مطالعات زمینشناسی، سنگنگاری و میانبارهای سیال اندیس گارنت بابا نظر (تکاب، استان آذربایجان غربی)

صمد علیپور ^{(*}، پریوا شیرمحمدی ^۲، یوسف رحیم سوری ^۳ و هاشم باقری ^۴

^۱ دانشیار، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران ۲کارشناسی ارشد، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران ۲استادیار، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران ۱۰ دانشیار، گروه زمینشناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان، اصفهان، ایران

تاریخ دریافت: ۰۵/ ۰۲/۱۳۹۴ تاریخ پذیرش: ۳۰/ ۰۶/۱۳۹۴

چکیدہ

Jooiock

اندیس گارنت بابانظر در ۸۰ کیلومتری شمال خاوری شهرستان تکاب در پهنه ساختاری سنندج – سیرجان قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه از جمله هورنفلس و گارنتیت در تماس با توده گرانیتی نشان می دهد که گارنت در محل برخورد توده گرانیتی با توده های آرژیلیتی یا ماسه سنگی و آهکی در طی دگر گونی همبری تشکیل شده است. نتایج مطالعات کانی شناسی و سنگننگاری، سیر تحول کانی سازی در محدوده مورد مطالعه را در طی چندین مرحله دگرسانی پیشرونده، پسرونده و برونزاد بیان می کند و گارنت در طی مرحله دگرسانی پیشرونده تشکیل شده است. نتایج حاصل از بررسی سنگنگاری میانبارهای سیال نشان می دهد که بیشتر میانبارهای سیال در بلورهای گارنت از دید زمان تشکیل از نوع: ۱) اولیه در امتداد سطوح رشد بلور و به صورت پراکنده و نامنظم و ۲) ثانویه در امتداد شکستگی ها و سطوح رخ هستند. از دید تعداد فازهای درونی، این میانبارها در چهار دسته: ۱) تکفازی مایع، ۲) دوفازی مایع – بخار، ۳) چندفازی جامد، و ۴) ثانویه در امتای می دره بندی می مواحد می مواد می می از درونی، این اندیس نشان می دهد، دمای همگن شدگی شوری در گارنت به تر تیب میان ۲۱۸ تا ۲۹۸ در جه سانتی گراد و ۲۱۸ تا ۲۲/۲۱ درصد وزنی نمک طعام و در کوار تر این اندیس نشان می دهد، دمای همگن شد گی شوری در گارنت به تر تیب میان ۲۱۸ تا ۲۹۸ در جه سانتی گراد و ۲۱ تا ۲۲/۲۱ درصد وزنی نمک طعام و در کوار تز میان دو محدوده اندیس نشان می دهد، دمای همگن شد گی شوری در گارنت به تر تیب میان ۲۱۸ تا ۲۹۸ در جه سانتی گراد و ۲۱/۳ تا ۲۲/۲۱ درصد وزنی نمک طعام و در کوار تز میان دو محدوده

> **کلیدواژه ها:** گارنت، بابانظر، میانبارهای سیال، ریزدماسنجی، تکاب. *ن**ویسنده مسئول:** صمد علیپور

E-mail: s.alipour@urmia.ac.ir

۱- پیشنوشتار

اندیس گارنت بابانظر در ۸۰ کیلومتری شمال خاوری تکاب (استان آذربایجان غربی) میان طول های جغرافیایی "00 '16 '47 تا E "00 '17 '47 خاوری و عرض های جغرافیایی "00 '37 '36 تا N "00 '38 '36 شمالی جای دارد (شکل ۱).

در هنگام تبلور برخی از بلورها، سیالهایی به شکل فاز همگن و یکنواخت در فضای خالی میان سطوح بلوری و یا درزهای ایجاد شده در هنگام رشد بلور به دام میافتند و با بسته شدن فضای خالی و سرد شدن سیال، به فازهای مختلف گاز، جامد و مایع تفکیک می شوند که با نام میانبارهای سیال شناخته می شوند (حاج علیلو، ۱۳۸۷). تاکنون مطالعات فراوانی روی میانبارهای سیال در کانیهای مختلف از جمله کوار تز (طالع فاضل و همکاران، ۱۳۹۰؛ 2014 مای در کانیهای مختلف از جمله کوار تز و روشن بودن این کانی ها صورت گرفته است ولی مطالعات کافی روی میانبارهای سیال گارنت صورت نگرفته است (Korsakov et al., 2011). با توجه به تشکیل گارنت در محیط دگرگونی یکی از هدفهای اصلی این پژوهش بررسی دمای تشکیل گارنت از راه مطالعه میانبارهای سیال این کانی است.

گارنتهای تشکیل شده در سنگهای هورنفلسدار منطقه بابانظر میزبان میانبارهای سیال بسیاری هستند و تاکنون مطالعهای روی سنگنگاری و ریزدماسنجی این میانبارهای سیال صورت نگرفته است. با توجه به اینکه این میانبارها نمونههای کوچکی از سیالهای سازنده گارنت هستند، اندازه گیری های ریزدماسنجی گارنت با هدف تعیین دمای تشکیل گارنت و شوری، چگالی و ترکیب شیمیایی سیال سازنده این کانی انتخاب شد. افزون بر این با بررسی و مطالعه کانی شناسی و سنگنگاری مقاطع تهیه شده از زون گارنتیت اگزواسکارن در منطقه، ترتیب توالی تبلور کانی ها زیرالی پارژنزی) با هدف بررسی و تحلیل سیر تحول کانی سازی و تقدم و تأخر تشکیل کانی ها و مشخص کردن نسل های مختلف کانی سازی همراه گارنت رسم شده است.

۲- روش مطالعه

بر پایه مشاهدات صحرایی ۲۲ مقطع ناز ک و صیقلی برای مطالعات سنگنگاری تهیه و بررسی شد. پس از بررسی و مطالعه این مقاطع با توجه به انواع کانی ها، ارتباط میان کانی ها و بافت های مشاهده شده در مقاطع، ترتیب توالی تبلور کانی ها تعیین شده است. در کنار این مطالعات ۶ مقطع دوبر صیقل برای مطالعه میانبارهای سیال تهیه و سنگنگاری و ریزدماسنجی این میانبارها بحث و بررسی شده است. مطالعات ریزدماسنجی با استفاده از میکروسکوپ Ziess مجهز به صفحه Linkam مدل THM-600 با کنترل کننده گرمایی TMS-94 و سرد کننده LNP، در دانشگاه اصفهان انجام گرفت. در مطالعات ریزدماسنجی، میانبارهای دوفازی مایع- بخار موجود در کانی های گارنت و کوارتز بررسی شده است. نتایج آزمایش های گرمایش برای تعيين دماي همگن شدگي (دماي تبديل ميانبارهاي دوفازي مايع- بخار به تک فازي مایع) و آزمایش های سرمایش برای تعیین دمای ذوب اولیه (دمای یوتکتیک) و پایانی یخ، در جدول ۱ آمده است. با توجه به اینکه دمای ذوب پایانی یخ منطبق بر دمای انجماد آن است و کاهش نقطه انجماد ارتباط مستقیم با مقدار نمک موجود در سیال دارد، مطالعات سرمایش و دمای ذوب پایانی یخ حاصل از این آزمایش بهترین روش برای تعیین شوری میانبارهای سیال است. در این مطالعه برای تعیین شوری از معادله زیر استفاده شده است (Bodnar, 1993):

Salinity(%Wt NaCl)=1.78 θ - 0.0442 θ² + 0.000557 θ³ که در آن ،θ دمای ذوب پایانی یخ و Wt NaCl %، درصد وزنی معادل نمک طعام است.

