چهل و دومین گردهمایی (همایش) ملی
علـوم زمیـــن
The 42nd National
Geosciences Congress
www.geoconf.ir

مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی اندیس پلی متال یارالوجه، شمال اهر

محمد سبحان مبشری[1]، سید غفورعلوی[2]، وارطان سیمونز[3]

[1] دانشجوی دکتری زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، تبریز msmobasheri1377@gmail.com

[2] استادیار گروه زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، تبریز ghafour_alavi@tabrizu.ac.ir

[3] استادیار گروه زمین شناسی اقتصادی دانشگاه تبریز، تبریز simmonds_vartan@yahoo.co.uk

چکیده

مناطق امیدبخش طلای یارالوجه به عنوان بخشی از زون فلززایی ارسباران در حدود ۴۰ کیلومتری شمال غرب شهرستان اهر، استان آذربایجان شرقی واقع شده است. واحدهای سنگی رخنمون یافته در مناطق مورد مطالعه شامل سنگ های آذرین بیرونی (آندزیت، تراکی آندزیت و بازالت)، دایک های حدواسط، آذر آواری ها (توف و لیتیک توف) و آبرفت های کواترنری است. واحدهای سنگی این مناطق از نظر سنی از ائوسن بالایی تا کواترنر می باشند. زون های دگرسانی رخنمون یافته در این مناطق به طور عمده شامل سیلیسی، کربناتی، فیلیک و پروپیلیتیک همراه با زون سیلیسی - برشی می باشند. مطالعه کانی شناسی زون های دگرسان نشان می دهد که کوارتز، کلسیت، سریسیت و کلریت مهمترین کانی های دگرسانی هیپوژن و لیمونیت، گوتیت، هماتیت و ترمولیت - اکتینولیت کانی های بارز دگرسانی سوپرژن در این مناطق هستند. مطالعات ژئوشیمیایی نشان می دهند که فرآیندهای گرمابی هیپوژن و سوپرژن هر دو در توسعه زون های دگرسانی در این مناطق نقش داشته اند، اما محلول های هیپوژن نقش مؤثرتری داشته اند. کانه زایی در این مناطق به صورت رگه - رگچه ای در داخل شکستگی ها و زون های گسلی صورت گرفته است. بر طبق مطالعات نسل های رگچه های سیلیسی، کانی سازی هیپوژن در سه مرحله (I,II,III) رخ داده است. پیریت کانی سولفیدی عمده هیپوژن بوده که به مقدار کمتر توسط کالکوپیریت، بورنیت همراهی می شود. کانی های سوپرژن از قبیل اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت)، مالاکیت، آزوریت، کوولیت و کالکوسیت مجموعه کانیایی هیپوژن را همپوشانی می کنند.

واژه‌های کلیدی

زون ارسباران، کانی زایی، کانی شناسی، هیپوژن، سوپرژن

1. مقدمه

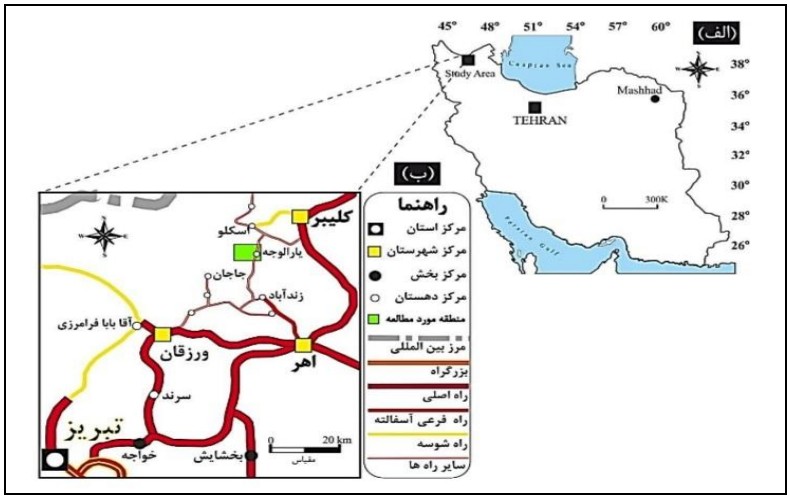
منطقه ارسباران در شمال غرب ایران و در استان آذربایجان شرقی قرار گرفته و بخشی از کمربند ماگمایی البرز- ارسباران - قفقاز کوچک را تشکیل می دهد که آن هم به نوبه خود بخشی از کمربند بزرگ ماگمایی متالوژنیکی آلپ - هیمالیا می باشد. در کمربند البرز - ارسباران - قفقاز کوچک است، ماگماتیسم مربوط به فرورانش از ژوراسیک بالایی شروع می شود و با وقفه هایی تا کواترنری ادامه می یابد. در این منطقه فقط ماگماتیسم مربوط به کرتاسه بالایی تا کواترنری برونزد دارد. از نظر زمین شناسی زون فلززایی ارسباران به موجب رخنمون های وسیع رسوبات توربیدایتی پالئوسن و سنگ های ولکانیکی و پلوتونیک ائوسن - میوسن شناخته شده اند[1].

