

مطالعات زون های دگرگونی و بررسی شیمی گارنت در اسکارن های مزرعه حنا

فریمه آیتی

عضو هیأت علمی گروه زمین شناسی، دانشگاه پیام نور

f.ayati@pnu.ac.ir

چکیده:

منطقه مورد مطالعه در زون ارومیه دختر و نیز در بخش کوچکی از زون سنندج سیرجان قرار گرفته است. بر مبنای برداشت های صحرایی می توان زون های مختلفی را در محدوده اسکارنی تشخیص داد از جمله زون گارنت - پیروکسن که در مجاورت بلا فصل توده نفوذی واقع می باشد. زون ولاستونیت - گارنت که در رخنمون های صحرایی با گارنت های برجسته واقع در زمینه ای از ولاستونیت های سفید رنگ مشخص است. در کنتاکت زون ولاستونیت اسکارن، زون اسکارنهای کلینتونیت دار یا کلینتونیت گارنت اسپینل مشاهده می شود. اسکارنهای اخیر، با رنگ ویژه سبز-آبی کم رنگ مشخص است که مربوط به کانی اسپینل می باشند. دورترین زون مشاهده شده، بخش های مرمری می باشد که در آنها گارنت به شکل لایه های چین خورده مشاهده می گردد. نتایج آنالیز میکروپروب گارنتها ترکیب آنها را متمایل به قطب آندرادیت نشان داد. بررسی جایگاه ترکیب گارنتها و مقایسه آن با جایگاه ترکیبی گارنتها در سایر اسکارنهای کلسیک نشان از انطباق ترکیب گارنتهای مورد بررسی با گستره ترکیبی گارنت در اسکارنهای این تیپ در دنیا است.

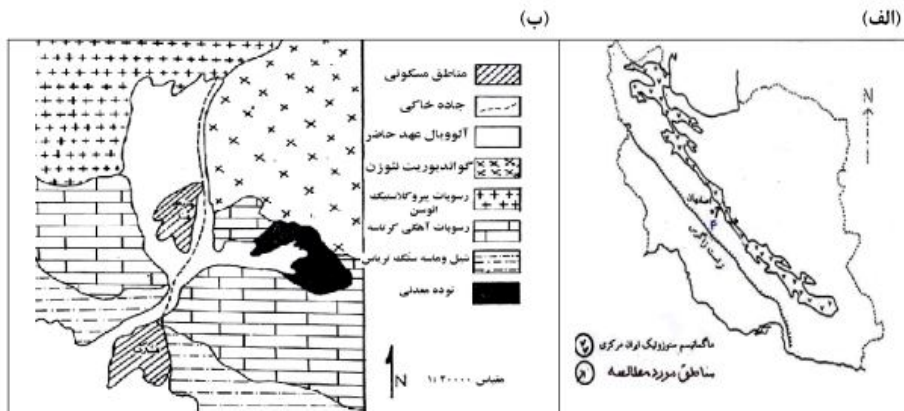
کلید واژگان: اسکارن، ارومیه دختر، زون دگرگون، ولاستونیت، گارنت

مقدمه:

منطقه مورد بررسی در شمال شرق اصفهان در محدوده ۳۲ درجه و ۴۵ دقیقه تا ۳۲ درجه و ۵۲ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه تا ۵۲ درجه و ۱۵ دقیقه طول شرقی قرار دارد. اسکارنهای فشارک در ۷۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان در شمال روستای فشارک و در مجاورت مزرعه حنا واقع شده است. از دیدگاه زمین شناسی ایران این منطقه در نوار ماگماتیسیم سنوزوئیک ایران مرکزی واقع شده است. در این منطقه توده نفوذی گرانودیوریتی با سن الیگومیوسن سنگهای کربناته کرتاسه را تحت تاثیر قرار داده و سبب رخداد اسکارن هورنفلس و مرمر شده است. در تصویر ۱ نقشه زمین شناسی و موقعیت جغرافیایی و نیز جایگاه اسکارن های مورد مطالعه در نوار ماگماتیسیم سنوزوئیک ایران مرکزی به نمایش گذاشته شده است. در این تحقیق پتروگرافی اسکارن های حنا و نیز مینرال شیمی گارنت مورد بررسی قرار میگیرد.

