فصل ششم

اسکارن و مطالعات زمین شناسی

اقتصادی

الف- مقدمه:

با توجه به مطالعات انجام شده در منطقه کانه زائی بیشتر با اسکارنها مرتبط می باشد بنابراین در این بخش ابتدا به توصیف خصوصیات عمومی اسکارنها اشاره می شود و سپس اسکارن محدوده زاغر مورد بررسی قرار می گیرد.

اسکارن واژه‌ای است که نخست برای باطله‌های در بردارنده سیلیکاتهای کلسیم‌دار دانه درشت همراه با کانسنگهای آهن سوئد به کار رفت. پس از آن این واژه برای شماری از سنگهای غنی از سیلیکاتهای کلسیم، آهن، منیزیم و منگنز که در نتیجه جانشینی سنگهای اولیه غنی از کربنات تشکیل شده است، به کار برده شد. این واژه بدون توجه به وجود و یا نبود کانه‌زایی اقتصادی به کار می‌رود.

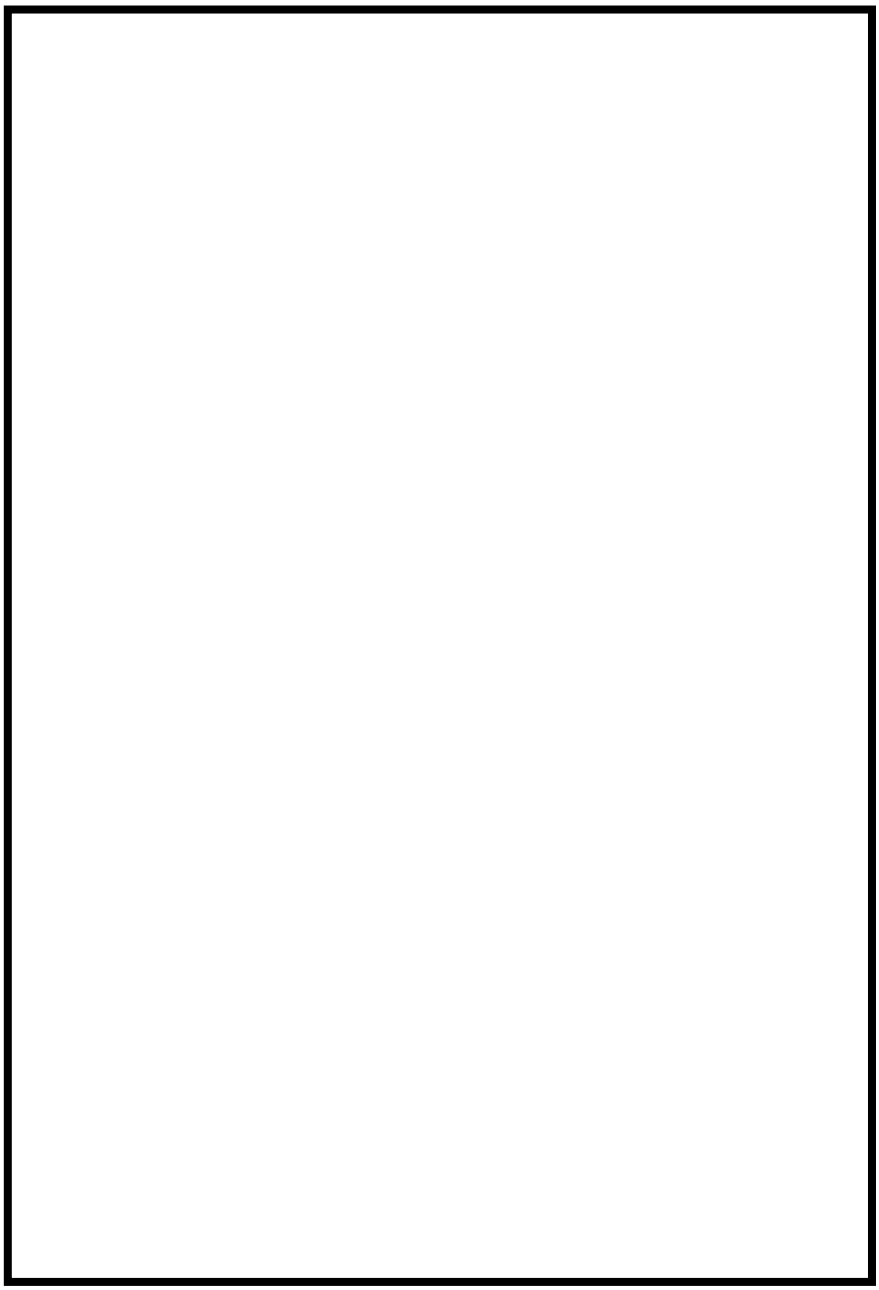
انواع تشکیل اسکارن را در شکل (٦- ١) می توان مشاهده کرد:

الف- دگر گونی ایزو شیمیائی (Isochemical Metamorphism) حاصل از تبلور مجدد و تغییرات در پایداری کانیها بدون انتقال مهم ماده است.

ب- اسکارن واکنشی (Reaction Skarn) ناشی از دگر گونی لیتولوژیهای بین لایه ای مثل شیل و سنگ آهک با انتقال ماده بین لایه ها در مقیاس کوچک است (Bimetasomatism).

ج- اسکارنوئید(Skarnoid) که ناشی از دگرگونی لیتولوژیهای ناخالص با انتقال کم ماده بوسیله حرکت سیال در مقیاس کوچک می باشد.

د- اسکارن متاسوماتیک که در اثر نفوذ سیالها و ورود وخروج مواد پدید می آید. سنگ حاصل بطور مشخصی دانه درشت است و ترکیب یا بافت آن عموما متفاوت از سنگ مادراست.



شکل (٦- ١): انواع تشکیل اسکارن(Meinert.D,١٩٩٢)

١- رده بندی اسکارنها:

اسکارنها را می‌توان بر اساس نوع سنگ جانشین شده رده‌بندی کرد. واژه‌های برون - اسکارن (Exoskarn) و درون اسکارن(Endoskarn) به ترتیب برای سنگ میزبان(که عموما سنگ کربناتی یا غنی ازکربنات هستند) و توده نفوذی که در بخشهای حاشیه ای آن دگرسانی اسکارنی رخ داده است

بکـار مـی‌رود. معمولا بین سنگهای نفوذی و سیالات تشکیل دهنده اسکارن، ارتباط ژنتیکی وجود دارد (ایـنودی و بـرت ۱۹۸۲). درون اسـکارنها از خود منطقه‌بندی کانیایی نشان می‌دهند که حاکی از افزوده شـدن مـاده اسـت. در شـرایط احیائی، توالی کانیایی در جهت آهک شامل بیوتیت، آمفیبول، پیروکسن وگارنـت اسـت. تمام فلدسپارهای پتاسیم‌دار از بین می‌رود در حالیکه بیوتیت و آمفیبول جز در مواردی کـه گارنـت غالـب است، اهمیت خود را حفظ می‌کنند. بنابراین مجموعه کانیایی شاخص، پیروکسن و پلاژیوکلاز است. این مجموعه توالی تیپیک بیشتر اسکارن‌های تنگستن و برخی اسکارنهای مس است. در شـرایط نـسبتاً اکـسیدی اپـیدوت و کوارتـز بـه جـای پیروکسن و پلاژیوکلاز تشکیل شده و گارنت فراوان است. این موارد در بیشتر اسکارن‌های مس و سرب – روی رایج است.

بـرون اسـکارنها را مـی‌تـوان بـر اسـاس مجموعه کانیایی سیلیکات‌های کلسیم غالب طبقه‌بندی کرد که خـود حاکـی از ترکیب شیمیایی سنگ کربناتی جانشین شده است. رده‌بندی مزبور بدین صورت است:

الـف - اسـکارن منیـزیم‌دار: اسـکارنی که جانشین دولومیت شده و عمدتاً حاوی سیلیکاتهای منیزیم‌دار (برای مثال فورستریت و سرپانتین) است.

