

بررسی پتانسیل کانه‌زایی در توده اسکارن دهنو بر اساس ترکیب گارنت (شمال غرب مشهد)

رامین صمدی*^۱ - نرگس شیردشت‌زاده^۱
^۱دانشجوی دکتری، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات تهران
Ramin_samadi@geologist.com

چکیده

پیرامون توده تونالیتی دهنو در شمال غرب مشهد، برونزدهایی از اسکارن با بلورهای گارنت همراه با لایه‌بندی مشخص مشاهده می‌شوند. پروتولیت این توده‌ها، سنگ‌های کربناته‌ای است که در اثر تزریق توده تونالیتی در طی دگرگونی متاسوماتوز به اسکارن تبدیل شده‌اند. نتایج حاصل از آنالیز میکروپروب نشان دادند که محتوای Mn و Cr گارنت‌ها قابل اغماض است ولی با توجه به چگونگی تغییر عناصر Al و Fe در مرکز و حاشیه گارنت، گارنت‌ها از نوع گروسولار - آندرادیت می‌باشند. گارنت‌های مورد مطالعه نشان‌دهنده اسکارن کلسیک با پتانسیل کانه‌زایی طلا، قلع و سرب - روی می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: اسکارن، گارنت، کانه‌زایی، دهنو، مشهد.

Abstract

In Dehnow (northwest of Mashhad), skarn that outcropped around the tonalites, are characterized by containing garnets and layering. Their protolith was carbonate rocks that turned into skarns during metasomatism and intrusion of tonalites. According to the microprobe analyses, Mn and Cr content of garnets are inconsiderable but Al and Fe concentration in core and rim of the garnets indicate that they are grossular - andradite. These garnets show calcic skarn with potential of Au, Sn, Pd and Zn mineralization.

مقدمه

گارنت‌ها یکی از مهمترین گروه‌های کانی‌های ارتوسیلیکاتی هستند که در محدوده گسترده‌ای از محیط‌های زمین‌شناسی یافت می‌شوند (دیر و همکاران، ۱۹۹۷). کانی‌های گروه گارنت مشخص‌کننده سنگ‌های دگرگونی هستند اما در بعضی از سنگ‌های آذرین و همچنین به صورت دانه‌های تخریبی در رسوبات دیده می‌شوند. در مجموعه‌های طبیعی انواع گارنت محلول جامد گسترده‌ای را نشان می‌دهند، بنابراین ترکیبات شیمیایی آنها اغلب بر حسب نسبت‌های مولار ترکیب اعضای نهایی بیان می‌شود (هاوتورن، ۲۰۰۲). امروزه مطالعات گسترده‌ای بر روی گارنت‌های دارای ساختمان منطقه‌ای نوسانی انجام شده است و به عقیده محققین بررسی زونینگ در گارنت‌های سری اوگراندیت می‌تواند راهگشای شناخت سیستم‌های حاکم بر محیط در حین تشکیل اسکارن‌ها باشد (کلچنکو و ولی، ۲۰۰۳).

زمین‌شناسی منطقه

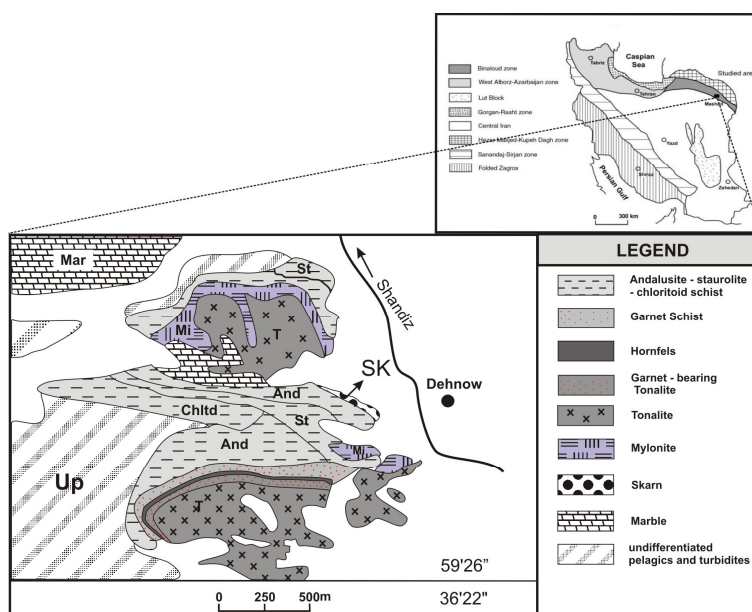
منطقه مورد مطالعه در شمال‌خاوری ایران، در ۱۵ کیلومتری شمال‌غرب شهر مشهد واقع گردیده است (شکل ۱). این ناحیه در محدوده زون ساختاری بینالود و در امتداد شرقی سلسله جبال البرز، در حد فاصل طولهای جغرافیایی $59^{\circ} 22'$ تا $59^{\circ} 26'$ شرقی و عرضهای جغرافیایی $36^{\circ} 20'$ تا $36^{\circ} 22'$ شمالی قرار دارد. جایگزینی توده گرانیتی مشهد در سری ولکانیک - رسوبی متعلق به پالئوزوئیک فوقانی که بر اساس شواهد موجود در اواخر تریاس صورت پذیرفته، سبب دگرگونی‌هایی گردیده است. آثار این دگرگونی شامل تبلور، تبلور مجدد، دگرشکلی پلاستیک و الاستیک و نیز کانه‌سازی بوده است.

