# بررسی ژئوشیمیایی و پتانسیل یابی عناصر گروه پلاتین (*PGE*) در منطقه معدنی فاریاب

کاوه پازند[i]؛ فیروز علی نیا[ii]؛ حسین حسنی[iii]

## چکیده

کانسارهای عناصر گروه پلاتین (PGE) بیشتر همراه با سنگهای مافیک و اولترامافیک یافت می‌شوند.در این کانسارها عناصر گروه پلاتین همراه با کانی سازی سولفیدی نیکل و مس می‌باشند. برای اکتشاف این کانسارها بر مبنای الگوی کانسارهای کشف شده در بوشولد و استیل واتر از نسبتهای عناصر و نمودار های نرمالیزه - کندریتی استفاده می‌شود. منطقه افیولیتی فاریاب بزرگترین ذخیره کرومیت ایران است و مطالعات اولیه نشان داد که دارای کانی سازی سولفیدی در لیتولوژیهای مختلف است. با توجه به شناسایی منابع PGE در لیتولوژیهای مشابه دیگر نقاط دنیا، مطالعه عناصر گروه پلاتین در این منطقه آغاز شد. با مطالعه میکروسکوپی نمونه ها، فازهای سولفیدی شناسایی و مشخص شد سولفیدها بیشتر شامل پیروتیت، پنتلاندیت، میلریت و هیزلوودیت می‌باشند. تعداد ۱۸ نمونه پس از مطالعات میکروسکوپی انتخاب و به روش قال گذاری وICP-MS تجزیه شدند. نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که ذوب بخشی در گوشته فوقانی صورت گرفته و کانی سازی عناصر گروه پلاتین در منطقه انجام شده است و جهت برآورد مقدار دقیق این عناصر باید مطالعات تفصیلی بویژه در سنگهای کرومیتی همراه کانی سازی سولفیدی آن انجام پذیرد.

## کلمات کلیدی

عناصر گروه پلاتین، فاریاب، افیولیت، کانی سازی سولفیدی

# *Geochemical Investigation of Platinum-Group Elements in Faryab Area*

K.Pazand, F. Alinia, H.Hassani

***ABSTRACT***

Platinum-Group elements (PGE) deposits often found with layered mafic–ultramafic association and PGE enrichments occur in Cu and Ni-rich sulfide mineralization. It has been shown that elements ratio, as well as chondrite-normalized metal patterns can be successfully used for evaluation of PGE enrichment. Faryab ophiolite area is the main resources of chromite in south of Iran that has sulfide mineralization in different lithology. Sulfide phases recognized by Microscopic methods. It indicates that main sulfides are include pyrrhotite, pentlandite, millerite and heazlewoodite. Samples (18 Samples) are analyzed by ICP-MS and Results indicate that partial melting has occurred and PGE mineralization has done. Determination of accurate content of PGE in other rocks required more studies.

***KEYWORDS***

Platinum-group elements, Faryab, Ophiolite, Sulfide mineralization

[i] کارشناس ارشد، اکتشاف معدن، دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر
Email: kavehpazand@yahoo.com
[ii] استادیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر Email: Aliniaf@aut.ac.ir
[iii] استادیار دانشکده مهندسی معدن، متالورژی و نفت، دانشگاه صنعتی امیر کبیر Email: hhassani@aut.ac.ir

## ۱- مقدمه

روشهای اکتشافی برای کانسارهای عناصر گروه پلاتین (PGE) بیشتر بر پایه مدل کانسارهای کشف شده در بوشولد، استیل واتر و دایک بزرگ زیمباوه استوار است. مقادیر PGE و Ni در سنگهای مافیک و اولترامافیک بوسیله توزیع سولفیدها، کرومیت، اولیوین و شاید کانیهای گروه پلاتین کنترل می‌شوند. برای تعیین مقدار PGE بایستی تأثیر سولفیدها، کرومیت و اولیوین در طول ذوب جزئی، کانی سازی و تحرک دوباره ارزیابی شود. یکی از مهمترین مسائل از دید اکتشافی تعیین زمان و چگونگی جداسازی ثقلی سولفید است. این کار را می‌توان با نسبت های فلزی از قبیل Ni/Pd، Cu/Rh، Cu/Ir و Cu/Pt انجام داد و برای تفسیر داده ها از نمودارهای کندریتی استاندارد استفاده کرد[۱]. مطالعات انجام شده در منطقه فاریاب وجود کانی سازی سولفیدی را در سنگهای مختلف شامل دونیت، پیروکسنیت و کرومیت نشان می‌دهد و زونهای سولفیدی در مناطقی همانند دیواره تونل فطر ٦ رخنمون دارند. پس از نمونه برداری از نقاط مختلف منطقه فاریاب و مطالعه مقاطع تهیه شده، مناطق سولفیدی آنها شناسایی و فازهای سولفیدی مشخص گردید. عناصر سازنده سنگ به روش XRF اندازه گیری گردید و جهت تعیین و بررسی مقادیر PGE، نمونه های سولفیدی انتخاب و جهت تجزیه به روش ICP-MS به کشور استرالیا فرستاده شدند و نتایج بدست آمده مورد تعبیر و تفسیر قرار گرفت.

