

مطالعه پترولوازی، ژئوشیمیایی و ژنز فیروزه باغو-دامغان

سasan لیاقت^۱، وحیده شیخی^{*}^۱، محسن نجارتان^۲

^۱بخش علوم زمین، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران

^۲سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی، تهران، ایران

* مسئول مکاتبات-آدرس الکترونیکی: vahideh_sheykhi@yahoo.com

(دریافت: ۸۶/۹/۱۷؛ پذیرش: ۸۷/۷/۴)

چکیده

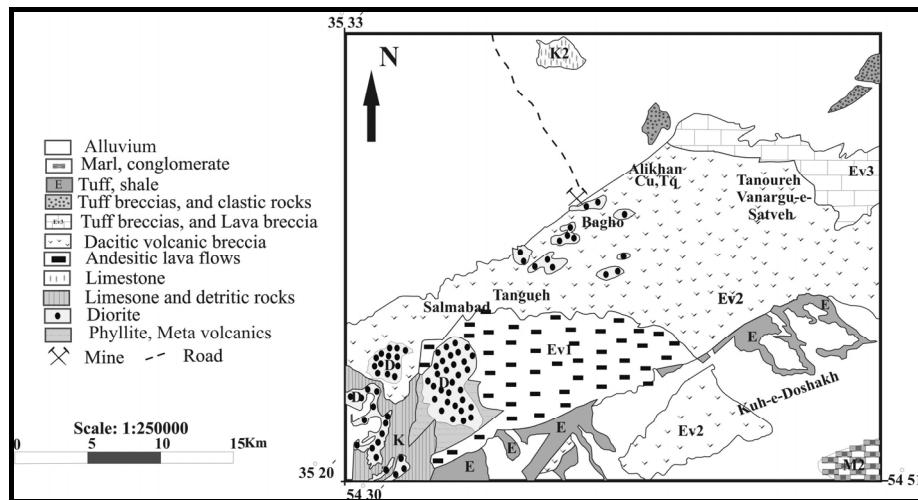
کانسار فیروزه باغو واقع در کمریند آتشفسانی-نفوذی، ترود-چاه شیرین به سن اثوسن میانی تا میوپلیوسن است. واحدهای سنگ چینه ای منطقه شامل دو واحد رسوبی مارن دوظهیر و کنگلومراز فجن درزیر و تنابی از سنگهای با ترکیب حدواتسط تا اسیدی شامل آندزیت، ریولیت، گرانودیبوریت و داسیت می باشد که فیروزه به صورت رگله ها و رگه هایی به ضخامت ۴ میلی متر تا ۱/۲ سانتی متر و همچنین به صورت دانه پراکنده در سنگهای گرانودیبوریتی و داسیتی تشکیل شده است. به منظور دستیابی به یک مدل جامع در مورد تشکیل فیروزه در منطقه مطالعات صحرایی و ساختمانی، میکروسکوپی و پتروگرافی، ژئوشیمیایی، طیف فروسرخ IR و میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM صورت گرفت. مطالعات صحرایی و ساختمانی نشانگر پیروی ساختاری منطقه از الگوی شکستگی های برشی ریدل و جایگیری فیروزه در شکستگی های دارای مؤلفه فشارشی (P) می باشد. مطالعات میکروسکوپی بروی مقاطع نازک و صیقلی حضور دو فاز کانه زایی هیپوژن و سوپرژن را به اثبات رسانید که در همین راستا عملکرد فاز کانه زایی سوپرژن در دو زون اکسیدان و غنی ثانویه مشخص شد. پیریت، کالکوپیریت، گالن و طلاطی مرافق هیپوژن، هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت)، آنگلریت، کوپریت، مارکازیت، مالاکیت و آزوریت در زون اکسیدان و کوولیت و کالکوکسیت در زون غنی سازی ثانویه تشکیل شده است. آنچه مسلم است فیروزه آخرین فاز کانه زایی در منطقه است چراکه رگه ها و دانه های پراکنده فیروزه تمام کانه زایی های پیشین را قطع کرده و یا به صورت میان بار در بر گرفته اند. مطالعات IR و SEM روند تدریجی تشکیل فیروزه از آلونیت و گرهک های آلومین دار را به اثبات رسانید. در نهایت بر اساس مطالعات صورت گرفته مدل تشکیل فیروزه در منطقه باغو ارائه شد.

واژه های کلیدی: باغو، فیروزه، گرانودیبوریت، داسیت، آلونیت، ایران.

مقدمه: کانسار فیروزه (Turquoise) با فرمول شیمیایی $Cu Al_6 (PO_4)_4 (OH)_8 \cdot 5H_2O$ از دیر باز به عنوان یک گوهر قیمتی مطرح بوده است. مهم ترین نوع فیروزه جهان، فیروزه ایرانی می باشد. از معادن مهم حال حاضر در ایران می توان به معن نیشابور، باغوی دامغان، شهر بابک کرمان و یخ آب کاشمر اشاره نمود.

کانسار باغو واقع در ۹۰ کیلومتری جنوب خاور دامغان و در میان بروندهای آتشفسانی-نفوذی دامنه شمالی کوه ترود-چاه شیرین به سن اثوسن میانی تا میوپلیوسن واقع شده است (شکل ۱، درویش زاده ۱۳۷۰). عملیات استخراج در این معن در ۴ تونل انجام گرفته است، فعالیت و استخراج هر یک از تونل ها بیشتر دنباله رو رگه های فیروزه بوده است. بر اساس آمار موجود تا سال ۱۳۶۷، ۸۰۵۰ کیلوگرم فیروزه از این کانسار استخراج شده و میزان ذخیره احتمالی باقی مانده آن ۴۰۵۷۰ کیلوگرم تخمین زده می شود (خاکزاد ۱۳۶۷). موحد اول (۱۹۶۷) به احتمال وجود مس پورفیری در این منطقه اشاره می کند

در منطقه مورد بررسی کانی سازی مس و سرب، و به مقدار کمتر روی



شکل ۱- نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه.

زمین شناسی منطقه

خرنمن های منطقه باغو بخشی از کمان آتشفسانی-نفوذی ترشیاری است که بین دو گسل انجیلو در شمال و ترود در جنوب محدود شده اند. روند عمومی این بروزنهها شمال خاور-جنوب باختر است (درویش زاده ۱۳۷۰). توالی سنگ چینه ای منطقه باغو به ترتیب از پائین به بالا شامل واحدهای رسوبی کنگلومراپی فجن (ائوسن زیرین) و مارن دو ظهیر (لوتسین بالایی تا شروع اائوسن بالایی)، توده های دیوریتی تا گرانودیوریتی و بندرت گرانیتی (ائوسن پسین-الیگوسن) و دایک های بازیک و توده های نیمه عمیق پورفیریک (میوپلیوسن) می باشد (جدول ۱). سنگهای آتشفسانی ترکیب آندزیتی داشته و به صورت توالی ضعیفی از توفها و گدازه های سیز-خاکستری تظاهر دارند که توسط توده های کوچک دیوریتی و گرانودیوریتی و دایک های مربوطه قطع شده اند (هوشمندزاده و همکاران ۱۳۵۷). واحد های آذرین تحت فرایندهای گرمابی به شدت دگرسان شده اند.

و منگنز به طور رگه ای در میان سنگهای آتشفسانی ترشیاری با ترکیب کالکوزین، مالاکیت، کوپریت-کالکوپیریت، گالن و اسفالتیت دیده می شود، که اکنون به شکل معادن متروکه در منطقه پراکنده اند. بطور کلی فیروزه باغو در مجاورت گرانودیوریت ها، آپلیت های گرانودیوریتی و داسیت ها دیده می شود، که به عنوان مهم ترین سنگ میزبان رگچه ها، رگه ها و دانه ها ای پراکنده فیروزه محسوب می شوند. همچنین در سنگهای داسیتی و دیگر بخش های دگرسان شده منطقه، دانه های پراکنده فیروزه به چشم می خورد. کانی طلا و فیروزه در منطقه کوه زر (واقع در یال شمالی رشته کوه منطقه) در گذشته استخراج می شده است. کانی سازی مس، سرب و روی، فیروزه و طلا در داخل سنگهای آتشفسانی مذکور تشکیل شده است.