روش تحقیق:

در پی جویی های صحرایی برای شناخت روابط واحد های اسکارنی شده با هم و با توده نفوذی، نمونه برداری انجام گردید و برای مطالعات کانی شناسی و پترو گرافی از میکروسکوپ پلاریزان کمک گرفته شد. سپس جهت بررسی ژئوشیمیایی، مقاطع نازک نمونه ها برای انجام آنالیزهای مایکروپروپ به آزمایشگاه زمین شناسی در کشور آلمان ارسال گردیدند. تعدادی از آنالیز های ICP-MS برگرفته از احمدی (۱۳۶۷) می باشد.



شکل ۱: الف) جایگاه اسکارن های مورد مطالعه در نوار ماگماتیسیم سنوزوئیک ایران مرکزی (F: فشارک)

ب) نقشه زمین شناسی اسکارن فشارک اصفهان (برگرفته از نوربهبشت، ۱۳۷۰)

بحث و نتیجه گیری:

زمین شناسی صحرایی و بررسی توده های نفوذی منطقه مورد بررسی:

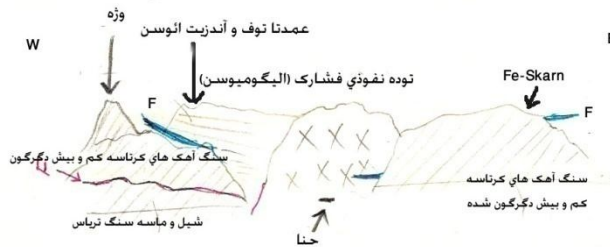
در شمال فشارک یکی از پیکره های تونالیتی که به فاصله ۱ کیلومتری از دهکده فشارک قرار گرفته است در کنتاکت گسله بین ولکانیت های انوسن و سنگهای کربناته کرتاسه تحتانی نفوذ کرده است. نفوذ این توده ها دگرگونی مجاورتی هر دو تیپ سنگی را به همراه داشته است. سنگهای کربناته تحتانی که در آغاز جنس آهک مارنی داشته اند تحت تاثیر دگرگونی مجاورتی و متاسوماتیسم قرار گرفته اند. نتیجه آن پیدایش کانی های خاص دگرگونی سنگهای آهکی، پیدایش بافتهای درشت دانه هورنفلسی در سنگهای آهکی و مینیرالیزاسیون مگنتیت در بخشهایی از سنگهای آهکی است. به طور کلی در محدوده مورد مطالعه ۴ واحد لیتولوژیکی عمده به شرح زیر از قدیم به جدید رخنمون دارد:

۱- واحد شیل ماسه سنگ منسوب به تریاس که در واقع پی سنگ منطقه را تشکیل داده است. این واحد سنگی با رنگ خاکستری روشن تا تیره به شکل تپه های کم ارتفاع دیده می شود (شکل ۲).

۲- بر روی این واحد سنگ آهک های عمدتاً توده ای کرتاسه زیرین قرار دارد و ارتباط بین این دو واحد به شکل گسله می باشد. بخش عمده این سنگ آهک ها متبلور شده اند و در برخی نقاط این آهک ها، آثاری از میکروفسیل های کرتاسه (اربیتولین دار) وجود دارد. این سنگ آهک ها در یک امتداد شمال غرب- جنوب شرق تا شرق رخنمون دارند و ارتباط آنها با واحدهای آذرین منطقه، گسلی است. به نظر می رسد این گسل یکی از شاخه های فرعی گسل قم - زفره در غرب منطقه عمومی فشارک می باشد.

۳- سومین واحد سنگی گسترده در منطقه، سنگ های ولکانیکی عمدتاً با ترکیب آندزیتی و پیروکلاستیک های وابسته می باشد که تشکیل ارتفاعات را داده اند. این واحدهای ولکانیکی و پیروکلاستیکی با لایه بندی و رنگ خاکستری تیره در شمال منطقه حضور دارند.

۴- آخرین واحد بزرگ لیتولوژی منطقه، توده های گرانودیوریتی است که در مرکز محدوده مورد مطالعه در شمال فشارک رخنمون دارند.



