بررسی نحوه تشکیل گارنتهای صنعتی در گارنت میکاشیستهای جنوب الوند، همدان ، ایران

مهرداد براتی[1×]، سوسن ابراهیمی[1]، بهروز رفیعی[1]

۱:گروه زمین شناسی ، دانشگاه بوعلی سینا همدان

تاریخ تنظیم: ۱۴۰۳/۹/۱۰ *وتلفن* ۳۸۳۴۱۴۶۰-۰۸۱

Barati@basu.ac.ir

چکیده:

منطقه جوکار در جنوب شرق استان همدان در زون سنندج-سیرجان است. واحد سنگی منطقه شامل واحدهای سنگی گارنت شیست و فیلیت می‌باشد. در بررسی میکرو سکوپی کوارتز، بیوتیت، مسکویت وگارنت دیده شد. گارنتها دو نسل دارند شامل گارنت‌های قبل تا همزمان با فعالیت تکتونیک و گارنت‌های همزمان با فعالیت تکتونیک. آنالیز EPMA نشان داد که منطقه بندی گارنت‌ها ازنوع آلماندین، گراسولار، اسپسارتین و آندرادیت می‌باشد. گارنتها بدون منطقه بندی فیزیکی ولی دارای منطقه بندی شیمیایی می‌باشند. عناصر Mn و Ca از مرکز به سمت حاشیه بلور کاهش و Fe افزایش می‌یابد. پنج نوع میانبار (L)، (V)، (L+V)، (L+V+S) و (L+V+S1+S2) دیده شده است. دمای همگن‌شدن میانبارهای سیال در نمونه‌های بین ^{oC} ۳۲۲ تا ۴۸۵ است. همچنین مقادیر شوری میانبارهای سیال بین ۵/۷ تا ۱۹/۶ درصد وزنی معادل نمک طعام بدست آمد. چگالی سیال سازنده گارنتها بین gr/cm^3 ۰/۵۶۹ تا ۰/۸۴۲ می‌باشد. سیال سازنده گارنتها منشا ماگمایی و دگرگونی دارد.

کلید واژه‌ها: *گارنت میکاشیست، منطقه‌بندی شیمیایی گارنت،سیالات درگیر، منشا ماگمایی دگرگونی.*

مقدمه:

گارنت به‌عنوان یکی از کانی اصلی در سنگهای دگرگونی ویکی از کانی های فرعی درسنگ‌های آذرین محسوب می‌شود گارنت‌ها، ازمشهورترین کانی‌های گروه نزو سیلیکاته (سیلیکات‌های جزیره‌ای) است که از چهاروجهی‌های SiO_4 به صورت مجزا از هم تشکیل یافته است و تنها ازطریق پیوندهای یونی باکاتیون‌های میان روزنه‌ای به یکدیگرمتصل می‌گردند. کانی‌های گروه گارنت غالبا با سنگ‌های دگرگونی مانند انواع شیست‌ها ازجمله شیست‌های میکادار، شیست‌های هورنبلنددار، آمفیبولیت‌ها، اکلوژیت‌ها، مرمرها، سرپانتینیت‌ها و گنیس‌ها همراه می‌باشد. از این کانیها در صنایع عمدتا به عنوان ساینده استفاده می شود که این کاربرد خود لازمه آماده سازی و فرآوری این کانی صنعتی می‌باشد.[۱]

منطقه‌بندی شیمیائی درکانی های موجود در سنگ‌های دگرگونی وجود دارد. زونینگ شیمیایی بلورهای گارنت در سنگ‌های دگرگونی، بر اثر فرآیندهای رشد در طی افزایش دما[۲] , [۳]و نشست سیال آبگون در بلورهای گارنت قبل از فعالیت تکتونیکی [۴]ایجاد می شود. در دماهای پایین دگرگونی، گارنت معمولا زونینگ مشخصی را به دلیل توزیع نا همگن برخی عناصر و کانی‌های همراه نشان می‌دهد، که این امر ناشی از سرعت کند انتشار درون دانه‌ای می‌باشد. اما زمانی که دمای دگرگونی متجاوز از ۷۰۰

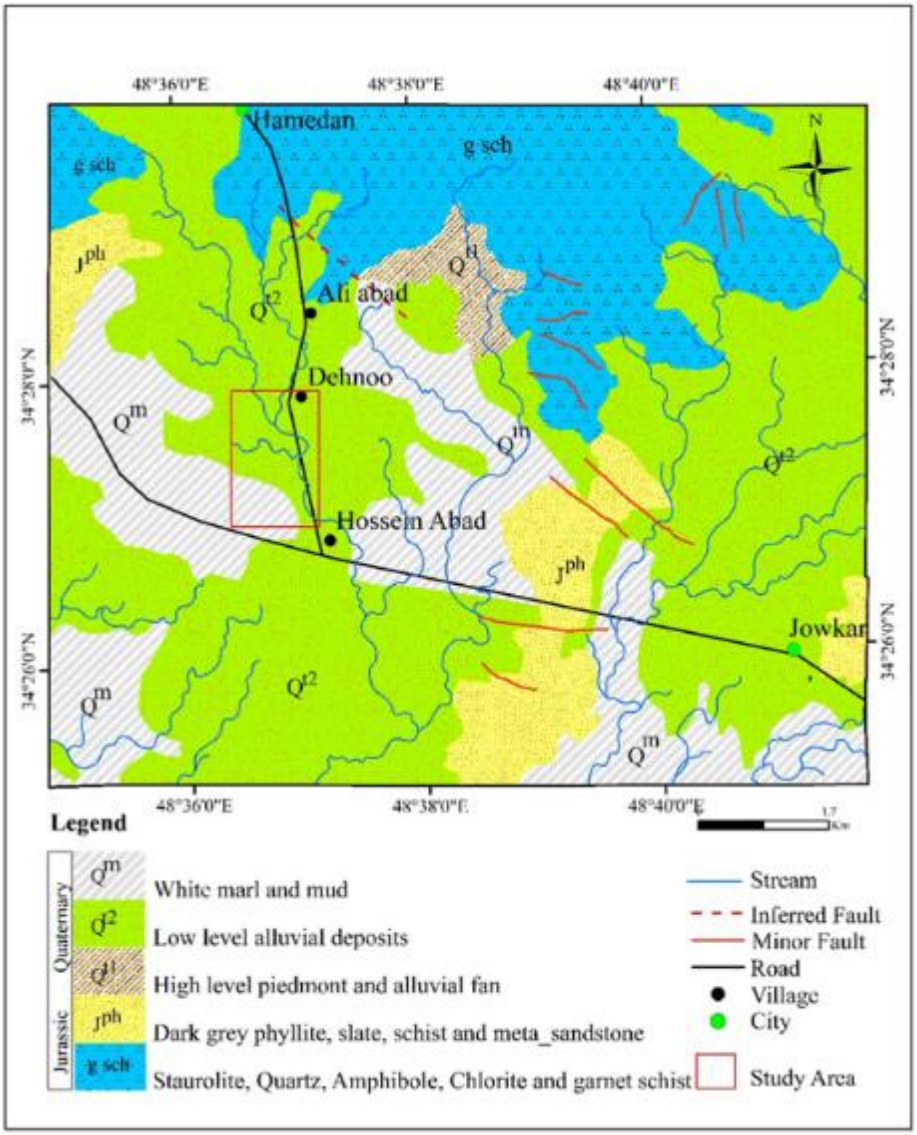
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

درجه سانتی گراد با شد زونینگ ر شدی گارنت‌ها در نتیجه سرعت بالاتر توزیع، تا حدودی یا کاملاً همگن خواهد شد [۵] ، [۶] . هدف از این پژوهش بررسی نحوه تشکیل و عوامل موثر در تشکیل گارنتهای منطقه مورد مطالعه می‌باشد.

