

پتانسیل یابی عناصر فلزی (به ویژه مس و طلا) در محدوده ۱:۲۵۰۰۰ زاجکان (شمال زنجان)

نسترن ابراهیمی^۱، دکترایرج رسا^۲، بهزاد براتی^۳ و دکترسید جمال شیخ ذکریایی^۴

چکیده

منطقه زاجکان با وسعت حدود ۴۰ کیلومتر مربع یکی از مناطق امیدبخش بر گره ۱/۱۰۰۰۰۰ طارم می باشد که به دلیل مشابهت با اندیس های موجود در اطراف آن و داشتن پتانسیل کانی سازی عناصر فلزی بویژه مس و طلا مورد مطالعه و بررسی های کانی شناسی و ژئوشیمیایی قرار گرفت.

در این منطقه مطالعات پتروگرافی به منظور تهیه نقشه زمین شناسی انجام شد. سپس دگرسانی منطقه بر اساس مطالعات مقاطع نازک و بررسی های دورسنجی مورد بررسی قرار گرفت. همچنین نمونه برداری ژئوشیمیایی و کانی سنگین با تراکم بالاتری (در مقیاس نیمه تفصیلی) انجام شد و بعد از پردازش و تجزیه و تحلیل داده ها، مناطق اصلی مرتبط با کانه زایی عناصر مختلف به خصوص مس و طلا مورد شناسایی و بررسی های چکشی قرار گرفت و در نهایت سه محدوده امید بخش جهت اکتشاف تکمیلی تر معرفی گردید. در این راستا از مطالعات میکروسکوپی برای کنترل واحدهای سنگی و مینرالوگرافی استفاده شده است که شرح آن در مقاله آورده شده است.

کلید واژه ها: آنومالی ژئوشیمیایی، کانی سنگین، زاجکان، طارم.

Determination of mineral target (Au,Cu) in 1:25000 area Zajkan (Tarom-Zanjan)

Nastaran Ebrahimi, Dr. Iraj Rasa, Behzad Barati and Dr. Seyed-Jamal Sheikh- Zakariaee

Abstract

Zajkan area with about 40 km², is one of Tarom's prospect areas (located in the geological map of Tarom, 1:100,000 sheet) which has considered for two reasons: 1) similarity to other mineral occurrences in other around prospect and 2) having mineral potential specially for Copper and Gold.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زمین شناسی اقتصادی واحد علوم و تحقیقات

۲- عضو هیات علمی دانشگاه شهید بهشتی

۳- کارشناس ارشد زمین شناسی اقتصادی سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی

۴- عضو هیات علمی دانشگاه آزاد واحد علوم و تحقیقات

Then the alteration survey in this local implemented base on thin section studies and remote sensing investigations. In this area geochemical and heavy mineral sampling were accomplished with higher congestion (in the more detail scale). After processing and analysis of raw data, fundamental areas correlate to different mineralization (specially Cu and Au) were recognized, and ultimately three prospect areas were introduced to more complementary exploration. In this direction, rock units and ore microscopy studies were controlled by the microscopic examination.

Keywords: Heavy mineral, Zajkan, geochemical.

مقدمه:

مینرالیزه مورد بررسی قرار گرفتند تا محدوده‌های کانی‌سازی مشخص گردند و در نهایت ۳ محدوده امید بخش معرفی گردید.

کانسارهای مس از دیر باز در کوه‌های طارم مورد توجه معدنکاران بوده است دلیل آنرا نیز می‌توان به وجود اندیس‌های معدنی مس، سرب و روی در این پهنه ذکر کرد.

۱- مشخصات عمومی منطقه

محدوده اکتشافی زاجکان در حدود ۵۰ کیلومتری شمال شهرستان زنجان و در جنوب چورزق واقع گردیده است. این منطقه از نظر بخش‌بندی سازمان جغرافیایی کشور در برگه ۱۰۰۰۰۰: ۱: طارم و برگه ۵۰۰۰۰: ۱: تهم قرار دارد (شکل ۱). در این محدوده روستاهای زاجکان در شمال، علارود در شمالشرق، شیرمشه در جنوب شرق و تازه کند در غرب محدوده وجود دارند.

منطقه زاجکان با وسعت ۴۰ کیلومترمربع در برگه طارم واقع شده است. به منظور پتانسیل یابی در این محدوده از اکتشافات ژئوشیمیایی استفاده شده است. مهمترین نتایج حاصل از تحلیل داده‌های ژئوشیمیایی، تعیین مقدار زمینه برای هر عنصر در منطقه مورد اکتشاف و جدایش درجات مختلف آنومالی (ممکن، احتمالی و قطعی) می‌باشد. در صورت عدم تعیین صحیح مقدار زمینه عنصر در منطقه، معرفی نواحی آنومالی در آن منطقه دچار اشکال شده و بالطبع سیستم در برآورد محدوده‌های امیدبخش برای ادامه عملیات اکتشافی نمی‌تواند عملکرد صحیحی داشته باشد.

۲- زمین شناسی محدوده اکتشافی

محدوده اکتشافی در رشته کوه‌های طارم که جزئی از رشته کوه‌های البرز غربی است واقع شده است. این رشته کوه‌ها نیز متأثر از کوهزایی آلپ-همالیا می‌باشد و دارای روند عمومی شمال غرب - جنوب شرق است و بوسیله حوضه منجیل (نئوژن) از کوه‌های طالش و نیز بوسیله دشت زنجان - ابهر از کوه‌های سلطانیه جدا می‌گردد.

به همین منظور در فاز نمونه‌برداری ژئوشیمیایی، تعداد ۸۴ نمونه رسوب آبراهه‌ای برداشت گردید که مورد آنالیز شیمیایی ۳۷ عنصر به روش ICP-MS قرار گرفتند. سپس داده‌ها از نظر پردازش آماری یک متغیره، دو متغیره و چند متغیره مورد بررسی قرار گرفتند.

قدیمی‌ترین سنگ‌های منطقه را سنگ‌های آتشفشانی که مربوط به فرآیندهای آتشفشانی دوران ائوسن هستند تشکیل می‌دهند که همگی در یک محیط رسوبی کم عمق دریایی نهشته شده‌اند. این سنگ‌ها در منطقه به دو بخش گدازه‌ای و آذرآواری‌ها تقسیم می‌شوند که گدازه‌ها در زیر سنگ‌های آذرآواری (پیروکلاستیک‌ها و توف‌ها) قرار

در این مرحله علاوه بر محاسبه پارامترهای آماری تک متغیره برای عناصر مربوطه، هیستوگرام و نمودار همبستگی آنها ترسیم و توزیع آنها مورد تحلیل قرار گرفتند.

