



Occurrence of the gem mineral spinel in Manshad skarns (south of Yazd)

Shahrzad Sherafat

Department of Geology, Faculty of Science, Payame Noor University, Tehran, Iran

Mahnaz Khodami

Department of Geology, Faculty of Science, Yazd University, Yazd, Iran

Abstract

The Manshad skarn is exposed 40 km south of Yazd and on the western margin of the Central Iranian subcontinent in the granodiorite stock intercalation with Cretaceous carbonate units. In this skarn system, the mineral assemblage of wollastonite, clinopyroxene, spinel, clintonite, phlogopite, garnet, tremolite-actinolite, vesuvianite, epidote, calcite and quartz is seen. Spinel is one of the gem minerals of this skarn system, which is green, automorphic and isotropic and, based on the results of electron micrograph analysis, has a hercynite composition. Mineralogical studies and paragenetic relationships of minerals confirm the formation of the Manshad skarn through several stages of metamorphism. In the early stages of metamorphism, clinopyroxene was formed as a result of the intrusion of silica-rich solutions into the carbonate host rock, and then spinel formed independently or from acidic and cationic leaching of pyroxene, providing a source of aluminum for the formation of clintonite, phlogopite, garnet, and vesuvianite. The source of a skarn is a skarn of polygenetic origin.

Keywords: Spinel, Manshad skarn, south of Yazd, Hemberian metamorphism.



Authors retain the copyright. This is an open access article distributed under Creative Commons Attribution 4.0 International License (CC BY 4.0).

<https://doi.org/10.22067/gemiran.2026.48050>

رخداد کانی گوهری اسپینل در اسکارن‌های منشاد (جنوب یزد)

شهزاد شرافت

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

sh_sherafat@pnu.ac.ir

مهناز خدای

گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه یزد، یزد، ایران

khodami_m@yazd.ac.ir

چکیده

اسکارن منشاد در ۴۰ کیلومتری جنوب یزد و حاشیه غربی خردقاره ایران مرکزی در همبری استوک گرانودیوریتی با واحدهای کربناته کرتاسه رخنمون یافته است. در این سامانه اسکارنی همیافتی کانیایی ولاستونیت، کلینوپیروکسن، اسپینل، کلینتونی، فلوگوپیت، گارنت، ترمولیت-اکتینولیت، وزوویانیت، اپیدوت، کلسیت و کوارتز دیده می‌شود. اسپینل از کانی‌های گوهری این سامانه اسکارنی است که سبز رنگ، خودشکل و همسانگرد بوده و بر اساس نتایج تجزیه ریزکاو الکترونی، دارای ترکیب هرسینیت است. بررسی‌های کانی‌شناسی و روابط پاراژنتیکی کانی‌ها، موید تکوین اسکارن منشاد طی چند گامه دگرگونی است. در مراحل ابتدایی دگرگونی، کلینوپیروکسن در نتیجه هجوم محلول‌های غنی از سیلیس به سنگ میزبان کربناته به وجود آمده و پس از آن اسپینل به‌طور مستقل و یا از شستشوی اسیدی و کاتیونی پیروکسن شکل گرفته و منبع آلومینیم برای پیدایش کلینتونی، فلوگوپیت، گارنت و وزوویانیت را فراهم آورده است. اسکارن منشاد یک اسکارن از خاستگاه چندزادی است.