منطقه فلززایی اهر، یکی از پرمایه ترین زون های فلززایی ایران در ترشیری است. این ناحیه بخشی از کمربند فلززایی آلپ - اوراسیا بوده که در غرب از ترکیه، یونان، دریای سیاه، آذربایجان و ارمنستان گذشته و در ناحیه اهر وارد ایران شده، پس از عبور از پاکستان و افغانستان در نهایت به هیمالیا منتهی می گردد[5]. این منطقه را از نظر ساختاری و کانی سازی مس می توان زون مس دار سبلان نیز نام گذاری کرد. دنباله این زون در شمال، کانسارهای مس و مولیبدن را تشکیل داده است. کانی سازی در منطقه، به طور عمده وابسته به سنگ های ماگمایی ترشیری می باشد[2].

منطقه مورد مطالعه مساحتی در حدود 2 کیلومتر مربع داشته و در نزدیکی روستای یارالوجه واقع در شمال غرب شهر اهر در استان آذربایجان شرقی قرار گرفته است. جایگاه محدوده نقشه زمین شناسی یارالوجه در تقسیم بندی زمین شناسی(Stocklin,1968)[6] ، زون ایران مرکزی و در تقسیم بندی نبوی (1355)[3] ، زون البرز - آذربایجان می باشد. محدوده یارالوجه در بخشی از شمال غرب نقشه زمین شناسی 1:250,000 اهر و بخش مرکزی نقشه زمین شناسی 1:100,000 ورزقان واقع شده است[4].

1.2. بحث و بررسی

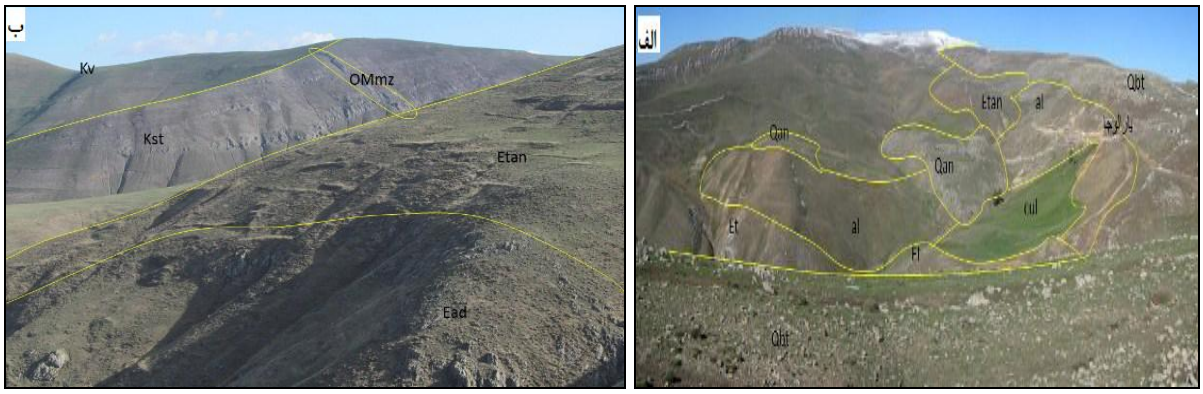
گستره نقشه زمین شناسی - دگرسانی یارالوجه در استان آذربایجان شرقی، شمال شهرستان ورزقان و شرق معدن مس سونگون واقع شده است. محدوده یارالوجه در شمال شرق شهرستان ورزقان واقع شده و برای دسترسی به محدوده از طریق اهر، بعد از طی مسیر آسفالته حدود 35 کیلومتر تا روستای انجرد و پس از طی حدود 10 کیلومتر به سمت شمال در جاده خاکی می توان به محدوده یارالوجه دسترسی پیدا کرد.



شکل 1. موقعیت محدوده مورد بررسی در نقشه ایران، ب) نقشه راه های دسترسی به منطقه مورد بررسی.

واحدهای سنگی در محدوده یارالوجه عمدتاً شامل سنگ های رسوبی، آذرآواری و ولکانیکی کرتاسه و سنگ های ولکانیکی ائوسن است که رخنمون های اندکی از سنگ های آذرین نفوذی الیگومیوسن نیز در آن ها نفوذ کرده اند. واحدهای سنگی کرتاسه شامل طبقات به نسبت ضخیم لایه های آذرآواری (Kv)، واحد تناوب توف و ماسه سنگ (Kst)، و سنگ آهک دگرگونه و کریستالین (Kl) هستند. سنگ