در این پژوهش با استفاده از مطالعات صحرایی، میکروسکوپی و پتروگرافی، آزمایشات ژئوشیمی، طیف IR و میکروسکوپ الکترونی روبشی SEM سعی در ارائه یک مدل احتمالی تشکیل فیروزه در منطقه باغو گردیده است.

جدول ۱- ستون سنگ چینه نگاری منطقه باغو (درویش زاده ۱۳۷۰).

دایکهای داسیت پورفیری: قاطع توده میکرودیوریتی و گرانودیوریتی به رنگ زرد روشن تا صورتی با ساختار پورفیری با طول حدود ۷۰۰ متر و ۵ تا ۱۰۰ متر ضخامت. و شبیه ۴۵ تا ۶۰ درجه به طرف جنوب شرقی. دایکهای آندزیتی به رنگ سیز و خاکستری-روندهای شمال شرقی-جنوب غربی با ضخامت ۰/۵-۱/۵ و طول ۱۰/۱ متر تا بیش از ۸۰ متر.

میو-پلیوسن

توده نفوذی گرانودیوریتی قاطع توده میکرودیوریتی به رنگ خاکستری روشن تا صورتی، سنگ میزان رگه سیلیسی طلا دار و دارای انکلاوهایی در توده میکرودیوریتی

توده های دیوریتی تا گرانودیوریتی و به ندرت گرانیتی (قاطع مجموعه پیروکلاسیک ایوسن)

توده ها، دایکها و استوکها ای میکرودیوریتی با روند شمال شرق-جنوب غرب با شبیه ۴۵-۶۰ به طرف جنوب شرق-

ائوسن

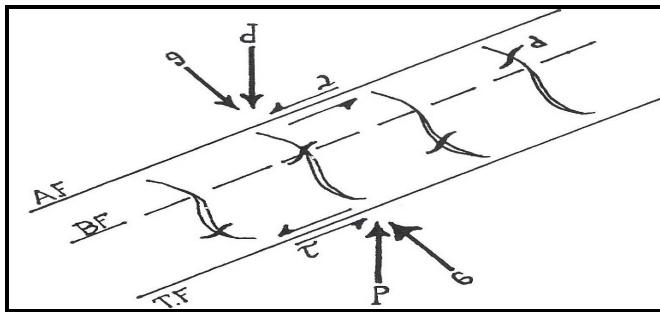
سنگهای آتشفسانی پیروکلاسیک (گدازه های داسیتی تا آندزیتی + بروزنهای موضعی از لاوا-برش

واحد مارن دو ظهیر: مارن گچدار، ماسه سنگ و کنگلومرا (علوی نایینی ۱۹۷۲)

لوتسین بالایی تا شروع ایوسن بالایی

افق کنگلومراپی فجن دارای نومولیت و دیسکوکلینانه

ائوسن زیرین

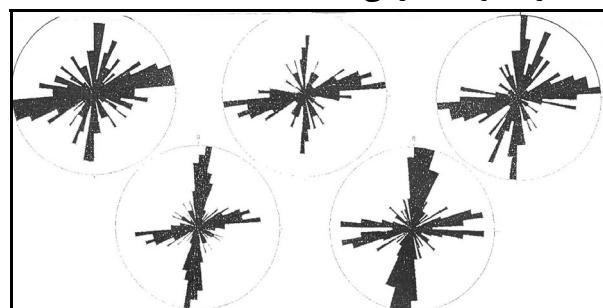


شکل ۳: مدل تکتونیکی منطقه باغو (برگرفته از گزارش سازمان زمین‌شناسی ۱۳۵۱).

زمین ساختاری منطقه

جهت شناسایی چگونگی تشکیل کانسار، حدود ۲۰۰ درزه در پیمایش های مختلف، از زون های دگرسانی، دایک های پورفیریک و نیز توده های دیوریتی-گرانودیوریتی و از رگه های دارای کانه زایی و فاقد آن برداشت گردید و سپس بر روی نمودارهای گلسربخی توجیه شد و وضعیت ساختمنی و نحوه توزیع درزه ها (الگوی درزه ای) مورد مطالعه ساختاری و بافتی قرار گرفت (نجاران ۱۳۷۹). برطبق این مطالعات درزه های منطقه را می‌توان به دو نوع درزه های تکتونیکی منظم و نامنظم تقسیم کرد. به دلیل اینکه سنگهای منطقه آذربین نفوذی می‌باشند و این سنگها، در واکنش به نیروهای زمین ساختی دارای مقاومت ژئومکانیکی بالایی هستند، دچار شکستگی های فراوان گردیده اند که از نظم تکتونیکی برخوردار می‌باشند. به علاوه بر اثر انقباض ناشی از سرد شدن این سنگها، شکستگی های نامنظمی به وجود آمده است.

پس از بررسی درزه های منظم بر روی نمودار گلسربخی آثار دو تمکر زعمده به مختصات E 75SE, N65E و N58E در این نمودار قابل تشخیص است (شکل ۲). این دو سیستم کم و بیش به موازات گسله باغو و متأثر از آن بوده و با یکدیگر حالت مزدوج را تشکیل می‌دهند. این دو روند اصلی درزه، در بیشتر جاهای کانه زایی فیروزه همراه است. همچنین در تمامی نمونه های آزمایشگاهی و طبیعی راستای لغزش برای شکستگی های P, R و Y همانند گسل بی‌سنگی اصلی است و برای شکستگی های برشی R مخالف آن است. با توجه به شکل ۳ گسل های ترود و باغو به عنوان اصلی ترین و مهم ترین گسل های منطقه مورد مطالعه، به گونه ای نسبت به یکدیگر جهت گیری کرده اند که موجب ایجاد یک پهنه برشی چبکرد در منطقه شده اند. برداشت مشخصات هندسی و مکانیزم گسلها و شکستگی های ثانویه در این پهنه برشی (بر اساس مطالعات درزه نگاری)، تطابق کامل آنها با گسلها و شکستگی های R, P, T, Y موجود در پهنه های برشی به اثبات می‌رساند. همین مطالعات بر روی درزه های دارای کانه زایی، نشانگر تطابق کامل بین درزه های دارای کانه زایی و شکستگی های گروه P (دارای مؤلفه فشارشی) است.



شکل ۲: نمودارهای گلسربخی درزه های منطقه باغو.

روش کار

نمونه برداری از سنگهای دگرسان شده و تازه جهت مطالعات پتروگرافی و تجزیه عناصر اصلی و کمیاب انجام گرفت. بررسی پتروگرافی و مینرالوگرافی با استفاده از مقاطع نازک و صیقلی و با میکروسکوپ پتروگرافی در دانشگاه شیراز صورت پذیرفت. در تکمیل مطالعات فوق، تعداد ۱۵ نمونه از سنگ های منطقه برای مطالعات XRD مورد بررسی قرار گرفت. به منظور انجام مطالعات ژئوشیمیایی ۲۲ نمونه از منطقه به روش شیمی تر در آزمایشگاه ژئوشیمی دانشگاه شیراز مورد تجزیه قرار گرفتند. علاوه بر آن برای مطالعات عناصر خاکی نادر (REE) و عناصر کمیاب تعداد ۹ نمونه به صورت سیستماتیک از کلیه توده های نفوذی و خروجی انتخاب و به روش فعال سازی نوترونی و توسط آزمایشگاه راکتور مینیاتوری اصفهان تجزیه شدند. آزمایش طیف IR از کانی فیروزه به منظور اثبات روند تدریجی تبدیل آلونیت به کانی فیروزه مورد استفاده قرار گرفت و نهایتاً مطالعات SEM به وسیله دستگاه Stereo Scan Leica Cambridge مدل Leica Cambridge در بخش مواد دانشکده مهندسی دانشگاه شیراز صورت پذیرفت (نجاران ۱۳۷۹).

