



IRANIAN SOCIETY of
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

Vol. 16, No. 1, Spring 1387/2008

IRANIAN JOURNAL OF
CRYSTALLOGRAPHY
and MINERALOGY

Geochemical study of garnet-vesuvianite-wollastonite-pyroxene mineral assemblage in Hosh Skarns, west of Taft (Yazd)

M. Rahgoshay¹, M. Mackizadeh², T. Amoii Ardekani¹, H. Shafaii Moghadam³

1-Earth Sciences Faculty, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

2-Department of Geology, Faculty of Sciences, Isfahan, Iran

3- School of Earth Sciences, Damgan university of basic Scince, Damgan, Iran

E-mail: m-rahgoshay@sbu.ac.ir

(Received:11/9/2006, in revised form:5/7/2007)

Abstract: The injection of I-type granitoid bodies (Hosh intrusion) with calc-alkaline affinity into Lower Cretaceous limestones (Taft Formation) has produced the various types of related skarns and marbles. Thereby, those skarns formed can be undoubtedly divided into four groups, clinopyroxene-plagioclase skarns, clinopyroxene skarns, clinopyroxene- vesuvianite skarns and moreover garnet skarns. Additionally, calc-silicate bearing marbles also show an especial mineral assemblage consisting of olivine, clinopyroxene, garnet and vesuvianite. Based upon geochemical studies, two types of garnet can be distinguished in these skarns. The first, Type is the garnets with grossular composition in which they are found with calc-silicate assemblages in skarns and the second, Type is the garnets with andradite composition present in garnet skarns. Clinopyroxenes in those skarns feature a composition varying between Ca-rich diopsides, salite and fassaite. Based on the chemical composition of the intrusive body and the related skarns, one can conclude the close relationship of these skarns with Cu and Zn skarns.

Keywords: *Skarn, Marble, Granitoids, Mineral Geochemistry, Garnet, Clinopyroxene, Olivine, Vesuvianite.*



مطالعه ژئوشیمی مجموعه کانیایی گارنت-وزوویانیت-ولاتونیت-پیروکسن در اسکارن‌های حوش، غرب تفت (استان یزد)

محمد رهگشای^۱، محمد علی مکی زاده^۲، طاهره عمومی اردکانی^۱، هادی شفائی مقدم^۳

- ۱- دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی تهران
۲- بخش زمین‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه اصفهان
۳- دانشکده علوم زمین، دانشگاه علوم پایه دامغان، دامغان
پست الکترونیکی: m-rahgoshay@sbu.ac.ir

(دریافت مقاله ۱۳۸۵/۶/۲۰، نسخه نهایی ۱۴/۴/۱۳۸۶)

چکیده: تزریق توده‌های گرانیتوئیدی (توده نفوذی حوش) نوع I و با گرایش کالکوآلکالن به درون سنگ آهکهای کرتاسه زیرین (سازند تفت) منجر به تشکیل مرمرهای کالک سیلیکات‌دار، و انواع اسکارن شده است. اسکارنهای تشکیل شده را می‌توان به چهار دسته اسکارنهای کلینوپیروکسن-پلاژیوکلاز، اسکارنهای کلینوپیروکسن، اسکارنهای کلینوپیروکسن-وزوویانیت و اسکارنهای گارنت تقسیم‌بندی کرد. علاوه بر این مرمرها نیز دارای مجموعه کانیایی مشتمل بر الیوین، کلینوپیروکسن، گارنت و وزوویانیت هستند. براساس مطالعات ژئوشیمیایی دو نوع گارنت قابل تشخیص‌اند: نخست گارنت‌هایی با ترکیب گراسولر که همراه با مجموعه‌های کالک سیلیکات‌های موجود در اسکارنها دیده شده، و دوم گارنت‌هایی با ترکیب آندرادیت که در گارنت اسکارنها یافت می‌شوند. کلینوپیروکسن‌های موجود در این اسکارنها دارای ترکیب دیوپسیدهای غنی از کلسیم، سالیت، و فاسائیت هستند. ترکیب شیمیایی سنگ‌های نفوذی مورد مطالعه از یک طرف، و ترکیب کلینوپیروکسن‌ها و گارنت‌ها از طرف دیگر نشان دهنده این است که اسکارنهای همراه گرانیتوئیدهای حوش قربات نزدیکی با اسکارنهای مس و تا حدودی اسکارنهای روی را نشان می‌دهند.

واژه‌های کلیدی: اسکارن، مرمر، گرانیتوئید، ژئوشیمی کانی، گارنت، کلینوپیروکسن، الیوین، وزوویانیت.

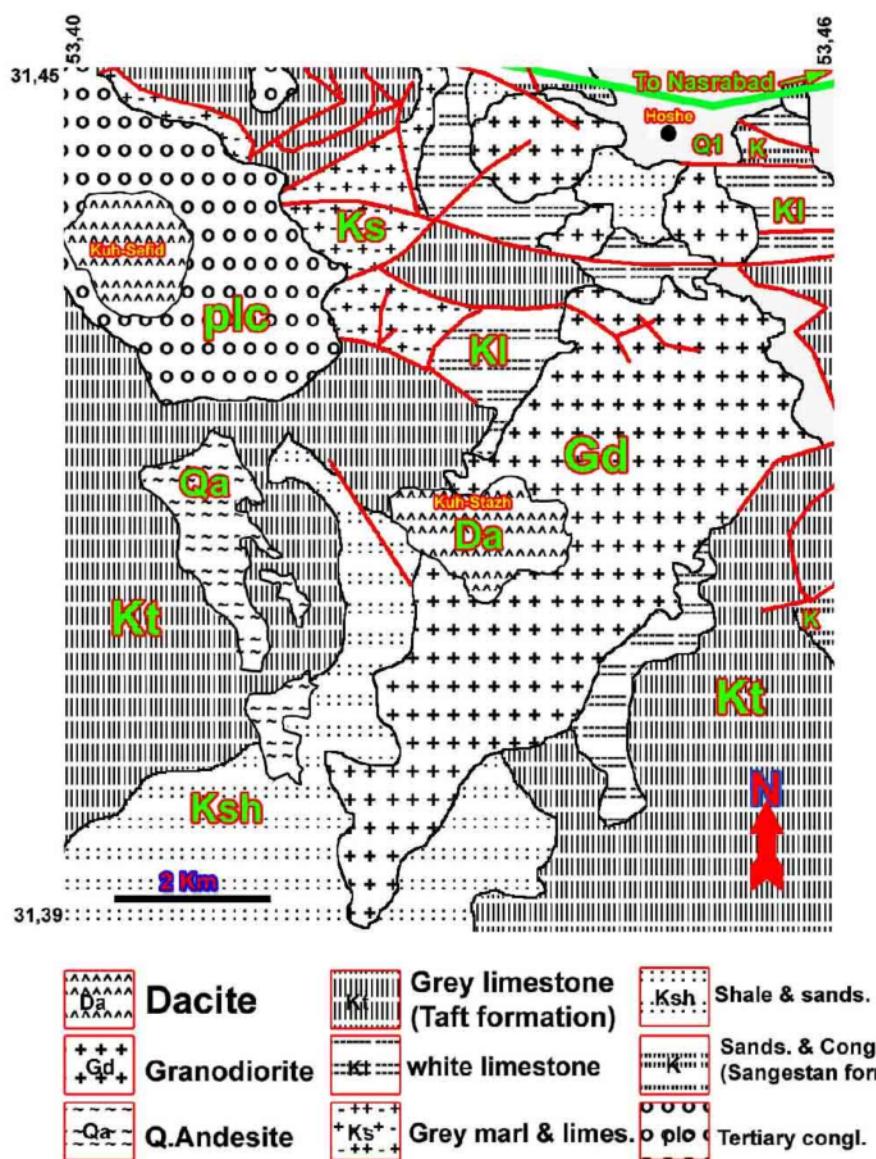
جغرافیایی، تزریق توده نفوذی حوش با ترکیب کوارتز دیوریت، کوارتز مونزوودبوریت و کوارتز گابرو در سنگ آهکهای (به طور بخشی با ترکیب دولومیتی) کرتاسه زیرین (سازند تفت) باعث اسکارن‌زائی و مرمرزائی شده است (شکل ۱). این توده نفوذی با سن الیگومیوسن، بخش کوچکی از توده نفوذی بزرگ آدربلندان در غرب نصرآباد است [۴].

اسکارن‌ها در این منطقه دارای گسترش وسیعی بوده و از نظر سنگ‌شناسی به دو دسته اندواسکارن‌ها و اگزواسکارن‌ها (و حتی Oreskarns) قابل تقسیم‌بندی هستند. اسکارن‌ها به طور

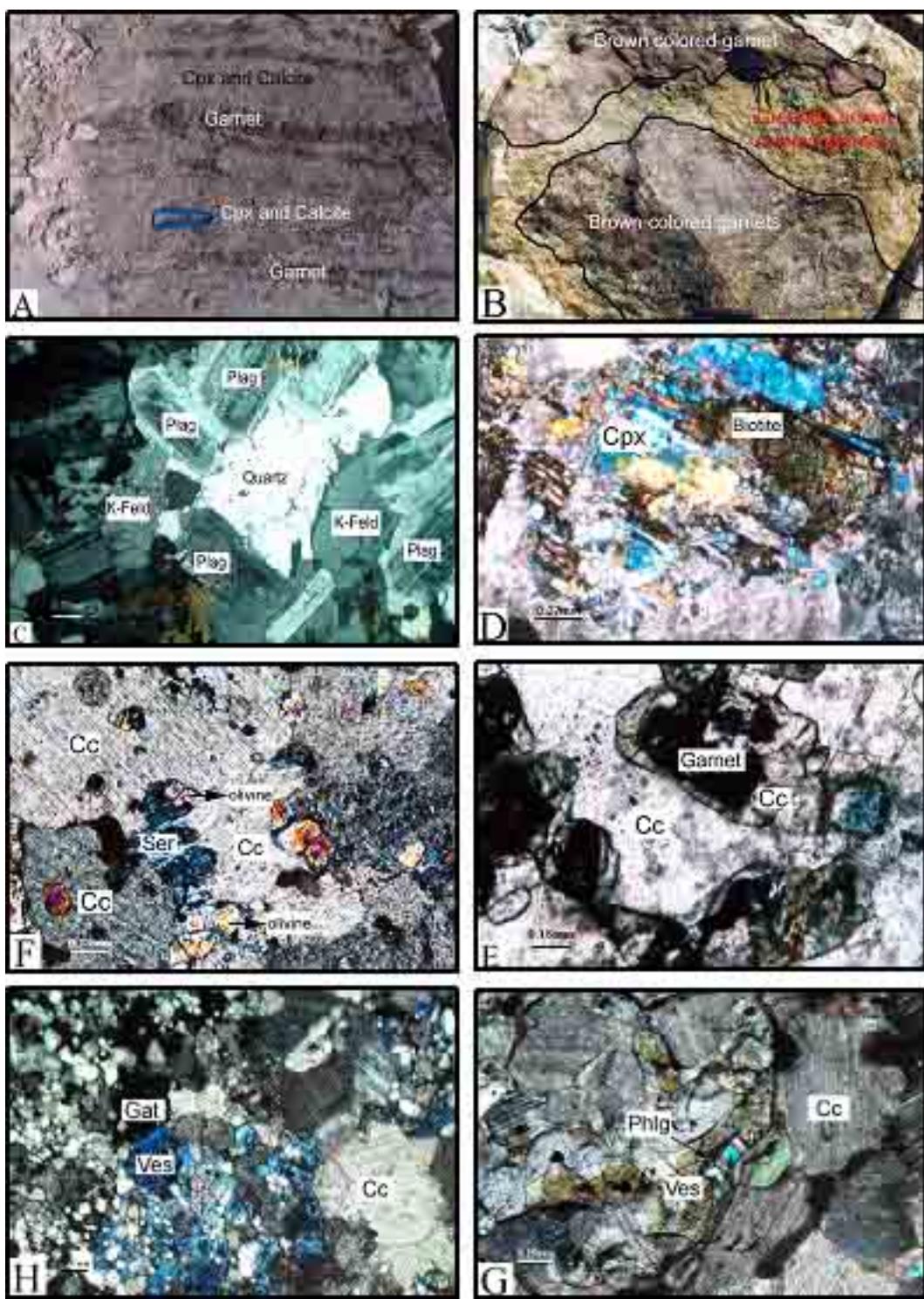
مقدمه
فعالیت‌های ماقمایی گستردگی در کمریند ماقمایی ارومیه-دختر، اساساً در سنوزوئیک، منجر به تزریق توده‌های نفوذی متعدد در امتداد این کمریند و در نتیجه در بسیاری از موارد، باعث اسکارن‌زائی شده است. این توده‌های اسکارنی در بیشتر موارد توسط زمین‌شناسان مختلفی مورد بحث و بررسی قرار گرفته‌اند (برای مثال [۱-۳]). در منطقه جنوب غرب یزد و در فاصله ۴۵ کیلومتری شهرستان تفت، در گستره ۴۵ و ۵۰ تا ۵۳ درجه عرض و ۴۰ و ۳۱ تا ۴۵ درجه طول

زونهای غنی از گارنت، به طور کلی همراه با گارنت‌های قهقهه‌ای متتمایل به سبز، دیده می‌شوند. کانی‌زایی مس به صورت ذرات پراکنده کالکوپیریت و یا به صورت رگچه‌های مالاکیت و آزوریت‌اند و علاوه بر این، کانی‌زایی آهن نیز به صورت نواری یا داربستی دیده می‌شود. از توده نفوذی به سمت سنگ آهکهای منطقه یک منطقه‌بندی در اسکارن‌ها دیده شد که به ترتیب شامل اسکارنهای کلینوپیروکسن - پلازیوکلاز (اندواسکارن)، اسکارنهای کلینوپیروکسن (Proximal skarn)، اسکارنهای کلینوپیروکسن - وزوویانیت (Distal skarn)، اسکارنهای گارنت و زون مرمرهای کالک سیلیکات‌دار هستند.