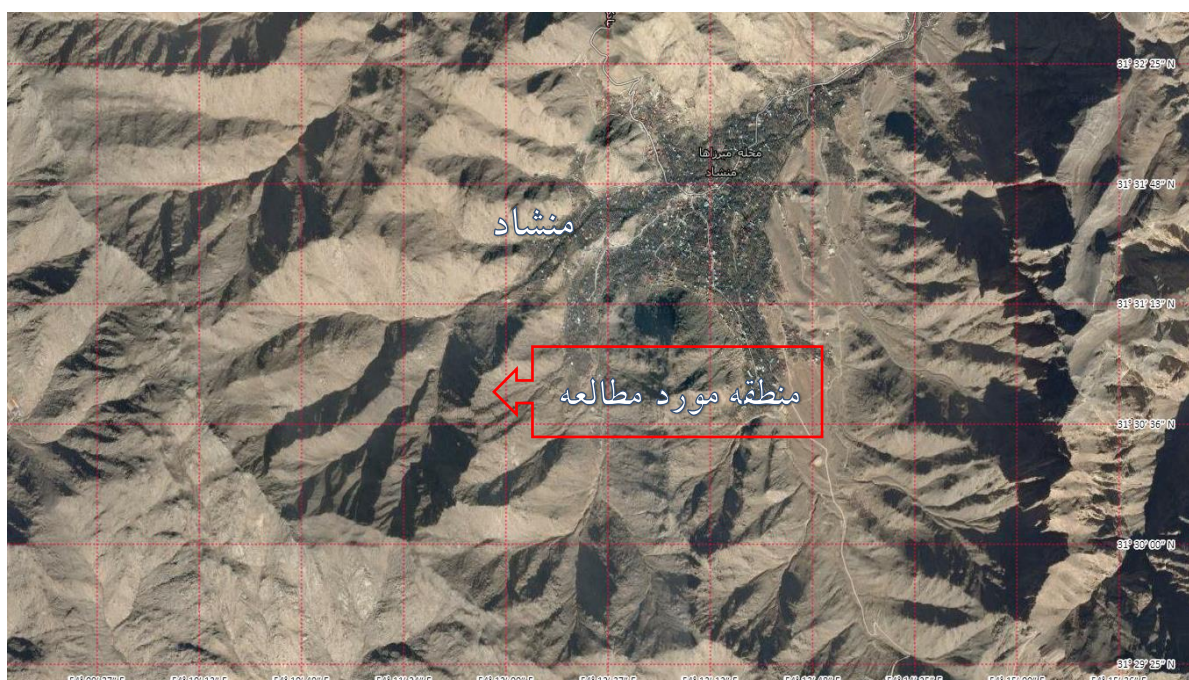
واژه‌های کلیدی: اسپینل، اسکارن منشاد، جنوب یزد، دگرگونی همبری.

مقدمه

لعل یا اسپینل از کانی‌های اکسیدی با ترکیب شیمیایی $MgAl_2O_4$ است که در سیستم کوبیک متبلور شده و دارای هابیت کریستالی اکتاهدرال، دودکاهدرال یا کوبیک و شفاف تا نیمه شفاف است. جلای این کانی شیشه‌ای تا الماسی و درجه سختی آن ۸ است. کانی‌های گروه اسپینل دارای تنوع رنگی بوده و جایگزینی بخشی از منیزیم و آلومینیوم آن توسط عناصری مانند آهن، کروم، کبالت و روی، رنگ‌های مختلف را ایجاد می‌کند.

اسپینل در انواع بی‌رنگ، زرد- نارنجی (روبیسل)، قهوه‌ای (پیکوتیت)، سیاه (پلئوناست)، سبز تیره (هرسینیت)، قرمز روشن (بالاس روبی)، آبی و آبی ارغوانی (گاهنو) یافت شده و مرغوب‌ترین رنگ آن قرمز یاقوتی و آبی تیره می‌باشد. شفافیت، سختی بالا و رنگ‌های جذاب سبب شده این کانی از دیرباز به عنوان جواهر مورد استفاده قرار گیرد. انواع اسپینل دارای پدیده ستاره‌ای، بسیار کمیاب و گرانبها هستند. اسپینل قرمز به دلیل شباهت زیاد به یاقوت، در گذشته با آن اشتباه گرفته می‌شده است. این کانی از دیرباز با یاقوت همراه بوده و همواره با آن اشتباه گرفته شده است.