3- مشاهدات زمینشناسی

از دیدگاه تقسیمبندی پهنههای ساختاری ایران، منطقه بابانظر در محدوده پهنه سنندج– سیرجان و محل برخورد پهنههای ساختمانی البرز– آذربایجان و ایران مرکزی قرار دارد (Gilg et al., 2006) (شکل ۱).

اندیس گارنت بابانظر در نقشه زمین شناسی تخت سلیمان با مقیاس ۱:۱۰۰۰۰ (باباخانی و قلمقاش، ۱۳۷۱) و نقشه زمین شناسی تکاب با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ (علوی نائینی و همکاران، ۱۳۶۱) جای دارد. واحدهای سنگی رخنمون یافته در منطقه بابانظر (شکل ۱) شامل هورنفلس، توده گرانیتی، گدازههای آندزیت پورفیری جوان، واحد کالک سیلیکاتی هورنفلس (زون گارنیت اگزواسکارن) و به مقدار جزیی شیست است. هورنفلس در منطقه به شکل متناوب با توده گرانیتی دیده شده و ناخالصی های پلیتی سنگ اولیه آن به احتمال مربوط به رسوبات شیلی و ماسه سنگی سازند کهر است. این سنگ ساخت اولیه خود را حفظ کرده و لایه بندی ماسه ای – آرژیلیتی در آن مشخص است. توده گرانیتی در نقشه ۲۵۰۰۰ چهار گوش تکاب با عنوان گرانیت دوران منتسب به پر کامبرین نامیده شده است؛ در حالی که این توده رسوبات ماسه سنگی سازند لالون را قطع کرده و توسط رسوبات آهکی سازند قم با سن (باباخانی و قلمقاش، ۱۳۷۱). از این رو با توجه به شواهد یاد شده زمان تشکیل این (باباخانی و قلمقاش، ۱۳۷۱). از این رو با توجه به شواهد یاد شده زمان تشکیل این

۴- سنگنگاری ۴- ۱. واحد کوارتز سریسیت شیست

بافت دیده شده در این سنگ از نوع بافت دانه ی و شیستوزیته است (شکل ۲- الف). در مقاطع مطالعه شده کوارتز با اندازه های مختلف و مسکوویت سریسیتی شده به صورت کشیده در میان کانی های کوارتز به مقدار فراوان (شکل ۲- الف) دیده می شوند و کانی های اصلی این سنگ را تشکیل می دهند. برخی از بلورهای کوارتز به شکل بلورهای بیضوی درشت با خاموشی موجی دیده می شود و در پیرامون این بلورهای درشت بیشتر کوارتز حاصل از تبلور دوباره تجمع یافته است (شکل ۲- پ). افزون بر کانی های یاد شده، بیوتیت (شکل ۲- ب)، پلاژیو کلازها به شکل بلورهای درشت نیمه شکل دار با ماکل پلی سنتیک (شکل ۲- ت) و کانی های کدر به مقدار جزیی به صورت پر کننده فضاهای خالی و یا ادخال درون کانی های سیلیکاتی (شکل ۲- ت) دیده می شوند.

4- 2. توده نفوذی گرانیت

بافتهای دیده شده در این سنگ از نوع بافت دانه ای (شکل ۳- ت) و به مقدار جزیی بافت غربالی در بلورهای پلاژیو کلاز (شکل ۳- الف) است. بافت غربالی به عنوان یکی از بافتهای رایج در پلاژیو کلازها در نتیجه آمیختگی ماگمایی و یا ناپایداری بلورهای پلاژیو کلاز در هنگام حرکت سریع ماگما به سوی بالا ایجاد می شود (2004, 2005, Stewart & Pearce). کانی های کوارتز با خاموشی موجی (شکل ۳- پ)، فلدسپار (شکل ۳- ت) و بیوتیت جزو کانی های اصلی این سنگ هستند. بیشتر بیوتیتهای موجود در گرانیت دگرسان شدهاند و آثار کمی از این کانی سالم باقی مانده است (شکل های ۳- الف و ب). افزون بر این کانی ها، پلاژیو کلازهای سوسریتی شده با ماکل کارلسباد به مقدار جزیی دیده می شوند (شکل ۳- الف).

4-30. واحد هورنفلس

این سنگ از کانی های اولیه گارنت، کلینوپیروکسن، پلاژیوکلاز (با ماکل پلی سنتیک و کارلسباد) و اسفن تشکیل شده است. گارنت بهصورت بلورهای بی شکل و همسانگرد با برجستگی بالا و کلینوپیروکسن بهصورت بلور شکل دار، انیزوتروپ و بدون چندرنگی است. (شکل های ۴- پ و ت). اسفن بهصورت بلور کاملاً شکل دار لوزی شکل با برجستگی بالا در میان بلورهای پلاژیوکلاز حضور دارد و دارای چندرنگی ضعیفی است (شکل ۴- ج). در این سنگ دگرگونی با پیرفت به کلریت تبدیل شده است (شکل ۴- ث). تبدیل کلینوپیروکسن به

ترمولیت– اکتینولیت و کلریت در طی فرایند کربن گیری و آبپوشی همراه با تشکیل کوارتز و کلسیت ثانویه بر پایه واکنش های زیر می تواند صورت گرفته باشد (Deer et al., 1992):

$$\begin{split} & 5\mathrm{Ca}(\mathrm{Mg},\mathrm{Fe})\mathrm{Si}_{2}\mathrm{O}_{6}\mathrm{+H}_{2}\mathrm{O}\mathrm{+3\mathrm{CO}}_{2}\mathrm{\rightarrow}\mathrm{Ca}_{2}(\mathrm{Mg},\mathrm{Fe})_{5}\mathrm{Si}_{8}\mathrm{O}_{22}(\mathrm{OH})_{2}\mathrm{+3\mathrm{Ca}\mathrm{CO}}_{3}\mathrm{+2\mathrm{Si}\mathrm{O}}_{2}\\ & \mathcal{D}_{2}\mathrm{O}_$$

اپيدوت ترموليت-اکتينولي

 \rightarrow 3Al₂(Mg,Fe)₅Si₃O₁₀(OH)₈+10CaCO₃+21SiO₂

كوارتز كلسيت → كلريت →

اپیدوت یکی دیگر از کانی های ثانویه حاصل از دگرسانی گارنت است که احتمالاً در نتیجه تأثیر محلول های غنی از H₂O و CO₂ در طی واکنش زیر همراه با کلسیت و کوارتز تشکیل شده است (مختاری و همکاران، ۱۳۹۱) و در مقایسه با همه کانی های اولیه و ثانویه فراوانی بیشتری دارد (شکل های ۴- الف و ب).

