کاربرد داده های ژئوشیمیایی و پترولوژی در پی جویی و اکتشاف کانسارهای طلا، نقره، آنتیموان و آرسنیک در منطقه شمال برزرود (کاشان)

نویسندگان: مرتضی شریفی*، همایون صفایی و نسیم مرادی زاده
گروه زمین شناسی دانشگاه اصفهان

چکیده

منطقه برزرود در ۵۰ کیلومتری جنوب شهر کاشان در دره ابیانه واقع شده است. در این منطقه آلتراسیون سطحی به شدت اثر کرده و سطح منطقه در اثر اکسیده شدن آهن به زردی گرائیده است. ابتدا با پردازش داده های رقومی ماهواره ای مناطق دارای پتانسیل کانی سازی، شناسایی شده و در مراحل بعدی با انجام برداشتهای صحرایی، مطالعات میکروسکوپی و انجام آنالیزهای شیمیایی، مطالعات تکمیلی از جمله بررسی کنترل کننده های ساختاری، نوع دگرسانی، کانسار پلی متالیک و کانیهای در بر گیرنده کانسار مورد بررسی قرار گرفت. با شناسایی گسلهای اصلی و فرعی منطقه نقش آنها در ایجاد زون دگرسانی مشخص گردید. دو گسل با راستای شمال غربی- جنوب شرقی در طرفین ناحیه دگرسان شده نقش اصلی در کنترل این ناحیه را داشته اند.

با توجه به مطالعات زمین شناسی که در منطقه صورت گرفته است، پهنه دگرسانی دارای واحدهای سنگی مختلف شامل سنگ آهک، ماسه سنگ برشی، داسیت، آندزیت، ریوداسیت و دیوریت می باشد. سنگ های آلتره شده حاوی کلریت، اپیدوت، پیریت و اکسیدهای آهن هستند آنومالیهای شیمیایی این منطقه دارای پتانسیل بالایی از فلزات گرانبها است. آنالیزهای شیمیایی، همچنین آنومالی هایی از کرم، نیکل، باریم، استرانسیم و زیرکن را در منطقه به نمایش می گذارند. نتایج حاصل از این آنالیزها نشان می دهد آنتیموان به میزان حداکثر ۱۲۷۰۰ ppm، نقره به میزان ۲۵۰۰ ppm، آرسنیک به میزان ۸۹۶ ppm و طلا به میزان ۱۵۰ ppb در توده سنگ می باشد.

کلمات کلیدی: کانسارهای پلی متالیک، آلتراسیون، کاربرد داده های ژئوشیمیایی، برزرود، کاشان.

Using Geochemical and Petrological Datas in Search and Exploration Ores of Au, Ag, Sb and As in the North of Barzrood (Kashan)

Authors: Sharifi*, M., Safaei, H., and Moradizadeh, N.
Department of Geology, University of Isfahan

Abstract:

The study area is located at 50 km of the south of Kashan, in Abyaneh valley. In this area, surface alteration is very intense and rock surface due to oxidation has turned into yellow color. In this study, identification of alteration zone for recognizing ore mineralization potential was conducted. At first stage of investigation, the ore mineralization potential zones were identified by satellite data processing and after field sampling; microscopic studies and chemical analysis, the structural controls, type of alteration, polymetalic ore and host minerals of ore were studied. Through identification of the main and secondary faults in the above-mentioned region, their role in creating alteration zone was identified. Two faults with north-west to south-east trend around the altered zone had the major role in controlling this area.

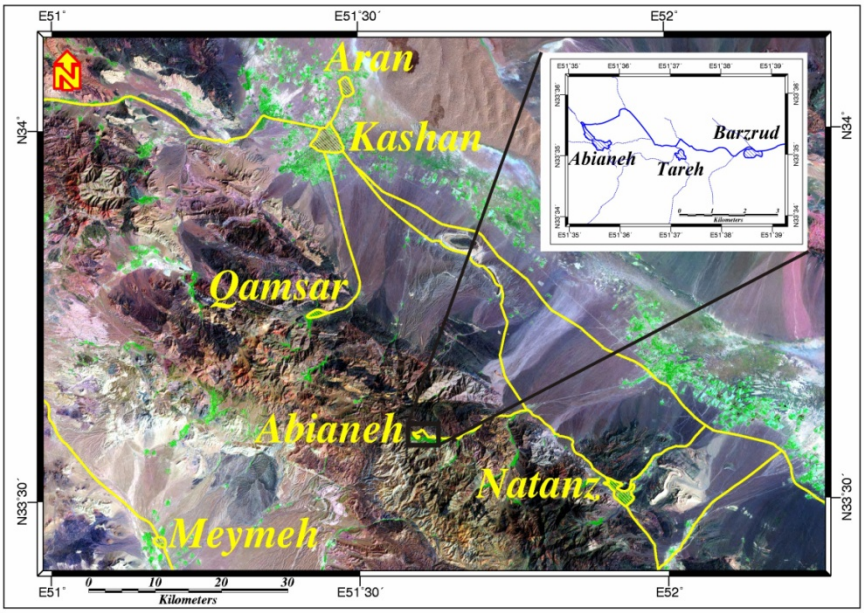
The geological studies indicated that, the deposit zone had different rock units including limestone, breccias sand stone, dacite, andesite, rhyodacite, and diorite. Altered rocks consist of chlorite, epidote, pyrite, and ferric oxide. Chemical anomalies in this region have a high potential of precious metals. The results indicated that, chemical anomalies of the area have high potential for precious metals. Chemical analysis, so anomalies from Cr, Ni, Ba, St and Zr show in the area. The chemical analysis on some of these samples show that, the