پتروگرافی سنگ های آذربین منطقه

در بررسی پتروگرافی بیش از ۳۰ مقطع نازک از سنگهای منطقه که به طور سیستماتیک از قسمتهای مختلف توده های سنگی و همبrij آن ها برداشت شده بود، مورد مطالعه قرار گرفته اند. پس از بررسی، مهم ترین سنگ های بیرونی شامل آندزیت، داسیت و ریولیت، و مهم ترین سنگ های درونی شامل دیوریت، کوارتز دیوریت و گرانودیوریت تشخیص داده شدند. آندزیت سنگ غالب در منطقه را شامل می‌شود و اغلب دارای ساختار پورفیری تا میکروپورفیری اند. فلدسپات غالب در آنها از نوع پلاژیوکلآلز آندزین-الیگوکلآلز می‌باشد که اغلب به صورت خودشکل می‌باشد. زونینگ در اغلب آنها مشاهده شده و فرایندهای سرسیتی شدن به طور گسترده و کربناتی شدن و سوسوریتی شدن با شدت کمتر در آنها اثر کرده است. بلورهای آمفیبول و بیوتیت اکثرا به اکسیدهای آهن و کلریت تجزیه شده‌اند. از کانی فرعی آندزیت می‌توان

جدول ۲: نتایج آنالیز نمونه های مورد مطالعه به روش پراش اشعه ایکس (XRD)

Sample.No	Mineral Assemblage	Results
B1	Chlorit+Epidote+Carbonate(Calcite)	Propylitic
B2	Qz+Sericite+Pyrite	Sericite
B3	Clay Minerals(Kaolinite, Alunite)	Argilic
B4	Clay Minerals(Kaolinite, Alunite)	Argilic
B5	Chlorit+Epidote+Carbonate(Calcite)	Propylitic
B6	Chlorit+Epidote+Carbonate(Calcite)	Propylitic
B7	Qz+Sericite+Pyrite	Sericite
B8	Qz+Sericite+Pyrite	Sericite
B9	Epidote+Chlorite+Carbonate(Calcite)	Propylitic
B10	Clay Minerals(Kaolinite, Alunite)	Argilic
B11	Qz+Sericite+Pyrite Mino(Chl+Cal+Epi)	Sericite+Propylitic
B12	Clay Minerals(Kaolinite, Alunite)	Argilic
B13	Epidote+Chlorite+Carbonate(Calcite)	Propylitic
B14	Qz+Sericite+Pyrite	Sericite
B15	Qz+Sericite+Pyrite	Sericite

دگرسانی پروپلیتیک با فاصله از توده گرانوپوریت و بیشتر در سنگهای آندزیت توسعه یافته است. این دگرسانی در منطقه همراه با کلریت شدن، اپیدوتی شدن، کربناتی شدن و نیز تشکیل کانی های اپاک ثانویه (بیشتر پیریت) می باشد. دگرسانی آرژیلیک با توسعه کانی های رسی بر اثر دگرسانی پلاژیوکلازها و فلدوپات های پتابسیک همراه است. دگرسانی موجود در منطقه باغو از نوع آرژیلیک پیشرفت می باشد. زیرا کانی های سرسیت، کوارتز، تورمالین و آلونیت با کانی های رسی (به طور معمول) همراهند. آلونیتی شدن یک محصول ثانویه دگرسانی آرژیلیک است، که به دلیل گسترش زیاد آن در منطقه و اهمیت در تشکیل فیروزه به عنوان دگرسانی مجزا در منطقه باغو در نظر گرفته می شود. به طور کلی این دگرسانی تحت تاثیر فرایندهای گرمابی-متاسوماتیک و تاثیر آبهای جوی به وجود می آید. با توجه به مطالعات میان بارهای سیال در رگه های کوارتز بخشهای آلونیتی، به نظر می رسد که فرایندهای گرمابی-متاسوماتیک در تشکیل این دگرسانی بی تاثیر نبوده است. اما گسترش زیاد آن در سنگهای منطقه (به ویژه گرانوپوریت، ریولیت و داسیت) تاثیر فرایندهای جوی را روشن می سازد. از طرفی وجود گرهک های آلونیت که در مطالعات XRD مشخص شده است (خاکزاد ۱۳۶۷)، نشان داد که فرایندهای جوی نظیر محلول های گوگرد دار قلیایی همراه با آبهای اکسید کننده روی زمین و تاثیر آنها بر سنگهای حدوداً-اسیدی نقش مهمی بر تشکیل آلونیت منطقه باغو داشته اند. مهمترین محصولات آلونیتی شدن، کانیهای آلونیت یا زاج سفید $KAl_8(OH)_6(SO_4)_2$, $KAl(SO_4)_2 \cdot 12H_2O$ و ناتروالونیت $KFe(OH)_6(SO_4)_2$, زاج پتابسیم دار $NaAl(OH)_6(SO_4)_2$ است. دگرسانی سرسیت با حضور کانی های

به تورمالین اشاره کرد. سنگهای داسیت، عموماً دارای ساختار پورفیری می باشند و به طور وسیعی آرژیلی و سرسیتی شده اند. پلاژیوکلازهای خودشکل سرسیتی شده و کلسیتی شده، و آمفیبول های تجزیه شده به اکسیدهای آهن و کلریت از کانی های بارز در این سنگها می باشد. منشورهای سوزنی تورمالین، که گاه تا ۲۰٪ حجم سنگ را در بر می گیرد، در مقطع دیده می شود. زمینه سنگ نیز شامل ریز بلورهای کوارتز، سوزن های آمفیبول، اپیدوت، کلریت، کلسیت، مسکویت، کانیهای اپاک، اکسید آهن و ریز بلورهای آپاتیت است. ریولیت ها نیز به مانند دیگر سنگهای خروجی دارای بافت پورفیری می باشند. فنوکریست های خودشکل پلاژیوکلاز با ساختارهای دو قلویی آبیت تحت تاثیر فرایندهای دگرسانی و هوازدگی، به طور گستردگ سرسیتی و آرژیلی شده اند.

در سنگهای دیوریتی پلاژیوکلازهای خودشکل بیش از ۴۰٪ سنگ را در بر می گیرند. دگرسانی دیوریتها شامل سرسیتی شدن و تجزیه آمفیبول ها به اکسیدهای آهن و کلریت می باشد. در مقاطع نازک از سنگ دیوریت علاوه بر کانی های گفته شده کانی های اپاک، اکسیدهای آهن و اسفن ملاحظه گردید. گرانوپوریت داری ساختار غالب دانه ای بوده و کوارتز حدود ۱۰٪ سنگ را در می گیرد. پلاژیوکلازهای خودشکل حدود ۵۰٪ در این سنگها و دارای انکلوزیون هایی از آپاتیت می باشند. کانی بیوتیت دارای میانبارهایی از آپاتیت و زیرکن می باشد. تورمالین زایی که به طور معمول در مجاورت رگه های کانه زایی تحت تاثیر عملکرد سیالات کانه ساز با کوارتزدیوریت رخ داده است، از دیگر شاخص های این سنگها می باشد. تفکیک کوارتزدیوریت از گرانوپوریت به دلیل مرز تدریجی آنها، در مطالعات صحرایی بسیار مشکل است. سنگهای گرانوپوریت-گرانیتی، توده نفوذی دیوریتی را قطع نموده و به عنوان اصلی ترین میزبان رگچه ها و رگه های فیروزه به حساب می آیند. از بلورهای کوارتز خردشده-پلاژیوکلازهای حدوداً-اسیدی (الیگوکلاز-آبیت) آرژیلی شده، سرسیتی شده، و سوسوریت شده-بیوتیت هایی که از حاشیه به کانی های کلریت و مسکویت دگرسان شده و دارای انکلوزیون های آپاتیت-آمفیبول های دگرسان شده به اپیدوت، کلریت و بیوتیت، و فلدوپات های آلکالن، و از کانی های فرعی اسفن و زیرکن تشکیل شده اند.