منطقه مورد پژوهش واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب یزد و ۲۰ کیلومتری غرب مهریز، به طول‌های جغرافیائی ۵۳°۱۰' تا ۵۳°۳۰' شرقی و عرض جغرافیائی ۳۱°۴۰' تا ۳۲°۰۰' شمالی محدود شده است (شکل ۱). این منطقه در حاشیه غربی خردقاره ایران مرکزی و بخش جنوبی کوهستان شیرکوه واقع شده و کهن‌ترین رخنمون سنگی آن را پی سنگ باتولیتی شیرکوه به سن ژوراسیک میانی تشکیل می‌دهد که با دگرشیبی آذرین‌پی توسط سازند کنگلومرای- ماسه سنگی سنگستان به سن ژوراسیک بالا- کرتاسه زیرین پوشانده شده است (Aghanabati, 2004). بر روی سازند سنگستان، سنگ‌های آهکی- دولومیتی سازند تفت قرار گرفته‌اند. نفوذ توده‌های گرانودیوریتی پس از کرتاسه در امتداد زون گسلی تفت- منشاد به داخل سنگ‌های تخریبی- کربناته، سبب شکل‌گیری اسکارن‌ها و مرم‌های متعددی شده که توسط پژوهشگران مورد بررسی قرار گرفته است (Ghanbari et al., 2023, Ghanei and Mackizadeh, 2011, Koohsari, 2001, Noorbehesht et al., 1996). معرفی رخداد و چگونگی تشکیل کانی گوهری اسپینل در اسکارن‌های یال شرقی کوهستان منشاد موضوع پژوهش حاضر می‌باشد.



شکل ۱- وضعیت ژئومورفولوژیکی منطقه مورد نظر (برگرفته از گوگل ارث)

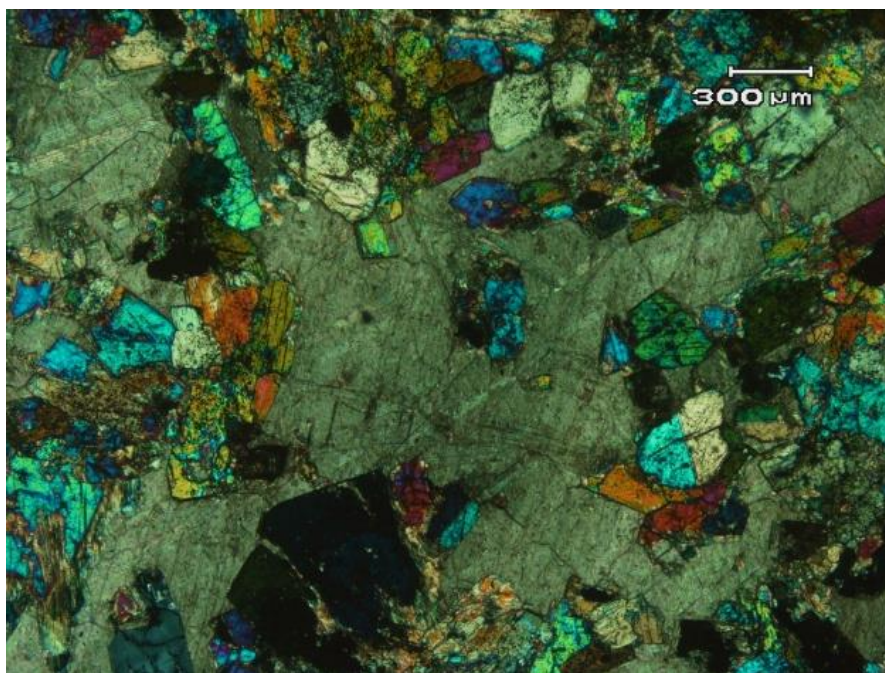
Fig. 1- Geomorphological status of the study area (derived from Google Earth)

به منظور دستیابی به اهداف پژوهش، پس از بررسی نقشه زمین‌شناسی و تصاویر ماهواره‌ای، پیمایش صحرایی انجام و از بین نمونه‌های برداشت شده، ۳۶ نمونه انتخاب و مقاطع نازک آنها با میکروسکوپ پلاریزان المپیوس مدل BX-2 مورد مطالعه قرار گرفت. پس از مطالعات سنگ‌نگاری، تعداد ۵ نمونه جهت تعیین ترکیب شیمیایی کانی‌ها انتخاب و توسط دستگاه JEOL مدل JXA-800 در دانشگاه کاناواوا ژاپن با ولتاژ شتاب دهنده ۲۰ Kev و ۱۲ nA مورد بررسی قرار گرفت. بررسی شیمی کانی و محاسبه فرمول آن با صفحات گسترده انجام شد. مقاله حاضر حاصل تجزیه و تحلیل و تلفیق داده‌های حاصل از مطالعات صحرایی، سنگ‌نگاری و شیمی کانی است.