در مرحله بعد آنومالی‌های به دست آمده با روشهای مختلف از جمله برداشت نمونه‌های کانی سنگین و

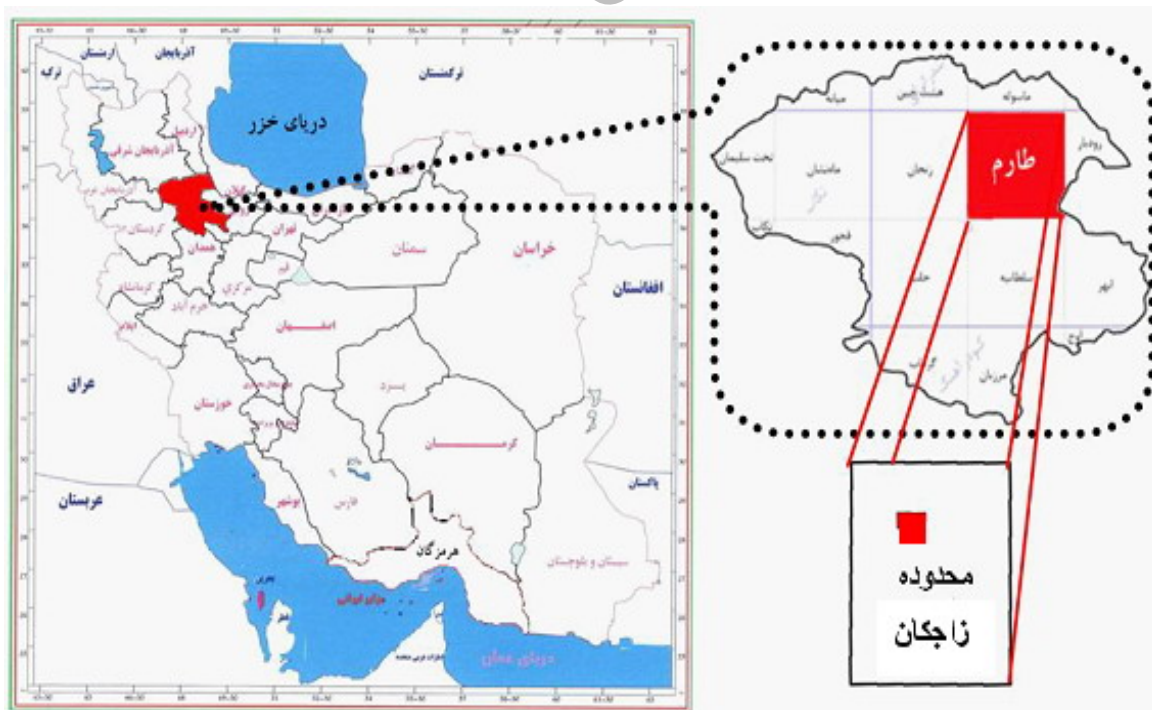
دارند. گدازه‌های موجود در این منطقه شامل سنگهای آندزیتی، آندزیت‌بازالت، کوارتز تراکی آندزیت و بازالت می‌باشند

در قسمت‌هایی از منطقه سنگهای آندزیتی دورگه (هیبرید) یا اختلاطی حضور دارند که فرآیند تشکیل آنها در اثر امتزاج دو ماگمای مافیک و فلسیک می‌باشد که بازالتیک آندزیت و بازالت‌های منطقه در اثر امتزاج با ماگمای اسیدی‌تر به آندزیت‌های دورگه (اختلاطی) تبدیل شده‌اند که به‌طور احتمالی در اثر نفوذ توده‌های پلوتونی اسیدی در منطقه این امکان حاصل گردیده است.

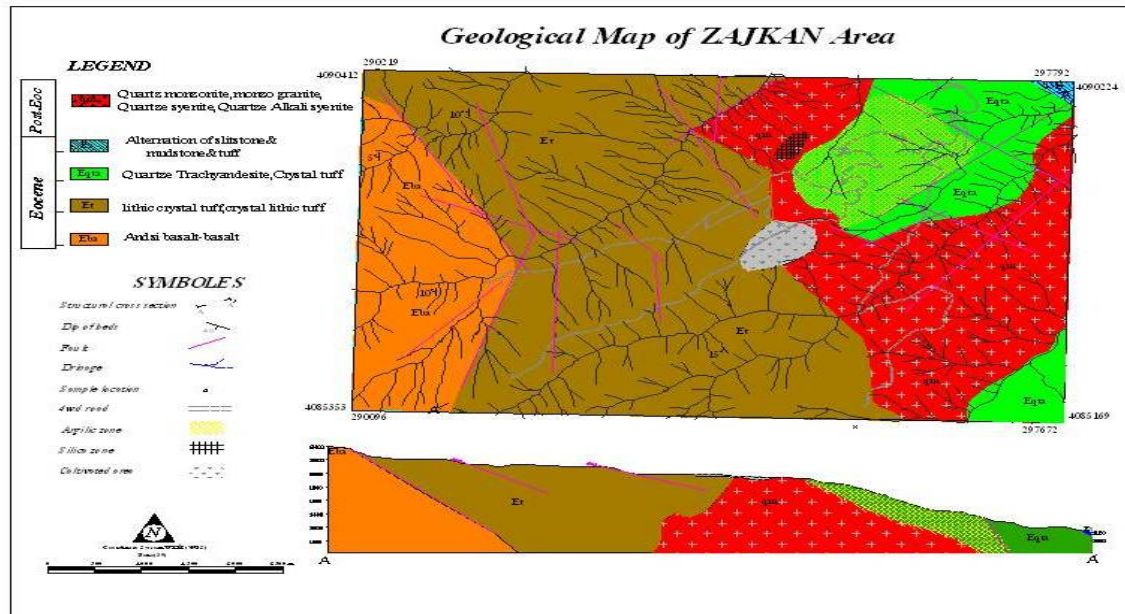
از مشخصه‌های بارز لیتولوژی طارم توده‌های نفوذی گرانیتی و گرانودیوریتی درشت‌دانه است که به درون مجموعه های ولکانو کلاستیک ائوسن (سازند کرج) تزریق شده‌اند و به همین لحاظ این توده‌ها سن بعد از ائوسن دارند. این توده‌ها با توجه به شواهد زمین‌شناسی منطقه‌ای مربوط به فاز ماگماتیسم کوهزایی پیرنئن هستند

که در امتداد ساختار و گسل‌های طولی و عمیق بلندیهای طارم تزریق شده‌اند. یکی از مشخصه‌های توده‌های نفوذی بعد از ائوسن ایجاد هاله های دگرسان در ولکانو کلاستیک‌های ائوسن است که به طور عموم فازهای هیدروترمالی آن با تشکیل عناصری نظیر طلا، مس، سرب - روی و کائولن همراه بوده است (هیرایاما، ۱۹۶۶).

شکل ۲ نقشه زمین شناسی تهیه شده با مقیاس ۱:۲۵۰۰۰ را نشان می‌دهد.