Archive of SID
www.SID.ir

concentration of Sb is 12700 ppm, Ag is 2500 ppm, As is 896 ppm and Au is 150 ppb are available in the rock mass.
Key words: Poly-metallic deposits; Alteration; Remote sensing; Abyaneh valley; Kashan

مقدمه

منطقه مورد مطالعه حدوداً در ۱۰۰ کیلومتری شمال شهر اصفهان و ۳۰ کیلومتری شمال غرب نطنز و در دره ابیانه واقع شده است (شکل ۱). زون کانی سازی شده به دلیل ترانشه جاده ای که از برزرود به سمت ابیانه امتداد دارد آشکار گردیده است (صفایی و همکاران، ۱۳۷۹). در محدوده دره ابیانه و مناطق مجاور مطالعات مختلفی در زمینه کانی سازی و مطالعات پترولوژی انجام گردیده است (زفرقندی، ۱۳۵۷ و حاج حیدری، ۱۳۸۲). این منطقه به دلیل عدم پوشش گیاهی در ارتفاعات و شکل های ساختمانی قابل مشاهده، می تواند به وسیله خصوصیات طیفی سنگ میزبان و مناطق دگرسانی مورد بررسی قرار گیرد. بلندترین ارتفاعات در منطقه در شمال و جنوب دره ابیانه واقع شده و بیشتر از جنس سنگ های آذرین درونی و بیرونی می باشند. منطقه مورد مطالعه، بخشی از ارتفاعات حاشیه دره ابیانه با روند کلی شرقی- غربی است. برای مطالعه مناطق دگرسانی روش های متعددی وجود دارد ولی یکی از بهترین این روش ها، استفاده از سنجش از دور در شناسایی مناطق دگرسانی است (Scanvic, 1997 & Rencz, 1998). برای تعیین پهنه دگرسانی در منطقه برزرود از پردازش داده های رقومی ماهواره ای، مطالعات کانی شناسی و آنالیز شیمیایی سنگ میزبان استفاده شده است. اپیدوتی شدن، کربناتی شدن و پیریتی شدن در اثر نفوذ محلولهای گرمابی به داخل رگه ها قابل مشاهده می باشند. وجود تراورتن در منطقه می تواند تاییدی بر گرمابی بودن فرایند کانی سازی باشد. کنترل کننده های ساختمانی یکی از پارامترهای مهم در بیشتر مدلهای کانسار، مانند سیستم های کانسار پلی متالیک (رگه های چند فلزی)، کانسارهای تیپ کارلین و کانسارهای چشمه های آب گرم اپی ترمال می باشند. لذا شناسایی ساخت های خطی نقش مهمی در شناسایی کانسارها ایفا می نماید. آنالیز شیمیایی برخی از نمونه ها، جهت تعیین سنگ منشاء و بررسی پترولوژیکی سنگ ها به منظور تعیین ژنز کانسار و بررسی ارتباط کانسارسازی با سنگ های دربرگیرنده صورت گرفته است.