شکل ۲: نگاه به شمال. موقعیت روستای فشارک و لیتولوژی اطراف آن

در زمانهای بعد از ائوسن و احتمالاً پس از یک فاز کوهزایی در تاریخ زمین شناسی ایران (عمیدی، ۱۹۷۵) تعدادی توده نفوذی گرانیتوئیدی در سنگهای ائوسن، به خصوص در زون ارومیه دختر نفوذ کرده اند. در شمال فشارک حدود ۱۰ توده نفوذی بزرگ و کوچک مورد مطالعه قرار گرفته است. در جدول ۱ تجزیه شیمیایی و نورم CIPW هفت نمونه از سنگهای نفوذی شمال فشارک آورده شده است. این توده ها به شرح زیر می باشند:

- یک توده متوسط در ۲ کیلومتری شمال غرب ماربین (واقع در چهارگوش کاشان) با ابعاد ۴*۷ کیلومتر
- دو توده کوچک در شمال شرق زفره یکی به وسعت حدود یک کیلومتر مربع و دیگری به ابعاد ۱/۵*۵ کیلومتر

- دو توده کوچک یکی در ۶۰ کیلومتری جنوب شرق نیسیان که جاده نیسیان - زفره از کنار آن می گذرد با ابعاد ۳*۱ کیلومتر و دیگری در ۱۲ کیلومتری جنوب نیسیان با ابعاد ۴*۱/۵ کیلومتر
- سه توده کوچک در رجبیل (از هر ریزه تا تین جان) با ابعاد ۲*۱ کیلومتر
- یک توده متوسط که از کوه مارشینان به طرف شمال غرب ادامه دارد و حد نهایی آن در جاده نیسیان - زفره است و به نظر که توده های کوچک شمال شرق زفره از نظر ساختمانی با آن مرتبط هستند با ابعاد ۶*۱/۵ کیلومتر
- توده نفوذی فشارک در یک کیلومتری شمال دهکده فشارک با ابعاد ۵/۳*۱۰ کیلومتر

حجم اصلی و اساسی توده های نفوذی را تونالیت و گرانودیوریت تشکیل می دهد. فازهای تفریق یافته آنها گرانیت و سپس آپلیت است. از طرفی حاشیه سریع سرد شده توده ها منجر به تشکیل کوارتز دیوریت و گاه دیوریت شده است. داده های حاصل از تجزیه شیمیایی سنگهای پلوتونیک شمال فشارک نشان از کالکوالکالن بودن سری ماگمایی در منطقه مورد بررسی دارد (علی احمدی، ۱۳۶۷).

بر مبنای برداشت های صحرایی می توان زون های مختلفی را در محدوده اسکارنی تشخیص داد:

الف) زون گارنت - پیروکسن که در مجاورت بلافصل توده نفوذی واقع می باشد. رخنمون این بخش کاملاً توده ای است و در بعضی جاها توسط واریزه های توده گرانیت و سایر سنگها پوشیده شده است. در نمونه دستی این واحد عمدتاً به رنگ سبز حنایی مشخص است و به نظر می رسد تماماً از گارنت تشکیل شده است به طوریکه نام گارنتیت یا زون گارنت را بر آن نهاد. ولی در واقع مشاهدات میکروسکوپی بعدی نشان داده است که در این زون پیروکسن نیز حضور دارد.

ب) بعد از زون فوق، زون ولاستونیت - گارنت مشاهده می شود که در رخنمون های صحرایی با گارنت های برجسته (پینه ای) مشخص است که در زمینه ای از ولاستونیت های سفید رنگ قرار گرفته اند. کنتاکت زون گارنتیت با ولاستونیت بعضاً به شکل مستقیم (sharp) ویا تدریجی می باشد. در برخی موارد ولاستونیت های این زون به شکل درشت بلور دیده می شود.