شکل ۱: موقعیت جغرافیای محدوده زاجکان در نقشه ایران و برگه یکصد هزارم طارم



شکل ۲: نقشه زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

۳- مطالعات پتروگرافی، مینرالوگرافی و دگرسانی

۱-۳- مطالعات پتروگرافی:

جهت شناخت و کنترل واحدهای سنگی در راستای تهیه نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ (شکل ۲) و نیز شناخت دقیق سنگ میزبان کانه‌زایی‌های محدوده، تعداد ۲۵ نمونه مقطع نازک برداشت گردید. پس از مطالعه مقاطع نازک و تلفیق با نقشه زمین‌شناسی، واحدهای سنگی نقشه در ۴ گروه به شرح زیر دسته بندی گردیدند:

الف- سنگهای آذرین درونی:

دارای ترکیب کوارتز مونزونیت، مونزوگرانیت، کوارتز سینیت و کوارتز آلکالی سینیت هستند. این سنگها دارای بافت گرانولار (Granular) ریز تا درشت بلور هستند و زیر بافت های گرافیک، گرانوفیر، پوئی کلیتیک، افیتیک، ساب افیتیک و پرتیت در سنگهای منطقه دیده می شود. اندازه بلورها از چند دهم تا ۴ میلیمتر در تغییر است.

ب- سنگهای آذرین بیرونی:

سنگهای خروجی منطقه را بر حسب ترکیب شیمیایی به گروههای زیر تقسیم بندی نموده که از آن جمله سنگهای با ترکیب آندزیتی فراوان ترند. (شیخ ذکریایی

(۱۳۸۷

۱- گروه بازالت - بازالیتیک آندزیت

۲- گروه آندزیت‌ها - آندزیتیک بازالت

۳- گروه تراکیت‌ها- تراکی آندزیت‌ها

۴- گروه ریولیت‌ها - ریوداسیت‌ها

شایان ذکر است گروه‌های (۲) و (۴) در منطقه مورد مطالعه رخنمون نداشته و بصورت قطعات سنگی در سنگ‌های پیروکلاستیک مشاهده شده‌اند.

ج- سنگهای ولکانوکلاستیک (پیروکلاستیک):

از مهمترین سنگهای مورد مطالعه در محدوده می‌باشند و گسترش زیادی در منطقه دارند. کریستال‌ها از جنس عمدتاً پلاژیوکلاز همراه با فلدسپات الکان، کوارتز، کانی‌های مافیک و ... بوده و خمیره (عمدتاً از نوع شیشه‌ای تبلور دوباره یافته) نیز از اعضای اصلی تشکیل دهنده سنگ‌های آذر آواری منطقه مورد مطالعه می‌باشند

د- سنگهای اختلاطی (دو رگه):

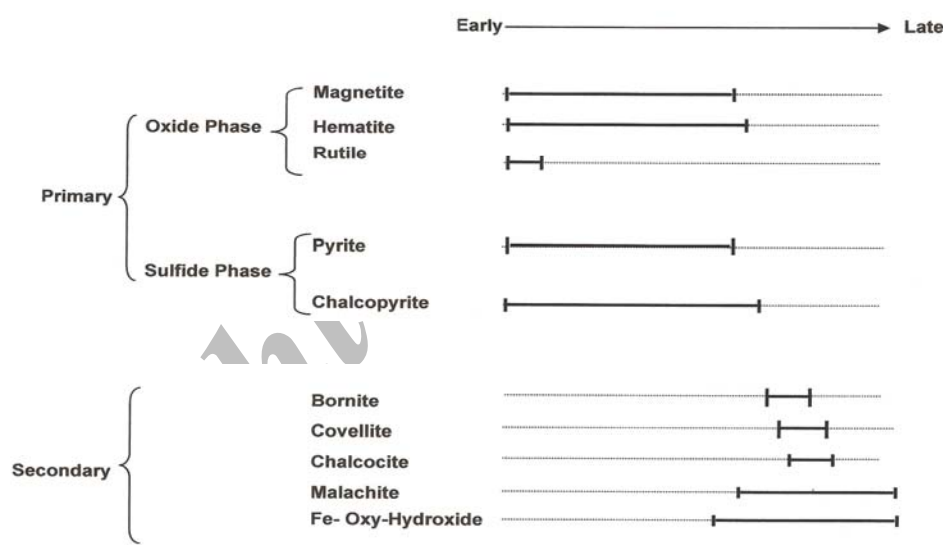
در منطقه طارم - زنجان نشانه‌های مختلفی از اختلاط ماگمایی مافیک و فلسیک در سنگ‌های خروجی و درونی گزارش شده است (شیخ ذکریایی ۱۳۸۷) که دلایل زیر نشان دهنده اختلاط ماگمایی مافیک و فلسیک در منطقه مورد مطالعه می‌باشد:

• وجود بافت‌های آنتی راپاکی وی

۲-۳- مطالعات مینرالوگرافی:

جهت بررسی مینرالوگرافی محدوده، ۱۵ نمونه از بخش‌های مختلف زونهای مینرالیزه رخنمون‌دار برداشت گردید. با توجه به مطالعات کانی‌شناسی کانه‌های اولیه شامل کالکوپیریت، مگنتیت، هماتیت، روتیل و پیریت بوده‌اند و کانه‌های حاصل از واپاشی این کانی‌ها شامل مالاکیت، هماتیت، مارتیت، هیدرواکسیدهای آهن، گوتیت، لیمونیت، بورنیت، کوولیت و کالکوسیت می‌باشند. با توجه به نتایج حاصل از مطالعه کانی‌های صیقلی می‌توان تسلسل کانی‌های فلزی را ترسیم کرد که در شکل (۳) آورده شده است. همچنین می‌توان نتیجه گرفت فاز سولفیدی فاز تاخیری نسبت به فاز اکسیدی می‌باشد.

- وجود دوزایش در پلاژیوکلاز
- وجود ساختمان منطقه‌ای معکوس
- عدم همخوانی خمیره سنگ با فنوکریست‌های موجود در آن
- وجود انکلاوهای میکروگرانولار مافیک
- وجود بافت غربالی، کنگره‌ای در پلاژیوکلاز
- وجود بافت مورفولوژی آپاتیت‌های مخلوط شده و سوزنی شکل
- وجود میان بارهای فلدسپات الکالن
- بیوتیت‌زایی در سنگ‌های مافیک
- در بررسی‌های بعدی و با در نظر گرفتن مناطق کانی‌سازی مشخص گردید که کانی‌سازی بیشتر در سنگ‌های فلسیک رخ داده و با پدیده اختلاط ماگمایی مرتبط می‌باشد.



