

بررسی فراوانی عناصر و کانی های صنعتی موجود در متابازالت های ائوسن کمال آباد غرب نایین (استان اصفهان)

مژگان جوانمردی و ایرج نوربهبشت

گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان

*Mojganjavanmardi@yahoo.com

دریافت: ۸۹/۹/۲۵ پذیرش: ۸۹/۱۲/۲۲

چکیده

بازالت های ائوسن کمال آباد واقع در غرب نایین (استان اصفهان) تحت تاثیر سیالات هیدروترمال به متابازالت های بسیار ضعیف تبدیل شده اند. در درز و شکاف های متابازالت ها به ترتیب فراوانی کانی های پرهنیت، زئولیت، کوارتز، کلسیت، ملاکیت و آزوریت و لومونتیت تشکیل شده اند. یک سری از عناصر و کانی های صنعتی مشاهده شده در منطقه نظیر: آهن، مس، کبالت، وانادیوم، روی، توریم و اورانیوم از لحاظ گستردگی و فراوانی قابلیت استخراج را ندارند. البته عنصر طلا موجود در منطقه، عناصری نظیر کروم، نیکل، اسکاندیوم، آرسنیک و مولیبدن و کانی های مفیدی همچون پرهنیت و زئولیت ارزش بررسی گسترده تر را دارند.

واژه های کلیدی: عناصر و کانی های صنعتی، متابازالت ائوسن، کمال آباد، نایین

مقدمه

از طرفی زئولیت ها هم ارزش فراوانی در صنعت داشته و پرهنیت نیز یک کانی درجه ۲ قیمتی است. منطقه‌ی مورد مطالعه تا کنون از لحاظ اقتصادی و کانه زایی مورد بررسی قرار نگرفته و مطالعات کلی انجام شده بر روی آن نشان می دهد که این منطقه ارزش بررسی و مطالعات دقیق تر اقتصادی را دارد [۲].

روش مطالعه

پس از بررسی های صحرایی و نمونه برداری منظم از تمام واحد های سنگی موجود در منطقه، از نمونه های برداشته شده جهت انجام آنالیز شیمیایی به روش فعال سازی نوترونی دستگاهی^۱ (I.N.A.A) استفاده شد. این آنالیزها در مرکز تحقیقات و تولید سوخت هسته ای اصفهان انجام شده که نتایج آنها در جدول ۱ آورده شده است. همچنین جهت تشخیص دقیق تر نوع بعضی از کانی ها از آنالیزهای^۲ XRD،^۳ EDS و آنالیز حرارتی^۴ DTG بهره گرفته شد.

