مطالعه سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی هورنفلسهای شمال روستای فشارک (شمال شرق اصفهان)

ایرج نوربهشت حسین‌ترابی
گروه زمین‌شناسی ـ دانشگاه اصفهان

چکیده:

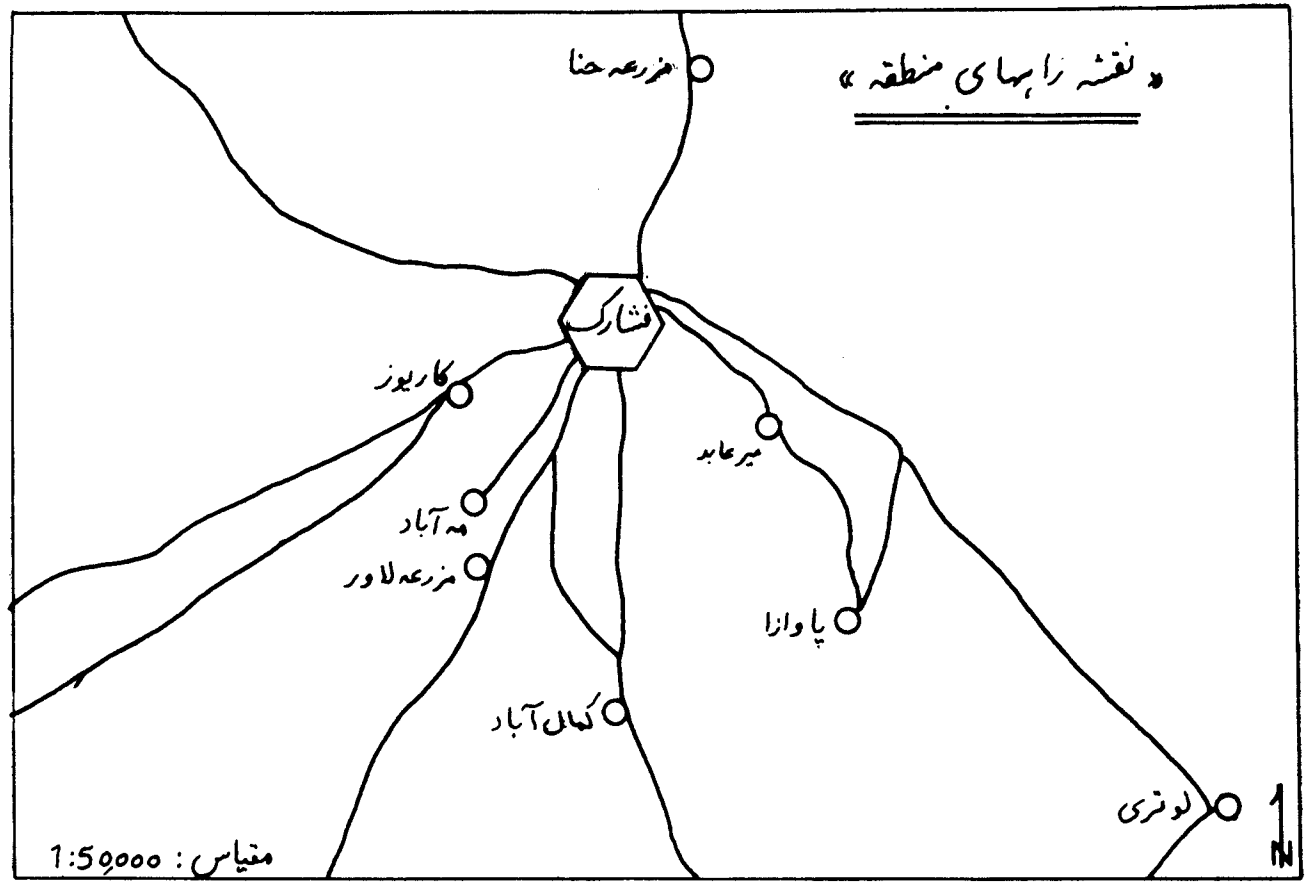
منطقه مورد مطالعه در ۷۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان و در شمال روستای فشارک قرار گرفته است . رسوبات مزوزوئیک این ناحیه در مجاورت گرانودیوریتها و کوارتزدیوریتهای نئوژن ، دگرگون شده و تشکیل هورنفلسهائی داده‌اند که در سه رخساره هورنفلس یعنی آلبیت ـ اپیدوت هورنفلس هورنبلند هورنفلس و پیروکسن هورنفلس متبلور شده‌اند . کانیهای اصلی این سنگها عبارت از ولاستونیت ، وزوویان ، گارنت و کلسیت است . ولاستونیت از نوع 2M است و در خساره‌های هورنبلند و پیروکسن هورنفلس دیده می‌شود . وزوویان به‌صورت فری است و بیشتر در سنگهای رخساره پیروکسن هورنفلس و کمتر در رخساره هورنبلند دیده می‌شود . گارنت دارای ترکیبی از گروسولا و آندرادیت است و در همه رخساره‌ها همراه کلسیت ± کوارتز وجود دارد .