شکل (۳): تسلسل کانی‌های فلزی

در پردازش تصاویر در منطقه زاجگان عبارتند از: افزایش تباین، ایجاد تصاویر با رنگهای مجازی، عملیات ریاضی و آماری در بین باندها و بکارگیری آنالیز مؤلفه‌های اصلی و فیلتره کردن باندها

در این محدوده برای بررسی آلتراسیون‌های اکسید آهن از نسبت‌های باندی (۳،۱)، (۱،۳،۴،۵) و برای تفکیک آلتراسیون آرژیلیک از ترکیب باندهای (۱،۳،۵) استفاده شده است.

۳-۳- مطالعات دگرسانی

در این تحقیق بررسی روی دگرسانی‌ها با مطالعه بر روی تصاویر ماهواره‌ای و مقاطع میکروسکوپی صورت پذیرفت.

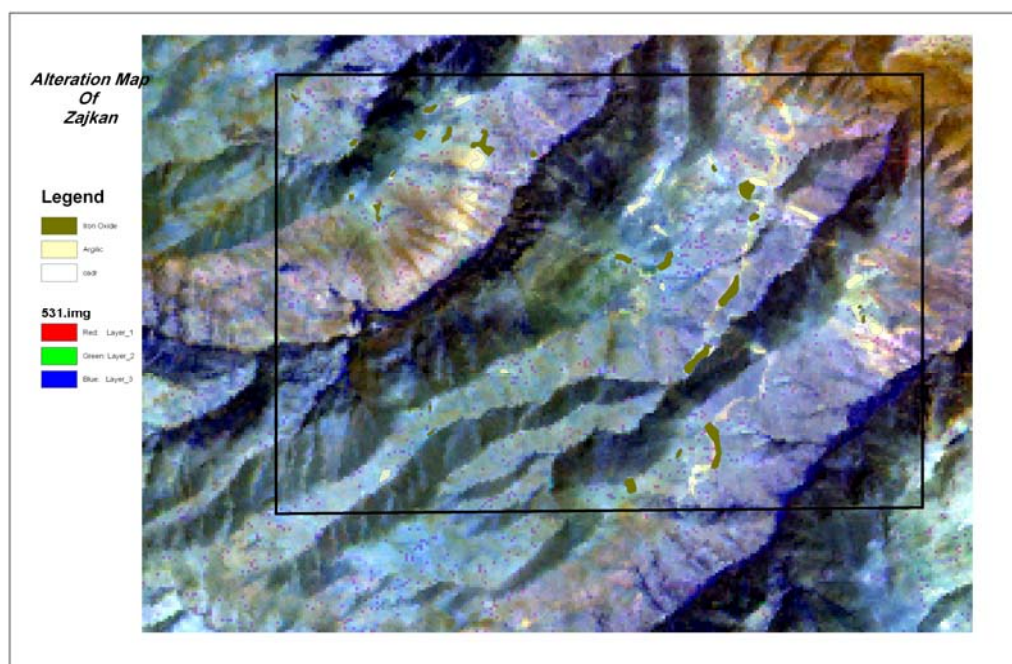
الف- مطالعات دورسنجی:

در این بخش مهمترین و اصلی‌ترین کار، پردازش تصاویر و اعمال روشهای متعدد آشکارسازی و بارز کردن پدیده‌های ویژه می‌باشد. روشهای معمول بکار گرفته شده

اولیه سنگ هیچ تغییر نکرده و موجب شکل‌گیری اجتماع کانی‌های ثانویه شده است. انواع دگرسانی‌های موجود در منطقه به ترتیب فراوانی بر اساس شواهد صحرایی و میکروسکوپی به شرح زیر می‌باشد:

نقشه حاصل از ترکیب آلتراسیون‌های آرژیلیک و اکسید آهن در شکل (۴) نمایش داده شده است.
ب- مطالعات صحرایی و میکروسکوپی:

در نتیجه این مطالعات، در منطقه مورد مطالعه سنگ‌های آذرین ترشیری تحت تاثیر دگرسانی (اغلب با شدت ضعیف) قرار گرفته به نحوی که لایه‌بندی و بافت



شکل (۴): نقشه آلتراسیون‌های منطقه بر اساس مطالعات دورسنجی

کانی‌های مافیک را تحت تاثیر قرار داده است. اپیدوتی شدن، همچنین به صورت جانشینی دروغین در قالب بلورهای پیریت دیده شده و گاهی آثار پیریت باقیمانده در آنها قابل مشاهده است. به همین دلیل پیریت‌های موجود دارای حاشیه واکنشی اپیدوتی بوده و بعضی نیز بطور کامل توسط آن جانشین شده و فقط قالب آنها باقی می‌ماند.

- دگرسانی تورمالینی

این دگرسانی در منطقه مورد مطالعه از گسترش کمی برخوردار بوده است. در مقطع نازک، رگه‌ها بصورت وسیع از کوارتز بی شکل، کانی‌های تورمالین آبی، سبز تا قهوه‌ای رنگ نیمه خود شکل تا خود شکل تشکیل شده‌اند تورمالین به صورت مجموعه‌های مجزا و یا گروهی نیز رخ می‌دهند.

- دگرسانی سیلیسی

- دگرسانی کائولینیتی

دگرسانی کائولینیتی در منطقه بیشتر در امتداد شکستگی‌ها و گسل‌ها و نیز در کتاکت توده بصورت گسترده دیده می‌شود.

- دگرسانی سرپستی

این دگرسانی در بیشتر سنگ‌های منطقه دیده شده و در رخنمون‌های سنگی به رنگ خاکستری روشن دیده می‌شود.

- دگرسانی اپیدوتی

دگرسانی اپیدوتی به میزان کم و در بعضی موارد در واحدهای سنگی منطقه دیده می‌شود. مطالعات میکروسکوپی مقاطع تهیه شده از نمونه‌های سنگی واحدهای مختلف، مؤید رخداد دگرسانی اپیدوتی در منطقه می‌باشد و در بعضی موارد پلاژیوکلاز و همچنین

درفلدسپات های الکالن آثار تجزیه به کانیهای رسی و سریسیت را می توان مشاهده نمود.

درزمینه سنگ هم بطور پراکنده آثار تجزیه به سریسیت دیده می شود.

- کانی های رسی

در این منطقه کانیهای رسی در اثر تجزیه پلاژیوکلازها و فلدسپات های الکالن پدید آمده است و در زمینه سنگ نیز مشاهده می گردد.

- اپیدوت

در سنگ های آذرین هم در حفرات و هم در سطوح بلورهای پلاژیوکلاز کلسیم دار و گاهی در آمفیبول ها در حفرات و هم در سطوح تشکیل می گردد و گاهی به صورت پرکننده شکاف و درزه ها در مقاطع میکروسکوپی و ماکروسکوپی دیده شده اند.

- سرپانتین

در سنگ های بازیک منطقه الیوین غالباً به سرپانتین که مشبک است و مخلوطی از ترکیبات سبز رنگ یعنی ساپونیت (saponite) و اگر قرمز نارنجی باشد ایدنگسیت تجزیه شده است.

