the mineral assemblage of garnet-epidote-quartz-calcite-pyrite in the contact halo. Following the contact metamorphism, hydrothermal alteration (pyrite formation and silicification) has likely occurred. Based on the trace element contents of the garnets, the skarn in the contact halo is Cu-Pb-Zn bearing calcic skarn type. The above mentioned minerals, apparently, indicate that there is a genetic relationship between intrusion related Cu-mineralization and the skarnification in the study area.

**Keywords:** Garnet, Skarn, Sangestan Formation, Damak.



## ژن گارنت در کنگلومراهای دگرسان شده سازند سنگستان، دامک علی آباد (جنوب غرب تفت، یزد)

پویه اسداللهی<sup>۱</sup>، محمود خلیلی<sup>۲</sup>، محمد علی مکی زاده<sup>۲</sup>

۱- دانشکده علوم زمین دانشگاه صنعتی شاهرود

۲- گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

پست الکترونیکی: [Pooyeh\\_as@yahoo.com](mailto:Pooyeh_as@yahoo.com)

(دریافت مقاله ۱۳۸۴/۸/۲، دریافت نسخه نهایی ۱۳۸۵/۱/۲۲)

**چکیده:** کنگلومراهای سازند سنگستان (کرتاسه زیرین) در مجاورت لویکوگرانیتوئیدهای باتولیت شیرکوه دگرگون شده و مجموعه کانی‌های گارنت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، و پیریت در هاله دگرگونی تشکیل شده است. به دنبال دگرگونی همجواری، احتمالاً دگرسانی گرمایشی (تشکیل پیریت و سیلیسیفیکاسیون) به وقوع پیوسته است. بر اساس مقادیر عناصر نادر گارنت‌ها، اسکارن‌های هاله دگرگونی از نوع اسکارن‌های کلسیک Cu-Pb-Zn دار است. مجموعه کانیایی بالا حکایت از وجود ارتباط ژنتیک بین توده نفوذی کانسار ساز Cu و اسکارن زایی در منطقه مورد مطالعه دارد.

**واژه‌های کلیدی:** گارنت، اسکارن، سازند سنگستان، دامک.

## مقدمه

اسکارن و کانی‌سازی اسکارن از دیر باز مورد علاقه زمین‌شناسان بوده است. در میان کانی شاخص اسکارنها، گارنت از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است. گارنت‌ها در انواع اسکارنها از سازنده‌های اساسی کانی‌شناسی هستند که پژوهشگران همواره از جهات مختلف کانی‌شناسی، روابط پاراژنتیکی و شیمی کانی‌ها، آنها را بررسی کرده‌اند. زیرا شناخت آنها شرایط فرایندهای کانی‌سازی را بازسازی می‌کند. این پژوهش با استناد به برداشتهای صحرایی و کانی‌شناسی پیدایش گارنت در منطقه دامک علی‌آباد را علیرغم نبود همیافتی رایج اسکارنهای کلاسیک و توده نفوذی و دور بودن از برخوردگاه بررسی کرده است و در نهایت نمونه گارنت منطقه با نمونه گارنت اسکارن های مس در مجاورت همان منطقه مقایسه شده است.

## زمین‌شناسی منطقه

گستره مورد مطالعه در ۶۰ کیلومتری جنوب غرب یزد و بین  $31^{\circ} 38'$  طول شرقی و تا  $31^{\circ} 40'$   $53^{\circ} 54'$  تا  $53^{\circ} 50'$  عرض شمالی جای گرفته است. این منطقه بخشی از نوار ماگماتیسم سنوزوئیک ایران مرکزی و حاشیه غربی کوهستان شیرکوه محسوب می‌شود (شکل ۱). به واسطه وجود کانسارهای مس منطقه پدیده زرشک - علی‌آباد از دیر هنگام منطقه مورد توجه زمین‌شناسان بوده است [۱].