های ولکانیکی ائوسن شامل واحد تناوب طبقات توف و توف ماسه ای (Et)، واحد تناوب توف و لایه های آندزیتی (Etan) و لایه های ولکانیکی شامل آندزیت داسیت پورفیری با میان لایه های کریستال توف (Ead) هستند. نوع سنگ های نفوذی عمدتا به صورت دایک و استوک کوچک هستند و شامل مونزونیت پورفیری تا کوارتز مونزودیوریت پورفیری (OMmz) با سن الیگومیوسن است. با توجه به دگرسانی شدید در بخش هایی از محدوده یارالوجه به علت عدم شناسایی سنگ اولیه واحدی با عنوان واحد دگرسان (al) تفکیک شده است که رخنمون های نسبتا بزرگی در هر دو محدوده دارد. واحدهای کواترنری شامل تناوب گدازه های جوان و توف های نازک لایه (Qbt) و واحد گدازه ای تراکی بازالت و تراکی آندزیت (Qan) و مقدار بسیار کمی رسوبات رودخانه ای عهد حاضر (Qal) هستند.



شکل 2. تصاویر صحرایی از منطقه یارالوجه. الف) محدوده یارالوجه شرقی ، ب) محدوده یارالوجه غربی.

1.1.2. روش انجام کار

الف) جمع آوری و بررسی اطلاعات پایه: جمع آوری و بررسی اطلاعات و نقشه های پایه موجود (نقشه های توپوگرافی و نقشه های زمین شناسی 1:100000 و 1:250000)، عکس های هوایی و ماهواره ای، تصاویر Google Earth، گزارشات پیشین و اطلاعات به دست آمده از سازمان زمین شناسی و اطلاعات زمین شناسی با هدف طراحی عملیات صحرایی و گردآوری مطالب و منابع تئوریک صورت گرفت. پس از جمع آوری اطلاعات و جمع بندی نتایج، مطالعات صحرایی پایه گذاری شد.

ب) مطالعات صحرایی: طی پیمایش های صحرایی، وضعیت کلی منطقه بررسی گردید، وضعیت گسل ها و درزه ها و جهت گیری رگه ها در منطقه برداشت شد و حدود 40 نمونه دستی از انواع واحدهای رخنمون یافته منطقه برداشت گردید.

ج) مطالعات آزمایشگاهی: طی مطالعات آزمایشگاهی از نمونه های برداشت شده حدود 15 عدد مقطع نازک، 6 عدد مقطع صیقلی جهت مطالعه عناصر فلزی و 4 عدد مقطع دوبر صیقل جهت مطالعه میانبارهای سیال تهیه گردید و تعداد 20 بسته نمونه که به صورت لب پری از رگه - رگچه ها برداشت شده بود به آزمایشگاه تحقیقات زمین شناسی و کانی شناسی پیام نور جهت آنالیز های XRF و ICP-AES و ASS ارسال شد.