مقدمه:

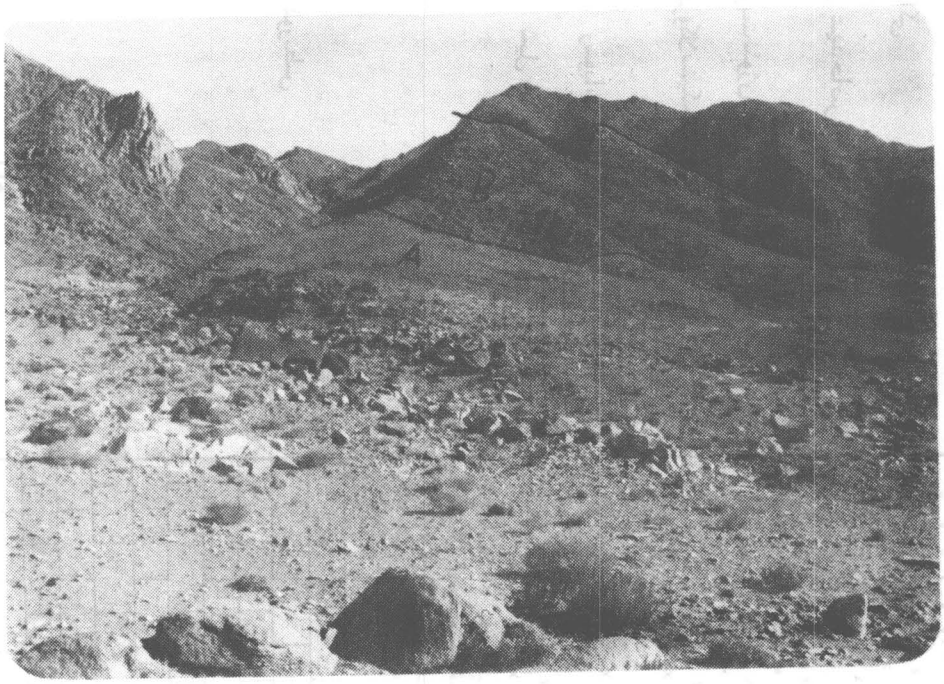
منطقه مورد مطالعه در فاصله تقریبی ۷۵ کیلومتری شمال شرق اصفهان در طول جغرافیائی ´۲۲ ، °۵۲ و عرض جغرافیائی ´۵۲ ، °۳۲ در شمال روستای فشارک در دامنه جنوبی کوه مارشینان قرار گرفته است (شکل ۱) .

ارتفاعات منطقه بیشتر از سنگهای آذرآواری و ولکانیتهائی تشکیل شده ، که سن آنها به ائوسن نسبت داده می‌شود . در این منطقه توده پلوتونیتی نسبتا " وسیعی با ترکیب گرانودیوریتی باعث بالاآمدن گنبدی شکل ارتفاعات آذرآواری شده است . در دامنه جنوبی کوه مارشینان رسوبات مزوزوئیک (تریاس بالا و کرتاسه زیرین) به‌صورت نواری به‌ضخامت تقریبی یک کیلومتر و طول شش کیلومتر با امتداد شرقی ـ غربی و شیب ۳۰ تا ۵۰ درجه شمالی قرار گرفته است که دارای شیل ـ ماسه سنگ تیره رنگ و آهکهای متراکم تا نازک لایه است .

در شمال روستای فشارک و شرق مزرعه حنا در اثر مجاورت با گرانودیوریتها و کوارتزدیوریتهای نئوژن رسوبات دگرگون و باعث تشکیل هورنفلسهائی در این منطقه شده است (شکل ۲) .