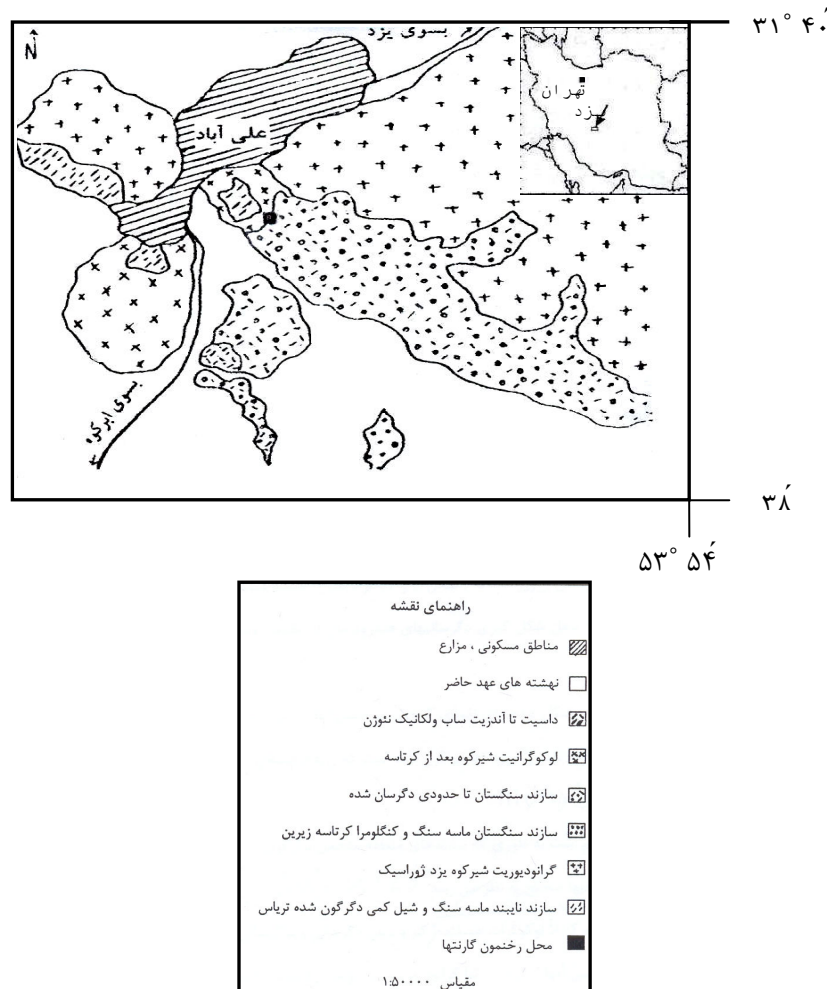
قدیمی‌ترین واحد سنگی منطقه را سازند تخریبی نای بند به عنوان پی سنگ تشکیل داده است. ماسه سنگهای تیره و شیل‌های این سازند به وسیله باتولیت‌گرانیته شیرکوه در ژوراسیک میانی قطع شده‌اند و دگرگونی ضعیفی در آنها رخ داده است. رخنمون این حادثه در بخش غربی باتولیت شیرکوه به خوبی قابل رویت است. فرسایش باتولیت شیرکوه و پی سنگ میزبان پس از فاز کوهزائی کیمرین فوقانی (ژوراسیک بالایی - کرتاسه) سبب انباشت ضخامت زیادی از ماسه سنگ - کنگلومرا (سازند سنگستان) در گودالهای گسلی غرب باتولیت شده است.

سازند سنگستان به تدریج جای خود را به سنگهای آهکی اربیتولین‌دار کرتاسه زیرین با ضخامت زیاد به نام سازند تفت می‌دهد. مجموع این دو سازند با ناپیوستگی آذرین پی روی باتولیت شیرکوه (پس از کرتاسه) دیده می‌شود. فازهای تأخیری تبلور شیرکوه تشکیل توده‌های لوکوگرانیته - گرانودیوریتی را در منطقه علی‌آباد (دامک) و به طور کلی حاشیه شمال غرب باتولیت به همراه داشته است.

در مورد تاریخچه مطالعات صورت گرفته در این منطقه می‌توان به موارد زیر اشاره کرد. کوهساری [۲] کانی‌شناسی مرم‌های بروسیت‌دار را در حاشیه شرقی باتولیت شیرکوه بررسی

کرده و شکل‌گیری مرمرها را در ارتباط با توده‌های کوچک نفوذی پس از ماگماتیسم باتولیت شیرکوه دانسته است. خلیلی و همکار [۳] کانی‌شناسی زینولیت‌های کالک سلیکاته در خود باتولیت شیرکوه را بررسی نموده‌اند.

کانی‌شناسی اسکارن این منطقه توسط داوودی [۴]، نوربهبشت و همکاران [۵] بررسی شده است. زارعی سهامیه [۶] نیز پدیده اسکارن سازی در کربناتیت‌های کرتاسه را از دیدگاه کانی‌شناسی و ژئوشیمیایی در دو نقطه کافی آباد و آدربلندان (شمال باتولیت شیرکوه) بررسی کرده است و خلیلی و همکاران [۷] اولین بار وجود گارنت را ناشی از فعالیت‌های گرمایی در این منطقه گزارش کرده‌اند.



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه [۱۵].

**روش مطالعه**

پس از برداشتهای صحرایی و مطالعات سنگ‌شناسی، ۶ نمونه از گارنت‌های درشت دانه توده‌ای برای تعیین محتوای عناصر اصلی و نادر انتخاب شد. مطالعات دقیق، ناخالصی‌های همراه این گارنتها را کلسیت‌های درشت دانه تشخیص و آنها را فاقد هرگونه اذخال نشان داده است. خرده‌های گارنت با میکروسکوپ بینوکولار جدا شدند (Hand Pick). برای اطمینان بیشتر نمونه‌ها با اسید کلریدریک ۰/۵ مولار نیز شستشو داده شدند. برای تعیین مقدار عناصر خاکی و کمیاب گارنت‌ها، دو نمونه از این کانیها به روش XRF (برای عناصر اصلی) و روش فعال کردن نوترونی NAA (برای عناصر نادر خاکی و کمیاب) در مرکز فناوری هسته‌ای اصفهان مورد تجزیه قرار گرفت.

**مشاهدات صحرایی - مطالعات سنگ‌شناسی**

گستره توده‌های نفوذی مورد مطالعه از غرب باتولیت گرانیتی شیرکوه شامل توده‌های لوکوکرات دامک علی‌آباد است. در منطقه جنوب دامک دو توده مستقل رخنمون دارند. این توده‌ها به وضوح دو سازند عمده منطقه یعنی ماسه سنگها و شیل‌های تریاس - ژوراسیک (شکل ۲) و کنگلومراها - ماسه سنگهای سازند سنگستان (شکل ۳) را قطع کرده‌اند و احتمالاً عامل شکل‌گیری دگرسانیهای گرمایی در مقیاس وسیع بوده‌اند [۸].