کلی دارای ساخت توده‌ای بوده ولی در برخی موارد به صورت نواری (مربوط به لایه‌بندی اولیه سنگ مادر)، دیده می‌شوند. در واقع این نوارها از تراکم متناوب کلینوپیروکسن و گارنت تشکیل شده‌اند (شکل A2). احتمالاً لایه‌های غنی از کلینوپیروکسن موید لایه‌های دولومیتی در سنگ مادر و لایه‌های غنی از گارنت، لایه‌های مارنی-آهکی بوده‌اند. در فواصل کمی دورتر از این اسکارن‌های نواری، به سبب دگرگاهی گرمابی، زونهای غنی از گارنت دیده می‌شوند که در آن زونها گارنت‌های قهقهه‌ای متتمایل به سبز، گارنت‌های قهقهه‌ای رنگ را در برگرفته‌اند (شکل B2). کانی‌زایی آهن و مس همراه با این



شکل ۱ نقشه زمین‌شناسی منطقه حوش (با تغییرات از [۴]).



شکل ۲ A- تناوب نوارهای کلسیت-کلینوپیروسن و گارنت در اسکارنهای نواری. B- گارنت‌های قهوه‌ای متمایل به سیز، گارنت‌های قهوه‌ای را احاطه کرده‌اند. C- در این شکل دو نوع پلازیوکلاز یعنی پلازیوکلازهای بازیک و دگرسان (به سریسیت) و نیز انواع اسیدی‌تر و نادگرسان قابل مشاهده‌اند. D- دگرسانی پیروکسن به بیوتیت. E- فنوبلاست‌های گارنت با حاشیه کلسیتی در زمینه کلسیت درشت‌دانه. F- تراکم ریز دانه‌های الیوین در مرمرهای الیوین‌دار. چنانکه در شکل دیده می‌شود، الیوین‌ها در طول حاشیه به سرپانتین دگرسان شده‌اند. G- تراکم ریز دانه‌های فلوگوپیت همراه با کلسیت و وزوویانیت در مرمرهای وزوویانیت‌دار. H- تشکیل فنوبلاست‌های گارنت و وزوویانیت بین دانه‌ای و بی‌شکل بین دانه‌های کلسیت.

۲-۲-۱- اسکارن‌ها: اسکارن‌های این منطقه را می‌توان به چهار دسته اصلی دسته بندی کرد:

۲-۲-۲-۱- اسکارن‌های کلینوپیروکسن - پلازیوکلاز یا اندواسکارنها که کلینوپیروکسن (با ترکیب سالیت-دیوپسید)، پلازیوکلاز، اورتوکلاز، اسفن، آپاتیت، پرهنیت، گارنت، بیوتیت، کلسیت، سریسیت، اپیدوت، و کانی‌های کدر از مهمترین کانی‌های موجود در این اسکارن‌ها هستند. پلازیوکلازها با دگرسانی بخشی به سریسیت، کلربیت، اپیدوت، کلسیت و پرهنیت دیده می‌شوند. در برخی موارد در حاشیه پلازیوکلازهای دگرسان و قدیمی، آلبیت رشد کرده است (شکل A۳). علاوه بر این اسفن در پیرامون کلینوپیروکسن‌ها (شکل B۳) و یا کانی‌های کدر دیده می‌شوند.

۲-۲-۲-۲- اسکارن‌های کلینوپیروکسن‌دار: این قبیل اسکارن‌ها به صورت توده‌ای و یا به صورت نواری دیده می‌شوند. اسکارن‌های نواری از نوارهای متناوب گارنت، کلینوپیروکسن و کلسیت تشکیل شده‌اند (شکل C۳). همزیستی کلینوپیروکسن (با ترکیب دیوپسید و فاسائیت)، وولادستونیت در این اسکارن‌ها امری عادی است (شکل D۳). علاوه بر کانی‌های بالا، دیگر کانی‌های شامل آپاتیت، اپیدوت، پکتولیت و کانی‌های کدر نیز دیده می‌شوند.

۲-۲-۲-۳- اسکارن‌های کلینوپیروکسن - وزوویانیت‌دار: کلینوپیروکسن، گارنت، وزوویانیت، کلسیت،ولادستونیت، اپیدوت، کوارتز، و کانی‌های کدر (مگنتیت، کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و هماتیت)، از مهمترین کانی‌های تشکیل دهنده این اسکارن‌ها هستند. وزوویانیت‌ها یا همراه با دیگر کانی‌ها از قبیل گارنت، کلینوپیروکسن وولادستونیت دیده شد و یا به صورت میان روزنه‌ای (Interstitial) در میان دانه‌های کلسیت قرار دارند (شکل E-F). فزون رشدی وزوویانیت پیرامون کلینوپیروکسن‌ها و گارنت‌ها از یک طرف و حضور باقی مانده‌های کلینوپیروکسن و گارنت، به صورت چادوکریست (Chadocryst)، در ایکوکریست‌های (Oikocrysts) وزوویانیت می‌تواند شاهدی بر این امر باشد که وزوویانیت‌ها فاز تاخیری بوده و به خرج دو کانی یاد شده تشکیل شده‌اند.

۲-۲-۴- اسکارن‌های گارنت: گارنت، کلسیت، مگنتیت، هماتیت، کالکوپیریت، پیریت، اسفالریت، بورنیت، و مالاکیت از کانی‌های مهم تشکیل دهنده این زونها هستند (شکل H۳). گارنت (با ترکیب آندرادیت) از فراوانترین کانی‌های موجود بوده که به صورت پراکنده در یک زمینه کلسیتی دیده شده (شکل G۳) و یا همراه با کلسیت بافت گرانوبلاستیک تشکیل داده است.

سنگ شناسی و سرشیوهای کانیایی

۱- سنگ‌شناسی توده نفوذی: توده نفوذی منطقه به طور کلی دارای ترکیب کوارتز دیوریتی، کوارتز مونزو دیوریتی و کوارتز گابرو است که دایک‌های آپلیتی- گرانیتی آن را قطع کرده‌اند. پلازیوکلاز از فراوانترین کانی‌های موجود در این مونزونیت‌های کوارتزی - دیوریت‌های کوارتزی بوده و به طور کلی به دو صورت دیده می‌شوند: پلازیوکلازهای شکل دار که دارای منطقه‌بندی به خوبی گسترش یافته‌ای هستند و به کانی‌های رسی و سریسیت دگرسان شده‌اند. پلازیوکلازهای نوع دوم دگرسان نبوده و اسیدی‌تر از پلازیوکلازهای نوع اول اند (شکل C۲). کوارتز، آلکالی فلدسپار، آپاتیت، اسفن، بیوتیت، و هورنبلند از دیگر کانی‌های موجود در این سنگ‌ها هستند. به سمت کوارتز گابروها بر مقدار کلینوپیروکسن افزوده می‌شود و این کانی در برخی موارد به بیوتیت تبدیل شده‌اند (شکل D۲).

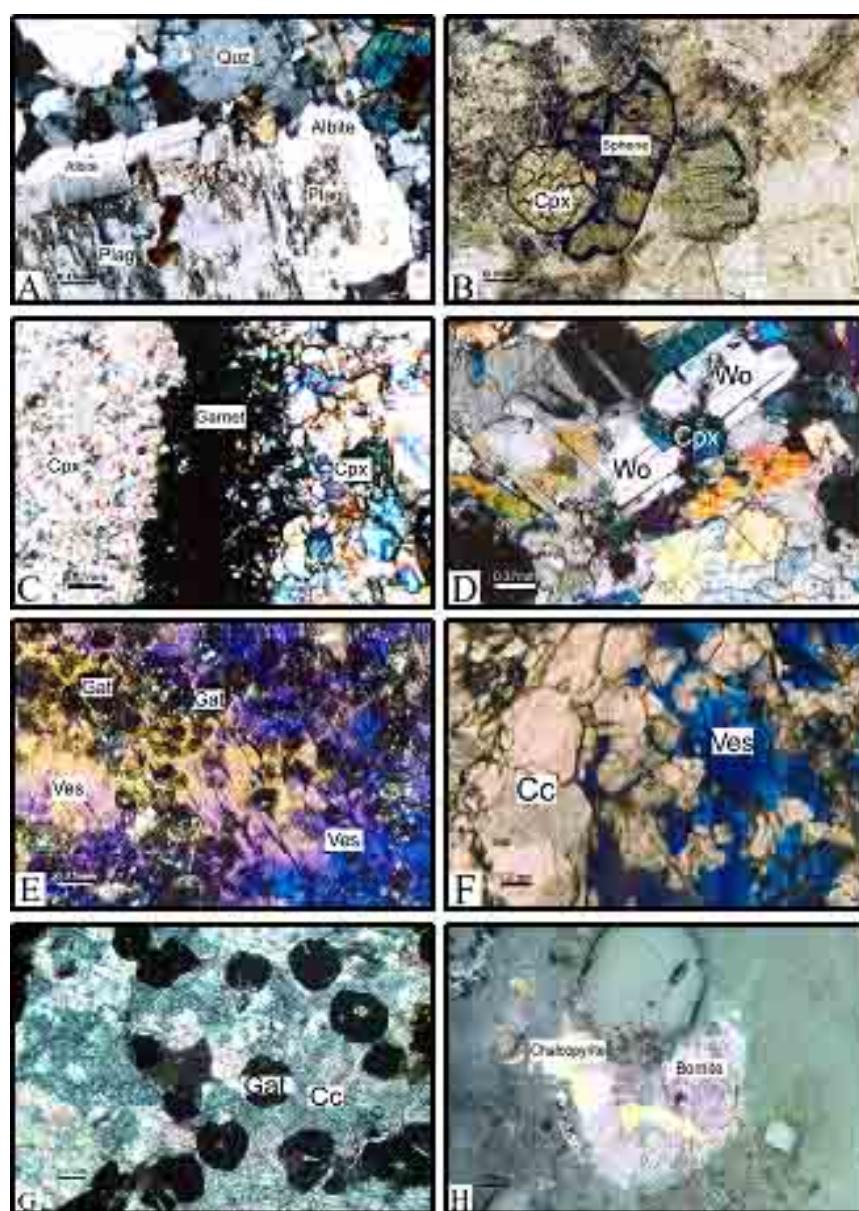
۲- سنگ‌شناسی سنگ‌های دگرگون

۱- مرمرهای کالک- سیلیکات‌دار: این سنگ‌ها با درصد حجمی بسیار کمی از کانی‌های کالک سیلیکات در مقایسه با اسکارن‌ها مشخص می‌باشند، بنابراین آنها را می‌توان مرمرهای کالک سیلیکات‌دار نامید. بر حسب نوع کانی شاخص در این مرمرها، آنها را می‌توان به مرمرهای کلسیتی، مرمرهای وزوویانیت‌دار، مرمرهای فلوگوپیت‌دار و مرمرهای الیوین‌دار تقسیم‌بندی کرد. مرمرهای کلسیتی دارای بافت گرانوبلاستیک چندگوشی بوده و کلسیت، کانی اصلی است. در مرمرهای وزوویانیت‌دار، کانی‌های کلینوپیروکسن، گارنت، و مگنتیت نیز یافت می‌شوند. کلینوپیروکسن‌ها معمولاً در طول حاشیه خود، به اپیدوت و یا کلسیت دگرسان شده‌اند. علاوه بر این در برخی از موارد کلسیت دانه‌های گارنت را (در طول حاشیه گارنت) در بر گرفته است (شکل E۲).