نتایج و بحث

نفوذ استوک دیوریتی پس از کرتاسه سبب رخداد دگرسانی گرمابی در گرانیتوئید شیرکوه و دگرگونی مجاورتی و تشکیل مجموعه هورنفلس و اسکارن منشاد شده است. هورنفلس‌ها حاصل دگرگونی ماسه‌سنگ‌های قاعده کرتاسه بوده و با گسترش محدود به شکل ستیخ‌های منفرد دیده می‌شوند. در منطقه منشاد توده‌ی آهکی مجزایی قابل مشاهده نبوده و زون آگزواسکارن گسترش چندانی ندارد (Javadi, 2018). در رخنمون‌های صحرایی، بخش‌هایی از اسکارن‌ها درون توده نفوذی دیوریتی شکل گرفته و به شکل برشی و شکافه پرکن دیده می‌شوند. رخنمون کم ضخامت اسکارن‌های کِلِنتونیت-وزوویانیت-گارنت دار تنها در یک نقطه و در مجاورت بلافصل توده نفوذی قابل رویت است. بررسی‌های سنگ‌نگاری حضور مجموعه کانی‌های کلینوپیروکسن، اسپینل، کِلِنتونیت، فلوگوپیت، گارنت، وزوویانیت، ترمولیت-اکتینولیت، کلسیت و کوارتز در اسکارن‌های منشاد را نشان می‌دهد.

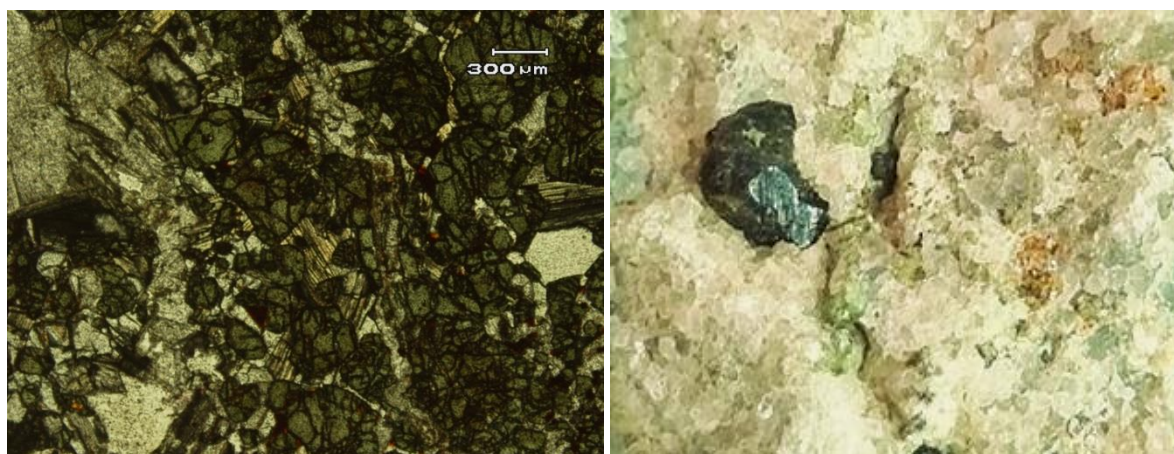
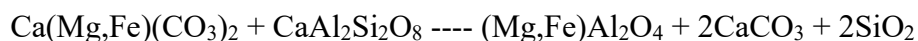
پیروکسن در برش نازک سنگ به صورت بلورهای نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل در انواع مجتمع و متراکم با بافت گرانوبلاستیک هم‌بعد و یا جزیره‌ای در زمینه کلسیتی قابل مشاهده است (شکل ۲). بر اساس شیمی کانی، پیروکسن‌ها از نوع کلینوپیروکسن و متعلق به سری دیوپسید-هیدبرژیت می‌باشند. تشکیل کلینوپیروکسن در اسکارن‌ها به خرج دولومیت-کلسیت و در واکنش با بسته ساختاری پلاژیوکلاز در سیال رخ داده است.