ادامه ماگماتیسم پس از کرتاسه به شکل توده‌های نفوذی کوچک در حسن آباد - دره زرشک (جنوب غرب منطقه مورد مطالعه) نیز سنگهای آهکی سازند تفت را مورد تهاجم قرار داده است که رویداد اسکارن مس در منطقه از این خاستگاه است [۹].

گسترش هاله دگرگونی بسیار کم است به طوری که سازندهای منطقه دستخوش دگرگونی گرمایی ضعیفی شده‌اند. توده‌های نفوذی منطقه علی‌آباد کاملاً لوکوکرات‌اند. دگرسانی و شکستگی فراوانی در این توده‌ها مشاهده می‌شود. ترکیب کانی‌شناسی آنها از گرانیت تا گرانودیوریت در نوسان است. بافت گرانوفیری، مرتار، میکروگرافیک و گرانولر متوسط در این سنگها، و نیز آلبیت با بافت شطرنجی فراوان دیده می‌شود. (chessboard texture) که از ویژگیهای بافتی این سنگهاست. فلدسپارها در این سنگها سریستی، کلریتی و کائولینیتی شده‌اند.

سنگ میزبان کانی‌سازی گارنت در گستره جنوب علی‌آباد کنگلومراهای سازند سنگستان است. مجموعه کانی‌های مشاهده شده عبارتند از: گارنت + اپیدوت + کوارتز + پیریت‌های اکسید شده + کلسیت. به نظر می‌رسد نفوذپذیری کنگلومراها و وجود قلوهای بزرگ مرمی به ترتیب عامل مهمی برای نشست شاره‌های گرمایی و کانی‌سازی گارنت‌های کلسیم‌دار بوده است. در نمونه‌های دستی، گارنت‌ها بیشتر به رنگ قهوه‌ای شکلاتی و خیلی کمتر به رنگ حنائی دیده

می‌شوند. گارنت‌ها بیشتر در زمینه کلسیتی دیده شدند و در برخی موارد پراکنده فضای خالی در ژئودهای کلسیتی، کوارتزی هستند. در رخداد صحرایی تجمع بلورهای بزرگ و تمام شکلدار پیریت‌های اکسید شده و بلورهای کوارتز تمام شکلدار راهنمایی برای زون کانی‌سازی گارنت در کنگلومراهاست. در مقاطع میکروسکوپی گارنت با بافت پرفیروبلاستیک در زمینه کلسیت و کوارتز دیده می‌شود. در برخی موارد گارنت‌ها دارای حاشیه آنیزوتروپی به رنگ زرد عسلی هستند. این بخش ناهمسانگرد دارای منطقه‌بندی و ماکل‌های پیچیده است که به صورت پوششی (over growth) روی بخش بی‌رنگ و ناهمسانگرد دیده می‌شود (شکل ۴). علاوه بر این گارنت‌ها دارای بافت‌های حلقوی (atoll texture) و خرده شدگی از حواشی (resorbed margins) در زمینه‌ای از کوارتز و کلسیت هستند (شکل ۵).

جانیشینی کانه در گارنت‌ها نیز دیده می‌شود (شکل ۶) همچنین واکنش‌های برگشتی منجر به شکل‌گیری کانی‌های کوارتز، کلسیت، کلریت و همتایت به جای گارنت (pseudomorph) شده است (شکل ۷).

همیافتی اپیدوت- گارنت در زون کانی‌سازی شده یک پدیده مشخص است. اپیدوت بیشتر در میکروکنگلومراها تا آرکوزهای سازند سنگستان دیده می‌شوند که در این سنگ‌ها بیشتر جانشین قطعات تخریبی پلاژیوکلازهای آرکوزها شده است (شکل ۸). در بخش‌های سیلیسی شده، قطعات اپیدوت مانند گارنت‌ها در زمینه‌ای از کوارتز شناورند.

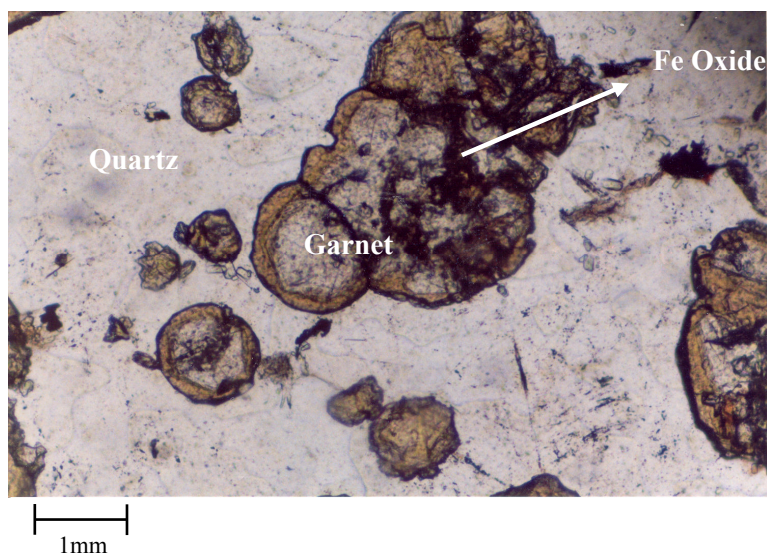
کلسیت در آخرین مرحله کانی‌سازی پس از سیلیسی شدن با بافت میان شکافی (interstitial) شکل گرفته است. برخی موارد بافتی نیز حاکی از خورده‌شدگی کوارتزهای ریز دانه به وسیله کلسیت است (شکل ۷). روابط بافتی کانیهای این منطقه را می‌توان در جدول ۱ مشاهده کرد.