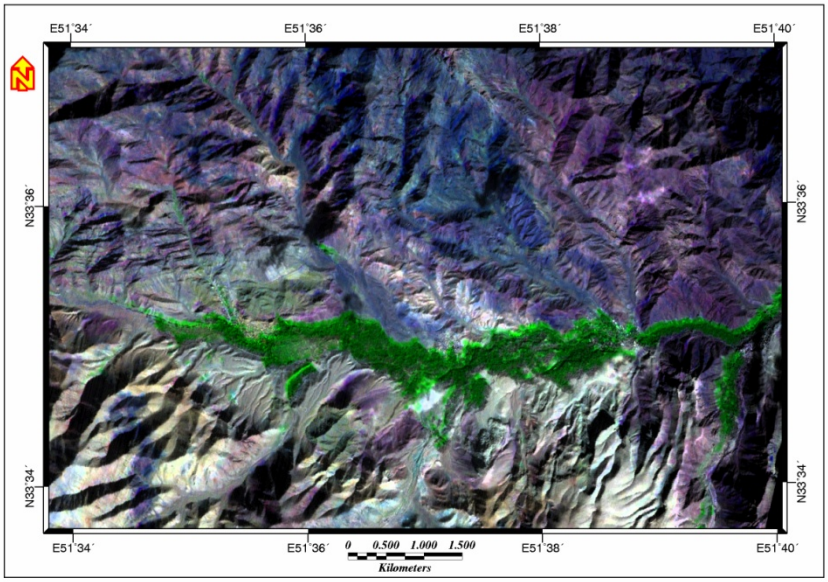


شکل ۱- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به منطقه مورد مطالعه بر روی تصویر ماهواره ای پردازش شده به صورت (RGB=741) و راه های دسترسی محلی.

www.SID.ir

زمین شناسی منطقه

منطقه مورد مطالعه در کمربند آتشفشانی ارومیه- دختر قرار دارد. این کمربند با طول تقریباً ۱۷۰۰ کیلومتر (تبریز تا بزمان) و عرض تقریبی ۱۰۰ کیلومتر به موازات زون دگرگونی سنندج- سیرجان و تراست زاگرس واقع شده است. قدیمی ترین سازند رخنمون یافته در منطقه، گروه شمشک (ژوراسیک زیرین) و جدیدترین واحدها تراورتن و رسوبات کواترنری می باشند. سری ولکانیکی- رسوبی ائوسن بیشترین رخنمون را در منطقه به خود اختصاص داده است. سنگ های آتشفشانی دوران سوم در منطقه ابیانه مربوط به ائوسن و یا پلیوسن می باشند. سنگ های پیروکلاستیکی ائوسن شامل توف، توف آندزیتی، داسیت، ریوداسیت، توف برشی و لاپیلی است که ارتفاعات غرب رودخانه هنجن- ابیانه را تشکیل می دهند. سنگ های آتشفشانی ائوسن یا به صورت طبقات ریوداسیتی در لایه های لوتسین بالایی قرار گرفته و یا به صورت طبقات آندزیتی تشکیل تناوبی را با لایه های آهکی می دهد. سنگ های آتشفشانی پلیوسن از توف و گدازه های داسیتی که روی رسوبات الیگومیوسن قرار گرفته اند شروع شده و به گدازه های آندزیتی که مربوط به آخرین فعالیت آتشفشانی ناحیه است ختم می گردند (زاهدی، ۱۳۷۰). ارتفاعات عمده منطقه در شمال دره ابیانه و جنوب روستای ابیانه واقع شده اند و بیشتر از جنس سنگ های آذرین درونی و بیرونی و دلومیت شتری می باشند. در این دره همچنین پادگانه های آبرفتی کواترنری به صورت گسترده تشکیل شده است. از جمله عوامل موثر در ژئومورفولوژی منطقه مورد مطالعه روند ارتفاعات و مقاومت متفاوت سازندهای مختلف در مقابل فرسایش می باشد. ساخت هایی مانند شکستگی ها و چین خوردگی های موجود در منطقه نیز در ریخت شناسی منطقه موثر بوده است. جهت تفکیک بهتر مرز واحدهای سنگی- چینه ای در بخش های مختلف منطقه از روش پردازش تصویر انفعالی (Interactive Image Processing) استفاده شده است همانگونه که مشاهده می گردد ناحیه دگرسان شده در تصویر با رنگ روشن مشخص گردیده است (شکل ۲).

