

## بررسی ژئوشیمیایی کانه‌زایی رگه‌ای تنگستن - مس در جنوب باختری شازند

نوشته: مریم عبدی<sup>۱</sup>، مجید قادری<sup>۲\*</sup>، نعمت‌اله رشیدنژاد عمران<sup>۱</sup> و علی نجفی<sup>۲</sup>

<sup>۱</sup> گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران  
<sup>۲</sup> پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۰۴/۲۴ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۷/۰۵/۱۲

### چکیده

در جنوب باختری شازند، دو مورد کانه‌زایی رگه‌ای تنگستن - مس در محدوده‌های نظام آباد و ده‌حسین مشخص شده است. رگه‌های گرمایی کوارتز - تورمالین کانه‌دار، سنگ‌های میزبان متفاوتی (گرانیت - بیوتیتی و ماسه سنگ کم دگرگونه) دارند. با توجه به شباهت فلزات کانه‌ساز (تنگستن - مس - قلع - سرب - روی) در دو محدوده ده‌حسین و نظام آباد، یکسان بودن کانی‌شناسی رگه‌ها (کوارتز - تورمالین نوع دراویت) و شباهت الگوی تغییرات RBE در این دو محدوده، می‌توان نتیجه گرفت که رگه‌های کانه‌دار ده‌حسین و نظام آباد، یک منشأ دارند؛ یعنی هنگامی که فاز سیال حاوی بور در منطقه فعال بوده است، موجب کانه‌سازی نوع رگه‌های کوارتز - تورمالین‌دار در منطقه شده است. همچنین با توجه به بی‌بار بودن توده‌های نفوذی موجود در منطقه و دیگر شواهد کانی‌شناسی - ژئوشیمیایی به دست آمده در این پژوهش، می‌توان نتیجه گرفت که تنگستن و دیگر عناصر فلزی در رگه‌های کانه‌دار نظام آباد و ده‌حسین، منشأ رسوبی / دگرگونه دارند.

**کلیدواژه‌ها:** تنگستن، مس، رگه‌ای، کانی‌شناسی، ژئوشیمیایی، منشأ، نظام آباد، ده‌حسین، شازند.

\* نویسنده مسئول: مجید قادری

### ۱- مقدمه

انواع مختلفی از کانه‌زایی تنگستن و فلزات پایه در ایران گزارش شده‌اند. یکی از آنها، نوع رگه‌ای است که با سنگ میزبان‌های متفاوت (توده نفوذی و سنگ دگرگونی)، همراه است. از کانسارهای تنگستن رگه‌ای با سنگ میزبان نفوذی می‌توان مناطقی نظیر نظام آباد اراک (فرهادیان، ۱۳۷۰)، ناحیه جنوب مشهد (Ziegler et al., 1973) و اشویه ارومیه (بهنیا و باباخانی، ۱۳۸۰) را نام برد. سن بیشتر این توده‌های گرانیتی، ژوراسیک پایانی یا پیش از کرتاسه است. کانه‌زایی تنگستن در رگه‌های با میزبان سنگ دگرگونی نیز از دیگر کانه‌زایی‌های نوع رگه‌ای است که کانسارهای خونی (شمال یزد)، تاریک دره (تربت جام) و ده‌حسین (جنوب باختری شازند اراک) در این گروه جای دارند. سنگ میزبان این کانسارها بیشتر سنگ‌های دگرگونی مزوزوئیک (تاریک دره و ده‌حسین) و گاه پالئوزوئیک (موته) و در بعضی موارد، پروتروزوئیک (خونی) است (بهنیا و باباخانی، ۱۳۸۰). در مناطق نظام آباد و ده‌حسین، کانه‌زایی تنگستن (+قلع + مس + روی + سرب + طلا) به همراه رگه‌های کوارتز - تورمالین روی داده است که به ترتیب در سنگ میزبان‌های مختلف گرانیتوئیدی و ماسه سنگ دگرگونه روی داده‌اند. مطالعات انجام شده پیشین در جنوب باختری شازند اراک (Bazin and Hubner, 1969) سهندی و همکاران، ۱۳۶۳؛ رادفر، ۱۳۶۶؛ کریمی بافقی و خونی، ۱۳۶۵؛ فرهادیان، ۱۳۷۰؛ حاج زینعلی، ۱۳۷۰؛ کوثری، ۱۳۷۲؛ شمعیان اصفهانی، ۱۳۷۳؛ Masoudi, 1997؛ جهانگیری، ۱۳۷۸؛ مؤمن زاده و اجاقی، ۱۳۸۰؛ اجاقی، ۱۳۸۰؛ Momenzadeh et al., 2002؛ Masoudi et al., 2002؛ فردین دوست، ۱۳۸۲؛ قادری و همکاران، ۱۳۸۴؛ سهندی و همکاران، ۱۳۸۵؛ Nezafti, 2006) یافته‌های متنوعی را در خصوص کانی‌سازی‌های منطقه فراهم نموده است. در مطالعاتی که به تازگی در جنوب باختری شازند اراک (عبدی، ۱۳۸۶) صورت گرفته است، کانه‌زایی‌های رگه‌ای ده‌حسین و نظام آباد، از نگاهی جدید مورد توجه و بررسی قرار گرفته است. در این پژوهش سعی بر آن است تا شواهد موجود درباره نحوه ارتباط این کانه‌زایی‌ها با توده‌های نفوذی موجود در منطقه، جمع آوری و بررسی شوند. راه ارتباطی اصلی برای دسترسی به محدوده نظام آباد از طریق جاده آسفالت اراک به شازند و سپس به سمت جنوب خاوری تا آبادی کهنه حصار است. روستای نظام آباد در جنوب خاوری آبادی کهنه حصار قرار دارد و دسترسی به آن از راه جاده

خاکی امکان پذیر است. کانسار ده‌حسین در فاصله هوایی ۵۸ کیلومتری شهر اراک واقع است. راه دسترسی به منطقه از طریق جاده آسفالت اراک - آستانه - روستای ده آقا و جنوب خاوری روستای چال‌هما است.

### ۲- زمین‌شناسی

منطقه مورد مطالعه در شمال باختری حوضه رسوبی - ساختاری سندج - سیرجان، در زیر بهنه با دگرشکلی پیچیده (Mohajjel et al., 2003) قرار دارد. بیشترین حجم سنگ‌های رخنمون یافته در منطقه مربوط به سریست - کلریت شیت متعلق به ژوراسیک زیرین است که قدیمی‌ترین واحدهای سنگی منطقه را تشکیل داده و در حقیقت دنباله شیت‌های همدان هستند (شکل ۱). این واحد توسط شیل و ماسه سنگ کم و بیش فیلیتی یا ماسه سنگ دگرگونه ژوراسیک میانی با یک ناپوستگی پوشیده می‌شود (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵). ماسه سنگ‌های دگرگونه (شکل ۲) سنگ میزبان رگه‌های کوارتز - تورمالین کانه‌دار در منطقه ده‌حسین هستند که در مرکز منطقه کانی‌سازی ده‌حسین بروز دارند (عبدی، ۱۳۸۶). در محدوده کانی‌سازی ده‌حسین، پهنه‌های گوسانی (اکسید آهنی) کانه‌دار نیز مشاهده می‌شود (شکل ۳). دو توده نفوذی، در دو بخش شمال خاوری و جنوب باختری منطقه، رخنمون دارند. البته واحد gn که در ظاهر، یک گنایس چشمی (augen gneiss) است، کهن‌ترین توده نفوذی از مجموعه سنگ‌های آذرین گرانیتی دگرگون شده است (که در بخش جنوبی منطقه مورد مطالعه رخنمون دارد) که در حد فاصل زمانی بین لیاس و کرتاسه پیشین در داخل سنگ نهشته‌های دگرگونی ژوراسیک زیرین نفوذ کرده است. این توده گنایس چشمی، با توجه به میزان فلدسپارهای قلیایی آن (ارتوز، میکروکلین و پرتیت) و میزان کم فلدسپار سدیم (آلیت)، در اصل گرانیت قلیایی با بافت خردشده (cataclastic texture) و میلونیتی شده (mylonitized) است که به گنایس گرانیتی میلونیتی شده (mylonitic granite gneiss) تغییر یافته است (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵). در جنوب باختری منطقه، توده نفوذی مرکی به نام نظام آباد قرار گرفته که شامل واحد گرانیتوئیدی (gt)، با ترکیب گرانیت کلسیمی - قلیایی تا گرانودوریتی است. واحد گرانیتوئیدی (gt)، عضو گرانیت - گرانودوریتی را

سریست، فلدسپار پتاسیک، پلاژیوکلاز، کلریت و کانی‌های کدر تشکیل شده‌اند. در اثر هجوم سیال‌ها، رگه‌های ثانویه اکسید آهن، سنگ را قطع می‌نمایند و سنگ‌ها دگرسانی کلریت و آرزلیک را متحمل شده‌اند (شکل ۱۱).

### ۳-۴. توده‌های نفوذی منطقه

همانطور که اشاره شد در دو بخش شمال‌خاوری و جنوب‌باختری منطقه، دو توده نفوذی وجود دارد. سنگ‌شناسی توده‌ها، انواع مونزوگرانیت آمفیبول‌دار بیوتیتی، گرانیت‌قلیایی، پگماتیت گرانیت و مونزوگرانیت پورفیری را نشان می‌دهد که بیشتر دگرسانی‌های سریستی، آرزلیکی (کانولیتی)، بیوتیتی، تورمالینی و کلریتی را تحمل نموده‌اند. در نمونه‌های مطالعه شده در توده جنوب‌باختری (نظام‌آباد)، پدیده بیوتیتی شدن (پتاسیک) رخ داده است بدین صورت که کانی اولیه مافیک (آمفیبول) سنگ، توسط بیوتیت‌ها قطع شده است (شکل ۱۲). این امر نشانگر آن است که متاسوماتیسم پتاسیک که بیوتیت را به وجود آورده، پس از تشکیل کانی مافیک سنگ بوده است. همچنین کانی تورمالین قهوه‌ای رنگ (شورل) در سنگ مشاهده می‌شود که بیوتیت‌ها را قطع نموده است (شکل ۱۳). در گرانیت پگماتوئیدی تورمالین‌دار نظام‌آباد، کانی‌های کوارتز، پلاژیوکلاز (آلبیت)، فلدسپار پتاسیک (ارتوز و میکروکلین)، تورمالین (شورل) و مسکوویت حضور دارند. کانی تورمالین در این واحد دارای منطقه بندی (zoning) است (شکل ۱۴). بدین نحو که بخش میانی این کانی سبز روشن و اطراف آن سبز زیتونی (قهوه‌ای) است. با توجه به رنگ سبز-قهوه‌ای و نتایج تجزیه XRD این نمونه، تورمالین از نوع شورل است. در نمونه‌های مطالعه شده (گرانیت‌قلیایی با بافت گرافیکی) در توده شمال‌خاوری (آستانه)، پدیده بیوتیتی شدن بسیار کمتر است و بافت گرانوفیری شاخص می‌باشد (شکل ۱۵).

### ۴- گانه‌زایی

منطقه نظام‌آباد دارای سابقه کار شدادی است. حفاری‌های قدیمی به شکل گودی‌های مخروطی هستند، که قطری در حدود ۵۰ متر و ژرفایی برابر ۱۰ متر، و روند عمومی خاوری-باختری دارند (Nezafati, 2006). به نظر می‌رسد در دوره شدادی، این حفاری‌ها برای استحصال مس (و قلع) صورت گرفته است. کار اکتشاف و استخراج در دوره‌های اخیر، به منظور استخراج مواد اولیه تنگستن انجام شده است (شکل ۱۶). در منطقه ده‌حسین، معدن کاری قدیمی (به طور عمده برای مس و قلع) فراوان (بیش از ۷۵ مورد) صورت گرفته است که به شکل فرورفتگی‌های بیضوی بزرگ، در ردیف‌هایی در طول افق‌های کانی‌سازی شده و در منطقه‌ای به مساحت  $۴/۵ \times ۶$  کیلومتر مربع می‌باشد. کنده‌کاری‌های یاد شده در حدود ۵۰ تا ۷۰ متر قطر و تا ۱۵ متر ژرفا دارند، که گاه تا ۵۰۰ متر، در کنار یکدیگر، ردیف شده‌اند (شکل ۱۷).