شکل ۲ مجاورت لوکوگرانیتهای دامک (a) با سازندهای تهنشستی تریاس - ژوراسیک (b).

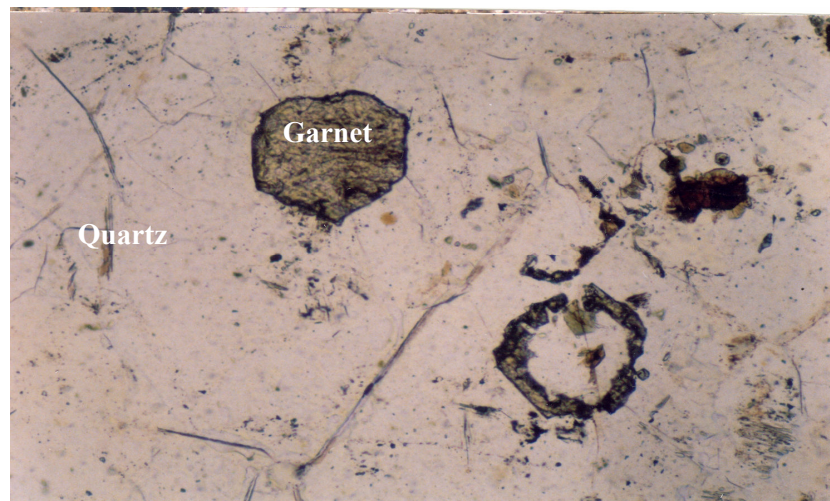


شکل ۳ برخوردگاه توده لوکوگرانیت دامک (a) با بخش کنگلومرائی سازند سنگستان (b).



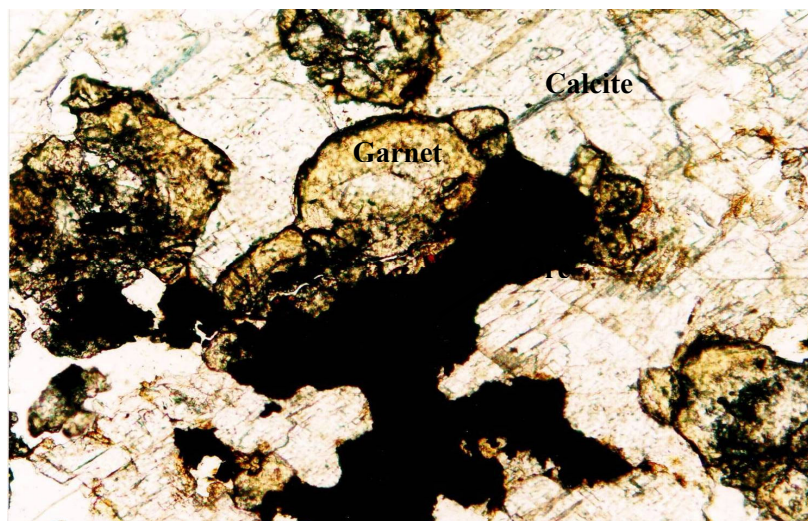
شکل ۴ گارنتها با حواشی خورده شده دارای پوشش گارنت قهوه‌ای ناهمسانگرد و نواحی بی رنگ داخلی همسانگرد در زمینه کوارتز PPL.





1mm

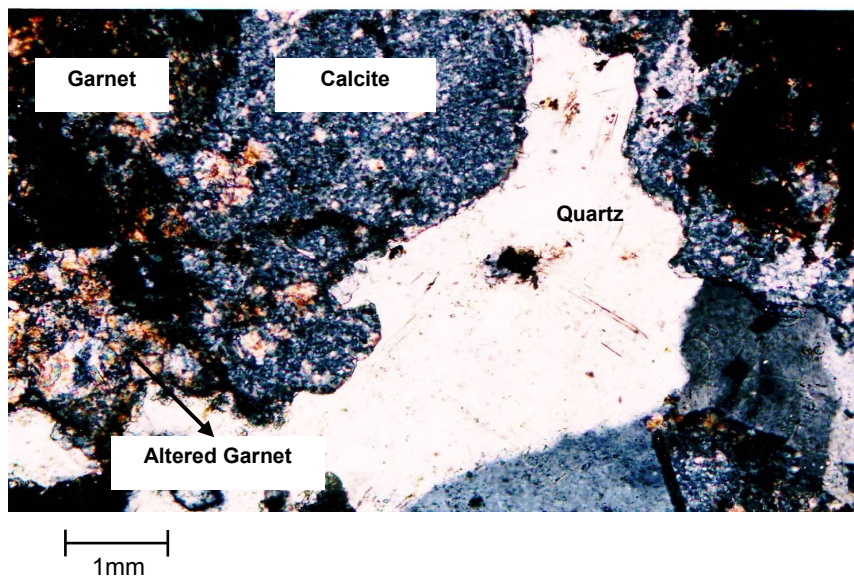
شکل ۵ گارنت با بافت حلقوی و حواشی خورده شده و در حال تحلیل در زمینه کوارتز PPL.