موقعیت جغرافیایی و زمین شناسی منطقه مورد بررسی:

منطقه مورد مطالعه در نقشه چهار گوش زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر قرار دارد (شکل۱). این منطقه دارای تنوع لیتولوژیکی گسترده از شیست‌هایی با ترکیب کانی شناسی متفاوت و با سن پالئوزوئیک تا ژوراسیک است.این منطقه تحت تاثیر نفوذ توده باتولیت الوند با ترکیب اسیدی قرار گرفته است. میکاشیست‌های موجود در این منطقه به مانند توده‌های نفوذی توسط آبرفت احاطه شده‌اند. میکا شیست‌ها حاوی گارنت‌ها یا گارنت میکاشیست، حاوی گارنت به شکل پورفیروبلاست‌هایی بدون هوازدگی در سطوح سنگ هستند. این گارنت‌ها در رنگ‌های قرمز، قهوه‌ای و سیاه به صورت ریز بلورهای نیمه شکل‌دار تا شکل‌دار مشاهده می‌شوند. سنگ‌های دگرگونی موجود در منطقه همدان را می‌توان به دو گروه سنگ‌های دگرگونی ناحیه‌ای و مجاورتی تقسیم کرد که در اینجا پتروگرافی سنگ‌های مربوط به شیست‌های دگرگونی ناحیه‌ای توصیف شده است. بخش عمده توده الوند را گرانیت های پورفیروئید تشکیل می دهند، همچنین در این ناحیه طیف وسیعی از سنگ‌های دگرگونی رخنمون دارند که از نظر کانی شناسی بسیار متنوع می‌باشند. بنابراین تعیین رخساره و زون‌های دگرگونی ناحیه مورد مطالعه حائز اهمیت است و بخشی از وضعیت زمین شناسی به ویژه از دیدگاه سنگ شناسی دگرگونی منطقه همدان را مشخص می‌کند. منطقه همدان به دلیل داشتن تنوع از سنگ‌های‌دگرگونی وتوده نفوذی مهم الوند،از دیرباز مورد توجه بوده است، مطالعات زیادی هم بر روی توده آذرین و هم سنگهای دگرگونی در این منطقه انجام شده است [۷] ، [۸] ، [۹] ، [۱۰] ، [۱۱] انجام شده است. به طور کلی نتایج بدست آمده از تحقیقات انجام شده نشان میدهد منطقه همدان دربرگیرنده سه گروه اصلی دگرگونی،حاصل فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای یا دیناموترمال، دگرگونی مجاورتی و دگرگونی دینامیک است، مطالعات انجام شده درتوصیف مجموعه دگرگونی همدان وروشن کردن توالی رویدادها موثر بوده است ولی در زمینه ارتباط بین رخدادهای زمین شناسی و نحوه عملکرد مطالعات زیادی صورت نگرفته است. گارنت‌های موجود در شیست‌های منطقه دارای منطقه‌بندی پیوسته هستند[۱۲] ، [۱۳] ، [۱۴] . ترکیب شیمیایی و منطقه‌بندی گارنت‌های موجود در سنگ‌های آذرین و دگرگونی منطقه را تفکیک شده اند [۱۵] .

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۱- نقشه زمین شناسی محلی منطقه مورد نظر. اقتباس از چهارگوش ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰ ملایر[۷] .

روش مطالعه:

در بازدیدهای صحرایی از منطقه مورد مطالعه ۲۵ نمونه سنگی برداشت شده و از آنها ۱۰ عدد مقاطع نازک تهیه شد و مورد مطالعه پتروگرافی قرار گرفت. پس از مطالعات دقیق کانی شناسی ۳عدد از مقاطع میکروسکوپی جهت تجزیه نقطه‌ای به روش (XPMA) انتخاب شد و سه بلور گارنت، توسط آزمایشگاه شرکت کانساران بینالود ، در شرایط ولتاژ ۵۰ کیلو ولت و شدت جریانی به شدت ۱ میلی آمپر و زمان شمارش ۱۰۰ ثانیه، تجزیه نقطه‌ای شدند. همچنین جهت مطالعات میکروترمومتری از منطقه مورد مطالعه تعداد ۱۰۰ بلور درشت، شکل‌دار و شفاف گارنت که در در کلاسه های مختلف سیستم کوبیک متبلور شده‌اند از رسوبات پلاسر منطقه انتخاب شدند ، بر روی لام چسبانده شد و از آن‌ها به تعداد ۴ عدد مقطع دو بر صیقل با ضخامت ۱۰۰ میکرون تهیه شد. مطالعات

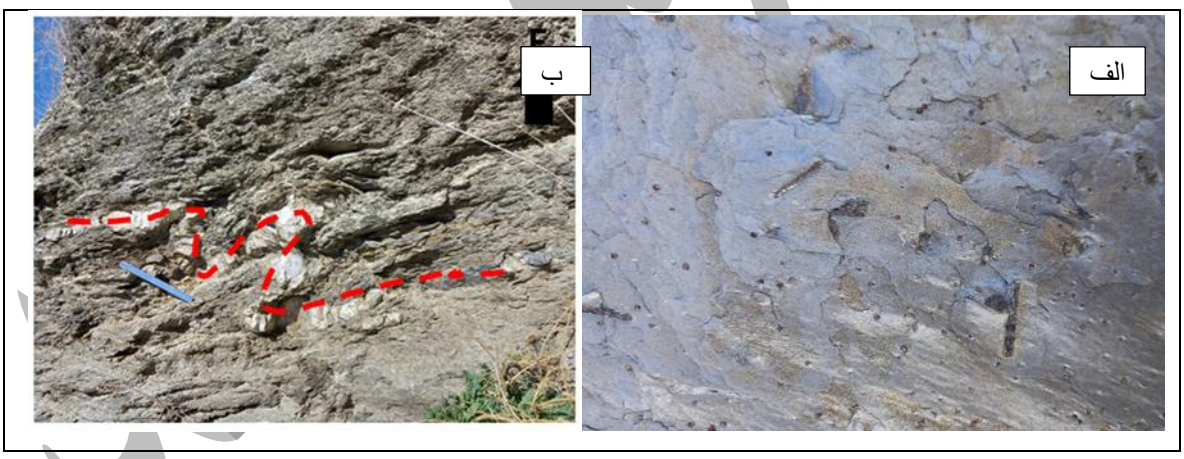
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

پتروگرافی با استفاده از میکروسکوپ ZEISS با عدسی شیئی LWD با بزرگنمایی ۴۰X در دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفت و پس از آن مطالعات میکروترمومتری درآزمایشگاه دانشگاه تربیت مدرس تهران با استفاده از سکوی گرمایش و سرمایش لینکام مدل THMS-600 با دو کنترل کننده حرارتی انجام شد.

بحث و بررسی:

سنگ نگاری:

این منطقه دارای تپه های با حد اکثر به ارتفاع ۱۰۰ متر است که توسط رسوبات آبرفتی در برگرفته شده است. سنگهای منطقه از انواع میکا شیستها میباشد که حاوی کانیهای مختلفی مانند اکتینولیت، گارنت و گرافیت میباشند نمای نزدیکی از شیستهای تحت فعالیت تکتونیکی به همراه چین خوردگی نسل S_2 از منطقه مورد مطالعه در شکل (۲ الف) مشاهده می‌شود. گارنت میکا شیست‌ها حاوی پورفیرو بلاستهای گارنت بدون هوازدگی یا با هوازدگی کم و با حالت تورق هستند . در نمونه دستی گارنت میکا شیست‌ها براق و رنگ خاکستری تیره تا سیاه دارند و از نظر دانه‌بندی متوسط دانه تاریز دانه هستند و بلورهای گارنت با اندازه‌های ریز تا درشت (حداکثر۳ میلی‌متر) به خوبی در آن‌ها قابل رؤیت می‌باشند (شکل۲ ب).



شکل ۲- الف) نمای نزدیکی از شیستهای تحت فعالیت تکتونیکی به همراه چین خوردگی نسل S_2. ب) نمای نزدیک از گارنت میکا شیست های منطقه گارنتها به صورت پرفیروبلاستها دیده میشوند.