د- عوامل مؤثر در ایجاد دگرسانی گرمایی

با توجه به مطالعات دگرسانی، دو عامل فشار سیالات و میزان حرارت در تشکیل پارائزهای ثانوی سنگ های آذرین نقش اساسی دارد. استقرار و جایگزینی توده های نفوذی در اعماق مختلف در دگرسانی هیدروترمال سنگ های آتشفشانی ائوسن منطقه مورد مطالعه نیز مؤثر بوده است. درشت بلورهای موجود نظیر پلاژیوکلاز عموماً به کربنات و کانیهای فیلسیلیکاته تجزیه گردیده اند. برخی رگه ها و حفرات هم بوسیله کانیهای سیلیسی و کربنات و گاه با کربنات، کلریت و زئولیت پر شده اند. درشت بلورهای کانیهایی چون اولیوین، پیروکسن، آمفیبول و بیوتیت ندرتاً سالم بوده و تنها قالبی از آنها باقی مانده، بخصوص اولیوین که غالباً به بلورهایی

این دگرسانی با افزایش مقدار درصد کوارتز و یا اکسیدهای سیلیس در سنگ دگرسان شده، نمود می یابد. متداول ترین کانی های ثانویه در سنگ های محدوده مورد مطالعه عبارتند از: کلسیت، کلریت، سریسیت، کانی های رسی، اپیدوت، سرپانتین.

- کلسیت

این کانی بصورت های مختلفی چون رگه ای، رگچه ای و گاهی تکه های کربناتی دیده می شود. از معمولترین کانیهای حاصل از دگرسانی در سنگ های آذرین منطقه مورد مطالعه می باشد که حاصل تغییرات پلاژیوکلازها و کانیهای مافیک مانند پیروکسن و آمفیبول ها می باشند، در برخی از نمونه های منطقه کلسیت حفرات سنگ را پر کرده و بصورت رگه مانند هم دیده می شود.

- کلریت

این کانی به همراه کربنات و سریسیت، فلدسپات الکالن، کوارتز و پیریت بصورت بلورها مجزا، رگه ای و یا شعاعی در داخل حفرات می باشد. کلریت همراه با اپیدوت موجب ایجاد رنگ ظاهری سبز در سنگ های آذرین منطقه مورد مطالعه شده است. این کانی بر اثر دگرسانی شدید هیدروترمال (پروپلیتی شدن) در گروه آندزیت ها و به میزان کمتر در گروه بازالت ها بوجود آمده است. در محدوده مورد مطالعه کلریت کانی ثانویه ای است که تقریباً در همه سنگ ها یافت می شود و از تجزیه پلاژیوکلاز، الیوین، پیروکسن ها و هورنبلندها حاصل شده است. گاهی نیز حاصل از تجزیه بیوتیت های سنگ های اسیدی می باشد (کانی بیوتیت در منطقه مورد مطالعه دارای درصد فراوانی کمی است) این کانی در نور پلاریزه غالباً با بیرفرئانس غیر عادی آبی دیده می شود.

- سریسیت

در محدوده مورد مطالعه سریسیت بصورت زیر در مقاطع میکروسکوپی دیده می شود:

پلاژیوکلازها آثار تجزیه به سریسیت را با شدت متفاوت از خود نشان می دهند.

۴-۱- نمونه برداری، آنالیز و کنترل نتایج آنالیز:

جهت دستیابی به رخنمون‌های احتمالی کانه زایی، اکتشاف ژئوشیمیایی و کانی‌سنگین در مقیاس یک بیست و پنج هزارم به تعداد ۸۴ نمونه ژئوشیمی و ۲۶ نمونه کانی‌سنگین برداشت گردید. این نمونه‌ها در آزمایشگاه کانساران بینالود مورد آنالیز شیمیایی برای ۳۷ عنصر، Sb, Ba, Bi, As, Hg, Ag, Cu, Zn, B, Be, Pb, Sn, ICP مورد آنالیز Cr, Co, Ni, Ti, Mn, Mo, W, Au قرار گرفتند. همچنین کنترل نتایج آنالیز براساس نمونه‌های تکراری انجام گردید (Govett, 1994) و به جز عناصر Au, S مابقی عناصر خطای قابل قبول (زیر ۵۰٪) داشتند (حسنی پاک، ۱۳۷۱).

۴-۲- پردازش داده‌های ژئوشیمیایی:

ابتدا مقادیر سنسورد برخی عناصر به مقادیر عددی تبدیل گردید. سپس جهت بررسی

اولیه هیستوگرام و نمودار جعبه‌ای داده خام ترسیم گردید تا پارامترهای آماری مختلف مورد بررسی قرار گیرد.

همچنین اقدام به جدایش جوامع سنگی گردید تا جهت مشخص شدن آنومالی‌های ژئوشیمیایی اثر سنگ بالادست تا حد امکان حذف گردد. در مرحله بعد داده‌ها به روش سه پارامتری نرمال گردیدند تا بتوان مراحل بعدی پردازش را انجام داد. (حسنی پاک، ۱۳۸۰) پردازش دو متغیره (بررسی ضریب همبستگی پیرسن و اسپیرمن) و چندمتغیره [آنالیز خوشه‌ای (شکل ۶) و آنالیز فاکتوری] بر روی داده‌های نرمال شده انجام گردید. بر اساس نتایج آنالیز فاکتوری تعداد هفت فاکتور مشخص گردید:

فاکتور اول: شامل عناصر Na, Ti, Sc, Co, Mg

Ga, V, Fe, Cr

فاکتور دوم: شامل عناصر Al, K, Ba, Tl, Ni

فاکتور سوم: شامل عناصر Pb, Cd, Zn, Mn, Mo, Ag

Sb

فاکتور چهارم: شامل عناصر Th, U, La, Cu, W, P

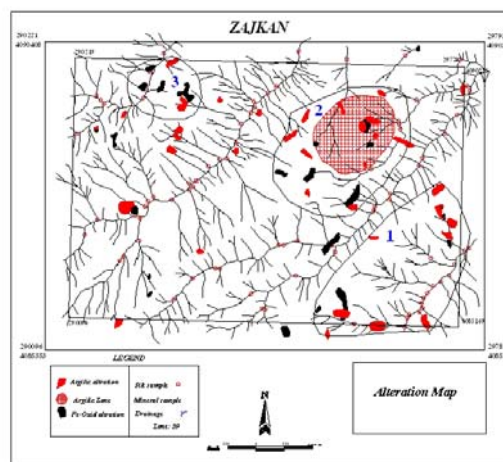
فاکتور پنجم: شامل عناصر Au, As, S, Hg

فاکتور ششم: شامل عناصر Bi, Te, Se

فاکتور هفتم: شامل عناصر Sr, Ca

چون سرپانتین، کلریت، کانیهای کدر، اکسید آهن و گاه کربنات تجزیه شده است.