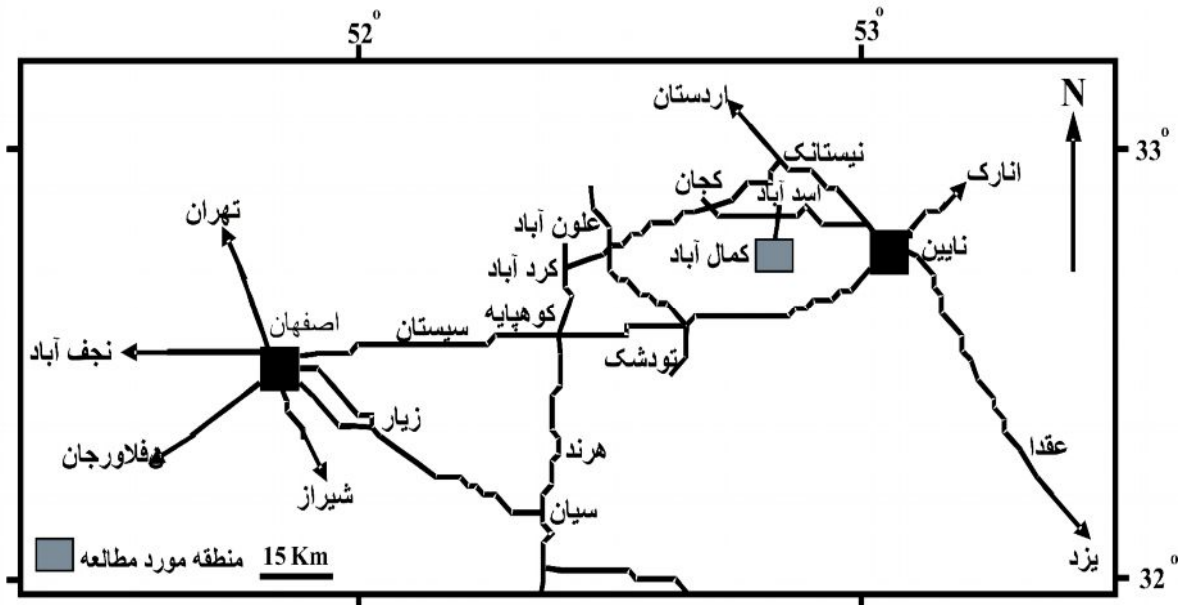
دوران سنوزوئیک را باید دوران فعالیت ماگماتیسم در ایران نامید. در بسیاری از حالات به ویژه فعالیت ماگمایی ائوسن الیگوسن (فاز پیرنه) تکاپوی ماگمایی با کانی زایی همراه بوده و به همین جهت از ترشیری ایران به عنوان دوره‌ی متالوزئیک (فلززایی) نیز یاد می شود [۱]. منطقه‌ی کمال آباد جزئی از نوار ماگمایی ارومیه-دختر است [۱]. بازالت های ائوسن این منطقه که در ۲۰ کیلومتری غرب نایین و بین طول جغرافیایی ۵۳°۰۰' - ۵۲°۳۰' شرقی و عرض ۳۳°۰۰' - ۳۲°۳۰' شمالی واقع شده (شکل ۱)، تحت تاثیر سیالات هیدروترمال به متابازالت های بسیار ضعیف تبدیل شده و در درز و شکاف های آنها کانی های پرهنیت، زئولیت، کوارتز، کلسیت، ملاکیت و آزوریت و لومونتیت ایجاد شده است (شکل های ۲ و ۳). علاوه بر این در محلول های ماگمایی، مواد فرار و بسیاری از عناصر فلزی وجود داشته که معمولاً به سوی مناطق کم فشار بالایی به حرکت در آمده و در شکستگی ها و درزهای مربوط به سنگ های منطقه قرار می گیرند. مطالعه‌ی متابازالت های این منطقه به دلیل دربرداشتن نهشته های طلا، آرسنیک، کروم، نیکل، اسکاندیوم و مولیبدن توجه اقتصادی دارد.