در بررسی مقاطع میکروسکوپی، کانیهای اصلی تشکیل دهنده سنگهای شیستی منطقه شامل کوارتز، بیوتیت، مسکویت وگارنت می‌باشد. کانی‌های اپک و اکسیدآهن نیز به عنوان کانی فرعی در نمونه‌ها دیده می‌شود. درشت بلور گارنت به صورت پورفیروبلاست درون میکا شیست جای گرفته‌است دو نسل از گارنت دیده میشود بلورهای قبل تا همزمان با فعالیت تکتونیک که اینها دارای خرد شدگی در مقاطع میکروسکوپی هستند بلورهایی که در همزمان با فعالیت تکتونیکی تشکیل شده اند فاقد خرد شدگی مشخصی

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

میباشند (شکل۳ الف و ب). بیوتیت و کوارتز به صورت پراکنده در زمینه هستند . اکسید آهن به صورت رگه‌ای، مسکویت و کانی‌های اپک موازی با چین خوردگی در مقطع دیده می‌شوند (شکل ۳پ و ت).

مسکویت و بیوتیت اجزای اصلی تشکیل دهنده‌ی شیستوزیته در سنگ می‌باشند. مسکویت ریز دانه یا سریسیت به صورت بلورهایی با ابعاد حدود ۰/۰۱ میلی‌متر و فراوانی تقریبی ۴۰ درصد در نمونه قابل مشاهده هستند و به دلیل تنش موجود در محیط و دگر شکلی جهت‌یافتگی پیداکرده‌اند. بیوتیت نیز به صورت ریز بلورهایی با ابعاد تا ۰/۰۵ تا ۰/۲۵ میلی‌متر و با فراوانی تقریبی ۵ درصد در زمینه سنگ حضور دارد.

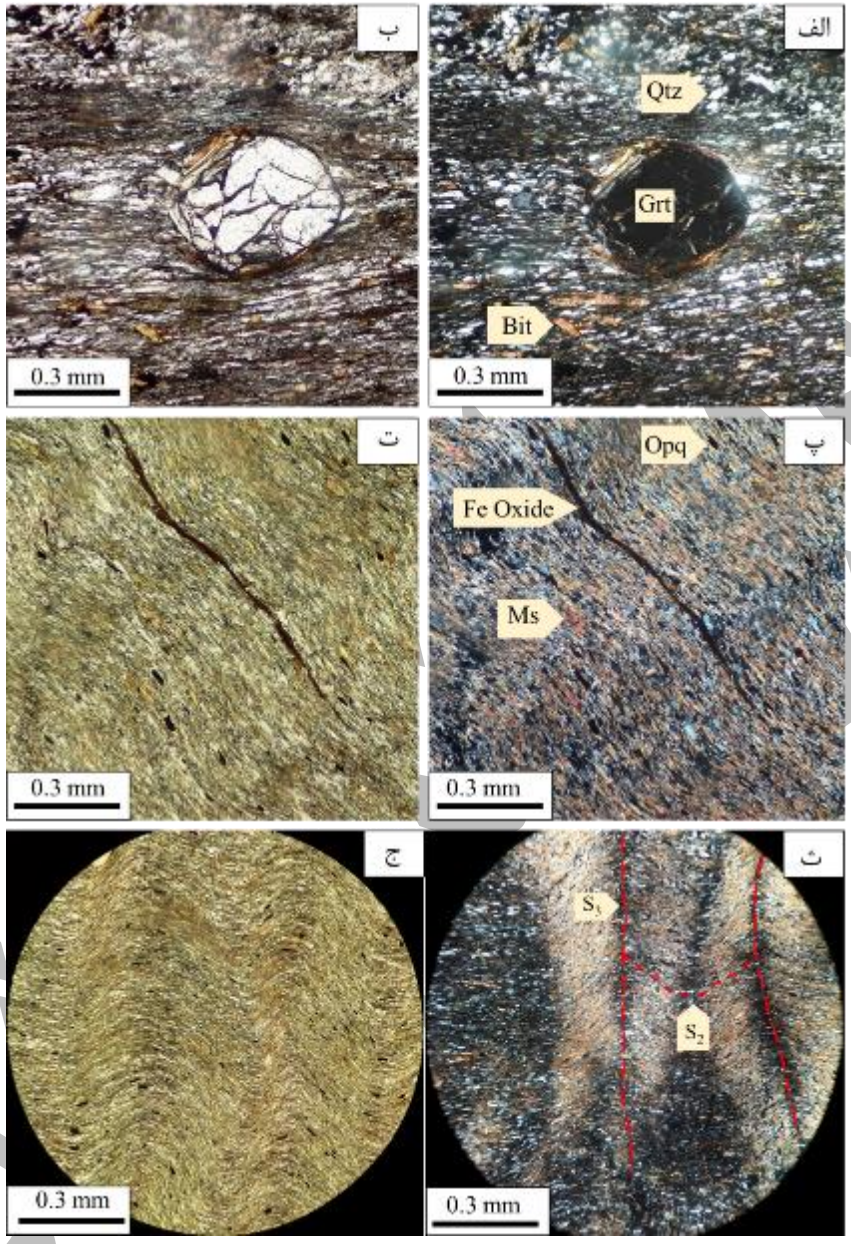
کوارتز به صورت دانه‌های بی‌شکل و دارای خاموشی موجی در مقاطع دیده می‌شود. اندازه دانه‌های کوارتز حدود ۰/۰۱ میلی‌متر است و تقریبا ۴۰ درصد نمونه را دربر گرفته‌است.

بافت غالب این سنگ‌ها پورفیروبلاستیک و همچنین بافت جهت یافته و رخ مواج میباشد.

در منطقه همدان چهار نسل برگوارگی، S_1، S_2، S_3 و S_4 تشخیص داده شده است، [۱۶]. در مقاطع مورد بررسی از منطقه مورد نظر برگوارگی نسل دوم(S_2) و برگوارگی نسل سوم(S_3) قابل مشاهده می‌باشد. ماهیت برگوارگی نسل دوم که در منطقه برگوارگی غالب را ایجاد کرده است بیشتر از نوع شیستوزیته سطح محوری می‌باشد. این برگوارگی گاهی به موازات لایه‌بندی اولیه دیده می‌شود که در طی دگرشکلی‌های بعدی چین خورده و برگوارگی نسل سوم را در منطقه ایجاد کرده است. برگوارگی نسل سوم برگوارگی ضعیفی است که به موازات سطح محوری چین‌های نسل سوم گسترش یافته است. این برگوارگی به صورت خم شدن کانی‌های صفحه‌ای نظیر مسکویت و بیوتیت موازی سطح محوری چین‌های نسل سوم ایجاد شده است و در راستای این برگوارگی هیچ کانی صفحه‌ای رشد نکرده است (شکل۳ ث و ج).

ویرایش نشده

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی تهیه شده از مقاطع نازک منطقه مورد مطالعه. الف) درشت بلورگارنت با کمی چرخش و خرد شدگی به همراه کوارتز و بیوتیت XPL،(Grt: گارنت، Bit: بیوتیت، Qtz، کوارتزب) همان تصویر در PPL. پ) رگه اکسید آهن با چین خوردگی نسل اول به همراه کانی‌های اپک و مسکویت در ترک‌های مویی XPL،(Ms: مسکویت، Fe Oxide: اکسید آهن). ت)همان تصویر در PPL. ث) تصویر میکروسکوپی از برگوارگی نسل دوم و نسل سوم در مقاطع مورد مطالعه XPL. ج) همان تصویر در PPL.