## ۲- زمین شناسی منطقه

منطقه فاریاب در جنوب ایران و در شمال شرق شهرستان میناب قرار گرفته و از نظر زمین شناسی در شمال غرب زون مکران قرار دارد لذا خصوصیات زمین شناسی این منطقه مربوط به زون مکران است. این زون در اثر حرکات متعدد کوهزایی که در طی ادوار مختلف زمین شناسی پوسته زمین ایران را تحت تأثیر قرار داده اند شکل یافته است. قدیم ترین واحد این زون به کرتاسه فوقانی- پالئوسن تعلق دارد. توده و منطقه معدنی فاریاب یک مجموعه افیولیتی است که به مجموعه سرخ بند معروف است و از همه طرف دارای مرزهای گسله است[۲]. سنگهای افیولیتی این منطقه نشان دهنده بلوکهای پوسته اقیانوسی تتیس است که طی دوره کرتاسه فوقانی بر روی حاشیه قاره ای قرار گرفته اند[۳]. مجموعه افیولیتی سرخ بند بزرگترین توده اولترامافیک موجود در منطقه است. جانشینی افیولیت های سرخ بند در طی فاز کوهزایی لارامید که شدت آن در مکران با شدت نسبی در همه جا به چشم می‌خورد و همچنین حرکات متعدد کوهزایی دیگر در منطقه باعث ایجاد دو گسل مهم به نام های گسل رودان و دستگرد و همچنین گسلهای فرعی با امتداد شمال - جنوب مانند امیر- شهریار، گسل شرق معدن روباز نعمت، شده است. اولترابازیک‌های سرخ بند بین دو گسل رودان و دستگرد محدود شده است. مجموعه های سنگی موجود در منطقه شامل موارد الف_ ب _ ج است(شکل ۱):

**الف) مجموعه دگرگونی باجگان:**

یکی از بزرگترین مجموعه های دگرگونی با منشأ آذرین و رسوبی در منطقه عمومی فاریاب است. سنگهای کالک سیلیکاته و سنگهای آهکی با تبلور دوباره در آن فراوان و سنگهای آن شامل شیست، متاگابرو، آمفیبولیت، آهک متبلور و متادیاباز است[۴].

**ب) مجموعه آمیزه رنگین:**

این بخش یک اجتماع لیتواستراتیگرافی نامنظم متشکل از رسوبات و ولکانیک های کرتاسه بالائی است که با هم در ارتباط هستند. از نظر لیتولوژیکی به دو بخش اصلی تقسیم می‌شود که عبارتند از:

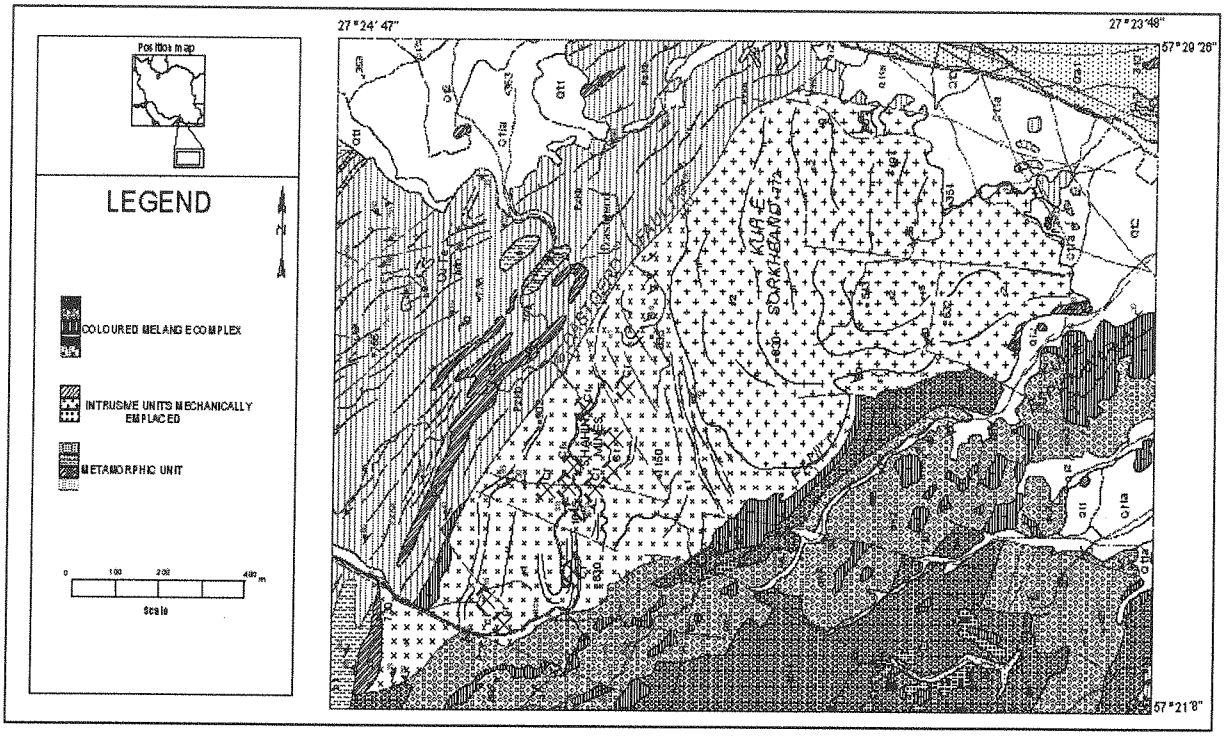
- سنگهای بازیک: شامل گدازه های بالشی به رنگهای قرمز و ارغوانی.
- سنگهای رسوبی: شامل چرتهای رادیولاریتی، آرژیلیت، آهک.

سنگهای دگرگونی واقع در مجموعه آمیزه رنگین شامل آمفیبولیت، متاگابرو، متادیاباز و فیلیت است[۴].