¹ Instrumental Neutron Activation Analyser

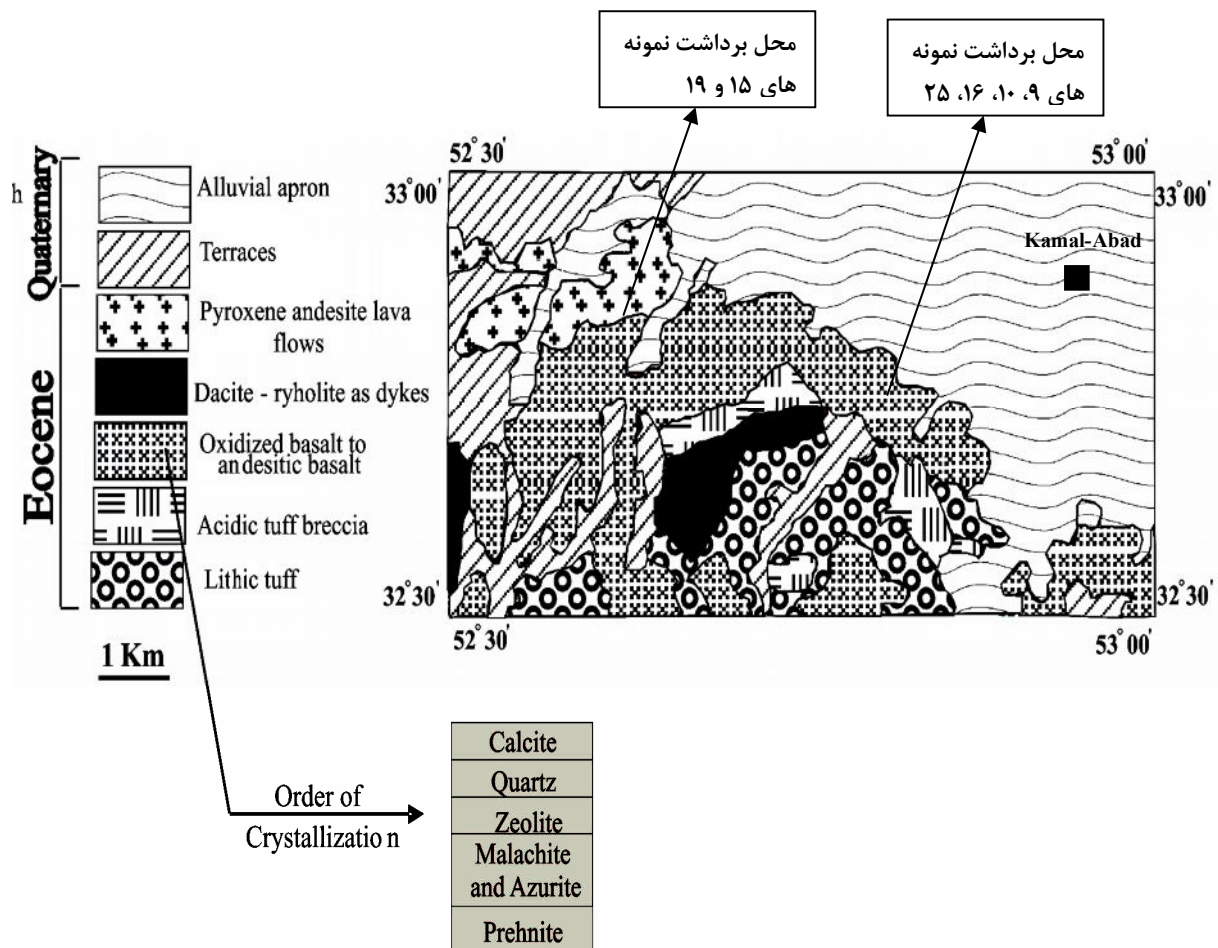
² X-Ray Diffractometry

³ Energy Dispersive Spectrometry

⁴ Derivative Thermogravimetry



شکل ۱- نقشه‌ی راه های دسترسی به منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۲- نقشه‌ی زمین شناسی منطقه‌ی مورد مطالعه



شکل ۳- رگه ها و شکاف های پر شده توسط کانی های هیدروترمالی

جدول ۱- مقایسه‌ی غلظت برخی عناصر در کمال‌آباد با میانگین مقدار آن‌ها در پوسته قاره‌ای (غلظت عناصر در پوسته از [۶]، محل نمونه‌ها در شکل ۱)

عنصر (ppm)	پوسته قاره ای	حد آستانه	سنگ ش. ۹	سنگ ش. ۱۰	سنگ ش. ۱۵	سنگ ش. ۱۶	سنگ ش. ۱۹	سنگ ش. ۲۵
Cr	۱۰۰	۳۰۰	۳۲۹	۵۲۰	۱۹۴	۳۳۰	۲۷۳	۴۲۸
Ni	۷۵	۲۲۵	۲۷۱	۳۳۶	۲۵۰	۲۸۲	۱۹۵	۳۰۶
Co	۲۵	۷۵	۳۱	۳۲	۲۶	۳۱	۲۰	۳۱
Sc	۰/۰۵	۰/۱۵	۳۷	۴۲	۳۵	۴۱	۳۱	۴۱
V	۱۳۵	۴۰۵	۳۰۱	۳۳۱	۲۷۳	۳۱۳	۲۶۱	۳۲۲
Zn	۷۰	۲۱۰	۸۲	۱۱۳	۶۹	۸۵	۵۷	۱۱۲
Mo	۱/۵	۴/۵	۱۶/۱	۲۲	۱۱/۳۶	۱۴/۱۳	۱۰/۱	۲۱/۱
As	۱/۸	۵/۴	۲/۵۴	۱۷/۱۶	۲/۵۳	۲/۹۶	۲/۵۱	۱۰/۱۹
Au	۴	۱۲	۰/۰۲۷۳	۰/۱۴	۰/۰۲۶۷	۰/۰۳۰۳	۰/۰۲۵۵	۰/۰۳۸۵
Th	۱۰	۳۰	۳/۴۸	۸/۳۹	۳/۴۵	۵/۸	۳/۴۴	۶/۵۹
U	۲/۷	۸/۱	۱/۶۲	۲/۱۲	۱/۵۴	۱/۶۳	۱/۴۳	۱/۸۲
Fe(%)	۵/۶۳	۱۶/۸۹	۷/۳۶	۷/۷۴	۶/۸۳	۷/۷۳	۶/۷۵	۷/۰۰

زمین شناسی عمومی منطقه

ولکانیک های ائوسن منطقه مورد مطالعه که در ۲۰ کیلومتری غرب نایین و بین طول جغرافیایی $33^{\circ}00' - 30^{\circ}00'$ و عرض $32^{\circ}30' - 33^{\circ}00'$ شمالی واقع شده [۳] (شکل ۱) بیشتر در حد اولیوین بازالت تا بازالت آندزیتی هستند. این سنگ ها تحت تأثیر دگرگونی هیدروترمال به سن اولیگوسن آغازی قرار گرفته [۴] و بدین ترتیب کانی هایی نظیر پرهنیت، زئولیت، کوارتز، کلسیت، ملاکیت و ملاکیت و لومونتیت در درز و شکاف ها و حفرات آنها تشکیل می شود.