مجیدی (۱۹۷۸) گرانیت‌های منطقه را به انواع G_1 ، G_2 ، G_3 تقسیم نموده است. توده‌های نفوذی رخنمون‌یافته در منطقه از نوع توده‌های مزوکرات و جزء فاز ماگمایی G_1 محسوب می‌گردند، که شامل تونالیت، گرانودیوریت و کوارتزدیوریت بوده و رگه‌های آپلیتی و پگماتیت‌ها نیز در آن برونزد دارند. این سنگ‌ها حاوی آنکلاوهایی از شیست‌ها، فیلیت‌ها و مجموعه افیولیتی میزبان خود هستند (ولی‌زاده و کریم‌پور، ۱۳۷۴).

سنگ‌های دگرگونی منطقه را اسلیت، فیلیت، گارنت‌شیست، آندالوزیت‌شیست، کلریتوئیدشیست، استرولیت‌آندالوزیت‌گارنت‌شیست، استرولیت‌آندالوزیت‌شیست، مرمر، کوارتزیت و اسکارن تشکیل می‌دهند. دگرگونی مجاورتی در منطقه، درجه پایین دگرگونی را نشان می‌دهد. تنها شواهد واضح دگرگونی مجاورتی حضور توده‌ای در در حاشیه توده تونالیتی می‌باشد.

پetroگرافی اسکارن

بر اساس ترکیب شیمیایی، اسکارن‌های منطقه عمدتاً از نوع اسکارن‌های کلسیک بوده و از نظر کانی‌شناسی توده اسکارنی شامل کلسیت به عنوان کانی اصلی و دیوپسید، ولاستونیت، اپیدوت و گارنت به عنوان کانی‌های فرعی می‌باشد. گارنت‌ها با ابعاد ۲ تا ۲/۵ میلیمتر عموماً با ادخال‌هایی از کوارتز و بیوتیت همراه با شکستگی‌های فراوان مشاهده می‌گردند. مطالعات صحرایی و شواهد پتروگرافی نشان می‌دهد که این توده‌ها متشکل از باندهای گارنت و پیروکسن بوده و در شرایط دگرگونی کم تا زیاد شکل گرفته‌اند و بر اساس ترکیب کانی‌شناسی، به زون‌های گارنت - ولاستونیت و گارنت - پیروکسن تقسیم می‌شوند. گارنت‌های مورد مطالعه به رنگ قهوه‌ای، بی‌شکل تا نیمه‌شکل دار با بافت پرفیروبلاستیک و لایه‌بندی مشخص در اسکارن منطقه مشاهده می‌شوند.



شکل ۱: نقشه زمین‌شناسی منطقه مورد مطالعه

(اقتباس از نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰۰، طبقه، تهیه شده توسط سازمان زمین‌شناسی ایران، ۱۳۸۰).