ب - اسـکارن کلـسیم‌دار: اسـکارنی کـه جانـشین آهـک شـده و بیـشتر حـاوی سـیلیکات‌های آهن – کلـسیم‌دار (بـرای مـثال آندرادیت و هدنبرژیت) می باشد. بخش اعظم ذخایر اسکارن اقتصادی دنیا، در اگزو اسکارن‌های کلسیم‌دار یافت می‌شود.

۲- خصوصیات عمومی تیپ‌های ذخایر اسکارن مهم:

دسته‌بندی ذخایر اسکارن می‌تواند بر اساس خصوصیات توصیفی مثل ترکیب توده نفوذی (پروتولیت)، سـنگ میـزبان فلـز اقتـصادی غالـب و خـصوصیاتی مثل مکانیسم حرکت سیال و درجه حرارت تشکیل صورت گیرد.

۷ تیپ اصلی اسکارن (Fe, Au, W, Cu, Zn, Mo, Sn) در مطالعات اخیر معرفی شده‌اند و چندین اسکارن دیگر (شامل REE, U, Pt, Ba, C, F) بطور محلی مهم هستند.

۲ - ۱- اسکارنهای آهن:

بزرگترین ذخایر اسکارن، اسکارنهای آهن هستند. کانه همراه اسکارنهای آهن بیشتر مگنتیت می باشد. اگر چه مقادیر کمی از Au, Ni, Co, Cu نیز ممکن است حضور داشته باشند. بیشتر ذخایر خیلی بزرگ هستند (۵۰۰< میلیون تن کانسنگ بابیش از ۳۰۰ میلیون تن محتوی آهن) و شامل اکثراً مگنتیت با مقدار کمی سیلیکات به عنوان گانگ می باشند. بعضی از ذخایر دارای مقادیر مهمی از مس هستند و بصورت تدریجی تبدیل به اسکارنهای مس تیپیک می‌شوند.

اسکارنهای آهن بر اساس ترکیب سنگ در بر گیرنده به دو نوع تقسیم می شوند:

۱- کلسیک ۲- منیزیک

۱- اسکارنهای آهن کلسیک در جزایر اقیانوسی با پلوتونهای غنی از آهن همراهی می‌شوند که بداخل آهک و سنگهای دیواره آتشفشانی نفوذ کرده‌اند. کانیهای اسکارن شامل اغلب گارنت و پیروکسن با مقدار کمی اپیدوت، ایلوئیت و اکتینولیت که همه از آهن غنی هستند می باشند. آلتراسیون سنگهای آذرین معمولاً با گسترش آلبیت، اورتوکلاز و رگه‌های اسکاپولیت و جانشینی های وسیع در درون اسکارنها همراه است.

۲- اسکارنهای آهن منیزیم‌دار همراه با توده‌های نفوذی با ترکیبات مختلف در جایگاههای تکتونیکی متفاوتی دیده می‌شوند. خصوصیت مشترک آنها در این است که آنها از سنگ دیواره دولومیتی شکل می‌گیرند. در اسکارنهای منیزیمی، کانیهای اصلی اسکارن شامل فورستریت، دیوپسید، پریکلاز، تالک و سرپانتین می باشند که دارای آهن زیادی در ترکیبشان نیستند. آهن موجود در سیال تمایل به تشکیل مگنتیت را بیشتر از آندرادیت یا هدنبرژیت دارا می‌باشند.

۲-۲ - اسکارنهای طلا:

ذخایر اسکارن طلا با میزان طلای بالا(۱۵gr/t Au-۵) برای مثال کانسار Hedly district در بریتیش کلمبیا (Ettlinger,۱۹۹۰) و کانسار Furtitude درنوادا (Meyers,Meinert,۱۹۹۱) تقریبا احیائی هستند و برای فلزات قیمتی معدنکاری می شوند و با فقدان تمرکز اقتصادی از فلزات پایه در آنها روبرو هستیم. اسکارنهای دیگری مثل McCoy در نوادا (Brooks et al., ۱۹۹۱) بیشتر اکسیدی هستند و مقدار طلای پائینی دارند (۵g/t Au-۱) و دارای مقادیر تقریبا اقتصادی از فلزات دیگری مثل Cu, Pb, Zn می باشند. چندین تیپ اسکارن دیگر بویژه اسکارنهای مس، دارای طلای کافی هستند(۱gr/t Au>-۰,۰۱) و به عنوان محصول جانبی از آنها استحصال می شود.

بیشتر اسکارنهای طلای بالا با پلوتونهای دیوریتی – گرانودیوریتی، احیائی دارای ایلمنیت (Fe^{3+}/Fe^{2+}<۰,۷۵) و کمپلکسهای دایک- سیل همراهی می شوند. چنین اسکارنهائی با پیروکسن غنی از آهن(<Hd۵۰) شناخته می شوند. زونهای نزدیک به توده (Proximal) می توانند دارای گارنت گراندیت حد واسط فراوانی باشند و کانیهای معمول دیگر شامل، فلدسپار پتاسیم، اسکاپولیت، وزوویانیت،آپاتیت و آمفیبول آلومینیوم دار کلر بالا می باشند. زونهای دورتر از توده (Distal) دارای هورنفلسهای بیوتیت وپتاسیم فلدسپار هستندکه می توانند صدها متر در اطراف توده اسکارن توسعه یابند. به علت ماهیت کربناته وغنی از ذرات آواری سنگهای رسوبی در این ذخایر، بیشتر اسکارن تقریبا دانه ریز است.

آرسنوپیریت و پیروتیت به ترتیب کانیهای سولفیدی غالب درکانسار Hedly و Furtitude می باشد. طلا بیشتر به شکل الکتروم حضور دارد و به طور قوی با کانیهای تلورید و بیسموت شامل بیسموت خالص، هدلئیت، ویتچنیت و مالدونیت همراهی می شوند. ذخیره Furtitude بخشی از یک سیستم بزرگ اسکارنی است که در زونهای نزدیک به توده دارای بخش غنی از گارنت است و برای

مس معدنکاری می شود(Theodore and Blake,۱۹۷۸). بطور مشابه اسکارن طلای Crown Jewel در واشینگتن در قسمتهای دورتر از توده غنی از پیروکسن است. در بخشهای نزدیک به توده که غنی از گارنت است در مقیاس کوچکتر برای آهن و مس معدنکاری می شود(Hickey,۱۹۹۰).