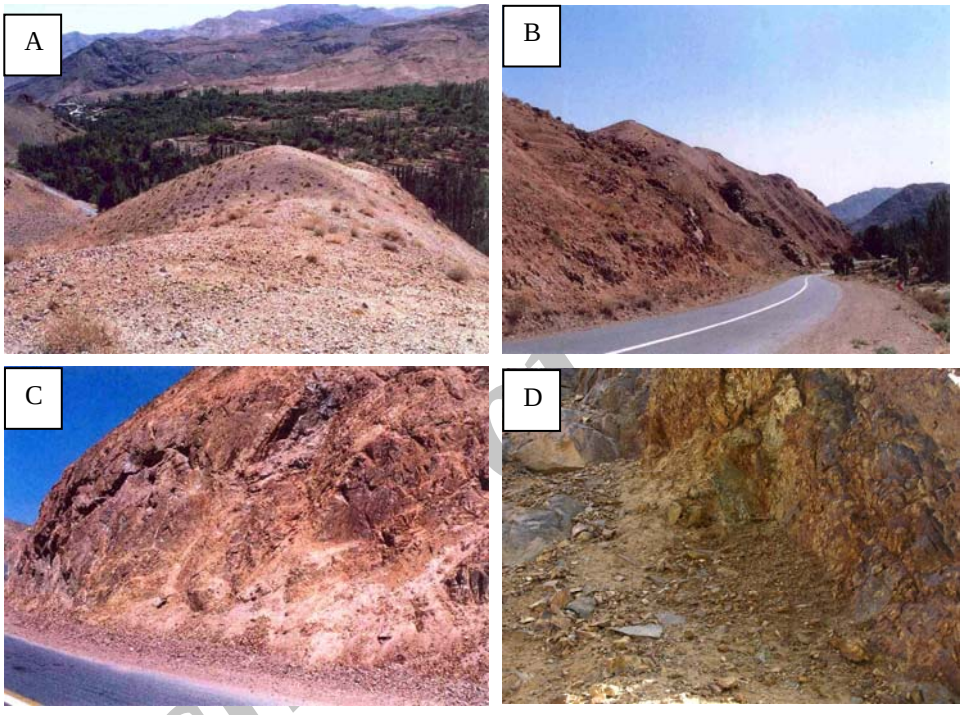


شکل ۲- تصویر ماهواره‌ای پردازش شده از محدوده مورد مطالعه. این تصویر حاصل ترکیب باندهای سنجنده ETM^{+} و باند پانکروماتیک IRS به صورت (RGBI=741+Pan) پس از اعمال فیلتر گذر بالا از نوع (Sharpen 2) و اجرای کشیدگی خطی ۹۹٪ برای هر باند می‌باشد.

www.SID.ir

شناسایی مناطق دگرسانی هیدروترمال

در منطقه مورد مطالعه آلتراسیون سطحی به شدت اثر کرده و سطح منطقه در اثر اکسیده شدن آهن به زردی گرائیده است (شکل۳). تشخیص زونهای دگرسانی هیدروترمال اغلب یکی از اولین کلیدهای دسترسی به منبع کانی سازی در تصاویر رقومی است. معمولا ذخایر معدنی ابتدا در مطالعات صحرایی بوسیله شناسایی دگرسانی هیدروترمال سنگ درون گیر مشخص می گردند. با توجه به مطالعات زمین شناسی که در منطقه صورت گرفته است، پهنه دگرسانی دارای واحدهای سنگی مختلف شامل آهک، ماسه سنگ برشی، داسیت، آندزیت، ریوداسیت و دیوریت می باشد. سنگ های آلتره شده حاوی کلریت، اپیدوت، پیریت و اکسیدهای آهن هستند.



شکل ۳- در منطقه آلتراسیون سطحی به شدت اثر کرده و سطح منطقه در اثر اکسیده شدن پیریت به هماتیت و سپس در اثر جذب آب، اکسید آهن به لیمونیت تبدیل شده و لذا سنگ های منطقه به زردی گرائیده اند.