شکل ۱ ـ نقشه راهنمای منطقه



شکل ۲ ـ کتالت بین ـ هورنفلس و ـ گرانودیوریت

طرز کار و مطالعه:

ضمن بررسی منطقه و تهیه نقشه زمین‌شناسی (شکل ۳) نمونه‌هائی جمع‌آوری شده که ابتدا ازنظر ماکروسکپی و سپس ازطریق میکروسکپی بررسی شده‌اند . برای شناخت کل کانیها از دستگاه Powder-diffractometer ساخت کارخانه فیلیپس و جهت تعیین پارامترهای بلورشناسی از دستگاه automatic Philips PW 1100 four-Circle diffractometer و برای تجزیه شیمیائی خشک از microprobe ساخت کارخانه کامکای فرانسه استفاده شده است .

سنگ‌شناسی و کانی‌شناسی گرانودیوریتها:

گرانودیوریتها که قسمت وسیعی از منطقه مورد مطالعه راتشکیل می‌دهند ، بافت گرانولار و رنگهای مختلف ازخاکستری تا خاکستری مایل به‌سبز دارند ، بااضافه شدن مقدار کوارتز رنگ سنگ به‌طرف خاکستری روشن میل می‌کند . ازنظر دانه‌بندی نیز متفاوت‌اند وابعاد دانه‌ها بین نیم تا ۵ میلیمتر متغیراست .

در زیر میکروسکپ کانیهای کوارتز ۴۰% ، پلاژیوکلاز ۳۷ % ، بیوتیت ۶ % ، آمفیبول ۱۳% واسفن ، آپاتیت ، کانیهای اوپاک ، اپیدوت وارتوز حدود ۴ % تشخیص داده شده است .

بلورهای کوارتز در ابعاد مختلف دیده می‌شوند . بلورهای ریز اغلب فضای بین پلاژیوکلازها را پر می‌کنند و بلورهای درشت عموما " خاموشی موجی دارند .

پلاژیوکلازها ازنوع اندزین ـ الیگوکلاز با ۳۵ـ ۲۵ An " هستند و اغلب ساختمان منطقه‌ای دارند . بعضی از بلورهای درشت پلاژیوکلازها دراثر فشار ، حالت کاتاکلاستیک نشان می‌دهند . بیوتیت‌ها از نوع بیوتیت قهوه‌ای هستند و آن دسته ازبلورها که عمود برسطح قاعده بریده شده‌اند مانند بلورهای درشت پلاژیوکلازها تحت فشار خمیده شده‌اند به‌طوری که بعضی مواقع فرم رشته‌ای پیدا کرده‌اند . اغلب بلورهای بیوتیت ادخالی ازکانیهای اوپاک دارند . تعدادی از بلورهای بیوتیت درطول کلیواژها باخارج شدن آهن به‌کلریت تبدیل

شکل ۳ ـ نقشه زمین‌شناسی منطقه

شده‌اند و به صورت لامل دیده می‌شوند .

آمفیبولهای موجود شامل هورنبلندهای سبزتاقهوه‌ای رنگ با پلئوکرسیم قوی و مقدار کمی اکتینولیت ، ترمولیت هستند . اغلب بلورهای هورنبلند پوئی کیلوبلاست بلورهائی از پلاژیوکلاز درخود دارند .

درمجاورت هورنفلسها دانه‌بندی سنگها ریزترمی‌شود ودرمقایسه با گرانودیوریتها مقدارکوارتز تامرزحدود ۱۰ % کاهش پیدا می‌کند . تبدیل بیوتیت به‌کلریت ودرنتیجه تشکیل کانیهای اوپاک زیادتر می‌شود و مقدار اسفن افزایش می‌یابد . مقدارهونبلند به‌شدت کم شده وکلینوپیروکسنهائی‌که‌حدود ۵ % از این سنگها را تشکیل می‌دهند تا حدودی به اورالیت تبدیل شده‌اند . سنگهای این ناحیه بیشتر از نوع کوارتز دیوریت هستند .

هورنفلسها

هاله دگرگونی ، منطقه نسبتا " وسیعی ازجمله مزرعه حنا را دربر می‌گیرد . رودخانه فصلی که از کنار مزرعه حنا عبور می‌کند بخشی‌از هاله دگرگونی‌را قطع کرده‌وزیررسوبات خود مدفون ساخته است .