۲-۳- اسکارنهای تنگستن:

اسکارنهای تنگستن در بیشتر قاره‌ها یافت می‌شوند و با پلوتونهای کالک آلکالن در کمربندهای اصلی کوهزایی همراهی می‌شوند. اسکارنهای تنگستن با باتولیت‌های دانه درشت آکوئی گرانولار (با پگماتیت و دایکهای آپلیتی) یافت می گردند که به وسیله هاله های دگرگونی با درجه حرارت بالا احاطه شده اند. این خصوصیات در مجموع یک محیط عمیق را نشان می‌دهد. پلوتونها به طور تیپیک (Fresh) هستند و در زونهای درون اسکارن با مقدار کمی میرمکیت و پلاژیوکلاز- پیروکسن همراهی می‌شوند. هاله دگرگونی درجه حرارت بالا در محیط اسکارن تنگستن دارای هور نفلسهای کالک- سیلیکات فراوان است و اسکارنوئید از مخلوط شدن سکانسهای کربناته- پلیتی شکل گرفته اند. چنین کانیهای کالک سیلیکاته دگرگونی، ترکیب و بافت پروتولیت را تا حدود زیادی مشخص می کنند و می‌توانند از اسکارن متاسوماتیک دارای مادهٔ معدنی در صحرا و در آزمایشگاه شناسایی شوند. New berry و Einaudi (۱۹۸۱) اسکارنهای تنگستن را بر اساس ترکیب سنگ میزبان (کربناتی در برابر هماتیتی)، کانی شناسی اسکارن (آهن فرو در برابر آهن فریک) و عمق نسبی به دو نوع تقسیم کرده‌اند:

۱ - **تیپ‌های احیایی:** اجتماعات کانیهای اولیه در اسکارنهای تنگستن احیائی شامل پیروکسن هدنبرژیت با مقدار کمی گارنت گراندیت است و با شئلیت دانه ریز پراکنده غنی از مولیبدن(پولیت)، همراهی می شود.گارنت های بعدی ساب کلسیک هستند (Newberry,۱۹۸۳) و با مقادیر مهمی از(بالاتر از ۸۰ درصد مولی) اسپسارتین وآلماندین همراه می شود. این گارنت ها با شیلیت های پراکنده

شسته شده و دوباره ته نشست یافته دانه درشت، اغلب رگه ای و فقیر از مولیبدن همراهی می شوند. آنها همچنین با سولفیدهایی مثل پیروتیت، مولیبدنیت، کالکوپیریت و اسفالریت و آرسنوپیریت و کانیهای آبدار مثل بیوتیت هورنبلند و اپیدوت همراهی می شوند.

۲ - تیپ‌های اکسیدی: در اسکارنهای اکسیدی،گارنت آندرادیتیک اغلب فراوانتر از پیروکسن است. شیلیت مولیبدن کمی دارد و فازهای آهن فریک از فازهای فرو عمومیت بیشتری دارد. برای مثال در ذخیره Springer در نوادا گارنت فراوان است و حاشیه آندرادیتیک است، پیروکسن از نوع دیوپسید است(<Hd٤٠)، اپیدوت کانی آبدار غالب است، پیریت معمولتر از پیروتیت است و گارنت ساب کلسیک کمیاب است(Johnson and Keith,۱۹۹۱).

در کل اسکارنهای تنگستن اکسیدی تمایل به کوچکتر بودن از اسکارنهای تنگستن احیائی را دارند. اگرچه مقادیر بالای تنگستن در هر دوسیستم بطور تیپیک باکانیهای آبدار وآلتراسیون پسرونده همراهی می شوند.

۲-٤- اسکارنهای مس:

تیپ اسکارنی مس فراوانترین نوع اسکارن در جهان می باشند. ویژگی عمومی آنها این است که در زونهای کوهزایی مرتبط با فرو رانش هم در پوسته‌های قاره‌ای و هم در پوسته اقیانوسی پیدا می‌شوند.

بیشتر اسکارنهای مس با پلوتونهای پورفیری تیپ I ، سری مگنتیت، کالک آلکالن همراهی می شوند. همه اینها خصوصیاتی می باشد که یک محیط تشکیل نسبتاً کم عمق را نشان می‌دهند. اسکارنهای مس درمحیط نزدیک توده نفوذی نسبتاً اکسیدی و کانی شناسی غالب آن گارنت آندراتیتیک می باشد. فازهای دیگر شامل پیروکسن دیوپسیدیک، وزوویانیت، ولاستونیت، اکتینولیت و اپیدوت است. هماتیت و مگنیتیت کانی‌های عادی هستند که در بیشتر ذخایر حضور دارند. اسکارنهای مس معمولاً زونه هستند.دربخشهای نزدیک به توده، گارنت توده‌ای و به طرف کناره ها با افزایش پیروکسن روبرو

هستیم. بعلاوه گارنت ممکن است از لحاظ رنگ زونه باشد که از قهوه‌ای- قرمز و سیاه در محل نزدیک به کنتاکت تا سبز و زرد از محل وقوع کنتاکت، تغییر می کند. کانی‌شناسی سولفید و نسبتهای فلزی نیز ممکن است بطور سیستماتیک، نسبتاً زونه باشند. در واقع، پیریت و کالکوپیریت اغلب نزدیک پلوتون فراوان هست و با افزایش کالکوپیریت در اطراف پلوتون روبرو هستیم و در نهایت بورنیت در زونهای ولاستونیت نزدیک کنتاکت مرمری اتفاق می‌افتد. اسکارنهای مس دارای مونتی سیلیت، بورنیت و کالکوسیت هستند و سولفیدهای غالبCu-Fe بیشتر پیریت، کالکوپیریت است. بزرگترین اسکارنهای مس با پلوتونهای مس پورفیری کانه‌دار همراهی می‌شوند. این ذخائر در بخش پورفیری نزدیک به یک میلیارد تن ذخیره ماده معدنی و در بخش اسکارن با بیش‌تر از پنج میلیون تن مس قابل بازیافت از اسکارن را دارند. پلوتونهای کانه‌دار، ارائه کننده ویژگی سیلیکات پتاسیم و آلتراسیون سریسیتی هستند که می‌تواند به علت وجود به ترتیب پیروکسن، گارنت پیشرونده و اکتینولیت، اپیدوت پسرونده باشند. آلتراسیون پسرونده شدید در اسکارنهای مس حالت عمومی دارد و ممکن است باعث تلاشی و تخریت بیشتر پیروکسن پیشرونده در بعضی ذخائر مرتبط با پورفیری شود. آلتراسیون درون اسکارن در پلوتونهای کانه‌دار اندک است. در مقابل استوک‌های عقیم با اسکارنهای مس دارای اندواسکارن کلریت- اکتینولیت، اپیدوت فراوان و آلتراسیون پسرونده پراکنده است.

۲- ۵ - ذخایر اسکارن روی:

عیار تیپیک ذخایر اسکارن روی Zn= ٦-١٢ % و مقدار کمتری Pb و مقدار ناچیزیCu بوده و بسیاری از آنها دارای نقره Ag = ٢٥-٢٥٥ gr/ton است. واشنگتن کپ در آریزونا(سیمونز ١٩٧٤) و سانتایولالیا در مکزیک(هویت ١٩٨٤) مثالهایی از این مورد است. وجه تمایز اسکارنهای روی از انواع اسکارنهای دیگر، کانی شناسی غنی از منگنز و آهن رخداد معمول آنها در فاصله دور از همبری توده نفوذی است. سیماهای مشخص دیگر این نوع اسکارن را می‌توان بدین صورت فهرست کرد:

۱- آنها عموماً در طول همبری ساختاری یا سنگ شناختی بروز می‌کنند.

۲ - نبود هاله‌های دگرگونی قابل توجه در روی اسکارن

۳ - پیروکسن کانی سیلیکات کلسیم دار غالب است.

٤- وجود همجواری بین مقادیر چشمگیر کانه‌زای سولفیدی با پیروکسن و نه باگارنت یا کانی‌های سیلیکاته دیگر

٥- کانی شناسی پسرونده این اسکارنها، ایلوائیت غنی از منگنز، پیروکسنوئیدها، آمفیبول‌های با کلسیم پایین و کلریت است.

توده‌های نفوذی همراه با ذخائر اسکارن روی از گرانودیوریت تا لوکوگرانیت‌های تمام بلورین عمیق تا استوک‌ها و دایک‌های نیمه عمیق پورفیری و حتی دایک‌های ریولیتی و دودکش‌های برشی تغییر می‌کند. ذخایر اسکارن روی که نزدیک سطح همبری با نفوذی‌های کوچکتر تشکیل یافته است برخی از بزرگترین انواع ذخایر را در برمی‌گیرد. اگر این اسکارن‌ها، نزدیک دایک‌ها تشکیل شده باشند به نظر می‌رسد که دایک بیشتر نقش گذرگاه ساختاری را دارد و منبع نهایی محلول‌های متاسوماتیک، توده ماگمایی عمیق‌تر و احتمالاً همزاد بوده است. رخداد اسکارن روی در فاصله‌ای دور از منبع آذرین احتمالی، مشکوک یا حتی ناشناخته و بدون هیچگونه ارتباط مکانی و زمانی با منبع آذرین نشانگر اهمیت مجاری گذر دهنده محلول‌ها در ژنز ذخائر اسکارن روی است.