شیمی گارنت:

به منظور برر سی شیمی بلورگارنت و همچنین مطالعه زونینگ احتمالی درون آن ، بلور گارنت از مرکز به حا شیه مورد تجزیه به روش XPMA قرار گرفته است. جدول (۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

به منظور محاسبه فرمول گارنتهای مورد مطالعه، فرمول گارنت بر اساس ۱۲ اتم اکسیژن محاسبه شد. با استناد به این نتایج و ترسیم نمودار سه تایی تقسیم‌بندی گارنت ها (شکل۴) مشخص شد که تجمع نقاط مرتبط با آنالیزها، از لحاظ عناصری تجمع گارنتها بیشتر در قطبهای Fe, Mn میباشد و از نظر کانیایی بیشتر در قطب آلماندین و اسپسارتین میباشد. تعدادی از نقاط نیز در نزدیک به قطبهای گراسولار و آندرادیت قرار میگیرند. مطابق با آنالیزهای انجام شده و محاسبه فرمولی به روش فوق ، آلماندین (۳۴/۴- ۲۰/۴ ٪)، (اسپسارتین (۴۶/۸ -۲۰٪)، آندرادیت (۳۰/۷ – ۲۱/۸٪) و گراسولار مقدار (۲۳/۵ – ۱۰/۴ ٪) ، از ترکیب گارنت‌های مورد بررسی را تشکیل میدهند.

جدول ۱- نتایج آنالیز EPMA بلورهای گارنت‌های و محاسبه فرمول آنها در منطقه جوکار (Deer et al., 1982).

Sample	D - 9 (1)				
Mineral	Point.No				
	1	2	3	4	5
$\%Al_2O_3$	14.49	15.44	15.27	14.86	15.35
SiO_2	30.53	30.16	29.62	29.89	30.49
CaO	1.81	1.7	1.77	1.63	1.68
MnO_2	17.06	17.2	16.68	14.84	9.96
Fe_2O_3	35.84	35.15	36.38	38.58	42.27
Total	99.73	99.65	100.01	100.01	99.87
تعداد کاتیون‌ها بر اساس ۱۲ اکسیژن					
Al	1.7067	1.2433	1.2226	1.1902	1.2296
Si	2.697	1.8098	1.7786	1.7956	1.8318
Ca	0.3198	0.204	0.2126	0.1958	0.2019
Mn	3.0141	2.0642	2.0032	1.7829	1.1968
Fe	4.1109	4.0499	4.1038	4.3243	4.5668
Total	11.8485	9.3712	9.3208	9.2888	9.0269
Almandie	35.83	32.06	32.09	32.74	33.65
Grassular	19.66	17.27	17.18	15.85	17.29
Spessartine	25.73	21.43	21.21	20.76	19.69
Andradite	29.27	26.14	26.18	26.62	27.23
Sample	D - 9 (2)				
Mineral	Point.No				
	1	2	3	4	5
$\%Al_2O_3$	19.2	15.29	17.44	14.72	19.73
SiO_2	31.6	34.49	34.3	38.66	54.39
K_2O	0.22	0.24	0.38	0.67	3.55

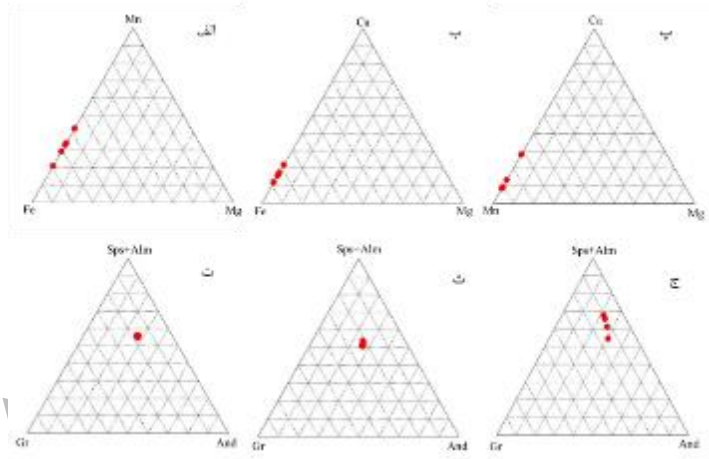
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

CaO	4.32	6.18	8.31	8.92	6.51
MnO_2	12.04	11.16	9.66	5.6	0.98
Fe_2O_3	32.62	32.64	29.92	31.43	14.33
Total	100	100	100.01	100	99.49
تعداد کاتیون‌ها بر اساس ۱۲ اکسیژن					
Al	1.5349	1.2231	1.3937	1.1767	1.5781
Si	1.8947	2.0692	2.0557	2.3177	3.2627
Ca	0.518	0.7415	0.9961	1.0695	0.781
K	0.0528	0.0576	0.0911	0.1607	0.8518
Mn	1.4438	1.3391	1.1579	0.6715	0.1176
Fe	3.9117	3.9164	3.5865	3.7686	3.7193
Total	9.3559	9.3469	9.281	9.1647	10.3105
Almandine	32.489	32.403	31.714	32.6123	36.1022
Grassular	22.3079	22.878	23.9428	24.515	27.2873
Spessartine	25.0853	24.671	24.4282	23.321	25.2971
Andradite	27.0615	28.264	28.3284	29.6988	31.5697

Sample	D - 9 (3)				
Mineral	Point.No				
	1	2	3	4	5
$\%Al_2O_3$	14.02	14.08	13.52	14.36	14.54
SiO_2	28.28	29.26	30.98	31.68	44.73
CaO	1.74	1.59	1.53	1.51	1.52
MnO_2	17.52	16.99	14.78	9.75	4.15
Fe_2O_3	38.2	37.99	39.19	42.7	33.61
Total	99.76	99.91	100	100	99
تعداد کاتیون‌ها بر اساس ۱۲ اکسیژن					
Al	1.121	1.1246	1.0764	1.1402	1.1334
Si	1.696	1.7528	1.8499	1.8867	2.615
Ca	0.2087	0.1905	0.1827	0.1799	0.1777
Mn	2.1013	2.0355	1.7651	1.1613	0.4852
Fe	4.5817	4.5515	4.6803	5.0859	3.9298
Total	9.7087	9.6549	9.5544	9.454	8.3411

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

Almandine	37.1523	37.4816	37.9882	40.1649	41.5724
Grassular	19.1421	18.7592	18.5483	18.966	21.4801
Spessartine	83.9104	84.2227	75.265	56.9677	37.885
Andradite	41.1908	39.3561	40.4729	43.0723	44.8701



[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

شکل ۴- نمودار مثلثی تقسیم بندی گارنت‌های بر اساس ترکیب شیمیایی در منطقه مورد مطالعه. الف) عناصر Fe-Mn-Mg. ب) نمودار Ca-Fe-Mg پ) عناصر Ca-Mn-Mg ت)، ث) و ج) نمودارهای مثلثی تقسیم بندی نوع گارنت برمبنای گروسولا(Gr)-(آندرادیت(And)+ پیروپ)-(اسپسارتیت(Sps)+آلماندین(Alm)) برای نمونه های مورد مطالعه

به منظور بررسی منطقه بندی ترکیبی (زونینگ شیمیایی) تعداد ۳ بلور گارنت از میکا شیست‌های منطقه انتخاب شد و در هر بلور ۵ نقطه از مرکز به حاشیه بلور مورد آنالیز میکروپروب قرار گرفت. و با توجه به محاسبات انجام شده در جدول ۱ نمودار تغییرات انواع گارنت در هر یک از ۳ نمونه مورد بررسی بلورهای گارنت در میکا شیست‌های منطقه در شکل (۵) و نشان داده شده است که نتایج آن به شرح زیر می‌باشد.