هورنفلس‌ها به‌علت داشتن‌کانیهای روشن مانند کلسیت ، کوارتز ، گارنت ، و لاستونیت و وزوویان اغلب رنگ خاکستری روشن تا خاکستری قهوه‌ای دارند . دراین‌میان هورنفلس‌های‌اسپینل‌دار به‌علت‌رنگ‌آبی‌مایل‌به‌سبز بلورهای اسپینل ($MgAl_2O_4$) رنگ‌آبی‌وهورنفلسهائی‌اپیدوت‌دار رنگ سبز مغزپسته‌ای دارند .

درکنارضلع شرقی‌رودخانه و درمجاورت‌قسمت‌شمالی توده ولاستونیتی ، هورنفلس‌های اپیدوت‌دار قرار گرفته‌اند . این سنگها در سطح شکست تازه ، رنگ خاکستری مایل به‌سبز دارند و کانیهای تشکیل‌دهنده آن گارنت ، اپیدوت ، کلسیت و کوارتزند .

در زیر میکروسکپ اپیدوت بی‌رنگ یا زردسبزرنگ‌در ابعاد مختلف تا یک‌میلیمترحدود ۳۰%ازسنگ‌را تشکیل می‌دهد ؛ بلورهای‌درشت آن بیشترهمراه‌کوارتز که تقریبا "همین‌ابعادرا دارد در درزهاتشکیل‌شده‌اند . مقاطع عرضی‌بلورهای‌اپیدوت بیشتر به‌شکل پسدوهگزاگونال دیده می‌شوند .

ازآنجائی‌که وزوویان ،ولاستونیت‌وگارنت‌کانی‌های عمده‌هورنفلس‌ها هستند ، اختصاصات کانی‌شناسی‌هریک از آنها را به‌طور جداگانه بررسی می‌کنیم .

وزوویان (ایدوکراز) :

وزوویان‌درطبیعت‌دارای‌رنگ‌سبز زیتونی‌روشن‌است وبلورهای آن که در اندازه‌های مختلف‌تاحدودپنج‌سانتیمتر یافت‌می‌شود ، اغلب فرم منشور کوتاه دارند . روی‌سطحهای بلورشیارهای‌نامنظمی مشاهده می‌شود که گاهی دربین آنها کلسیت‌جای‌گرفته‌است . در دوکناره رودخانه بلورهای‌درشت وزوویان به‌صورت‌متراکم وجود دارد و گاهی به‌صورت تک‌بلورنیز در داخل‌سنگهامشاهده‌می‌شود که می‌توان‌به‌کمک چکش آنها را به‌راحتی‌خارج‌کرد دربین این کانیها بلورهای شفاف‌کلسیت بافرم‌اسکالنوئدر قراردارندکه هنگام‌ضربه‌زدن با چکش باعث ازهم پاشیدگی کانیها می‌شوند .

بلورهای‌وزوویان در زیر میکروسکپ تاحدودی‌فرم بلورین دارند و به‌طور نامنظم به‌وسیله رگه‌های کلسیت قطع شده‌اند . این‌گونه‌کلسیت‌ونیزکلسیت‌اطراف‌بلورهای‌وزوویان تبلوردوباره‌یافته‌وبرخلاف‌بقیه‌کلسیتها ،دانه‌درشت‌شده‌اند ، بلورهای وزوویان بی‌رنگ‌اند وبرجستگی زیاد و رنگهای بی‌رفرنژانس غیرعادی‌از زرد قهوه‌ای تاقهوه‌ای‌تیره‌و ازآبی روشن‌تا آبی‌مایل‌به‌بنفش‌دارند ؛ تک‌بلورهای‌وزوویان‌وبعضی ازبلورهای داخل سنگ ایزوتروپ هستند که تشخیص‌آنهااز بلورهای گارنت تنها به‌کمک میکروسکپ میسر نیست .