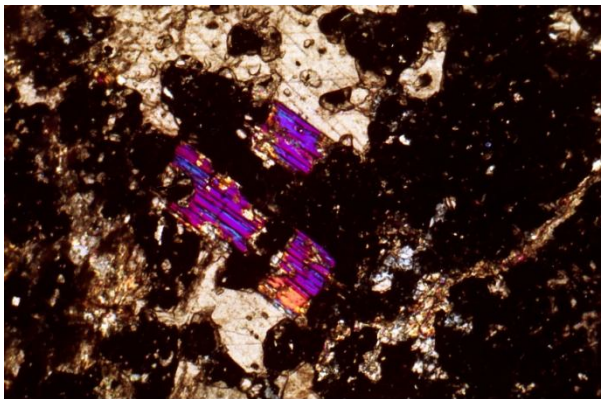
ج) در کنتاکت زون ولاستونیت اسکارن، زون اسکارنهای کلینتونیت دار یا کلینتونیت گارنت اسپینل مشاهده می شود. این اسکارنهای اخیر، با رنگ ویژه سبز-آبی کم رنگ مشخص است که مربوط به کانی اسپینل می باشند. کنتاکت این زون با زون گارنت - ولاستونیت به شکل مستقیم و شارپ و یا به شکل تدریجی می باشد. به طوریکه بخش هایی از گارنت اسکارن ها به صورت تحلیل رفته درون زون کلینتونیت دار دیده می شود.

د) دورترین زون مشاهده شده، بخش های مرمری می باشد که در آنها گارنت به شکل لایه های چین خورده مشاهده می گردد.

پتروگرافی:

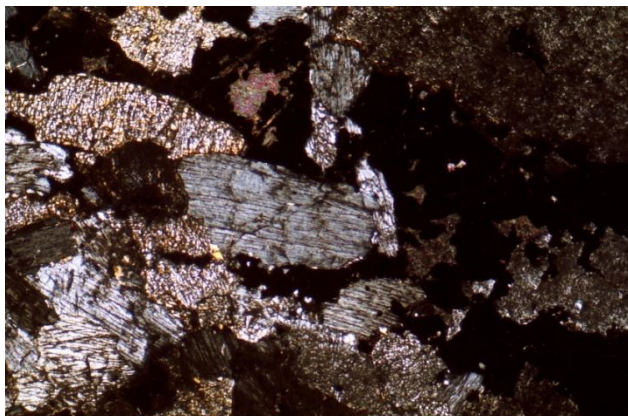
پیروکسن اسکارن: پیروکسن های دانه ای سبزرنگ (ppl) که با حواشی گرد شده مشخص هستند به شکل مجتمع همراه با کوارتز و فلدسپار عمده سازنده کانی شناسی این اسکارن هستند. فلدسپار از نوع پلاژیوکلاز است و با ماکل پلی سنتتیک مشخص می باشد. رگچه هایی متشکل از کوارتز و پلاژیوکلاز به شکل ادخال (خیلی کمتر) سنگ را قطع کرده اند. کوارتز علاوه بر رخداد رگچه ای در برخی نقاط به شکل تجمعی نیز دیده می شود که با ظاهر لکه ای (patchy) در زمینه دیده می شود.

گارنت - کلینتونیت اسکارن: گارنتها کاملاً ایزوتروپ هستند به شکل دانه ای با حواشی نیمه گرد شده و توده ای دیده می شوند. کلینتونیت با برجستگی بالا، رخ های واضح و ضخیم، شکستگی، رنگ اینترفرانس خاکستری مشخص است و در برخی موارد ادخالهایی از گارنت را در خود دارد (بافت پویی کیلوبلاستیک). کلینتونیت مرز ناپایدار با گارنت (تصویر ۲) و نیز فلوگوپیت نشان می دهد. به نظر می رسد کلینتونیت فضای خالی بین گارنتها را پر کرده است و نیز به شکل مستقل در زمینه کلسیت های درشت بلور رشد کرده است.



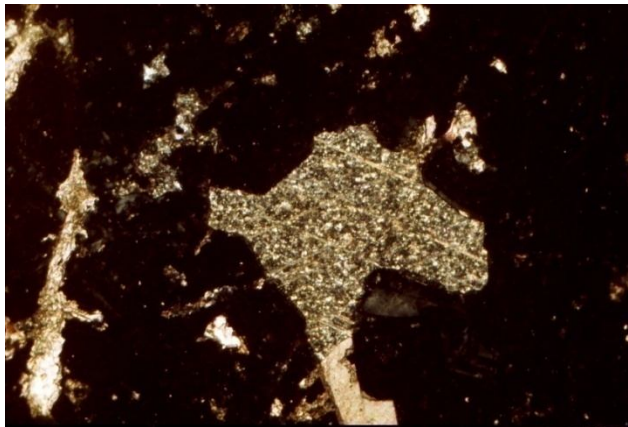
شکل ۳: همراهی کلینتونیت - گارنت ایزوتروپ و کلسیت xpl40