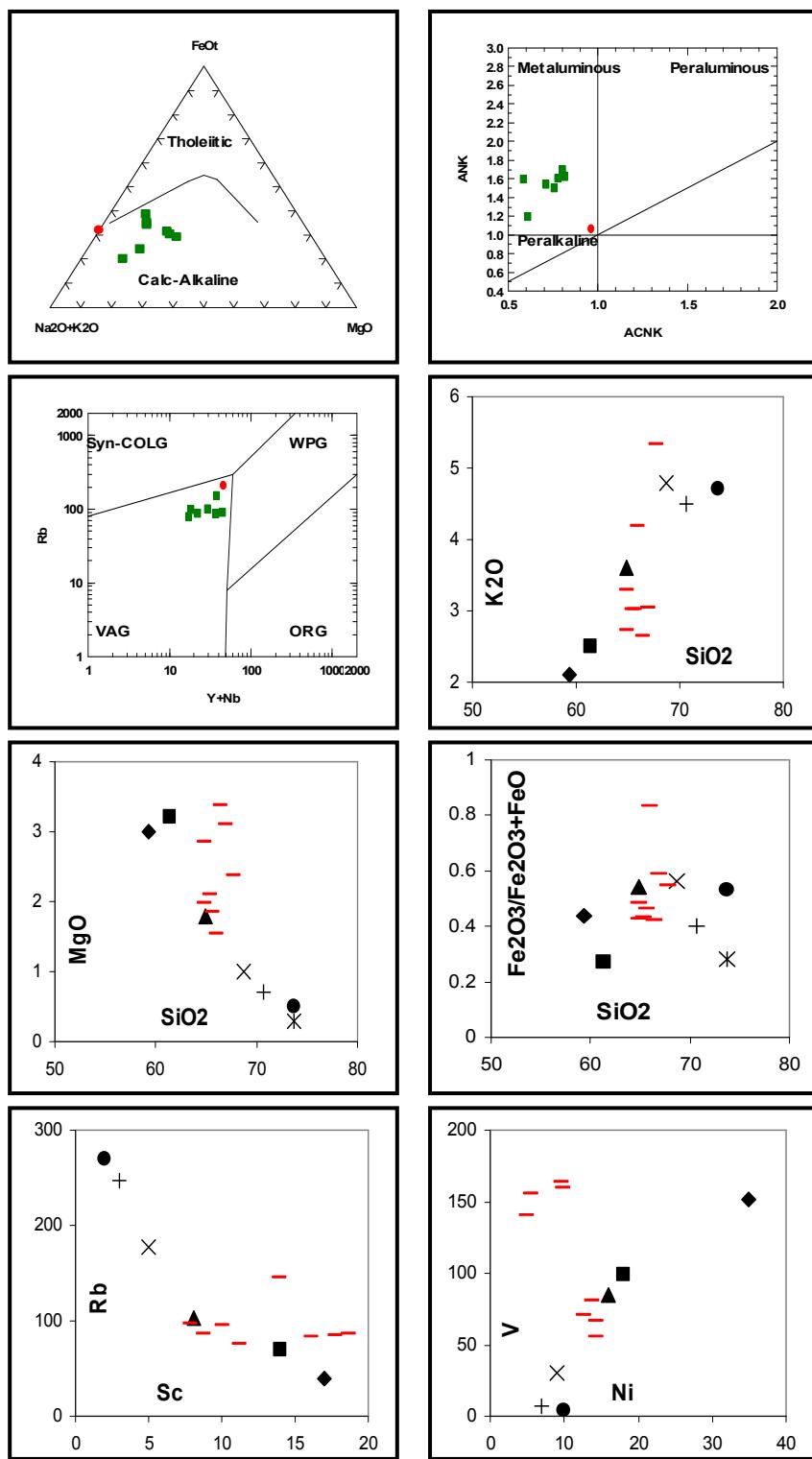
مرمرهای فلوگوپیت‌دار با کانی‌های کلینوپیروکسن، گارنت، وزوویانیت مشخص می‌شوند (شکل H۲). فلوگوپیت در این مرمرها یا به صورت پوششی روی دیگر کانی‌ها از قبیل گارنت،ولادستونیت، و پیروکسن و یا به صورت دانه‌های کوچک گرد شده بین بلورهای الیوین‌دار، کانی الیوین به صورت همزیست با دیگر کانی‌ها از قبیل سریانتن، تالک، و کانی‌های کدر (عموماً مگنتیت) در خمیره گرانوبلاستیک این سنگ‌ها دیده می‌شوند (شکل F۲).

مورد مطالعه، ویژگیهای متالومین را نشان می‌دهند (شکل ۴). برای تعیین محیط ژئودینامیکی توده نفوذی از نمودار Rb/Y+Nb [۷] استفاده شد. در این نمودار سنگ‌های منطقه در گستره گرانیت‌های قوسهای آتشفسانی قرار می‌گیرند (شکل ۴). بر اساس مطالعات شیمیایی و نیز مشاهدات کانیایی، سنگ‌های نفوذی منطقه خواص گرانیتوئیدهای نوع را نشان می‌دهند.

ژئوشیمی سنگ‌های نفوذی
آنالیزهای ژئوشیمیایی به روش XRF در سازمان زمین‌شناسی ایران، به منظور مطالعه رفتار ژئوشیمیایی سنگ‌های نفوذی و دایک‌های آپلتی صورت گرفته است (جدول ۱). در نمودار AFM [۵] تمامی نمونه‌های مورد مطالعه دارای رفتار کالکوآلکالن هستند (شکل ۴). در نمودار A/CNK/A/NK (درجۀ اشباع شدگی از آلومینیم) از [۶] نمونه‌های



شکل ۳- A- تشکیل آلبیت در طول پلاژیوکلازهای قدیمی تر و بازیک. B- همیستی کلینوبیروکسن و اسفن در اندواسکارنهای گارنت و کلینوبیروکسن در اسکارنهای نواری. D- حضور ولاستونیت و کلینوبیروکسن در اسکارنهای کلینوبیروکسن. E- هماهی وزوویانیت و گارنت در اسکارنهای کلینوبیروکسن-وزوویانیت. F- تشکیل وزوویانیت‌های بین دانه‌ای در بلورهای کلسیت. G- حضور فنوبلاست‌های نیمه شکلدار گارنت در زمینه کلسیتی و ایجاد بافت پوئی کیلوبلاستیک. H- وجود بورنیت و کالکوبیریت در اسکارنهای گارنت.



شکل ۴ در نمودار AFM [۵] تمامی نمونه‌ها گرایش کالکوآلکالن نشان می‌دهند. در نمودار ANK/Rb/Y+Nb [۶] این نمونه‌ها در گستره گرانیتوئیدهای قوس آتشفسانی واقع شده‌اند. در این نمودارها مریع‌ها نشان دهنده گرانیتوئیدهای منطقه و دایره‌ها نشان دهنده دایک آپلیتی هستند. نمودارهای هارکر شامل MgO, K₂O, Fe₂O₃/Fe₂O₃+FeO و نیز نمودارهای Rb/Sc و V/Ni برای نشان دادن روابط ژئوشیمی گرانیتوئیدهای منطقه (خطوط) و دیگر گرانیتوئیدهای حاوی اسکارنهای SiO₂ مس (مثلث)، طلا (مستطیل)، مولیبدن (دایره)، تنگستن (علاوه) و روی (ضربرد).

جدول ۱ ترکیب شیمیایی سنگ‌های نفوذی و دایک آپلیتی منطقه مورد مطالعه (آنالیز XRF، سازمان زمین‌شناسی ایران).

Number	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Rock	intrusion	intrusion	intrusion	intrusion	intrusion	intrusion	intrusion	intrusion	Aplite
Sample	TM.1	S.27	HO.28	HO.123	T.1	T.2	T.3	T.4	D.1
SiO ₂	۶۷,۷۱۸	۶۶,۳۸۸	۶۴,۸۶۷	۶۶,۸۷۵	۶۵,۹۳۲	۶۵,۳۶۵	۶۴,۸۳۳	۶۵,۶۵۵	۷۶,۲
Al ₂ O ₃	۱۱,۴۴۲	۱۲,۵۸۸	۱۲,۴۵۹	۱۲,۲۵۹	۱۴,۳۵۲	۱۳,۶۰۵	۱۳,۷۴۹	۱۴,۰۴۹	۱۱,۵۵۸
FeO(t)	۲,۳۵۱	۴,۸۷۳	۴,۰۶۹	۳,۹۴۹	۲,۳۶	۴,۹۶۵	۴,۸۸۲	۴,۴۷۵	۰,۳۰۶
MgO	۲,۳۸۲	۲,۳۷۱	۲,۸۵۱	۳,۰۹۷	۱,۵۵	۲,۱۰۲	۱,۹۷۴	۱,۸۳۵	۰,۰۷۷
CaO	۴,۸۸۵	۴,۴۴۲	۷,۲۸۸	۴,۳۴۳	۵,۸۳۹	۴,۶۰۴	۴,۸۵۸	۴,۶۰۴	۰,۵۱۳
Na ₂ O	۲,۳۶۷	۲,۸۰۷	۳,۰۱	۲,۶۹۶	۲,۹۴۷	۳,۱۱۸	۳,۴۴۷	۳,۲۱۱	۲,۲۴۳
K ₂ O	۰,۳۳۴	۲,۶۴۷	۲,۷۲۲	۳,۰۳۲	۴,۱۸۶	۳,۰۱۷	۳,۲۹	۳,۰۳۱	۶,۷۶۱
MnO	۰,۱۱۱	۰,۱۱۲	۰,۰۹۶	۰,۰۸۸	۰,۰۳۳	۰,۰۶۵	۰,۰۶۷	۰,۰۸	۰,۰۰۱
TiO ₂	۰,۳۳۹	۰,۵۵۶	۰,۴۷۶	۰,۵۱۳	۰,۴۷۱	۰,۶۵۷	۰,۶۵۷	۰,۵۸۷	۰,۱۱۱
P ₂ O ₅	۰,۰۸۱	۰,۲۱۳	۰,۱۶۵	۰,۱۴۵	۰,۱۵۸	۰,۳۴۱	۰,۳۴۱	۰,۱۹۸	۰,۰۲۷
Total	۹۷,۹۹۹	۹۷,۹۹۷	۹۸,۰۰۳	۹۶,۹۹۷	۹۷,۸۲۸	۹۷,۸۳۹	۹۸,۰۳۸	۹۷,۸۲۵	۹۷,۸۲۴
Ni	۴,۸	۹,۶	۵,۴	۹,۷	۱۴,۲	۱۳,۸	۱۴,۳	۱۲,۶	۱۳,۱
Rb	۱۴۵,۸	۸۵,۵	۸۶,۸	۸۳,۲	۹۷,۶	۷۶,۱	۹۴,۹	۸۵,۹	۲۰,۲۷
Sr	۱۱۷,۵	۱۹۶,۸	۲۷۶,۷	۲۰۶,۴	۳۳۴,۸	۲۷۰,۱	۲۸۲,۳	۲۷۸,۷	۱۴۰,۵
Y	۳۲,۵	۳۰,۱	۳۷,۳	۲۸,۸	۱۹,۵	۱۲,۷	۱۳,۲	۱۴,۹	۲۸,۹
Cr	۷۵,۴	۱۰۶,۸	۸۵,۴	۹۲,۵	۱۰۷,۳	۱۱۸,۶	۱۱۸,۶	۱۱۱,۹	۱۲۳,۷
Zr	۸۳,۶	۸۹	۹۲,۶	۸۷,۶	۱۷۲,۲	۱۵۵,۶	۱۵۵,۶	۱۵۴,۲	۱۱۶,۹
Nb	۷,۲	۸	۹,۱	۹,۳	۱۰,۹	۵,۷	۵,۸	۸,۲	۱۸,۹
Ba	۶۱۵	۳۶۷,۹	۲۴۵,۲	۴۳۲,۶	۵۶۷	۵۸۲,۳	۵۸۲,۵	۴۶۹,۹	۶۸۰,۶
La	۰,۸	۲,۳	۳,۴	۱,۱	۳۳,۹	۲۲,۶	۲۳,۶	۳۱,۹	۱۱,۱
Ce	۷۰,۲	۳۹,۹	۲۸,۸	۴۷,۳	۷۹,۴	۸۹,۵	۹۲,۷	۷۴,۷	۹۱
Yb	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۱,۸	۱,۸	۱,۸	۱,۷	۱,۷
Eu	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۲	۰,۵	۱,۱	۱,۲	۱,۵	۰,۲
Sc	۱۳,۹	۱۷,۷	۱۸,۶	۱۶,۱	۷,۸	۱۱,۲	۱۰	۸,۷	۱
V	۱۴۰,۹	۱۶۳,۵	۱۵۵,۲	۱۶۰,۱	۵۵,۷	۸۱,۱	۶۶,۵	۷۰,۸	۱۰
Pb	۲۰	۱۷,۵	۶,۳	۹,۹	۱۰,۵	۴,۷	۱۱۲,۹	۱۰,۲	۲۴,۴
Cu	۱۱۲,۶	۲۰,۴	۱۲,۴	۵۴	۴۷,۶	۴,۱	۳۷۴	۳۷,۹	۳۶,۱
Co	۳	۷,۲	۲,۹	۲,۸	۳	۵,۶	۴,۴	۴	۳
Zn	۱۴۷	۷۷,۸	۴۵,۸	۵۱,۳	۳۸	۶۰,۳	۴۶,۹	۶۷,۹	۲۴,۶
Mo	۰,۹	۰,۸	۰,۷	۱	۲,۳	۱	۸,۵	۰,۱	۸,۵
Th	۱,۱	۰,۷	۱	۰,۲	۹,۸	۱	۱	۱	۶۴,۵

اسکارنهای آهن با مقادیر بالاتری از MgO و مقادیر کمتری از K₂O و SiO₂ نسبت به انواع دیگر اسکارنهای مشخص می‌شوند [۱۲-۱۳]. مقدار میانگین K₂O در گرانیت‌های حوش برابر ۳/۴ درصد وزنی است. البته میزان این اکسید برای گرانیت‌های دارای اسکارنهای آهن برابر ۲/۱، اسکارنهای طلا برابر ۲/۵، اسکارنهای مس برابر ۳/۶ و اسکارنهای روی ۴/۸ درصد وزنی است [۱۳]. بنابراین میزان K₂O گرانیت‌های حوش با

مقایسه ترکیب گرانیت‌های حوش با ترکیب توده‌های نفوذی اسکارن ساز برخی از زمین‌شناسان روابط بین ترکیب شیمیایی توده نفوذی و نوع کانسارهای اسکارنی تشکیل شده را مورد بررسی قرار داده‌اند (برای مثال [۱۴-۸]). جدول ۲ میانگین ترکیب شیمیایی (عناصر اصلی) توده‌های نفوذی جهانی و نوع اسکارنهای همراه را نشان می‌دهد. برای مثال گرانیت‌های دارای

اسکارنهای مس (گرانیتوئیدهای نوع I) را نشان می‌دهند (شکل ۴).