برای‌بررسی‌بیشتراین‌گونه‌بلورها ،ازیک‌بلوروزوویان به‌ابعاد ۲۰ × ۱۵ × ۹ میلیمتر که در زیر میکروسکپ خاصیت ایزوتروپی داشت استفاده شده . آزمایشات بلورشناسی نشان داد که این بلور در سیستم تتراگونال متبلور شده ، و دارای پارامترهای بلورشناسی زیر است .

$$C_0 = ۱۱/۸۴۳ \pm ۲\ A^0$$

$$a_0 = ۱۵/۵۸۴ \pm ۳\ A^0$$

ترکیب شیمیائی بلور نیز به‌کمک دستگاه میکروپ‌روب چنین تعیین شده است :

SiO_2	TiO_2	Al_2O_3	Cr_2O_3	Fe_2O_3	FeO	MnO	MgO	CaO	K_2O	Na_2O
۳۶/۱۵	۰/۷۹	۱۶/۰۶	۰/۰۲	۲/۹۲	۰/۵۳	۰/۱۲	۳/۰۴	۶۳/۹۵	—	۰/۰۱

" Olesch (۱۹۷۹) باتوجه به‌تجزیه ۷۱ نمونه وزوویان‌نشان‌دادکه‌اولا " همیشه Fe^{+3}ویا $Fe^{+2} + Fe^{+3}$ در کنار سایر اکسیدها وجود دارد و از طرف‌دیگر Fe_2O_3، حداکثر تا ۷/۸ % و FeO حداکثر تا ۳/۹۶ % می‌تواند در ساختمان‌بلور شرکت داشته‌باشد . ضمنا "درباره‌سنتز وزوویان می‌توان گفت که تنها فرمی از زوویان قابل‌تهیه بوده است‌که در دمایی بین ۵۷۰ تا ۷۵۰ درجه سانتیگراد و در فشاری معادل ۱ تا ۵ کیلوبار تشکیل شده باشد .

ولاستونیت :

در شرق رودخانه توده کوچکی از ولاستونیتهای خاکستری‌رنگ وجود دارد که طول الیاف آن گاهی به‌حدود ۳۰ سانتیمتر می‌رسد . توده‌های دیگری نیز وجود دارند که بلورهای آنها الیافی‌درهم به‌طول‌حداکثر ۳ سانتیمتر دارند . در داخل سنگها ولاستونیت اغلب‌به‌صورت بلورهای منشوری کوتاه در داخل گارنت و یا به‌صورت شعاعی و منشوری کشیده دربین بلورهای کلسیت دیده می‌شوند .

از آنجائی‌که‌تعیین نوع ولاستونیت‌می‌تواند تاحدود زیادی دمای زمان‌تشکیل‌را مشخص‌کند پارامترهای‌بلورشناسی ولاستونیت چنین بدست می‌آید .

$$a_0 = ۱۵/۴۲۳ \pm ۳\ A^0 \qquad b_0 = ۷/۳۲۴ \pm ۱\ A^0$$

$$\beta = ۹۵/۳۴ \pm ۲^{\circ} \qquad c_0 = ۷/۰۶۹ \pm ۱A^0$$

سیستم تبلور ولاستونیت‌منوکلینیک‌وازنوع 2M است که به‌پاراولاستونیت معروف‌است . ساختمان‌داخلی‌ولاستونیت 2M در سال ۱۹۵۸ به‌وسیله Tolliday و درسال ۱۹۶۸ به‌توسط Trojer مشخص شده است .

به‌عقیده Hesse (۱۹۸۴) ولاستونیتهای‌زنجیری بتاولاستونیت‌خوانده‌می‌شوندوپاراولاستونیت‌نیزجزوآنهاست . در دمای‌زیر ۱۱۵۰ درجه‌سانتیگراد تشکیل‌می‌شوند . درصورتی که آلفاولاستونیت یا پدوولاستونیت که‌ساختمان‌حلقوی دارد در دمای بالاتر از ۱۱۵۰ درجه سانتیگراد پایدار است .

گارنت :

بلورهای ایدیومرف گارنت بیشتر در حاشیه غرب رودخانه‌همراه‌با وزوویان یافت‌می‌شود . رنگ‌بلورهای‌گارنت مانندوزوویان سبززیتونی‌روشن است و اندازه‌آنها تا حدود ۱/۵ سانتیمتر می‌رسد . در زیر میکروسکپ گارنتها اغلب ایزوتروپ هستند ولی عمدتا " بلورهای ایدومرف به‌علت داشتن ساختمان منطقه‌ای آن ایزوتروپ دیده می‌شوند . ساختمان‌منطقه‌ای‌اغلب‌گارنتهادر کناره بلور ودر محل‌تماس با بلورهای‌کلسیت و یا کوارتز واضح‌تر مشاهده می‌شود . در داخل‌بیشتر بلورهای گارنت ، مقداری‌کلسیت به‌تنهایی ویا همراه‌باکوارتز وجود دارد که‌باقیمانده‌موادتجزیه شده‌است . تجزیه شیمیائی گارنتها نشان می‌دهد که ترکیبی از گروسولار + آندرادیت دارند .