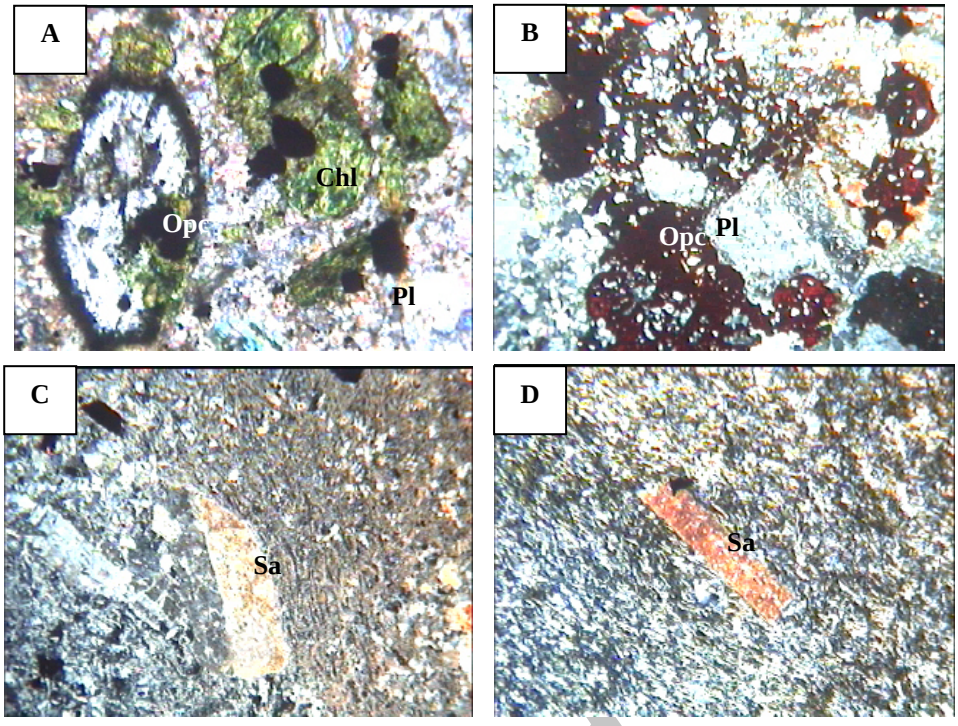
شناسایی نواحی شسته شده سوپرژن

با توجه به حضور کانی های کلریت، اپیدوت، سریسیت و کلسیت در سنگ های منطقه، نوع دگرسانی پروپیلیتی می باشد. در اثر نفوذ دایک های تغذیه کننده گرانودیوریت تا کوارتز دیوریت با سن اولیگومیوسن، منطقه مورد مطالعه تحت تاثیر دگر سانی قرار گرفته است (شکل ۴). در زون های سطحی و مناطق برشی، اکسیداسیون پیریت (FeS_2) باعث تشکیل کانی های اکسیدآهن گردیده، که با رنگ قهوه ای جلب نظر می کنند.

بررسی ژئوشیمیایی

استفاده از خصوصیات شیمیایی یکی دیگر از روشهای معمول در شناسایی مناطق دگرسانی است که امروزه در ژئوشیمی اکتشافی کاربرد فراوانی دارد. در این روش عناصر اصلی و کمیاب جهت شناسایی رفتار عناصر در محیط های مختلف دگرسانی آنالیز می شوند. در این قسمت با استفاده از داده های ژئوشیمیایی، موقعیت سنگ های منطقه در نمودارهای مختلف سنگ شناسی و سری ماگمایی مورد بررسی قرار گرفت (شکل ۵).