مطالعات دگرسانی

به منظور مطالعه دگرسانی در منطقه باغو، حدود ۲۰ نمونه مقطع نازک از سنگهای دگرسان شده منطقه تهیه شده و مورد بررسی میکروسکوپی قرار گرفتند. از طرفی مطالعات پراش اشعه ایکس (XRD) بر روی ۱۵ نمونه از سنگهای دگرسان شده منطقه نیز صورت پذیرفت که تأیید کننده مطالعات میکروسکوپی می باشد (جدول ۲). توجه به مطالعات فوق دگرسانی ها به شرح ذیل می باشند:

در امتداد سطوح رخ و در حاشیه گالن نیز مربوط به زون اکسایش می باشد (Romdor 1984).

کانی زایی در زون غنی سازی ثانویه: این زون، مابین زون اکسایش (در بالا) و زون کانه زایی هیپوژن (در پائین) قابل شناسایی است. کانی های سولفیدی سوپرژن مس که در این زون تشکیل شده‌اند شامل کوولیت و کالکوپیریت می باشد. در بسیاری از مقاطع جانشینی حاشیه ای کانی کالکوپیریت و کوولیت مشاهده می گردد.

مطالعات میکروسکوپی نشان می دهد که کانی فیروزه در اکثر موارد بصورت نهان بلور تا آمورف است و ساختار ریز کره ای (Spheroidal) در آن بخوبی دیده می شود. آنچه بیش از همه در مقاطع آشکار است، حضور فیروزه بصورت شکافه پرکن و بعنوان آخرین فاز کانه زائی است. از طرفی دانه و قلوه های پراکنده فیروزه نیز کانیهای دیگر را بصورت میانبار محصور کرده است. در بسیاری از نمونه های ناخالص فیروزه هاله های صورتی رنگی با حاشیه ای تدریجی در متن این کانی دیده می شود. این هاله های صورتی رنگ کانی آلونیت غنی در K می باشد. آزمایشات خوردگی شیمیایی (Etching) با اسید کلریدریک (با غلظت های مختلف ۰.۵٪ تا ۳٪) نشاندهنده ساختارهای منطقه ای و لایه ای در کانی فیروزه است که دلالت بر تشکیل تدریجی فیروزه دارد. مطالعات میکروسکوپی نشان می دهد که هر چه رنگ فیروزه به آبی نزدیک تر می شود از میزان آغشته‌ی هیدروکسیدهای آهن اطراف آن کاسته می‌شود، که بدلیل ورود کاتیون آهن به چرخه تشکیل کانی فیروزه می باشد، بطوریکه هرچه میزان کاتیون آهن در فیروزه بالاتر رود رنگ فیروزه به آبی متمایل تر می گردد.

مطالعات ژئوشیمی

عناصر اصلی

به منظور درک صحیح رخداد فرایندهای مختلف کانه زایی در منطقه باغو، لزوم شناخت دقیق تر توالی سنگ شناختی در منطقه، بررسی سری های ماقمایی و توزیع عناصر در سنگهای منطقه، ۲۲ نمونه از سنگهای درونی و خروجی منطقه انتخاب و مورد تجزیه قرار گرفتند که نتایج در جدول ۳ و ۴ ملاحظه می گردد.

پس از بررسی نمونه ها در نمودار ویلسون (1989)، انطباق کلیه نمونه ها در گستره دیوریت و گرانیت (سینودیوریت، دیوریت، گرانودیوریت و گرانیت) ملاحظه گردید (شکل ۴A). سنگ های خروجی نیز بر روی نمودار پرس و肯 (1973)، منطبق شده و در منطقه آندزیت تا داسیت (آنزیت، تراکی آندزیت، ریوداسیت و داسیت) قرار گرفتند (شکل ۴B).

بر اساس جدول ۳ و ۴ کلیه سنگ های منطقه، میزان تقریبا بالای Al_2O_3 , FeO و Fe_2O_3 را دارا بوده و بالاتر بودن P_2O_5 در توده های نفوذی نسبت به سنگهای خروجی نشان دهنده اسیدی تر بودن چنین

سرسیت به همراه مقداری کوارتز و پیریت مشخص می شود. دگرسانی سرسیتی در منطقه باغو به مقدار زیادی در ارتباط با رگه های کانه زایی مس و طلا و نزدیک به توده گرانودیوریت است. دگرسانی پتاسیک با ظهر فلدسپات های پتاسیک جدید و بیوتیت ثانویه مشخص می شود. بیوتیت ثانویه به صورت دانه پراکنده و کوچک در متن سنگ یا به اشکال مجازی آمفیبول ملاحظه می گردد. بیوتیت در نزدیکی همبری بین آندزیت و توده گرانودیوریت و حاشیه رگه های مس و طلدار مشاهده می شود.

مطالعات کانه زایی

بر اساس مطالعات انجام شده، در مجموع می توان کانه زایی منطقه مورد مطالعه را به دو زون هیپوژن و سوپرژن تقسیم کرد. کانه زایی در زون هیپوژن: مطالعات نشان می دهد کانه زایی هیپوژن که شامل کانه زایی مس و طلا در منطقه باغو می باشد، در اثر نفوذ محلول های گرمابی در زون های گسلیده و بررشی، به وقوع پیوسته است. وسعت زون های بررشی موجود که حاصل نیروهای بررشی حاکم بر منطقه می باشد از عمق به سطح افزایش می یابند. گرچه نمی توان از نقش فشار هیدرواستاتیکی محلول های گرمابی نفوذکننده نیز غافل بود. فرایندهای کانه زایی هیپوژن که در منطقه باغو از الگوی رگه ای پیروی می کند، عمدتاً به صورت شکافه پرکن (Open space filling) عمل کرده است که دارای ساختار داخلی لایه ای ریتمی (Rhythmic banding structure) و ساخت تاج خروسی (Comb structure) می باشد. از مهم ترین کانه های زون هیپوژن می توان به پیریت، کالکوپیریت، گالن، دانه های پراکنده طلا و آرسنوبیریت اشاره کرد.

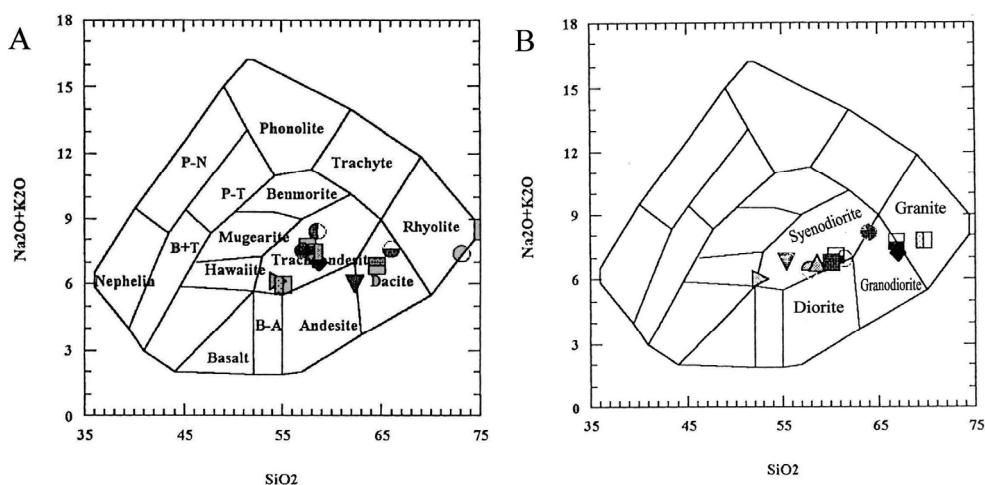
کانه زایی در زون اکسیدان: به دلیل کنترل های ساختاری و رگه ای بودن کانی سازی باغو که کلا در امتداد زون های بررشی و گسله صورت گرفته است، آب های جوی به راحتی تا اعمق زیاد نفوذ کرده و زون های مینرالیزه اولیه (پیریت، کالکوژیت و گالن) را تحت تاثیر قرار داده و تشکیل اکسیدهای آبدار (گوتیت، لیمونیت و لپیدولیت)، کربنات های مس دار (آزوریت و مالاکیت)، کوپریت و تیغه های هماتیت داده است. شاید بتوان هماتیت را به عنوان مهم ترین حاصل فرایندهای زون اکسایش در نظر گرفت. مطالعات میکروسکوپی نشانگر همچواری کانی هماتیت به صورت سوزنی و تیغه ای و به فرم ساختار جعبه ای (Boxwork structure) با قطعات بررشی و رگه ها (شامل مس، طلا و رگه های فیروزه) می باشد. وجود ساختار جعبه ای از شواهد عده تاثیر فرایندهای هوازدگی و تشکیل ثانویه کانه می باشد (Craig & Vaughan 1981). در پاره ای از مقاطع نیز جانشینی هیدروکسیدهای (Colloform structure) آهن به جای پیریت و با یک ساختار قله ای مشاهده می شود. این ساختار نیز از شواهد تشکیل ثانویه هیدروکسیدهای آهن در زون اکسایش می باشد. تشکیل کانی آنگلزیت