نتیجه حاصل از مطالعات دگرسانی در شکل (۵) (نقشه حاصل از دگرسانی‌ها)، نشان داده شده است. همانطوریکه در نقشه مشاهده می‌شود طبق مشاهدات صحرایی در کنتاکت توده، یک محدوده وسیع آلتراسیون بخش‌های سیلیسی-لیمونیته به چشم می‌خورند که در نقشه تحت عنوان آرژیلیک زون آورده شده است و همچنین آلتراسیونهای کانی‌های رسی و اکسید آهن (بر طبق مطالعات دورسنجی و مطالعات میکروسکوپی) به طور پراکنده دیده می‌شود. در این نقشه ۳ محدوده دگرسان شده را می‌توان مشخص نمود که در مراحل بعدی با مطالعات ژئوشیمیایی از نظر کانی سازی کنترل شده است.



شکل (۵): نقشه حاصل از دگرسانی‌ها

۴- مطالعات ژئوشیمیایی آبراهه‌ای:

این بخش، عمده فعالیت اکتشافی انجام شده در محدوده می‌باشد و منجر به تعیین نواحی دارای آنومالی‌های ژئوشیمیایی شد. پس از کنترل این آنومالی‌ها می‌توان نواحی امیدبخش معدنی را جهت ادامه عملیات اکتشافی مشخص نمود. عملیات انجام شده در این فاز در سه بخش ۱- نمونه برداری و آنالیز، ۲- پردازش داده‌ها و ۳- فاز کنترل آنومالی و معرفی محدوده‌های نهایی، قابل بررسی است که بطور خلاصه بیان می‌گردد.

سینابر، پیرومورفیت، میمیت، سرب خالص، لیتارژ، موناژیت به همراه کانی‌های دیگر مشاهده شدند. همچنین در ۳ نمونه، طلای خالص مشاهده شده که این نمونه‌ها بالادست مناطق آنومال هستند. بررسی‌های آماری از قبیل رسم هیستوگرام و پارامترهای آماری و آنالیز خوشه‌ای جهت مشخص نمودن متغیرهای کانی‌سنگین انجام گردید. بر طبق این مطالعات کانی‌های سنگین را می‌توان به ۶ متغیر تقسیم کرد. این متغیرها به شرح زیر می‌باشند:

۱- متغیر اول: کانی‌های سنگ ساز شامل (پیروکسن، آمفیبول، بیوتیت، اولیوین، اسپینل، زیرکن، کلسیت، آپاتیت، کروندوم و موناژیت)

۲- متغیر دوم: کانه‌های اقتصادی شامل (پیرولوژیت، باریت، فلوتوریت، شلیت، سینابر و اوریمنت)

۳- متغیر سوم: کانی‌های گروه پیریت شامل (پیریت، پیریت اکسید و پیریت لیمونیت)

۴- متغیر چهارم: کانی‌های گروه مس شامل (کالکوپیریت، کوولیت، کوپریت، مالاکیت و مس طبیعی)

۵- متغیر پنجم: کانی‌های گروه سرب و روی شامل (گالن، سروزیت، پیرومورفیت، میمیت، سرب طبیعی و لیتارژ)

۶- متغیر ششم: کانی‌های گروه آهن شامل (مگنتیت، هماتیت، الیزیت و لیمونیت)

۷- متغیر هفتم: کانی‌های گروه تیتان شامل (ایلمنیت، روتیل، آناتاز، لوکوکسن، اسفن و نیگرین)

۸- متغیر هشتم: کانی‌های دگرسانی گروه شامل (گارنت، اپیدوت، کلریت و کانی‌های آلتزه)

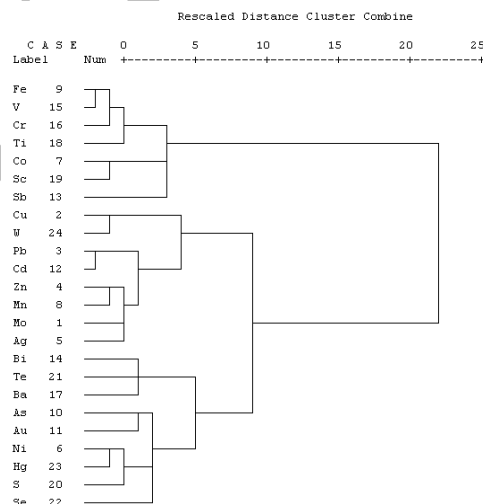
۹- متغیر نهم: طلا در بیشتر قسمت‌هایی که عناصر آنومال مشاهده شده‌اند، مطالعات کانی‌سنگین آنومالی‌ها را تایید میکند.

در فاز چکشی، از گستره‌های کانه زایی حاوی کانه فلزی به تعداد ۲۹ نمونه برداشت گردید. نتایج آنالیز این نمونه‌ها نیز مورد بررسی قرار گرفت و آنالیز ویژگی بر روی آنها انجام پذیرفت. بر طبق این بررسی‌ها به ترتیب

از مقایسه نتایج مطالعات ژئوشیمیایی با نتایج نمونه‌های کانی‌سنگین و مینرالیزه می‌توان نتیجه گرفت که فاکتورهای ۲، ۳، ۴، ۶ و ۷ با کانه زایی محدوده ارتباط دارد.

۳-۴- ترسیم نقشه‌های آنومالی ژئوشیمیایی:

نقشه آنومالی‌های ۲۰ عنصر به همراه آنومالی^۱ (P.N) و فاکتورها به روش تخمین شبکه‌ای ترسیم گردیدند. از تلفیق آنومالی‌های درجه اول، نقشه آنومالی نهایی بدست آمد تا بتوان در فاز کنترل آنومالی بکار گرفته شود. در اینجا نقشه تلفیق محدوده‌های آنومالی عناصر فلزی (Ag, As, Au, Cu, Mo, Pb, Sb, W, Zn) در شکل ۷ آمده است.