۲-٦- اسکارن‌های مولیبدن:

نفوذیهای همجوار با اسکارنهای مولیبدن‌دار عموماً تکامل یافته‌تر از نفوذی‌های همجوار با اسکارنهای آهن، مس یا بیشتر اسکارن‌های تنگستن است و همانندی فوق العاده زیادی در ترکیب شیمیایی سنگهای آذرین همجوار با ذخائر مولیبدن پورفیری و اسکارن مولیبدن وجود دارد. این امر نشانگر همانندی‌های موجود در پاراژنز آذرین است. لوکوگرانیت ها عموماً با این نوع اسکارنها همراه‌اند.

افـزون بـر مولیـبدن از این ذخایر فلزات متنوعی مانند مس، تنگستن و بیسموت استخراج می‌شود. برخی از کانسارهای مولیبدن ممکن است دارای مقادیر زیادی سرب، روی، قلع یا حتی اورانیوم باشد. آزگوز در مـراکش مثالـی از اسـکارن مولیـبدن- مـس دارای پـیچ بلـند اسـت. کانـسنگ‌هـای ایـن اسـکارنها مولیبدنیت، شیلئیت، کالکوپیریت و بیسموتینیت است.

بیـشتر اسـکارنهای مولیـبدن در سـنگهای کربناتـی سـیلتی و سـنگهای آواری آهـک‌دار اتفاق می‌افتند. ذخیرهCanniran Gulch در مونتانا(Darling ۱۹۹۰) یک استثنای قابل توجه است که در سنگهای دولومیتـی تـشکیل شـده اسـت. پیروکـسن هدنیـرژیت کانـی کالـک سـیلیکاتی عـادی گزارش شده از اسـکارنهای مولیـبدن بـا مقدار کمتر گارنت گراندیت (با مقداری کمی ترکیب پیرالسپیت) ولاستونیت، آمفیـبول و فلـوریت است.کانی شناسی این اسکارن نشان می دهدکه محیط تشکیل، یک محیط احیائی با فعالیت بالای فلورین می باشد .

۲-۷- اسکان‌های قلع:

ذخایـر اسـکارن قلـع بـه دلـیل عـیار پایـین و انـدازه کوچک، عموماً اهمیت اقتصادی ناچیزی دارند.این اسـکارنها همراهـی بـسیار نزدیکـی را بـا گـرانیتهای سـیلیس بـالا که بوسیله ذوب بخشی پوسته قاره ای تـشکیل شده اند را دارا می باشند. عیار قلع در این ذخایر بین ۰/۱ تا۰/۷ درصد وزنی است. اما بیشتر قلع در سـیلیکات‌هـا بـوده و بازیافـت اقتـصادی ندارنـد. تـنها کانـی اقتصادی قلع در اسکارنها، اکسید قلع یا کاسـیتریت اسـت. بـه باور(Burt (۱۹۷۸ کاستیریت در مراحل نسبتاً پایانی ژتز اسکارن‌های قلع تشکیل مـی‌شـود و بـه نظـر می‌رسد که ظهور آن به دنبال کاهش دما و افزایش اسیدیته شرایط حاکم که بیانگر غنـی شدگی مرتبط با مرحله پسرونده تشکیل اسکارن می‌باشد و موجب آزاد شدن قلع از سیلیکات‌ها و یابـرات‌هـا و رسـوب قلـع به شکل کاسیتریت می‌شود. مرحله پایانی تشکیل اسکارن قلع اغلب با تشکیل

سولفیدهای فقیر از گوگرد مانند پیروتیت، آرسنو پیریت و به ندرت لودوینگیت، اسفالریت و بورنیت دنبال می‌شود. در هر حال مقادیر بالای سولفید الزاماً با مقادیر بالای قلع تطابق ندارد.

۲- ۸- تیپ های اسکارنی دیگر:

تیپهای مختلف دیگری از اسکارن وجود دارد که در طول زمان برای فلزات گوناگون وکانیهای صنعتی معدنکاری یا اکتشاف شده اند. بعضی از این مواد شامل عناصر نادر خاکی (REE) هستند که در کانیهای خاصی مثل گارنت، وزوویانیت، اپیدوت و آلانیت غنی شده اند. وزوویانیت و اپیدوت با بالاتر از ۲۰ درصد عناصر نادر خاکی (Ce>La>Pr>Nd) در بعضی از اسکارنهای طلا و روی پیدا شده اند(Meinert, ۱۹۹۲). بعضی اسکارنها دارای تمر کزهای اقتصادی از REE و اورانیوم هستند. مطالعه غلظت عناصر REE و کانیهایی اورانیوم در اینکلوژن سیال ذخیره اسکارنی ماری کاتلین در کوئینزلند استرالیا آشکار کرد که این عناصر می توانند در درجه حرارت بالا به شدت در فاز هیدروترمال تغلیظ یابند.

وقوع عناصر گروه پلاتین (PGE) نیز در بعضی اسکارنها گزارش شده است. ارز یابی مقدار عناصر گروه پلاتین در تیپهای اسکارنی مختلف مشکل است چون تجزیه این عناصر تا به حال زیاد معمول نبوده است. بررسی های ژئو شیمیائی نشان می دهدکه عناصرگروه پلاتین می توانند تحت شرایط اکسیدی و خیلی اسیدی انتقال یابند. در محیط اسکارنی چنین شرایطی ممکن است در طی فاز آلتراسیون گرایزنی اسکارنهای قلع ایجاد شود.

- پتروژنز و جایگاه تکتونیکی:

بیشتر ذخایر اصلی اسکارن بطور مستقیم مرتبط با فعالیتهای آذرین هستند و ارتباط نزدیکی میان ترکیبات آذرین و تیپ اسکارن وجود دارد (شکل٦-٢). اسکارنهای قلع و مولیبدن بطورتیپیک با پلوتونهای به شدت تفریق یافته با سیلیس بالا همراهی می‌شوند. در سوی دیگر اسکارنهای آهن معمولاً

بـا پلوتـونهای نـسبتاً اولـیه غنی از آهن با سیلیس کم همخوانی دارند. ویژگیهای مهم دیگر شامل حالت اکـسیداسیون، انـدازه، بافـت، عمـق جایگیـری و جایگـاه تکتونیکـی پلوتونهای خاص است. برای مثال اسـکارنهای قلـع تقریباً همیشه با پلوتونهای احیائی سری ایلمنیتی همراهی می‌شود که به عنوان تیپ S یا غیر کوهزایی شناخته می‌شوند.

شـکل (٦-٢): تـرکیب شـیمیائی تـوده هـای نفـوذی مـرتبط بـا انـواع مخـتلف ذخایراسـکارنی (Meinert,١٩٩٢)

بیـشتر اسـکارنهای طـلادار بـا پلوتـونهای سـری ایلمنیتـی و احیائی همراهی می شوند. با این وجود، این پلوتـونها بطـور کـاملا مـشخص، توده‌ای با سیلیس کم و مافیک هستند که نمی‌توانند بوسیلهٔ ذوب مواد رسوبی پوسته شکل گرفته باشند. در مقابل پلوتونهای همراهی شده با اسکارنهای مس بویژه ذخایر مس پورفیـری بـه شدت اکسیدی و تیپ I هستند و با کمانهای ماگمایی مرتبط با فرورانش منطبق می باشند. از سـویی دیگـر اسـکارنهای تنگـستن بـا پلوتـونهای بـزرگ درشـت بلـور (بـا بلـورهای همـبعد) یـا کمپلکس های باتولیتی همراهی می‌شوند که در ژرفاهای نسبتا زیاد شکل گرفته اند.