SiO_2	Al_2O_3	FeO	MnO	CaO
۳۶/۵۷	۹/۹۵	۱۵/۵۷	۳/۴۸	۳۲/۷۸

فرمول شیمیائی گارنتها که براساس ۱۲ اکسیژن محاسبه‌شده‌نشان‌می‌دهدکه۵۲/۸۶ % آندرادیت‌و۴۷/۱۴ % گروسولار دارد .

البته این مقدار در تمام منطقه یکسان نیست بلکه باتغییر مقدار آلومینیوم در رسوبات مقدار گروسولار تغییر خواهد کرد .

بحث و نتیجه‌گیری :

طبق‌نظریه Winkler (۱۹۶۷) ولاستونیت هیچگاه‌در دمای‌کمتراز ۵۰۰ درجه سانتیگرادتشکیل نمی‌شود و متناسب با فشار موجود درجه دمای حرارت تشکیل تغییر می‌یابد . برای تشکیل ولاستونیت فشارهایی حدود ۵۰۰،

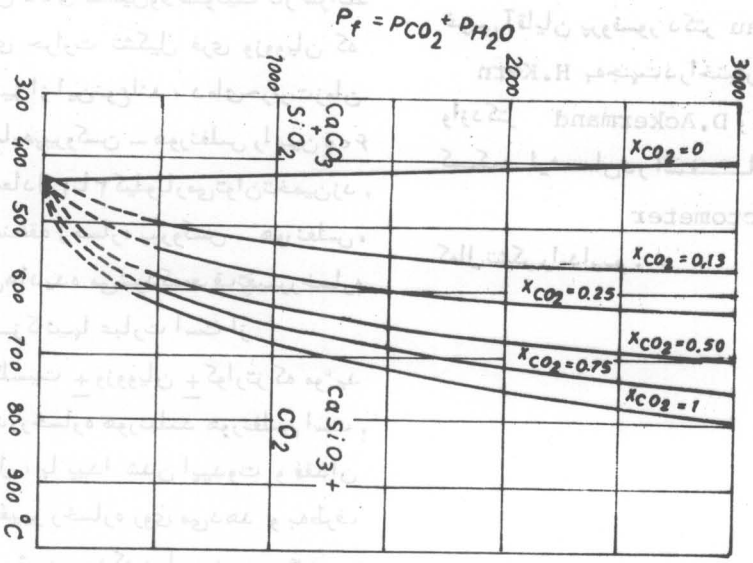
۱۰۰۰، ۲۰۰۰ در دماهایی‌معادل ۶۰۰، ۶۷۰ تا ۶۵۰ و ۷۰۰ درجه سانتیگراد لازم است . این تعادل حرارتی را می‌توان از (شکل ۴) نیز نتیجه گرفت .

با درنظر گرفتن دمای تشکیل‌ولاستونیت در شرایط مختلف وباتوجه به‌دمای حرارت تشکیل فری وزوویان که وزوویانهای این منطقه نیز از این‌نوع‌اند ، دمای‌حرارت‌زمان تشکیل هورنفلسهای‌رخساره‌پیروکسن ـ هورنفلس را بین ۶۰۰ تا ۷۰۰ درجه در فشاری‌معادل ۱ تا ۳ کیلوبار می‌توان‌تخمین‌زد .