جدول ۳: نتایج شیمی تر نمونه سنگ های خروجی منطقه باغو.

(٪) نمونه	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
<i>SiO₂</i>	۵۲/۴۸	۶۰/۱۸	۵۷/۰۲	۶۴/۲۲	۵۸/۷۲	۵۷/۴۶	۵۴/۱	۶۴/۵۹	۵۸/۲۱	۵۸/۵۷	۷۳/۱
<i>TiO₂</i>	۰/۱۸	۰/۱۶	۰/۷۴	۰/۱۵	۰/۶	۰/۶۸	۰/۷۲	۰/۱۱	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۷
<i>Al₂O₃</i>	۱۷/۰۲	۱۵/۲۶	۱۶/۰۴	۱۵/۶۹	۱۵/۹۸	۱۶/۱۲	۱۷/۰۳	۱۷/۶۲	۱۷/۸۹	۱۷/۵۷	۱۶/۳۴
<i>Fe₂O₃</i>	۲/۹۷	۵/۹۲	۳/۸۹	۱/۱۴	۳/۱۴	۳/۲۲	۳/۳۱	۲/۱۵	۲/۲۷	۲/۴۲	۱/۵۶
<i>FeO</i>	۴/۰۱	۰/۱۳	۲/۶۴	۲/۱۰	۳/۰۶	۳/۲۸	۴/۰۴	۱/۹۵	۵/۱۶	۴/۰۴	۰
<i>MnO</i>	۰/۱۶	۰/۰۱	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۰۴
<i>MgO</i>	۵/۲۱	۰/۰۶	۳/۶۴	۱/۹۹	۳/۵۳	۳/۶۵	۵/۰۰	۱/۴۹	۴/۱۱	۴/۱۷	۰/۰۱
<i>CaO</i>	۵/۳۷	۰/۰۶	۶/۱۸	۱/۰۹	۵/۹۳	۴/۷۸	۶/۴	۴/۷۶	۴/۴۹	۲/۱۲۹	۰/۱۸۵
<i>Na₂O</i>	۴/۲۲	۰/۰۱	۴/۲۱	۳	۳/۹	۳/۶۹	۳/۴۲	۲/۷۲	۳/۸۴	۴/۱۳	۳/۸۵
<i>K₂O</i>	۱/۱۹	۵/۳۷	۳/۲۵	۴/۵۷	۳/۱	۳/۹۹	۲/۵۱	۴/۰۹	۳/۷۶	۴/۲۳	۳/۵۱
<i>P₂O₅</i>	۰/۰۳	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۲۶	۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۸	۰/۰۳	۰/۰۲۴	۰/۰۷
<i>H₂O</i>	۲/۹۳	۳/۳۴	۰/۰۸۸	۲/۱۵	۰/۰۸	۱/۱۲۶	۱/۰۴۳				
<i>LOI</i>	۲/۰۳	۶/۷۸	۰/۰۸۳	۲/۰۲	۰/۰۸	۱/۱۲۲	۱/۰۵۸				
(ppm)	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11
<i>Sr</i>	۸۴۰	۶۸۶	۱۱۱	۲۱۷	۹۲۸	۸۸۷	۷۵۳				
<i>Rb</i>	۴۷	۱۹۸	۹۰	۲۲۰	۱۰۰	۱۰۳	۷۱				
<i>Zr</i>	۱۰۸	۹۷	۱۰۵	۱۴۵	۱۲۹	۱۲۲	۱۰۱				
<i>Nb</i>	۲۳	۲۱	۲۷	۳۰	۲۴	۲۵	۲۳				

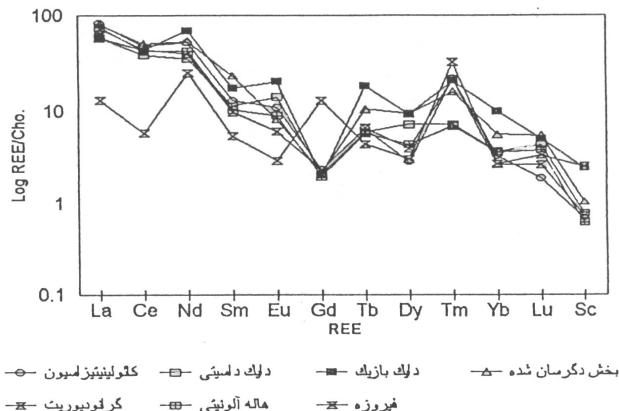
جدول ۴: نتایج شیمی تر نمونه سنگ های درونی منطقه باغو.

(٪) نمونه	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11
<i>SiO₂</i>	۶۵/۴۵	۹۰/۰۸	۸۱/۹۱	۵۴/۷۹	۶۵/۰۱	۶۵/۱۲	۶۸/۶۶	۵۶/۰	۵۸/۰۸	۵۲/۶۹	۵۵/۳۱
<i>TiO₂</i>	۰/۱۳	۳/۶۶	۰/۰۲	۰/۷۸	۰/۴۴	۰/۴۵	۰/۳۳	۰/۷۶	۰/۰۵	۰/۱۷	۰/۹۱
<i>Al₂O₃</i>	۱۶/۹۱	۱۵/۴۵	۱۵/۲۳	۱۵/۰۵	۱۵/۱	۱۵/۲	۱۴/۲۲	۱۶/۷۴	۱۶/۵۱	۱۶/۷	۱۸/۴۳
<i>Fe₂O₃</i>	۲/۰۳	۲/۸۷	۲/۲۹	۲/۶۸	۱/۰۸	۱/۸۳	۱/۱۸	۲/۰	۲/۴۷	۲/۰۹	۲/۶۳
<i>FeO</i>	۴/۲۴	۲/۷۷	۲/۱۳	۳/۶۴	۱/۷۸	۱/۷	۱/۰۳	۲/۸۳	۲/۸۳	۲/۷۶	۴/۴۸
<i>MnO</i>	۰/۱۳	۰/۱۲	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۰۴	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۳	۰/۱۷	۰/۱۸	۰/۰۶
<i>MgO</i>	۱/۴۳	۳/۲	۲/۲۲	۵/۱۹	۱/۹۲	۱/۹۲	۱/۰۵	۳/۵	۳/۴۱	۵/۱۲	۳/۸۵
<i>CaO</i>	۷/۱۹	۴/۶	۳/۰۴	۵/۹	۲/۸۴	۲/۶۲	۲/۹۴	۵/۷۷	۵/۴	۲/۰۵	۷/۴
<i>Na₂O</i>	۴/۱۹	۴/۵	۴/۲۴	۳/۴۴	۳/۱۲	۴/۰۹	۳/۹۹	۴/۰۹	۳/۷۲	۳/۲۹	۱/۸۸
<i>K₂O</i>	۱/۱۱	۲/۵۴	۳/۹	۲/۹۴	۲/۸۳	۳/۵۷	۳/۸۵	۲/۱۵	۳/۰	۲/۷	۰/۲۸
<i>P₂O₅</i>	۰/۴	۰/۴	۰/۲۴	۰/۴۳	۰/۲۲	۰/۲۳	۰/۱۸	۰/۰۳	۰/۳۶	۰/۳۳	
<i>H₂O</i>		۱/۱	۱/۴۵	۱/۳۶	۱/۱۳	۱/۳۳	۰/۰۶	۰/۷۸	۰/۹۹		
<i>LOI</i>		۱/۱۹	۲/۰۴	۱/۴۱	۱/۱۲	۱/۱۷	۰/۰۵	۰/۸۴	۱/۲۱		
(ppm)	i1	i2	i3	i4	i5	i6	i7	i8	i9	i10	i11
<i>Sr</i>	۸۵۷	۵۶۹	۷۸۴	۵۴۵	۶۲۸	۵۰۶		۸۰۹			
<i>Rb</i>	۷۶	۱۰۰	۹۶	۱۲۰	۱۰۹	۱۱۳		۹۴			
<i>Zr</i>	۱۲۵	۱۴۹	۱۱۲	۱۳۵	۱۹۳	۱۴۶		۱۵۰			
<i>Nb</i>	۲۸	۲۹	۳۰	۲۹	۳۰	۲۹		۲۷			