شکل ۶: نتایج حاصل از آنالیز خوشه‌ای داده‌های ژئوشیمی شمال شده

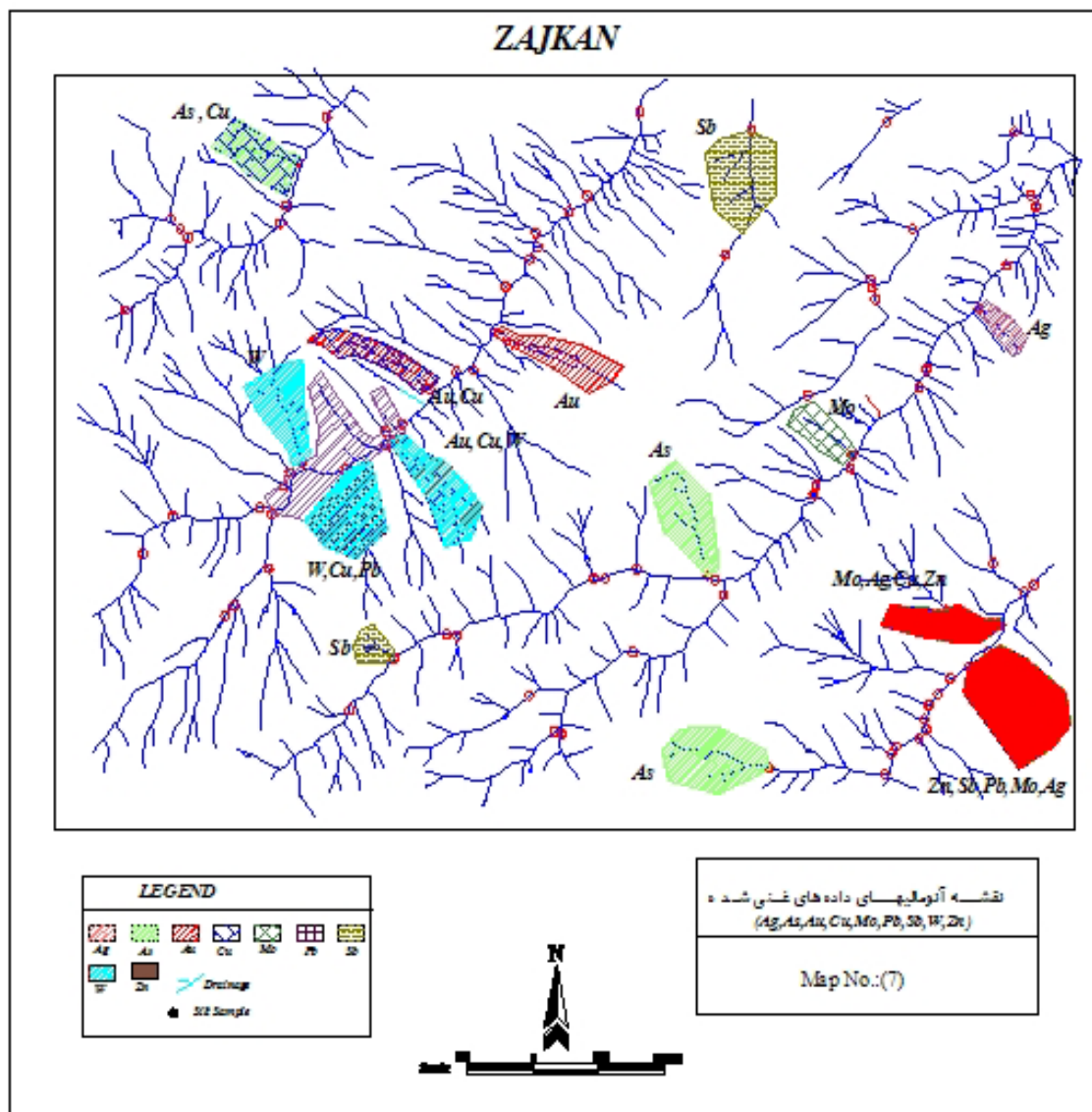
۴-۴- فاز کنترل آنومالی‌های ژئوشیمیایی:

پس از مشخص شدن نواحی دارای آنومالی‌های ژئوشیمیایی اقدام به کنترل این نواحی گردید که در این راستا نتایج ۲۶ نمونه کانی‌سنگین مطالعه گردید و مطالعات چکشی در زونهای کانی‌سازی شده و مناطق آنومالی صورت پذیرفت.

بر اساس نتایج کانی‌سنگین، کانی‌های فلزی از جمله پیرولوژیت، نیگرین، گالن، سروزیت، فلوریت، مس خالص، کالکوپیریت، کوولیت، کوپریت، مالاکیت، شلیت،

¹ Probability Number

عناصر مس، مولیبدن، نقره، طلا و سرب بیشترین امتیاز را دارا می‌باشند.