ترکیب شیمیایی کانی‌ها

۱- گارنت: گارنت در منطقه مورد مطالعه به دو صورت دیده می‌شود؛ به صورت اولیه و توده‌ای درون اسکارنهای منطقه (در اندواسکارنهای، اسکارنهای کلینوپیروکسن و اسکارنهای کلینوپیروکسن-وزوویانیت) و نیز به صورت رگه‌ای در اسکارنهای گارنت. گارناتهای نوع اول همراه با مجموعه‌های کالک سیلیکاته از قبیل کلینوپیروکسن، وزوویانیت وولادستونیت، در حالی که نوع دوم همراه با کلسیت، مالاکیت، آزوریت، مگنتیت، بورنیت، و کالکوپیریت دیده می‌شود. شیمی گارناتهای در مجموعه‌های اسکارنی با ریز پردازندۀ الکترونی تعیین شده است (جدول ۳). برای این منظور از دستگاه Nancy در دانشگاه Cameca SX-50 فرانسه استفاده شد.

ولتاژ و جریان مورد استفاده در این آنالیز به ترتیب برابر ۱۲kv و ۱۰nA بوده است. در زون‌های غنی از گارنت (Garnetites)، بررسی شیمی گارناتهای به روش EDS در دانشگاه Oklahoma آمریکا صورت گرفت (جدول ۴). ولتاژ مورد استفاده در این روش برابر ۲۵kv بوده است. نسبت $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ در گارناتهای (و پیروکسن‌ها) با توجه به [۱۶] صورت پذیرفته است. در نمودار آندرادیت - گراسولر - اسپسارتین، گارناتهای در دو گستره گراسولر و آندرادیت قرار می‌گیرند. گارناتهای در اسکارنهای گارنت، دارای ترکیب آندرادیت و در انواع دیگر اسکارنها دارای ترکیب گراسولر هستند (شکل ۵). ترکیب آندرادیتی این گارناتهای شبیه آندرادیت‌های اسکارنهای مس است [۱۷]. علاوه بر این گارناتهای قهوه‌ای متمایل به سبز که با کانی‌زائی همراه بودند (در اسکارنهای گارنت) برای تعیین عناصر کمیاب به روش ICP-MS در دانشگاه Oklahoma آمریکا آنالیز شدند. بدین منظور دانه‌های گارنت از اسکارنهای گارنتی جدا شده و با اسید HCl رقیق شسته شدند. براساس این آنالیز میزان مس، روی، و طلای این گارناتهای نسبتاً بالاست (جدول ۵). زون‌های کانی‌زائی منطبق بر اسکارنهای گارنتی با گارناتهای نوع آندرادیتی هستند. تمرکز عنصر آهن (Fe^{+3}) در گارناتهای نیز می‌تواند شاخص این پدیده باشد. اصولاً جابه‌جایی عنصر Al^{+3} به وسیله Fe^{+3} سبب پائین آمدن فوگاسیته اکسیزن، ایجاد شرایط احیایی و نهشت کانه‌ها می‌شود.

جدول ۲ میانگین ترکیب شیمیایی (عناصر اصلی) توده‌های نفوذی همراه با اسکارنهای مس، طلا، روی و آهن.

Skarn Type	Fe	Au	Cu	Zn
SiO_2	۵۹,۳	۶۱,۴	۶۴,۹	۶۸,۷
Al_2O_3	۱۶,۸	۱۶,۲	۱۶	۱۴,۳
TiO_2	۰,۸	۰,۶	۰,۵	۰,۴
Fe_2O_3	۲,۸	۲,۶	۲,۵	۱,۸
FeO	۴,۵	۳,۷	۲,۴	۱,۳
MnO	۰,۱	۰,۱	۰,۱	۰,۱
CaO	۷,۲	۵,۸	۳,۸	۳,۲
MgO	۳	۳,۲	۱,۸	۱
K_2O	۲,۱	۲,۵	۳,۶	۶,۸
Na_2O	۴	۳,۱	۴	۳
P_2O_5	۰,۳	۰,۲	۰,۳	۰,۲

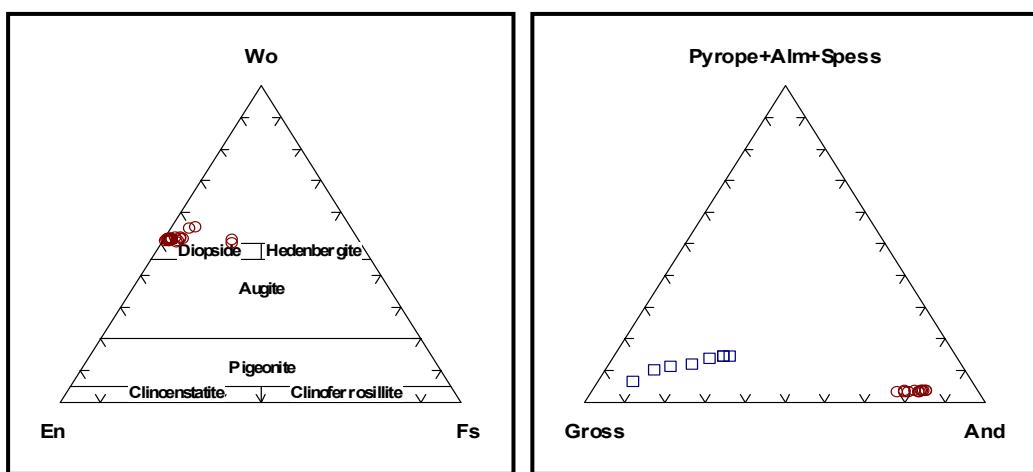
گرانیتوئیدهای دارای اسکارنهای مس قابل مقایسه است (شکل ۴). میزان میانگین MgO این گرانیتوئیدها برابر ۲/۴ درصد وزنی است که با گرانیتوئیدهای حامل اسکارنهای مس (wt.% MgO ۱,۸) و اسکارنهای آهن (MgO ۳wt%) قابل مقایسه است (شکل ۴). میزان بالایی از اکسید آهن سه ظرفیتی (در حوزه اکسایش نمودار) گرانیتوئیدهای حوش نشانهای از وجود پتانسیل مس و روی است (شکل ۴). در نمودار ANK بر حسب ACNK چنانکه اشاره شد، نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده متالومین (شکل ۴) واقع شده است که نشان از نزدیکی این گرانیتوئیدها با گرانیتوئیدهای حاوی اسکارنهای مس و روی، و نیز مشتق شدن این اسکارنها از گرانیتوئیدهایی با خاستگاه گوشته‌ای همراه با آلودگی‌های پوسته‌ای تفسیر می‌شود [۱۵]. میزان Rb گرانیتوئیدهای حوش ppm بسیار متغیر است (بین کمینه ۷۶,۱ ppm تا بیشینه ۱۴۵,۸ ppm) و در نمودار Rb/Sc تمامی نمونه‌های مورد مطالعه در محدوده گرانیتوئیدهای حاوی اسکارنهای مس و طلا قرار می‌گیرند (شکل ۴). مقادیر بالای Rb در این گرانیتوئیدها نشانهای از دخالت مواد پوسته‌ای در تشکیل ماقمای چشمۀ گرانیتوئیدهای حوش داشته و یا اینکه این گرانیتوئیدها حاصل تبلور از یک چشمۀ ماقمایی بسیار تفرقی یافته‌اند. در نمودار V/Ni گرانیتوئیدهای منطقه تمایل به گرانیتوئید حاوی

جدول ۳ ریزپردازش گارنت‌ها در اسکارنها.

Sample	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeOt	MnO	MgO	CaO	Na ₂ O	Cl
۱	۳۹,۲۲۲	۰,۸۵۱	۱۶,۴۴۴	۰	۷,۱۹۵	۰,۰۵۲	۰,۶۱۳	۳۵,۲۷۷	۰,۰۱۶	۰,۰۲۳
۲	۳۷,۳۵۶	۰,۶۵۴	۱۱,۵۷۸	۰,۰۷۶	۱۲,۹۲۸	۰,۴۶۲	۰,۱۹۴	۲۴,۹۳	۰,۰۳۶	۰,۰۲۱
۳	۳۸,۴۹۹	۱,۱۰۳	۱۴,۵۵۲	۰	۸,۶۲۳	۰,۱۷۷	۰,۵۲۶	۳۵,۰۷	۰	۰,۰۲۱
۴	۳۸,۰۰۱	۰,۷۶۶	۱۷,۲۷۵	۰	۵,۲۹۶	۰,۳۷۴	۰,۰۰۵	۳۶,۲۷۴	۰,۰۲۶	۰
۵	۳۷,۶۷۵	۰,۷۰۱	۱۳,۴۷۷	۰	۱۰,۴۹۳	۰,۲۳۵	۰,۲۹	۳۵,۶۶۵	۰,۰۱۵	۰,۰۰۵
۶	۳۷,۰۰۲	۰,۶۸۷	۱۱,۲۱۲	۰,۰۶۷	۱۳,۵۷۴	۰,۲۰۷	۰,۲۰۲	۳۵,۲۸۶	۰	۰,۰۳۷
۷	۳۷,۷۲۲	۰,۶۲۶	۱۲,۹۲۲	۰,۰۹۴	۱۱,۹۷۲	۰,۵۷۶	۰,۱۸۹	۳۵,۰۰۶	۰,۰۲۷	۰
۸	۳۷,۶۵۴	۰,۹۷۹	۱۱,۶۸۲	۰	۱۳,۱۵۸	۰,۲۹۱	۰,۲۹۵	۳۵,۳۳۵	۰,۰۰۳	۰
Sample	FeOcalc	Fe ₂ O ₃ cal	TSi	TAI	Sum_T	AlVI	Fe ₃	Ti	Cr	Sum_A
۱	۳,۵۹۸	۳,۹۹۷	۶,۰۳۳	۰	۶,۰۳۳	۲,۹۷۹	۰,۴۶۲	۰,۰۹۸	۰	۳,۵۳۹
۲	۶,۴۶۴	۷,۱۸۲	۵,۹۴۶	۰,۰۵۴	۶	۲,۱۱۶	۰,۸۵۹	۰,۰۷۸	۰,۰۱	۳,۰۶۳
۳	۴,۳۱۲	۴,۷۹	۶,۰۲۸	۰	۶,۰۲۸	۲,۶۸۳	۰,۵۶۴	۰,۱۳	۰	۳,۳۷۷
۴	۲,۶۴۸	۲,۹۴۲	۵,۹۸۵	۰,۰۱۵	۶	۲,۱۴	۰,۳۴۳	۰,۰۸۹	۰	۳,۵۷۲
۵	۵,۲۴۷	۵,۸۲۹	۵,۹۲۶	۰,۰۷۴	۶	۲,۴۲۳	۰,۸۸۹	۰,۰۸۳	۰	۳,۱۹۵
۶	۶,۷۸۷	۷,۰۴	۵,۹۵۷	۰,۰۴۳	۶	۲,۰۴۸	۰,۸۹۸	۰,۰۸۲	۰,۰۰۸	۳,۰۳۶
۷	۵,۹۸۶	۶,۶۵	۵,۸۹۷	۰,۱۰۳	۶	۲,۲۷۶	۰,۷۸۲	۰,۰۷۴	۰,۰۱۲	۳,۱۴۲
۸	۶,۰۵۷۹	۷,۳۰۹	۵,۹۲۴	۰,۰۷۶	۶	۲,۰۸۹	۰,۸۶۵	۰,۱۱۶	۰	۳,۰۶۹
Sample	Fe ₂	Mg	Mn	Ca	Na	Sum_B	Cl	Alm	And	Gross
۱	۰,۴۶۳	۰,۱۴۱	۰,۰۰۷	۵,۸۱۳	۰,۰۰۵	۶,۴۲۸	۰,۰۰۶	۷,۱۹۹	۱۳,۰۵۸	۷۷,۳۷۷
۲	۰,۸۶	۰,۰۴۶	۰,۰۶۲	۵,۹۵۷	۰,۰۱۱	۶,۹۳۷	۰,۰۰۶	۱۲,۴۰۴	۲۸,۰۵۲	۵۷,۵۱۱
۳	۰,۵۶۵	۰,۱۲۳	۰,۰۲۳	۵,۸۸۴	۰	۶,۵۹۴	۰,۰۰۶	۸,۵۶۲	۱۶,۶۹۶	۷۲,۰۲۵
۴	۰,۳۴۳	۰,۰۰۱	۰,۰۴۹	۶,۰۲۶	۰,۰۰۸	۶,۴۲۸	۰	۵,۳۴۲	۹,۶	۸۴,۱۰۴
۵	۰,۶۹	۰,۰۶۸	۰,۰۳۱	۶,۰۱۱	۰,۰۰۵	۶,۸۰۵	۰,۰۰۱	۱۰,۱۴۲	۲۱,۵۷۳	۶۶,۷۵۸
۶	۰,۸۹۹	۰,۰۴۸	۰,۰۲۸	۵,۹۸۹	۰	۶,۹۶۴	۰,۱	۱۲,۹۱۲	۲۹,۵۷۳	۵۶,۱۰۵
۷	۰,۷۸۳	۰,۰۴۴	۰,۰۷۶	۵,۹۴۷	۰,۰۰۸	۶,۸۵۸	۰	۱۱,۴۱۱	۲۴,۸۷۱	۶۱,۴۷۴
۸	۰,۸۶۶	۰,۰۶۹	۰,۰۳۹	۵,۹۵۶	۰,۰۰۱	۶,۹۳۱	۰	۱۲,۴۹	۲۸,۱۶۹	۵۷,۷۷۱
Sample	Pyrope	Spess	Uvaro							
۱	۲,۱۸۷	۰,۱۰۵	۰							
۲	۰,۶۶۴	۰,۱۹۸	۰,۳۱۲							
۳	۱,۸۶۲	۰,۲۵۶	۰							
۴	۰,۰۱۸	۰,۷۶۴	۰							
۵	۰,۹۹۹	۰,۴۶	۰							
۶	۰,۶۸۵	۰,۳۹۹	۰,۲۷۶							
۷	۰,۶۴۲	۰,۱۱۲	۰,۳۸۹							
۸	۰,۹۹۸	۰,۰۶	۰							