**ج) اولترابازیکهای سرخ بند:**

این سنگها محدوده اصلی مورد مطالعه را تشکیل می‌دهند و می‌توان آن را منطقه عمومی فاریاب نامید چرا که بیشتر معادن و ذخایر کرومیت که توسط شرکت معادن کرومیت فاریاب استخراج می‌شود در این بخش واقع شده‌اند. این بخش بزرگترین توده از سنگهای اولترامافیک در منطقه عمومی میناب است که به شکل گوه ای به طول ۱۷ کیلومتر و عرض ٦ کیلومتر می باشد و عرض آن به طرف شمال کاهش و به طرف جنوب، جنوب شرق افزایش می‌یابد. سنگهای اصلی آن دونیت، هارزبورژیت و پیروکسنیت هستند. اولترابازیکهای سرخ بند شامل دو بخش اصلی است. یک قسمت جنوبی ساده و یک بخش شمالی با پیچیدگی زیاد که دارای شواهدی از لایه بندی توده ای و تغییر شکل حالت جامد، همراه با توده های زیادی از کرومیت با اهمیت اقتصادی می‌باشد.

- بخش شمالی: بیش از ۷۰٪ حجم کل این بخش از دونیت تشکیل شده است که دارای بافت دانه ای از اولیوین های درهم




شکل (۱): نقشه زمین شناسی منطقه فاریاب[۵].

قفل شده ای است که با اسپینل ها بصورت کانی فرعی همراه است. در این سنگها کلینوپیروکسن از نوع اوژیت و ارتوپیروکسن از نوع برونزیت است. در تمام منطقه اغلب اولیوین ها با درجات متفاوت سرپانتنیزه شده اند. - بخش جنوبی: این بخش متشکل از دونیت و هارزبورژیت است. دونیت آن از کاملاً سالم تا به شدت سرپانتنیزه شده متغییر بوده و بطور ثابتی حاوی اسپینل به عنوان کانی فرعی است. هارزبورژیت آن تا ۱۵٪ اورتوپیروکسن دارد که همراه با مقدار کمی کانی اپاک بصورت فرعی و کلینوپیروکسن است. در این مناطق کرومیت به صورت نوارها و افقهای کرومیتی در دونیتهای سرپانتنیزه و هارزبورژیت واقع شده است[۴].

## ۳- نمونه برداری و تجزیه نمونه ها

عملیات نمونه برداری از لیتولوژیهای مختلف منطقه طی چند دوره مختلف انجام گرفت. مرحله اول شامل نمونه برداری از مناطق سولفیدی، لیتولوژیهای مختلف و گمانه های حفر شده در منطقه بود. در این مرحله حدود ۶۰۰ مقطع شامل مقاطع نازک و فلزی از نمونه ها تهیه و مورد مطالعه قرار گرفت و آنالیز XRD و XRF نمونه ها، شناسایی مناطق سولفیدی و مطالعات سنگ شناسی و لیتولوژی گمانه ها انجام گرفت. در مرحله دوم که فاز تکمیلی نمونه برداری بود عملیات نمونه برداری از مناطق سولفیدی شناسایی شده و تونل فطر ۶ انجام شد. پس از مطالعه مقاطع تهیه شده، تعداد ۱۸ نمونه جهت آنالیز عناصر گروه پلاتین، طلا و نیکل انتخاب شدندکه بیشتر این نمونه‌ها سرشار از سولفید بودند ( پیروتیت، پنتلاندیت) و جهت تجزیه به روش قال گذاری، ICP-MS و Fire Assay به کشور استرالیا فرستاده شد (جدول ۱) [۶].

## ۴- مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی

بیش از ۳۰۰ مقطع نازک و ۳۰۰ مقطع پولیش از نمونه های چاه های مختلف و تونل فطر ۶ مورد مطالعات میکروسکوپی قرار گرفتند. هدف از این مطالعه بررسی پتروگرافی، تغییرات بافتی نمونه ها و شناسایی کانی سازی سولفیدی بود. نمونه ها شامل دونیت، هارزبورژیت، پیروکسنیت و کرومیت می‌باشند. در بیشتر نمونه ها آثار سرپانتنیزاسیون دیده می‌شود. اولیوین در امتداد شکستگی ها و حاشیه دانه ها به سرپانتین تبدیل شده است. در بیشتر نمونه ها آثار کانی سازی کرومیت دیده می‌شود اما کانی سازی عمده کرومیت در دونیتها می‌باشد و تا حدی دارای بافت کاتاکلاستیک می‌باشد. در داخل نمونه های سرشار از کلینوپیروکسن آثار کلریتی شدن ( باستیتی شدن) دیده می‌شود. در حاشیه دانه ها و امتداد شکستگی ها آثار کانی‌های آهن مانند مگنتیت، گوتیت و لیمونیت وجود دارد. کانیهای معمول اولیوین، اورتو و کلینو پیروکسن و کرومیت می‌باشند که هیپرستن و انستاتیت اورتو پیروکسنها و اوژیت و دیوپسید کلینوپیروکسنهای آنرا تشکیل می‌دهند. در بیشتر سنگهای پیروکسنیتی مقادیر اورتو و کلینو پیروکسن متغیر است. در تعدادی از نمونه ها آثار مس طبیعی بصورت دانه های

در حد چند میکرون مشاهده گردید. با مطالعه مینرالوژیکی مقاطع، آثار کانی سازی سولفیدی در بیشتر نمونه ها مشاهده گردید. کانیهای سولفیدی بیشتر به شکل پیروتیت، اسمتیت و پنتلاندیت می‌باشند که همراه آنها به مقدار کم کانیهای هیزلوودیت، میلریت و ویولاریت نیز یافت می‌شوند. تمرکز کانیهای سولفیدی در نمونه های سنگهای پیروکسنیتی بیشتر است با وجود این در سنگهای دونیت، هارزبورژیت و همراه با کرومیت نیز کانی سازی سولفیدی دیده می‌شود(شکل۲).