سنگ های مورد مطالعه در سطح و بخش های فوقانی پوسته تحت تأثیر محلول های آبکی با خاستگاه مختلف قرار می گیرند. حد تأثیر پذیری با شرایط فیزیکی و شیمیایی حاکم از قبیل دما، فشار، کانی شناسی، پترولوژی، ترکیب کلی، بافت، نفوذپذیری و در نهایت مدت زمان تأثیر سیالات مشخص می شود. با توجه به نوع سنگ، کانی شناسی، بافت، ترکیب ایزوتوپی، عناصر نادر و ترکیب کلی آنها در سنگ ها تبلور مجددی رخ می دهد. تغییرات ایجاد شده توسط دگرگونی خیلی ضعیف اعمال شده بر ولکانیک های منطقه در حدی نیست که منجر به تغییرات ساختاری و یا بافتی آنها گردد و اصولاً در حد تغییرات کانی شناسی و در شرایط استاتیک تحقق می یابد [۵]. از خصوصیات متداول متاولکانیک های درجه بسیار ضعیف توسعه اولیه وسیع، توزیع پراکندگی، رشد انتخابی کانی های ثانویه در حفرات و شکستگی ها و رشد توپوتاکیل این کانی ها بعد از OI, Cpx, Pl و شیشه های ولکانیکی اولیه می باشد [۶]. روانه های بازالتی-آندزیتی موجود در منطقه در نتیجه آلتراسیون هیدروترمال منظره ای بسیار فرسوده پیدا می کند و سنگ حالت شکننده ای دارد اما بافت اولیه در آنها حفظ شده است. وجود شکستگی ها و نیز فعالیت گسله ها در سنگ های آتشفشانی منطقه عبور محلول های هیدروترمال را که از ماگمای اعماق زمین منشأ می گیرد، آسانتر کرده و در نتیجه دگرگونی هیدروترمالی را در محدوده شکستگی ها شدیدتر می کند (شکل ۳).

دوران سنوزوئیک را باید دوران فعالیت ماگماتیسم در ایران نامید. در بسیاری از حالات بویژه فعالیت ماگمایی ائوسن-الیگوسن (فاز پیرنه) تکاپوی ماگمایی با کانی زایی همراه بوده و به همین جهت از ترشیری ایران به عنوان دوره متالوژنیک (فلز زایی) نیز یاد می شود [۷].

پتروگرافی کانی های مربوط به دگرسانی هیدروترمال

بررسی های پتروگرافی و نتایج آنالیز به روش پرتوی ایکس (XRD) نشان می دهد که کانی های پرهنیت، زئولیت، کوارتز، کلسیت، ملاکیت و آزوریت و لومونتیت درز و شکاف های متابازالت ها را پر کرده اند و بافت دیده شده در این نمونه ها از نوع دانه ای می باشد. با توجه به نمونه برداری های صحرائی و مطالعات آزمایشگاهی و میکروسکوپی می توان ترتیب تشکیل این کانی ها را بدین صورت بیان کرد: پرهنیت، ملاکیت و آزوریت، زئولیت، کوارتز، کلسیت و لومونتیت.

زئولیت های موجود در منطقه در دسته زئولیت های رشته ای قرار گرفته (شکل ۴A) و طبق نتایج حاصل از انجام آنالیز حرارتی DTG نوع آنها اسکولسیت و مزولیت می باشد. البته انجام آنالیز پراش پرتوی ایکس (XRD) بر روی این کانی ها وجود زئولیت نوع لومونتیت را هم به میزان کم نشان داده است.

طبق مطالعات میکروسکوپی کانی های پرهنیت در نمونه های منطقه به ۲ صورت دیده می شوند. یک سری دارای برجستگی و رنگ اینترفرانس ضعیف تر و یک سری دارای برجستگی و رنگ اینترفرانس قوی تر هستند که احتمالاً علت این مساله ناشی از تفاوت میزان FeO متفاوت در ترکیب آنها می باشد (شکل ۴B).