### - محدوده ده‌حسین

در منطقه ده‌حسین، گزارش‌هایی مبنی بر وجود کانه‌زایی رگه‌ای تنگستن، مس، طلا، سرب و روی با میزان ماسه‌سنگی وجود دارد (مؤمن‌زاده و اجاقی، ۱۳۸۰؛ Nezafati, 2006). گسل‌ها و درزه‌های کانه‌دار روند عمومی شمال‌باختری و شمال‌خاوری دارند. کانی‌سازی به طور عمده به صورت رگه-رگچه‌های کوارتز، کوارتز-سولفیدی و کوارتز-گوسانی با شیب قائم رخ داده که گاهی به شکل صفحات موازی است (شکل ۱۸). رگه‌ها گاهی تا ۱/۵ متر پهنا و چندین ده متر درازا دارند. کانی‌سازی همچنین به صورت افشان و آغشتگی، بویژه در حاشیه رگه‌ها مشاهده می‌شود. دگرسانی اصلی در درون و مجاورت بخش‌های کانی‌سازی شده، شامل سیلیسی، سریستی، تورمالینی و دگرسانی موناژی می‌باشد (Nezafati, 2006).

تشکیل می‌دهد که نسبت به عضو Bt، به نسبت اسیدی‌تر و از سطح برونزد ناچیزی برخوردار است. این عضو گرانیتی، دارای زئولیت‌هایی از سنگ‌های دگرگونی در اندازه‌های گوناگون است (شکل ۴). در محل شکستگی‌های این توده گرانیتی، رگه‌های کوارتز-تورمالین کانه‌دار تزریق شده‌اند. دایک‌ها و گرانیت پگماتیته (Pg) در حاشیه شمال‌خاوری این توده مشاهده می‌شود (شکل ۵). در حاشیه این توده و در اثر نفوذ آن در سریست-کلریت شیت‌های ژوراسیک زیرین، یک واحد شیت‌لکه‌ای (spisch) و هورنفلس کوردیریت، آندالوزیت‌دار (h) تشکیل شده است (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵). توده نظام‌آباد دگرسانی مشخصی نشان نمی‌دهد. از ویژگی‌های بحث‌برانگیز این توده، شکل کشیده توده، به موازات ساختارهای زمین‌ساختی اصلی منطقه (زون سندج-سیرجان و گسل اصلی زاگرس) وجود همبری دگرگونی گسترده تنها در یک سمت (بخش شمالی-شمال‌خاوری) آن است که به صورت آندالوزیت-کوردیریت شیت و هورنفلس می‌باشد. در قسمت شمال‌خاوری منطقه، توده گرانوفیری تا دیوریتی (gd) با نام آستانه قرار دارد که در حاشیه آن، به دلیل شار گرمایی توده، در واحد سریست-کلریت-شیت، واحدهای شیت لکه‌دار (spisch) و هورنفلس کوردیریت آندالوزیت‌دار (h) تشکیل شده‌اند (شکل‌های ۶ و ۷) (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵).

### ۳- سنگ‌شناسی

#### ۳-۱. ماسه سنگ دگرگونه

ماسه سنگ‌های دگرگونه منطقه از نوع کوارتز آرنایت دگرگون شده هستند که اندازه دانه‌ها متوسط تا درشت (۰/۲۵ تا ۱ میلی‌متر) بوده و بافت کاتاکلاستیک تا گرانوبلاستیک دارند. اجزاء سنگ تشکیل شده است از بلورهای کوارتز دانه‌درشت خرد شده (subgrains) در زمینه کوارتز تبلور دوباره یافته، پلاژیوکلاز، تورمالین، آمفیبول، کانی‌های کدر (اپاک) و سریست (شکل ۸). این سنگ‌ها جهت یافتگی ضعیفی داشته و دانه‌های کوارتز در آنها خاموشی موجی نشان می‌دهند. دانه‌ها در امتداد رگه‌های کلریتی-سریستی رشد یافته‌اند. در برخی نمونه‌ها، تورمالین و آمفیبول در متن سنگ مشاهده شده و رگه‌های سیلیسی-تورمالینی متن سنگ را قطع می‌نمایند. بافت این رگه‌ها به صورت پرکننده فضای خالی است (شکل ۹). نمونه‌های دور از منطقه کانه‌زایی، تئوایی از نوارهای کوارتز آرنایت با نوارهای فیلیتی است که در آن بخش‌هایی از شیل (فیلیت)، با زمینه رسی بسیار دانه‌ریز و غیرقابل تشخیص، حضور دارد. همچنین به مقدار کم، بخش‌های کربناتی در نوار ماسه سنگی مشاهده می‌شود. این نمونه در واقع تناوب ظریفی از ماسه و شیل با بخش‌های کربناتی است که به طور خفیف دگرگون شده است.

#### ۳-۲. شیت و شیت لکه‌ای

شیت‌های منطقه دارای بافت فنوبلاستیک هستند که فنوبلاست‌ها بیشتر از آندالوزیت و کوردیریت تشکیل شده‌اند. بقیه اجزاء سنگ عبارت است از سریست، بیوتیت، کوارتز، فلدسپار پتاسیک، پلاژیوکلاز، کلسیت، کلریت، ایدود، زئولیت و دانه‌های کدر، که بیشتر دگرسانی سریستی، کلریتی و آرزلیکی را تحمل نموده‌اند. بر اثر چرخش سریست و بیوتیت (کلریتی شده)، در اطراف بلورهای آندالوزیت، فابریک S-c شکل (sigmoidal)، پدید آمده است. در مجموع سنگ‌ها جهت یابی مشخص دارند و دانه‌های آندالوزیت و کوردیریت جهت دگرگونی همبری را مشخص می‌کنند. همچنین کلریت‌های حاصل از دگرسانی کوردیریت‌ها و سریست‌های حاصل از دگرسانی آندالوزیت‌ها نیز جهت یابی مشخصی دارند (شکل ۱۰).

#### ۳-۳. هورنفلس

هورنفلس‌های منطقه بافت بسیار ریزدانه میکروکریستالوبلاستیک دارند و از کوارتز،

بافت پرکننده فضای خالی دارد (شکل ۲۰). در محدوده نظام آباد، فربریت به صورت کانی فرعی تنگستن، به همراه شلیت، مشاهده می شود که بافت پرکننده فضای خالی دارد (شکل ۲۱).

#### ۴-۵. کانه های دیگر

سایر کانه های موجود در این دو محدوده به شرح زیرند: در محدوده ده حسین دیگر کانه ها به صورت کاسیتريت (نتایج XRD در پژوهش حاضر، و Nezaferati, 2006)، پیریت، کالکوپیریت، اسفالریت، مونازیت (کانی های پیرولوسیت، مس عنصری، بیسموت عنصری، طلا، پیرویت، آرتسوپیریت و به مقدار کم گالن، توسط Nezaferati, 2006) و کانی های ثانوی مالاکیت، آزوریت، مگمیت، لیدوکروسیت و سایر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن است. کانی های گانگ شامل کوارتز و تورمالین نوع دراویت (نتایج تجزیه XRD و مطالعات میکروسکوپی) است.

در محدوده نظام آباد دیگر کانه ها به صورت کاسیتريت، پیریت، طلا (کانی های کالکوپیریت، آرتسوپیریت، پیرویت، اسفالریت، کانی های بیسموت و کالکوسیت توسط فرهادیان، ۱۳۷۰، گزارش شده است)، کوولیت و کانی های ثانوی مالاکیت، آزوریت، مگمیت، لیدوکروسیت و سایر اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن است. کانی های گانگ شامل کوارتز و تورمالین دراویت (نتایج تجزیه XRD، که در مطالعات میکروسکوپی با رنگ سبز مشخص می شود) است.

#### ۳-۵. ژئوشیمی کانی تورمالین

کانی تورمالین از جمله کانی های گانگ اصلی در رگه های کانه دار نظام آباد و ده حسین است (شکل ۲۲). کانی تورمالین به عنوان یک کلید اکتشافی در کانسارهای گوناگون مطرح است (Jingwen, 1995; Pesquera & Velasco, 1997). در شبکه تبلور تورمالین، حداقل ۱۲ عنصر فرعی و کمیاب جانشین می شوند که بر پایه تمرکز آنها، انواع مختلف تورمالین در محیط های آذرین، رسوبی و دگرگونی تشکیل می شوند (عطاپور و آفتابی، ۱۳۸۱). سه نوع اصلی تورمالین عبارتند از نوع غنی از سینیوم (Dravite)، نوع غنی از آهن (Schorl) و نوع غنی از لیتیم (Elbaite) شورل و البایت در سنگ های گرانیت و پگماتیت و دراویت در سنگ های رسوبی و دگرگونی یافت می شود (Pesquera & Smithies, 1992; Pirajno & Smithies, 1992; Bone, 1988; and Velasco, 1997; Pesquera et al., 2005; Visser et al., 1999; Williamson et al., 2000). حضور تورمالین در کانسار، بیشتر در ارتباط با متاسوماتیسم است، به صورتی که بور (B)، یا از یک منبع خارجی (مانند ماگماهای گرانیتی) به سنگ میزبان وارد می شود و یا از مواد موجود در سنگ میزبان (سنگ های رسی و رسوبات تبخیری) شسته شده و تورمالین زایی صورت می گیرد (Bone, 1988; Pirajno & Smithies, 1992). همان طور که مشاهده شد، تورمالین موجود در رگه های کانه دار نظام آباد و ده حسین، از نوع دراویت و انادیم دار (بر اساس نتایج مطالعات میکروسکوپی و تجزیه XRD:  $(\text{Na}(\text{Mg}, \text{V})_3\text{Al}(\text{BO}_3)_3\text{Si}_6\text{O}_{18}(\text{OH}))$ ) است که نشانگر یک منشأ رسوبی و یا دگرگونی برای آنها است. همچنین در مطالعات سنگ شناسی گفته شد که تورمالین موجود در گرانیت و پگماتیت نظام آباد، از نوع شورل است. بنابراین، چنانچه کانی تورمالین در رگه های کانه دار ده حسین و بویژه نظام آباد، از توده نفوذی منشأ گرفته، بایستی ترکیب شورل داشته باشد. همچنین می دانیم که انادیم یک عنصر سازگار (compatible) است و ماگماهای گرانیتی حاوی مقادیر بسیار پایینی از این عنصر هستند (Rollinson, 1993; Barnes, 1997). در مورد توده های گرانیت موجود در منطقه مورد مطالعه نیز (در حدود ۲۰ ppm) این امر صادق است (عبدی، ۱۳۸۶). در طرف مقابل، انادیم در سنگ های رسوبی

زون های کانی سازی شده بیشتر خطی و کشیده و دارای نظم می باشند که به طور عمده در سه جهت از گسترش بیشتری برخوردارند (اجاقی، ۱۳۸۰)، که این سه جهت عبارتند از:

۱- جهت شمال باختری- جنوب خاوری: که بیشتر در بخش باختری و شمال باختری محدوده دیده می شود. پاراژنز کانی ها به صورت کانی های اکسیدی آهن، مس، سرب، بخش های سیلیسی و همچنین گاهی پیریت و کالکوپیریت است. آثار مالاکیت و آزوریت در شکستگی های سنگ میزبان دیده می شود.

۲- جهت تقریباً خاوری- باختری: که بیشتر در نزدیکی ده حسین و خاور آن مشاهده می شود و پاراژنز کانی شناختی مشابه قبلی به صورت کوارتز، اکسید آهن، مالاکیت، کالکوپیریت، گالن، سرویت و یک کانی شفاف با جلای صمغی (مشکوک به اسفالریت) است.

۳- جهت شمال خاوری- جنوب باختری: به طور عمده در بخش شمالی کانی سازی های پیشین قرار دارد و حاوی کانه های سرب، مس، آهن و کوارتز می باشد. این دسته کانی سازی تقریباً عمود بر سیستم های کانی سازی پیشین است. در منطقه ده حسین، کانه ها بافت پرکننده فضای خالی دارند. کانی های گانگ شامل تورمالین و کوارتز متوسط تا ریزبلور هستند.

#### - محدوده نظام آباد

در محدوده نظام آباد، توده گرانیتوید نظام آباد- مال میر، سنگ میزبان رگه های کوارتز- تورمالین کانه دار (تنگستن- مس- قلع- روی- سرب- طلا) است که طبق نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ شازند (سهندی و همکاران، ۱۳۸۵)، عضو (gr) می باشد که دارای زئولیت هایی از سنگ های دگرگونی به اندازه های گوناگون است. رگه های کانه دار در حاشیه توده نظام آباد، این توده را در امتداد غسل ها و درزه و شکاف ها قطع می نمایند (شکل ۱۸). این شکستگی ها، بیشتر امتداد  $N 40^\circ, N 140^\circ$  و  $N 70^\circ$  شیب  $SE 40^\circ-60^\circ$  و  $SW 50^\circ$ ، ستبرایی بین ۳۰ سانتی متر تا ۲ متر و چندین متر طول دارند. در این منطقه، کانه ها بافت پرکننده فضای خالی داشته، در ضمن هم کانی های گانگ و هم کانه شلیت، درشت بلور هستند.