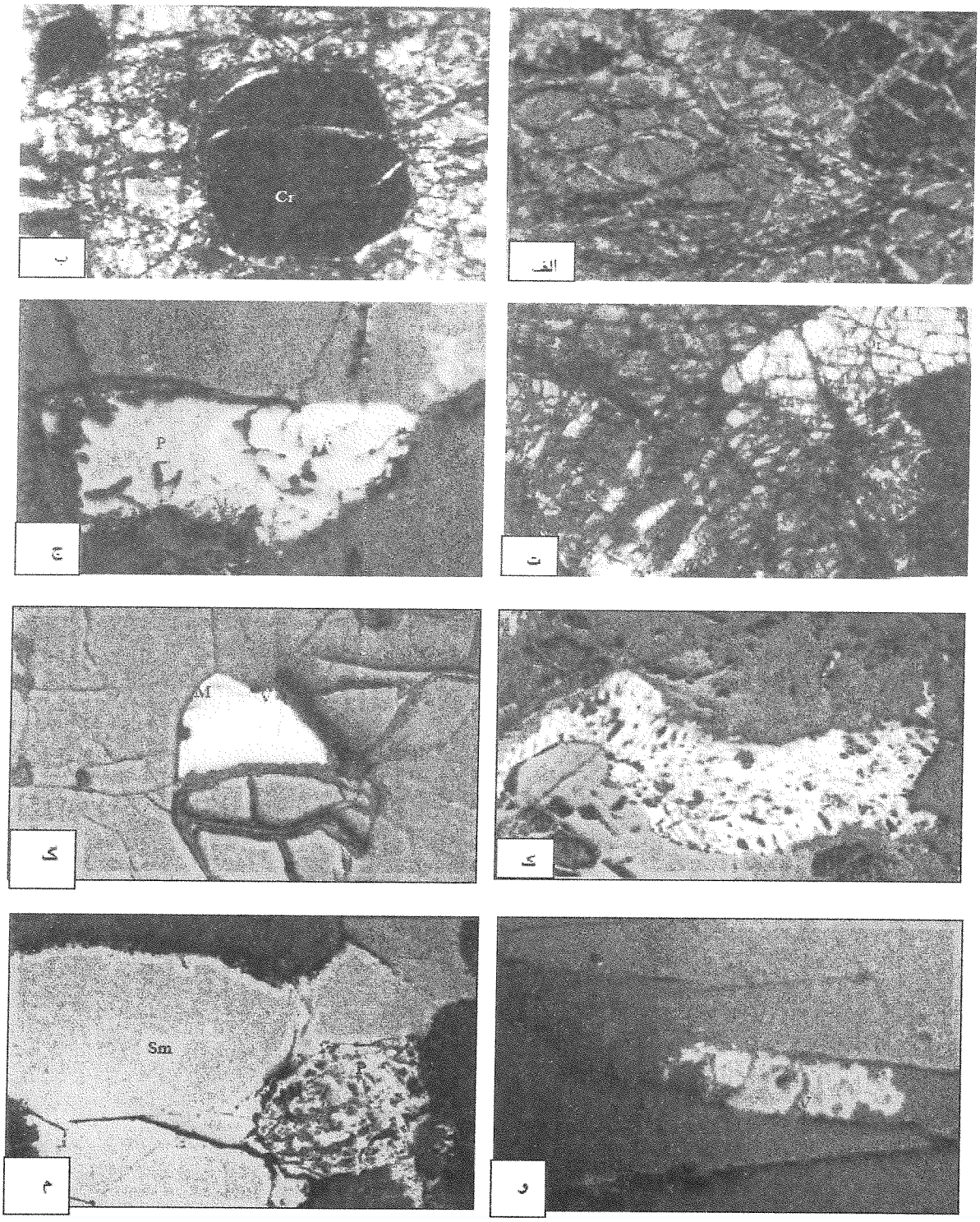
بر مبنای این مطالعات و نتایج XRD نمونه ها مقطع لیتولوژی گمانه های حفر شده در منطقه رسم شد(شکل۳). آنالیز میکروپروب الکترون و میکروسکوپی الکترون فازهای مختلفی کانیهای گروه پلاتین (PGM) را در کرومیتهای منطقه نشان داده است. فازهای PGM بیشتر شامل سولفیدها ( لوریت ،ارلیچمانیت)، آلیاژهای (Pd-Rh, Os-Ir-Ru) و سولفوآرسنایدها (ایرارسیت، هولینگوورتیت) می‌باشند[۳].