ولاستونیت - گارنت - وزویانیت اسکارن: ولاستونیت ها به شکل های ادخال مانند و با حواشی نیمه گرد شده در همراهی و یا در گارنت ایزوتروپ قرار دارند و تداعی کننده بافت پویی کیلوبلاستیک هستند. برش های ولاستونیت هم طولی با یک جهت رخ و هم عرضی و با دو جهت رخ تقریباً عمود بر هم دیده می شوند. ولاستونیت با بی رفرنژانس ضعیف دیده می شود. گارنتها با بافت گرانوبلاستیک دیده می شوند و در برخی موارد تا حدی کلسیتی شده اند و یا اینکه فضای خالی بین آنها توسط کلسیت پر شده است. گارنت با وزویانیت مرز تدریجی و نامتعادل دارد و در برخی موارد ادخالهایی از گارنت در وزویانیت دیده می شود (بافت پویی کیلوبلاستیک). مرز وزویانیت‌های درشت با رنگهای اینترفرانس غیرعادی با ولاستونیت نیز نامتعادل است. ادخالهای تحلیل نرفته ولاستونیت در وزویانیت نیز دیده می شود.



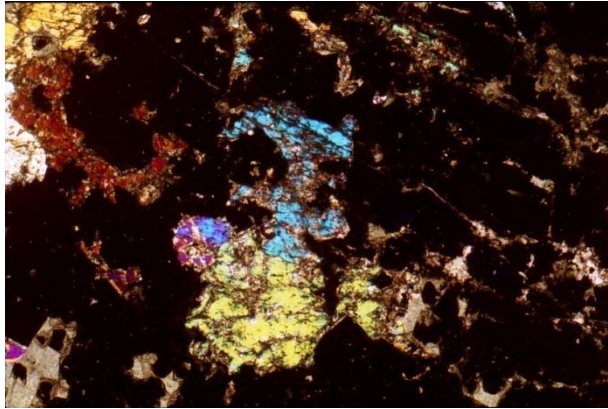
تصویر ۴: برشهای طولی (یک جهت رخ) و عرضی ولاستونیت (دو جهت رخ تقریبا عمود بر هم) همراه با گارنت ایزوتروپ xpl40

گارنتیت: گارنت تنها کانی سیلیکاته سازنده این اسکارن است. گارنتها توده ای و بی شکل هستند و تنها در حواشی اشکال بلوری نشان می دهند. اندکی انیزوتروپی نیز در برخی از اشکال بلوری دیده می شود (تصویر ۵). کربناته شدن به عنوان یک فرایند دگرسانی در برخی مناطق گارنت دیده می شود که تشکیل کلسیت نتیجه آن است.



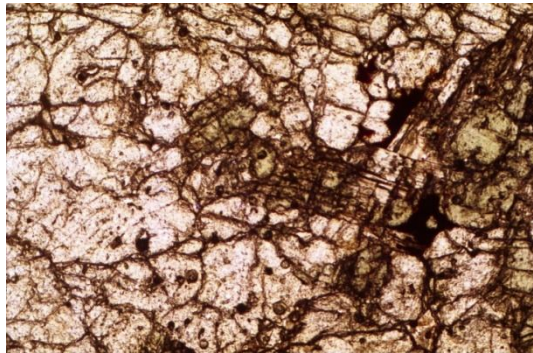
تصویر ۵: کلسیت دانه درشت فضای خالی بین بلورهای گارنت را پر کرده است. کمی انیزوتروپی در حواشی گارنتها دیده می شود xpl40

گارنت - وزوویانیت - پیروکسن اسکارن: گارنت ها عمدتا بی شکل هستند و در زمینه سنگ گسترده می باشند. انیزوتروپی ضعیفی در بعضی نقاط دیده می شود. ادخالهایی از گارنت در وزوویانیت نیز دیده می شود. آنچه مسلم است مرز ناپایدار گارنت - وزوویانیت کاملا مشهود است. پیروکسنها درشت و فاقد شکل هندسی کاملی می باشند. این کانی نیز مرز ناپایدار با گارنت و وزوویانیت نشان می دهد. اصولا کلینوپیروکسن با بافت پویی کیلوبلاستیک به شکل ادخال در رزوویانیت دیده می شود (تصویر ۶) و نیز مرز ناپایدار و تدریجی بین این دو کانی دیده می شود.