#### ۵- کانی شناسی

کانه زایی در محدوده های نظام آباد و ده حسین، به شکل رگه ای است که بافت پرکننده فضای خالی دارد. در این محدوده ها، سیالات کانه دار از طریق شکستگی ها و غسل ها، درون سنگ میزبان نفوذ کرده اند و کانی های کوارتز و تورمالین، به همراه کانه های تنگستن و قلع، کانه های مولفیدی و اکسیدهای آهن، فضای رگه ها را پر نموده اند.

#### ۵-۱. کانه های تنگستن

##### - شلیت (CaWO<sub>4</sub>)

در رگه های کانه دار نظام آباد، بلورهای بسیار درشت تا ریز شلیت مشاهده می شود. شلیت در اینجا بافت پرکننده فضای خالی را نشان می دهد و به فرم بی شکل تا خود شکل مشاهده می شود (شکل ۱۹). در این مطالعه در محدوده ده حسین، کانه شلیت مشاهده نشد.

##### - فربریت (FeWO<sub>4</sub>)

کانی فربریت، یکی از عضوهای انتهایی کریستال مخلوط (mix-crystal) و لفرایت است که در مناطق فقیر از منگنز (و کلسیم) تشکیل می شود. این کانی در محدوده های ده حسین و نظام آباد مشاهده شد. این کانی به صورت نیمه شکل دار و بی شکل و در اندازه های مختلف دانه ریز تا متوسط مشاهده می شود. در محدوده ده حسین، این کانی در رگه های کوارتز-تورمالین دار، کانه اصلی تنگستن را تشکیل می دهد و

نسبت به حد کلارک آن، ۱۰/۶ برابر غنی‌شدگی نشان می‌دهد. بررسی‌های ژئوشیمیایی، بر غنی‌شدگی شدید واحدهای سنگی منطقه از عناصر کانساز حکایت دارد. مقدار متوسط W، در ماسه‌سنگ‌ها ۲-۱/۵ ppm، در سنگ‌های کربناته ۱/۵ ppm و در آتشفشانی‌های اسیدی ۱/۵ ppm گزارش شده است (Mason and Moore, 1982). در حالی که در منطقه مورد مطالعه، متوسط مقدار تنگستن در ماسه‌سنگ‌ها ۳۲/۵ ppm، سنگ‌های کربناته ۲۰/۳ ppm و در آتشفشانی‌های اسیدی ۴۵/۸ ppm است. این بدان معناست که مقدار تنگستن در واحدهای سنگی منطقه، نسبت به سنگ‌های مشابه در سایر نقاط جهان بسیار بالاست (۲۰ برابر غنی‌تر بودن در ماسه‌سنگ‌ها، ۴۰ برابر غنی‌تر بودن در سنگ‌های کربناته و ۳۰ برابر غنی‌تر بودن در آتشفشانی‌های اسیدی). همین موارد برای سرب، روی، مس و قلع نیز صادق است (عبدی، ۱۳۸۶). محتوای سرب و روی ماسه‌سنگ منطقه، به ترتیب برابر ۳۹ و ۴۸ گرم در تن اندازه‌گیری شده است؛ این در حالی است که میانگین سرب در ماسه‌سنگ‌ها ۷ ppm و روی ۱۵ ppm می‌باشد. غنی‌شدگی تمام سنگ‌های آتشفشانی-رسوبی منطقه، از عناصری نظیر تنگستن، مس، روی، قلع و طلا نشانه آن است که سنگ‌های منطقه تحت اثر یک عامل، از عناصر یاد شده غنی‌تر از حد متعارف هستند. بدین صورت که فعالیت آتشفشانی زیردریایی و تصاعد پروندم‌ها در حین رسوبگذاری، موجب بالا بودن زمینه عناصر فلزی در زمان تشکیل سنگ‌های رسوبی و آتشفشانی شده است. ماسه‌سنگ میزبان این رگه‌ها، در مناطق دور از کانه‌زایی، فاقد کانی تورمالین است و تورمالین (و به احتمال سیلیس و عناصر فلزی) همراه با یک سیال گرمایی بردار، در داخل این شکستگی‌ها، وارد شده است. در این محدوده زون‌های گوسان اکتید آهنی نیز مشاهده می‌شود.

#### ۶-۱. تعیین سری ماگمایی

به منظور تعیین و تشخیص سری‌های ماگمایی، از ترکیب شیمیایی سنگ‌های آذرین کمک گرفته می‌شود. سری نیمه قلیایی از قلیایی، توسط نمودار  $K_2O+Na_2O/SiO_2$  Irvine and Baragar (1971) قابل تفکیک است. طبق نمودار ۱، سنگ‌های ماگمایی منطقه، در محدوده نیمه قلیایی قرار می‌گیرند. بر اساس نمودارهای AFM و  $FeO/FeO+MgO$  در مقابل  $SiO_2$  سری نیمه قلیایی، به دو رده تولیتی و کلسیمی - قلیایی تفکیک می‌شود. طبق نمودار ۲ و ۳ سنگ‌های منطقه، در محدوده کلسیمی - قلیایی واقع شده‌اند. طبق نظر مین‌وزیری (۱۳۷۱) و کریم‌پور (۱۳۷۷)، سری‌های کلسیمی - قلیایی، مخصوص مناطق در حال فرورانش می‌باشند. سری تولیتی هم در مناطق سازنده (اقیانوس، قاره و حوضه‌های حاشیه‌ای فعال) و هم در داخل صفحات (اقیانوسی و قاره‌ای) و گاهی در مناطق فرورانش نیز یافت می‌شود. سری قلیایی مخصوص داخل صفحات قاره‌ای و اقیانوسی است (مین‌وزیری، ۱۳۷۱؛ کریم‌پور، ۱۳۷۷).

#### ۶-۲. طبقه‌بندی ژنتیکی توده گرانیتوئید نظام آباد

توده گرانیتوئیدی نظام آباد، توده نفوذی اصلی در منطقه است که مطالعات فراوانی در گذشته در ارتباط با ماهیت ژئوشیمیایی آن انجام شده است (فرهادیان، ۱۳۷۰؛ شمعانیان، ۱۳۷۳؛ کوثری، ۱۳۷۲؛ Masoudi et al., 2002؛ Masoudi, 1997؛ فردین‌دوست، ۱۳۸۲ و Nezaefati, 2006). در یک جمع‌بندی طبق مطالعات پیشین، شواهدی از هر دو نوع گرانیت S و I در منطقه دیده شده است. نتایج به دست آمده و شواهد حاصل شده در این پژوهش، مبنی بر تأیید وجود شواهدی از هر دو نوع S و I در این منطقه می‌باشد. اندیس مولار  $(Al_2O_3/(Na_2O+K_2O-CaO))$  برابر ۱/۹ بوده و ترکیب فوق آلومینیم (peraluminous) نوع S را برای توده نظام آباد، پیشنهاد

و دگرگونه تمرکز می‌یابد (عبدی، ۱۳۸۶). در منطقه جنوب باختری شازند، مشاهده می‌شود که شماری از افق‌های کانه‌دار رسوبی-آتشفشانی (بامسر، ازنا و بووکی)، از تمرکز بالایی (در حدود ۱۹۰-۱۶۰ ppm) از این عنصر برخوردارند (عبدی، ۱۳۸۶)، که این خود دلیل دیگری بر رسوبی/دگرگونه بودن تورمالین (دراویت و انادیم‌دار) در رگه‌های کانه‌دار نظام آباد و ده‌حسین می‌باشد. با توجه به این شواهد، به نظر می‌رسد که این رگه‌ها، حداقل در ارتباط با منشأ سیالات بردار، با یکدیگر همخوان و رسوبی/دگرگونه می‌باشند.

#### ۶-۳ ژئوشیمی

به منظور بررسی و ثبت تغییرات عناصر اصلی، فرعی و کمیاب واحدهای مختلف سنگی، پس از مطالعه مقاطع میکروسکوپی، تعداد ۴۵ نمونه، خردایش و نرمایش گردید. طی مراحل آماده‌سازی نمونه‌ها سعی شد از هرگونه آلودگی جلوگیری به عمل آید. به همین منظور، کلیه نمونه‌ها توسط سنگ‌شکن آگاتی خرد و در پوشش پلاستیکی قرار گرفتند و برای تجزیه به آزمایشگاه XRF دانشگاه تربیت مدرس فرستاده شدند. ۱۰ نمونه نیز برای تجزیه ICP-MS به آزمایشگاه ALS-Chemex واقع در ونکوور کانادا ارسال شد. همچنین به منظور تأیید مطالعات نمونه‌دستی و میکروسکوپی تعداد ۱۳ نمونه، برای تجزیه XRD در دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. نتایج تجزیه‌های ژئوشیمیایی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در نرم افزارهای مختلف مورد تجزیه و تحلیل آماری زمین شناسی قرار گرفت (عبدی، ۱۳۸۶) که بخشی از این بررسی‌ها در ادامه تشریح شده است.

در بررسی ژئوشیمیایی منطقه مورد مطالعه و نمونه‌های مدنظر در این تحقیق و مقایسه مقادیر کلارک عناصر فلزی ارزشمند چون تنگستن، قلع، مس، سرب و روی در سنگ‌های مختلف پومته زمین با مقادیر تجزیه شده برای هر واحد مشخص، نتایج زیر به دست آمد (جدول ۱):

- در سنگ‌های رسوبی و دگرگونه غیر کانه‌دار با سن تریاس و ژوراسیک در مناطق کانی‌سازی نشده (مانند قلعه خلیفه)، مقادیر عناصر فلزی قلع، مس، سرب و روی، نسبت به کلارک این عناصر در این نوع سنگ‌ها، افزایشی در حدود ۲ برابر نشان می‌دهند. در ارتباط با عنصر تنگستن، گاه این افزایش به ۲۰ برابر نیز می‌رسد که نشانگر حد ناحیه‌ای بالاتر از کلارک سنگ‌های تریاس-ژوراسیک در این ناحیه، از عناصر فلزی مذکور، بویژه تنگستن می‌باشد.

- در توده‌های آذرین موجود، مشاهده می‌شود که مقادیر عناصر فلزی قلع، مس، سرب و روی، نسبت به کلارک این عناصر در این نوع سنگ‌ها، افزایش بسیار کمی (نسبت به حد ناحیه‌ای) نشان می‌دهند (توده‌های گرانیتوئید نظام آباد و ده‌حسین آستانه در جدول ۱) و حتی بر خلاف انتظار، گاهی میزان آنها از حد کلارک نیز کمتر است (پگماتیت نظام آباد در جدول ۱).

توده‌های گرانیتوئید، شیره‌های اسیدی و پگماتیت‌های محدوده، برای کانی‌سازی و یابی‌هنجاری تنگستن بررسی شده‌اند. اما نتایج این بررسی، همچنان که در جدول ۱ مشاهده می‌شود، نشانگر فقدان کانی‌سازی و یابی‌هنجاری قابل توجه و ارزشمند در این توده‌ها و وابسته‌های آنهاست. همچنین در هورنفلس حاشیه توده آستانه و شیست لکه‌ای حاشیه توده نظام آباد، چنانچه توده بردار باشد، باید همبری متاسوماتیسم با کانی‌ها و بی‌هنجاری‌های خاص این زون مشاهده شود، اما توده تنها تأثیر گرمایی داشته است و بی‌هنجاری خاصی (با توجه به حد ناحیه‌ای) مشاهده نمی‌شود.