جدول ۴ آنالیز EDS گارنت‌ها در گارنت اسکارن‌ها (Alm=Almandine; Gross=Grossular; And=Andradite; Uvaro=Uvarovite; Spess=Spessartine)

Number	SiO ₂	Al ₂ O ₃	FeOt	CaO	FeOcalc	Fe ₂ O ₃ calc	TSi	Sum_T
۱	۴۰,۳۵	۴,۰۲	۲۴,۸۷	۳۰,۷۶	۱,۱۱۹	۲۲,۶۱۹	۶,۶۷۴	۶۶۷۴
۲	۳۹,۵۵	۳,۴۹	۲۶,۴۶	۳,۰۵	۱,۱۹	۲۵,۱۲۹	۶,۵۷۶	۶۵۷۶
۳	۳۷,۹۲	۳,۲۵	۲۸,۲۷	۳۰,۵۵	۱,۲۷۲	۲۶,۸۴۸	۶,۳۳۸	۶۳۳۸
۴	۳۹,۴۷	۳,۲۷	۲۷,۳۱	۲۹,۹۶	۱,۲۲۹	۲۵,۹۳۶	۶,۵۸۲	۶۵۸۲
۵	۳۹,۶۸	۳,۴	۲۷,۰۷	۲۹,۸۵	۱,۲۱۸	۲۵,۷۰۹	۶,۶۱۳	۶۶۱۳
۶	۳۹	۳,۱۹	۲۷,۶	۳۰,۲۱	۱,۲۴۲	۲۶,۲۱۲	۶,۵۰۹	۶۵۰۹
۷	۳۸,۹	۳,۳۸	۲۶,۵۷	۳۱,۱۶	۱,۱۹۵	۲۵,۲۳۴	۶,۴۶۷	۶۴۶۷
۸	۳۸,۴۴	۳,۸۵	۲۷,۴۵	۳۰,۲۶	۱,۲۳۵	۲۶,۰۶۹	۶,۴۰۵	۶۴۰۵
۹	۳۸,۸۱	۳,۳۲	۲۷,۱۲	۳۰,۷۴	۱,۲۲	۲۶,۷۵۶	۶,۴۶۶	۶۴۶۶
۱۰	۴۰,۳	۳,۷۹	۲۶,۸۳	۳۱,۰۸	۱,۱۱۷	۲۳,۵۸۱	۶,۶۶۶	۶۶۶۶
۱۱	۳۹,۹۲	۴,۳	۲۶,۰۷	۲۹,۷	۱,۱۷۳	۲۴,۷۵۹	۶,۶۲۶	۶۶۲۶
۱۲	۳۶,۶۶	۴,۶۸	۲۵,۸	۲۹,۸۶	۱,۱۶۱	۲۴,۵۰۲	۶,۵۷۲	۶۵۷۲
AlVI	Fe ₃	Sum_A	Fe ₂	Ca	Sum_B	Alm	And	Gross
-,۷۸۳	۲,۹۳۷	۳,۷۲	,۱۵۵	۵,۴۵۱	۵,۶۰۶	۲,۷۶۱	۷۸,۹۵	۱۸,۲۸۹
-,۶۸۳	۲,۱۴۱	۳,۸۲۵	,۱۶۶	۵,۴۳۴	۵,۵۹۹	۲,۹۵۶	۸۲,۱۳۱	۱۴,۹۱۲
-,۶۴	۲,۳۷۳	۴,۰۱۳	,۱۷۸	۵,۴۷۱	۵,۶۴۹	۳,۱۴۷	۸۴,۰۶	۱۲,۷۹۳
-,۶۴۲	۲,۲۵۱	۳,۸۹۴	,۱۷۱	۵,۳۵۳	۵,۵۲۴	۳,۱۰۲	۸۳,۵۰۷	۱۳,۳۹۱
-,۶۶۷	۲,۲۲۱	۳,۸۸۸	,۱۷	۵,۳۳	۵,۴۹۹	۳,۰۸۶	۸۲,۸۳۸	۱۴,۰۷۶
-,۶۲۷	۲,۲۸۹	۳,۹۱۶	,۱۷۳	۵,۴۰۲	۵,۵۷۵	۳,۱۰۹	۸۳,۹۸۸	۱۲,۹۰۴
-,۶۶۲	۲,۱۵۴	۳,۸۱۶	,۱۶۶	۵,۰۵۱	۵,۷۱۷	۲,۹۰۷	۸۲,۶۵۶	۱۴,۴۳۷
-,۷۵۵	۲,۲۶۵	۴,۰۲۱	,۱۷۲	۵,۴۰۲	۵,۵۷۴	۳,۰۸۷	۸۱,۲۱۲	۱۵,۷۰۱
-,۶۵۱	۲,۲۲۶	۳,۸۷۷	,۱۷	۵,۴۸۷	۵,۶۵۷	۳,۰۰۵	۸۳,۱۹۹	۱۳,۷۹۵
-,۷۳۸	۲,۹۳۲	۳,۸۷۱	,۱۵۵	۵,۰۰۸	۵,۶۶۳	۲,۷۲۹	۷۹,۸۸۶	۱۷,۳۸۵
-,۸۴	۳,۰۸۹	۳,۹۳	,۱۶۳	۵,۲۸۲	۵,۴۴۴	۲,۹۹	۷۸,۶۱۲	۱۸,۳۹۸
-,۹۱۳	۳,۰۵۲	۳,۹۶۶	,۱۶۱	۵,۳۰۱	۵,۴۶۲	۲,۹۴۵	۷۸,۹۷	۲۰,۰۸۵



شکل ۵ ترکیب کلینوپیروکسن‌های موجود در اسکارنهای منطقه گارنت‌های موجود در اسکارنهای منطقه (همراه با دیگر کالک سیلیکات‌ها) دارای ترکیب گراسولر بوده (مربع) در حالی گارنت‌های موجود در گارنتیت‌ها (دایره) دارای ترکیب آندرادیت هستند.

جدول ۵ میانگین آنالیز ICP-Ms برای تعیین عناصر کمیاب گارنت‌ها در اسکارنهای گارنت.

Element	Value	Element	Value	Element	Value	Element	Value
Ba	۱۶۸,۶	Ta	۰,۷	Nd	۲۱,۴	Lu	۰,۲۷
Be	۳	Th	۷,۱	Sm	۴,۴	Mo	۲,۳
Co	۲۱	U	۹,۳	Eu	۱,۲۸	Cu	۱۴
Cs	۰,۸	V	۶۱	Gd	۳,۹۱	Pb	۱۰,۶
Ga	۱۴,۴	W	۳۱۷,۷	Tb	۰,۶۳	Zn	۱۰,۸
Hf	۲,۴	Zr	۸۷,۵	Dy	۳,۶۱	Ni	۸,۱
Nb	۶,۹	Y	۲۰,۴	Ho	۰,۶۹	As	۴۹۶,۲
Rb	۱۳,۱	La	۳۷,۸	Er	۱,۹۹	Cd	۰,۱
Sn	۱۲	Ce	۶۱,۱	Tm	۰,۲۷	Sb	۵,۹
Sr	۲۲۶,۵	Pr	۶,۰۹	Yb	۱,۹۳	Bi	۱۸,۷
Ag	۷۵,۲	Au	۱۴۳,۷	Hg	۰,۰۲	Se	۰,۵

می‌توان گفت که تشکیل کانی‌های اسکارنی در این زون (اندواسکارنهای) باعث افزایش عناصری مانند سدیم در ماقمای باقی مانده می‌شود، زیرا که سدیم جایگاهی در ساختار کانی‌های اسکارنی ندارد. لذا تجمع سدیم در ماقمای باقی مانده در اندواسکارن‌ها می‌تواند سبب دگرگاهی سدیم و تشکیل آلبیت‌های نوظهور شود.

۴- اسفن: دانه‌های اسفن در اندواسکارنهای دارای مقادیر نسبتاً بالایی از Al_2O_3 و FeO هستند. معمولاً همراه با افزایش Al و Fe ، میزان Ti اسفن‌ها کاهشی را نشان می‌دهد که به سبب جایگزینی Al و Fe به جای Ti است (جدول ۸).

۵- ولستونیت: این کانی معمولاً در تمامی اسکارنهای مورد مطالعه وجود دارد. میزان CaO این ولستونیتها نسبتاً بالاست. میزان FeO این ولستونیتها متغیر و ناچیز بوده در حالی که میزان MgO تا حدودی بالاست (جدول ۹).

۶- وزوویانیت: به عنوان یکی از کانی‌های اصلی تشکیل دهنده اسکارنهای کلینوپیروکسن - گارنت - وزوویانیت دارای میزان بالایی از TiO_2 و CaO هستند (جدول ۱۰).

۷- آمفیبول و بیوتیت: این دو کانی در توده نفوذی منطقه به صورت کانی‌های فرعی وجود دارند. ترکیب آمفیبول‌ها در طیف اکتینولیت هورنبلند قرار داشته و میزان $\text{Al}(\text{IV})$ آنها پائین است. میزان X_{Fe} این بیوتیتها تغییراتی بین ۰,۴۶ تا ۰,۴۸ را نشان می‌دهد (جدول ۱۱).

۲- کلینوپیروکسن‌ها: ترکیب کلینوپیروکسن‌ها عموماً در طیف دیوپسیدهای غنی از کلسیم و نیز سالیت قرار می‌گیرد (شکل ۵). معمولاً با افزایش Al_2O_3 در ساختار کلینوپیروکسن‌ها، میزان MgO, CaO و SiO_2 کاهش یافته در حالی که میزان FeO و TiO_2 افزایشی را نشان می‌دهند. برخی از کلینوپیروکسن‌ها (شماره‌های ۱۸ و ۱۹ در جدول ۶) دارای مقادیر بالای Al_2O_3 بوده که همراه با آن، میزان FeO نیز افزایش یافته و نیز نسبت $\text{Fe}^{+3}/\text{Fe}^{+2}$ نیز نسبت به دیگر کلینوپیروکسن‌ها بالاست. ترکیب این کلینوپیروکسن‌ها مشابه ترکیب فاسائیت است [۱۸]. برخی دیگر از کلینوپیروکسن‌ها (شماره‌های ۲۰ و ۲۱) یک افزایشی در میزان MnO و نیز در مقدار FeO نشان می‌دهند. در این کلینوپیروکسن‌ها مقادیر CaO , MgO و تا حدودی Al_2O_3 و SiO_2 کاهش یافته‌اند. علاوه بر این میزان Fe^{+2} بیشتر از مقادیر Fe^{+3} است. بتایراین مقادیر اعضای پایانی جوهانسونیت (Johansonite) و هدبئرژیت (Hedenbergite) در این پیروکسن‌ها نسبتاً بالا هستند. در این حالت شرایط احیایی بالاتری برای تشکیل آنها در نظر گرفته می‌شود [۱۹]. از نظر ژئوشیمیایی ترکیب این کلینوپیروکسن‌ها مشابه کلینوپیروکسن‌های موجود در اسکارنهای مس است.

۳- پلازیوکلازها: پلازیوکلازها معمولاً در اسکارنهای کلینوپیروکسن-پلازیوکلاز (اندواسکارنهای) وجود داشته و ترکیب آنها عموماً در گستره آلبیت (با ۹۰ تا ۹۲٪ آلبیت) قرار گرفته و میزان اورتوز آنها معمولاً در حد بیش از ۰,۰٪ است (جدول ۷).

جدول ۶ ترکیب شیمیایی کلینوپیروکسن در اندو اسکارن‌های مورد مطالعه.