 $3\text{Ca}_3\text{(Fe,Al)}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + \text{H}_2\text{O} + 5\text{CO}_2 \rightarrow 2\text{Ca}_2\text{FeAl}_2\text{Si}_3\text{O}_{12}\text{(OH)} + 5\text{CaCO}_3 + 3\text{SiO}_2$

كوارتز كلسيت اپيدوت → اوگرانديت

4-4. واحد کالکسیلیکاتی هورنفلس (زون اگزواسکارن)

اسکارن ها بر پایه موقعیت شان نسبت به توده نفوذی به دو گروه اندواسکارن و اگزواسکارن تقسیم بندی شده اند (Meinert, 1983). با توجه به تقسیم بندی یاد شده، در سامانه اسکارن منطقه مورد مطالعه زون اگزواسکارن قابل تشخیص است. بر پایه مطالعات میکروسکوپی، کانی های اولیه شامل کلسیت، گارنت، اپیدوت، کلینوپیروکسن و پلاژیو کلاز و کانی های ثانویه حاصل دگرسانی شامل اپیدوت، کلریت و ترمولیت-اکتینولیت از کانی های تشکیل شده در این زون است.

- کلسیت: کلسیت از کانی شاخص و اصلی زون اسکارن در منطقه است. این کانی بیشتر در زمینه سنگ و کناره های گارنت به صورت بلورهای بی شکل با اندازه های مختلف دیده شده و بافت موزاییکی تشکیل داده است (شکل های ۶- الف و ب). در برخی از نمونه ها دو جهت رخ رومبوئدرال کلسیت کاملاً مشخص است (شکل ۶- ج). همچنین، کلسیت به همراه کوارتز در رگه ها و رگچه ها هم دیده می شود (شکل ۸- الف). این نوع کلسیت در نتیجه تزریق سیال گرمابی غنی از کربنات کلسیم در درزها و شکاف های گارنت که تحت تأثیر نیروهای زمین ساختی قرار گرفته اند، تشکیل شده است.

- **گارفت:** بلورهای گارنت در نمونههای دستی بیشتر به رنگهای سبز تیره تا کم رنگ و قهوهای روشن تا تیره دیده می شود (شکل ۵). گارنت در مقاطع میکروسکوپی بهصورت بلورهای نیمه شکل دار عمدتاً بی شکل و همسانگرد با برجستگی بالا و شکستگی فراوان دیده می شود. گارنت ها بر پایه موقعیت آنها در محیط اسکارن به رنگهای مختلفی دیده می شوند؛ به این ترتیب که معمولاً در مجاورت توده نفوذی و رخدادهای حاشیه ای به رنگ قهوه ای - سرخ تیره و در نزدیکی تماس با توده نفوذی و واحد کربناتی به رنگ سبز دیده می شوند (۱۹78). بلورهای گارنت در نور طبیعی به رنگ سبز زیتونی دیده می شوند (شکل های ۶ - الف و ب).

بیشتر بلورهای گارنت به کانی های ثانویه اپیدوت (شکل های ۶- پ و ت) و کلریت (شکل های ۷- الف و ب) دگرسان شده اند و بخش کمی از این بلورها سالم باقی مانده اند. نوع گارنت های تشکیل شده در این منطقه مورد مطالعه بیشتر از نوع آندرادیت و گروسولار است (شیرمحمدی، ۱۳۹۳). گارنت آندرادیت در اثر ترکیب کلسیم سنگهای کربناتی با سیلیس و اکسید آهن، و گارنت گروسولار در اثر ترکیب کلسیم سنگهای کربناتی با کائولن و سیلیس می تواند بر پایه واکنش زیر تشکیل می شود (Beane, 1982).

 $3CaCO_3+Fe_2O_3+SiO_2\rightarrow Ca_3Fe_2Si_3O_{12}+3CO_2$ آندرادیت \rightarrow هماتیت کلسیت

 $3\text{CaCO}_3 + \text{Al}_2\text{Si}_2\text{O}_5(\text{OH})_4 + \text{SiO}_2 \longrightarrow \text{Ca}_3\text{Al}_2\text{Si}_3\text{O}_{12} + 3\text{CO}_2 + 2\text{H}_2\text{O}_3 + 3\text{CO}_3 + 3\text{$

گروسولار → كائولينيت كلسيت

در منطقه مورد مطالعه کائولن و کلسیت در سنگ اولیه وجود داشته، اکسید آهن از توده گرانیت تأمین شده و بخشی از سیلیس از توده گرانیتی تأمین شده و بخشی در سنگ میزبان وجود داشته است.

– اییدوت: ایدوت دومین کانی فراوان پس از گارنت است و به صورت بلورهای شکل دار اولیه جانشین شده درون کلسیت (شکل ۶- ث) و بلورهای بی شکل ثانویه ناشی از دگرسانی گارنت (شکلهای ۶- پ و ت) دیده می شود. اییدوت های اولیه در طی مرحله پیشرونده و اییدوت های ثانویه به احتمال زیاد در نتیجه افزایش فو گاسیته اکسیژن در مرحله پسرونده پیشین در طی واکنش زیر تشکیل شده اند (Deer et al., 1992):

 $Ca_{3}(Fe,AI)_{2}Si_{3}O_{12} + 5/4O_{2} + HCO_{3}^{-} \rightarrow CaCO_{3} + Ca_{2}AI_{2}FeSi_{3}O_{12}(OH) + 1/2Fe_{2}O_{3}$

هماتیت اپیدوت کلسیت → او گراندیت - **کلینوبیروکسن:** کلینوپیروکسن یکی دیگر از کانی های همراه گارنت است که بهصورت بلور های شکل دار، دارای رخ و با برجستگی بالا دیده می شود. بخشی از این کانی ها در طی اورالیتی شدن به اکتینولیت - ترمولیت دگرسان شدهاند (شکل ۷). درصد بالای گارنت نسبت به کلینوپیروکسن در منطقه مورد مطالعه می تواند بیانگر حالت اکسیدان توده نفوذی گرانیت و سیال گرمابی حاصل از این توده باشد (1997).

- کوارتز بیشتر به صورت رگه های کوارتزی در محیط تزریق شده و تشکیل رگه و رگه ماه و تشکیل رگه و رگچه ها را داده است. این کانی در مقاطع مطالعه شده دارای خاموشی موجی است که احتمالاً در نتیجه فرایندهای زمین ساختی ایجاد شده است (شکل ۸- الف).
- پلاژیو کلاز: پلاژیو کلاز به مقدار جزیی به صورت بلور شکل دار با ماکل پلی سنتیک دیده می شود و در نتیجه نیروهای زمین ساختی حالت خم شدگی پیدا کرده است (شکل ۸- ب).