نمونه گارنت (1) D-9:

مقدار عنصر Fe از مرکز به سمت حاشیه افزایشی است در حالی که مقادیر عناصر Mn و Ca کاهش یافته است. سیر تغییرات عناصر Mn و Ca از مرکز به سمت حاشیه با سیر تغییرات مقدار آلماندین، گراسولار، اسپسارتین و آندرادیت تقریبا هماهنگ است. غیر از Fe عناصر دیگر سیرکاهشی را نشان می‌دهند. در حالی که Fe ابتدا کاهش و سپس افزایش یافته است. (شکل ۵ الف تا پ)

نمونه گارنت (2) D-9:

مقدار عنصر Fe و عنصر Mn از مرکز به سمت حاشیه کاهش یافته است در حالی که عنصر Ca روند افزایشی دارد. سیر تغییرات کانی‌های آلماندین، گراسولار، اسپسارتین و آندرادیت از مرکز به سمت حاشیه افزایشی می‌باشند که مطابق با رفتار عنصر Ca از مرکز به سمت حاشیه است. (شکل ۵ الف تا پ)

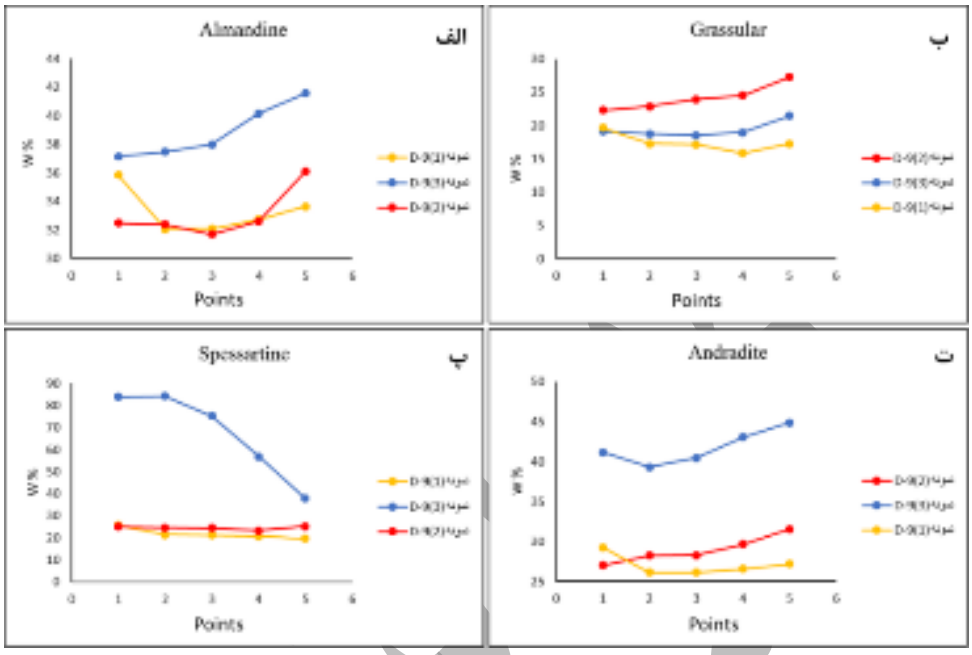
نمونه گارنت (3) D-9:

در این نمونه سیر تغییرات عناصر Fe و Mn مشابه نمونه گارنت (2) D-9 می‌باشد. غیر از عنصر Ca که از مرکز به سمت حاشیه کاهش یافته است. رفتار عنصر Mn از مرکز به حاشیه کاهشی می‌باشد که با رفتار اسپسارتین به سمت حاشیه منطبق است.

(شکل ۵ الف تا پ)

منطقه بندی فیزیکی یا منطقه بندی که با چشم غیر مسلح یا زیر میکروسکوپ قابل دیدن باشد در گارنت‌های موجود در میکا شیست‌های منطقه مشاهده نمی‌شود. اما منطقه بندی شیمیایی عادی در آن‌ها وجود دارد که نشان می‌دهد عناصر Mn و Ca از مرکز به سمت حاشیه کاهش و عنصرFe افزایش می‌یابد. که سبب تغییر ترکیب شیمیایی نوع گارنت مورد مطالعه میگردد.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۵ – الگوی رفتاری اعضای آلماندین (الف)، گراسولار (ب)، اسپسارتین (پ) و آندرادیت (ث) در نمونه گارنت‌های موجود در میکا شیست‌های منطقه مورد مطالعه از مرکز به سمت حاشیه.

مطالعات میکروترمو متری:

میانبارها سیال در منطقه مورد نظر برای ۴ نمونه دوبر صیقل بلورهای گارنت بررسی شد. بر پایه مطالعات صورت گرفته، از دید شکل ظاهری اکثر میانبارها دچار پدیده دم بریدگی شده‌اند و همچنین به صورت نامنظم، کشیده و میله‌ای هستند و تعداد کمی میانبار با شکل ظاهری منظم و کروی دیده میشود. ابعاد میانبارهای سیال از ۲ تا ۴۰ میکرون متغیر است. به طور میانگین در بلورهای گارنت بعد از میانبارهای دم بریده، میانبارهای کشیده و میله‌ای شکل با درجه پر شدگی ۱۰۰ درصد و سپس میانبارهای بی‌شکل با درجه پر شدگی ۶۰ تا ۷۰ درصد وجود دارند.

طبق طبقه بندی (Shepherd et al., 1985) [۱۷] فازهای زیر در میانبارهای موجود در بلورهای گارنت دیده می‌شود:

۱) میانبارهای تک فاز گاز (V) با درجه پرشدگی صفر. در این تیپ از سیالات درگیر حباب گازی تنها فاز تشکیل دهنده می‌باشد. این میانبارها اغلب به رنگ تیره دیده می شوند که تمام حجم میانبار با فاز گازی پر شده است. از نظر اندازه اغلب از ۵ تا ۳۰ میکرون هستند. این میانبارها اغلب به صورت اشکال نامنظم و بیضوی دیده می شوند (شکل ۶ الف).

۲) میانبارهای تک‌فازی مایع (L) با درجه پرشدگی ۱۰۰ درصد (شکل ۶ ب).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

۳) میانبارهای دوفازی مایع و بخار (L+V) با درجه پرشدگی ۵۰ درصد و بالاتر . به طور کلی این میانبارها از یک فاز مایع و یک حباب گازی تشکیل شده اند. حجم فاز گاز در این میانبارها ۲۰ تا ۴۰٪ حجم میانبار است. این میانبارها دارای اشکال نامنظم، بیضوی و کشیده هستند. این نوع از میانبارها در نمونه فراوان هستند و اغلب به صورت تجمعی دیده می‌شوند (شکل۶ پ و ت).

۴) میانبارهای سه فازی جامد (L + V + S) دارای یک یا چند فاز بلوریی جامد یا کانی‌های نوزاد که برخی بیش از ۵۰ درصد حجم داخلی میانبار را اشغال کرده‌اند. فراوانی این نوع کم و در اندازه های حدودا ۲۰ میکرون می باشند (شکل۶ ج).

۵) میانبارهای چهار فازی جامد (S1+S2+L+V) فاز جامد در سیالات چهار فازی، شامل هالیت و کلسیت می‌باشد (شکل ۶ ث). این نوع از میانبارها از یک سیال اشباع ته نشست شده اند .

طبق شواهد میکروترمومتری میانبارهای سیال دوفازی در کانی گارنت منطقه جوکار، دمای T_{fm} در میانبارهای دوفازی L+V بین کمینه ^{oC} ۳۲/۱- تا بیشینه ^{oC} ۲۱/۳- (میانگین ^{oC} ۲۴/۹۶- در تعداد ۴۰ میانبار سیال)، بدست آمد. همچنین، طبق این شواهد، دمای Tm_{ice} در میانبارهای دوفازی L+V بین کمینه ^{oC} ۱۴/۹- تا بیشینه ^{oC} ۵- (میانگین ^{oC} ۹/۰۹۵- در تعداد ۴۰ میانبار سیال) و در میانبارهای دوفازی V+L بین کمینه ^{oC} ۱۶/۲- تا بیشینه ^{oC} ۱۱/۱۲- (میانگین ^{oC} ۱۳/۷- در تعداد میانبار ۲ سیال)، بدست آمد.