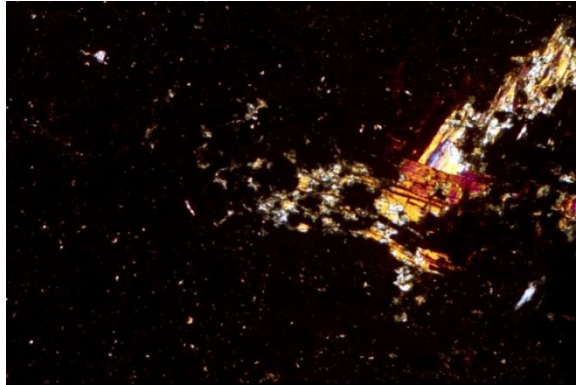
تصویر ۶: کلینوپیروکسن با بافت پویی کیلوبلاستیک. کانی میزبان وزوویانیت است xpl40

گارنت - وزوویانیت - اسپینل اسکارن: کانی های گارنت و وزوویانیتی، بنیاد این اسکارن را تشکیل داده اند. گارنتها تماما ایزوتروپ هستند و نیمی از زمینه را فراگرفته اند. گارنتها بی شکل هستند و حواشی خوردشده در مجاورت با وزوویانیت نشان می دهند که دلیل ناپایداری آنها است (مرز عدم تعادل). برخی موارد خرده های گردشده گارنت به شکل بافت پویی بلاستیک درون وزوویانیت دیده می شود. این امر بیانگر تقدم تشکیل گارنت بر وزوویانیت است. وزوویانیت نیز مانند گارنتها زمینه را فرا گرفته و در xpl40 با رنگهای اینترفرانس غیرعادی (حنایی) مشخص می باشند. چند دانه اسپینل در بخش گارنت دار دیده می شود. اسپینل نیز چون وزوویانیت مرز ناپایدار با گارنت تشکیل داده است. درون اسپینل ها و یا در ارتباط نزدیک با آنها کلینتونیت دیده می شود (تصاویر ۷ و ۸).



تصویر ۷: همیافتی اسپینل، کلینتونیت، گارنت. اسپینل ها بی شکل با رنگ سبز مشخص هستند

ppl40



تصویر ۸: همیافتی اسپینل، کلینتونیت و گارنت. گارنت و اسپینل با ایزوتروپی کامل مشخص هستند
xpl40

گارنت اسکارن: گارنت و کلسیت کانی اساسی سازنده این اسکارن است. گارنت تقریباً ۸۰ درصد از حجم سنگ را تشکیل داده است. گارنتها بی شکل هستند و با کمی ناهمسانگردی مشخص هستند. بخش های توده ای گارنت که زمینه را تشکیل داده اند در حواشی با گارنتهای دانه ای ریز مشخص می باشند که به طور بخشی توسط کلسیت جانشین شده اند. علاوه بر این کلسیت های دانه درشت فضای بین گارنت های زمینه را پر کرده اند. در بخشهایی از سنگ، کوارتز با بافت روزنه ای (interstitial) دیده می شود که فضای خالی بین گارنتها را پر نموده است.

گرانودیوریت: پلاژیوکلاز، کوارتز، ارتوکلاز، هورنبلاند و بیوتیت کانیهای اصلی تشکیل دهنده این گرانودیوریت هستند. بافت سنگ گرانوفیر است. پلاژیوکلازها با ماکل های پلی سنتتیک، ترکیبی و داشتن زونینگ مشخص هستند. کائولینیتی شدن ضعیف در موارد معدودی دیده می شود. هورنبلندها عمدتاً اولیه هستند، چرا که در آنها رخیهای واضح به ویژه در مقاطع عرضی دیده میشود و همچنین از نظر شکل نیمه شکلدار می باشند. وجود ماکل کارلسباد نیز دلیل بر اولیه بودن آنهاست ولی در برخی هورنبلندها، بازمانده پیروکسن هنوز دیده می شود که نشان می دهد به خرج پیروکسن شکل گرفته اند. کانی اوپاک تنها در همراهی با هورنبلند و بیوتیت به طور پراکنده دیده می شود. بیوتیت به طور مستقل یا در همراهی هورنبلندها دیده می شود. در برخی موارد به شکل همپوشانی (overgrowth) بر آمفیبولها دیده می شود.