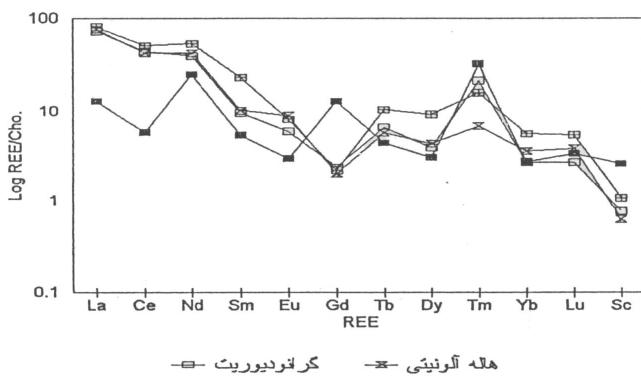


شکل ۴: ردی بندی سنگ های درونی (A) (ویلسون، ۱۹۸۹) و آتشفشاری (B) منطقه باغو (پیرس و کن، ۱۹۷۳).

.(Clark 1996; Brookins 1989; Henderson 1984)



شکل ۶: روند تغییرات REE در کلیه سنگهای منطقه فیروزه.



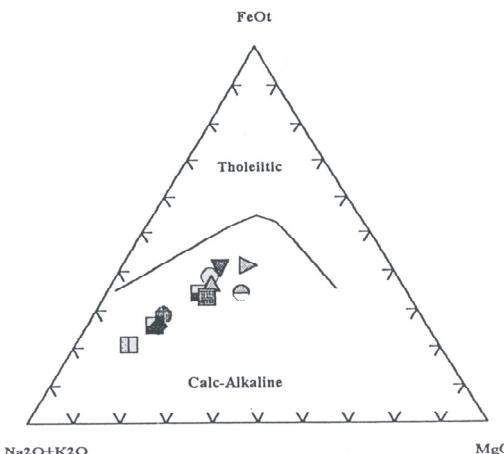
شکل ۷: مقایسه روند تغییرات REE در فیروزه، گرانودیوریت، هاله آلونیتی و بخش دگرسان شده.

کاهش عنصر Ce در کانی فیروزه به نسبت هاله های دگرسانی را می توان به حاکم بودن شرایط هوازدگی در زمان تشکیل فیروزه نسبت داد. از طرفی افزایش Gd را به تجزیه آپاتیت ماغمایی و تشکیل آلومینوسیلیکات ثانویه که جاذب عناصر خاکی نادر سنگین اند، مرتبط دانست. از طرفی روند رو به افزایش عنصر Tm با افزایش روند دگرسانی و هوازدگی، نشانگر این است که عناصر خاکی نادر سبک، ضمن حاکمیت فرایندهای هوازدگی و در نتیجه محیط اسیدی از محیط شسته و از طرفی عناصر خاکی نادر سنگین ترجیحا در کمپلکس های ثانویه جذب شده اند. همچنین می توان نتیجه گرفت که کاهش غلظت LREE ها، باعث اشاری شدن نسبت LREE/HREE در کانی فیروزه شده است.

طیف سنج فرو سرخ (IR)

تقریبا تمام ترکیبات آلی یا معدنی که پیوند کووالانسی دارند، فرکانسها متفاوتی از پرتو الکترومغناطیس را در ناحیه فروسرخ طیف

توده هایی می باشد، گرچه میزان P_2O_5 در کلیه سنگهای منطقه تقریبا بالا است. به منظور بررسی سری سنگ های آذرین از دیاگرام ارائه شده توسط (Irvine & Baragar 1971) استفاده شد. این دیاگرام بر اساس درصد وزنی آلکالی ها (Na_2O+K_2O) و اکسیدهای آهن (FeO_t) و منیزیم (MgO) رسم شده است. بر این اساس نمونه های مورد مطالعه از روند تفریق ماقمایی کالک-آلکالن تبعیت می کنند (شکل ۵).



شکل ۵: نمودار AFM برای تعیین محدوده های تولئیتی و کالک آلالن (Irvine & Baragar 1971)

عناصر کمیاب

به منظور مطالعه REE تعداد ۹ نمونه به روش فعال سازی نوترورونی مورد تجزیه قرار گرفتند. برای سهولت مقایسه عناصر REE و نمودارهای ترسیمی، REE ها نسبت به کندریت استاندارد بهنجاریده شده اند. پس از مطالعه روند تغییرات REE برای هریک از نمونه ها و همچنین مقایسه روند تغییرات در فیروزه و سنگهای منطقه (شکل ۶)، مشخص می شود که روند تغییرات REE در کانی فیروزه و سنگهای دگرسان شده منطقه (کائولینیتی شدن، آلونیتی شدن و ...) تقریبا یکسان است، جز در مورد عناصر Ce و Gd. از طرفی میزان عنصر Tm نیز به طور محسوسی در نمودارهای مقایسه ای، به ترتیب از هاله های دگرسانی آلونیتی شدن، کائولینیتی شدن به کانی فیروزه افزایش نشان می دهد (شکل ۷).

با توجه به مطالعات بورکینز (1983) و کلارک (1996)، عنصر Ce ضمن شرایط اکسایشی اغلب رفتاری متفاوت از دیگر REE ها نشان می دهد و ممکن است در افق های اولیه باقی بماند. این بدین معنی است که Ce تحت شرایط اسیدی نمی تواند تشکیل کمپلکس جدید بدهد و در نتیجه یا در همان کمپلکس قبلی باقی می ماند و یا اینکه پس از شستشو در هیچ کمپلکس جدیدی وارد نمی شود و بنابراین میزان آن در محصولات محیط اسیدی کاهش آشکار نشان می دهد.

جدول ۵: مقایسه کمی طیفهای جذبی فروسرخ آلونیت استاندارد و فیروزه های نابالغ و بالغ منطقه باغو.