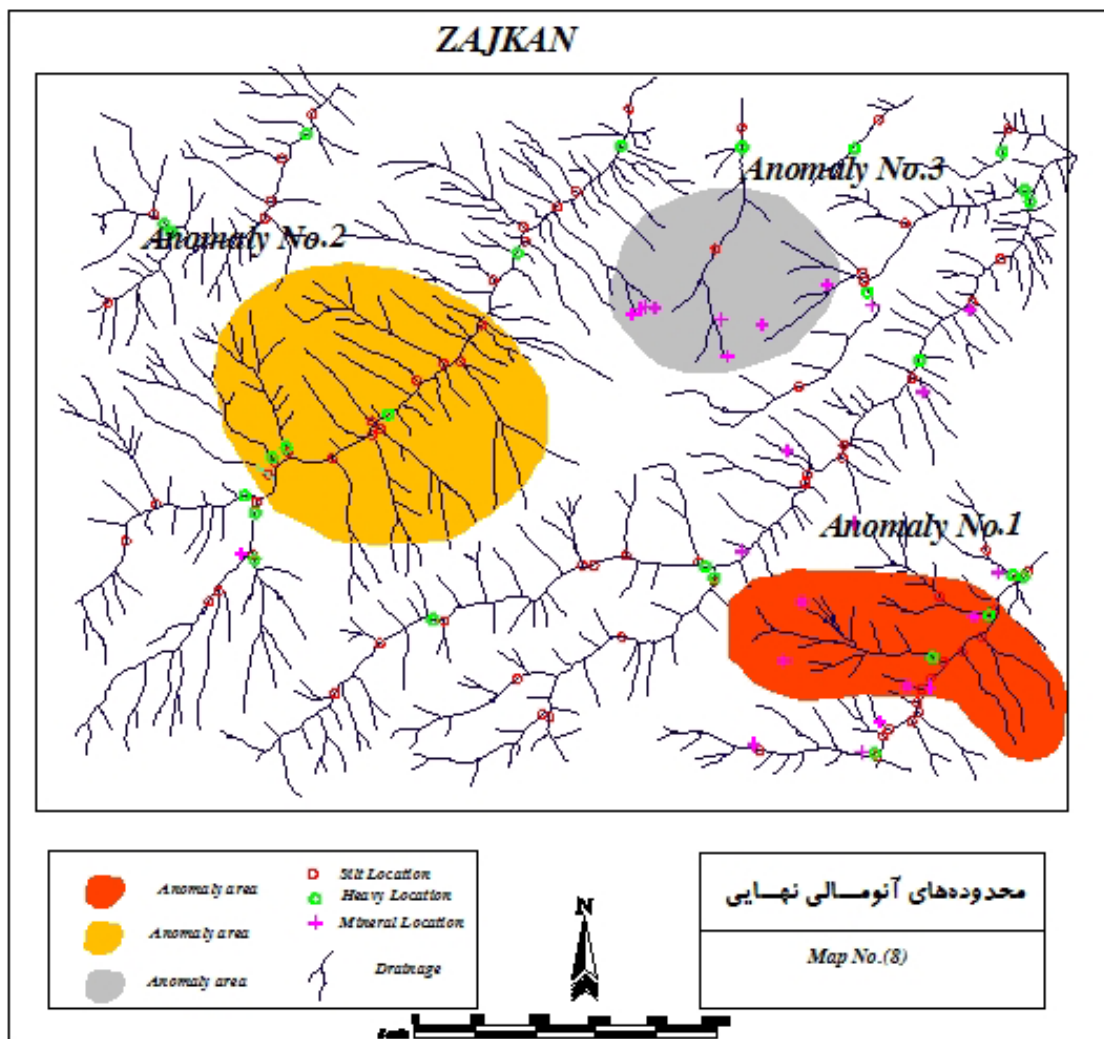


شکل ۷: نقشه آنومالی‌های داده‌های غنی شده Au, Ag, As, Cu, Mo, Pb, Sb, W, Zn

اولویت‌های اول، دوم و سوم جهت ادامه عملیات اکتشافی معرفی گردید. این محدوده‌ها در شکل ۸ نمایش شده است.

۵- نتیجه‌گیری:

با جمع بندی نتایج حاصل از نمونه‌های رسوبات آبراهه‌ای، کانی سنگین و بازدید صحرایی سه محدوده دارای



شکل ۸: محدوده‌های آنومالی نهایی

غنی شدگی و کانی‌های گالن، پیرومورفیت، کولیت، شلیت، طلا، سرب خالص، مونازیت، مالاکیت و سروزیت مشاهده شدند.

از این محدوده تعداد ۴ نمونه مینرالیزه برداشت گردید که از آنالیز آنها مس با عیار بالای ۳٪ (۵، ۴/۳ و ۳)، طلا با عیار ppm ۲/۲، ۰/۵۶، ۰/۱۴، مولیبدن ppm ۱۷۰۰ و آهن ۲۷٪ گزارش گردید. چنین به نظر می‌سد رگه‌های مینرالیزه این محدوده از روند گسل اصلی محدوده تبعیت نمی‌نماید بلکه می‌توان چنین استنباط کرد که این شکستگی‌های جزئی با جهات مختلف می‌تواند جزو مؤلفه‌های دوم و سوم گسله‌های اصلی منطقه باشند زون‌های مینرالیزه با جهات و شیب مختلف وجود دارند که همگی دارای کانه‌زایی می‌باشند.

۱-۵) محدوده شماره ۱

وسعت این محدوده ۲/۷ کیلومتر مربع است. رخدادکانه زایی در این محدوده شامل کانی‌های کالکوپیریت، پیریت، مالاکیت و اکسیدهای آهن می‌باشد. این رخداد بصورت رگه ای با روند شرقی - غربی و شیب تقریباً بسمت شمال حادث شده است. بر طبق شکل (۵) این محدوده با دگرسانی مرتبط می‌باشد. آنومالی‌های ژئوشیمیایی محدوده شامل عناصر S, K, Zn, Mo, Pb, Ag, Sb, Mn, La, Cd و فاکتورهای دوم و سوم می‌باشند.

در مطالعه نمونه‌های کانی‌های سنگین محدوده کانی‌های مگنتیت، هماتیت، پیروکسن، اپیدوت، الیست، زیرکن، آپاتیت، اسفن، آمفیبول، روتیل و باریت بصورت

۲-۵) محدوده شماره ۲

وسعت این محدوده ۵ کیلومتر مربع است. این محدوده تقریباً در قسمت مرکزی برگه واقع شده است. آنومالی‌های ژئوشیمیایی محدوده شامل عناصر $Au, Cu, W, Bi, Pb, Ba, Hg$ و فاکتورهای دوم و ششم می‌باشند. در مطالعه نمونه‌های کانی‌های سنگین محدوده کانی‌های پیروکسن، آپاتیت و باریت غنی‌شدگی داشته و کانی‌های گالن، سروزیت، پیرومورفیت، میمیتیت، کولیت، کوپریت، شلیت، سرب خالص و لیتارژ مشاهده شدند.

این محدوده از نظر ژئوشیمیایی و کانی سنگین نتایج جالب توجهی نشان می‌دهد و احتمالاً از نظر کانی سازی مس و طلا محدوده پرتانسلی می‌باشد. در نمونه بالادست این محدوده یک ذره طلا نیز مشاهده شده است.

۳-۵) محدوده شماره ۳

وسعت این محدوده ۲ کیلومتر مربع است. رخدادکانه زایی در این محدوده شامل گستره‌ای از آلتراسیون کائولینیتی است که در آن رگچه‌های اکسید آهن و بخش‌های سیلیسی - لیمونیتی به چشم می‌خورند. این پهنه آلتره در کنتاکت توده نفوذی با واحدهای توف و آندزیت تشکیل گردیده است. بر طبق شکل (۵) (نقشه دگرسانی) این محدوده با محدوده ۲ دگرسانی مرتبط است. آنومالی‌های ژئوشیمیایی محدوده شامل عنصر Sb می‌باشند. در مطالعه نمونه‌های کانی سنگین محدوده: کانی‌های گارنت، لیمونیت، الیژیست و باریت بصورت غنی‌شدگی و مس خالص، کولیت، شلیت، گالن،

سروزیت، پیرومورفیت، کالکوپریت، مالاکیت، سرب خالص، طلا و مونازیت مشاهده شدند. از این محدوده تعداد ۱۰ نمونه مینرالیزه برداشت گردید که از آنالیز آنها آرسنیک با عیار ppm ۱۲۰۰ و سرب ۰/۱٪ گزارش گردید. آنومالی‌های ژئوشیمیایی و کانی‌های فلزی مشاهده شده در تمامی نمونه‌های کانی سنگین این محدوده نشان از پتانسیل معدنی جالب توجه داشته لذا بعنوان محدوده سوم پیشنهادی معرفی می‌گردد.

منابع

- حسنی پاک، ع. ا.، ۱۳۷۱، نمونه برداری معدنی، انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۱۶۹-۲۱۳
- حسنی پاک، ع. ا.، ۱۳۸۰، تحلیل داده‌های اکتشافی، انتشارات دانشگاه تهران. صفحه ۳۷۵-۵۴۹
- حسنی پاک، ع. ا.، ۱۳۷۶، اصول اکتشافات ژئوشیمیایی، انتشارات دانشگاه تهران، صفحه ۱۵۹-۲۵۵
- هیرایاما، ۱۹۶۶، نقشه زمین شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ طارم؛ سازمان زمین شناسی کشور
- شیخ ذکریایی، ج.، ۱۳۸۷، مطالعه شواهد بافتی اختلاط و امتزاج ماگما در منطقه گمان (طارم - زنجان) - نشریه علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی - شماره ۶۹، پاییز ۸۷
- Govett, G. J. S., (1994), Handbook of Exploration Geochemistry, Vol. 6.