## ۵- بررسی و تفسیر نتایج

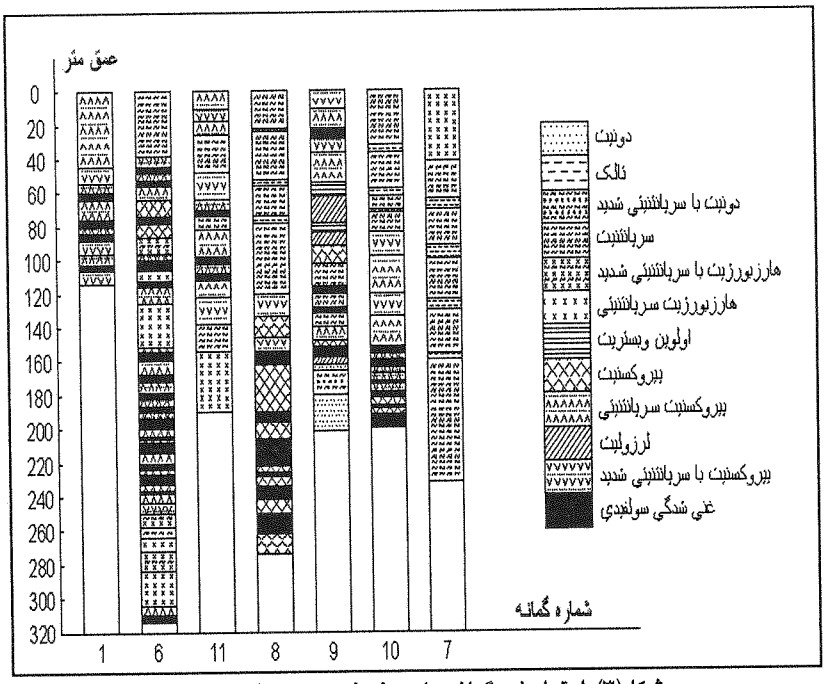
بیشترین مقدار PGE اندازه گیری شده مربوط به نمونه BH۸-۳۳ بوده که مربوط به نمونه دونیت با کانی سازی کرومیت است و در آن مقدار Pt = ۹۱ ppb ، Pd =۱۰۸ ppb ، Ru =۲۶ ppb ، Rh =۱۰ ppb ، Os = ٤ ppb و Au =۱۱ ppb می باشد. مقادیر PGE از ۲۳۹ ppb در نمونه BH۸-۳۳ تا ppb ۱۲ در نمونه BH۶-۴۴۷ تغییر می‌کند. مشخصات ترکیبی نمونه‌ها در جدول(۱) آورده شده است. برای تفسیر نتایج مقادیر نمونه ها در دیاگرام نرمالیزه شده نسبت به کندریت ترسیم شد. در شکل (٤) مشاهده می‌شود که دیاگرام نرمالیزه شده عناصر گروه پلاتین در فاریاب نسبت به کندریت دارای شیب مثبت است، حال آنکه در بیشتر کانسارهای افیولیتی مانند افیولیت های ترکیه، عمان، کالیفرنیا و یونان این شیب منفی است[۷]. با مقایسه نمودار منطقه فاریاب با کانسارهای مختلف مشاهده می گردد که شیب نمودار نرمالیزه آن در گروه نمودار مجموعه استیل واتر و لایه کرومیت UG۲ بوشولد قرارمی‌گیرد. با توجه به اینکه نسبت Pd/Ir در بیشتر نمونه های منطقه فاریاب بیشتر از ۱ می‌باشد و این نسبت در نمونه ۳۳ به ۱۰۸ می‌رسد، می‌توان نتیجه گرفت که تفریق ثقلی صورت گرفته و کانیهای گروه پلاتین در منطقه فاریاب تشکیل شده است[۸]. تمرکز عناصر Ru وPd بسیار بالاتر از دیگر عناصر می‌باشد و این مسئله در بیشتر نمونه های تجزیه شده دیده می‌شود و می‌توان گفت که تمرکز کانی های سبک عناصر گروه پلاتین(Pd,Ru,Rh) نسبت به گروه سنگین این عناصر ( Pt,Ir,Os) در منطقه فاریاب بیشتر است.

در این تحقیق برای عناصر Pt، Pd، Ir، Os و Rh که بخشی از داده های آنها بصورت خارج از حد قابل ثبت گزارش شده بود، مقدار جانشینی با استفاده از روش درستنمایی بدست آمد و پس از نرمال سازی به روش کاکس و باکس مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. ضرایب همبستگی عناصر گروه پلاتین با طلا و نیکل در منطقه فاریاب محاسبه گردید. همبستگی بسیار قوی همسو بین عناصر Pt و Pd مشاهده می‌شود (۹۶/. = r). همبستگی متوسط همسو بین عناصر Pt و Pd با Rh همچنین بین عناصر Pt وPd با Ru وجود دارد سایر عناصر و گروههای عنصری دارای همبستگی بسیار ضعیف با همدیگر می‌باشند. جهت بررسی ارتباط بین کانی سازی عناصر گروه پلاتین با اکسیدهای اصلی تشکیل دهنده سنگهای منطقه با توجه به آنالیزهای موجود، ضرایب همبستگی این عناصر با اکسیدهای مهم سازنده سنگ در پیروکسنیت های معدن فاریاب محاسبه شد(جدول۲). عناصر Pd وPt همبستگی همسوی بسیار قوی با هم و با اکسید اکسیدهای MgO و $Fe_2O_3$ دارند و همبستگی بسیار قوی منفی با CaO و $Ni_2O$ دارند که نشان دهنده تشکیل بیشتر این عناصر در کانی سازی سولفیدی دراورتوپیروکسنیت ها است. همبستگی همسوی بسیارقوی بین عناصر Os و Rh با اکسیدهای CaO، $Ni_2O$ و $SiO_2$ وجود دارد و همبستگی بسیار قوی منفی بین این عناصر و اکسیدهای MgO و$Fe_2O_3$ دلالت بر تشکیل بیشتر این عناصر در کلینوپیروکسنیت ها است. بزرگترین ضریب همبستگی همسو بین $Na_2O$ و Rh به مقدار ۰/۹۹ می‌باشد و بیشترین ضریب همبستگی غیر همسو مقدار ۰/۹۹- می‌باشد. یکی از نکات مهم از نظر اکتشافی تعیین زمان و چگونگی جداسازی ثقلی سولفیدها می‌باشد که می‌توان با نسبت های فلزی از قبیل Ni/Pd، Cu/Ir، Cu/Rh و Cu/Pt این کار را انجام داد زیرا عناصر گروه پلاتین ضریب تقسیم یا مشارکت در سولفید بیشتری( ۱۰۰۰ ≤ ) نسبت به نیکل و مس (۲۰۰) دارند. جداسازی ثقلی سولفید در حد محسوسی نسبت های Ni وCu به PGE را تغییر می‌دهد. برای مشخص کردن موقعیت PGE درون توده نفوذی می‌توان از این نسبت ها در یک مقطع سنگ شناسی استفاده نمود تا مکان جداسازی ثقلی سولفیدی را مشخص نمود[۱۰]. سنگهایی با نسبت های Ni/Pd وCu/Ir کمتر نسبت به سنگهای آذرین خروجی که مقداری سرشارسازی PGE دارند، اهداف اکتشافی خوبی هستند[۱۱]. با محاسبه نسبت Ni/Pd نمونه های فاریاب مشخص شد که همه نمونه های فاریاب نسبت Ni/Pd کمتری(۱۰۰- ۱۰) نسبت به کمانیت ها و بازالت های با MgO بالا(۵۰۰۰-۱۰۰۰) دارند، و می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه می‌تواند به عنوان یک هدف اکتشافی خوب برای PGE در نظر