Archive of SID
www.SID.ir

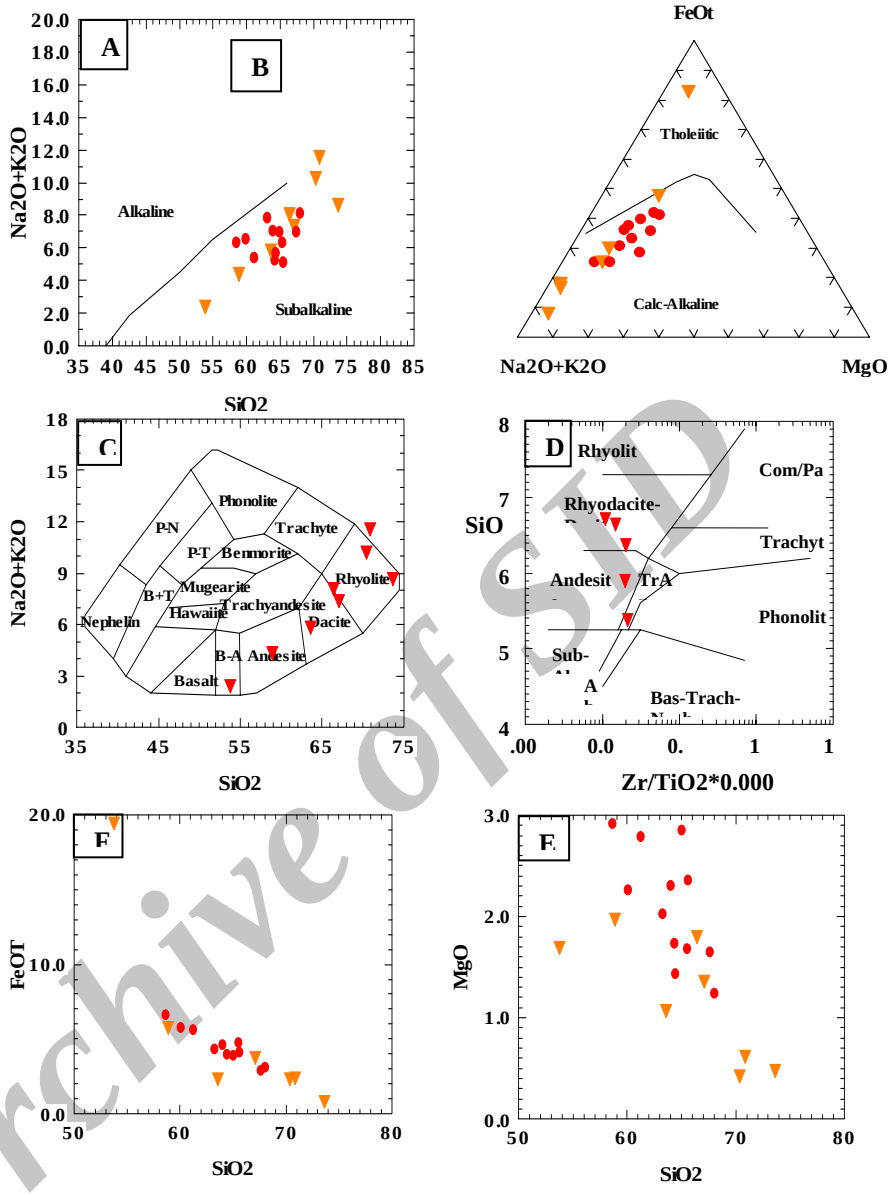


شکل ۴- تصاویر میکروسکپی ازدایک های نفوذی و سنگهای آتشفشانی ائوسن در نور XPL. A= کوارتز دیوریت، سوسوریتی شدن، اپیدوتی شدن و کلریتی شدن در مقطع مشاهده می گردد. B= گرانودیوریت، پدیده سوسوریتی شدن، اپیدوتی شدن، هماتیتی شدن و سیلیسی شدن در مقطع مشاهده می گردد. C= داسیت، که به شدت تحت تاثیر کربناتی شدن واقع شده است، بلور سانیدین در تصویر به خوبی مشاهده می گردد. D= ریوداسیت، سنگ تحت تاثیر کلریتی شدن و به مقدار کمتر کربناتی شدن واقع شده است. بلورهای درشت سانیدین در تصویر مشاهده می گردد.

بررسی دیاگرام های پترولوژیکی نشان می دهد توده های ولکانیک (که با مثلث نشان داده شده اند) و توده های پلوتونیک (از شیریان، ۱۳۸۵ که با دایره نشان داده شده اند) از نوع ساب آلکالن و کالک آلکالن می باشند. همچنین توده های ولکانیک از آندزیت، داسیت و ریوداسیت تشکیل شده اند. بررسی تغییرات عناصر اصلی در مقابل سیلیس در سنگ های درونی و بیرونی منطقه مورد مطالعه نشان دهنده تفریق ماگمایی در این سنگ ها است (شکل ۵). بررسی داده های ژئوشیمیایی توده سنگ در منطقه مورد مطالعه نشان دهنده آنومالی فلزات گرانبها از جمله آنتیموان، نقره، آرسنیک و طلا در سنگ های منطقه است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۵- بررسی داده های ژئوشیمیایی توده های نفوذی و سنگهای آتشفشانی در منطقه برزرود. شکل A- توده های نفوذی و ولکانیک در منطقه مورد مطالعه از نوع ساب آلکالن می باشند (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱). شکل B – بر اساس نمودار AFM، سری ماگمایی سنگهای آذرین درونی و بیرونی از نوع کالک آلکالن می باشند (ایروین و باراگار، ۱۹۷۱). شکلهای C و D- سنگ های ولکانیک از نوع ریولیت، ریوداسیت، داسیت، آندزیت و آندزیت بازالتی می باشند (کاکس و همکاران، ۱۹۷۹) و (وینچستر و فلوید، ۱۹۷۷). شکل های E و F – نشان دهنده تفریق ماگمایی در سنگ های درونی و بیرونی در منطقه برزرود.

با توجه به آنالیزهای شیمیایی این منطقه دارای پتانسیل بالایی از فلزات گرانبها (آنتیموان به میزان ۱۲۷۰۰ ppm، نقره به میزان ۲۵۰۰ ppm، آرسنیک به میزان ۸۹۶ ppm و طلا به میزان ۱۵۰ppb، در توده سنگ) است. همچنین جهت بررسی کانی های در