با مطالعه میکروسکوپی سنگهای کربناته دگرگون شده در فشارک می توان دریافت که اسکارنها در دو رخساره دگرگونی متفاوت هستند. به این ترتیب که کانی های موجود در اندواسکارن شرق حنا پاراژنهای دگرگونی درجات بالا را نشان می دهند در حالی که سنگهای دگرگونی غرب حنا پاراژنهای مربوط به رخساره های درجات متوسط دگرگونی را نشان می دهند (علی احمدی، ۱۳۶۷). گروهی از پاراژنهای شاخص دگرگونی در منطقه فشارک عبارتند از:

- کلسیت + ولاستونیت + دیوپسید + گراسولار + پلاژیوکلاز:

این پاراژن مربوط به اندواسکارن شرق حنا است و شاخص رخساره پیروکسن هورنفلس است

- دیوپسید + گراسولار + وزوویانیت

در اندواسکارن شرق حنا یافت می شود و بر طبق هیندمن (۱۹۷۲) مربوط به رخساره پیروکسن هورنفلس است.

- دیوپسید + گراسولار + پلاژیوکلاز

در حقیقت زیر مجموعه ای از پاراژن اول است. ولی هیندمن آن را به عنوان یک پاراژن شاخص رخساره پیروکسن هورنفلس ذکر می کند

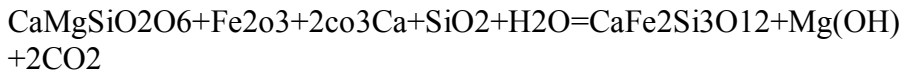
- گروسولار + کلسیت + کلینتونیت + اسپنیل

این پاراژن به فراوانی در اندواسکارن شرق حنا دیده میشود. پیدایش کلینتونیت در سنگهای مربوط به رخساره پیروکسن هورنفلس فرایند تشکیل آن را به نظر مهم می سازد.

مینرال شیمی گارنت اسکارن های مزرعه حنا:

کانی های گارنت و وزوویانیت، ولاستونیت، وزوویانیت، کلینتونیت بنیاد این اسکارن را تشکیل داده اند. گارنتها گاهی به صورت ایزوتروپ و گاهی به صورت انیزوتروپ دیده میشوند به طوری که در حاشیه بعضی از آنها زونینگ به وضوح قابل مشاهده است. گارنتها با حواشی خورد شده در مجاورت با وزوویانیت نشان دهنده ناپایداری آنها است. برخی موارد خرده های گرد شده گارنت به شکل بافت پویی بلاستیک درون وزوویانیت دیده می شود. این امر بیانگر تقدم تشکیل گارنت بر وزوویانیت است. به طور کلی وزوویانیت یک فاز تاخیری کانی شناسی است و نسبت به گارنت نامتعادل می باشد. گارنت از کانی های شاخص این اسکارن ها می باشد از