در بعضی از نمونه ها کوارتزهای ریز حاشیه ای رگه ها و حفرات در کنار کوارتزهای درشت داخل رگه ها و حفرات قرار گرفته اند (شکل ۴C). علت این مساله احتمالاً به یکی از ۲ دلیل زیر است:

۱) در زمان تشکیل این کانی در داخل رگه ها و حفرات دمای سیال بالا بوده و کوارتزها رشد یافته و سپس شده اند. بعد شرایط فیزیکی تغییر کرده، حرارت کم شده و کوارتزهای ریز در حاشیه ای رگه ها و حفرات ایجاد شده اند.

۲) احتمالاً پرشدگی متقارن در رگه ها و حفرات رخ داده، یعنی لایه های مختلف در زمان های متفاوت ایجاد شده اند و حالت کنگرسیونی و بافت روکشی^۱ را ایجاد کرده اند.

طبق مشاهدات صحرائی و مطالعات میکروسکوپی می توان گفت که در منطقه مورد مطالعه کلسیت هم به صورت پر کننده حفرات (شکل ۴D) و هم به صورت رگه ای و رگچه ای دیده می شود (شکل ۴E). کلسیت پر کننده

^۱ Overgrowth texture

است و از آن به عنوان ماده‌ی تزئینی و جواهر استفاده می‌شود [۷]. سه کاربری عمده‌ی صنعتی ژئولیت‌ها عبارتند از: (۱) توانایی جذب گازها، بخارها و آبگوونها، (۲) دارا بودن خاصیت تبادل یونی و (۳) توانایی مناسب در واکنش‌های کاتالیزوری [۱۱]. ژئولیت‌های موجود در منطقه از نوع رشته‌ای بوده و شامل مزولیت و اسکولسیت می‌شوند. یکی از کاربردهای مهم ژئولیت‌ها این است که از آنها به عنوان غربال مولکولی استفاده می‌شود. بخاطر وجود یون‌های Na و Ca در مزولیت و وجود یون Ca در اسکولسیت، مزولیت غربال مولکولی مناسب تری نسبت به اسکولسیت است. زیرا یون Ca به دلیل داشتن شعاع یونی بالاتر نسبت به یون Na، سوراخ‌های تولید شده در ساختمان اسکولسیت را درشت‌تر می‌کند ولی مزولیت به دلیل داشتن Na در ساختمان‌ش سوراخ‌های کوچک تری داشته، در نتیجه غربال مولکولی مناسب تری می‌باشد [۱۲].

کانی‌های کوارتز، کلسیت، مالاکیت و آزوریت و لومونتیت مقدارشان در منطقه در حدی نیست که بتوان آنها را از لحاظ اقتصادی مهم و قابل بررسی دانست.

نتیجه‌گیری

متابازالت‌های منطقه‌ی کمال‌آباد به لحاظ داشتن عناصر با ارزشی نظیر کروم، نیکل، اسکاندیوم و مولیبدن که از دیدگاه اقتصادی دارای آنومالی می‌باشند، مقادیر نسبتاً قابل توجه طلا که در جاهایی به ppm ۰/۱۴ می‌رسد و کانی‌های مفیدی همچون پره‌نیت و ژئولیت، از نظر اقتصادی ارزش بررسی کردن را دارند.

حفرات همان کلسیتی است که در پایان و پس از تشکیل پره‌نیت، مالاکیت و آزوریت، ژئولیت و کوارتز ایجاد شده است ولی کلسیتی که به صورت رگه‌ای و رگچه‌ای است دیگر کانی‌های هیدروترمالی را قطع کرده و بعد از کلسیت پرکننده‌ی حفرات بوجود آمده است.

برای اثبات وجود مالاکیت و آزوریت (شکل ۴F) از آنالیز EDS استفاده شد.

کانه‌زایی در متابازالت‌های منطقه

در جدول ۱ نتایج آنالیز ترکیب شیمی بعضی از عناصر نادر در متابازالت‌های کمال‌آباد آورده شده است. در این جدول مقادیر این عناصر با مقادیر آن‌ها در پوسته و حد آستانه مقایسه شده است. عناصری که میزان آن‌ها در سنگ بیش از سه برابر مقدار آنها در پوسته‌ی قاره‌ای باشد (حد آستانه)، به لحاظ اقتصادی دارای آنومالی می‌باشند [۸]. بر اساس این جدول عناصر Cr، Ni، Sc، Mo و As دارای مقادیر غیرطبیعی (بالاتر از حد آستانه)، عناصر V، Co، Zn و Fe زیر حد آستانه و بالاتر از مقدار آنها در پوسته و عناصر Au، Th و U دارای مقادیری کمتر از پوسته می‌باشند. در شکل ۵ بالاترین مقدار هر کدام از این عناصر در کمال‌آباد با میانگین مقدار آنها در پوسته مقایسه شده است [۹].