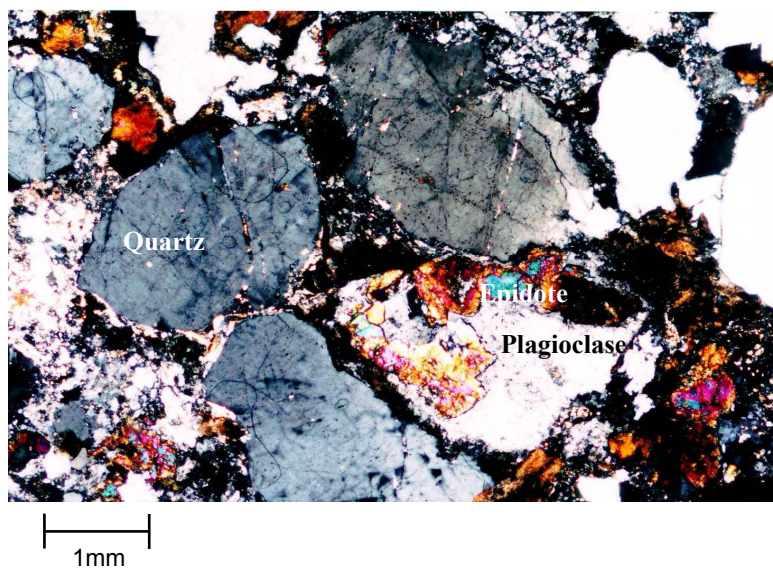
1mm

شکل ۶ جانشینی بخشی گارنت در زمینه کلسیت PPL.





شکل ۷ رخداد کلسیت پس از کوارتز، چنانکه دیده می‌شود مرز کوارتز با کلسیت حالت خرده‌شدگی نشان می‌دهد و گارنت‌های کلریتی - کلسیتی شده درون بخش کلسیتی حضور دارند. XPL.



شکل ۸ اپیدوتی شدن پلاژیوکلازهای سازنده آرکوز PPL.

جدول ۱ روابط پاراژنتیکی کانی‌های منطقه دامک علی‌آباد.

	مرحله اکسایش	مرحله سیلیسی شدن	مرحله کانی سازی گارنت
گارنت			
اپیدوت			
کوارتز			
پیریت			
کلریت		_____؟	
کلسیت			_____
اکسید آهن			

## ژئوشیمی گارنتها

رخداد گارنتها درون کنگلومرای سازند سنگستان و وجود مجموعه‌های کانیائی غیرعادی (گارنت، پیریت، کوارتز، کلسیت) و عدم تشابه این سنگها با سنگهای کلاسیک اسکارن و هورنفلس و نیز برآزش بیشتر آنها با نمونه‌های دگرسانی گرمایی این اندیشه را تقویت می‌کند که تشکیل اسکارنهای منطقه مورد مطالعه به احتمال بسیار زیاد در ارتباط با شاره‌های گرمایی است، و ارتباط نزدیکی با محیط‌های دگرگونی مجاورتی ندارد. لذا به منظور شناخت محیط تشکیل اسکارن‌ها نمونه‌ای از گارنتهای متوسط منطقه مورد مطالعه و نیز نمونه‌ای از گارنتهای اسکارن مس حسن آباد - دره زرشک [۱۰] به روش NAA مورد آنالیز قرار گرفتند (جدول ۲). از دیدگاه شیمی عناصر اصلی هر دو گارنت ترکیب شیمیایی متمایل به قطب آندرادیت را نشان می‌دهند.

در ادامه از عناصر نادر خاکی و کمیاب برای شناخت بیشتر محیط تشکیل آنها استفاده شد، و مقادیر عناصر نادر و کمیاب این گارنتها برحسب گوشتۀ اولیه بهنجار شده‌اند (نمودار ۱). مطالعه نمودارها نشان می‌دهد که نابهنجاری واضح تنگستن (۹۳PPm)، (۱۱۶ PPM) در مقایسه با مقادیر متوسط پوسته‌ای (۱۱۱PPm) برای گارنت‌های دامک جالب توجه است. گارنت‌های اسکارن منطقه نسبت به گارنتهای علی‌آباد به طور کلی غنی‌تر از REE هستند. روند نمودار یک تفریق از LREE به HREE را نشان می‌دهد. با این وجود نمی‌توان غنی‌شدگی از HREE در هر دو دسته گارنت را نادیده گرفت. در مقابل گارنتهای گرمایی علی‌آباد از REE فقیرند.

نابهنجاری نسبتاً منفی Eu برای هر دو دسته گارنت، شرایط اکسایش محیط نهشت را نشان می‌دهد. اصولاً نابهنجاری Eu وابسته به شرایط احیاء و یا اکسایش و فرایندهای تبلور تفریقی است [۱۱].

مطالعات تجربی [۱۲] نشان داده است که اندازه مکانی کاتیون دودکاهدرال اشتراکی در گارنت در شرکت عناصر نادر خاکی سنگین (HREE) مؤثر است که این امر به طور مشخص الگوهای غنی‌شدگی از HREE را نشان می‌دهد. علاوه بر آن محتوای گونه‌های REE موجود در شاره گرمایی نیز در ورود REE به ساختار گارنت مؤثر است.

الگوی تقریباً یکسان هر دو گارنت احتمالاً بیانگر خاستگاه مشابه شاره‌های گرمایی کانی‌ساز است. در تحلیل فقیرشدگی کلی از REE برای گارنت‌های علی‌آباد می‌توان گفت همیافتی اپیدوت با مجموعه کانیایی منطقه نقش مهمی را در جذب REE به درون خود داشته است. در ادامه برای شناخت دقیق شیمی گارنتها و نیز محیط تشکیل آنها ۶ نمونه از گارنتها مورد آنالیز XRF قرار گرفت (جدول ۳).