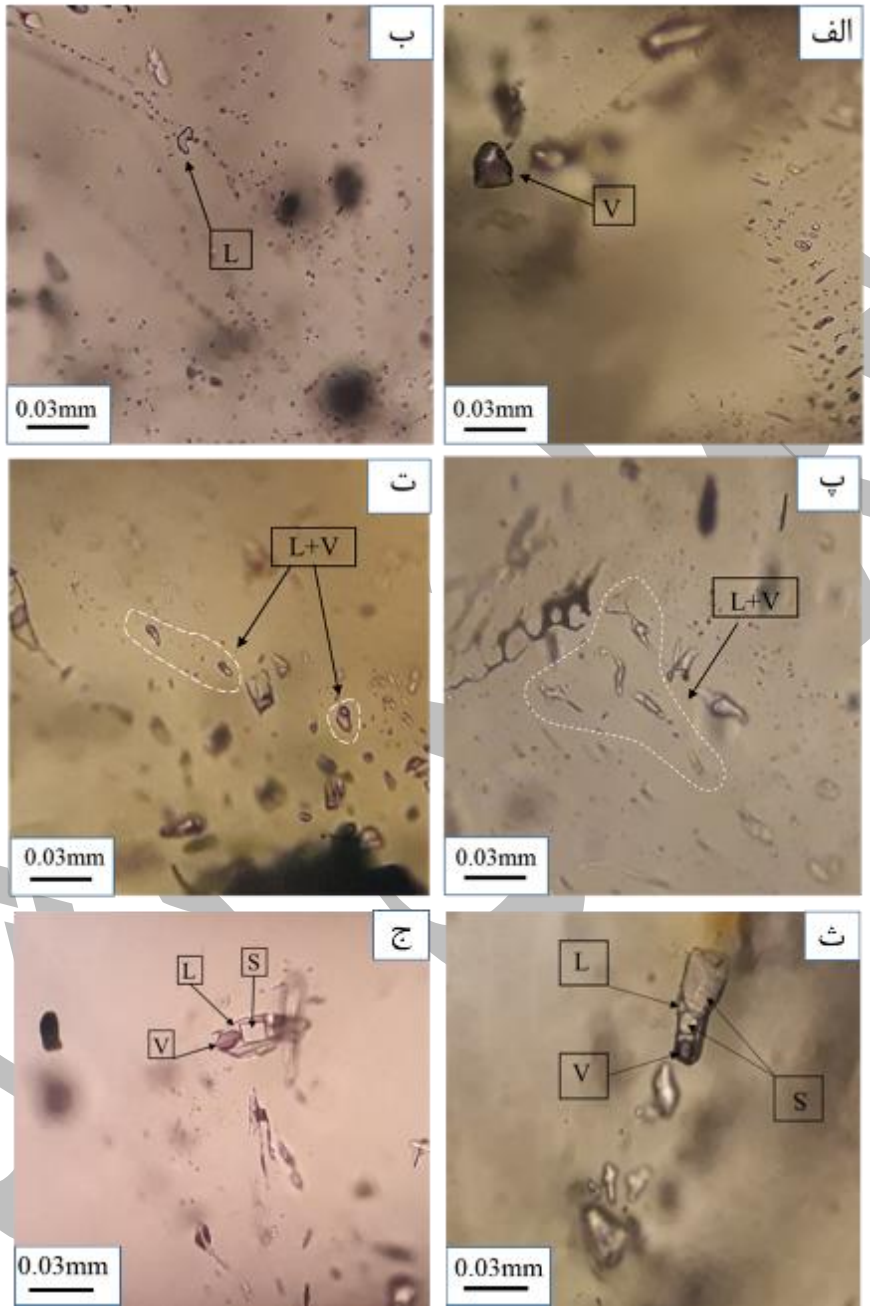
همچنین بر اساس مطالعات میکروترمو متری انجام شده در منطقه مورد مطالعه، تغییرات دمای همگن شدن کلی (Th_{total}) میانبار با فاز مایع، در میانبارهای نوع L+V از کمینه ^{oC} ۳۲۲ تا بیشینه ^{oC} ۴۸۵ (میانگین ^{oC} ۳۸۷/۶ در تعداد ۴۰ میانبار)، در میانبارهای نوع V+L از کمینه ^{oC} ۳۶۵/۲ تا بیشین ^{oC} ۳۹۸/۳ (میانگین ^{oC} ۳۸۱/۷۵ در تعداد ۲ میانبار)، بدست آمد (شکل ۷ الف).

شوری محاسبه شده در میانبارهای دوفازی مایع+گاز بین کمینه ۵/۷۱ تا بیشینه ۱۸/۵۵ (میانگین ۱۲/۷۴ در تعداد ۴۰ میانبار) و در میانبارهای دوفازی گاز+مایع بین کمینه ۱۵/۱۷ تا بیشینه ۱۹/۶۰ درصد وزنی معادل نمک طعام (میانگین ۱۷/۳ در تعداد ۲ میانبار)، بدست آمد (شکل ۷ب). چگالی میانبارهای سیال منطقه مورد مطالعه با استفاده از نرم افزار اکسل HOKIEFLINCS که توسط Steele MacInnis and et al., 2012 [۱۸] طراحی شده است، محاسبه شد. محدوده مقدار چگالی بین ۰/۵۶۹ تا ۰/۸۴۲ gr/Cm^3 می‌باشد (شکل۷پ).

برای اطلاع از وضعیت فشار گاز میانبارهای سیال کانی گارنت منطقه مورد مطالعه داده‌های دمای همگن شدن و شوری در نمودار منحنی‌های هم فشار [۱۹]ترسیم شد (شکل ۸) با توجه به موقعیت قرارگیری داده‌ها در نمودار یاد شده میتوان گفت، فشار بخار سیال‌های درگیر منطقه مورد بررسی در محدوده ۱۰ تا ۵۱ مگا پاسکال معادل ۱۰۰ تا ۵۱۰ بار و عمق ۳۵۰ متر تا ۱۷۸۵ متر در تغییر است (طبق رابطه ۱).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