S.S. of Allunite	IMT of Baghoo	MT of Baghoo
3500	3505	3510
---	3460	3450
---	3300	3095
3105	3100	---
2325	---	---
2200	---	---
2145	---	2000
---	---	1650
1655	1650	---
1520	---	---
1435	---	---
1220	---	1100
1110	1100	1070
1085	1075	1015
1030	1020	905
---	910	---
---	850	840
---	785	780
670	660	665

بحث و نتیجه گیری

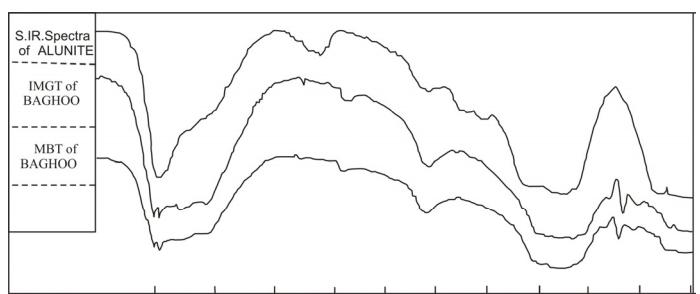
رخنمون های باغو، بخشی از کمان آتشفسناتی-نفوذی ترشیاری می باشند. تنابو سنگ شناختی منطقه از بازی تا اسیدی متغیر بوده و شامل انواع بازالت، دیوریت، آندزیت، گرانودیوریت و ریولیت تا گرایت می باشد. از مهم ترین شاخص های منطقه رخداد گستردۀ انواع دگرسانی از جمله سرسیتیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک و شاید پتانسیک در اعماق (؟) و در همین راستا گسترش کائولینیتی شدن و آلونیتی شدن می باشد که بر پایه مطالعات میکروسکوپی و XRD حضور آن ها به اثبات رسید. کانسار فیروزه باغو به صورت رگچه ای و رگه ای و نیز به شکل دانه های افشاران و در داخل توده های گرانودیوریت و داسیت دگرسان شده (به خصوص آلونیتی شده) است.

در مطالعات کانی شناسی وقوع دو زون کانه زایی اولیه یا هیپوژن و ثانویه یا سوپرژن تشخیص داده شد.

به دلیل این که رگه ها و دانه های پراکنده فیروزه تمام کانه زایی های پیشین را قطع کرده و یا به صورت میان بار دربرمی گیرند، تشکیل فیروزه به عنوان آخرین فاز کانه زایی در منطقه تشخیص داده شد. بافت شاخص فیروزه از نوع بافت‌های کنکرسیونی و اسفلوئیدی است که نشانگر ته نشست تدریجی فیروزه در یک محیط ثانویه هوازده می باشد (Romdor 1984). مطالعات میکروسکوپی، SEM و طیف IR نشانگر تبدیل تدریجی آلونیت یا زاج سفید (بر اساس مطالعات خاکزاد ۱۳۶۶) وجود آلونیت در منطقه به اثبات رسیده است) به فیروزه می باشد. مطالعات ساختاری بر روی درزه های دارای فیروزه نیز نشان می دهد که فیروزه در درزه های نوع P (دارای مؤلفه فشاری) تشکیل شده است و بنابراین تاثیر محلول های حاوی مس، فسفر و آهن دار (حاصل شده تحت عملکرد فرایندهای سوپرژن)، بر سنگ های آلومین دار

نور مرئی جذب می کنند. در واقع با مقایسه طیف IR ماده اگر تمام جذب ها در طیف در مولکول بر هم منطبق باشند، آنوقت به احتمال قریب آن دو ماده یکسان هستند. به منظور طیف سنجی فروسرخ بر روی کانی فیروزه، قبل از هر چیز آماده سازی نمونه ها اهمیت دارد. پس از پودر کردن نمونه ها آنها را با نسبت یک قسمت نمونه به ۱۵ قسمت برمید پتانسیم (KBr) مخلوط کرده و تحت فشار ۸ کیلوبار، یک قرص شیشه ای ساخته می شود و طیف سنجی این قرص انجام می شود.

در این تحقیق هدف از طیف سنجی فروسرخ اثبات روند تبدیل آلونیت (زاج سفید) به کانی فیروزه می باشد. بدین منظور یک نمونه زاج سفید که قبلاً توسط XRD در منطقه تشخیص داده شده بود (خاکزاد ۱۳۶۷)، دو نمونه فیروزه (مرغوب آبی رنگ و نامرغوب سبز رنگ) از منطقه باغو مورد آزمایش قرار گرفتند. که به منظور بررسی دقیق تر هر سه طیف فروسرخ در یک شکل گنجانده شده (شکل ۸) و نتایج استخراج کمی دامنه جذبی طیف ها نیز در جدول ۵ قرار گرفته شده است. چنانچه ملاحظه می گردد پس از مقایسه طیف های فروسرخ و بررسی نتایج کمی دامنه جذبی طیف بهوضوح روند تبدیل کانی آلونیت به فیروزه مشخص می گردد.



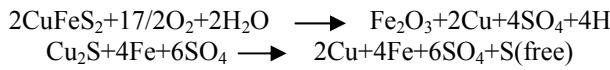
شکل ۸: طیف های فروسرخ مربوط به کانی های آلونیت استاندارد (S.IR.Spectra of ALUNITE)، فیروزه نابالغ و سبز رنگ (IMGT of BAGHOO) و فیروزه آبی و بالغ (MBT of BAGHOO) منطقه باغو.

مطالعات میکروسکوپی الکترونی روبشی (SEM)
مطالعه SEM بوسیله دستگاه Leica Cambridge در دانشگاه شیراز بر روی ۸ نمونه صیقلی از نمونه سنگ های کانه دار صورت گرفت، تا ارتباط ساختاری و کانیایی آنها مشخص گردد. بر اساس این مطالعه، در نمونه های فیروزه ناخالص میانبارهایی از سنگ میزبان آلونیت مشاهده می گردد. تغییر تدریجی فیروزه به سنگ میزبان دگرسان شده (کائولینی و آلونیتی) با کاهش عنصر Si و افزایش نسبی عنصر Fe, P, Cu و Al همراه است. افزایش تدریجی این عناصر به گرهکها و رگه های آلومین دار تشکیل تدریجی فیروزه را باعث شده است. نتایج نسبی به دست آمده از SEM در جدول ۶ مشاهده می گردد.

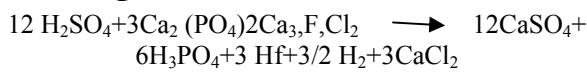
جدول ۶: نتایج نسبی به دست آمده از مطالعات میکروسکوپ الکترونی روبشی.

ELE.	N1	N1	N1	N2	N3	N3	N4	N5	N5	N9	N9
Si	۴۵/۴۲	۵۱/۶۴	۶۰/۳۸	—	۲۵/۶۵	۳۲/۸۲	—	۱۹/۳	۳۴/۳۶	۵۵/۵۷	۳۴/۴۴
Al	۱۸/۴۲	۱۵/۶۷	۹/۰۱	۳۲/۶۲	۲۵/۳۱	۲۴/۹۶	۳۷/۹۲	۳۵/۳۳	۳۴/۰۰	۲۵/۷۹	۲۷/۹۰
Fe	۴/۱۴	۳/۳۳	۲/۷۷	۱۲/۰۷	۱/۵۹	۰/۶۴	۱۱/۹۹	۰/۱۶	۰/۱۳۹	۰/۹۵	۰/۸۶
Cu	۱۶/۴	۱۱/۱۶	۹/۲۱	۲۵/۰۷	۲۱/۰۵	۱۵/۳۵	۲۱/۶۹	۱۹/۷۰	۱۱/۴۴	۱۸/۰۵	۲۰/۱۶
Zn	—	۰/۰۵	—	۰/۱۴	—	—	—	۰/۰۲	۰/۰۹	۰/۰۲	—
P	۱۲/۶۴	۹/۰۷	۸/۶۳	۲۴/۱۱	۲۲/۰۴	۱۱/۰۰	۲۴/۷۴	۲۱/۰	۱۰/۱۰	۱۳/۲۳	۱۵/۴۸
Ti	۰/۰۱	۰/۱۳	—	—	—	—	—	—	۰/۱۶	—	—
Ca	—	۳/۱۴	۲/۸۴	—	—	—	۰/۳۴	۱/۳۱	۲/۴۱	—	—
K	—	۲/۹۰	۲/۲	—	۱/۰۱	۲/۴۲	—	—	۳/۱۰	۰/۱۹	—
Na	—	—	—	—	۰/۶۰	۲/۲۳	—	—	—	—	—
Cr	—	۰/۰۶	—	—	—	—	—	—	—	—	—
S	—	—	—	—	۰/۳۴	۷/۰۸	—	—	—	—	—

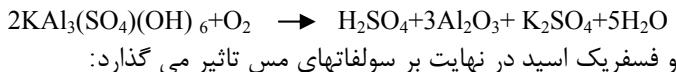
خود حفظ نموده و در نهایت منجر به ایجاد آغشته‌گی های آهن شود. از طرفی اکسایش کالکوپیریت و کالکوسیت نیز می تواند یون های مس را به صورت آزاد وارد محلول کند.