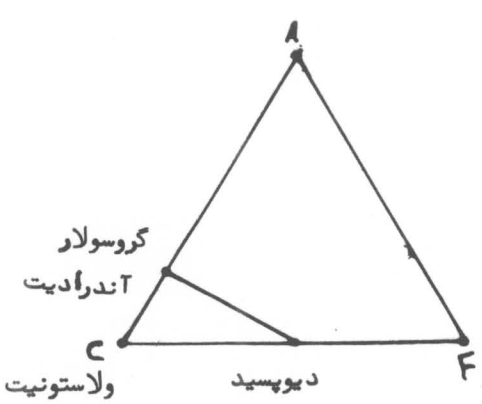
بادورشدن از منطقه رخساره پیروکسن ـ هورنفلس ، تغییراتی درپاراژنز کانی‌ها دیده می‌شودکه‌معرف‌تغییررخساره است . دراین‌بخش‌پاراژنزکانیها عبارت است از ولاستونیت + گارنت + کلسیت ± وزوویان ± کوارتز که مؤید تشکیل‌سنگهای‌این‌ناحیه‌دررخساره هورنبلند هورنفلس است ، از این محل به‌طرف شمال ، با پیدا شدن اپیدوت و فقدان ولاستونیت یکبار دیگر تغییر رخساره روی می‌دهد و به‌طرف بخشی‌ازمنطقه دگرگونی پیش می‌رودکه دمایی زیر ۴۰۰ درجه سانتیگرادرا داشته است ، باتوجه‌به‌پاراژنزکانیها دراین‌محل یعنی اپیدوت + گارنت + کلسیت + کوارتز می‌توان سنگهای این‌قسمت‌را متبلور شده در رخساره‌آلبیت ـ اپیدوت دانست .

قدردانی :

از مسئولین دانشکده مینرالوژی دانشگاه کیل آلمان غربی آقایان پروفسور دکتر F.Liebau و پروفسور دکتر H.Kern به‌جهت‌دراختیارگذاشتن‌امکانات‌ومهمان‌نوازی وازدکتر D.Ackermand و دکتر K.Hesse برای کمک‌هایشان‌در استفاده از microprobe و Four-Circle dffractometer کمال‌تشکر را داریم .



شکل ۴ ــ منحنی تجربی تعادل حرارتی برای تشکیل ولاستونیت $CaCO_3+SiO_2 \rightleftarrows CaSiO_3+Co_2$
طبق پیشنهاد Greenwood (۱۹۶۷)، Tuttel and Harker (۱۹۵۶)
به‌عقیده Winkler پیدایش ولاستونیت معرف آغاز رخساره پیروکسن ــ هورنفلس
است که پاراژنز کانیها در این رخساره ولاستونیت + دیوپسید ± کوارتز ± کلسیت است.



شکل ۵ ــ نمودار ACF برای رخساره پیروکسن ــ هورنفلس
باتوجه به پاراژنز کانیهای دوطرف رودخانه، کلینوسروکسن + گارنت + ولاستونیت ± کلسیت +
وزوویان ± کوارتز، می‌توان نتیجه‌گرفت که هورنفلسهای این ناحیه در رخساره پیروکسن هورنفلس
تشکیل شده‌اند (شکل ۵).

فهرست منابع

Barth,Tom F.W.: Theoretical Petrology. Second Edition, John Wiley & Sons, Inc., New Jork.London(1962).

Deer, W.A. Howie, R.A. and Zussman,J.: ROCK-FORMING-MINERALS. Vol.1,Ortho- and Ring Silicats, Longman (1972).

E hlers, ernest G. and Blatt, H.: PETROLOGY, Igneous, Sedimentary and Metamorphic.W.H.Freeman and Company San Francisco(1982).

Hesse, K.F.: Refinement of the crystal structure of wollastonite-2M (para-wollastonite). Z.Kristallogr. 168, 93-98 (1984).

Huckenholz, H.G. und Linhuber, W.: Grandit Granatmischkristalle im System $CaSiO_3$-Al_2O_3-Fe_2O_3. Fortschr. Miner. 49, Beiheft 1, 22-23 (1971).

Olesch, W.: Natuerliche und Syntetische Fe-haltige Vesuviane. Fortschr.Miner. 75, Beiheft 1,114-115(1979).

Winkler, Hlemut K,G.F.: Petrogenesis of Metamorphic Rocke. fourth edition. Springer-Verlag, New York, Heidelberg, Berlin (1976).

Tolliday, J.: Crystal structure of -wollastonite. Nature 182,1012-1013 (1958).

Trojer, F.J.:The crystal structure of parawollastonite. Z.Kristallogr. 127, 291-308(1968).

Yoshiko, S. Yozo, T. and Shigeharu,N.: Stability of synthetic and radite at atmospheric pressure. Amer. min. Vol. 61, 26-28(1976).

Zahedi, M.: Explanatory text of the Esfahan Quadrangel Map 1.250,000, Geol. Survey Iran. Geol. Quad. No. F8 (1976).