برای محاسبه اعضای پایانی گارنتهای این منطقه نخست به روش عنصر سنجی [۱۳] جداسازی اکسید آهن ۳ و ۲ در آنالیز XRF گارنت‌های منطقه صورت گرفت، پس از آن داده‌های بدست آمده به نرم افزار<sup>۱</sup> PET (داکس، ۱۹۹۸، ۲۰۰۴) وارد و سپس به روش زیر عضوهای پایانی گارنت محاسبه شدند.

Molar Fractions:

$$X_{Prp} = \frac{Mg}{Fe^{2+} + Mg + Mn + Ca}$$

$$X_{Grs} = \frac{Ca}{Fe^{2+} + Mg + Mn + Ca}$$

$$\#mg \text{ (in \%)} = 100 \cdot \frac{Mg}{Fe^{2+} + Mg}$$

$$X_{Alm} = \frac{Fe^{2+}}{Fe^{2+} + Mg + Mn + Ca}$$

$$X_{Sps} = \frac{Mn}{Fe^{2+} + Mg + Mn + Ca}$$

$$W_{Grt} = \left( 200 \cdot \frac{X_{Prp}}{X_{Prp} + X_{Alm}} \right) + \left( 2500 \cdot \frac{X_{Alm}}{X_{Prp} + X_{Alm}} \right)$$

Alm = آلماندن ، Sps = اسپسارتین، Prp = پیروپ، Grs = گروسولار، #mg = عدد منیزیمی.

محاسبه اعضای پایانی گارنتها نشان داد که این گارنتها در گستره گروسولار - آندرادیت و بیشتر متمایل به قطب آندرادیت هستند (نمودار ۲).

از طرف دیگر موقعیت ترکیب گارنتها در مقایسه با میدان گارنتها اسکارنهای کلسیک نشان می‌دهد که اولاً گارنتها در محدوده گارنتها اسکارنهای کلسیک قرار می‌گیرند و ثانیاً در میدان اسکارنهای Cu,Zn-Pb واقع می‌شوند [۱۴].

لازم به ذکر است، که نزدیک به همین منطقه آثار کانی‌سازی مس- فیروزه [۱۵] تا اسکارنهای دره زرشک مشهود است و اکتشافات معدنی برای مس هم اکنون در حال اجراست.

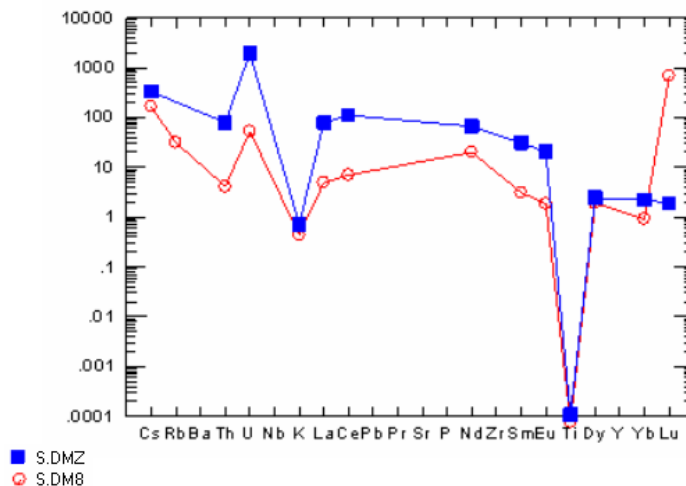
جدول ۲ آنالیز شیمیایی به روش NAA روی دو نمونه از گارنت‌ها ی دامک علی‌آباد.

Sample No	S.DM8	S.DMZ
	Wt %	
Ti	۰٫۱	۰٫۱۴
Al	۰٫۲۵	۰٫۴۵
Fe	۲۰٫۸۲	۲۰٫۲۱
Mn	۰٫۸۱	۰٫۴۳
Mg	۰٫۳۲	۰٫۷۰
Ca	۲۲٫۹۵	۲۲٫۲۰
Na	۴۲	۲۱۱
	PPm	
K	۱۱۰	۱۸۰
Cr	۶	۱۳
Co	۱	۳٫۶۵
Sc	۱۱	۰٫۲۳
V	۷٫۷۶	۴۹
In	۰٫۶	۰٫۹۰
W	۹۳٫۰۶	۲
Mo	۲	۱۶
As	۱۱۶	۴٫۵۷
Sb	۰٫۲۳	۰٫۵۵
Ag	۳	۷
Ir	۱۴*	۳۶*
Au	۱۸*	۴۰*
Hg	۱٫۱۰	۳
Rb	۲۰	۰
Cs	۱٫۳	۲٫۶۰
Ga	۱۱	۴٫۷۴
Ta	۰٫۷	۲
Hf	۰٫۷	۱٫۵۰
Th	۰٫۳۵	۶٫۷۳
U	۱٫۱۰	۴۱
La	۳٫۴۰	۵۴٫۳۴
Ce	۱۲٫۴۰	۱۹۵٫۷۳
Nd	۲۷٫۱۸	۹۰
Sm	۱٫۳۹	۱۳٫۶۹
Eu	۰٫۳۱	۳٫۴۳
Gd	۰٫۲۸	۱٫۹۰
Tb	۰٫۲۲	۰٫۵۵
Dy	۱٫۴۰	۱٫۸۰
Ho	۰٫۳۶	۱٫۳۹
Tm	۰٫۱۲	۰٫۴۵
Yb	۰٫۴۵	۱٫۱۰
Lu	۰٫۵۰	۰٫۱۴