با توجه به اینکه مقدار طلا در بعضی نمونه‌ها به ppm ۰/۱۴ رسیده، بنابراین بررسی دقیق‌عیار این عنصر در منطقه مهم به نظر می‌رسد. اما در مورد آهن مقادیر آن زیر حد آستانه بوده و به نظر نمی‌رسد که چندان از لحاظ اقتصادی مفید باشد.

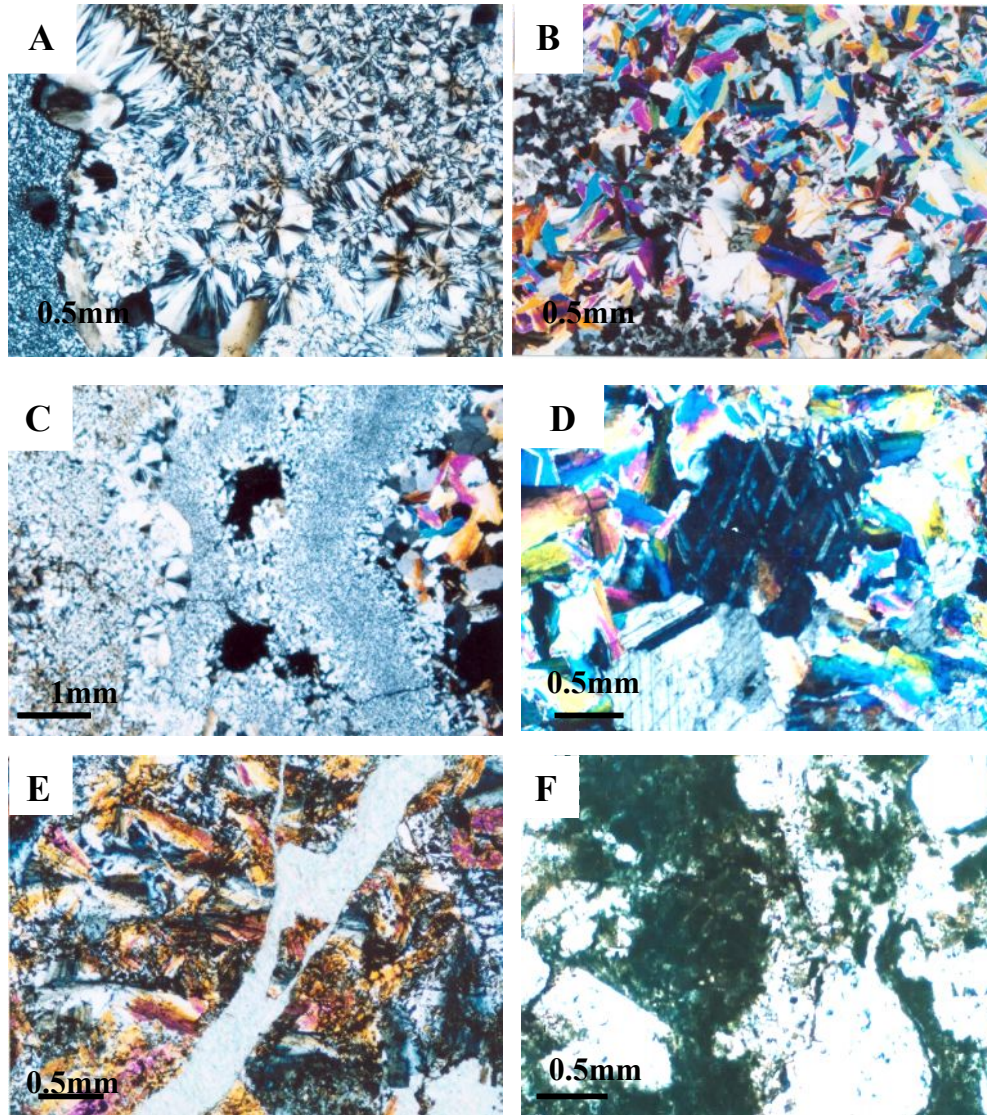
با توجه به مقادیر فراوان As در متابازالت‌های منطقه می‌توان نتیجه گرفت که این عنصر احتمالاً کمپلکس حمل‌کننده‌ی برخی عناصر در محلول‌های موثر بر سنگ‌های منطقه بوده است. همبستگی مثبت بین Au، Mo، U و Ni با As در دیاگرام‌های شکل ۶ نشان می‌دهد که این عناصر در محلول‌های کانه‌ساز هم‌زمان حمل شده‌اند.