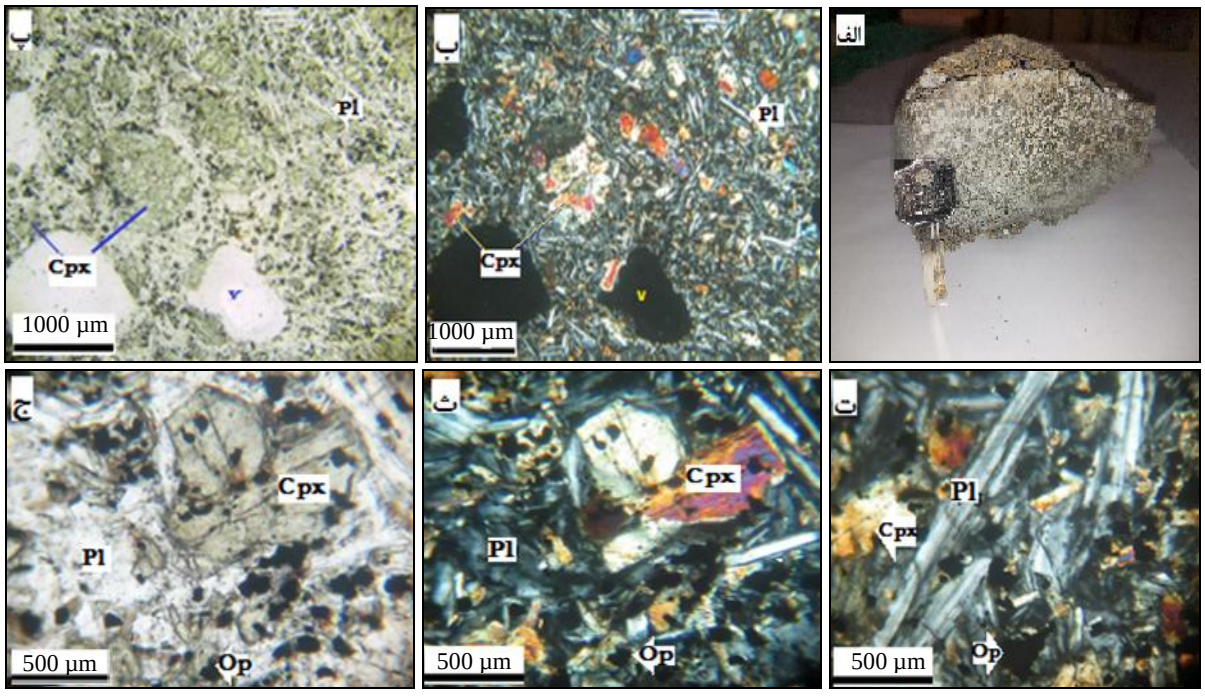
2.2. پتروگرافی

منطقه مطالعاتی مورد نظر در شمال شهرستان اهر و در زون ارسباران قرار گرفته است. این ناحیه بخشی از کمربند فلززایی آلپ - اوراسیا بوده و کانی سازی در منطقه، به طور عمده وابسته به سنگ های ماگمایی ترشیری می باشد. بر اساس مطالعات صورت گرفته در این ناحیه، از نظر کانی زایی طلا و مس به صورت رگه - رگچه ای مستعد بوده و بر این اساس به مطالعه و بررسی بر روی نمونه های برداشت شده از واحد های سنگی با کمترین دگرسانی و هوازدگی که ویژگی بافتی و کانی شناسی اولیه خود را حفظ کرده اند در مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی پرداخته گردید. توصیف پتروگرافی سنگ ها معمولا بر طبق مشاهدات صحرایی و میکروسکوپی و همچنین ساخت و بافت سنگ ها صورت پذیرفته است. بر مبنای مشاهدات پتروگرافی، مینرالوگرافی و یافته های ژئوشیمیایی، فرآیندهای زمین شناسی و پترولوژیکی را می توان دقیق تر شناخت و درک کرد. در محدوده مورد مطالعه، سنگ های ولکانیکی با سن ائوسن دارای فراوانی

گسترده ای هستند. واحدهای ولکانیکی منطقه عموماً به فرم گدازه، توف و دایک قابل مشاهده بوده و معمولا دارای ترکیب بازالتی و آندزیتی هستند. رنگ نمونه دستی این سنگ ها از تیره تا خاکستری متغیر بوده و فنوکریست های کوارتز و پلاژیوکلاز در آن ها قابل رویت هستند. این واحدها عمدتا دارای دگرسانی های شدیدی بوده که این نکته مطالعات پتروگرافی و مینرالوگرافی این واحدها را دشوار می کند.