در مسافتی دور از پهنه کانی‌سازی، در منطقه ده‌حسین، از ماسه‌سنگ میزبان رگه‌های کانه‌دار، نمونه‌هایی برداشته شد. میزان تنگستن در این سنگ

### ۶-۵. بررسی تغییرات عناصر خاکی کمیاب

عناصر خاکی نادر از جمله مفیدترین عناصر کمیاب بوده و مطالعه آنها، کاربرد مهمی در سنگ‌شناسی آذرین، رسوبی و دگرگونی دارد. این عناصر، جزو عناصر با کمترین قابلیت انحلال بوده و در طول فرایندهای هوازدگی، دگرگونی درجه پایین و دگرسانی گرمایی، به نسبت غیرمتحرک هستند (Rollinson, 1993). بدین جهت، این عناصر، به علت تحرک بسیار کم در محیط‌های زمین‌شناسی، کاربرد فراوانی در تعیین منشأ کانسارها در محیط‌های دگرگونی (قبل از ذوب بخشی) یافته‌اند. به‌طور کلی، رفتار ژئوشیمیایی عناصر خاکی کمیاب در محیط‌های دگرگونی، تحت تأثیر فرایندهایی از قبیل واکنش سیال-سنگ، نهشت سیال، جذب، تجزیه، تغییرات دما، فشار، Eh و pH، قلیائینگی (آلکالینته) و تمرکز سیال می‌باشد. (Lottemoser, 1992) داده‌ها بر حسب کندریت Cl (Sun and McDonough, 1989) به‌نچهار شد (عبیدی، ۱۳۸۶). در ادامه برای تعبیر و تفسیر رفتار عناصر خاکی کمیاب در نمونه‌های مختلف، مقادیر  $(Pr/Yb)_{cn}$ ،  $Ce/Ce^*$ ،  $Eu/Eu^*$  و  $REE/Ce$  به دست آمد و برای محاسبه  $(Pr/Yb)_{cr}$  و  $Ce/Ce^*$ ،  $Eu/Eu^*$  از فرمول‌های زیر (Kato, 1999) استفاده شد:

$$Ce/Ce^* = 2 (Ce/Ce_{cr}) / (La/La_{cr}) + (Pr/Pr_{cr})$$

$$Eu/Eu^* = 2 (Eu/Eu_{cr}) / (Sm/Sm_{cr}) + (Ga/Ga_{cr})$$

$$(Pr/Yb)_{cr} = (Pr/Pr_{cr}) / (Yb/Yb_{cr})$$

در ادامه به شرح الگوی عناصر خاکی کمیاب در واحدهای سنگی منطقه می‌پردازیم.

**الگوی عناصر خاکی کمیاب در افق کانه‌دار (ماسه‌سنگ دگرگونی) محدوده ده‌حسین و گرانیب آستانه:** همانطور که در نمودار ۱۰ مشخص است، الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب در افق کانه‌دار ده‌حسین دارای شیب کم و ضریب تفریق  $Ce/Yb$  به نسبت پایین برابر با ۲۱/۶ و  $\Sigma REE$  بالا برابر با ۱۲۱/۸۲ گرم در تن، همچنین بی‌هنجاری منفی بسیار کم Eu می‌باشد. الگوی تغییرات عناصر در گرانیب آستانه نیز، دارای شیب بسیار کم و ضریب تفریق  $Ce/Yb$  بسیار پایین برابر با ۶/۴ است که دارای بی‌هنجاری منفی و شدید Eu نیز هست. نکته قابل توجه در روند تغییرات الگوی HREE است که تغییرات در واحد کانه‌دار ده‌حسین دارای شیب منفی بسیار کم ولی در گرانیب آستانه این تغییرات با یک شیب کم مثبت همراه است. این عدم هماهنگی روند تغییرات عناصر خاکی کمیاب می‌تواند نشانه‌ای باشد مبنی بر این که منشأ این عناصر در واحد کانه‌دار ده‌حسین با گرانیب آستانه متفاوت است.

**الگوی عناصر خاکی کمیاب در محدوده نظام‌آباد:** همانطور که در نمودار ۱۱ مشخص است، الگوی تغییرات REE در رگه کانه‌دار نظام‌آباد، دارای شیبی کم و ضریب تفریق  $Ce/Yb$  به نسبت پایین برابر با ۲۸/۹ است.  $\Sigma REE$  در رگه کانه‌دار به نسبت بالا برابر با ۱۰۲/۳۸ گرم بر تن و دارای بی‌هنجاری منفی Eu نیز می‌باشد. اما الگوی تغییرات در دو نمونه مربوط به فاز اسیدی و پگماتیت نظام‌آباد با تفاوتی فاحش دارای  $\Sigma REE$  به نسبت پایین به ترتیب ۱۶/۵ و ۲۳/۱ گرم بر تن است؛ ضمن این که پگماتیت نظام‌آباد دارای بی‌هنجاری مثبت Eu (ناشی از تبلور فلدسپارها و تورمالین نوع سدیم و پتاسیم) است. نکته قابل توجه دیگر که دلیلی بر اختلاف الگوی عناصر خاکی کمیاب در رگه‌ها با توده نظام‌آباد و پگماتیت‌های فاز نهایی است، شیب منفی HREE در رگه نظام‌آباد و شیب مثبت آن در نمونه‌های توده نظام‌آباد می‌باشد. با توجه به اختلاف در روند تغییرات عناصر خاکی کمیاب در رگه نظام‌آباد با توده نفوذی، می‌توان بی‌برد که منشأ عناصر در این نمونه‌ها یکسان نیست. با توجه به بررسی روند الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب در منطقه مورد

می‌کند. اما مطالعات سنگ‌شناسی (هورنبلند فراوان، حضور اسفن، فقدان کانی‌های دگرگونی)، مین شواهدی از هر دو نوع S و I می‌باشد (عبیدی، ۱۳۸۶).

به منظور تعیین نوع توده گرانیتوئید و تفکیک گرانیت قلع‌دار از غیر آن، از نمودارهای ACF (که در آن پارامترها شامل  $Rb$  و  $(F=FeO+MgO-Al_2O_3-Na_2O-K_2O)C=CaO$ ) در برابر  $Sm/Eu$  استفاده شده است (کریم‌پور و سعادت، ۱۳۸۱). همانطور که مشاهده می‌شود، نمونه‌ها بیشتر در محدوده گرانیت نوع S قرار می‌گیرند (نمودار ۴) و هیچکدام در منطقه گرانیت‌های قلع‌دار واقع نمی‌شوند (نمودار ۵).  
گرانیت نظام‌آباد یک فلدسپار قلیایی گرانیت احیایی است که کانی مافییک آن هورنبلند و بیوتیت است. مشخصات شیمیایی آن به صورت زیر است:

درصد بالای  $SiO_2$ : ۷۹ - ۷۳

درصد متغیر  $K_2O$ : ۵/۷ - ۱۰/۷ متوسط ۷/۵

درصد بالای  $Na_2O$ : ۸/۴ - ۲/۴ متوسط ۴/۸

مقدار Rb پایین (۱۰۵ ppm) و Sr بالا (۹۸/۵ ppm) که نشانگر تفریق اندک در این توده است و فاز سیال ایجاد شده، کم اهمیت است. مقدار F موجود در این توده پایین‌تر از حد تفکیک است و مقدار B تنها در پگماتیت (حاشیه شمال خاوری) اهمیت معنی‌دار (ایجاد کانی تورمالین) می‌یابد.

### ۶-۴. موقعیت زمین‌ساختی

برای تعیین موقعیت زمین‌ساختی توده‌های گرانیتوئید، نمودارهای Pearce et al. (1984) به کار برده شد که با استفاده از عناصر  $Rb, Yb, Ta, Nb$ ، گرانیت را به انواع زون گسترش (ORG)، همزمان با برخورد (Syn-COLG)، درون صفحه‌ای (WPG) و کمرندهای ماگمایی زون فرورانش (VAG) تقسیم کرده‌اند. بر این اساس توده‌های گرانیت منطقه در محدوده کمرندهای زون فرورانش و همزمان با برخورد قرار می‌گیرد (نمودارهای ۶، ۷ و ۸).

### ۶-۴. پراکندگی و ضریب همبستگی عناصر کانسار ساز

به منظور بررسی نحوه توزیع و پراکندگی عناصر کانسار ساز در منطقه مورد مطالعه، ماتریس همبستگی آن عناصر محاسبه و بررسی شد (نمودار ۹). نتایج این بررسی‌ها در ادامه تشریح می‌شود.

#### - محدوده ده‌حسین

بر اساس ماتریس همبستگی در محدوده ده‌حسین، تنگستن دارای همبستگی مثبت با سیلیس، آلومینیم، آهن، فسفر، آرسنیک، سرب، کبالت، کرم، مس، هافنیم، لانتانیم، نیکل، سرب، استیبتیت، ساماریم، قلع، توریم، اورانیم، وانادیم، روی و زیرکونیم است؛ در حالی که با منگنز، منیزیم، سدیم، پتاسیم، تیتانیم، روییدیم و تالیوم، همبستگی منفی نشان می‌دهد.

#### - محدوده نظام‌آباد

بر اساس ماتریس همبستگی در محدوده نظام‌آباد، تنگستن دارای همبستگی مثبت با سیلیس، کلسیم، آلومینیم، منیزیم، تیتانیم، فسفر، آرسنیک، مس، نیکل، ساماریم، قلع، استرانسیم، اورانیم، وانادیم، روی و زیرکونیم است؛ در حالی که با عناصر آهن، منگنز، باریوم، هافنیم، روییدیم، تالیوم و توریم، همبستگی منفی نشان می‌دهد.

همانطور که از نتایج همبستگی تنگستن در این محدوده‌ها مشخص است، کم و بیش در هر دو محدوده، تنگستن با عناصر سیلیس، کلسیم، مس، نیکل، قلع، اورانیم، وانادیم، روی و زیرکونیم همبستگی مثبت نشان می‌دهد. همبستگی مثبت تنگستن با سیلیس و در عین حال نیکل و وانادیم می‌تواند شواهدی بر ماهیت رسوبی سیلیس در این رگه‌ها باشد، زیرا در صورت ماگمایی بودن سیلیس، همراهی این عنصر با عناصر سازگار (compatible) نظیر نیکل و وانادیم توجیه ناپذیر است. (Rollinson, 1993, Barnes, 1997)

وزگی‌های شیمیایی گرانیت نظام آباد و مقدار Rb پایین (۱۰۵ ppm) و Sr بالا (۹۸/۵ ppm) نشانگر تفریق اندک در این توده است و فاز سیال ایجاد شده، کم اهمیت است. مقدار F موجود در این توده پایین تر از حد تفکیک است و مقدار B تنها در پگماتیت (حاشیه شمال خاوری) اهمیت معنی دار (ایجاد کانی تورمالین) می‌یابد.

همبستگی مثبت تنگستن با سیلیس و در عین حال نیکل و وانادیم می‌تواند شواهدی بر ماهیت رسوبی سیلیس در این رگه‌ها باشد، زیرا در صورت ماگمایی بودن سیلیس، همراهی این عنصر با عناصر سازگار (compatible) نظیر نیکل و وانادیم توجیه ناپذیر است.

روند الگوی تغییرات REE در رگه‌های کانه‌دار یکسان بوده است. به عبارت دیگر، منشأ عناصر REE در دو محدوده، یکسان و اختلافات جزئی ناشی از تأثیر سنگ‌های میزبان مناطق مختلف کانه‌سازی است. عدم هماهنگی روند تغییرات عناصر خاکی کمیاب در واحد کانه‌دار ده‌حسین در مقایسه با گرانیت آستانه می‌تواند نشانه‌ای باشد مبنی بر این که منشأ این عناصر در واحد کانه‌دار ده‌حسین با گرانیت آستانه متفاوت است. نکته قابل توجه دیگر، اختلاف در روند تغییرات عناصر خاکی کمیاب در رگه نظام آباد با توده نفوذی است، که بر این اساس می‌توان پی برد که منشأ عناصر در این نمونه‌ها یکسان نیست.

همچنین بر اساس مطالعات انجام شده توسط فردین دوست (۱۳۸۲)، الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب نشان می‌دهد که منشأ کانه شلیت (و در نتیجه تنگستن) در سه منطقه نظام آباد، بامسر، روش و فیزانه یکسان می‌باشد و توده نفوذی نظام آباد، قادر به تأمین عناصر فلزی لازم برای کانه‌سازی نیست.

با توجه به شباهت فلزات کانه‌ساز (تنگستن-قلع-مس-سرب-روی)، در دو محدوده نظام آباد و ده‌حسین، یکسان بودن کانی‌شناسی رگه‌ها (کوارتز-تورمالین نوع دراویت)، و مشابهت روند الگوی تغییرات REE در این دو محدوده، می‌توان احتمال داد که این رگه‌های کانه‌دار از یک منشأ، یعنی هنگامی که فاز سیال گرمابی حاوی بور در منطقه فعال بوده است، موجب کانه‌سازی نوع رگه‌ای کوارتز تورمالین دار در منطقه گردیده است. همچنین با توجه به بی‌بار بودن توده‌های نفوذی موجود در منطقه (توده تنها موجب گرم شدن و ایجاد جریان همرفتی در آب‌های زیرزمینی شده است) و دیگر شواهد کانی‌شناسی-ژئوشیمیایی که در این پژوهش به آنها اشاره شد، می‌توان نتیجه گرفت که تنگستن و دیگر عناصر فلزی در رگه‌های کانه‌دار نظام آباد و ده‌حسین منشأ رسوبی/دگرگونه دارند.

### سیاسگزاری

بدین وسیله بر خود لازم می‌دانیم تا از آقای دکتر نظافتی که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند، تشکر و قدردانی نماییم.