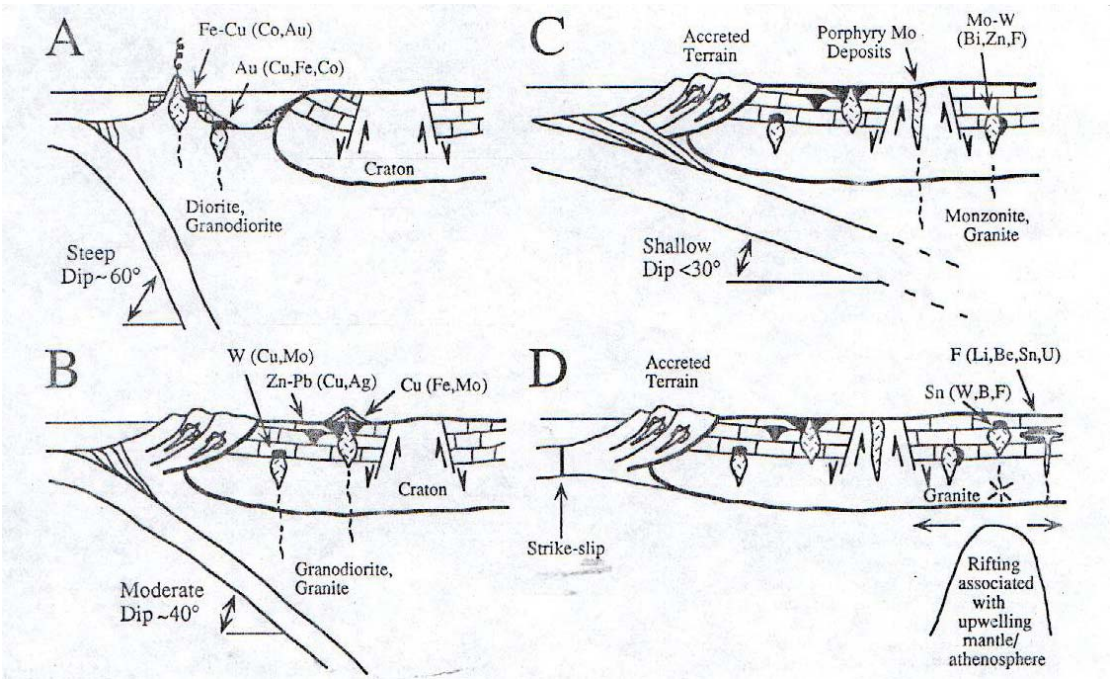
جایگـاه تکتونیکـی و پتروژنـز ذخایـر اسـکارنی ارتـباط خیلی نزدیکی باهم دارند. در بعضی ازکتابهای مرجع از جایگاه تکتونیکی برای رده بندی ایالتهای آذرین(Wilson,۱۹۸۹) یا انواع مختلفی از ذخایر اسـکارنی (Sawkins,۱۹۸٤) اسـتفاده شـده اسـت. رده بـندی مفـید تکتونیکی از ذخایر اسکارن باید بـتواند تـیپ‌هـای اسـکارنی را که با هم پیدا می‌شوند را در یک گروه قرار دهد و آنهایی را که در یک محیط تکتونیکی خاصی پیدا می شوند را شناسائی کند. برای مثال ذخایر اسکارن کلسیک Fe-Cu تـنها تیپ اسکارنی است که در نواحی جزایر قوسی اقیانوسی پیدا می‌شوند (شکل٦-۳- A). بیشتر این اسـکارنها در عناصر Co, Ni, Cr, Au غنی شدگی نشان می‌دهند. علاوه بر این بعضی از اسکارنهای دارای طـلای اقتـصادی بنظر می‌رسد که در حوضه‌های پشت قوسهای آتشفشانی اقیانوسی شکل گرفته انـد(Ray et all,۱۹۸۸). بعـضی از خصوصیاتی کلیدی، این گروه از اسکارنها را ازآنهائی که با توده هـای نفـوذی گابروئـی و دیوریتـی همراهـی مـی شـوند جـدا مـی سـازد کـه شـامل فراوانـی اندواسـکارن، گـستردگی متاسـوماتیزم سـدیم و عدم حضور Sn و Pb است. مجموعه این خصوصیات اولیه بودن و ماهیت اقیانوسی پوسته، سنگهای دیواره و پلوتونها را آشکار می‌کند.

بیـشتر ذخایر اسکارن با کمانهای ماگمایی مرتبط با فرو رانش زیر پوسته قاره‌ای در ارتباط هستند(شکل ٦-۳- B). از لحـاظ پترولوژیکـی، پلوتـونها ترکیب دیوریت تا گرانیت دارند. اگر چه به نظر تفاوتهای مـیان تـیپ‌هـای اصـلی اسـکارن فلـزات، منعکس کننده محیط زمین شناختی محلی باشد(عمق تشکیل، سـاختار و مـسیر عـبور سـیال) کـه بیـشتر از تفاوتهـای اساسـی پتروژنزی ناشی می شود(Nakano.et all,۱۹۹۰). در مقابـل، اسـکارنهای طـلا در این محیط با پلوتونهای احیایی خاصی همراهی می‌شود که ممکن است نشان دهنده تاریخ پترولوژی محدودی باشد.

ماگماتیـسم همـراه بـا زاویـه فـرورانش کـم عمـق ممکـن اسـت بیشتردر نتیجه برخورد پوسته ها باشد(Takashi.et all,۱۹۸۰). پلوتـونها ترکیب گرانیتی دارند و اسکارنهای همراه، غنی از Mo و یا W-

Mo با مقدار کمی F, Cu, Zn, Bi هستند(شکل٦-٣- c). بیشتر این تیپ از اسکارنها به عنوان تیپ پلی متالیک معرفی شده اند و بطور محلی برای Au و As مهم هستند.

بعضی اسکارنها با ماگماتیسم فرورانش در ارتباط نیستند. این اسکارنها ممکن است با ماگماتیسم تیپ S همراهی شوند. پلوتونها ترکیب گرانیتی دارند و معمولاً دارای مسکویت اولیه، بیوتیت، مگاکریست کوارتز خاکستری تیره، حفره‌های میارولیتی، آلتراسیون تیپ گرایزن و ناهنجاری رادیواکتیویته همراهی می شوند. اسکارنهای همراه آنها غنی از قلع و فلور هستند. اگرچه عناصر مهمان دیگری معمولا حضور دارند و ممکن است که از لحاظ اقتصادی نیز مهم باشند(شکل٦- ٣- D). این مکان جایگاه مناسبی را برای عناصر Be,W, B, Li, Bi, Zn, Pb,U, F, REE فراهم می آورد.



شکل(٦- ٣) - مدلهای تکتونیکی ایده آل برای تشکیل اسکارن: (A) فرو رانش اقیانوسی ومحیط حوزه پشت کمانی (B) محیط فرو رانش قاره ای با بلوک های افزوده شده (C) محیط فرو رانش با زاویه کم باحالت تحولی (D) محیط ریفت قاره ای یاقبل از فرورانش (مینرت ،١٩٨٣)

- اسکارن محدوده زاغر:

مطالعات صحرائی:

با توجه به مطالعات صحرائی، پتروگرافی و مینرالوگرافی در ناحیه مورد مطالعه، اسکارن در ۲ منطقه تشکیل شده است:

۱- منطقه جنوب کوه دوبرادران

در محدوده مورد نظرتوده نفوذی در همبری شیلهای آهکی تریاس باعث ایجاد اسکارن و تشکیل کانیهای گارنت، اپیدوت و کوارتز گردیده است. چون محیط اکسیدان بوده است پیروکسن تبدیل به اپیدوت و کوارتز شده است.