شیمی گارنت‌ها

برای تعیین ترکیب شیمیایی گارنت‌های توده اسکارنی ده‌نو تعدادی تجزیه نقطه‌ای از مرکز و حاشیه بلورها در موسسه مطالعه تحولات کره‌زمین کشور ژاپن انجام شد (جدول ۱ و ۲). توزیع عناصر Fe, Mn, Mg و Ca در گارنت اساساً تحت تاثیر درجه دگرگونی، دما، نرخ سرد شدگی، ماهیت سیال دگرگونی و شیمی سنگ مادر می‌باشد (هرنگی و همکاران، ۲۰۰۱). نتایج به‌دست آمده نشان می‌دهد که عناصر کلسیم، آهن و آلومینیم تغییرات

متناوبی در هسته و حاشیه بلور نشان می‌دهند. عناصر منیزیم، منگنز و همچنین تیتانیوم به صورت نسبی از هسته بلور به سوی حاشیه افزایش نشان می‌دهند. عنصر سیلیسیم در هسته و حاشیه تغییرات اندکی را نشان می‌دهد. با توجه به نوسانات درصدوزنی اکسیدها در مرکز و حاشیه بلور، این تغییرات نوسانی عناصر و تکرار آن دلالت بر تغییرات در طی رشد دارد، که ایجاد کننده منطقه‌بندی محدود در گارنت‌ها می‌باشد. ساختمان رشد منطقه‌ای به پدیده تفریق در حین رشد نسبت داده شده است (آرتون و ادمونز، ۱۹۶۶). در دماهای پایین دگرگونی، گارنت معمولاً زونینگ مشخصی را به دلیل توزیع همگن برخی عناصر بین گارنت و کانی‌های همراه نشان می‌دهد. که این امر ناشی از سرعت کند انتشار درون دانه‌ای می‌باشد، اما زمانی که دمای دگرگونی متجاوز از ۷۰۰ درجه سانتیگراد باشد، زونینگ‌رشدی گارنت‌ها در نتیجه سرعت بالاتر توزیع، تا حدودی یا کاملاً همگن خواهد شد (کارلسون و شوارز، ۱۹۹۷).

گارنتی که ترکیب آن کاملاً مشابه تنها یکی از اعضای نهایی گروه باشد کمیاب است، اما با این وجود گارنت را با نام عضوی که بیشترین درصد را در ترکیب بلور دارد می‌نامند. گارنت‌های مورد مطالعه، از نظر ترکیب شیمیایی شامل درصد بالایی از گروسولار (۸۲/۶۲٪ تا ۸۸/۴۳٪)، آندرادایت (۶/۷۵٪ تا ۱۴/۴۷٪) و درصد کمتری موریموتیت، آلماندین، پیروپ و اوواروایت هستند.

نتایج آنالیزهای میکروپروب گارنت‌های توده اسکارنی ده‌نو (جدول ۱ و ۲)، بر روی نمودار مثلثی گروسولار - آندرادایت - اسپسارتین (مینرت، ۱۹۹۲)، نشان داد که محتوای منگنز و کروم این کانی‌ها قابل اغماض بوده و از نظر ترکیب کانی‌شناسی در دو قطب متفاوت آندرادایت و گروسولار قرار می‌گیرند.

جدول ۱: نتایج آنالیز نقطه‌ای (EPMA) در مرکز بلورهای گارنت.