مطالعه می‌توان گفت روند الگوی تغییرات REE در رگه‌های کانه‌دار یکسان بوده است. به عبارتی منشأ عناصر REE در دو محدوده یکسان و اختلافات جزئی، ناشی از تأثیر سنگ‌های میزبان مناطق مختلف کانه‌سازی است. همچنین بر اساس مطالعات انجام شده توسط فردین دوست (۱۳۸۲)، الگوی تغییرات عناصر خاکی کمیاب نشان می‌دهد که منشأ کانه‌ها (شلیت و یا عنصر تنگستن و سولفیدها) در سه منطقه نظام آباد، بامسر، روش و فیزانه یکسان می‌باشد و توده نفوذی نظام آباد، با توجه به نتایج تجزیه به‌دست آمده، قادر به تأمین عناصر فلزی لازم برای کانه‌سازی نیست.

### ۷- نتیجه‌گیری

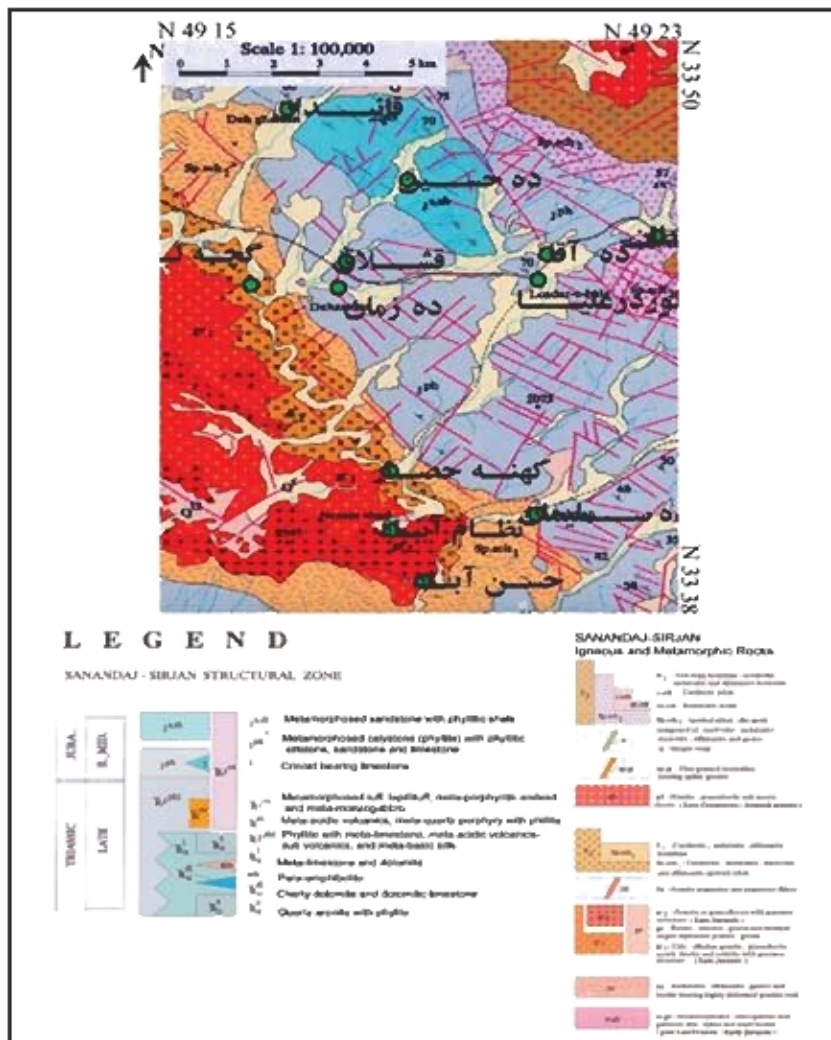
در محدوده‌های نظام آباد و ده‌حسین، کانه‌زایی به شکل رگه‌ای و شامل مس-تنگستن-قلع-روی-سرب-طلا-بیسموت و آرسنیک است. در این محدوده‌ها، به دلیل فرایندهای چند مرحله‌ای گرمایی که در منطقه فعال بوده است، کانی‌شناسی متنوع و به نسبت مشابهی را شاهد هستیم. البته همان‌طور که گفته شد، با توجه به تفاوت این دو محدوده در سنگ میزبان و دمای سیالات گرمایی، کانی‌شناسی تنگستن نیز متفاوت و در محدوده نظام آباد به دلیل دمای بالاتر (نزدیکی به منبع گرمایی که همان توده نفوذی است و نتایج داماسنجی طبق نظر Nezaferati et al. (2005) و حضور عنصر کلسیم در سنگ میزبان، کانه‌های تنگستن شامل شلیت و فربریت می‌باشند؛ اما در محدوده ده‌حسین، به دلیل کمبود کلسیم در سنگ میزبان سیلیسی (ماسه‌سنگ) و دمای کمتر (فاصله از منبع گرمایی-توده نفوذی) و نتایج داماسنجی طبق نظر Nezaferati et al. (2005)، کانه تنگستن به شکل فربریت است. همچنین حضور کانی‌ها (کوارتز و تورمالین) و کانه‌های (شلیت، کالکوپیریت و پیریت) مشابه اما درشت‌بلورتر در محدوده نظام آباد نیز می‌تواند دلیلی بر دمای بالاتر در این محدوده باشد.

تورمالین موجود در رگه‌های کانه‌دار نظام آباد و ده‌حسین، از نوع دراویت وانادیم‌دار است که نشانگر یک منشأ رسوبی و یا دگرگونی برای آنهاست. اما تورمالین موجود در گرانیت و پگماتیت نظام آباد، از نوع شورل است. بنابراین چنانچه کانی تورمالین در رگه‌های کانه‌دار ده‌حسین بویژه نظام آباد، از توده نفوذی منشأ گرفته، بایستی ترکیب شورل داشته باشد.

مقادیر بسیار پایین عنصر وانادیم (عنصر سازگار)، در ماگماهای گرانیتی همانند توده‌های گرانیت منطقه مورد مطالعه، و در طرف مقابل، تمرکز وانادیم در سنگ‌های رسوبی و دگرگونه (همانند منطقه مورد مطالعه)، خود دلیل دیگری بر رسوبی/دگرگونه بودن تورمالین (دراویت وانادیم‌دار) در رگه‌های کانه‌دار نظام آباد و ده‌حسین است. با توجه به این شواهد، به نظر می‌رسد که این رگه‌ها، حداقل در ارتباط با منشأ سیالات بردار، با یکدیگر همخوان و رسوبی/دگرگونه می‌باشند.

در توده‌های آذرین موجود در این منطقه (نظام آباد و آستانه)، مشاهده می‌شود که مقادیر عناصر فلزی تنگستن، قلع، مس، سرب و روی، نسبت به کلارک این عناصر در این نوع سنگ‌ها، افزایش بسیار کمی (در حدود ۲ برابر) نشان می‌دهند و حتی گاهی میزان آنها از حد کلارک نیز کمتر است (پگماتیت نظام آباد). بنابراین، نمی‌توان انتظار داشت که کانه‌زایی در این رگه‌ها، از توده نفوذی منشأ گرفته باشد و حضور توده‌ها به احتمال تنها به عنوان یک موتور گرمایی، برای چرخش سیالات گرمایی، در نظر گرفته می‌شود.

نتایج حاصل از طبقه‌بندی ژنتیکی توده گرانیتی نظام آباد، تأییدی بر وجود شواهدی از هر دو نوع S و I است. توده‌های نفوذی (نظام آباد، آستانه و گرانیت میلونیتی) بیشتر در محدوده گرانیت‌های نوع S قرار می‌گیرند و هیچکدام در منطقه گرانیت قلع‌دار واقع نمی‌شوند (Rollinson, 1993; Barnes, 1997).



شکل ۱- قسمتی از نقشه ۱:۱۰۰,۰۰۰ شازند (مهدی و همکاران، ۱۳۸۵) و بخشی از واحدهای آن که محدوده‌های ده-حسین و نظام آباد بر روی آن مشخص شده است.

جدول ۱- مقادیر عناصر فلزی در نمونه‌های منطقه و کلاژک آنها در سنگ‌های منطقه



شکل ۲- تصویر دامنه سنگ میزبان رگه‌های کانه دار ده-حسین (دید به سمت شمال خاوری)

Location	Lithology	Sample	Elements (ppm)				
			W	Sn	Cu	Pb	Zn
Chak	Barth crust		1.5	2.0	55.0	12.5	78.0
	Bank		1.0	1.0	190.0	5.0	100.0
	Granodiorite		2.0	2.0	58.0	15.8	68.0
	Granite		2.0	3.0	18.0	20.8	48.0
	Silice		3.0	4.0	58.0	30.8	100.0
	Limestone		0.5	4.0	13.0	9.0	25.0
	Sandstone		1.5	<1	<10	7.0	15.0
Dah Hamaiz	Meta-sandstone	CD1	17	34	338	361	123
Dah Hamaiz	Ore vein	D3	48127	5122	2865	605	
Dah Hamaiz	Granite	ED5	16	1	12	19	12
Dah Hamaiz	Granite	ED6	21	36	443	64	83
Namma shad	Spotted schist	Da1	26	20	17	52	189
Namma shad	Columnar spotted schist	Da12	8	34	74	16	80
Namma shad	Granite	ED1	5	5	91	32	184
Namma shad	Granite-epitite	ED2	7	130	27	85	22
Namma shad	Leucogranite	ED3	7	11	37	27	9
Namma shad	Fogranite	CD17	1	3	18	30	43
Namma shad	Granite (hosted ore vein)	GN17A	12	107	1902	51	116
Namma shad	Ore Vein	N67A	47332	6806	25322	1796	
Chakal khirab	Sandy limestone	B2	11	9	51	28	53



شکل ۴- گرانیت زئولیت دار نظام آید



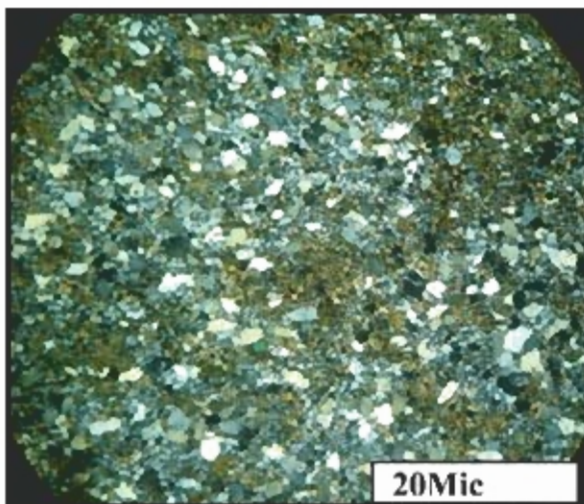
شکل ۳- زون مینرالیزه اکسیدی-حامل اکسیدهای آهن و منگنز و مالاکت، محدوده ده حسین.



شکل ۶- مسیر حفور فلش (در بالا) و توده نفوذي آستنه (در پایین) که در جنوب بافتاری (جنوب بافتاری)



شکل ۵- گرانیت پگماتیسی تورمالین دار، نظام آید

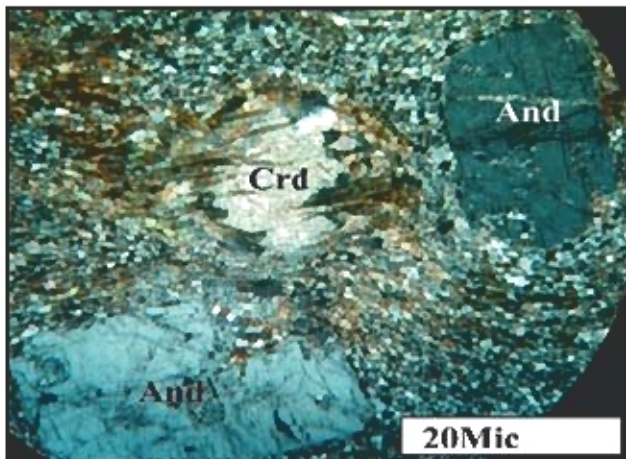


شکل ۸- بافت دانم توسط یا جهور شدگی خوب و گرد شدگی متوسطه ماسه سنگ ده حسین (تورمالین، بیروزی، یز و گنمای  $5\mu \times 10\mu \times 0.05$ ).