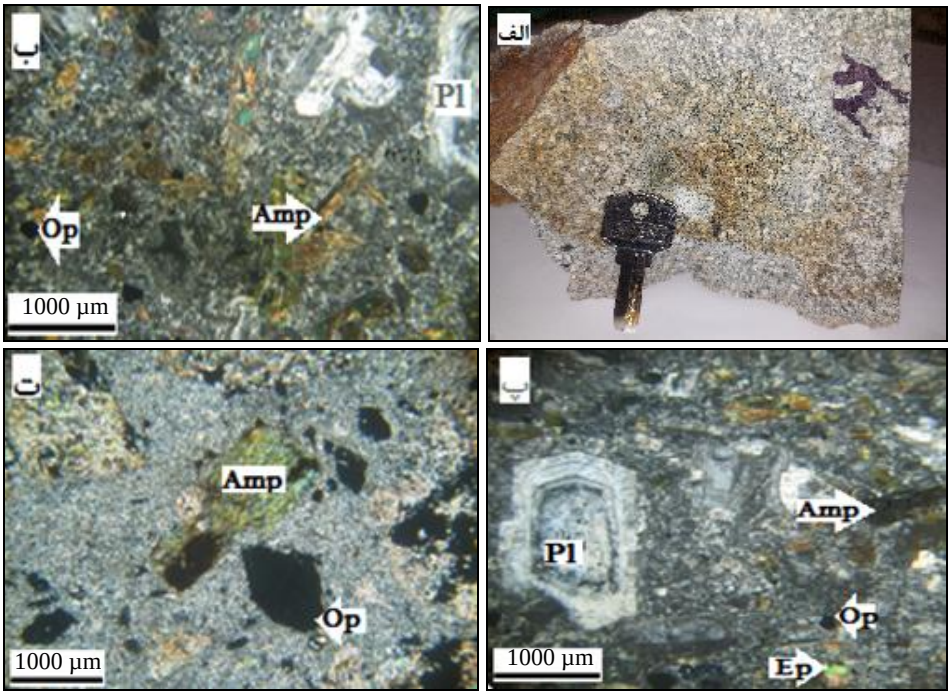
1.2.2. پتروگرافی سنگ های آذرین

پتروگرافی واحد بازالتی: رخداد این واحد در منطقه مورد مطالعه به صورت سنگ آذرین با ماهیت ولکانیک، دارای حفره در نمونه دستی با بافت ویزیکولار، میکروگلومروپورفیریتیک و میکروواینترسرتال می باشد. پلاژیوکلاز (بیش از 50 درصد) فراوان ترین کانی سنگ و به صورت درشت بلور بوده که در برخی موارد به صورت جریانی در خمیره نیز قابل مشاهده می باشند (شکل3، ت و ث). پلاژیوکلاز ها عمدتا شکل دار تا نیمه شکل دار بوده و با اندازه حداکثر 1.5 میلی متر بافت اینترسرتال را ایجاد کرده و فضای این کانی به ندرت با شیشه پرشده است. این پلاژیوکلازها بیشتر ماکل پلی سنتتیک دارند. کلینو پیروکسن (20- 30 درصد) از نوع اوژیت، به صورت درشت بلور و شکل دار تا نیمه شکل دار بعضاً با بافت گلومروپورفیریتیک و اندازه حداکثر 1 میلی متر قابل رویت بوده و در آن ها منطقه بندی نوسانی مشاهده می شود (شکل3، ب و پ). برخی از این کیلنوپیروکسن ها در اثر دگرسانی به مجموعه کانی سوسوریتی تبدیل شده اند. کانی های اپک تنها کانی های فرعی سنگ را شامل شده که غالبا کانی اولیه سنگ می باشند و مقدار آن ها حدود 10 درصد از حجم سنگ را تشکیل می دهند. آن ها شکل دار تا نیمه شکل دار در اندازه حداکثر 0.2 میلی متر در این نمونه مشاهده می شوند و در واقع به همراه سایر کانی های کوچک تر خمیره سنگ را تشکیل می دهند. این نوع کانی های اپک احتمالاً از نوع مگنتیت هستند (شکل 3، ت و ث و ج).



شکل 3. تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی از واحد بازالتی درمنطقه یارالوجه (نور xpl وppl). الف) نمونه دستی برش خورده بازالت، ب و پ) فنوکریست های پلاژیوکلاز، کلینوپیروکسن و میکرولیت های پلاژیوکلاز، ت) پلاژیوکلاز های شکل دار و کلینوپیروکسن های نیمه شکل دار همراه کانی های اپک، ث و ج) پلاژیوکلاز ها وکلینوپیروکسن های دارای منطقه بندی نوسانی که متحمل دگرسانی شده و همراه اپک. (Pl= پلاژیوکلاز؛ Cpx = کلینوپیروکسن؛ Op = اپک(تیره))[7] .

پتروگرافی واحد آندزیتی: نمونه های برداشت شده از این واحد را می توان از نوع ولکانیک با بافت پورفیری و پورفیریتیک در محدوده آندزیت تا تراکی آندزیت قرار داد. در این واحد دگرسانی فیلیک با شدت زیادی عمل کرده و در نمونه های دستی قابل رویت می باشد. پلاژیوکلاز ها که عمدتا از نوع الیگوکلاز و آندزین هستند (حدود ۵۰ درصد) از کانی های درشت بلور را تشکیل می دهند. پلاژیوکلاز ها شکل دار تا نیمه شکل دار با اندازه حداکثر ۱ میلی متر با منطقه بندی نوسانی و ماکل پلی سنتتیک مشخص است که اندکی از مرکز دچار دگرسانی شده است (شکل4 ، ب و پ). آمفیبول ها (۲۰- ۳۰ درصد) در کانی های درشت بلور قابل مشاهده بوده و در اثر دگرسانی، کلریتی و اپیدوتی شده است. آمفیبول ها به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار و اندازه حداکثر ۱/۵ میلی متر دارد و به همراه میکرولیت های فلدسپار و کانی های اپک خمیره را تشکیل داده اند (شکل 4، ت). کانی های اپک به شکل دانه پراکنده مشاهده می شود که بخشی از آن اولیه و برخی نیز از دگرسانی کانی مافیک آمفیبول حاصل شده است. همچنین این گونه می توان استنباط نمود که وجود پلاژیوکلازهای دارای منطقه بندی نوسانی نشان دهنده عدم تعادل در مخزن ماگمایی است که می تواند در ارتباط با نفوذ فازهای ماگمایی جدید و یا خروج گاز از مخزن ماگما در ارتباط باشد که موجب تغییر ترکیب در حین تبلور این کانی می شود.