از کانی های فلزی همراه گارنت می توان به کانی های اکسیدی هماتیت، مگنتیت، کانی های هیدرواکسیدی گوتیت، لیمونیت و فاز سولفیدی کالکوپیریت اشاره کرد. - **توتیت:** گوتیت بهعنوان فاز حد واسط هماتیت و لیمونیت، جزو کانی های هیدروکسیدی آهن است و در نتیجه هوازدگی یا دگرسانی کانی های آهندار (هماتیت، پیریت، کالکوپیریت و غیره) تشکیل می شود (2000 Nesse, 2000). در مقاطع مورد مطالعه گوتیت به میزان فراوان در پیرامون کالکوپیریت دیده می شود (شکل های ۹- الف و ب). وجود کالکوپیریت به صورت میانبار درون گوتیت نشان دهنده تقدم تشکیل کالکوپیریت است و گوتیت می تواند در طی واکنش زیر از اکسایش این فاز سولفیدی تشکیل شده باشد (1977 Park, 1997). با پیشرفت د گرسانی، گوتیت نیز به لیمونیت تبدیل شده و در مقاطع به رنگ قهوهای دیده می شود (شکل ۹- الف).

بهصورت ثانویه تشکیل شود (Deer et al., 1992). در محدوده مورد مطالعه بر پایه مقاطع بررسی شده هماتیت به مقدار فراوان در طی دگرسانی گارنتهای او گراندیت (آندرادیت و گروسولار) همراه با کلسیت تشکیل شده است. افزون بر این، هماتیت در طی اکسایش دو نسل مگنتیت نیز به دست آمده است (شکلهای ۹- پ و ت). **۴- ۵. واحد قراکی آندزیت**

این سنگ بیشتر از پلاژیو کلازهای درشت بهصورت بلورهای شکل دار با ماکل پلیسنتیک و کارلسباد (شکلهای ۱۰- الف و پ) و تعدادی کانیهای کدر در زمینه پورفیری و بهصورت ادخال در کلریت ثانویه (شکلهای ۱۰- ب و ت) تشکیل شده است. در این سنگ آتشفشانی بافت میکرولیتیک پورفیریک به شکل درشت بلورهای درشت پلاژیو کلاز در زمینه میکرولیتی دیده می شود و کانیهای سوزنی در زمینه میکرولیتی نیز از نوع پلاژیو کلاز است (شکل ۱۰- الف). دگرسانی رایج در این سنگ از نوع سوسوریتی شدن است و کانیهای ثانویه کلریت آهندار، آلبیت و کلسیت در طی این دگرسانی تشکیل شدهاند (شکل ۱۰- پ و ت).

۵- توالی تبلور کانیها (توالی پاراژنزی)

توالی پاراژنزی یک کانسار، ترتیب تشکیل کانی ها، تقدم و تأخر زمانی رخدادهایی که سبب تشکیل کانسار شدهاند و فراوانی نسبی کانی ها را نشان می دهد. در این بخش توالی پاراژنزی کانی ها در گارنت بابانظر با توجه به مطالعات میکروسکوپی رسم شده است (شکل ۱۱). بر پایه نتایج حاصل از این مطالعات سیر تحول کانی سازی در طی سه مرحله (دگرسانی پیشرونده، پسرونده و برونزاد) به شرح زیر صورت گرفته است. **۵– ۱. مرحله پیشرونده**

در ابتدا پس از تشکیل واحد کربناتی با ناخالصیهای پلیتی (ماسه و رس آرژیلیتی) بهعنوان سنگ میزبان، در طی مرحله پیشرونده توده گرانیتی در این واحدها نفوذ کرده و تأثیرات گرمای حاصل از این توده در طی دگرگونی مجاورتی سبب تشکیل واحد کالک سیلیکاته هورنفلس شده است. انتقال گرما در سنگهای اشاره شده سبب تبلور دوباره کلسیت شده است. افزون بر این، مقدار محدودی کانیهای کالک سیلیکاتی ریزبلور (گارنت، کلینوپیروکسن و اپیدوت نسل اول) تشکیل شده است. تشکیل کانیهای گارنت و کلینوپیروکسن در اثر ناخالصیهای پلیتی سنگهای کربناتی است. در ادامه کاهش حجم سنگها و فشارهای وارده از سوی توده نفوذی و سیال حاصل از آنها سبب ایجاد شکستگیهایی شده و معابری برای عبور سیالهای ماگمایی ایجاد کرده است.

با شروع سرد شدن توده نفوذی و ورود محلولهای گرمابی حاصل از این توده از راه شکستگیها به درون سنگهای درونگیر، کانیهای کالکسیلیکاتی گارنت درشتبلور و کلینوپیروکسن تشکیل شدهاند. در سامانه اسکارن، بخشهای پایانی مرحله پیشرونده، روندی به سوی غنی شدگی کالک سیلیکاتها از آهن و فقیر شدن آنها از منیزیم دارد. این روند تکاملی در اسکارنهای کلسیک توسط تشکیل گارنتهای غنی از آهن سه ظرفیتی (آندرادیت) دنبال می شود (شهاب پور، ۱۳۸۰). افزون بر کانیهای کالکسیلیکاتی، مگنتیت و کوارتز هم جزو کانیهای تشکیل شده در مرحله پیشرونده هستند.

۵- ۲. مرحله پسرونده (قهقرایی)

کالک سیلیکاتهای بدون آب که در دماهای به نسبت بالا تشکیل شدهاند در اثر ورود سیالهای گرمابی دما پایین تر و فرایندهای آبکافت، آب پوشی و کربن گیری دگرسان شده و به مجموعهای از کانیهای کمدما از جمله ترمولیت- اکتینولیت، کلریت، اپیدوت، کوارتز، کلسیت، مگنتیت و هماتیت تبدیل شدهاند. کالکوپیریت از کانیهای تشکیل شده در این مرحله است.

۵- ۳. مرحله برونزاد (سوپرژن)

در شرایط سطحی، آب جوی بر کانهزایی اثر گذاشته و موجب تبدیل کانی سولفیدی

کالکوپیریت به هیدرواکسیدهای آهن (گوتیت و لیمونیت) شده است. افزون بر این، مقداری هماتیت در نتیجه اکسایش مگنتیت که در مراحل پیش تشکیل شده، حاصل شده است.

6- میانبارهای سیال 6- ۱. سنگنگاری میانبارهای سیال گارنت بابانظر

- شکل و ابعاد: بر پایه مطالعات صورت گرفته، میانبارها از دید شکل ظاهری بیشتر نامنظم، کروی تا دو کی شکل، میلهای، سوزنی و تیغهای هستند و تنها در یک نمونه شکل منفی بلوری (negative crystal shape) دیده می شود (شکل ۱۲- الف). شکل منفی بلور به صورت فضای خالی هم شکل با شکل اصلی بلور گارنت (مکعبی) درون بلور است. اندازه این میانبارها از ۵ تا ۳۲ میکرون متغیر است.