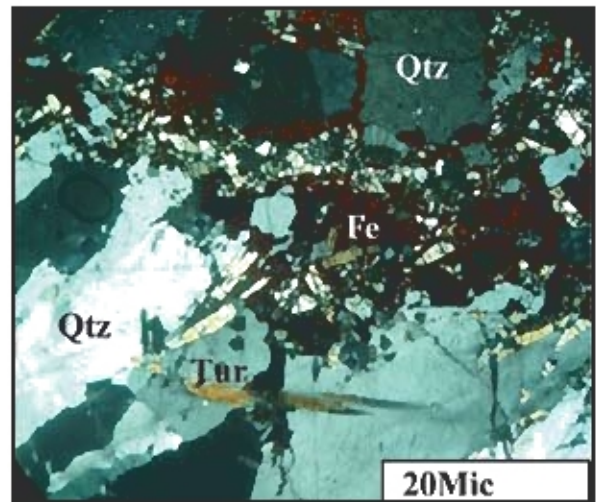


شکل ۷- تصویر گرانیت زئولیت دار آستنه

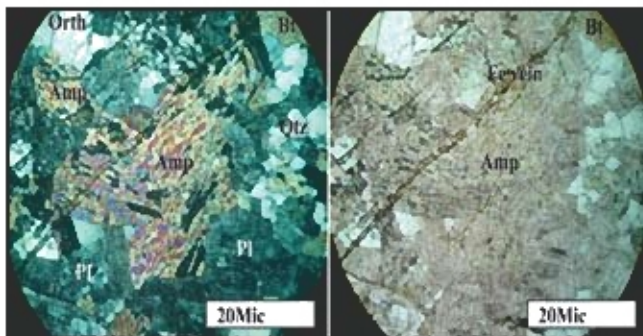




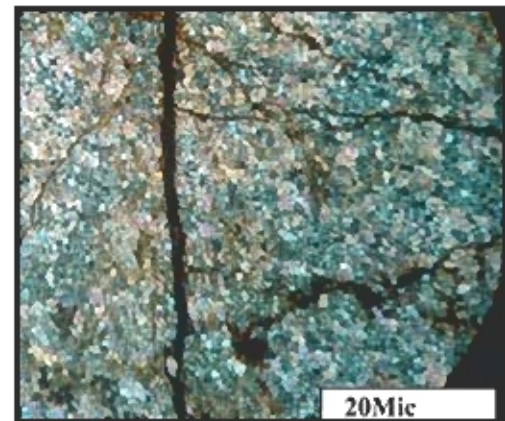
شکل ۱۰- بافت کربلاستیک که در پلاست‌ها را کانی‌های آندالوزیت (And) و کوردیریت (Crd)، کربیتی شده، تشکیل می‌دهند سایه فشاری (pressure shadow) در حاشیه بلورهای کوردیریت و آندالوزیت مشاهده می‌شود؛ شیبت لنگای حاشیه توده نظام‌آباد (نور)  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



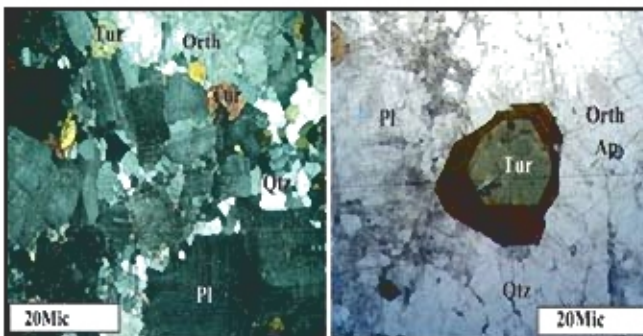
شکل ۹- رگه کوارتز (Qtz)-تورمالین (Tur) به همراه پیریت، مالاکیت و اکسید آهن (Fe)، ده‌سپین (نور)  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



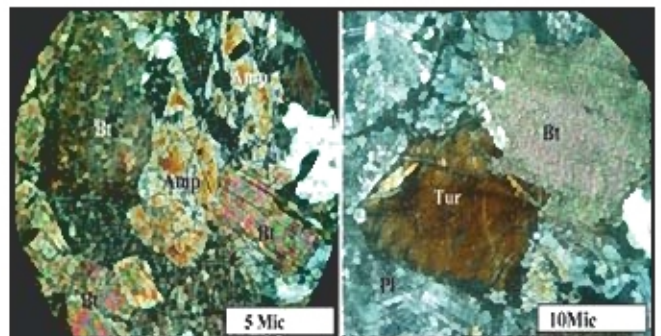
شکل ۱۲- تصویر بافت علوکریستلین با بلورهای خودشکل تا نیمه شکل‌دار در گرانیت نظام‌آباد، کانی‌های پلاژیوکلاز (Pl)، (با ماکل پلی‌ستیکه، ارتوز (Orth)، کوارتز (Qtz)، آمفیبول (Amp)، پیریت (Bt) و رگچه‌های اکسید آهن (Fe) در آن قابل تشخیص است (نور)  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



شکل ۱۱- بافت میکروکریستالین (هورنفلس) که در آن بلورهای ویژه بدون جهت‌یابی مشخصی مشاهده می‌شود، رگه و رگچه‌های اکسید آهن، سنگه را قطع می‌نمایند، نمونه هورنفلس حاشیه توده آماتانه (نور)  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



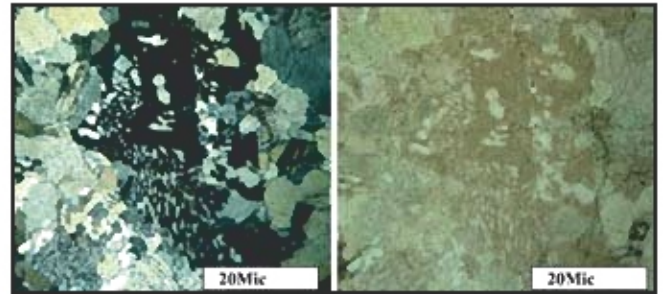
شکل ۱۳- بافت پگماتوئید در پگماتیت نظام‌آباد کانی‌های پلاژیوکلاز (Pl)، (با ماکل پلی‌ستیکه و آکینی) سرسیتی شده، ارتوز (Orth)، کوارتز (Qtz)، مسکوویت (Ms) و تورمالین (Tur) در آن قابل تشخیص است (نور)  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



شکل ۱۴- کانی آمفیبول (Amp)، که توسط کانی پیریت (Bt) قطع شده است (سمت چپ)، نور  $5x \cdot 10x \cdot 0.40$  بزرگنمایی، کانی تورمالین (Tur)، کانی پیریت (Bt) و کانی پلاژیوکلاز (Pl) را قطع نموده است، گرانیت نظام‌آباد (سمت راست)، نور  $5x \cdot 10x \cdot 0.09$  بزرگنمایی.



شکل ۱۶- تصویر تریل شماره ۲ نظام آباد (دید به سمت باعتر)



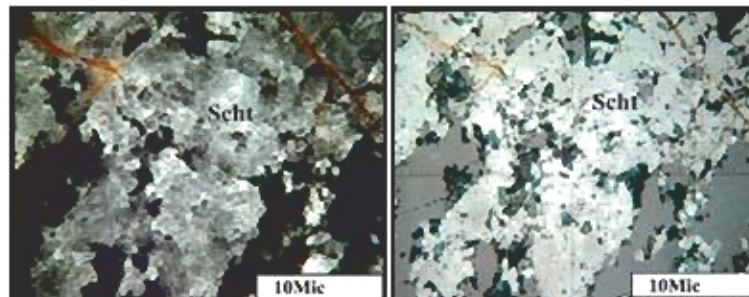
شکل ۱۵- بافت مایکروکریستالین با بلورهای خوردشکل تا نیمه شکل دار و بافت گراتوفیری حاصل از هم‌رشدی کوارتز و فلدسپار قلیایی در گرانیت آستانه (نور اپل عبوری در سمت راست و نور اپل عبوری در سمت چپ، بزرگنمایی  $5 \times 10 \times 0.09$ )



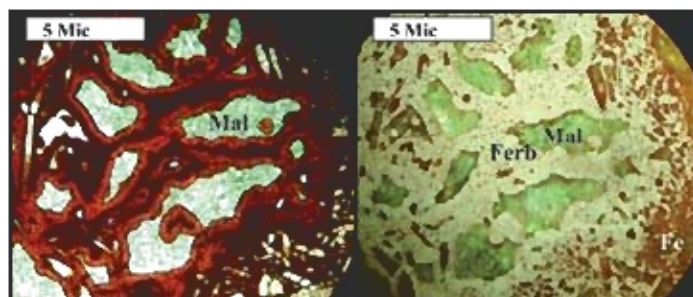
شکل ۱۸- تصویر رگه‌های کانه‌دار کوارتز (Qtz)-تورمالین (Tur) در ماسه سنگ دگرگوله ده حسین (چپ) و توده گرانیت بیرون‌زنی شده نظام آباد (راست)



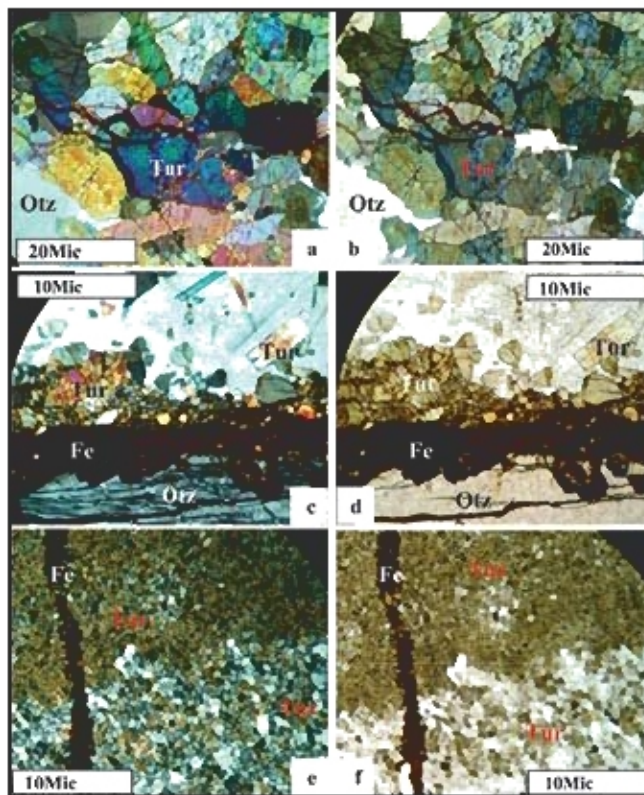
شکل ۱۷- تصویر کودال‌های کار قدیمی (با فلش مشخص شده)، رگه‌های معدنی ده حسین (دید به سمت شمال)



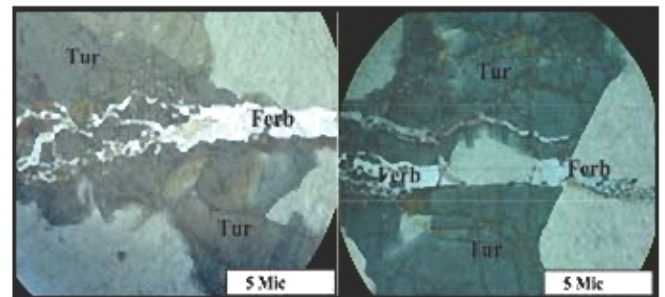
شکل ۱۹- تصویر کانی شلیت (Scht)، با بلورهای بی شکل تا نیمه شکل دار در نمونه رگه نظام آباد، رگه‌های اکسید آهن (Fe) و فسفاته‌های غلیظ، در آن قابل تشخیص است (نور اپل انعکاسی در سمت راست و انعکاسی داخلی در نور اپل انعکاسی در سمت چپ، بزرگنمایی  $5 \times 10 \times 0.09$ ).



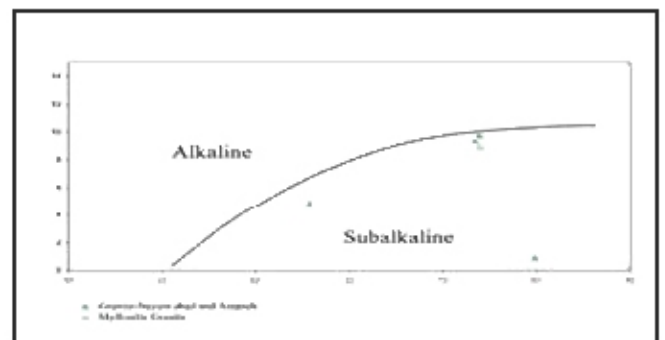
شکل ۲۰- تصویر کانی فریبریت (Ferb)، در رگه‌های کانه‌دار کوارتز-تورمالین حاوی مالاکت (Mal) و اکسید آهن (Fe). در نمونه ماسه سنگ ده حسین (نور اپل انعکاسی در سمت راست و نور اپل عبوری در سمت چپ، بزرگنمایی  $20 \times 10 \times 0.40$ , oil).