کانی‌های صنعتی موجود در منطقه

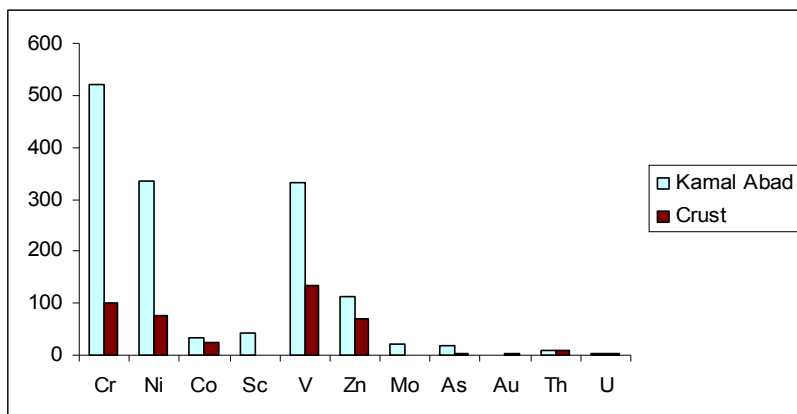
با توجه به مطالعات صحرائی، کانی‌شناسی و نتایج حاصل از آنالیز XRD می‌توان به ترتیب فراوانی کانی‌های مربوط به دگرسانی هیدروترمال موجود در درزو شکاف‌ها پی‌برد (جدول ۲). بر این اساس بالاترین درصد فراوانی مربوط به پره‌نیت و ژئولیت است. پره‌نیت یک کانی درجه‌ی ۲ قیمتی

جدول ۲- تعیین درصد فراوانی کانی های موجود در درز و شکاف های متابازالت ها

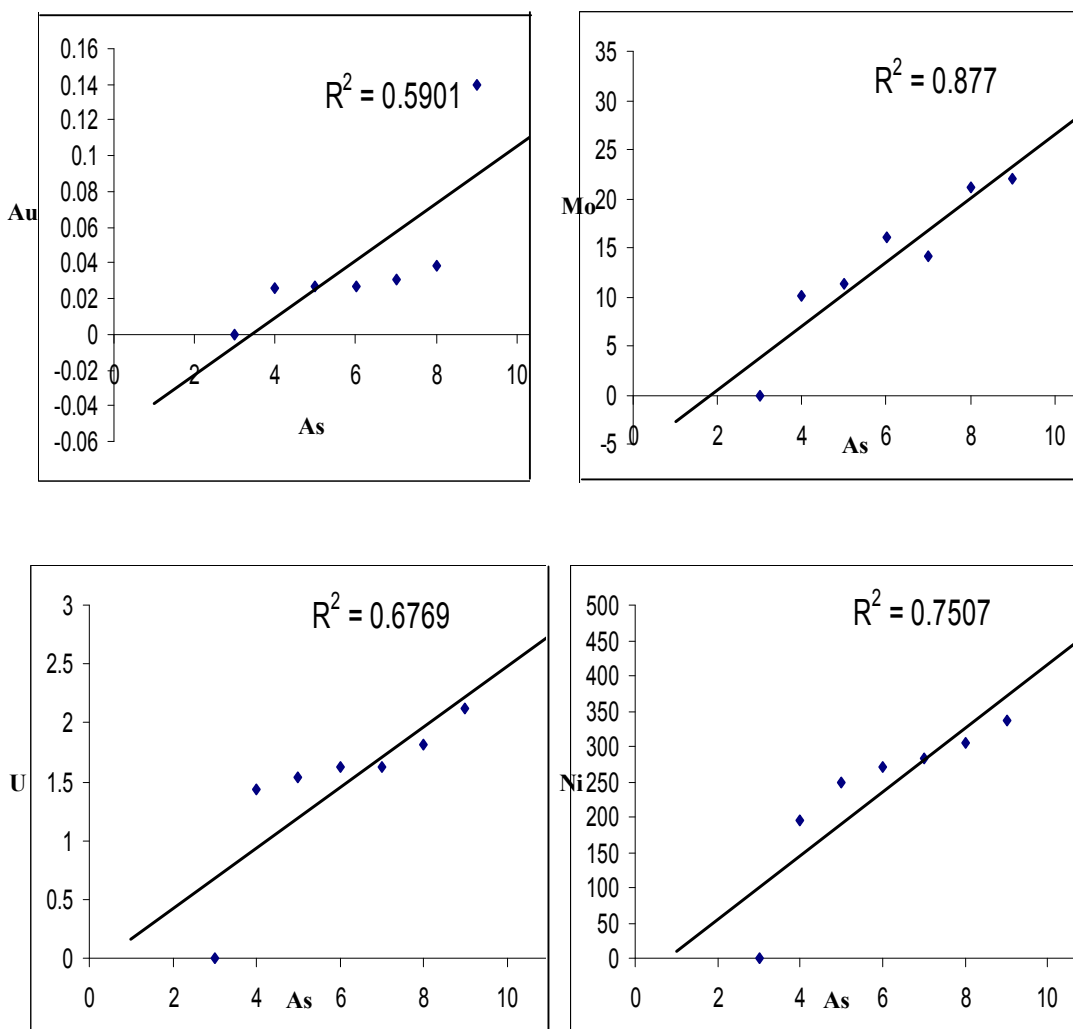
نوع کانی	پرهنیت	زئولیت	کوارتز	کلسیت	مالاکیت و آزوریت	لومونتیت
درصد فراوانی	۳۵	۲۰	۱۵	۱۲	۱۰	۸