Archive of SID
www.SID.ir

بردارنده فلزات گرانبها در منطقه مورد مطالعه اقدام به آنالیز مایکروپروب بر روی کانی های مختلف صورت پذیرفت که در نهایت ثابت گردید کانی پیریت در منطقه مورد مطالعه حاوی فلزات گرانبها می باشد. در جدول ۱ نتایج آنالیز نقطه ای بر روی پیریت ها مشاهده می گردد. بررسی عناصر گرانبها در پیریت نشان دهنده آنومالی فلزات آرسنیک، نقره، آنتیموان و طلا در سنگ های منطقه به خصوص سنگ های حاوی پیریت می باشند. مقادیر As، Ag، Sb و Au، می توانند حداکثر ۱۱۷۰ppm، ۱۰۰، ۸۰ و ۱۶۰ ppm باشند. مهمترین عامل کنترل کننده کانسنگ، گسل های منطقه می باشند که با ایجاد یک منطقه برشی شرایط مناسب برای ایجاد کانی سازی را فراهم نموده اند. از عوامل کنترل کننده دیگر می توان به شکاف ها، شکستگی ها، فضاهای خالی، تخلخل سنگ ها و سنگ میزبان مناسب اشاره کرد. بررسی توده های نفوذی اسیدی در منطقه مورد مطالعه نشان می دهد که نه تنها در این توده ها دگرسانی صورت گرفته و کانی های دگرسانی در آنها بوجود آمده است، بلکه اغلب دارای رگه های آپلیتی، پگماتیتی، رگه های کوارتزی و سولفورهای مختلف بوده که در داخل توده ها و حاشیه آنها مشاهده می گردند. در منطقه مورد مطالعه تزریق توده های نفوذی الیگو- میوسن و فرآیندهای تاخیری پس از ماگمایی از مهمترین عوامل مؤثر در دگرسانی و کانی سازی منطقه می باشند.

جدول ۱: نتایج آنالیز کمی برای پیریت در منطقه برزرود (تمامی مقادیر بر حسب درصد می باشند)

Point	S	Fe	Cu	Zn	As	Ag	Sb	Au	Pb	Total
1	51.949	47.064	0.000	0.000	0.072	0.000	0.008	0.012	0.000	99.105
2	51.873	47.210	0.000	0.000	0.070	0.000	0.000	0.016	0.000	99.169
3	51.751	47.191	0.000	0.006	0.164	0.000	0.000	0.000	0.000	99.112
4	51.727	47.336	0.006	0.000	0.082	0.001	0.000	0.000	0.000	99.152
5	51.824	47.218	0.000	0.014	0.117	0.000	0.001	0.011	0.000	99.185
6	51.927	46.985	0.000	0.008	0.089	0.010	0.006	0.000	0.000	99.025

Beam Size: 0 µm **Column Conditions:** 25keV 120nA

عبور آب اکسیژن دار از میان هاله های دگرسانی در محیط های مناسب معدنی، ممکن است باعث دگرسانی زون هیپوژن شود و تولید گوسن (کلاهک آهنی) و لیچینگ (زون شسته شده) بر روی کانسار نماید. پیریت و مارکازیت نقش کلیدی را در این فرآیند بازی می کنند. زیرا آنها در حالت اکسیدی با آب واکنش نشان می دهند و تولید اسیدسولفوریک و سولفات آهن کرده که بر دیگر کانی ها اثر می گذارند. بررسی مقاطع صیقلی در منطقه کانسارسازی دره ابیانه نشان می دهد کانی سازی دارای دو فاز اکسیدی و سولفیدی است. منیتیت اولین کانه اکسیدی است که به صورت متراکم و یا با بافت افشان تشکیل شده و آرسنوپیریت اولین کانه سولفیدی است که به صورت هیپ ایدیومورف و ایزوتروپ پس از منیتیت تشکیل شده است.

آرسنوپیریت در اثر هوازدگی سطحی به هماتیت تبدیل شده و لذا به رنگ قرمز حنایی دیده می شود. با توجه به خصوصییات میکروسکپی آرسنوپیریت به نظر می آید که آنها با کبالت آغشتگی داشته باشند. مطالعات مایکروپروب وجود کبالت در آرسنوپیریت ها را در حد عناصر فرعی و نادر نشان داد.

لازم به ذکر است آنالیز توده سنگ در منطقه برزرود پتانسیل بالای کرم (Cr) حداکثر ۳۸۴ ppm را نشان می دهد. پیریت به صورت ایدیومورف و هیپ ایدیومورف پس از آرسنوپیریت متبلور گشته است. همچنین کالکوپیریت به مقدار کم و به صورت هیپ ایدیومورف دیده می شود که فضای بین کانی های قبلی را پر کرده است. بررسی مطالعات صحرایی و میکروسکپی نشان دهنده آلتراسیون هیدروترمال شدیدی در سنگ های منطقه است. در اثر محلول های گرمابی منیتیت ها از حاشیه بلورها و از

Archive of SID

www.SID.ir

جهت های کریستالوگرافی به هماتیت تبدیل شده اند (مارتیتیزاسیون). همچنین اکسیدهای آبدار آهن شامل لیمونیت و اولیژیست از آلتراسیون منیتیت ها حاصل شده است.