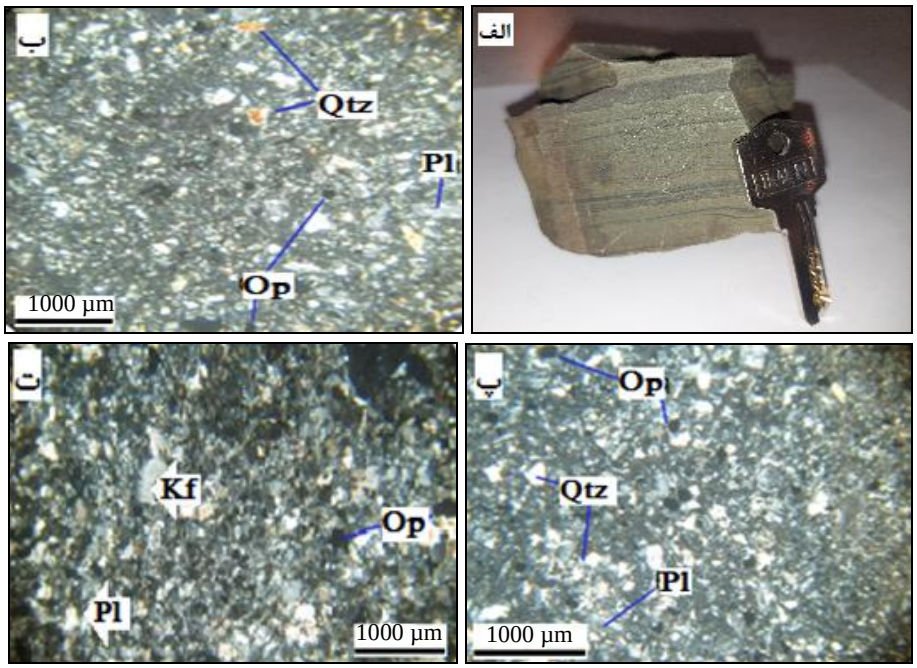


شکل 4. تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی از واحد آندزیتی در منطقه یارالوجه (نور xpl). الف) نمونه دستی برش خورده آندزیت، ب و پ) کانی های پلاژیوکلاز، آمفیبول و اپک که دچار دگرسانی فیلیک شده اند، ت) کانی های غیر دگرسانی واحد آندزیتی. (Pl= پلاژیوکلاز؛ Cpx = کلینوپیروکسن؛ Op = تیره؛ Ep = اپیدوت).

2.2.2. پتروگرافی سنگ های آذرآواری

پتروگرافی واحد توف: رخداد این واحد در منطقه مورد مطالعه دارای سنگ هایی با ماهیت آذرآواری بوده و عمدتا از جنس لیتیک توف تا توف ماسه ای می باشند و از رنگ های خاکستری تا سفید و سبز در منطقه مورد مطالعه قابل مشاهده هستند (شکل 5، الف). این نمونه ها به صورت بافت میکروپورفیروکلاستیک دیده می شوند. در این نمونه ها پلاژیوکلازها به همراه فلدسپار ها (بیش از 50 درصد) از کانی ها را تشکیل داده و از جمله کانی های درشت بلور هستند. کانی های اپک در خمیره (15- 20 درصد) و کانی کوارتز (20- 30 درصد) از

خمیره را به خود اختصاص داده اند (شکل5، ب و پ و ت). این نمونه از کریستال های فلدسپار، کوارتز و اپک در خمیره خاکستر آتشفشان تشکیل شده است و قطعات کریستال ها به علت فوران خرد شده و زاویه دار هستند. یکی از ویژگی های این گروه از سنگ ها ساخت لامینه ای (لایه بندی های نازک در نمونه دستی) است که در مقطع نازک چنین ویژگی مشاهده نمی شود. با توجه به وجود کریستال های فراوان کوارتز احتمالاً توف ریولیت است.



شکل 5. تصاویر ماکروسکوپی و میکروسکوپی از واحد توف در منطقه یارالوجه (نور xpl). الف) تصویر نمونه دستی برداشت شده از این واحد که لایه ها به صورت باندی قابل رویت اند، ب و پ) وجود کریستال های فلدسپار، کوارتز و اپک در زمینه به همراه درشت بلور های پلاژیوکلاز، ت) وجود فلدسپات آلکالن به همراه پلاژیوکلاز و وجود کانی های اپک بیشتر در خمیره.(Pl= پلاژیوکلاز؛ Qtz =کوارتز؛ Op = اپک(تیره)؛ Kf = فلدسپار پتاسیم دار).