۲- منطقه شمال غرب روستای زاغر

در این محدوده توده نفوذی در همبری آهک مارنی کرتاسه قرار گرفته و باعث ایجاد اسکارن شده است که این .محدوده وسعت بیشتری را نسبت به منطقه اول دارا میباشد. بیشترین میزان کانه زائی طلا مربوط به این منطقه می باشد.

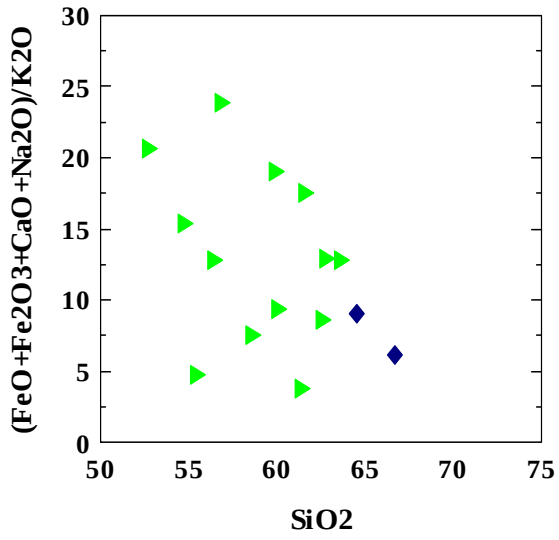
ترکیب سنگ شناسی :

اسکارن موجود در این منطقه با توجه به لیتولوژی سنگ مادر وکانیهای حاصل ، اسکارن از نوع کلسیک می باشد.کانیهای موجود دراین اسکارن شامل گارنت، اپیدوت، پیریت، کالکوپیریت و الیژیست است.

- رده بندی:

برطبق دیاگرام پترولوژیکی زیر(شکل٤) که بر اساس داده های آنالیز XRF توسط نرم افزار Minpet ترسیم شده است و مقایسه آن با شکل (۲) که توسط مینرت (۱۹۹۰) برای رده بندی

اسکارنها ارائه گردیده است ازلحاظ رده بندی، اسکارنهای این منطقه جزو اسکارنهای محدوده Fe ,Cu,Au قرار می گیرد.



شکل (٤): نمایش سنگهای نفوذی منطقه بر روی نمودار SiO_2 دربرابر $(FeO+Fe_2O_3+CaO+Na_2O)/K_2O$ برای تقسیم بندی کردن اسکارنهای مختلف. مثلث سبزنمایانگر توده دیوریتی و لوزی آبی بخش اسیدی تر توده را نشان می دهد.

- جایگاه تکتونیکی:

با توجه به این که منطقه مورد مطالعه در کمان ارومیه – دختر قرار دارد و توده مورد نظر یک توده دیوریتی تا کوارتز دیوریتی است لذا مدل ۱و۲ شکل (۳) بیشترین همخوانی را برای تشکیل این اسکارن به همراه دارد. برای اثبات دقیق این موضوع نیاز به مطالعات دقیق آزمایشگاهی و صحرایی میباشد.

ب- مطالعات مینرالوگرافی:

از زونهای کانی‌سازی مختلفی که در منطقه دیده شد۱۳ نمونه مختلف برای مطالعات مقاطع صیقلی برداشت گردید. این نمونه ها از سنگهای منطقه که درآن کانیهای اپک دیده می شد برداشت شده است. این مطالعات به همراه اشکال مقاطع در زیر آورده شده است.

۱- نمونه Tz-L-۱۰:

این نمونه از زون اگزواسکارن و از بخش اپیدوتی در مختصات جغرافیایی (۵۱,٤ ۳۹ ۳٤) و ٤۹) (۱٦,۹ ۵۵ برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است (عکس شماره ٤ و ۵).

۱- کانه های اصلی: پیریت

۱-۱- پیریت در این نمونه به مقدار قابل توجهی وجود دارد. به صورت کریستالهای اتومورف تا گزنومورف است که. ابعاد آن در اندازه‌های از ۵۰ تا ٤۰۰ میکرون می‌باشد. آثار خوردگی و خردشدگی در سطح پیریتها بوضوح دیده می‌شود. همچنین آثار تجزیه شدگی پیریت به اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن در حاشیه بلورها نیز دیده می‌شود. تمرکز پیریت در مقطع مورد مطالعه در برخی قسمتها ظاهراً در یک روند خاص صورت گرفته است. وجود لکه‌های سیاه در داخل ذرات پیریت حاصل خوردگی وتجزیه ذرات پیریت است. پیریت از اندازه‌های کاملاً ریز تا درشت دیده می‌شود. برخی از پیریت‌ها کاملاً سالم هستند و قالب خود را کاملاً حفظ کرده‌اند. به نظر می‌رسد که خوردگی سطح پیریت‌ها بدلیل آن است که از بخشهای سطحی گرفته شده و دستخوش هوازدگی شده‌اند. حدود ۲۰٪ مقطع را پیریت به خود اختصاص داده است.

۲ - کانه های فرعی: کالکوپیریت، هماتیت و آرسنوپیریت

۲-۱- کالکوپیریت به تعداد چند ذره کوچک در مقطع دیده می‌شود. اندازه آنها در حد ۳۰ میکرون می‌باشد.

۲- ۲ - هماتیت به صورت کاملاً بی شکل و حاصل تجزیه ذرات پیریت در مقطع دیده می‌شود. مقدار آن در سطح مقطع چندان زیاد نیست و کمتر از ۱٪ را تشکیل می‌دهد.

۲- ۳ - در بخشهای از این مقطع، آرسنوپیریت به مقدار بسیار کم در برخی قسمتها دیده می‌شود.

بافت کانی سازی فلزی به صورت پرشدگی فضای باز(Open space)است.

۲- نمونه Tz-L-۱۸:

این نمونه از داخل آهکهای سیلیسی شده و از ابتدای دره گنجعلی خان به مختصات (۲,۲ ٤۲ ۳٤) و (٥۳,٦ ٥٥ ٤۹) برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است.

۱- پیریت در این نمونه به صورت کاملاً پراکنده، خردشده و ریز تا درشت در اندازه‌های ٥۰۰-۱٥۰ میکرون دیده می‌شود. پیریت‌ها کاملاً گزنومورف بوده و به شکل ذرات غیرهندسی در این نمونه حضور دارد. آثار تجزیه و هوازدگی پیریت در این نمونه به اکسیدهای آهن کاملاً مشهود است. به نظر می‌رسد که پیریت‌ها داخل رگه‌ها را پر کرده‌اند و تجزیه آنها در همین رگه‌ها نیز مشهود است. حدود ۱٥٪ حجم نمونه را پیریت تشکیل می‌دهد.

۲- کالکوپیریت در حد یک تا دو ذره ریز در مقطع دیده می‌شود.

۳- هماتیت از تجزیه پیریت بوجود آمده است و درحدود۲٪ در مقطع وجود دارد.

بافت کانی سازی: پرشدگی فضای باز(Open space) و افشان (Dissimenated)

۳- نمونه Tz-L-۲٤:

این نمونه از داخل زون اسکارنی حاوی پیریت، اپیدوت، گارنت و الیژیست برداشت شده است.

مختصات برداشت این نمونه شامل (۱۸,۹ ٤۱ ۳٤) و (۳۳,۱ ٥٦ ٤۹) می باشد. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است. این نمونه مانند نمونه Tz-L-۱۸ می‌باشد.