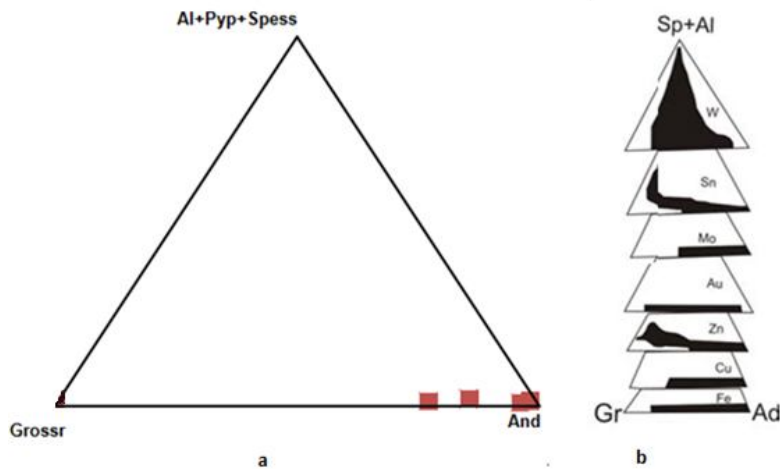
آنجا که این کانی در گامه‌های پایانی کانی‌زایی شکل گرفته است، به اشکال مختلف و از خاستگاه‌های متنوعی دیده می‌شود. بعد از پیدایش مستقل گارنت بیشترین پیدایش این کانی شکل‌گیری آن به خرج پیروکسن‌هاست. بنابراین واکنش شکل‌گیری گارنت اندرادیتی به خرج دیوپسید در هجوم سیالات گرمایی دارای $\text{SiO}_2, \text{CaO}, \text{Fe}_2\text{O}_3$ چنین پیشنهاد می‌شود:



آندرادیت

دیوپسید

بر پایه برداشتهای صحرایی گمان می‌رود واحد‌های سنگی در این محدوده تحت تاثیر فعالیت تکتونیکی قرار گرفته بنابر این تحت تاثیر فعالیت‌های برشی گسل‌های فرعی، درزها و شکستگی‌هایی در سنگهای آهنکی ایجاد شده این شبکه تراوا با فراهم آوردن کانالهایی برای جریان مواد فرار ماگمایی یا مواد فرار و محصولات حاصل از واکنشهای دگرگونی حرارتی عامل مهمی برای تراوش محلول‌های هیدروترمال و کانی‌سازی گارنت‌های کلسیم‌دار بوده است. در برخی موارد گارنت‌ها دارای حاشیه ناهمسانگرد هستند که این بخش ناهمسانگرد دارای منطقه‌بندی و ماکل‌های پیچیده است که به صورت پوششی (over growth) بر روی بخش بی‌رنگ و همسانگرد دیده می‌شود. برای شناسایی الگوی این ساختار و همچنین ترکیب شیمیایی آن از آنالیزهای میکروپروپ استفاده شده است. نتایج آنالیز گارنتها ترکیب آنها را متمایل به قطب آندرادیت نشان داد. جایگاه ترکیب گارنتها در نمودار سه‌گوش (شکل ۹) و مقایسه آن با جایگاه ترکیبی گارنت‌ها در سایر اسکارنهای کلسیک (آندرادیت-گروسولار) نشان داده شده است. گستره ترکیبی گارنت‌های اسکارن فشارک منطبق با گستره ترکیبی گارنت در اسکارن‌های آهن دنیا است.



شکل ۹. a: نمودار توزیع ترکیب تجزیه‌های نقطه‌ای کمی (الکترون میکروپروپ) گارنت‌های اسکارن فشارک. b: مقایسه آن با اسکارنهای جهان (برگرفته از: Meinert 1989). نمودار نشان می‌دهد که ترکیب گارنتهای اسکارن فشارک با ترکیب گارنتهای اسکارنها تطابق دارد. تشکر و قدردانی:

این پژوهش با بهره‌گیری از اعتبارات ویژه پژوهشی دانشگاه پیام نور در قالب اعتبار گرانت تهیه شده است و بدینوسیله از حمایت‌های معاونت پژوهشی دانشگاه پیام نور قدردانی می‌گردد.

منابع:

احمدی، علی، ۱۳۶۷، پتروگرافی و پترولوژی توده‌های نفوذی و اسکارن‌های شمال فشارک، رساله کارشناسی ارشد.

نوربهبشت، ا.، ۱۳۷۰، مطالعه کانی‌شناسی اگزانتوفیلیت در هورنفلس‌های شمال شرق اصفهان، مجله علمی پژوهشی دانشگاه اصفهان، ۴، ۶۳-۷۱

Amidi, S. M., 1975, Contribution a' l'etude stratigraphique, petrologique et petrographique des roches magmatiques de la region Natanz-Nain-Surk (Iran central), PhD thesis, University of Grenoble France.

Hyndman, D.W., 1972, Petrology of igneous and metamorphic rock. McGraw-Hill.