3.2. مینرالوگرافی

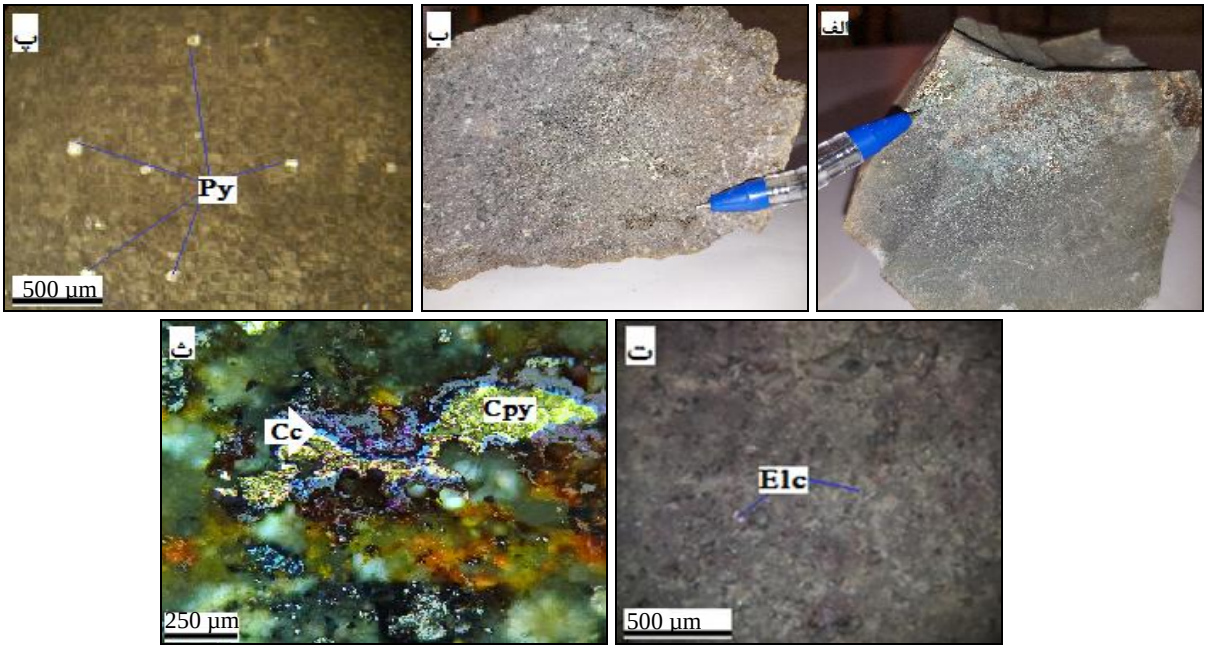
1.3.2. کانه های هیپوژن

پیریت (FeS_2): کانی پیریت فراوان ترین کانی سولفیدی در این ناحیه می باشد که به صورت بلورهای شکل دار مکعبی و نیمه شکل دار و غالباً به شکل ریز و پراکنده در رگه - رگچه های سیلیسی و حفرات، دگرسانی فیلیک و آرژیلیک قابل مشاهده است. این کانی در رگه - رگچه ها به گونه ریز و رگه ای و جانشین شده به جای کانی های شسته شده قابل رویت می باشد. این کانی بعضاً از اطراف و شکستگی ها توسط کالکوپیریت جانشین شده است و پیریت در نمونه های سطحی و سوپرژن به اکسیدهای آهن دگرسانی یافته است (شکل 6، الف و پ).

کالکوپیریت ($CuFeS_2$): کانی کالکوپیریت ازجمله شاخص ترین کانی های سولفیدی مس در منطقه است و همراه با پیریت و بورنیت در زون سیلیسی حضور دارد. کالکوپیریت بعضاً از نواحی متخلخل جانشین پیریت گشته است. در بعضی موارد نیز کالکوپیریت یا بورنیت را از شکستگی ها جانشین خود کرده است. بر اثر فرآیندهای سوپرژن از سمت حواشی به کوولیت، کالکوسیت و غیره دگرسانی شده است. کالکوپیریت در شکستگی ها توسط سیالات سوپرژن و هوازدگی به گوتیت، مالاکیت و آزوریت دگرسان شده است (شکل 6، ث).

بورنیت (Cu5FeS4): از جمله کانی های سولفیدی هیپوژن در این ناحیه می باشد که با کالکوپیریت هم رشدی نشان داده ولی در مرحله سوپرژن جانشین کالکوپیریت گشته است (شکل 6، ب).

طلای طبیعی: طلا به شکل جزئی و ریز در داخل رگه - رگچه های سیلیسی و سولفیدی مشاهده می شود. طلا در این رگچه ها با کوارتز، پیریت و کالکوپیریت همراهی می کند و به دلیل جایگیری این کانه ها در حفرات سیلیسی، ممکن است همگی به طور همزمان نهشته شده باشند. طلا به دلیل کنتاکت و شباهت زیاد با کالکوپیریت در تصویر قابل تشخیص نمی باشد ولی در چند نمونه الکتروم به صورت ریز شکل مشاهده گردید (شکل6، ت).