Number	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷
Na ₂ O	۰,۰۴۷	۰,۰۰۴	۰,۰۵۸	۰,۰۹۳	۰,۰۶۹	۰,۱۴۶	۰
SiO ₂	۵۵,۰۹۱	۵۴,۱۴۳	۵۴,۲۵۲	۵۴,۲۸۳	۵۵,۱۴۴	۵۴,۷۱۷	۵۵,۱۳۸
K ₂ O	۰,۰۱۹	۰	۰,۰۲۲	۰,۰۰۱	۰	۰,۰۱۶	۰
CaO	۲۵,۵۹	۲۵,۵۸۷	۲۵,۲۱	۲۴,۶۸۸	۲۶,۰۵۱	۲۵,۷۴۸	۲۶,۴۷
TiO ₂	۰	۰	۰,۰۷۷	۰,۰۱۲	۰	۰,۰۰۵	۰,۰۴۲
Cr ₂ O ₃	۰,۰۳۵	۰,۰۱۸	۰	۰,۱۱۴	۰	۰,۰۷	۰
MnO	۰,۴۵۳	۰,۳۱۹	۰,۰۵۶	۰,۴۶۹	۰,۰۳۸	۰,۴۵۸	۰,۴۷۵
FeO	۱,۰۳۷	۱,۱۲۳	۲,۲۲۲	۲,۳۸۴	۱,۸۲۲	۲,۵۵۱	۰,۷۹۱
MgO	۱۷,۱۷۸	۱۶,۷۱۸	۱۶,۰۹۵	۱۶,۰۱۹	۱۶,۳۹۷	۱۵,۷۷۵	۱۷,۳۱۲
Al ₂ O ₃	۰,۲۶۶	۱,۲۶۲	۰,۴۰۶	۰,۳۸۲	۰,۴۴۲	۰,۵۸۲	۰,۲۴۹
Total	۹۹,۷۱۶	۹۹,۱۷۴	۹۸,۹۲۸	۹۸,۴۴۴	۱۰۰,۴۷۵	۱۰۰,۰۸۲	۱۰۰,۴۷۷
Na	۰,۰۰۳	۰	۰,۰۰۴	۰,۰۰۷	۰,۰۰۵	۰,۰۱	۰
Si	۲,۰۰۷	۱,۹۸۳	۲,۰۰۴	۱,۹۹۷	۲,۰۰۳	۲,۰۰۱	۱,۹۹۲
K	۰,۰۰۱	۰	۰,۰۰۱	۰	۰	۰,۰۰۱	۰
Ca	۰,۹۹۹	۱,۰۰۴	۰,۹۹۸	۰,۹۹۱	۰,۰۱۴	۱,۰۰۹	۱,۰۲۵
Ti	۰	۰	۰,۰۰۲	۰	۰	۰	۱,۰۰۱
Cr	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰	۰,۰۰۳	۰	۰,۰۰۲	۰
Mn	۰,۰۱۴	۰,۰۱	۰,۰۱۸	۰,۰۱۵	۰,۰۱۷	۰,۰۱۴	۰,۰۱۵
Fe ⁺³ (T)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰
Fe ⁺³ (M1)	۰	۰	۰	۰	۰	۰	۰,۰۰۳
Fe ⁺²	۰,۰۳۲	۰,۰۳۴	۰,۰۶۹	۰,۰۷۵	۰,۰۵۵	۰,۰۷۸	۰,۰۲۱
Mg	۰,۹۳۳	۰,۹۱۳	۰,۸۸۶	۰,۸۹۵	۰,۸۸۸	۰,۸۶	۰,۹۲۳
Al (T)	۰	۰,۰۱۷	۰	۰,۰۰۳	۰	۰	۰,۰۰۸
Al (M1)	۰,۰۱۱	۰,۰۳۸	۰,۰۱۸	۰,۰۱۴	۰,۰۱۹	۰,۰۲۵	۰,۰۰۳
Total	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴
Number	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴
Na ₂ O	۰	۰,۰۷	۰,۱۱	۰,۰۲۶	۰	۰,۱۹	۰
SiO ₂	۵۴,۹۲۴	۵۳,۴۸۲	۵۵,۰۷۸	۵۳,۲۴۷	۵۴,۴۹۶	۵۴,۴۶۴	۵۴,۸۹۸
K ₂ O	۰	۰	۰,۰۳	۰	۰	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲
CaO	۲۶,۳۶۷	۲۵,۸۳۳	۲۶,۶۹۳	۲۵,۷۳۶	۲,۰۷۸	۲۵,۹	۲۵,۹۴۲
TiO ₂	۰,۰۵۸	۰,۱۹۵	۰,۱۱۲	۰,۴۴۴	۰,۰۶	۰,۰۶۳	۰
Cr ₂ O ₃	۰	۰	۰,۰۳۵	۰	۰,۰۴۴	۰	۰,۰۴۴
MnO	۰,۴۲۷	۰,۷۴۴	۰,۴۵۷	۰,۴۸۸	۰,۲۲	۰,۸۹۳	۰,۰۲۵
FeO	۱,۱۱۵	۲,۱۸۰۳	۱,۱۹	۲,۴۶۵	۰,۸	۱,۰۷۹	۰,۵۹۸
MgO	۱۷,۰۸۱	۱۵,۷۵۳	۱۷,۳۲	۱۵,۶۴۶	۱۷,۱۹۸	۱۷,۰۷۵	۱۷,۶۸۸
Al ₂ O ₃	۰,۴۸	۱,۳	۰,۴۱۹	۲,۴۵۸	۰,۴۲	۰,۳۸۴	۰,۴۴۸
Total	۱۰۰,۴۸۷	۱۰۰,۳۰۸	۱۰۱,۰۶۸	۱۰۰,۰۵۹	۹۹,۵۴۵	۹۹,۷۴۷	۹۹,۸۹۱
Na	۰	۰,۰۰۵	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰	۰,۰۰۱	۰
Si	۱,۹۸۷	۱,۹۰۵	۱,۹۴۹	۱,۹۳۸	۱,۹۸۶	۱,۹۸۶	۱,۹۹
K	۰	۰	۰,۰۰۱	۰	۰	۰	۰
Ca	۱,۰۲۲	۱,۰۱۲	۱,۰۴۷	۱,۰۰۴	۱,۰۱۸	۱,۰۱۲	۱,۰۰۸
Ti	۰,۰۰۲	۰,۰۰۵	۰,۰۰۳	۰,۰۱۲	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	۰
Cr	۰	۰	۰,۰۰۱	۰	۰,۰۰۱	۰	۰,۰۰۱
Mn	۰,۰۱۳	۰,۰۲۳	۰,۰۱۴	۰,۰۱۵	۰,۰۱	۰,۰۲۱	۰,۰۰۸
Fe ⁺³ (T)	۰	۰	۰,۰۳۳	۰	۰	۰	۰
Fe ⁺³ (M1)	۰,۰۰۱	۰,۰۲۹	۰,۰۰۴	۰	۰	۰,۰۰۹	۰
Fe ⁺²	۰,۰۳۲	۰,۰۵۷	۰	۰,۰۷۵	۰,۰۲۴	۰,۰۲۴	۰,۰۱۸
Mg	۰,۹۲۱	۰,۸۵۸	۰,۹۲۹	۰,۸۴۹	۰,۹۳۵	۰,۹۲۸	۰,۹۵۶
Al (T)	۰,۰۱۳	۰,۰۴۵	۰,۱۸	۰,۰۶۲	۰,۰۱۴	۰,۰۱۴	۰,۰۱
Al (M1)	۰,۰۰۸	۰,۰۱۱	۰	۰,۰۴۳	۰,۰۱	۰,۰۰۳	۰,۰۰۹
Total	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴

ادامه جدول ۶

Number	۱۵	۱۶	۱۷	۱۸	۱۹	۲۰	۲۱
Na ₂ O	.	.	۰,۰۰۷	۰,۰۲۴	۰,۰۴۲	۰,۱۹۱	۰,۱۴۴
SiO ₂	۵۴,۶۶۷	۵۳,۶۷	۵۳,۸۵	۴۷,۶۹۱	۴۹,۲۶۶	۵۱,۰۹	۵۰,۹۷۲
K ₂ O	۰,۰۱۲	.	۰,۰۱۴	.	۰,۰۱۱	۰,۰۲	.
CaO	۲۶,۰۱۲	۲۵,۶۲۷	۲۶,۳۶	۲۵,۵۴۲	۲۵,۹۷۹	۲۴,۰۳۸	۲۴,۸۱۳
TiO ₂	۰,۰۳۵	۰,۰۷۵	۰,۰۵۳	۰,۷۹۹	۰,۶۷۶	.	.
Cr ₂ O ₃	۰,۰۷	۰,۰۵۳	.	۰,۰۳۵	۰,۰۳۵	۰,۰۱۸	۰,۰۹۶
MnO	۰,۱۷۱	۰,۱۷۶	۰,۱۸۵	.	.	۱,۰۶۹	۱,۶۶۶
FeO	۰,۷۳۷	۱,۲۹۳	۰,۷۷۵	۳,۹۴۶	۳,۳۵۹	۱۰,۲۷۹	۹,۴۷۲
MgO	۱۷,۳۷۲	۱۷,۲۳۹	۱۷,۴۱۳	۱۲,۸۶۲	۱۳,۷۰۱	۱۱,۰۴۶	۱۰,۱۶۵
Al ₂ O ₃	۰,۳۵۹	۱,۷۵	۰,۸۰۵	۹,۲۸۳	۷,۶۳	۰,۱۹۱	۰,۲۲۵
Total	۹۹,۶۳۵	۹۹,۸۸۲	۹۹,۱۴	۱۰۰,۱۸۱	۱۰۰,۶۹۷	۹۸,۸۰۷	۹۸,۲۷۸
Na	.	.	.	۰,۰۰۲	۰,۰۰۳	۰,۰۱۴	۰,۰۱۱
Si	۱,۹۹	۱,۹۴۸	۱,۹۶۷	۱,۷۴۸	۱,۷۹۲	۱,۹۵۹	۱,۹۴۲
K	۰,۰۰۱	.	۰,۰۰۱	.	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	.
Ca	۱,۰۱۵	۰,۹۹۶	۱,۰۱۹	۱,۰۰۳	۱,۰۱۳	۱,۰۱۱	۱,۰۳۳
Ti	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۰۱	۰,۰۰۲	۰,۰۱۸	.	.
Cr	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲	.	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۱	۰,۰۰۳
Mn	۰,۰۱۱	۰,۰۰۵	۰,۰۰۶	.	.	۰,۰۳۵	۰,۰۵۵
Fe ⁺³ (T)	.	.	.	.	.	۰,۰۳۳	۰,۰۴۸
Fe ⁺³ (M1)	۰,۰۰۱	۰,۰۲۴	۰,۰۲۴	۰,۰۶	۰,۰۵۴	۰,۰۵۶	۰,۰۶۶
Fe ⁺²	۰,۰۲۱	۰,۰۱۵	.	۰,۰۶۱	۰,۰۴۸	۰,۰۴۴	۰,۰۳
Mg	۰,۹۴۳	۰,۹۳۳	۰,۹۴۸	۰,۷۰۳	۰,۷۴۳	۰,۶۳۸	۰,۶۲۹
Al (T)	۰,۰۱	۰,۰۵۲	۰,۰۳۳	۰,۲۸۲	۰,۲۰۸	۰,۰۰۹	۰,۰۱
Al (M1)	۰,۰۰۵	۰,۰۲۳	۰,۰۰۱	۰,۱۴۹	۰,۱۱۹	.	.
Total	۴	۴	۴	۴	۴	۴	۴

جدول ۷ ترکیب پلازیوکلازها در اندواسکارن‌ها.

Number	۱	۲	۳	۴
Na ₂ O	۱۰,۲۴	۱۰,۱۸۵	۱۰,۱۴۳	۱۰,۰۵۲۱
SiO ₂	۶۵,۳۵	۶۶,۷۲۸	۶۶,۶۵۲	۶۵,۹۷۳
Cl	۰,۱	۰,۰۲۱	۰,۰۲۱	۰,۰۱
K ₂ O	۰,۰۹۲	۰,۰۹۸	۰,۱۳۴	۰,۱۵۴
CaO	۱,۷۷۷	۱,۳۱۴	۱,۰۵۲	۱,۲۷۳
TiO ₂	۰,۰۲۲	۰,۰۴۸	.	.
Cr ₂ O ₃	.	.	.	.
MnO	۰,۰۲۶	.	.	۰,۰۸۸
FeO	۰,۰۹۵	۰,۰۴۲	۰,۰۰۴	۰,۰۲۲
MgO	.	۰,۰۲۷	۰,۰۱	۰,۰۰۷
Al ₂ O ₃	۲۰,۶۷	۱۹,۶۸۸	۲۰,۲۲۸	۲۰,۲۲۶
Total	۹۸,۲۸۲	۹۸,۳۶	۹۸,۱۷۲	۹۸,۲۷۴
Na	۳,۵۸۲	۳,۶۹۴	۳,۵۷۶	۳,۷۰۴
Si	۱۱,۳۲۹	۱۱,۷۲۴	۱۱,۶۸۹	۱۱,۶۶۸
Cl	۰,۰۰۳	۰,۰۰۶	۰,۰۰۶	۰,۰۰۳
K	۰,۰۱۸	۰,۰۲۲	۰,۰۳	۰,۰۳۵
Ca	۰,۳۲۶	۰,۲۵۴	۰,۲۹۶	۰,۲۴۱
Ti	۰,۰۰۳	۰,۰۰۶	.	.
Cr	.	.	.	.
Mn	۰,۰۰۴	.	.	۰,۰۱۳
Fe	۰,۰۱۴	۰,۰۰۶	۰,۰۰۰۵	۰,۰۰۳
Mg	.	۰,۰۰۶	۰,۰۰۲	۰,۰۰۲
Al	۴,۳۴۲	۴,۲۲۶	۴,۲۹۸	۴,۳۰۴
Total	۱۹,۹۳۱	۱۹,۹۴۴	۱۹,۸۹۵	۱۹,۹۷۳

جدول ۹ ترکیب شیمیایی ولاستونیت‌ها در اسکارن‌های مورده مطالعه.