- فازهای درونی: فازهای جامد شامل بلورهای هالیت (مکعبی شکل)، سیلویت (مثلثی شکل)، انیدریت (مستطیلی شکل)، هماتیت (بی شکل) و داوسونیت (مثلثی شکل با انعکاس درونی زرد تا خاکستری و بیشتر همراه با فاز مایع CO₂,CH⁴ است (شکل های ۲۱- ب، پ و ت). در میان فازهای جامد، بلور هالیت نسبت به فازهای دیگر فراوان تر است. حضور این فازهای جامد بسیار و فراوانی هالیت در میانبارهای سیال نشاندهنده شوری بالای محلول های سازنده بلور گارنت است.

باریکشدگی (necking down): باریکشدگی میانبارهای سیال یکی از پدیده هایی است که در نتیجه عوامل مختلفی همچون انقباض ناشی از سرد شدن و غیره شکل می گیرد (حاج علیلو، ۱۳۸۷). در میانبارهای مطالعه شده، این پدیده در میانبارهای ثانویه ای که در امتداد شکستگی های ریز هستند، دیده می شود و احتمالاً در نتیجه نیروهای زمین ساختی محیط شکل گرفته است. این میانبارها زائده هایی دارند که نشان می دهد پدیده باریکشدگی به طور کامل انجام نشده است (شکل ۳۱). بر کننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده مایع پرکننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده درجه پرکننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده درجه پرکننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده درجه پرکننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده درجه پرکننده درون میانبار به کل حجم میانبار است. در میانبارهای مطالعه شده درجه پرشدگی در بیشتر میانبارهای دوفازی مایع – بخار و چندفازی جامد بسیار بالا بوده و پیشتر میان ۸۰ تا ۹۵ درصد است. درجه پرشدگی بالای میانبارهای سیال در بلورهای گارنت نشان از پایین بودن دما در لحظه به دام افتادن سیال در فضای خالی دارد که سبب شده است تفکیک فاز صورت نیذیرد و حجم سیال در همان اندازه پیشین باقی بماند.

۶- ۲. انواع میانبارهای سیال

ردهبندی میانبارهای سیال بر پایه متغیرهای مختلف از جمله زمان تشکیل (Bodnar et al., 1985; Roedder, 1984) و فازهای درونی (Shepherd et. al., 1985) صورت می پذیرد.

- انواع میانبارهای سیال گارنت بابانظر بر پایه زمان تشکیل: بر پایه این تقسیم بندی میانبارهای سیال در بلورهای گارنت از نوع اولیه و ثانویه هستند. میانبارهای اولیه همزمان با رشد بلور گارنت به صورت پراکنده و در امتداد سطوح رشد بلور شکل گرفته اند و بیشتر از نوع تکفازی مایع و چندفازی جامد هستند. میانبارهای ثانویه پس از تبلور کامل بلور به صورت کشیده و صفحه ای در امتداد شکستگیها و سطوح رخ شکل گرفته اند و بیشتر از نوع چندفازی جامد و به میزان کمتر دوفازی مایع - بخار هستند. میانبارهای اولیه نسبت به ثانویه فراوانی بیشتری دارند (شکل ۱۴).

– انواع میانبارهای سیال گارنت بابانظر بر پایه فازهای درونی: میانبارهای موجود در بلورهای گارنت بابانظر را می توان از دید فازهای درونی به ۴ دسته تفکیک کرد: ۱) میانبارهای تکفازی مایع (L) با درجه پرشدگی ۱۰۰ درصد (شکل ۱۵– الف). ۲) میانبارهای دوفازی مایع– بخار (L+V) با درجه پرشدگی بالاتر از ۹۰ درصد (شکل ۱۵– ب).

۳) میانبارهای چندفازی جامد (S+L±V) دارای یک یا چند فاز بلورین جامد یا کانیهای نوزاد (daughter minerals) که برخی ۵۰ درصد حجم داخلی میانبار یا بیشتر از آن را اشغال کردهاند و فاز بخار تنها در شماری از این میانبارها همراه دو فاز دیگر وجود دارد (شکل 10–پ).

۴) میانبارهای دوفازی مایع-مایع (L+LCO₂) دارای مایع دی کسید کربن که پیرامون حباب بخار حلقه زدهاند. این میانبارهای دوفازی در مقایسه با ۳ نوع دیگر فراوانی کمتری دارند (شکل ۱۵–ت). حضور فاز دی کسیدکربن به احتمال زیاد مربوط به عبور سیال از درون سنگ کربناتی است.

6- 3. ریزدماسنجی میانبارهای سیال

- دمای همگنشدگی و شوری: از میان ۶ سیال مورد بررسی بلور گارنت، دمای ذوب اولیه یخ (جدول ۱) میان ۴۲- تا ۴۷- تغییر می کند که نشان می دهد تر کیب سیال کانی ساز بیشتر NaCl+H₂O بوده است (رجبزاده و اسدی، ۱۳۹۰) و همگن شدگی در محدوده دمایی میان ۱۳۱۸ تا ۴۳۸ درجه سانتی گراد قرار دارد. از دید آماری بیشترین تعداد، مربوط به بازه دمایی ۲۱۸ تا ۴۳۸ درجه سانتی گراد است. شوری میانبارهای سیال این بلور بر پایه رابطه (1993) ۴۴۸ درجه سانتی گراد است. شوری میانبارهای طعام است و از نظر آماری بیشترین مقدار شوری در بازه ۲۱ تا ۲۲/۷۱ درصد وزنی نمک طعام و ۲۲ تا ۳۲ درصد وزنی نمک طعام قرار دارد (شکلهای ۴۶- الف و ب). نبود سیالات غنی از بخار در کنار سیالات دو فازی مایع - بخار بر پایه مطالعات نمونههای مختلف بر پایه اندازه گیری های ریزدماسنجی نشان می دهد که فرایند نمونههای مختلف بر پایه اندازه گیری های ریزدماسنجی نشان می دهد که فرایند بور شش در تکامل سیالات نقشی نداشته است (Roedder, 1984). بنابراین به دلیل نبود فرایند جوشش، دمای همگن شدگی به عنوان کمترین دمای تشکیل گارنت در نظر گرفته شده است.