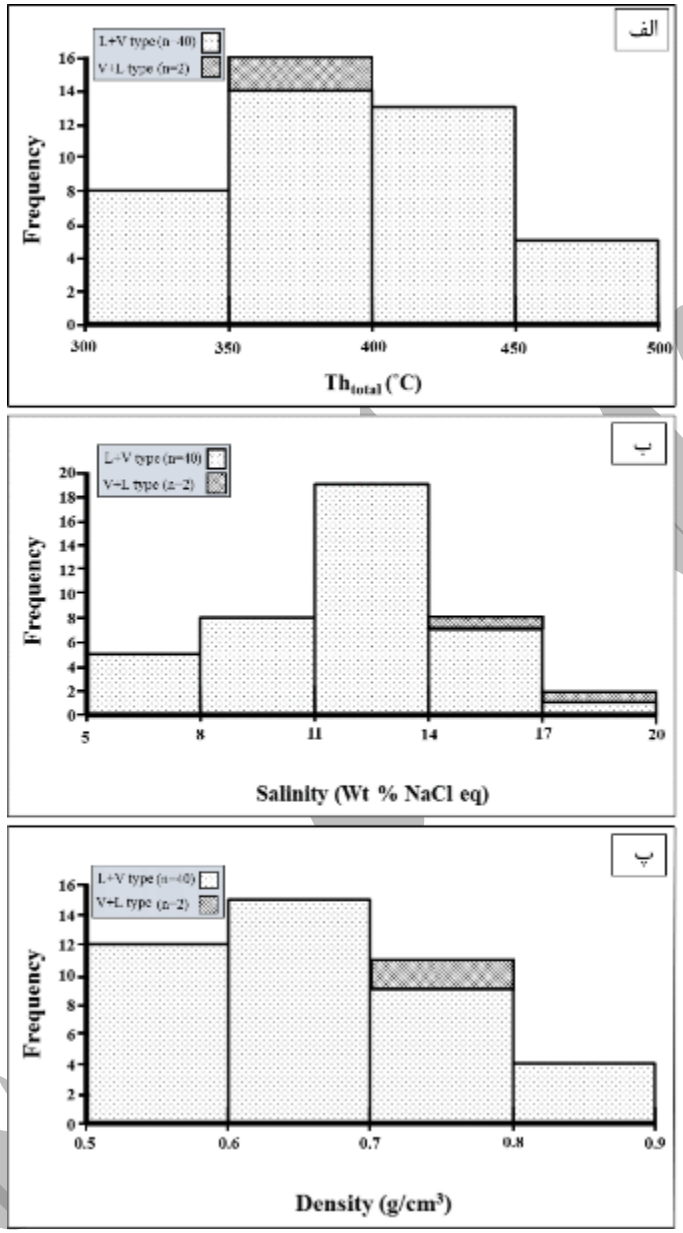
رابطه (۱) 1000 Bar = 100 Mpa = 3.5 km



شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی نوری عبوری از میانبارهای سیال، الف) میانبار تک فاز غنی از گاز، ب) میانبار تک فاز غنی از مایع، پ و ت) تجمع میانبارهای دو فازی غنی از مایع. ث) میانبار سیال سه فازی دارای فاز جامد کلسیت بی شکل و هالیت مکعبی شکل.

ج) میانبار سیال سه فازی دارای فاز جامد هالیت مکعبی شکل.

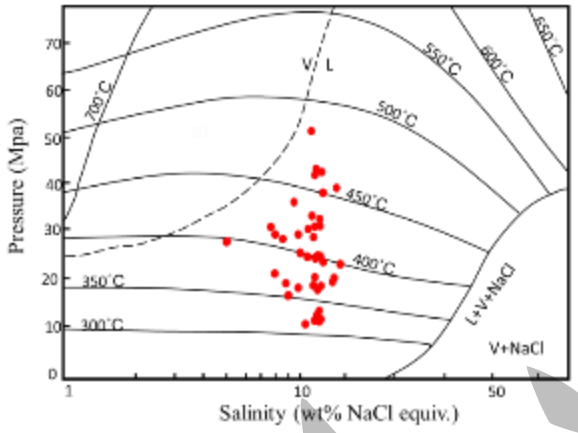
[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل۷- الف) نمودار هیستوگرام دمای همگن شدن در انواع میانبارهای سیال گارنت منطقه مورد مطالعه.

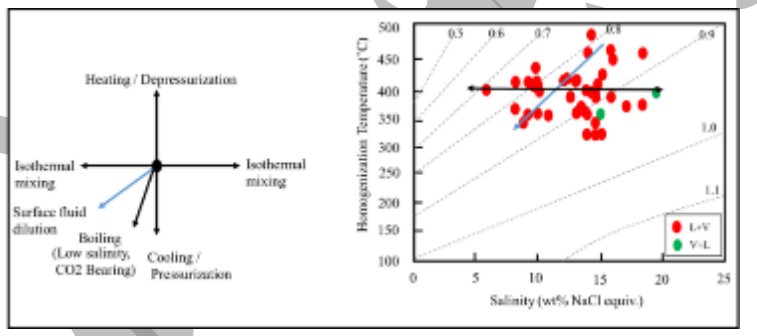
ب) نمودار هیستوگرام شوری در انواع میانبارهای سیال گارنت منطقه مورد مطالعه. پ) نمودار هیستوگرام چگالی در انواع میانبارهای سیال گارنت منطقه مورد مطالعه.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل۸- نمودار دما - شوری برای تخمین فشار میانبارهای سیال از (Bouzari and Clark, 2006).

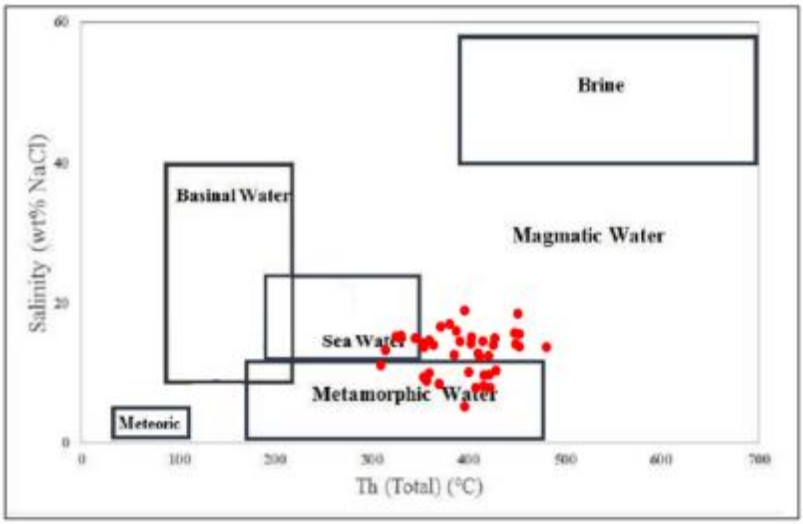
همچنین، با توجه به مقایسه روند میانبارهای سیال دوفازی با نمودار پایه[۲۰]، فرآیند دگرگونی توسط سیالات جوی مهمترین مکانیسم ته نشینی موثر در تشکیل گارنت‌های منطقه مورد مطالعه است (شکل ۹).



شکل۹- نمودار دما-شوری در سیستم H_2O-NaCl که در آن منحنی‌ها بر اساس چگالی رسم شده است. طبق این نمودار روند رقیق-شدگی سیال و مخلوط شدن دما مهمترین مکانیسم رخداد کانه‌زایی در منطقه مورد مطالعه است. نمودار پایه [۲۰] .

پیش بینی منشأ سیال با استفاده از نمودار کسلر (Kesler, 2005) [۲۱] نشان میدهد که میانبارهای سیال بیشترین تمرکز را در محدوده آبهای ماگمایی دارند، که با توجه به حضـــور باتولیت الوند و تزریق آب ماگمایی به درون ســـنگهای میزبان به خوبی مطابقت دارد. برخی دیگر از نمونه‌ها در محدوده آب‌های دگرگونی قرار گرفته‌اند. تعداد اندکی از نمونه‌ها در محدوده آب‌های دریایی پراکنده شده‌اند که احتمالاً سیال ضمن واکنش با سنگ در بر گیرنده در منطقه بالا آمده و در شیستها ته نشست شده است. (شکل ۱۰).

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]



شکل ۱۰- نمودار شوری - دمای همگن شدن برای تعیین منشأ سیالات منطقه جوکار (Kesler, 2005).

برداشت :

گارنت میکا شیستها منطقه جوکار توده باتولیتی الوند را در بر گرفته اند. در بررسی مقاطع میکرو سکوپی، اجزای اصلی تشکیل دهنده شامل کوارتز، بیوتیت، مسکویت وگارنت می‌باشد. کانی‌های اپک و اکسیدآهن نیز به عنوان کانی فرعی در نمونه‌ها دیده می‌شود. در آنالیز شیمیایی و استفاده از نمودار تقسیم‌بندی گارنت‌ها مشخص شد که گارنت‌های منطقه، بیشتر از نوع آلماندین و اسپسارتین و مقدار کمتری از نوع گراسولار و آندرادیت است.

در تصویر الگوی رفتاری عناصر Mn، Fe و Ca در نمونه‌های مختلف گارنت‌های منطقه برای اعضای آلماندین، گراسولار، اسپسارتین و آندرادیت نشان می‌دهد بی نظمی‌هایی در روند مقدار نمونه‌ها وجود دارد که ممکن است این بی نظمی‌ها ناشی از عواملی چون نزدیکی به کانی‌های مختلف باشد.