\* = PPb

گارنت‌های به رنگ قهوه‌ای دامک S.DM8

گارنت‌های به رنگ حنائی اسکارن مس حسن‌آباد - دره زر شک S.DMZ

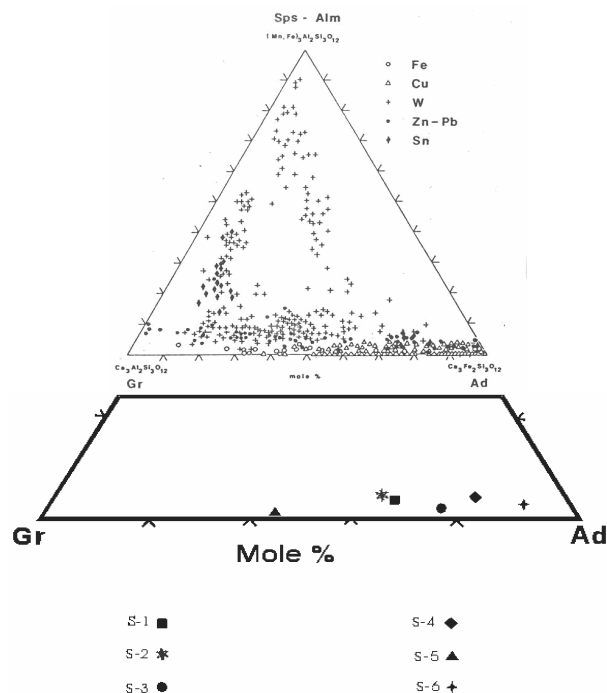


نمودار ۱ الگوی پراکندگی یکسان برای عناصر کمیاب و نادر خاکی در گارنتهای دامک علی‌آباد (بهنجار شده نسبت به گوشته اولیه).

جدول ۳ آنالیز شیمیایی گارنتهای دامک علی‌آباد

Sample NO.	S-1	S-2	S-3	S-4	S-5	S-6
SiO <sub>2</sub>	۳۶,۵۱	۳۶,۵۴	۳۵,۹۱	۳۵,۲۲	۳۶,۸۶	۳۵,۶۹
TiO <sub>2</sub>	۰,۲۹	۰,۲۹	۰,۰۶	۰,۵۸	۰,۰۴	۰,۱۶
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	۷,۲۹	۷,۴۱	۵	۴,۶۸	۱۲,۲۸	۲,۷۱
FeO*	۱۹,۴۰	۱۹,۴۵	۲۲,۲۷	۲۲,۷۳	۱۳,۵۸	۲۵,۳۸
MnO	۲	۲,۱۴	۰,۶۳	۲,۲۱	۰,۷۰	۱,۲۴
MgO	۰,۰۱	۰,۰۱	۰,۰۲	۰,۰۱	۰	۰,۰۲
CaO	۳۲,۵	۳۲,۴۰	۳۳,۷۲	۳۱,۵۶	۳۴,۹۶	۳۲,۶۷
Total	۹۸	۹۸,۲۴	۹۷,۶۱	۹۶,۹۹	۹۸,۴۲	۹۷,۸۷
12 Oxygens basis						
Si	۲,۹۸	۲,۹۷	۲,۹۶	۲,۹۴	۲,۹۳	۲,۹۶
Ti	۰,۰۲	۰,۰۲	۰	۰,۰۴	۰	۰,۰۱
Al	۰,۷	۰,۷۱	۰,۴۹	۰,۴۶	۱,۱۵	۰,۲۷
Fe <sub>3</sub>	۱,۳۱	۱,۳۱	۱,۵۳	۱,۵۹	۰,۹۰	۱,۷۶
Fe <sub>2</sub>	۰,۰۲	۰,۰۲	۰	۰	۰	۰
Mn	۰,۱۴	۰,۱۵	۰,۰۴	۰,۱۶	۰,۰۵	۰,۰۹
Ca	۲,۸۴	۲,۸۳	۲,۹۸	۲,۸۲	۲,۹۷	۲,۹۱
Almandine	۰,۵۴	۰,۵۹	۰	۰	۰	۰
Andradite	۶۵,۳۶	۶۵,۲۹	۷۶,۱۴	۷۹,۳۸	۴۴,۶۷	۸۸,۰۷
Pyrope	۰,۰۴	۰,۰۴	۰,۰۸	۰,۰۴	۰	۰,۰۸
Grossular	۲۹,۳۸	۲۹	۲۲,۳۳	۱۴,۹۱	۵۳,۷۳	۸,۷۹
Spessertine	۴,۶۲	۴,۹۶	۱,۴۵	۵,۳۵	۱,۵۶	۲,۹۵

FeO\* = FeO<sub>Total</sub>



نمودار ۳ آنالیز گارنت‌های دامک علی‌آباد قرار گرفته بر روی سیستم [16] Spessartine + Almandine – Grossular- Andradite و مقایسه آن با نمودار آنالیز گارنت‌های نهشته‌های اسکارن [۱۷].