نتایج به دست آمده از مطالعه میانبارهای سیال کانی کوارتز که به عنوان یک فاز تأخیری در شکستگی های گارنت دیده می شود، نشان می دهد که مقادیر دمای همگن شدگی و شوری میانبارهای این کانی در مقایسه با گارنت کمتر است. با توجه به نمودار ستونی فراوانی شکل ۱۶– پ، دمای همگن شدگی دو گروه مجزا از هم را نشان می دهد که یکی در محدوده دمایی ۲۰۹ تا ۲۱۹ درجه سانتی گراد و دیگری در محدوده ۲۳۹ تا ۲۵۴ درجه سانتی گراد قرار دارد. شوری میانبارهای سیال این کانی از ۱۰/۹۱ تا ۱۰/۹۱ درصد وزنی نمک طعام در تغییر بوده است و بیشترین مقدار شوری از دید آماری در بازه ۴ تا ۶ درصد وزنی نمک طعام قرار دارد (شکل ۱۶– ت). شوری پایین میانبارهای سیال این کانی نشان می دهد که در این میانبارها، در طی سرد شدن و تفکیک، فاز کانی دختر تشکیل نشده است.

– چکالی میانبارهای سیال: مقدار چگالی را می توان از راه قرار دادن دادههای دمای همگن شدگی و شوری روی یک نمودار به دست آورد (شکل ۱۷). در این نمودار، خطچین ها چگالی سیال را نشان می دهند و دو نوع سیال با دما و شوری بالا مربوط به سیال سازنده گارنت و دما و شوری پایین مربوط به سیال سازنده کوارتز قابل تشخیص است. بر پایه موقعیت نمونه ها روی این نمودار، چگالی سیال سازنده هر دو کانی میان ۸/۰ تا ۹/۰ گرم بر سانتی متر مکعب در تغییر بوده است.

۷- نتیجه گیری

- حضور هورنفلس و توده گرانیتی نشان میدهد که کانیسازی گارنت در محل برخورد توده گرانیتی با تودههای رسی یا ماسهسنگ و آهکی در نتیجه دگرگونی همبری با نوع اسکارن تشکیل شده است.

- کانی های تشکیل شده در زون اگزواسکارن شامل کانی های اصلی گارنت و

اپیدوت در زمینه کلسیت، کانی های فرعی کلینوپیروکسن، کوارتز و پلاژیوکلاز و کانی های ثانویه حاصل از دگرسانی کلینوپیروکسن و گارنت هستند.

 بلورهای گارنت در نمونههای دستی بر پایه موقعیتشان در محیط اسکارن به رنگهای مختلف سبز تیره تا کم رنگ و قهوهای روشن و در مقاطع میکروسکوپی بهصورت بلورهای نیمه شکل دار تا بی شکل و همسانگرد با برجستگی بالا و شکستگی فراوان دیده می شوند.

بر پایه نتایج حاصل از مطالعه مقاطع میکروسکوپی، سیر تحول کانیسازی در محدود مورد مطالعه در طی ۳ مرحله (پیشرونده، قهقرایی و برونزاد) صورت گرفته و کانی گارنت در طی مرحله پیشرونده همراه با کلینوپیروکسن تشکیل شده است.
میانبارهای سیال در بلورهای گارنت از دید زمان تشکیل از نوع اولیه در امتداد سطوح رشد بلور و به صورت پراکنده و نامنظم و ثانویه در امتداد شکستگی ها و

سطوح رخ هستند و از دید تعداد فازهای درونی در ۴ دسته شامل میانبارهای تکفازی مایع، دوفازی مایع-بخار، چندفازی جامد و میانبارهای دوفازی مایع-مایع دارای ,CO ردهبندی می شوند.

- بر پایه اندازه گیری های ریزدماسنجی این نتایج به دست آمده است: الف) دمای همگن شدگی میانبارهای سیال در گارنت میان ۳۱۸ تا ۴۳۸ درجه سانتی گراد و در کوارتز میان دو محدوده دمایی ۲۰۹ تا ۲۱۹ و ۲۳۹ تا ۲۵۴ درجه سانتی گراد قرار دارد؛ ب) شوری میانبارهای سیال در گارنت میان ۱۸/۶۳ تا ۲۲/۷۱ و در کوارتز میان ۴/۱۸ تا ۱۰/۶۱ درصد وزنی نمک طعام قرار دارد؛ پ) چگالی سیال میان ۸/۰ تا ۹/۰ گرم بر سانتی متر مکعب متغیر بوده است؛ ت) ترکیب سیال کانی ساز گارنت بیشتر Nacl+H₂O مشخص شده است؛ ث) فرایند جوشش در تکامل سیال ها نقشی نداشته است.



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه بابانظر همراه با نقشه پهنه های زمین ساختی ایران (Gilg et al., 2006). **www.SID.ir**



شکل ۲- تصاویر میکروسکوپی شیست. الف) بافت دانهای و شیستوزیته همراه به مسکوویت سریسیتی شده؛ ب) تجمع بیوتیت در میان کوارتز؛ پ) کوارتز با خاموشی موجی و کوارتز حاصل از تبلور دوباره؛ ت) پلاژیوکلاز با ماکل پلی سنتیک. تصویر ب در نور PPL و بقیه تصاویر در نور XPL گرفته شدهاند. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: Bt: بیوتیت؛ Pl: پلاژیوکلاز؛ Qtz: کوارتز؛ Set: سریسیت.



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی گرانیت. الف و ب) پلاژیو کلاز و بیوتیت دگرسان شده همراه با آثاری از بیوتیت سالم؛ پ) بیوتیت دگرسان شده همراه با کوارتز، ت) تجمع دانهای کوارتز و فلدسپار پتاسیمدار. تصویر ب در نور PPL و بقیه تصاویر در نور XPL گرفته شدهاند. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: Kfs: فلدسپار قلیایی؛ Qtz: کوارتز؛ PI: پلاژیو کلاز؛ Alter Bt: بیوتیت دگرسان شده.



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی هورنفلس. الف و ب) گارنت همراه با اپیدوت، کلسیت و کوار تز ثانویه؛ پ و ت) گارنت همراه با کلینوپیروکسن؛ ث) بلورهای ترمولیت- اکتینولیت و کلریت حاصل از دگرسانی کلینوپیروکسن همراه با پلاژیوکلاژ؛ ج) بلور شکل دار اسفن همراه با کلریت و پلاژیو کلاژ؛ تصاویر ب و پ در نور LP4 و دیگر تصاویر در نور رفته عبارتاند از: Ch1: اسفن؛ Ch1: گاریت؛ Cpx کلینوپیروکسن؛ کلریت؛



شکل ۵- کانی سازی بلورهای سبز و قهوهای گارنت در زون گارنتیت اگزواسکارن بابانظر.

www.SID.ir

شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف و ب) بلورهای ایزوتروپ گارنت همراه کلسیت و تغییر رنگ بخشی از بلور گارنت به دلیل آغشته شدن به اکسید آهن؛ پ و ت) دگرسانی گارنت به اپیدوت ثانویه؛ ث) بلورهای شکل دار اپیدوت در زمینه کلسیت ث) بلورهای شکل دار اپیدوت در زمینه کلسیت با رخ رومبوئدرال؛ ج) کلسیت اولیه دارای رخ رومبوئدرال همراه با کلسیت حاصل از تبلور دوباره در طی دگرگونی مجاورتی. تصاویر الف، ب و ج در نور LPL و دیگر تصاویر در نور PPL گرفته شدهاند. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: شدهاند. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از:





شکل ۷- تصاویر میکروسکوپی گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف و ب) کلریت حاصل از دگرسانی گارنت همراه با اکتینولیت حاصل از دگرسانی کلینوپیروکسن؛ پ) کلینوپیروکسن شکلدار. تصویر ب در نور PPL و دیگر تصاویر در نور XPL گرفته شدهاند. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند SID.ir گارست؛ Cht: کلریت؛ cpt: کلینوپیروکسن؛ Act: اکتینولیت.