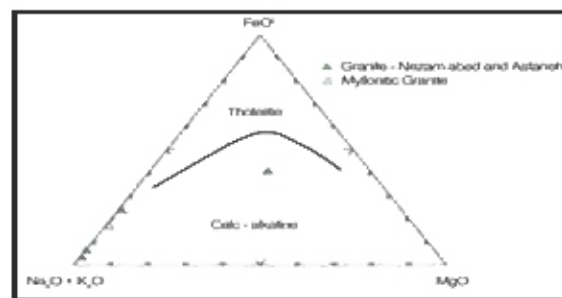
شکل ۲۲- تصویر کانی تورمالین (Tur)، کوارتز (Qtz) و اکسید آهن (Fe) در رگه‌های رگه‌کانه‌دار نظام‌آباد (c) رگه‌کانه‌دار ده‌حسین. رگه متن ماسه‌سنگ میزبان رگه‌های کانه‌دار ده‌حسین (نور پپل عبوری در سمت راست و نور اپل عبوری در سمت چپ) بزرگنمایی (5x\*10x\*0.09)



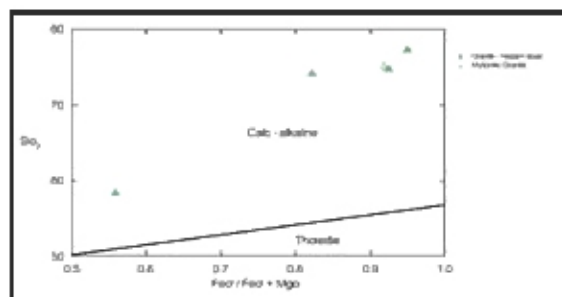
شکل ۲۱- تصاویر کانی فربریت (Ferb)، دو رگه‌های کانه‌دار کوارتز-تورمالین (Tur) در نمونه رگه‌کانه‌دار نظام‌آباد (نور پپل انعکاسی، بزرگنمایی cell, 20x\*10x\*0.40).



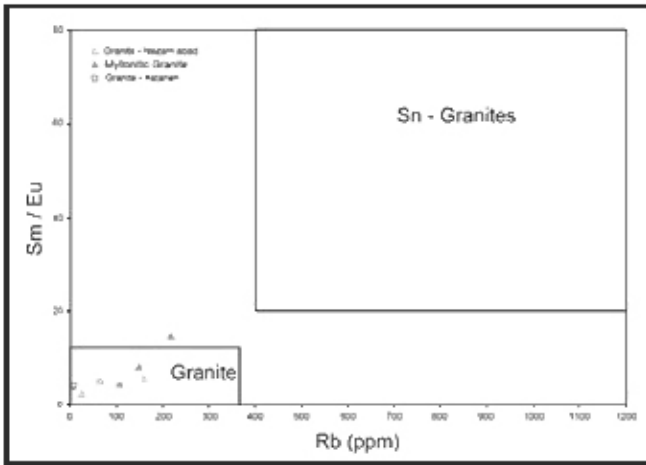
نمودار ۱- تکنیک نمونه‌های منطقه مورد مطالعه به سری‌های آلیایی و نیمه آلیایی (Irvine and Baragar, 1971)



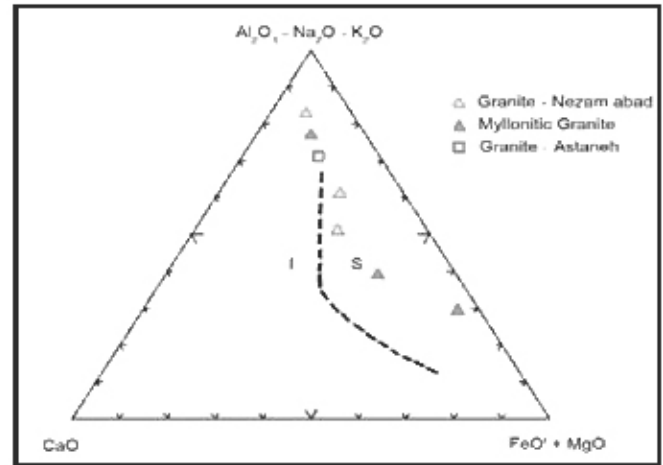
نمودار ۲- تکنیک نمونه‌های منطقه مورد مطالعه به سری‌های کلسیمی - آلیایی و توفیتی (Irvine and Baragar, 1971)



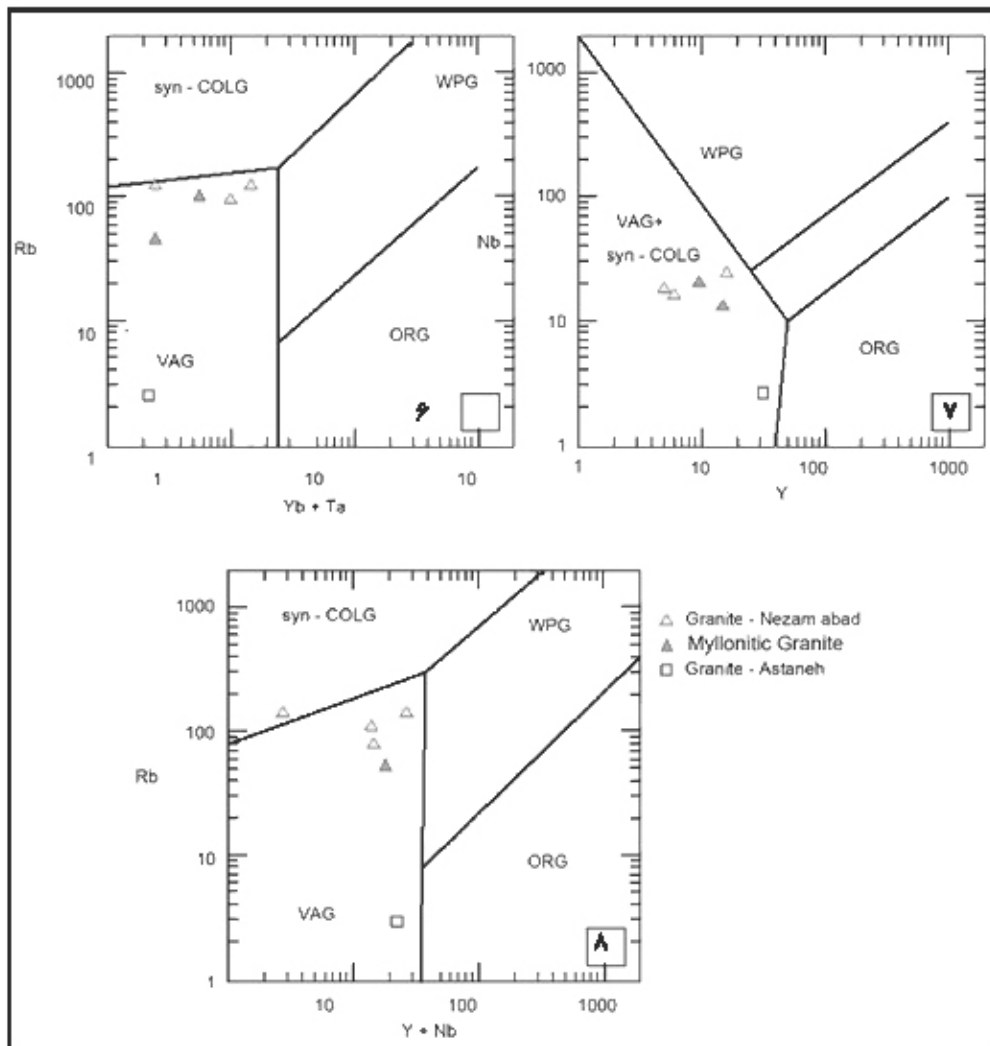
نمودار ۳- تکنیک نمونه‌های منطقه مورد مطالعه به سری‌های کلسیمی - آلیایی و توفیتی (Miyashiro, 1974)



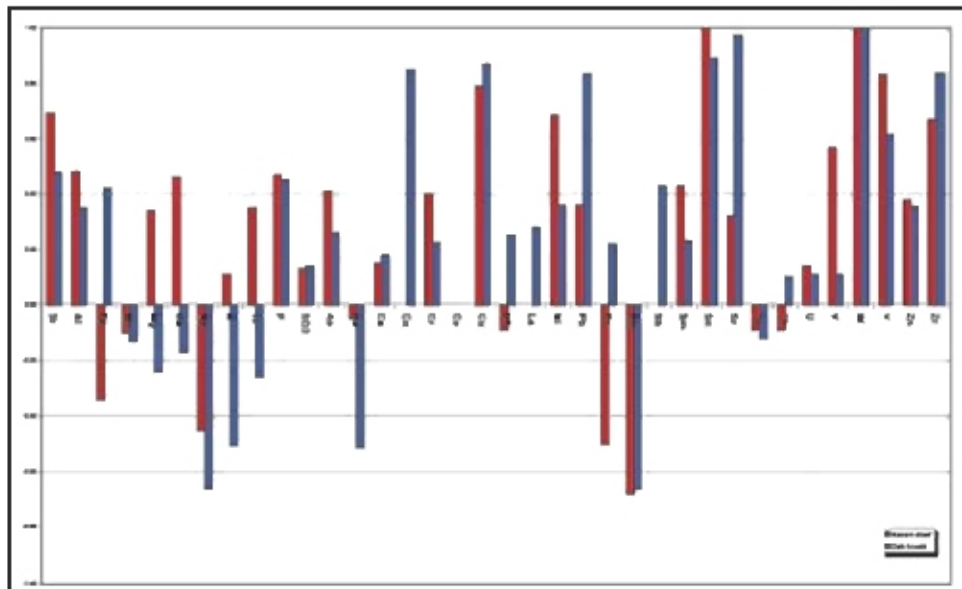
اسودار ۵- اسودار Rb در مقابل Sm/Eu به منظور تشخیص گرانیت‌های آلفا در زیر قطع دای (کریم‌پور و سعادت، ۱۳۸۱).



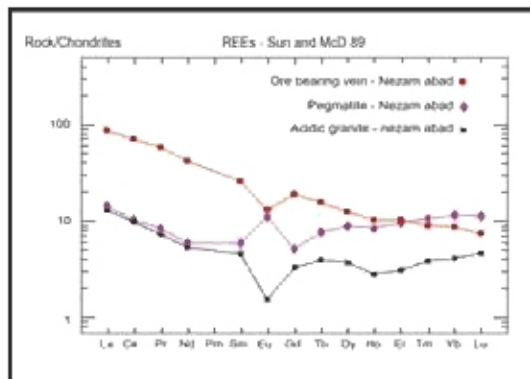
اسودار ۶- اسودار ACF به منظور تشخیص گرانیت‌های نوع S و I (کریم‌پور و سعادت، ۱۳۸۱)



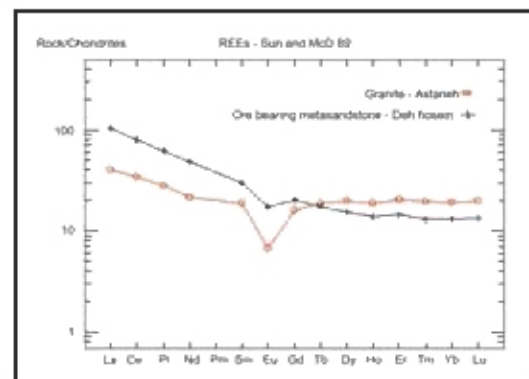
اسودارهای ۷ و ۸- همین روش‌ها زمین‌ساختی گرانیت‌های منطقه (Pearce et al., 1984)



شماره ۹- همبستگی تنگستن با دیگر عناصر در محدوده‌های نظام آباد و ده حسین



شماره ۱۱- الگوی عناصر کمیاب خاکی در محدوده نظام آباد



شماره ۱۰- الگوی عناصر کمیاب خاکی در محدوده ده حسین و گرابت آستاه

### کتابنگاری

- اجلی، ب.، ۱۳۸۰- گزارش نقشه زمین شناسی ۱:۲۰۰۰۰۰ کانسار Sa, Ag, Co, Au در ده حسین- جنوب باختری اراک، سازمان صنایع و معادن استان مرکزی.
- بهنیا، پ.، پاپاخانی، ع.، ۱۳۸۰- وضعیت اکتشافی ذخایر فلز و تنگستن در ایران و نگرشی به معادن آن در جهان، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- جهانگیری، ح.، ۱۳۷۸- گزارش بررسی اتمولی های تنگستن و قلع نظام آباد و یاسر، مجری طرح: واحدی پور، ح.، مجری فنی: نیا، ا.، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- حاج زینتی، ح.، ۱۳۷۰- مطالعات زمین شناسی و اکتشافی کانسار تنگستن نظام آباد اراک، سازمان زمین شناسی کشور.
- رادفر، ج.، ۱۳۶۶- بررسی های زمین شناسی و پترولوژی سنگ های گرانیتوئیدی ناحیه آستانه و گوشه (در محدوده ورقه ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شازند)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران.
- سهندی، م.، حسینی دوست، س. ج.، و رادفر، ج.، ۱۳۶۳- مختصری در مورد زمین شناسی منطقه مینرالیزه نظام آباد، سازمان زمین شناسی کشور.
- سهندی، م.، حسینی دوست، س. ج.، و رادفر، ج.، و محجل، م.، ۱۳۸۵- نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰۰ شازند و گزارش آن، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- شمعانیان اصفهانی، غ.، ۱۳۷۳- مطالعات ژئوشیمی، کانی شناسی و سیالات درگیر در معدن تنگستن نظام آباد استان مرکزی- ایران، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه خیراز.
- شمعانیان اصفهانی، غ.، ۱۳۷۶- مطالعات ژئوشیمی، کانی شناسی و سیالات درگیر در معدن متروکه تنگستن نظام آباد، استان مرکزی- ایران، خلاصه مقالات اولین همایش سالانه انجمن زمین شناسی ایران، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- همدی، م.، ۱۳۸۶- بررسی لیئوژئوشیمیایی و خاکسنگ کانی سازی در کانسار تنگستن-مس (قلع) ده حسین و نظام آباد و مقایسه آن با کانسار یاسر، جنوب غرب شازند اراک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.
- عطاپور، ح.، و آقایی، ع.، ۱۳۸۱- بررسی ویژگی های ژئوشیمیایی تورمالین، در پیجویی کانسارهای پورفیری و سنگ های گرانیتوئیدی استان کرمان، فصلنامه علوم زمین، شماره ۳۱-۳۲.
- فردین دوست، ز.، ۱۳۸۲- ژئوشیمی ایزوتوپ و عناصر کمیاب ذخایر تنگستن (قلع و مس) جنوب غرب آستانه اراک، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس.