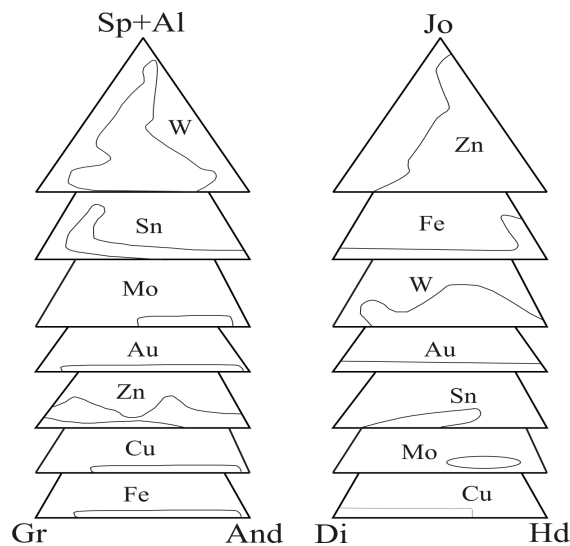
Sample	Grt ₁	Grt ₂	Grt ₃	Grt ₄	Grt ₅	Grt ₆	Grt ₇	Grt ₈	Grt ₉	Grt ₁₀
SiO ₂	۳۸.۵۰	۳۸.۱	۳۸.۸	۳۸.۶	۳۸.۶	۳۸.۵	۳۸.۳	۳۸.۲	۳۸.۷	۳۸.۶
TiO ₂	۰.۳۳	۰.۴۲	۰.۴۰	۰.۳۵	۰.۴۰	۰.۱۴	۰.۳۸	۰.۳۳	۰.۳۲	۰.۶۵
Al ₂ O ₃	۱۹.۹۰	۱۹.۳	۱۹.۸	۲۰.۱	۱۹.۵	۱۹.۲	۱۹.۱	۱۹.۶	۲۰.۱	۲۰.۲
Cr ₂ O ₃	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۴
FeO	۴/۲۶	۳.۲۲	۴.۵۷	۴.۳۳	۴.۸۹	۵.۴۳	۵.۵۳	۴.۶۱	۳.۷۷	۳.۹۸
MnO	۰/۱۴	۰.۰۹	۰.۰۲	۰.۱۴	۰.۰۵	۰.۰۴	۰.۰۵	۰.۰۷	۰.۱۱	۰.۱۴
MgO	۰/۱۱	۰.۰۱	۰.۱۱	۰.۱۰	۰.۱۰	۰.۱۲	۰.۱۵	۰.۰۹	۰.۱۱	۰.۱۳
CaO	۳۴/۷۵	۳۷.۴۰	۳۶.۰۷	۳۵.۸۲	۳۵.۸۲	۳۵.۱۲	۳۵.۵۷	۳۵.۹۴	۳۴.۷۳	۳۵.۹۲
Na ₂ O	۰.۰۱	۰.۰۳	۰.۰۲	۰.۰۲	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱
K ₂ O	۰/۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰
Total	۹۸/۰۰	۹۸.۷	۹۹.۷	۹۹.۴	۹۹.۳	۹۸.۶	۹۹.۱	۹۹.۰	۹۷.۹	۹۹.۷

جدول ۲: نتایج آنالیز نقطه‌ای (EPMA) در حاشیه بلورهای گارنت.

Sample	Grt1	Grt2	Grt3	Grt4	Grt5	Grt6	Grt7	Grt8	Grt9	Grt10
SiO2	۳۹.۰	۳۸.۵	۳۸.۶	۳۸.۴	۳۸.۵	۳۸.۶	۳۸.۸	۳۸.۴	۳۸.۶	۳۹.۰
TiO2	۰.۵۰	۰.۶۲	۰.۴۳	۰.۴۱	۰.۳۸	۰.۳۱	۰.۳۵	۰.۳۷	۰.۴۰	۰.۷۵
Al2O3	۱۹.۲	۱۹.۹	۱۸.۸	۱۹.۸	۱۹.۲	۱۹.۱	۲۰.۴	۱۹.۲	۱۹.۷	۱۹.۵
Cr2O3	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۳	۰.۰۵	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۲	۰.۰۶	۰.۰۲
FeO	۴.۷۳	۴.۴۰	۴.۵۴	۳.۸۸	۵.۱۴	۵.۴۴	۳.۵۳	۴.۵۵	۴.۰۷	۳.۷۳
MnO	۰.۰۶	۰.۱۵	۰.۱۴	۰.۱۲	۰.۰۲	۰.۰۸	۰.۱۲	۰.۰۳	۰.۱۴	۰.۲۰
MgO	۰.۱۶	۰.۱۳	۰.۰۱	۰.۱۳	۰.۱۶	۰.۱۳	۰.۱۲	۰.۰۸	۰.۱۱	۰.۱۷
CaO	۳۶.۰۷	۳۶.۵۹	۳۷.۱۷	۳۵.۷۱	۳۵.۹۴	۳۶.۰۹	۳۶.۰۰	۳۵.۹۸	۳۵.۹۳	۳۶.۴۱
Na2O	۰.۰۲	۰.۰۰	۰.۰۳	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱
K2O	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۰	۰.۰۱	۰.۰۱
Total	۹۹.۷	۱۰۰.۳	۹۹.۸	۹۸.۵	۹۹.۳	۹۹.۸	۹۹.۳	۹۸.۶	۹۹.۱	۹۹.۸