شکل ۸- تصاویر میکروسکوپی گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف) رگه کوارتز و کلسیت در شکستگیهای گارنت؛ ب) بلور شکل دار پلاژیوکلاز با ماکل پلیسنتیک و خمیدگی ناشی از نیروی زمین ساختی. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: Grt: گارنت؛ qtz؛ کوارتز؛ cal؛ کلسیت.



شکل ۹- تصاویر میکروسکوپی مقاطع صیقلی(نور بازتابی) گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف) گوتیت حاصل از دگرسانی کالکوپیریت همراه با لیمونیت و هماتیت؛ ب) هماتیت حاصل از دگرسانی گارنت؛ پ) هماتیت حاصل از اکسایش مگنتیت نسل اول؛ ت) هماتیت حاصل از اکسایش مگنتیت نسل دوم. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: Gt: گوتیت؛ Lim: لیمونیت؛ Mag: مگنتیت؛ ccp: کالکوپیریت؛ Hem: هماتیت؛ Grt WWW.SID.ir

شکل ۱۰- تصاویر میکروسکوپی تراکی آندزیت. الف) بافت پورفیری همراه با کلریت غنی از آهن حاصل از سوسوریتی شدن پلاژیوکلاز پلاژیوکلاز نسل اول و دوم؛ ب) دگرسانی پلاژیوکلاز با ماکل پلیسنتیک به کلریت همراه با کانی کدر؛ پ) جانشینی کامل پلاژیوکلاز دارای ماکل کارلسباد توسط کلسیت حاصل از سوسوریتی شدن پلاژیوکلاز؛ ت) کلریت ثانویه همراه با ادخال آلبیت ثانویه و کانی کدر در است. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: IP: پلاژیوکلاز؛ ID: کلریت؛ Cal: کلسیت؛ Ad: آلبیت؛ OP: کانی کدر.



Minarals		paragenetic	ic Sequance		
	nerals	Host rock	Prograde Stage	Retrograde Stage	Supergene Stage
Carbonates	Calcite				
Silicates	Garnet Pyroxene Epidote Tr- Act Chlorite Qurtz Plgioclase				
Sulfides	Chalcopyrite		0		
Oxides	Magnetite Hematitee Goethite Limonite			•	

🌾 🕺 شکل ۱۱– توالی پاراژنزی و ترتیب تبلور کانهها و کانیها در سنگ میزبان گارنت (هورنفلس) در منطقه مورد مطالعه (بابانظر).

www.SID.ir



شکل ۱۲- تصاویر میانبارهای سیال گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف) شکل منفی بلور؟ ب) فازهای جامد مکعبی شکل هالیت، مستطیلی شکل انیدریت و داوسونیت؟ پ) فاز جامد مثلثی شکل سیلویت و ت) فازهای جامد مکعبی شکل هالیت و بی شکل هماتیت. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتند از: Hal: هالیت؛ Hem: هماتیت؟ Anh: انیدریت؛ Syl شیلویت؛ Mad: داوسونیت؛ L: مایع؛ V: بخار.



شکل ۱۳- الف) پدیده باریک شدگی میانبارهای سیال گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن)؛ ب) ایجاد پدیده باریک شدگی در یک میانبار فرضی طویل. میانبار اولیه در دمای T1 به تله افتاده و در اثر سرد شدن و انقباض در دمای T5 به ۳ ادخال A، B و C ثانویه تبدیل شده است (Shephard et al., 1985).



شکل ۱۴- تصاویر میانبارهای سیال گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف) میانبارهای سیال اولیه در امتداد سطوح رشد؛ ب) میانبارهای سیال ثانویه در امتداد شکستگی ها.



۱۵- تصاویر میانبارهای سیال گارنت هورنفلس (زون گارنتیت اگزواسکارن). الف) میانبار تک فاز مایع همراه با فازهای جامد هماتیت و انیدریت درون میانبار؛ ب) میانبار دوفازی مایع- بخار، پ) میانبار چندفازی جامد، ت) میانبار دوفازی مایع- مایع همراه با فازهای جامد انیدریت و سیلویت. نشانههای اختصاری به کار رفته عبارتاند از: Hal: هالیت؛ Hem: هماتیت؛ Anh: انیدریت؛ Syl: سیلویت؛ L: مایع؛ V: بخار. WWW.SID.ir

المعادية



جدول ۱- ویژگیهای کلی میانبارهای سیال مورد مطالعه در پتانسیل گارنت بابانظر (_T، دمای همگن شدگی؛ Tm₁-Ice: دمای ذوب اولیه یخ؛ Tm₂-Ice: دمای ذوب پایانی یخ).

Mineral	Туре	$T_{h}(^{\circ}C)$	Tm ₁ -Ice (°C)	Tm ₂ -Ice (°C)	Salinity (%WNaCl)	Density (gr/cm ³)
Garnet	L+V to L	441	-۴۷	-۲۰/۵	YY/V1	• /٨
Garnet	L+V to L	۴۳۸	-41/0	-	-	-
Garnet	L+V to L	۴۳۸	-44	-1V/A	Y•/AY	• /٨
Garnet	L+V to L	317	-	-10	11/93	•/٩
Garnet	L+V to L	430	-	- ۲ •	22/22	• /٨
Garnet	L+V to L	** VA	-40	-10	18/94	• /٨
Quartz	L+V to L	744	-	-V/ 1	1./81	•/٩
Quartz	L+V to L	747	-۳۸	- ٣ /٢	۵/۲۶	• /٨
Quartz	L+V to L	۲۵.	-۳۹	-	-	-
Quartz	L+V to L	749	-	-۳/۱	۵/۱۱	• /٨
Quartz	L+V to L	۲۱۸	-	$-\Upsilon/\Delta$	۴/۱۸	•/٩
Quartz	L+V to L	۲۴۸	-	-۲/۶	4/44	• /٨
Quartz	L+V to L	T I T	-	-	-	-
Quartz	L+V to L	110	-	-	-	-
Quartz	L+V to L	۲IV	-	$-\Delta/\Upsilon$	٨/١۴	•/٩



کتابنگاری

باباخانی، ع. ر.، و قلمقاش، ج.، ۱۳۷۱– نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰ تخت سلیمان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

حاج علیلو. ب.، ۱۳۸۷ – ژئو ترمومتری میانبارهای سیال، انتشارات دانشگاه پیام نور، ۳۰۶ ص.