Number	۱	۲	۳	۴	۵
Na ₂ O	۰,۰۳۴	*	*	۰,۰۰۳	*
SiO ₂	۵۱,۸۵۴	۵۱,۹۸۳	۵۱,۹۵۹	۵۱,۷۱۱	۵۱,۹۶۱
Cl	۰,۰۰۵	۰,۰۱۹	*	۰,۰۱۹	*
K ₂ O	۰,۰۲۲	۰,۰۰۴	*	*	۰,۰۱۶
CaO	۴۸,۰۳۹	۴۷,۹۶	۴۸,۵۴۹	۴۸,۰۱	۴۸,۳۳۹
TiO ₂	*	۰,۱۶۲	۰,۱۵۲	۰,۰۵	۰,۰۱۷
Cr ₂ O ₃	*	۰,۰۰۹	*	*	*
MnO	۰,۰۶۱	۰,۰۲۷	۰,۰۶۵	۰,۰۵۴	۰,۰۲۵
FeO	۰,۰۸۵	۰,۰۱۸	*	۰,۰۴	۰,۰۱۳
MgO	۰,۱۷۶	۰,۰۱۴	۰,۰۱۸	۰,۰۲۹	۰,۰۰۶
Al ₂ O ₃	۰,۱	۰,۰۲۹	۰,۰۱۹	۰,۰۵۹	۰,۰۵۱
Total	۱۰۰,۳۷۵	۱۰۰,۷۰۳	۱۰۱,۰۴	۱۰۰,۱۷۴	۱۰۰,۶۲۶
Na	۰,۰۰۶	*	*	۰,۰۰۶	*
Si	۵۹,۸۵	۵۹,۸۵	۵۹,۷	۵۹,۷۳	۵۹,۸۹
Cl	۰,۰۰۷	۰,۰۰۳	*	۰,۰۰۳	*
K	۰,۰۰۲	۰,۰۰۵	*	*	۰,۰۲
Ca	۵۹,۳۶	۵۹,۱۶	۵۹,۷۳	۵۹,۴۶	۵۹,۶۸
Ti	*	۰,۰۱۳	۰,۰۱	۰,۰۰۴	۰,۰۰۱
Cr	*	۰,۰۰۶	*	*	*
Mn	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲	۰,۰۰۶	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲
Fe	۰,۰۰۷	۰,۰۱۳	*	۰,۰۳۸	۰,۰۰۷
Mg	۰,۰۲۷	۰,۰۲	۰,۰۰۰۵	۰,۰۳۸	۰,۰۳۴
Al	۰,۰۱۲	۰,۰۲۷	۰,۰۲	۰,۰۰۷	۰,۰۰۶
Total	۱۱,۹۸۰	۱۱,۹۸۶	۱۱,۹۸۶۲	۱۱,۹۸۵۸	۱۲,۰۰۵۸

جدول ۸ ترکیب شیمیایی اسفن‌ها در اندواسکارن‌ها.

Number	۱	۲	۳
Na ₂ O	۰,۰۱۱	*	*
SiO ₂	۲۷,۸۶۸	۲۸,۸۴۸	۲۹,۰۷۹
Cl	۰,۰۱۴	۰,۰۱۸	*
K ₂ O	*	*	*
CaO	۲۷,۴۸	۲۷,۹۸۶	۲۸,۲۲۳
TiO ₂	۳۷,۲۵۷	۳۶,۹۷۸	۳۶,۸۸۳
Cr ₂ O ₃	۰,۰۲۶	*	۰,۰۷۲
MnO	۰,۰۶۵	*	۰,۰۴
FeO	۱,۴۰۲	۱,۵۲۳	۱,۶۲۴
MgO	۰,۰۳۶	۰,۰۰۳	۰,۰۶۸
Al ₂ O ₃	۰,۹۸۸	۱,۲۰۵	۱,۱۹۸
Total	۹۵,۱۴۸	۹۶,۵۶۳	۹۷,۱۸۶
Na	۰,۰۰۱۴	*	*
Si	۳۶	۳,۹۲۶	۴,۰۷
Cl	۰,۰۰۲	۰,۰۰۴	*
K	*	*	*
Ca	۳,۸۷	۴,۱	۳,۵۱۳
Ti	۳,۶۱	۳,۷۷	۳,۹۲
Cr	۰,۰۰۱	*	۰,۰۰۶
Mn	۰,۰۰۶	*	۰,۰۰۴
Fe	۱,۵۵	۰,۱۷	۰,۱۸۶
Mg	۰,۰۰۶	۰,۰۰۵	۰,۰۱۳
Al	۰,۱۳۷	۰,۱۹۸	۰,۱۸۴
Total	۱۲,۷۸۳۴	۱۲,۱۸۳	۱۱,۸۹۶

ادامه جدول ۹

Number	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
Na ₂ O	۰,۰۳۴	۰,۰۳۶	۰,۰۳۴	۰,۰۱۶	۰,۰۵	۰,۰۶۳
SiO ₂	۵۲,۳۷۲	۵۱,۳۹	۵۱,۶۸۷	۵۲,۰۱۵	۵۱,۷۳۲	۵۱,۸۳۷
Cl	۰,۰۰۲	*	۰,۰۱۲	*	۰,۰۰۲	۰,۰۵۱
K ₂ O	۰,۰۵۵	*	۰,۰۱	*	۰,۰۵۵	۰,۰۸۲
CaO	۴۸,۴۳۸	۴۸,۰۳۲	۴۸,۰۵۳	۴۷,۸	۴۶,۲۹۵	۴۷,۲۸۵
TiO ₂	۰,۰۳۷	۰,۰۶۵	۰,۰۸۲	۰,۰۳۷	۰,۰۴۸	۰,۰۹
Cr ₂ O ₃	۰,۰۶۱	۰,۰۲۶	*	۰,۰۳۵	*	۰,۰۵۳
MnO	۰,۰۵۷	۰,۰۵۴	۰,۰۷۶	۰,۰۶۲	۰,۱۴۱	*
FeO	*	۰,۱۴۲	۰,۱۰۹	۰,۰۴۴	۰,۰۹	۰,۱۱۴
MgO	۰,۲۴۵	۰,۱۴۴	۰,۲۲۹	۰,۱۹۹	۰,۲۳۴	۰,۱۴۹
Al ₂ O ₃	۰,۱	۰,۱۲۷	۰,۱۴	۰,۰۶۲	۰,۱۵۱	۰,۱۳۴
Total	۱۰۱,۴۰۲	۱۰۰,۰۱۷	۱۰۰,۴۳۲	۱۰۰,۲۷	۹۸,۷۹۸	۹۹,۸۵۹
Na	۰,۰۰۷	۰,۰۰۸	۰,۰۰۷۵	۰,۰۰۳	۰,۰۱۱	۰,۰۱۳
Si	۵۹۹	۵۹۷۲	۵۹۷۴	۶,۰۰۸	۶,۰۵۸	۵۹۸۸
Cl	۰,۰۰۳	*	۰,۰۰۲	*	۰,۰۰۳	۰,۰۰۹
K	۰,۰۰۸	*	۰,۰۰۱۳	*	۰,۰۰۷	۰,۰۱۱
Ca	۵۹,۳۵	۵۹,۷۵	۵۹,۴۶	۵۹,۱۳	۵۸,۰۵	۵۸,۵۲
Ti	۰,۰۰۳۱	۰,۰۰۵	۰,۰۰۷	۰,۰۰۳	۰,۰۰۴	۰,۰۰۷
Cr	۰,۰۰۵	۰,۰۰۲	*	۰,۰۰۳	*	۰,۰۶
Mn	۰,۰۰۵	۰,۰۰۵	۰,۰۰۷	۰,۰۰۶	۰,۰۱۳	*
Fe	*	۰,۰۱۳	۰,۰۱	۰,۰۰۴	۰,۰۰۸	۰,۰۱
Mg	۰,۱۴۱	۰,۰۲۴	۰,۰۳۹	۰,۰۳۴	۰,۰۴	۰,۰۲۴
Al	۰,۰۱۳	۰,۰۱۷	۰,۰۱۷	۰,۰۰۸	۰,۰۰۱	۰,۰۱۷
Total	۱۲,۰۰۹۴	۱۲,۰۲۲۵	۱۲,۰۱۱۹	۱۱,۹۸۲۴	۱۱,۹۴۴۲	۱۱,۹۹۱۷

جدول ۱۰ ترکیب شیمیایی وزوویانیتها در اسکارنها مورد مطالعه.

Number	۱	۲	۳	۴	۵
Na ₂ O	•	۰,۰۴۷	۰,۰۱۸	۰,۰۱۸	۰,۰۰۷
SiO ₂	۳۶,۸۸۱	۳۶,۳۹۱	۳۶,۷۷۹	۳۶,۴۳۲	۳۵,۹۱۴
Cl	۰,۰۷	۰,۰۸۹	۰,۰۸۶	۰,۰۵۸	۰,۰۵۶
K ₂ O	۰,۰۰۴	۰,۰۲۹	۰,۰۴۹	۰,۰۴۲	۰,۰۳۶
CaO	۳۵,۸۷۳	۳۵,۰۷۵	۳۶,۴۶۶	۳۵,۷۸۸	۳۶,۱۰۷
TiO ₂	۱,۰۸۹	۱,۰۸۱	۱,۱۸۶	۰,۸۶۱	۱,۱۳۱
Cr ₂ O _۳	•	۰,۰۱۸	•	•	۰,۰۲۶
MnO	•	۰,۰۸	۰,۰۶۷	۰,۱۰۶	•
FeO	۴,۳۰۱	۴,۲۹۷	۴,۲۴۴	۳,۹۱	۴,۱۲۶
MgO	۴,۰۵۲	۴,۰۵۹	۳,۹۷۶	۴,۱۹۷	۳,۹۸۹
Al ₂ O _۳	۱۴,۶۰۵	۱۵,۳۹۴	۱۴,۷۳۲	۱۳,۶۳۸	۱۴,۳۳۱
Total	۹۶,۸۷۶	۹۶,۵۶۷	۹۶,۶۰۳	۹۵,۴۹	۹۵,۷۲۴
Na	•	۰,۰۴۲	۰,۵۴۸	۰,۰۱۸	۰,۰۰۶
Si	۱۸,۷۷	۱۸,۴۵۴	۱۸,۶۹۶	۱۸,۹۵	۱۸,۵۸۱
Cl	۰,۰۶۱	۰,۰۷۶	۰,۰۷۳	۰,۰۳۱	۰,۰۳۱
K	۰,۰۰۲	۰,۰۱۸	۰,۰۰۳	۰,۰۲۵	۰,۰۱۸
Ca	۱۹,۵۶	۱۹,۴۹۱	۱۹,۳۰۷	۱۹,۹۵۶	۲۰,۰۱۳
Ti	۰,۴۱۳	۰,۴۱۱	۰,۴۵۲	۰,۳۱۲	۰,۴۳۵
Cr	•	۰,۰۰۶	•	•	۰,۰۰۶
Mn	•	۰,۰۳	۰,۰۰۳	۰,۰۳۱	•
Fe	۱,۸۰۶	۱,۷۹۹	۱,۸۰۲	۱,۸۸۹	۱,۷۷
Mg	۳,۰۶۲	۳,۰۵	۲,۹۹۳	۳,۲۵۳	۳,۰۵
Al	۸,۶۶۹	۹,۰۹	۸,۷۳	۸,۲۳۷	۸,۶۲۷

ادامه جدول ۱۰

Number	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱
Na ₂ O	•	۰,۰۳۴	۰,۰۵	•	•	۰,۰۰۹
SiO ₂	۳۶,۴۴۹	۳۶,۰۳۶	۳۶,۰۵۲	۳۵,۹۷	۳۶,۰۳	۳۶,۰۱۵
Cl	۰,۱۱۲	۹۶	۰,۱۱	۰,۰۷۹	۰,۰۶۳	۰,۰۱۵
K ₂ O	•	۰,۰۰۷	۰,۰۳۷	•	•	۰,۰۱۴
CaO	۳۵,۵۹۴	۳۵,۵۳۱	۳۵,۸۳	۳۶,۵۱	۳۶,۴۲	۳۶,۲۴۴
TiO ₂	۱,۲۸۴	۱,۱۹۳	۰,۶۴۱	۰,۶۹۴	۰,۸۰۲	۰,۴۳۹
Cr ₂ O _۳	۰,۰۰۹	•	•	•	•	۰,۰۰۹
MnO	۰,۱۰۲	۰,۰۲۶	۰,۲۴۵	۰,۰۴	۰,۲۳۲	۰,۲۴۹
FeO	۴,۹۶۸	۴,۱۲۱	۴,۳۵۶	۴,۲۳۶	۴,۸۴۷	۴,۵۲۳
MgO	۴,۰۰۶	۳,۷۷۷	۴,۶۴۳	۴,۶۳۱	۴,۵۲۳	۴,۴۰۵
Al ₂ O _۳	۱۴,۲۹۷	۱۴,۶۰۳	۱۲,۸۸۶	۱۲,۹۴۱	۱۲,۸۴۲	۱۲,۷۳۳
Total	۹۶,۸۲۲	۹۵,۴۲۳	۹۴,۸۶۱	۹۷,۰۴۲	۹۵,۷۸۲	۹۵,۰۹۳
Na	•	۰,۰۳۱	۰,۰۳۱	•	•	۰,۰۰۶
Si	۱۸,۶۴۲	۱۸,۵۹۸	۱۸,۷۸۲	۱۸,۷	۱۸,۶	۱۸,۸۱۷
Cl	۰,۰۹۲	۰,۰۶۲	۰,۰۶۲	۰,۰۶۳	۰,۰۶	۰,۰۳۱
K	•	۰,۰۴	۰,۰۴۱	•	•	۰,۰۰۶
Ca	۱۹,۵۰۳	۱۹,۶۵۶	۰,۲۶۶	۲,۰۴۱	۲,۰۲۵	۲,۰۳۶
Ti	۰,۴۹۲	۰,۴۶۲	۰,۱۵	۰,۲۵	۰,۳	۰,۳۱
Cr	۰,۰۰۲	•	•	•	•	۰,۰۰۳
Mn	۰,۰۴۳	۰,۰۰۹	۰,۰۱۵	۰,۰۱۵	۰,۰۹	۰,۰۹۴
Fe	۲,۱۲	۱,۷۷	۱,۸۲۱	۱,۸۵	۲۲	۱,۹۵
Mg	۳,۰۴۵	۳,۰۴۲	۳,۶۱۲	۳,۶۱	۳,۴۳	۳,۴۳
Al	۸,۵۲۷	۸,۷۹۱	۷,۹	۷,۹	۸,۱	۷,۷۳

جدول ۱۱ ترکیب شیمیایی آمفیبول و بیوتیت در توده نفوذی منطقه.