- فراه‌دیان، م.ب.، ۱۳۷۰- بررسی ژئوشیمیایی و کانی‌شناسی کانسار تنگستن نظام‌آباد اراک، پایان‌نامه دوره تخصصی اکتشاف معدن (معادل کارشناسی ارشد)، گروه مهندسی معدن، دانشگاه تهران.
- قادری، م.، فردین دوست، ز.، وهرین، ج.، ۱۳۸۴- مطالعه عناصر خاکی نادر در شلیت‌های ذخایر تنگستن جنوب‌باختری آستانه اراک، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال سیزدهم. کریم‌پور، م.ح.، ۱۳۷۷- پترولوژی سنگ‌های آذرین و کانسارهای ماگمایی، نشر مشهد.
- کریم‌پور، م.ح. و سعادت، س.، ۱۳۸۱- زمین‌شناسی اقتصادی کاربردی، ویرایش جدید (با اصلاحات و اضافات)، نشر مشهد.
- کریمی بافقی، م. ر. و خوئی، ن.، ۱۳۶۵- بررسی نمونه‌های کانسارهای تنگستن نظام‌آباد، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- کوثری، س.، ۱۳۷۲- پتانسیل کانی‌سازی پلی‌متال قلع، تنگستن، مولیبدن، طلا،... در گرانیتوئیدهای شازند، مجموعه مقالات دوازدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی کشور.
- معین‌وزیری، ح.، و احمدی، ع.، ۱۳۷۱- پترولوژی و پتروگرافی سنگ‌های آذرین، انتشارات دانشگاه تربیت معلم.
- مؤمن‌زاده، م.، و اجاقی، ب.، ۱۳۸۰- گزارش صحرایی نقشه ۱:۵۰۰۰ ده‌حسین.

## Reference

- Bazin D. and Hubner H., 1969- Copper deposits in Iran, Geological Survey of Iran, Report No. 13.
- Berthier, F., Billiault, J. P., Halbronn, B., Maurizot, P., N.I.O.C., Sahandi, M. R., Jafarian, M. B., Hajmolla Ali, A., Soheili, M., 1992.- Geological map of Khorramabad, Geological quadrangle map No. D7, Geological survey of Iran.
- Bone, Y., 1988- The geological setting of tourmalinite at Rum Jungle, Australia: Genetic and economic implication, Mineral. Deposita, Vol. 23, pp: 34-41.
- Irvine T. N. and Baragar W. R. A., 1971- A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks. Canadian Journal of Earth Sciences, v. 8, p. 523-548.
- Jingwen, M., 1995- Tourmalinite from Northern Guangxi China, Mineral. Deposita, Vol. 30, pp: 235-245.
- Kato, Y., 1999- Rare earth elements as an indicator to origin of skarn deposits: examples of the Kamioka Zn-Pb and Yoshiwara-Sannotake Cu (-Fe) deposit in Japan. Res. Geol., 49: 183-198.
- Lottermoser, B.G., 1992- Rare earth elements and hydrothermal ore formation processes. Ore Geol. Rev., 7: 25-41.
- Mason, B., and Moore, B., 1982- Principles of geochemistry, John Wiley & Sons, 334 p.
- Masoudi F., 1997- Contact metamorphism and pegmatite development in the region SW of Arak, Iran. PhD Thesis, University of Leeds, UK.
- Masoudi F., Yardley B. W. D. and Cliff R. A., 2002- Rb-Sr geochronology of pegmatites, plutonic rocks and a hornfels in the region southwest of Arak, Iran. Journal of Sciences, Islamic Republic of Iran, v. 13, N. 3, p. 249-254.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L., Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran. J. Asian Earth Sci. 21: 397-412.
- Momenzadeh, M., Nezafati, N., and Princka, E., 2002- First indication of tin at the ancient mining site near Deh Hosein, West-Central-Iran: a possible source for Luristan bronze? Proceedings of the 33rd international symposium on Archeometry, 2002, Amsterdam, The Netherlands, 116-117.
- Nezafati, N., 2006- Au-Sn-W-Cu-Mineralization in the Astaneh-Sarband area, west Central Iran, including a comparison of the ores with ancient bronze artifacts from Western Asia. PhD Thesis, University of Tubingen, Germany.
- Nezafati, N., Herzig, P. M., Pernicka, E., Momenzadeh, M., 2005- Intrusion-related gold occurrences in the Astaneh-Sarband area, west central Iran, Jigwen Mao and Frank P. Bierlein, Mineral Deposit Research: Meeting the Global Challenge, Springer Verlag, Berlin, Chapter 4-24.
- Pearce J. A., Haris, N. B. W., and Tindle, A. G., 1984 - Trace element discrimination diagrams for the tectonic interpretation of granitic rocks, Journal of Petrology, 25, part 4, p. 956-983.
- Pesquera and Velasco, 1997- Mineralogy, geochemistry and geological significance of tourmaline-rich rocks from the Paleozoic Cinco Villas Massif, Spain, Contrib. Mineral. Petrol., Vol. 129, pp: 53-74.
- Pesquera, A., Torres-Ruiz, J., Gil-Crespo, P. P. and Jiang G, S. Y., 2005- Petrographic, Chemical and B-Isotopic Insights into the Origin of Tourmaline-Rich Rocks and Boron Recycling in the Martinamor Antiform (Central Iberian Zone, Salamanca, Spain), Journal of Petrology, Vol. 46, No. 5, pp. 1013-1044.
- Pirajno, F. and Smithies, R. H., 1992- The FeO/FeO+MgO ratio of tourmaline: A useful indicator of spatial variations in granite related hydrothermal mineral deposits, J. Geochem. Explor., Vol. 42, pp: 371-381.
- Rollinson, H. R., 1993- Using geochemical data: evolution, presentation, interpretation. London, UK. 652 P.
- Sun, S. S., McDonough, W.F., 1989- Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. Geol. Soc. Lon., Spe. Pub. 42: 313-345, Thalhhammer et al., 1989.
- Visser, D., Nijland T. G., Lieftink, D. J. and Maijer C., 1999- The occurrence of preiswerkite in a tourmaline-biotite-scapolite rock from Blengsvatn, Norway, American Mineralogist, Vol. 84, pp. 977-982
- Williamson, B. J., Spratt, J., Adams, J. T., Tindle, A. G. and Stanley, C. J., 2000- Geochemical constraints from zoned hydrothermal tourmalines on fluid evolution and Sn mineralization: an example from fault breccias at Roche, SW England, Journal of Petrology, Vol. 41, No. 9, pp. 1439-1453.
- Ziegler, V., Momenzadeh, M., and Tadayon, A., 1973- Systematic regional mineral reconnaissance survey of a section of a Kuhe Binalud in the Fariman-Mashhad-Neyshabur area, G.S.I.

## Geochemical Study of Vein-Type Tungsten-Copper Mineralization in Southwest of Shazand

M. Abdi<sup>1</sup>, M. Ghaderi<sup>1\*</sup>, N. Rashidnejad-Omran<sup>1</sup> & A. Najafi<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

<sup>2</sup>National Geoscience Database of Iran, Tehran, Iran

Received: 2007 July 15

Accepted: 2008 August 02

### Abstract

Two cases of tungsten-copper vein-type mineralization have been studied in the Nezam-abad and Deh-hosseini areas, in southwest of Shazand. The hydrothermal quartz-tourmaline mineralized veins have different host rocks (biotitic-granite and meta-sandstone). Considering similar ore metals (tungsten-copper-tin-lead-zinc) in the Nezam-abad and Deh-hosseini areas, same mineralogy of veins (quartz-dravite) and similar REE variation patterns in the two areas, it is suggested that the Nezam-abad and Deh-hosseini mineralized veins have the same origin. It means, when the Br-bearing fluids were active, they caused the quartz-tourmaline vein-type mineralization in this area. Considering the barren intrusions in the area and other mineralogical-geochemical evidences in this study, it could be concluded that tungsten and other metallic elements in the Nezam-abad and Deh-hosseini ore-bearing veins have a sedimentary/metamorphic origin.

**Keywords:** Tungsten, Copper, Vein-type, Mineralogy, Geochemistry, Origin, Nezam-abad, Deh-hosseini, Shazand.

For Persian Version see pages 37 to 50

\*Corresponding author: M. Ghaderi; E-mail: mghaderi@modares.ac.ir

## Geochemical Investigation in Exploration Kahang Area

M. Farmahini Farahani<sup>1\*</sup>, A. Khakzad<sup>2</sup>, H. Asadi<sup>3</sup>, M.H. Emami<sup>4</sup> & I.Rasa<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Islamic Azad University, Research and Science campus, Karaj, Iran

<sup>2</sup>Islamic Azad University, Research and Science campus, Tehran, Iran

<sup>3</sup>Industrial University of Esfahan, Esfahan, Iran

<sup>4</sup>Research Institute for Earth Sciences, Tehran, Iran

<sup>5</sup>Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran

Received: 2008 July 26

Accepted: 2008 September 06

### Abstract

Regional exploration of Kahang is located at 73 km of north east of Esfahan city and 10 km of east of Zefreh town. This deposit is located in Uromieh-Dokhtar volcanoplutonic belt. For the first time this deposit was investigated with using the satellite images processing (TM). Based on the primary study, such as field survey, geophysical study, R.S. and petrography and mineralogy investigation the region was founded suitable place for resources of Copper (Cu) and Molybdenum (Mo). Kahang region is an alteration and breccia zone. In generally, more than 99% of rocks of this region are affected by hydrothermal fluids become in the low and high alteration degrees. The rocks of the area include Andesite, porphyritic andesite, Dacite, porphyritic rhyodasite, Diorite, Quartz monzonite and porphyry micro granite. In plutons, from rim to center of massive, is a trend from basic to acid features with less age. For geochemical surveying, 174 soil samples in systematic method and 143 rock samples of the area have been collected. They are analyzed for 45 elements using ICP-MS method in Amdel laboratory of Australia. After assurance of accuracy of the results, statistic parameters are calculated. Then correlation coefficient measures of data calculation using two and multi variables analyze methods. Thus, based on mean measures and standard deviation of normalized data of elements, anomaly of locations is distinguished and they are presented as a table. At this stage for separation and identification of important anomalies using P.N. method. For introducing of the best locations for excavation and also study of geochemical behaviors of Cu and Mo, anomalous maps of 10 elements drawn include of Cu, Mo, Au, Ag, Pb, Zn, As, Sb, Mn and Ba. The anomalous maps are drawn in first step based on standard normalized duet and percent measures and in the second step with threshold limits plus amounts of standard deviation. Accordingly, it is delineate that the most concentration of hypogenous ores such as Cu and Mo in central part of area in Quartz monzonites and Diorites occurred, whereas the most concentration of supergene ores such as Pb, Zn and Ag in the rim part of area in andesitic rocks occurred. Finally, for attainment of better results and recognition of anomalies correlated to ores, the composite haloes method is used and the map of composite haloes of supergene and hypogenous ores are prepared based on standard normalized data. Solovov method is used for evaluation of erosion