رجبزاده، م. ع.، و اسدی، س.، ۱۳۹۰– تکامل گرمابیها بررسیهای کانیشناسی و میانبارهای شاری در کانسنگهای آهن قطروییه، استان فارس. انجمن بلورشناسی و کانیشناسی ایران، ۵، صص. ۵۷۵ تا ۵۹۴.

شهاب پور، ج.، ۱۳۸۰- زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۵۴۳.

شیرمحمدی، پ.، ۱۳۹۳- کانی شناسی و ژئوشیمی گارنت بابانظر (تکاب، استان آذربایجان غربی). پایان نامه گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه ارومیه، ۱۲۳ ص.

- طالعفاظل، ا.، مهرابی، ب.، خاکزاد، ا. و کیانپور، ر.، ۱۳۹۰– مراحل و شرایط کانیسازی اسکارن آهن دردوی بر اساس شواهد کانیشناسی و میانبارهای سیال، منطقه سنگان (خراسان رضوی)، مجله علوم زمین، ۸۲، صص. ۱۳۹۰
- علوی نائینی، م.، حاجیان، ج.، عمیدی، م.، بلورچی، ح.، طاوسیان، ش.، آقانباتی، ع. و پلیسر، ج.، ۱۳۶۱- نقشه ۱:۲۵۰۰۰ زمینشناسی چهارگوش تکاب، سازمان زمینشناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- مختاری، م.ع. ا.، معین وزیری، ح.، قربانی، م.ر.، مهرپرتو، م.، و حسینزاده، ق.، ۱۳۹۱- کانی شناسی و سنگ شناسی اسکارن کمتال (شمال خاورانا، آذربایجان شرقی). مجله علوم زمین، ۸۶ صص. ۲۱۳ تا ۲۱۰.

References

- Atkinson, W. W. & Einaudi, M. T., 1978- Skarn formation and mineralization in the contact aureole at Carr Fork Bingham, Utah. Ecomonic Geology 73: 1326-1365.
- Beane, R. E., 1982- The magmatic-meteoric transition. Geothermal Resources Council, Reports 13, 245-253.
- Bodnar, R. J., 1993- Geochim. Cosmochim. Acta, 57: 683-684.
- Bodnar, R. J., Burnham, C. W. & Sterner, S. M., 1985- Synthetic fluid inclusions in natural quartz. III. Determination of phase equilibrium properties in the system H,O-NaCl to 10000 °C and 1500 bars. Geochimica Acta 49, 1861-1873.
- Deer, W. A., Howie, R. A. & Zussman, J., 1992- An Introduction to the Rock-Forming Minerals.Longman Scientific and Technical, 696p.
- Einaudi, M. T., 1982- General features and origin of skarn associated with porphyry copper plutons. Advances in geology of porphyry copper deposit. S. W. North America, 185-209.
- Gilg, H. A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C. R., Banks, D. & Moore, F., 2006- Marble- hosted sulfide ores in the Angouran Zn-(Pb-Ag) deposit, NW Iran: Interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. Mineralum Deposita 4: 1-16.
- Guilbert, J. M. & Park, C. F., 1997- The geology of ore deposits. Freeman and Company, New York: 985 pp.
- Gutman, J. T., 1977- Textures and genesis of phenocrysts and megacrysts in basaltic lavas from the Pinacate volcanic field. Am J Sci. 277: 833-861.
- Korsakov, A. V., Dieing, T., Golovin, A. V. & Toporski, J., 2011- Raman imaging of fluid inclusions in garnet from UHPM rocks (Kokchetav massif, Northern Kazakhstan). Spectrochimica Acta Part A 80: 88–95.
- Meinert, L. D., 1983- Variability of skarn deposits: guides to exploration in Revolution in Earth Sciences, 301-317.
- Meinert, L. D., 1997- Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration. Exploration and Mining Geology 6: 185-208.
- Nesse, W. D., 2000- Introduction to mineralogy, Oxford University Press, 442 pp.
- Roedder, E., 1984- Fluid inclusions. Mineralogical Society of America 12: 644 pp.

Shepherd, T. J., Rankin, A. H. & Alderton, D. H., 1985- A practical guide to fluid inclusion studies. Glasgow, Blackie and Son, 239 pp.

- Siahcheshm, K., Calagari, A. A. & Abedini, A., 2014- Hydrothermal evolution in the Maher-Abad porphyry Cu-Au deposit, SW Birjand, Eastern Iran: Evidence from fluid inclusions. Ore Geology Reviews 58:1-13.
- Singoyi, B. & Zaw, Kh., 2001- A petrological and fluid inclusion study of magnetite-scheelite skarn mineralization at Kara, Northwestern Tasmania: implications for ore genesis. Chemical Geology 173: 239–253.
- Stewart, M. L. & Pearce, T. H., 2004- Seeve-textured plagioclase in dacitic magma: Interference imaging results. American Mineralogist 89: 348-351.

عادي المحالي

Geochemistry, petrography and fluid inclusion studies of Baba-Nazar Garnet Index, Takab, West Azarbaijan province

S. Alipour^{1*}, P. Shirmohammadi², Y. Rahimsouri³ & H. Bagheri⁴

¹Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
²M. Sc., Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
³Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Urmia University, Urmia, Iran
⁴Associate Professor, Department of Geology, Faculty of Science, Isfahan University, Isfahan, Iran
⁴Department 21

Received: 2015 April 25 Accepted: 2015 September 21

Abstract

Baba-Nazar garnet occurrence is located in northwest part of Sanandaj-Sirjan geological zone. Rock units in the area, including hornfels, garnetite and extensively weathered host rocks in contact with granite indicate garnet may have formed by metamorphism of clay-argillite, sandstone and calcareous rocks. The mineralogical and petrographical studies revealed that the evolution of mineralization has occurred during several progressive, retrograde and supergene alteration, while garnet has formed during progressive alteration. The results of the petrographical study of fluid inclusions show that most of the fluid inclusions in the garnet crystals fall in two groups: (1) Primary inclusions distributed randomly on the crystal faces and (2) secondary inclusions oriented along fractures and cleavage surfaces. Based on the inclusion diversity, four groups of these inclusions were differentiated: (1) single-phase liquid, (2) two-phase liquid-vapor, (3) solid multi-phase and (4) two-phase liquid–liquid. Micro thermometry of fluid inclusions in the garnet and quartz crystals show homogenization temperatures and salinities from 318 to 438 °C and 18.63 to 22.71 weight percent NaCl equivalent for garnet, and from 209 to 219 °C and 239 to 254 C° with 4.18 to 10.61 weight percent NaCl equivalent for quartz crystals.

Keywords: Garnet, Baba-Nazar, Fluid Inclusions, Microthermometry, Takab.

For Persian Version see pages 349 to 362

*Corresponding author: S. Alipour, E-mail: s.alipour@urmia.ac.ir