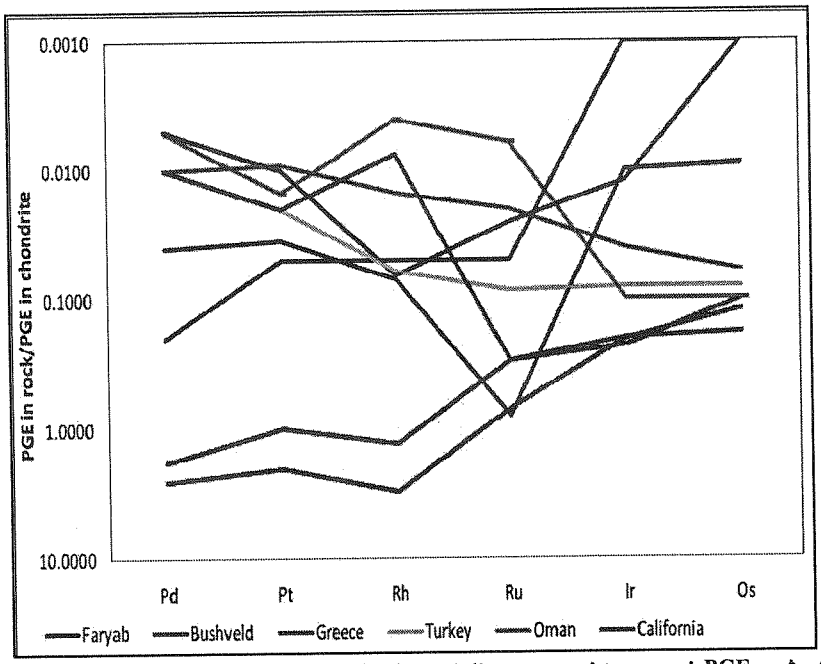
گرفته شود [۱۱].




شکل(۲): تصاویر میکروسکوپی مقاطع تونل فطر۶.الف) اولیوین که در حاشیه سرپانتینی شده است. ب) کرومیت خود شکل دانه درشت که سرپانتنیزه شده و بلورهای اولیوین در آن دیده می شود. ت) اورتوپیروکسن با کلینو پیروکسن وسرپانتین کلریت. ج) کانی های سولفیدی پنتلاندیت و میلریت. ک) پنتلاندیت با بافت اسفنجی. گ ) کانی سازی پنتلاندیت با مقداری میلریت و ویولاریت در حاشیه دیده می شود،و) پنتلاندیت و ویولاریت با مس طبیعی، م) اسمتیت وپنتلاندیت. S:سرپانتین، O: اولیوین، Cr: کرومیت، K:کلینوپیروکسن، Or: اورتوپیروکسن، P: پنتلاندیت، M: میلریت، V: ویولاریت،Sm:اسمتیت. .مقاطع الف،ب،ت ( بزرگنمایی ۴۰)، مقاطع ج،ک،گ،م،و( بزرگنمایی ۱۰۰).




**شکل(۳): لیتولوژی گمانه های حفر شده در منطقه فاریاب**




**شکل(۴): نمودار نرمالیزه شده PGE نسبت به کندریت در سنگهای منطقه فاریاب در مقایسه با مجموعه های مناطق مختلف جهان. نمونه های فاریاب همانند نوع استیل واتر و بوشولد دارای شیب مثبت است[۹].**

## ۶- نتیجه گیری

الف) کانی سازی سولفیدی در منطقه فاریاب صورت گرفته است.

ب) با توجه به نتایج بدست آمده از نسبت عناصر مشخص گردید که کانی سازی PGE در منطقه صورت گرفته است.

ج) دیاگرام نرمالیزه شده کندریتی PGE در فاریاب همانند مجموعه استیل واتر ولایه کرومیت UG۲ دارای شیب منحنی

مثبت است و در بیشتر کانسارهای افیولیتی مانند افیولیت های ترکیه، عمان ویونان این شیب منفی است و این می‌تواند برای اهداف اکتشافی این منطقه امیدبخش باشد.

س) تمرکز PGE های سبک (Rh ، Ru وPd ) نسبت به تمرکز عناصر سنگین این گروه ( Pt ، Os و Ir ) در منطقه فاریاب بیشتر می‌باشد.

ش) Os و Rh در پیروکسنیتهای سرشار از کلینوپیروکسن و Pd ، Pd در پیروکسنیتهای سرشار از اورتوپیروکسن تمرکز بیشتری دارند.