#### خلاصه و برداشت

اختلافات زیاد در شیمی گارنت‌های علی‌آباد با حسن‌آباد – دره زرشک ناشی از طبیعت محیط متفاوت شکل‌گیری آنهاست. گارنت‌های دامک علی‌آباد با دور بودن از خاستگاه گرمائی نسبت به گارنت‌های معمول اسکارن در همین منطقه از عناصر کمیاب فقیر هستند. نقش احتمالی آب‌های جوی یا آب‌های محبوس موجود در واحد کنگلومرانی (با نفوذ پذیری بالا) در رقیق شدن شماره‌های ماگمائی را نیز نباید از نظر دور داشت، چرا که گارنت‌های آندرادیتی از  $Fe^{+3}$  غنی هستند و این گونه گارنت‌ها در شرایط گرمایی و اکسایش بیشتر تشکیل می‌شوند.

#### تشکر و قدردانی

استفاده از نرم افزارهای مورد نیاز این مقاله با راهنمایی دکتر علیرضا داوودیان صورت گرفته است که بدینوسیله از نامبرده قدردانی می‌شود.



## مراجع

- [1] Bazin D., Hubner H., "Copper deposits in Iran", G.S.I. Rep13 (1969).
- [۲] کوهساری ا.ح.، "کانی شناسی مرمراه‌های بروسیت دار، حاشیه شرقی باتولیت شیرکوه (غرب استان یزد)"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۲، (۱۳۸۰) ص ۱۱۷-۱۲۵.
- [۳] خلیلی م.، مکی زاده م.ع.، "کانی شناسی زینولیت‌های کالک سلیکاته"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۱، (۱۳۸۳) ص ۳۹-۵۰.
- [۴] داودی ف.، "پژوهش‌های سنگ شناختی اسکارن‌های منطقه شیرکوه استان یزد (ده بالا، باقی آباد)"، پایان نامه کارشناسی ارشد دانشگاه اصفهان، (۱۳۷۷) ص ۳۷۹.
- [۵] نوربهبشت ا.، مکی زاده م.ع.، شرافت ش.، "معرفی کانی شناسی اسکارن کوه دَر با تاکید بر کانی کمیاب کلینتونیت، کوهستان شیرکوه- یزد"، مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران، شماره ۱ و ۲، (۱۳۷۵) ص ۳۷-۴۶.
- [۶] زارعی سهامیه ر.، امینی ص.، "خصوصیات کانی شناسی، ژئوشیمیایی و تعیین شرایط تشکیل هاله دگرگونی توده های نفوذی کافی آباد و آدریلندان (جنوب غرب یزد)"، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۲۴، شماره ۱، (۱۳۷۷) ص ۲۹-۱۵۱.
- [۷] خلیلی م.، مکی زاده م.ع.، "مطالعه کانیه‌های هیدروترمال در کنگلومراها و آرکوزهای دگرسان شده در منطقه علی آباد (جنوب غرب یزد)"، خلاصه مقالات پنجمین سمینار بلورشناسی و کانی شناسی ایران، (۱۳۷۵) ص ۶۲.
- [۸] خلیلی م.، مکی زاده م.ع.، "رخداد آلونیت در ماسه سنگهای آرکوزی سازند سنگستان، دامک علی آباد (غرب تفت - یزد)"، مجموعه مقالات دهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران، (۱۳۸۱) ص ۲۶۱-۲۶۴.
- [۹] کوهساری ا.ح.، مکی زاده م.ع.، "پترولوژی و پتروگرافی و ژئوشیمی سنگهای آذرین و آلتراسیون آنها در زون گسلی دهشیر"، گزارش طرح پژوهشی مصوب دانشگاه یزد، شماره ۵۰/۶۶۳، (منتشر نشده) ص ۸۳.
- [۱۰] دهقان منشادی ب.، "مطالعه پترولوژی و ژئوشیمی ماگماتیسم و دگرگونی منطقه دره زرشک - توران پشت، جنوب غرب یزد"، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، (منتشر نشده) ص ۱۱۱.
- [11] Martin S., Henderson P., Williams C., Terry and Long Jim, "The REE as indicators of hydrothermal processes: A study of skarn garnets from the Beinn Au Dubhaich granite aureole", Skye, 2001, [http://gsa.confex.com/gsa/2001AM/finalprogram/abstract\\_26831.htm](http://gsa.confex.com/gsa/2001AM/finalprogram/abstract_26831.htm)
- [12] Grauch R.I., "Rare earth elements in metamorphic rocks", In : Lipin B. R., Mckay, G. A. (Eds), Geochemistry and Mineralogy 21 (1989) 147-167

[13] Droop G.T.R., "A general equation for estimating  $Fe^{+3}$  concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses, using stoichiometric criteria", *Mineralogical Magazine*, Vol. 51,(1987) 431-437.

[14] Lieben F., Moritz R., Fontoote L., "Mineralogy, geochemistry and age constraints on the Zn-Pb skarn deposit of Maria Cristina", *Quebrada Galena, Northern Chile, Economic Geology* Vol. 95,(2000) 1185-1196.

[۱۵] رضائیان ک.، نقره‌ئیان م.، مکی زاده م. ع.، شرافت ش.، "زمین شناسی و ژئوژئاندیس کانی فیروزه، علی آباد (تفت - یزد)"، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان (علوم پایه)، جلد هجدهم، شماره ۲، (۱۳۸۲) ص ۱۴۵ - ۱۵۸.

[16] Kato Y., "Textural and compositional changes of clinopyroxene replaced by garnet in the Mozumi deposit", *Publication S.A. Athenes, Greece* (1991) 181-202.

[17] Einaudi M.T., Meinert L.D., Newberry R.J., "Skarn Deposits", *Economic Geology 75<sup>th</sup> Anniversary Volume* (1982) 317-391.