۱- پیریت به صورت کاملاً خرد شده و پراکنده در نمونه دیده شده و بیشتر به صورت گزنومورف و در اندازه‌های حدود ٥۰-٤۰۰ میکرون ولی خرد شده حضور دارد. پیریت حدود ٥-۷٪ حجم نمونه را بخود اختصاص داده است. در این نمونه نیز حالت قرارگرفتن ذرات پیریت در روند خاصی است.

بافت کانی سازی: افشان

٤- نمونه Tz-L-۳۷:

این نمونه از داخل زون اندواسکارن (دیوریت سیلیسی شده شدیدا پیریت دار) از بالای دره معین آباد به مختصات (۱٤,۸ ۳۹ ۳٤) , (۱۹,۷ ٥۷ ٤۹) برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است(عکس شماره ۱ و۲).

۱- کانه های اصلی: پیریت و هماتیت

۱- ۱- پیریت به صورت ذرات کاملاً سالم و ایدیومورف با اندازه‌های حدود ۷٥۰ تا ۱۰۰۰ میکرون در نمونه دیده می‌شود. برخی از پیریت‌ها از حواشی و اطراف به اکسید و هیدروکسیدهای آهن آلتره شده‌اند بطوری که ذرات پیریت در داخل آنها به صورت فاز باقیمانده نمایانگر است. پیریت حدود ۳۰ ٪ حجم نمونه را شامل می‌شود.

۱- ۲- هماتیت حاصل ازتجزیه پیریت نیز در مقطع دیده می‌شودکه در برخی قسمتها بخشی از قالب پیریت را پرکرده و جایگزین شده است. حجم هماتیت در نمونه حدود ٥-۱۰٪ می‌باشد

۲- کانه های فرعی: هیدروکسیدهای آهن، کالکوپیریت و آرسنوپیریت

۲-۱- هیدروکسیدهای آهن به صورت گوتیت و لپیدوکروزیت دیده می‌شود که حجمی حدود ۱٪ را بخود اختصاص داده‌اند.

۲-۲- کالکوپیریت در حد یک تا دو ذره به ابعاد حدود ۲۰۰ میکرون در نمونه دیده می‌شود.

۲-۳- آرسنوپیریت به صورت ذرات سالم و خرد شده در نمونه دیده می‌شود. همراهی آن با پیریت در کنار هم بیشتر مشهود می‌باشد. آثار خردشدگی نیز در آنها دیده می‌شود. این کانی کمتر از ۱٪ حجم کانی را تشکیل می‌دهد.

بافت کانی سازی: افشان

۵- نمونه Tz-L-۱۱:

این نمونه ازمختصات نمونه Tz-L-۱۰ ولی از داخل بخش شیل سیلیسی شده برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است(عکس شماره۷ و ۸).

۱- این نمونه دارای ذرات پیریت می‌باشد. فضاهای سیاهی در داخل پیریتها مشهود می‌باشد که این قسمتهای سیاه آثار خوردگی آنهاست که احتمالاً حاکی از سطحی بودن نمونه‌ها و عملکرد هوازدگی روی آنها می‌باشد. حدود ۱۰٪ حجم نمونه را پیریت تشکیل داده اما قالب سالم پیریت دیده نمی‌شود کاملاً حالت دانه دانه ریزی را دارد. از ذرات بسیار ریز تا حدود ۱۰۰ میکرون دیده می‌شود. در برخی قسمتها آثار تجزیه‌شدگی اندکی به هماتیت دیده می‌شود.

بافت کانی سازی: پرشدگی فضای باز و افشان

٦- نمونه Tz-L-۲۷:

این نمونه از هورنفلس پیریت داربه مختصات (٨,٦ ٤١ ٣٤) , (٢١,٢ ٥٦ ٤٩) برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است.

کانه های فرعی: پیریت و آرسنوپیریت

۱- در ایـن نمـونه پیـریت دیده می‌شود که به صورت کاملاً پراکنده، ریز و بدون شکل در درون سنگ درونگیـر قـرار دارد. حجم آن کمتر از ۲٪ بوده و آثار خردشدگی بیشتر و تجزیه‌شدگی کمتری در آن دیده می‌شود. اندازه ابعاد آن از ۱۵۰-۶۰ میکرون می‌باشد.

۲- آرسنوپیریت در حد یک تا دو ذره دیده می‌شود که در حدود ۵۰ میکرون است.

بافت کانی سازی: افشان

۷- نمونه Tz-L-۹:

ایـن نمـونه از داخـل بخـش انـدو اسـکارنی از مختـصات جغرافیایـی (۵۲,۹ ۳۹ ۳٤) و (۱۵,۳ ۵۵ ٤۹) برداشـت شـده اسـت. در مطالعـات نـور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است. توصیف این نمونه همانند نمونه Tz-L-۳۷ می‌باشد.

۱- کانه های اصلی: پیریت و هماتیت

۱ -۱- انـدازه ذرات پیریت در حدود زیر ۲۵۰ میکرون بوده و حجم پیریت در این نمونه حدود ۱۰ - ۱۵ ٪ است.

۱- ۲- هماتـیت تـا حـدود ۵٪ حجـم مقطـع را تشکیل داده است. گوتیت نیز حاصل تبدیل پیریت دیده می‌شود.

۲- کانه های فرعی:

۲ – ۱- کالکوپیریت دارای اندازه ذرات تا ۱۵۰ میکرون است.

۲ – ۲- آرسنوپیریت در برخی قسمتها توسط پیریت احاطه شده است.

بافت کانی سازی: افشان

۸- نمونه Tz-L-١٤:

ایـن نمـونه از داخـل هورنفلـسهای بـه طـور محلـی سیلیـسی شـده و پیریت دار در مختصات جغرافیایی (٤٤,٦ ٤٠ ٣٤) و (٥٨ ٥٥ ٤٩) برداشت شده است (عکس شماره۳).

محلـول‌هـای آهـندار در زمیـنه سـنگ پخـش شـده‌اند و سنگ میزبان را مملو از هیدروکسیدهای آهن نموده‌اند. کانی‌زایی خاصی در این نمونه دیده نمی‌شود.

۱- کانه های فرعی:پیریت، هماتیت و کالکوپیریت

۱- ۱- پیریت در حد ۲ تا ۳ ذره در اندازه حدود ۱۰۰-۵۰ میکرون دیده می‌شود.

۱-۲- هماتیت به صورت دانه‌های ریز در مقطع دیده می‌شود.

۱-۳ - کالکوپیریت در حد یک ذره ریز در همراهی با پیریت دیده می‌شود.

بافت کانی سازی: افشان

۹- نمونه Tz-L-۲۹:

ایـن نمـونه از اسکارن و از مختصات جغرافیایی (٨,٦ ٤١ ٣٤) و (٢١,٢ ٥٦ ٤٩) برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است.

۱- کانه های فرعی: پیریت، گالن و هیدروکسیدهای آهن

۱- آثـاری از پیـریت در اندازه‌های بسیار کوچک تا حد ۵۰ میکرون و به تعداد چند عدد دیده می‌شود وآثار تجزیه آنها به هماتیت به مقدارکمی مشهود است.

۲- یک ذره گالن در نمونه دیده می‌شود که در همراهی با پیریت است.

۳ - آثـار آلتراسیون و کانیهای رسی در این نمونه دیده می‌شود. نمونه کاملاً حالت خرد شده و هوازده دارد.

٤ - حضور هیدروکسیدهای آهن حاصل آلتراسیون در این نمونه بوضوح دیده می‌شود.

بافت کانی سازی: افشان

۱۰- نمونه Tz-L-۱۵:

این نمونه از زون اسکارنی ابتدای دره زاغر برداشت شده است. مختصات برداشت نمونه شامل (۵۹,۸ ٤٠ ٣٤) و (٦,٦ ٥٦ ٤٩) می باشد. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است.