و) با توجه به به هزینه بالای تجزیه عناصر گروه پلاتین در این مرحله تنها ۱۸ نمونه مورد آنالیز قرار گرفت که پیشنهاد می‌شود با توجه به نتایج بدست آمده، مطالعات تفصیلی همراه با آنالیز تعداد بیشتری نمونه از منطقه صورت گیرد و مناطق کرومیتی که همراه با کانی سازی سولفیدی هستند مورد توجه بیشتری قرار گیرد.

**جدول(۱): نتایج آنالیز مقادیر عناصر گروه پلاتین در منطقه فاریاب[۶].**

| عنصر | Au | Pd | Pt | Ir | Os | Rh | Ru | Ni |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| واحد | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppb | ppm |
| حدحساسیت | ۱ | ۱ | ۵ | ۱ | ۲ | ۱ | ۱ | ۲ |
| روش تجزیه | FA3 | FA3 | FA3 | FA4 | FA4 | FA4 | FA4 | IC3E |
| BH۸-۳۳ | ۱۱ | ۱۰۸ | ۹۱ | > | ۴ | ۱۰ | ۲۶ | ۸۲۹ |
| BH۵-۲۲۸ | ۱۲ | ۵۳ | ۴۲ | ۲ | > | ۸ | ۲۵ | ۴۹۷ |
| FTF-۱۰ | ۱۰ | ۳۳ | ۲۷ | > | > | ۷ | ۲۳ | ۳۴۳ |
| BH۶-۴۶۴ | ۸ | ۳۴ | ۲۳ | ۲۱ | > | ۲۱ | ۳ | ۴۵۰ |
| BH۵-۲۳۲ | ۹ | ۲۲ | ۲۲ | ۷ | ۲ | ۱۲ | ۴۹ | ۲۸۵ |
| BH۶-۴۱۳ | ۱۲ | ۱۴ | ۱۹ | ۹ | > | ۴ | ۸ | ۳۴۵ |
| BH۶-۴۴۱ | ۱۹ | ۱۵ | ۱۸ | ۱۱ | > | ۶ | ۱ | ۳۱۵ |
| FTF-۱۲ | ۶ | ۱۸ | ۱۸ | ۵ | > | ۱۶ | ۱۱ | ۳۶۳ |
| BH۵-۲۴۴ | ۳۲ | ۹ | ۱۶ | ۱۰ | > | ۸ | ۲۳ | ۳۵۲ |
| FTF-۱۱ | ۹ | ۲۲ | ۱۶ | > | ۳ | ۱۶ | ۴۷ | ۲۷۵ |
| BH۶-۴۳۵ | ۲۷ | ۹ | ۱۰ | ۵ | > | ۳ | ۱۴ | ۵۵۵ |
| BH۵-۲۳۷ | ۸ | ۱۳ | ۱۰ | ۴ | > | ۲ | ۷ | ۸۲۴ |
| BH۶-۴۵۴ | ۱ | ۶ | ۷ | ۷ | > | ۶ | ۱۸ | ۱۱۵۰ |
| BH۵-۲۴۰ | ۵ | ۴ | ۷ | > | > | ۵ | ۶ | ۳۷۲ |
| BH۵-۲۳۸ | ۱۸ | ۵ | ۶ | ۴ | > | > | ۲ | ۲۵۲ |
| BH۶-۴۲۴ | ۷ | ۵ | ۶ | ۶ | > | ۱۱ | ۱۸ | ۲۲۲ |
| BH۸-۴۱ | ۱ | ۳ | > | ۳ | ۶ | ۲ | ۲ | ۹۵۰ |
| BH۶-۴۴۷ | ۷ | > | > | ۵ | > | ۵ | ۲ | ۲۴۴ |

جدول (۲) : ضریب همبستگی بین عناصر گروه پلاتین و اکسیدهای اصلی سازنده سنگ در پیروکسنیتها