نتیجه گیری

با پردازش داده های رقومی ماهواره ای مناطق دارای پتانسیل کانی سازی، شناسایی شده و در مرحله بعدی کنترل کننده های ساختاری و دگرسانی سنگ میزبان در بر گیرنده کانسار مورد بررسی قرار گرفت. دو گسل با راستای شمال غربی- جنوب شرقی در طرفین ناحیه دگرسان شده نقش اصلی در کنترل محدوده دگرسانی را داشته اند بیشترین نوع کانی سازی در منطقه از نوع کنتاکت متاسوماتیسم و هیدروترمالی و به شکل رگه ای و افشان است که کنترل کننده های ساختمانی از جمله گسلها نقش مهمی در کنترل کانی سازی داشته اند. با توجه به پتانسیل های معرفی شده در منطقه می توان نتیجه گرفت عناصر کالکوفیل (As, Sb, ...) در گامه پایانی تبلور و در رگه ها پدید آمده اند. در منطقه مورد مطالعه شکستگی ها و مناطق برشی شده اکثراً تغییرات گرمابی شدیدی پیدا کرده اند. سریسیتی شدن و کلریتی شدن سنگ های دربرگیرنده و همچنین تشکیل کلریت در مناطق نفوذ رگه ها بارزترین پدیده این تغییرات است. در منطقه پلی متال برزرود، طلا در سری آرسنیک- آنتیموان- طلا مشاهده می گردد و در پی جوئی و اکتشاف آن دگرسانی ها نقش عمده ای دارند. در ضمن از آنجایی که سنگ های این منطقه تحت تاثیر فرآیندهای هیدروترمال بعد از ماگمایی یا دگرسانی متاسوماتیک واقع شده اند، پتانسیل بالایی از نظر کانسار سازی در آنها ایجاد شده است. با توجه به آنالیزهای شیمیایی این منطقه دارای پتانسیل بالایی از فلزات گرانبها (آنتیموان به میزان ppm ۱۲۷۰۰، نقره به میزان ppm ۲۵۰۰، آرسنیک به میزان ppm ۸۹۶ و طلا به میزان ppb ۱۵۰، در توده سنگ) است. در پایان می توان نتیجه گرفت کانی سازی در منطقه از نوع هیدروترمالی است و به دو شکل رگه ای و افشان مشاهده می گردد، اما بیشترین نوع کانی سازی به شکل رگه ای است و کنترل کننده های ساختمانی از جمله گسلها نقش مهمی در کنترل کانی سازی داشته اند.

منابع

حاج حیدری، ع.، ۱۳۸۲، بررسی منطقه دگرسانی در ارتباط با کانی سازی طلا در جنوب کاشان با استفاده از سنجش از دور، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه صنعتی شاهرود، ۱۳۱صفحه.

زاهدی، م.، ۱۳۷۰، شرح نقشه زمین شناسی چهار گوش کاشان، مقیاس ۱/۲۵۰۰۰ شماره ف ۷، سازمان زمین شناسی کشور، تهران.

زفرقندی، م.، ۱۳۵۷، مطالعه زمین شناسی و پترولوژی سنگ های آذرین ناحیه شمال ابیانه، بین کاشان و نطنز، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۰۰ صفحه.

شیریان، ف.، ۱۳۸۵، پتروژنز گرانیتوئیدها و انکلاوهای کوه هیمند (شمال غرب نطنز)، پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه اصفهان.

صفایی، ه. و شریفی، م.، ۱۳۷۹، گزارش پایانی طرح پژوهشی صنعت و معدن تحت عنوان پی جوئی و اکتشاف طلا در استان اصفهان با استفاده از داده های رقومی ماهواره ای، دانشگاه اصفهان.

Cox, K.G., Bell, J.D., Pankhurst, R., 1979. The interpretation of igneous rocks: London, George Allen and Unwin, 450p.

Irvine, T.N., Baragar, W.R.A., 1971. A guide to the chemical classification of the common volcanic rocks: Canadian Journal Earth Sciences 8, 523-548.

Rencz, A.N., 1998. Remote sensing for the Earth sciences manual of Remote sensing: 3rd end., vol. 3, American Society for photogrammetry, New York, 707p.

Scanvic, J.Y., 1997. Aerospatiale remote sensing in geology, A.A. Balkem-Rotterdam / Brookfield, 217p.

Archive of SID
www.SID.ir