نمونه کاملاً حالت هوازده و خرد شده دارد. حضور هیدروکسیدهای آهن بوفور در این نمونه دیده می‌شود. آثار آلتراسیون و کانی‌های رسی نیز مشهود است.

پیریت در حد چند دانه و تا اندازه ۳۰ میکرون دیده می‌شود.

یک ذره کالکوپیریت نیز وجود دارد.

هماتیت به مقدار جزئی حضور دارد.

بافت کانی سازی: افشان

۱۱- نمونه Tz-L-٤:

این نمونه از هورنفلسهای پیریت دار و از مختصات جغرافیایی (۲۸,۵ ۳۹ ۳٤) و (۰,۸ ٥٦ ٤٩) برداشت شده است. در مطالعات نور انعکاسی موارد ذیل دیده شده است.

توصیف نمونه مانند نمونه شماره Tz-L-۱۸ می‌باشد اما اندازه ذرات پیریت تا ۳۰۰ میکرون می‌باشد و پیریت حجمی حدود ۱۰-۸٪ نمونه را تشکیل می‌دهد. آثاری از هیدروکسیدهای آهن نیز دیده می‌شود.

۱۲- نمونه Tz-L-٤۱ :

این نمونه ازدیوریت پیریت دار در بالای کوه دو برادران به مختصات(۱۸,۱ ۳۹ ۳٤), (٥,٤ ٥٦ ٤٩) برداشت شده است. توصیف نمونه مانند نمونه شماره Tz-L-۱۰ می‌باشد.

۱۳- نمونه Tz-L-٤٢:

این نمونه ازمحل اگزواسکارن پشت کوه دو برادران ازاسکارن اپیدوتی پیریت دار به مختصات ٣٤) (١٨,١ ٣٩ و (٥,٤ ٥٦ ٤٩ بـر داشـت شده است. نمونه توضیح خاصی ندارد به جز چند دانه ریز پیریت در حد ۳۰ میکرون کانی دیگری مشاهده نمی‌شود.

نتیجه گیری:

۱- در مقاطع صیقلی طلا مشاهده نشد.

۲- پیریت در اکثر مقاطع به صورت بافت افشان و پرشدگی فضای باز دبده شد.

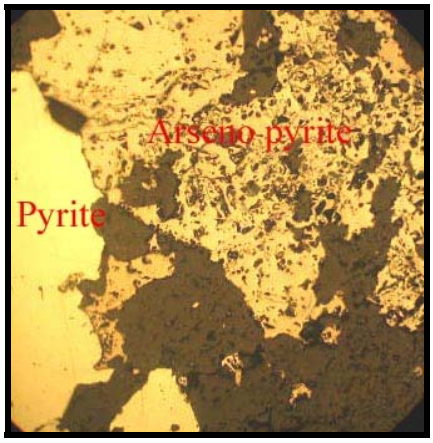
۳- کالکوپیریت در حد دو تا سه ذره در مقاطع مشاهده گردید.

٤- در بعضی قسمتها به همراه پیریت کانی آرسنو پیریت نیز حضور داشت.

۵- هماتیت حاصل از تجزیه پیریت در مقطع دیده شد.

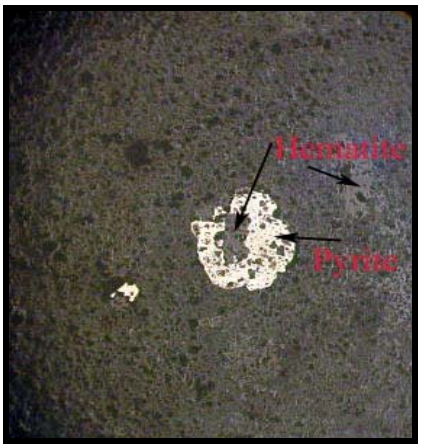
عکسهای مقاطع صیقلی در منطقه زاغر :

عکس شماره ۱: سنگ دیوریت.
کانیهای پیریت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و هماتیت درمقطع دیده میشود. هماتیت حاصل تجزیه شدگی پیریت است. بزرگنمائی ۵x
مقطع شماره Tz – L- ۳۷

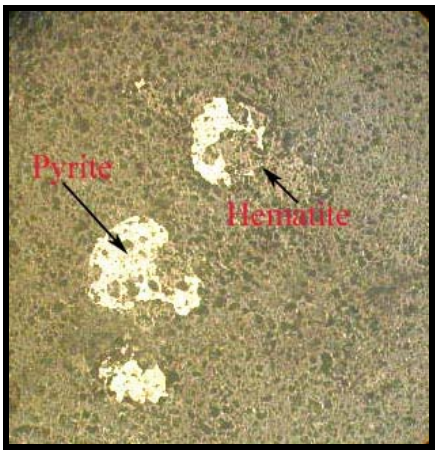


عکس شماره ۲: سنگ دیوریت.
کانیهای پیریت، کالکوپیریت و هماتیت در مقطع دیده می شود. هماتیت حاصل تجزیه شدگی پیریت است. بزرگنمائی ۵x
مقطع شماره Tz – L- ۳۷

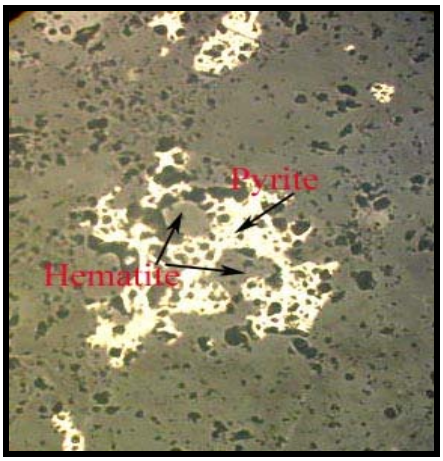
عکس شماره ۳: سنگ هورنفلس
کالکو پیریت در مرکز تصویر دیده می شود.
بزرگنمائی مقطع شماره Tz-L-۱٤x
مقطع شماره Tz-L-۱٤



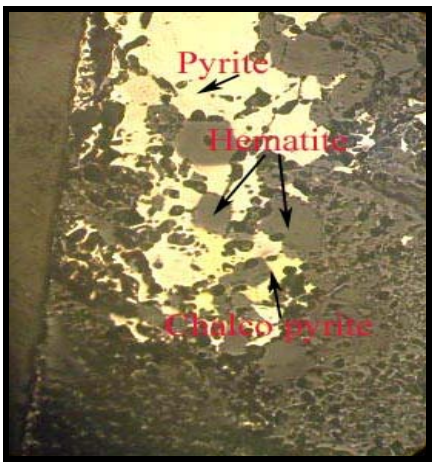
عکس شماره ٤: از زون اگزو اسکارن
گرفته شده است. کانی پیریت در حال تبدیل به
هماتیت است. بزرگنمائی ۱۰x
مقطع شماره Tz-L-۱۰



عکس شماره ٥ : از زون اگزو اسکارن
گرفته شده است. کانی پیریت در حال تبدیل به
هماتیت است. بزرگنمائی ۱۰x
مقطع شماره Tz-L-۱۰



عکس شماره ٦ : دیوریت پیریت دار
پیریت در حال تبدیل به هماتیت است.
بزرگنمائی ۱۰x
مقطع شماره KT-L-٤۱



عکس شماره ۷: سنگ دیوریت.
پیریت و کالکو پیریت در حال تبدیل به
هماتیت است. بزرگنمائی ۱۰x
مقطع شماره Tz-L-۱۲

عکس شماره ۸: سنگ هورنفلس.
پیریت با بافت رگه ای در مقطع دیده می شود.
بزرگنمائی ۱۰x
مقطع شماره Tz-L-۱۸