مطالعات میکروترمومتری نشان می‌دهد سیالات درگیر دارای دمای همگن شدن حداقل ^{oC} ۳۲۲ و حد اکثر ^{oC} ۴۸۵ با میانگین ^{oC} ۳۸۷/۶ است. مطالعات شوری نیز نشان می‌دهد که میانگین شوری ۵/۷۱ تا ۱۹/۶۰ درصد وزنی معادل نمک طعام می‌باشد. همچنین مطالعات فرآیندهای فیزیکی تغییر سیال و پتروگرافی سیالات درگیر نشان می‌دهند که سیال کانه زا در زمان نهشت در سیالات درگیر منطقه مورد مطالعه دو روند تشکیل آب‌های هم دما و رقیق شدن با آب‌های سطحی مشاهده می شود. فشار بخار سیال‌های درگیر منطقه مورد مطالعه در محدوده ۱۰۰ تا ۵۱۰ بار و عمق ۳۵۰ متر تا ۱۷۸۵ متر می‌باشد افزایش دما به دلیل تجمیع دمای ناشی از دگرگونی و نفوذ توده الوند بوده است و همچنین محدوده مقدار چگالی سیال بین ۰/۵۶۹ تا ۰/۸۴۲ gr/cm^3 به دست آمد. سیال سازنده گارنتها منشا ماگمایی تا دگرگونی به طور عمده داشته است که با آبهای سطحی رقیق شده است.

قدردانی:

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

نگارندگان این مقاله از مدیریت معدن سیلیس کوه ناز آقای ذبیح اله محمدی که همکاری در عملیات میدانی به عمل آوردند.

همچنین معاونت محترم پژوهشی دانشگاه بوعلی سینا همدان بخاطر کلیه همکاریهایشان نهایت قدردانی و تشکر را دارند.

منابع:

1) Bonno S., (1965). Notes on Rock Forming Minerals, Zonal structure of pyralspite in Sanbagawa schists in the Bessi area, Shikoku, Journal of Geological of Society Japan, v 71, p.185-188.
2) Loomis, T. P., & Nimick, F. B. (1982). Equilibrium in Mn-Fe-Mg aluminous pelitic compositions and the equilibrium growth of garnet. The Canadian Mineralogist, 20(3), 393-410.
3) Grant, J. A., & Weiblen, P. W. (1971). Retrograde zoning in garnet near the second sillimanite isograd. American Journal of Science, 270(4), 281-296.
4) Hwang, S. L., Yui, T. F., Chu, H. T., & Shen, P. (2001). Submicron polyphase inclusions in garnet from the Tananao Metamorphic Complex, Taiwan: a key to unravelling otherwise unrecognized metamorphic events. Journal of Metamorphic Geology, 19(5), 601-607.
5) Carlson, W. D. (1989). The significance of intergranular diffusion to the mechanisms and kinetics of porphyroblast crystallization. Contributions to Mineralogy and Petrology, 103(1), 1-24.
6) Carlson, W., & Schwarze, E. (1997). Petrological significance of prograde homogenization of growth zoning in garnet: an example from the Llano Uplift. Journal of Metamorphic Geology, 15(5), 631-644.
7) Sepahi, Ali Asghar, Najafi Rashed Sara, Shahbazi Hossein, Maanijou Mohammad, (2016)Textural and Sr-Nd isotopic evidence of assimilation of pelitic rocks in the Alvand plutonic complex (western Iran). Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume:24 Issue: 3, 503. (in Persian).
8) Jafari Seyedeh Raziyeh , Sepahi ali Asghar , Moazzen Mohsen , Shahbazi Hosain. (2019). The study of continuous and discontinuous zoning of garnet mineral in the migmatites of the Hamedan region and its petrogenetic applications. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume:27 Issue: 1, PP 31 to 46. (in Persian).
9) Sepahi A.1999, "Petrology of the Alvand plutonic complex with special reference on granitoids. Ph. D. Thesis, Tarbiat-Moallem University, Tehran, Iran, (in Persian)
10) Barati Mehrdad. (2012). Investigation of mineralogy, geochemistry and sulfur isotopes in the Galali deposit, western Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume 20, No. 2, pp. 215-228(in Persian).
11) Hosseinmirzaei Z, Sepahi A. A., Aliani F., Hosseinmirzaei Z., "Investigation of metamorphic Zonation and isogrades of Garnet rocks in Hamadaan area (2010) " 1st international congress of applied geology, Mashhad Azad University .

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

12) Barati Mehrdad, Mohamadi Arezoo, Hazareh Mohamad, Fallah Karimi Zinab 2023. Mineralogical and XRD studies of graphite veins in the northeast of Alvand Mountain. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume:31 Issue: 1, PP 123 to 134. (in Persian)
13) Barati Mehrdad , Ostadhosieni Akram , Abdi Siamak (2024) Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume:31 Issue: 4, PP 605 to 620. (in Persian)
14) Gholipour Maysam , Barati Mehrdad , Talefazel Ebrahim , Hurai V. (2020) Chemical-textural relations of Apatite-monazite-xenotime in the Lakeh-Siah iron±apatite deposit (northeastern Bafq): evidences for a hydrothermal system development Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy, Volume:28 Issue: 1, PP, 51 to 70. (in Persian)
15) Mohajal, M., Valizadeh, M. and Moghadam, F.,(2006). Analysis of deformation in the mylonitic granite of Aliabad, Demq and the importance of its shear zone in the tectonic interpretation of the Hamedan region, Journal of Sciences of the University of Tehran, Volume 32, Number 2, pp. 91-104. (in Persian)
16) Patranabis-Deb, S., Schieber, J., Basu, A., (2008). Almandine garnet phenocrysts in a 1 Ga rhyolitic tuff from central India. Geological Magazine 146, 133–143.
17) Shepherd, T. J., & Allen, P. M. (1985). Metallogenesis in the Harlech Dome, North Wales: a fluid inclusion interpretation. Mineralium Deposita, 20(3), 159-168.
18) Steele-MacInnis, M., Lecumberri-Sanchez, P., & Bodnar, R. J. (2012). Short note.
19) Bouzari, F., & Clark, A. H. (2006). Prograde evolution and geothermal affinities of a major porphyry copper deposit: the Cerro Colorado hypogene protore, I Región, northern Chile. Economic Geology, 101(1), 95-134.
20) Wilkinson, J. J. (2001). Fluid inclusions in hydrothermal ore deposits. Lithos, 55(1-4), 229-272.
21) Kesler, S. E. (2005). Ore-forming fluids. Elements, 1(1), 13-18.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]

Study of the formation of industrial garnets in garnet micaschists south of Alvand, Hamadan, Iran

Mehrdad Barati*[1], Susan Ebrahimi[1], Behrouz Rafiei[1]

1: Department of Geology, Bu-Ali Sina University, Hamadan

Barati@basu.ac.ir

Abstract:

The Jokar region is located in the southeast of Hamedan province in the Sanandaj-Sirjan zone. The rock unit of the region includes garnet schist and phyllite rock units. Quartz, biotite, muscovite and garnet were observed in microscopic examination. Garnets have two generations including garnets before and during tectonic activity and garnets during tectonic activity. EPMA analysis showed that the zoning of garnets is almandine, grossular, spessartine and andradite. Garnets have no physical zoning but have chemical zoning. Mn and Ca elements decrease from the center to the crystal edge and Fe increases. Five types of intercalation (L), (V), (L+V), (L+V+S) and (L+V+S1+S2) have been observed. The homogenization temperature of the inclusions in the samples is between 322 and 485 oC. Also, the salinity values of the inclusions were found to be between 5.7 and 19.6% by weight equivalent to table salt. The density of the fluid forming garnets is between 0.569 and 0.842 g/cm3. The fluid forming garnets has a magmatic and metamorphic origin.Keywords: Micaschist garnet, chemical zoning of garnet, magmatic metamorphic origin.

Keywords: Micaschitic garnet, chemical zoning of garnet, Fluid inclusion, magmatic and metamorphic origins.

[Downloaded from ijcm.ir on 2025-07-10]