شکل ۲- پیدایش مستقل کلینوپیروکسن در زمینه کلسیتی، نور پلاریزه متقاطع

Fig. 2- Independent occurrence of clinopyroxene in a calcitic matrix, crossed-polarized light.

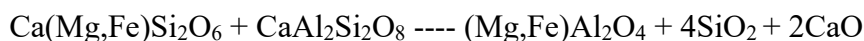
اسپینل به صورت توده‌ای و به ندرت دانه‌ای و به شکل بلورهای خود شکل تا نیمه شکلدار به رنگ‌های سبز زیتونی، سبز تیره تا سیاه دیده می‌شود (شکل ۳). این کانی در نور پلاریزه ایزوتروپ و سیاه رنگ است. شواهد میکروسکوپی حاکی از شکل‌گیری بخشی از اسپینل‌ها به شکل مستقل و در نتیجه تاثیر سازه آنورتیتی سیال ماگمایی بر دولومیت سنگ میزبان طی واکنش زیر است:



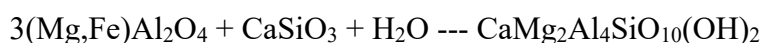
شکل ۳ - بلورهای سبزرنگ اسپینل در نمونه دستی (سمت راست) و برش نازک میکروسکوپی (سمت چپ)

Fig. 3- Green spinel crystals in a hand specimen (right) and a microscopic thin section (left).

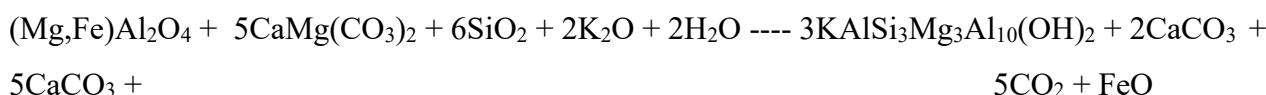
بخشی از اسپینل‌های سنگ به خرج کلینوپیروکسن به وجود آمده‌اند. در این صورت شکل ظاهری و بقایای رخ پیروکسن در اسپینل محفوظ مانده است. تشکیل اسپینل به خرج پیروکسن را می‌توان به شرح زیر بیان نمود :



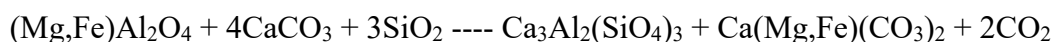
آنالیز مایکروپروب اسپینل‌های مورد بررسی، جانشینی قابل توجهی از آهن به جای منیزیم را نشان می‌دهد (جدول ۱). این اسپینل‌ها حاوی مقادیر قابل توجهی آهن بوده و با توجه به جانشینی آهن به جای منیزیم می‌توان فرمول تقریبی آنها را به صورت $\text{Mg}_{0.912}\text{Fe}_{0.091}\text{Al}_{1.878}\text{O}_4$ نوشت. وجود بقایای اسپینل به شکل پوئی کیلوبلاست و تشکیل بافت حلقوی و هاله‌ای با کلینتونیت، بیانگر رابطه ناپایدار این دو کانی و حاکی از آنست که بلورهای کلینتونیت به خرج اسپینل شکل گرفته است. واکنش زیر شکل‌گیری تأخیری کلینتونیت به خرج اسپینل (و ولاستونیت) را بر اساس واکنش زیر نشان می‌دهد :



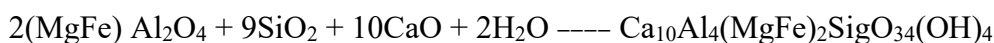
بلور اسپینل به صورت بازمانده‌هایی با حواشی تحلیل رفته داخل فلوگوپیت‌ها نیز دیده می‌شود. واکنش تبدیل اسپینل به فلوگوپیت را می‌توان بصورت زیر نوشت :