| عنصر | Au | Pd | Pt | Ir | Os | Rh | Ru | Ni | $Na_2O$% | MgO% | MnO% | $Fe_2O_3$% | $K_2O$% | CaO% | NiO% | CuO% | $SiO_2$ % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Au | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pd | ۰/۲۲ | ۱ | | | | | | | | | | | | | | | |
| Pt | ۰/۳۴۶ | ۰/۹۶ | ۱ | | | | | | | | | | | | | | |
| Ir | ۰/۱۶۶ | ۰/۳۲ | ۰/۰۲۸ | ۱ | | | | | | | | | | | | | |
| Os | -۰/۳۶۴ | ۰/۰۷۴ | ۰/۰۱ | -۰/۳۲۷ | ۱ | | | | | | | | | | | | |
| Rh | -۰/۰۸۸ | ۰/۵۰۶ | ۰/۴۷۹ | ۰/۳۷۸ | ۰/۰۲۶ | ۱ | | | | | | | | | | | |
| Ru | ۰/۰۸۹ | ۰/۵۰۳ | ۰/۵۲۶ | -۰/۳۴۵ | ۰/۱۲۱ | ۰/۳۷۱ | ۱ | | | | | | | | | | |
| Ni | ۰/۳۰۸ | -۰/۲۳۳ | -۰/۱۳۶ | ۰/۰۶۴ | -۰/۳۵۳ | ۰/۲ | ۰/۰۰۲ | ۱ | | | | | | | | | |
| $Na_2O$% | -۰/۶۹ | -۰/۹۶ | -۰/۹۹ | ۰/۵ | ۰/۵ | ۰/۹۹ | ۰/۱۸۹ | -۰/۳ | ۱ | | | | | | | | |
| MgO% | ۰/۱۰۳ | ۰/۶۰۳ | ۰/۷۲۲ | ۰/۱۳۹ | -۰/۹۲ | -۰/۷۸ | -۰/۷۵ | ۰/۸۲۴ | -۰/۷۸ | ۱ | | | | | | | |
| MnO% | ۰/۶۲۵ | ۰/۹۳۹ | ۰/۹۸۲ | -۰/۴۱ | -۰/۵۷ | -۰/۹۹ | -۰/۲۷ | ۰/۳۸۶ | -۰/۹۹ | ۰/۸۴۱ | ۱ | | | | | | |
| $Fe_2O_3$% | ۰/۵ | ۰/۸۷۶ | ۰/۹۴۱ | -۰/۲۷ | -۰/۶۹ | -۰/۹۷ | -۰/۴۲ | ۰/۵۲۱ | -۰/۹۷ | ۰/۹۱۳ | ۰/۹۸۹ | ۱ | | | | | |
| $K_2O$% | -۰/۳ | -۰/۷۵ | -۰/۸۴ | ۰/۰۶۴ | ۰/۸۳۲ | ۰/۸۹۶ | ۰/۶۰۵ | -۰/۶۹ | ۰/۸۹۶ | -۰/۹۷ | -۰/۹۳ | -۰/۹۷ | ۱ | | | | |
| CaO% | -۰/۲۴ | -۰/۷ | -۰/۸۱ | ۰/۰۰۱ | ۰/۸۶۶ | ۰/۸۶۶ | ۰/۶۵۵ | -۰/۷۳ | ۰/۸۶۶ | -۰/۹۹ | -۰/۹ | -۰/۹۶ | ۰/۹۹۸ | ۱ | | | |
| NiO% | -۰/۶۹ | -۰/۲۱ | -۰/۰۵ | ۰/۸۴۳ | -۰/۸۸ | -۰/۰۴ | -۰/۹۸ | ۰/۹۶۶ | -۰/۰۴ | ۰/۶۵ | ۰/۱۳۵ | ۰/۲۸۳ | -۰/۴۸ | -۰/۵۳ | ۱ | | |
| CuO% | -۰/۸۱ | -۰/۳۹ | -۰/۲۴ | ۰/۹۲۹ | -۰/۷۸ | ۰/۱۴۳ | -۰/۹۴ | ۰/۹۰۱ | ۰/۱۴۳ | ۰/۴۹۷ | -۰/۰۵ | ۰/۰۹۹ | -۰/۳۱ | -۰/۳۷ | ۰/۹۸۲ | ۱ | |
| $SiO_2$% | -۰/۱۷ | -۰/۶۵ | -۰/۷۶ | -۰/۰۷ | ۰/۹ | ۰/۸۲۸ | ۰/۷۰۷ | -۰/۷۸ | ۰/۸۲۸ | -۰/۹۹ | -۰/۸۷ | -۰/۹۳ | ۰/۹۹۱ | ۰/۹۹۷ | -۰/۵۹ | -۰/۴۳ | ۱ |

## ۷- مراجع


[۱] Mater,W.D." Platinum-group element (PGE) deposits and occurrences: Mineralization styles, genetic concepts, and exploration criteria", Journal of African earth Sciences, vol: 9,p.p:1-30,2005.

[۲] سبقتی. علیرضا، " تأثیر دگرسانی و هوازدگی بر پایداری شیب های سنگی بر اساس شرایط موجود در معدن فاریاب"، پایان نامه کارشناسی ارشد، مهندسی معدن گرایش مکانیک سنگ، دانشکده مهندسی معدن، دانشگاه صنعتی امیر کبیر، ۱۳۷۸.

[۳] Rajabzadeh, M, A; Ohnensteter, M; Ohbebsteterd, D; Reisberg, L and Crpg." Chrome and platinum-group element (PGE) mineralization in chromitites from the Assemion and Neyriz ophiolites, Zagros belt, Iran", International platinum symposium, Institute of mineralogy and petrology, mining university, Leoben, Austria,1998.

[۴] صفایی. محمد رضا، " ژئوشیمی و زمین شناسی کانسار کرومیت فاریاب هرمزگان"، پایان نامه کارشناسی ارشد، زمین شناسی، گرایش زمین شناسی اقتصادی، دانشکده علوم، دانشگاه شیراز، ۱۳۷٤.

[۵] علی نیا. فیروز، گزارش مطالعات تفصیلی سنگ شناسی و زمین شناسی منطقه فاریاب: وزارت معادن و فلزات ۱۳۸۴.

[۶] روش تجزیه و آنالیز نمونه ها برای عناصر مختلف و مقادیر عناصر همراه، گزارش کار آزمایشگاه AMDEl استرالیا، ۱۳۸۵.

[۷] Buchl,A; Brugman,G. and Batanova,V.G. " Formation of podiform chromitite deposits implication from PGE abundances and Os isotopic composition of chromites from the troodos complex, Cyprus", Journal of chemical geology, vol: 208,p.p: 217-231, 2004.

[۸] Hassan,A and Shoji,A." Platinum-Group Element Geochemistry in Podiform Chromitites and Associated Peridotites of Precambrian Ophiolite, Eastern Desert, Egypt", Central Metallurgical Research and Development Institute, Helwan, 2003.

[۹] کریم زاده. علیرضا، کاربرد داده های ژئوشیمیایی: ارزیابی، نمایش، تفسیر؛ ۱۳۸۱.

[۱۰] Barnes and Sarah,J." The use of mantle normalization and metal ratios in the identification of the sources of platinum-group elements in various metal-rich black shales ", Journal of Mineralium Deposita, vol: 38,p.p:775-783, 2003.

[۱۱] Barnes and Sarah,J." The use of metal ratios in prospecting for platinum-group element deposits in mafic and ultramafic intrusions" , Journal of Geochemical Exploration, p.p: 91-99,1990.