کانه‌زایی در اسکارن‌ها

مینرت (۱۹۹۲)، به بیان رابطه‌ای بین ترکیب شیمیایی کانی‌های اصلی سازنده اسکارن و نوع کانه‌زایی در آن می‌پردازد و این رابطه را در قالب نمودار (شکل ۲) نشان داده است. براین اساس در اسکارن‌های مس ترکیب گارنت، آندرادایت می‌باشد؛ ترکیب گارنت در اسکارن‌های قلع، گروسولار - آندرادایت - آلماندین؛ در اسکارن‌های تنگستن، اسپسارتین؛ در اسکارن‌های روی - سرب، گروسولار - آندرادایت؛ در اسکارن‌های طلا، گروسولار - آندرادایت و در اسکارن‌های آهن و مولیبدن، آندرادایت می‌باشد. براین اساس گارنت‌های مورد مطالعه نشان دهنده پتانسیل کانه‌زایی طلا، قلع و سرب - روی در اسکارن‌ها می‌باشند.



شکل ۲: رابطه بین ترکیب شیمیایی کانی‌های پیروکسن و گارنت و نوع کانه‌زایی در انواع مختلف اسکارن (مینرت، ۱۹۹۲).

نتیجه گیری

گارت‌های مورد مطالعه از لحاظ ترکیب کانی‌شناسی متعلق به سری اوگراندیت (گروسولار - آندرادیت) می‌باشند. بر اساس نمودار مثلی گروسولار - آندرادیت - اسپسارتین، اسکارن منطقه دارای پتانسیل کانه‌زایی طلا، قلع و سرب - روی می‌باشد.

سپاسگزاری

از همکاری‌های ارزنده مهندس رضا صمدی سپاسگزاری می‌گردد.

مرجع‌ها

۱. ولی‌زاده، م. و کریم‌پور، م. ح.، ۱۳۷۴. منشأ و موقعیت تکتونیکی گرانیت‌های جنوب مشهد. مجله علوم دانشگاه تهران، ۲۱، ۸۲-۷۱.
۲. صمدی، ر.، ۱۳۸۷، بررسی منشأ مگاکریست‌های گارت موجود در تونالیت دهنو (شمال‌غرب مشهد)، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه تهران (در حال انجام).
۳. صمدی، ر.، ولی‌زاده، م. و و میرنژاد، ح.، ۱۳۸۷. مطالعه شیمی مگاکریست‌های گارت در توده اسکارنی دهنو (شمال‌غرب مشهد). شانزدهمین همایش انجمن بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، ص ۲۲۳-۲۲۸.
۴. صمدی، ر.، ولی‌زاده، م. و، میرنژاد، ح. و هیروشی، ک.، ۱۳۸۷. ترموبارومتري گارت- بیوتیت و آمفیبول توده تونالیتی دهنو (شمال‌غرب مشهد). دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
۵. صمدی، ر.، ولی‌زاده، م. و، میرنژاد، ح. و هیروشی، ک.، ۱۳۸۷. مینرال شیمی و پتروگرافی مجموعه تونالیتی دهنو (شمال‌غرب مشهد). دوازدهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران.
6. Carlson W., Schwartze E. (1997). Petrological significance of prograde homogenization of growth zoning in garnet: An example from the Liano Uplift. *Journal of Metamorphic Geology*, **15**, pp. 631-639.
7. Clechenko C.C., Valley J.W. (2003). Oscillatory zoning in garnet from the Willsboro Wollastonite Skarn, Adirondack Mts, New York, a record of shallow hydrothermal processes preserved in a granulite facies terrane. *Journal of Metamorphic Geology*. **21**, pp. 771-784.
8. Grant J.A., Weiblen, P.W., (1971). Retrograde zoning in garnet near the second sillimanite isograd. *American Journal of Science*, **270**, pp. 281-296.
9. Harangi S.Z., Downes H., Kosa L., Szabo C.S., Thirlwall M.F., Mason P.R.D. and Matthey D. (2002). Almandine Garnet in Calc-Alkaline Volcanic Rocks of the Pannonian Basin (Eastern-Central Europe): Geochemistry, Petrogenesis and Geodynamic Implications. *Journal of Petrology*, **10**, pp. 1813-1843.
10. Hollister L.S. (1966). Garnet zoning, An interpretation based on the Rayleigh fractionation model, *Science*. **154**, pp. 1647-1651.
11. Meinert L.D. (1992). Skarn and skarn deposit. *Geosci. Canada*, **19**, 145-172.