شواهدی از تحلیل رفتگی و تبدیل اسپینل به گارنت مشاهده می‌شود. واکنش احتمالی تشکیل گارنت به خرج اسپینل به شکل زیر است:



کانی وزوویانیت نیز اسپینل‌ها را مورد تهاجم قرار داده و دارای رابطه ناپایدار با اسپینل است. واکنش تبدیل اسپینل به وزوویانیت را می‌توان بصورت زیر نوشت:



جدول ۱ - نتایج آنالیز نقطه‌ای اسپینل‌های منطقه منشاد به همراه محاسبه فرمول ساختاری آن

Table 1- Results of point analysis of spinels from the Manshad area, along with structural formula calculations.

Sample	263	264	265	266	267
SiO ₂	0.01	0.01	0.00	0.01	0.01

TiO₂	0.18	0.21	0.19	0.20	0.22
Al₂O₃	64.42	64.21	64.53	64.48	64.66
FeO	9.90	10.10	9.98	9.95	9.93
MnO	0.08	0.08	0.08	0.08	0.07
MgO	24.68	24.85	24.83	24.79	24.80
CaO	0.00	0.00	0.01	0.01	0.00
Total	99.27	99.71	99.58	99.51	99.69
Si	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Ti	0.003	0.004	0.004	0.004	0.004
Al	1.879	1.874	1.876	1.876	1.878
Cr	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Fe³	0.114	0.000	0.117	0.116	0.113
Fe²	0.091	0.180	0.089	0.090	0.092
Mn	0.002	0.001	0.002	0.002	0.001
Mg	0.911	0.914	0.913	0.912	0.911
tot. cat.	3.000	3.000	3.000	3.000	3.000
tot. oxy.	4.000	4.183	4.000	4.000	4.000

نتیجه گیری

کانی اسپینل به شکل بلورهای دانه‌ای سبز رنگ در سنگ‌های دگرگونی مجاورتی منشاد به وجود آمده است. این کانی به شکل مستقل و یا از تاثیر سیالات گرمابی بر کلینوپیروکسن بوجود آمده و به عنوان بستری برای تشکیل سایر کانی‌های اسکارنی همانند کلینتونیت، فلوگوپیت، گارنت و وزویانیت عمل نموده است. با توجه به حضور کانی‌های متعدد در اسکارن منشاد، می‌توان آن را یک اسکارن پلی‌ژنیک دانست که در گامه‌های متفاوت شکل گرفته است. واکنش‌های اسکارن‌زایی با شکل‌گیری کلینوپیروکسن شروع شده و پس از آن با اسپینل، کلینتونیت، فلوگوپیت دنبال شده و در نهایت با تشکیل گارنت و وزویانیت ادامه یافته است.

منابع

- Aghanabati. S.A., 2004, Geology of Iran, Geological Survey of Iran Publications, 640 p.
- Javadi, M.B., 2018, Petrology and Mineral Chemistry of Skarns in the Eastern part of Manshad Mountains (Southeast of Yazd), M.Sc. Thesis, Payame Noor University, Tehran, Iran.



Ghanei Ardakanei, J. and Mackizadeh, M. A. (2011). Textural assemblage relationships between Clintonite-spinel-garnet in the Central Iranian skarns as evidence of clintonite genesis. *Petrological Journal*, 1(4), 65-72.

Ghanbari, S., Ayati, F. and Ahankoub, M., 2023, Mineralogy, geochemistry and ore metal potential of the Baghi-Abad skarn deposit (south Taft), New findings in applied Geology, 17(33), 31-48.

Kouhsari, A.H. 2001, Mineralogy of brucite bearing marbles, eastern margin of Shirkuh batholith (west of Vazd province). *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 9(2), 117-125.

Noorbehesht, I., Mackizadeh, M.A. and Sherafat, S., 1996, Mineralogical Characterization of the Kuh-e-Dor Skarn with Emphasis on the Rare Mineral Clintonite, Shirkuh Mountains, Yazd. *Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy*, 4(1), 37-46.