Sample	Mineral	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	Cr ₂ O ₃	MnO	MgO
۱	amphibole	۴۹.۸۹۳۹	۰.۸۳۷۸	۴.۸۷۸۲	۱۵.۲۳۶۹	۰.۰۰۰۲	۰.۸۵۰۲	۱۲.۱۵۸۱
۲	amphibole	۵۰.۰۴۳۳	۰.۷۲۳۸	۴.۵۱۹۷	۱۵.۵۵۹۵	۰.۰۰۰۲	۰.۴۹۴	۱۲.۸۹۲
Sample	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	TSi	TAI	Sum-T	CAI
۱	۱۰.۷۱۳۴	۱.۱۲۴۴	۰.۴۵۶۱	۹۷.۱۴۹۲	۷.۴۲۳	۰.۵۷۷	۸	۰.۲۷۷
۲	۱۰.۰۴۳۷	۱.۱۸۸۳	۰.۳۷۱۹	۹۶.۲۲۶۴	۷.۵۱۷	۰.۸۳	۸	۰.۳۱۷
Sample	CTi	CMg	CFe2	Sum-C	BFe2	BMn	BCa	Sum-B
۱	۰.۰۹۴	۲.۹۱۸	۱.۷۱۱	۵	۰.۱۸۵	۰.۱۰۷	۱۷۰.۸	۲
۲	۰.۰۸۲	۲.۸۸۷	۱.۷۱۴	۵	۰.۲۴	۰.۰۶۳	۱۶۹.۷	۲
Sample	ANa	AK	Sum-A	Sum-cat.				
۱	۰.۲۲۴	۰.۰۸۷	۰.۴۱۱	۱۵.۴۱۱				
۲	۰.۳۴۶	۰.۰۷۱	۰.۴۱۷	۱۵.۴۱۷				
Sample	Mineral	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃	FeO	MnO	MgO
۱	Biotite	۳۶.۱۵۴۶	۴.۲۰۲۷	۱۲.۵۴۵۸	۰.۰۳۹۹	۱۸.۷۷۸۶	۰.۱۳۶	۱۱.۴۹۳۸
۲	Biotite	۳۶.۶۳۷۶	۴.۰۵۹	۱۲.۵۳۰۱	۰.۰۷۳۹	۱۸.۵۲۳۴	۰.۲۸۵۴	۱۱.۵۷۲۷
۳	Biotite	۳۶.۷۱۹۶	۳/۸۸۷۸	۱۲/۱۳۹۲	۰.۰۱۱۶	۱۸/۰۳۰۶	۰/۲۲۳۸	۱۱/۹۱۸۴
Sample	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	Total	Si	AlIV	AlVI	Ti
۱	۰.۰۸۵۸	۰.۷۲۵۲	۸.۷۴۱۲	۹۲.۹۰۳۶	۵.۸۱۳	۲.۱۸۷	۰.۱۸۸	۰.۵۰۸
۲	۰.۰۰۰۲	۰.۳۰۲۹	۸.۶۶۶۲	۹۲.۶۵۱۴	۴.۴۲۶	۳.۵۷۴	۱.۶۳۹	۰.۲۶۹
۳	۰.۱۶۴۴	۰.۹۷۹۷	۸.۲۵۷۸	۹۲.۳۲۲۳	۵.۹۱	۲.۰۹	۰.۲۱۱	۰.۴۷۱
Sample	Fe2	Cr	Mn	Mg	Ca	Na	K	Cations
۱	۲.۵۲۵	۰.۰۰۵	۰.۰۱۹	۲.۷۵۵	۰.۰۱۵	۰.۲۲۶	۱.۷۹۳	۱۶.۰۳۴
۲	۱.۸۷۲	۰.۰۰۷	۰.۰۲۹	۲.۰۸۴	۰	۰.۰۷۱	۱.۳۳۶	۱۵.۴۰۷
۳	۲.۴۲۷	۰.۰۰۱	۰.۰۳۱	۲.۸۶	۰.۰۲۸	۰.۳۰۶	۱.۶۹۵	۱۶.۰۳
Sample	XFe	XMg						
۱	۴۸.۰	۵۲.۰						
۲	۴۷.۰	۵۳.۰						
۳	۴۶.۰	۵۴.۰						

آبغونهای ماقمایی به دیوپسید تبدیل شده است. پس از این مرحله، یا گراسولر و آندرادیت مستقیماً متبلور شده، و یا گراسولر به خرج ولاستونیت تشکیل شده است. بررسی روابط دقیق بافتی نشان می‌دهد که برخی از ولاستونیت‌ها برای تشکیل گراسولر تحلیل رفته‌اند. این شواهد بافتی عبارتند از الف- وجود ولاستونیت‌ها به شکل ادخال با حواشی تحلیل رفته و گرد شده درون گارنت‌ها ب- وجود گارنت گراسولر به شکل فزون رشدی (Overgrowth) روی ولاستونیت ج- برخی از ولاستونیت‌ها با بافتی شبیه به جزایر مرجانی را در کنار گارنت- ها نشان می‌دهند.

۳- واکنش‌های دگرگونی در اسکارنهای کلینوپیروکسن- وزوویانیت: همانند دیگر اسکارنهای در این نوع از اسکارنهای در مرحله اول کلینوپیروکسن و ولاستونیت تشکیل شده‌اند. پس از این مرحله، براساس مطالعات سنگ‌شناختی، وزوویانیت به خرج کلینوپیروکسن و گارنت تشکیل شده است. مهمترین عامل تشکیل وزوویانیت‌ها مقداری بالای $X_{\text{H}_2\text{O}}$ است که این فاکتور می‌تواند از توده‌های نفوذی تامین شده باشد.

۴- واکنش‌های دگرگونی در اسکارنهای گارنت: تبلور آندرادیت در این زونها می‌تواند تائیدی بر وجود یک محیط اکسایش در تشکیل آنها باشد. تشکیل مگنتیت نیز از دیگر شواهدی است که فرضیه بالا را قوت می‌بخشد.

بررسی رفتار جنبشی واکنش‌های دگرگونی در اسکارنهای مورد مطالعه

۱- واکنش‌های دگرگونی در اسکارنهای کلینوپیروکسن- پلازیوکلاز: به سبب جایگزینی Fe^{+2} به جای Mg در دیوپسیدهای موجود در این اسکارنهای، در مرحله اول سالیت تشکیل شده است. با اضافه شدن Si و Ti مشتق شده از محلولهای گرمابی ناشی از توده‌های نفوذی به درون کربنات‌ها، اسفن متبلور می‌گردد. علاوه بر این تشکیل این کانی در کنار کانی‌های کدر و کلینوپیروکسن، شاهدی بر این مدعاست که این کانی (اسفن) می‌تواند به خرج کانی‌های اخیر (کانی‌های کدر و کلینوپیروکسن) تشکیل شده باشد. اسفن می‌تواند به شکل واکنشی از تاثیر شاره‌ها بر کانی‌های کدر (ایلمنیت، تیتانومگنتیت) و یا پیروکسن تشکیل شود، زیرا شواهد بافتی همپوشانی اسفن بر کانی‌های بالا را نشان داده و علاوه بر این، داشتن مرز نامتعادل (کنگرهای یا خوردده‌شده) از ویژگیهای این کانی (اسفن) است. در این اسکارنهای، پلازیوکلازهای اولیه تحت شرایط دگرنهادی آلکالن تبدیل به آلبیت‌های دگرنهاد و ثانویه به همراه اورتوز و گراسولر شده‌اند.

۲- واکنش‌های دگرگونی در اسکارنهای کلینوپیروکسن: در این اسکارنهای در مرحله نخست ولاستونیت و سپس فاسائیت متبلور شده‌اند. کانی اخیر (فاسائیت) با اضافه شدن Al و Fe به وسیله

- [5] Irvine I.C., Baragar W.R.A., "A guide to chemical classification of the common volcanic rocks", Can. J. Earth Sci. 8 (1971) 523-548.
- [6] Maniar P.D., Peccoli P.M., "Tectonic discrimination of granitoid", Geo. Soc. Am. Bull. 101 (1989) 113-125.
- [7] Pearce J.A., Harris N.B.W., Tindle A.G., "Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks", J. Petrol. 24,4 (1984) 956-983.
- [8] Shimazaki H., "Characteristics of skarn deposits and related acid magmatism in Japan", Econ. Geol. 75 (1980) 173-183.
- [9] Einaudi M.T., Meinert L.D., Newberry R.J., "Skarn deposits", Econ. Geol. 75th Anniversary Volume, (1981) 317-391.
- [10] Meinert L.D., "Variability of skarn deposits, guides to exploration", In: Boardman, S.J. (Ed.), Revolution in the Earth Sciences. Kendall-Hunt Publishing, Dubuque, Iowa, pp. (1983) 301-316.
- [11] Meinert L.D., "Skarn deposits in Nevada, Geology, mineralogy and petrology of Au, Cu, W and Zn skarns", In: Meinerts, L.D., Myers, G.L., Brooks, J.W., (Eds.), Geol. Assoc. Can. Spec. Pap. 40, Toronto, (1990) pp. 569-583.
- [12] Meinert L.D., "Igneous petrogenesis and skarn deposits", Geol. Assoc. Canada Spec. Pap. 40 (1993) 569-583.
- [13] Meinert L.D., "Compositional variation of igneous rocks associated with skarn deposits", In: Kirkham, R.V., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Duke, J.M., (Eds.), Geol. Assoc. Can. Short Course Series, 23, Nepean, Ontario, (1995) pp. 401-418.
- [14] Meinert L.D., "Application of skarn deposit zonation models to mineral exploration", Explor. Min. Geol. 6 (1997) 185-208.
- [15] Meinert L.D., "Mineralogy and petrology of iron skarns in Western British Columbia", Canada. Econ. Geol. 79 (1984) 869-882.
- [16] Droop G.T.R., "A general equation for estimating Fe⁺³ concentrations in ferromagnesian silicates and oxides from microprobe analyses using stoichiometric criteria", Mineralogical Magazine 51 (1987) 431-435.
- [17] Meinert L.D., "Skarns and skarn deposits", Geosciences Canada 19 (1992) 145-162.
- [18] Deer W.A., Howie R.A., Zussman J., "Rock-forming minerals, single chain silicates", 2ed., 2A (1978) Longmans, London.
- [19] Kwak T.A.P., "W-Sn skarn deposits and related metamorphic skarns and granitoids", Elsevier, Amsterdam (1987).

برداشت

نفوذ توده‌های گرانیتی‌بودی با گرایش کالکوآلکالن به درون سنگ آهک‌های دلومیتی سازند تفت، منجر به ایجاد انواع مختلفی از مرمرها و اسکارنهای شده است. برای تشکیل این اسکارنهای، دو مرحله شامل مرحله تبلور سیلیکاتهای اولیه بی‌آب و مرحله بعدی تشکیل کانی‌های آبدار پیشنهاد می‌شود. این پدیده می‌تواند در ارتباط با ترتیقهای متعددی از توده‌های نفوذی به درون مرمرها باشد. با فرض دو مرحله‌ای بودن تشکیل این اسکارنهای، پس از مرحله اول یعنی تشکیل کانی‌های بی‌آب، زون داخلی (زون اندواسکارن) با مقادیر بالاتری از پلازیوکلاز، اسفن، و سالیت می‌توانند شواهدی برای این غنی شدگی باشند. به سمت زون کلینوپیروکسن-گارنت مقادیر آهن و تیتان کاهش یافته و در مقابل مقادیر منیزیم و آلومینیم افزایش داشته است. بنابراین در این زون دیوبسید های غنی از آلومینیم (فاسائیت) تشکیل می‌شود. در زون کلینوپیروکسن-گارنت-وزوپیروکسن مقدار آلومینیم کاهش یافته و پیروکسن‌ها از نوع دیوبسید هستند. در مراحل بعدی با جایگیری ماقمای اسیدی‌تر، مجموعه کانی‌های اولیه اسکارنهای دستخوش دگرسانی پتابسیک-سدیک همراه با آبگیری شده و بنابراین کانی‌های آبدار و ثانویه متبادر شده‌اند. بخش دیگری از گارنت‌ها که ترکیب آندرادیتی دارند در شرایط اکسایش همراه با کانی‌سازی فلزی شکل گرفته‌اند. این اسکارنهای غنی از گارنت پیدایش مستقل داشته و در آخرین مرحله کانی‌زایی به صورت همپوشانی مجموعه‌های قبلی دیده می‌شوند. شواهد بافتی حاکی از آن است که کانه‌ها (پیریت، مگنتیت و کالکوپیریت) نیز به صورت تاخیری با گارنت‌های آندرادیتی ارتباط دارند.

مراجع

- [1] Karimzadeh Somarin A., "Marano volcanic rocks, East Azarbaijan Province, Iran and associated Fe mineralization", J. Asian Earth Sci. 24 (2004a) 11-23.
- [2] Karimzadeh Somarin A., "Garnet composition as an indicator of Cu mineralization: evidence from skarn deposits of NW Iran", J. Geochemical exploration 81 (2004b) 47-57.
- [3] Karimzadeh Somarin A., Moayyed M., "Granite and gabbro-diorite associated skarn deposits of NW of Iran", Ore Geol. Rev., 20 (2002) 127-138.
- [۴] حاج ملاعلی، ع، "نقشه زمین‌شناسی خضراباد"، مقیاس 1/100000، سازمان زمین‌شناسی ایران، (۱۳۷۱) شماره 6753