شکل ۴- تصاویر میکروسکوپی مربوط به کانی های پر کننده ی درز و شکاف های متابازیت ها، (A) زئولیت های شعاعی (XPL)، (B) کانی های پرهنیت با ماکل پاپیونی (XPL)، (C) قرار گرفتن دو نوع کوارتز ریز و درشت در کنار هم (XPL)، (D) کلسیت شکل دار با دو رخ کاملاً مشخص و متقاطع (XPL)، (E) کلسیت رگه ای (XPL) و (F) بلورهای بی شکل مالاکیت و آزوریت که به صورت هیدروترمالی تشکیل شده اند (PPL).



شکل ۵- نمایش بالاترین غلظت برخی عناصر (ppm) در کمال آباد و مقایسه ی آنها با مقادیر موجود در پوسته



شکل ۶- نمایش هم بستگی مثبت بین Au, Mo, U, Ni و As با یکا های محور ها (ppm)

منابع

- [۱] درویش زاده، ع (۱۳۸۲) زمین شناسی ایران، انتشارات امیرکبیر، چاپ سوم، ۹۰۱ ص.
- [۲] جوانمردی، م (۱۳۸۶) مطالعه‌ی دگرگونی درجه بسیار پایین سنگ های ولکانیک شمال شرق کوهپایه (استان اصفهان)، پایان نامه‌ی کارشناسی ارشد، گروه زمین شناسی، دانشگاه اصفهان، ۱۲۰ ص.
- [۳] امینی، ب. و امینی چهرق، م ر (۱۳۸۰) نقشه‌ی زمین شناسی ۱/۱۰۰،۰۰۰ کچان.
- [4] Iwao, S. & Hushmandzadeh, A (1971) Stratigraphy and Petrology de the Low-grade regionally metamorphosed rocks of the Eocene Formation in The Alborz range, north of Tehran, Iran: J. Japan Ass. Min. Petr. Econ. Geol, v. 65, No. 6, p. 265-285.
- [۵] عمیدی، و امامی، م. ه (۱۳۶۱) بررسی دگرگونی حرارتی در رخساره‌ی ژئولیت و شبست سبز موجود در سنگ‌های آذرین ترسیب و جایگزینی ژئودینامیکی آن، سازمان زمین شناسی، صفحه ۷۸-۹۱
- [6] Frey, M (1987) Low temperature metamorphism, M. Frey, ed., Blackie, Glasgow and London, Published in the USA by Chapman and Hall New York, 351 p.
- [۷] آقابیاتی، ع (۱۳۸۳) زمین شناسی ایران، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۸۶ ص.
- [۸] شهاب پور، ج (۱۳۸۲) زمین شناسی اقتصادی، انتشارات دانشگاه شهید باهنر کرمان، چاپ دوم، ۵۴۴ ص.
- [9] Taylor, S. R. (1964) Abundance of chemical elements in the continental crust: a new table, *Geochemica et cosmochemica Acta*, 28, 1273-1285.
- [۱۰] کریم پور، م ح (۱۳۷۴) زمین شناسی اقتصادی کاربردی، چاپ دوم، انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۴۰۴ ص.
- [۱۱] کاظمیان، ح (۱۳۸۳) مقدمه‌ی بر ژئولیت ها، کانی های سحرآمیز، انتشارات سازمان انرژی اتمی ایران، ۱۲۶ ص.
- [12] Gottardi, G., and Galli, E. (1985) *Natural zeolites*, Springer-Verlag, Berlin, Germany, 711 p.