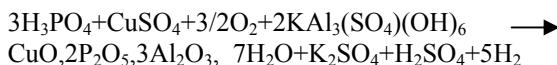
مراحل حدوداً سطح فیروزه زایی: همان طور که قبلاً نیز عنوان شد، سنگهای منطقه و به خصوص توده های گرانوویوریت از میزان بالای فسفر (به صورت کانی آپاتیت) برخوردارند که از تاثیر سولفوریک اسید (حاصله از مراحل قبل) بر آن، فسفریک اسید ایجاد می شود.



آلومینیتها نیز از هوازدگی مصنوع نیستند:

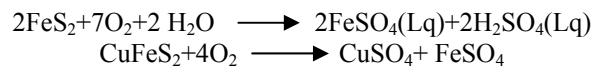


در این مرحله از تاثیر محلول حاوی مس و فسفر بر آلومینیت ها کانی فیروزه به صورت تدریجی و از حاشیه به سمت مرکز گرهک های آلومینین دار (به ویژه آلومینیت ها) تشکیل می‌شود.

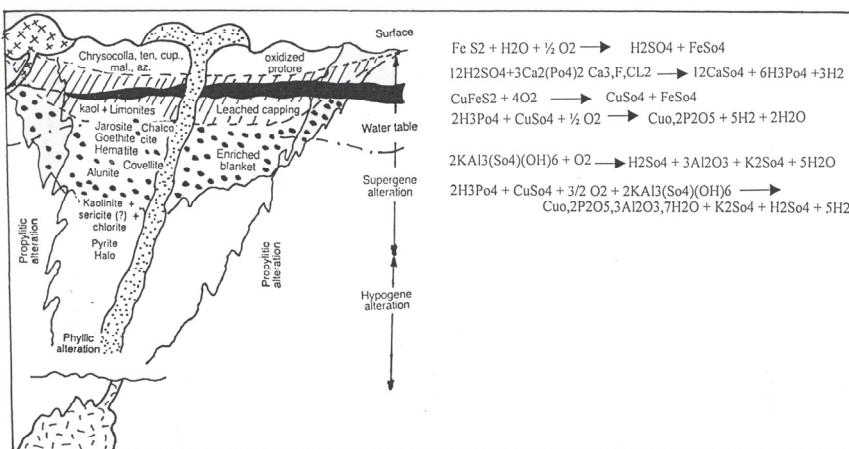


منطقه و به ویژه رگه های کوارتز-آلونیتی و دانه های پراکنده آلونیت، به عنوان مهم ترین عامل تشکیل فیروزه در منطقه باگو، در نظر گرفته شد.

در شکل ۹، به طور شماتیک مدل تشکیل کانسار فیروزه باگو نشان داده شده است (نجاران ۱۳۷۹). در این شکل تحولات و تبادلات کانیایی و زون های مختلف فرایند سوپرژن و فرمول های شیمیایی تحولات کانیایی تا رسیدن به کانی فیروزه قید شده است. در این مدل زون گوسان یا کلأهک آهنه نشان داده نشده است. به طور خلاصه، مهم ترین مراحل تشکیل کانسار فیروزه در این مدل به شرح زیر است: فرایندهای زون اکسیدی: تاثیر آب های جوی بر سولفیدهای فلزی (به خصوص پیریت و کالکوپیریت و تشکیل سولفات های آهن و مس) (Guilbert & Park 1986)



آهن و توده های پیریت توده ای ممکن است بدون باقی گذاردن هماقیت یا لیمونیت، زیاد شسته و یا خارج شود، چراکه وجود سولفوریک اسید، pH را پائین نگه داشته و ممکن است یک محیط کاهنده ایجاد کند که آهن را به صورت یون دو ظرفیتی محلول در



شکل ۱۰: مدل پیشنهادی در مورد تشکیل فیروزه باگو (نجاران ۱۳۷۹).

تشکر و قدردانی

در این مقاله از پایان نامه کارشناسی ارشد محسن نجاران (۱۳۷۹)

اقتباس گردید.

در انجام این تحقیق از امکانات و تجهیزات دانشگاه شیراز استفاده گردید که بدین وسیله قدردانی می‌گردد. قسمتی از اطلاعات موجود

منابع:

- پورحسینی ف. ۱۳۶۲: پژوهشی در منشاء توده‌های آذرین ایران با بررسی ژرف توده‌های نفوذی نظری و بزمان. گزارش ۵۳ سازمان زمین‌شناسی کشور. جعفریان ع. ۱۳۶۸: بررسی پترولوجیکی قوس ولکانو-پلوتونیک رشته کوه زر-ترود و انجمان‌های کانه زایی وابسته واقع در چهارگوش نقشه ترود (استان سمنان). مجموعه مقالات دومین همایش زمین‌شناسی ایران. ۱۱۸-۱۱۵.
- خاکزاد الف. ۱۳۶۷: بررسی اجمالی زمین‌شناسی اقتصادی استان سمنان. دانشکده علوم زمین، دانشگاه بهشتی. چاپ نشده.
- درویش زاده ع. ۱۳۷۰: زمین‌شناسی ایران. نشر دانش امروز. انتشارات امیرکبیر. ۹۰۱ صفحه.
- رشیدنژاد عمران ن. ۱۳۷۱: بررسی تحولات سنگ‌شناسی و مagmaی و ارتباط آن با کانی سازی طلا در منطقه باغو (جنوب-شرق دامغان). پایان نامه کارشناسی ارشد. دانشکده علوم. دانشگاه تربیت معلم تهران. ۲۵۴ صفحه.
- هوشمندزاده ع. علوی نائینی. م. حقی پور ۱۳۵۷: تحول پدیده‌های زمین‌شناسی ناحیه ترود از پرکامبرین تا عهد حاضر. سازمان تحقیقات زمین‌شناسی و معدنی کشور. گزارش ۱۱۵.
- نجاران محسن. ۱۳۷۹: مطالعه رئوژیمیابی و چگونگی تشکیل کانسار فیروزه باغو (دامغان). پایان نامه کارشناسی کارشناسی. دانشگاه شیراز. ۱۵۰ صفحه.
- Brookins D.G. 1989: Aqueous geochemistry of rare earth elements in geochemistry and mineralogy of rare earth elements (editors Lipin, B.R. & Mokage, G. A) 12: 201-225.
- Clark A.M. 1996: Mineralogy of the Rare Earth Element, in Rare Earth Geochemistry. ELSEVIER. 509p.
- Craig J.R., Vaughan D.J. 1981: Ore Microscopy & Ore Petrography. Wiley, 406p.
- Guilbert J.M., Park C.F. 1986: The Geology of Ore Deposits, W. H. Freeman. 985p.
- Henderson P. 1984: Rare Earth Elements Geochemistry. ELSEVIER. 509p.
- Irvine T.N., Baragar W.R.A. 1971: A guide chemical classification of the common volcanic rock. *Canada J. Earth Sci.* **8**: 523-548.
- Movvahed A. 1968: Nishabur Turquas Mine. G.S.I. 6P.
- Pearce J.A., Cann J.R. 1973: Tectonic setting of basic volcanic rocks determined using trace element analyses. *Earth Planet. Sci. Lett.* **19**: 290-300.
- Romdor P. 1984: The ore minerals and their intergrowths, copy right Akademie- Verlag Berlin.
- Vander M., Beutelspacher 1976: Atlas of Infrared Spectroscopy of Clay Minerals and their admixtures. Pub. Elsevier Sci. 150p.
- Wilson M. 1989: Igneous Petrology. London. 300p.