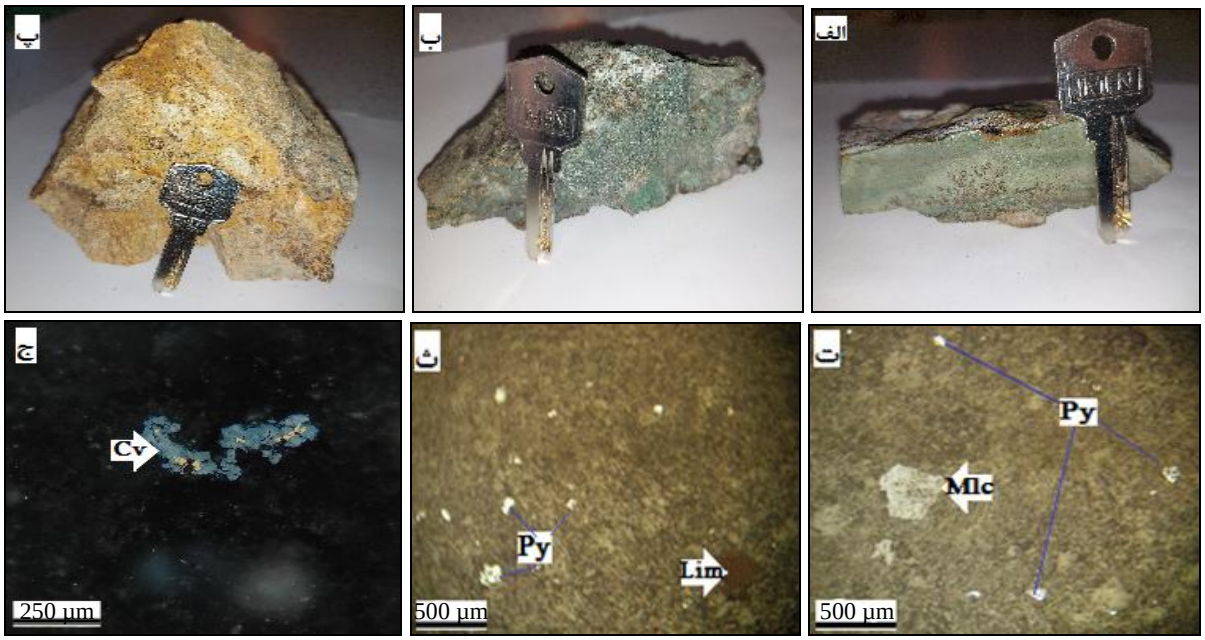
شکل 6. تصاویر نمونه های دستی و میکروسکوپی از کانه های هیپوژن در منطقه یارالوجه. الف) نمونه دستی از پیریت های مشاهده شده در منطقه، ب) نمونه دستی از بورنیت که در حفرات رشد یافته است، پ) کانه های پیریت به صورت ریز و پراکنده، ت) وجود چند الکتروم در مقاطع، ث) کانه کالکوپیریت در حال تبدیل به کالکوسیت از حاشیه ها. (Py = پیریت؛ Elc = الکتروم؛ Cpy = کالکوپیریت؛ Cc = کالکوسیت).

2.3.2. کانه های سوپرژن

کالکوسیت (Cu2S) ، کوولیت (CuS): این کانه های سولفیدی ثانویه تحت تأثیر دگرسانی سوپرژن کانه های سولفیدی هیپوژن مانند کالکوپیریت، بورنیت و سولفوسالت ها در زون احیا پدید آمده اند و غالباً از حواشی و شکستگی ها جانشین این کانه ها شده اند [8] (شکل7، ج).

مالاکیت - آزوریت: این کانه ها از جمله کانه های ثانویه هستند که در رگه - رگچه های دارای سولفید مس، در سطح برونزدها و در درز و شکستگی ها یافت می گردند. مالاکیت (Cu2CO3(OH) 2) و آزوریت (Cu3(CO3)2(OH) در زون اکسیدان به صورت لایه ای نازک با غالبیت مالاکیت همراه با دندریت های منگنز دیده می شوند. این کانه ها در اثر خنثی شدن محلول های اسیدی پایین رونده مس دار حاصل از اکسیداسیون سولفیدهای مس دار هیپوژن، در برخورد با کربنات موجود در مسیر شکل گرفته اند (شکل 7، الف و ب و ت).

اکسید و هیدروکسید های آهن: از انواع این کانی ها، دو کانی لیمونیت و هماتیت (Fe2O3) حضور بیشتری در زون کانی سازی شده دارند که حاصل شست و شو و اکسیداسیون کانی های سولفیدی آهن دار اولیه مانند پیریت و کالکوپیریت هستند (شکل 7، پ و ث).



شکل 7. تصاویر نمونه های دستی و میکروسکوپی از کانه های سوپرژن موجود در منطقه یارالوجه. الف) نمونه دستی از مالاکیت های برداشت شده که دندریت های منگنزدار نیز ئر آن قابل مشاهده می باشد، ب) نمونه دستی مالاکیت همراه ذرات پراکنده آزوریت در آن، پ)نمونه دستی از اکسید و هیدروکسید های آهن موجود در زون سوپرژن، ت) حضور کانی های پیریت و مالاکیت، ث) حضور کانی لیمونیت وذرات پیریت به شکل پراکنده و ریز، ج) کانه پیریت در مراح آخر تبدیل به کوولیت. (Mlc = مالاکیت؛ Lim = لیمونیت؛ Py = پیریت؛ Cv = کوولیت).

3. مکانیسم نهشت کانه ها

بر مبنای تحقیقات صحرایی و مینرالوگرافی، کانی سازی سولفیدی معمولا درون رگه - رگچه های سیلیسی با همراهی زون دگرسانی فیلیک پدید آمده اند. از جمله متداول ترین سولفید های هیپوژن که در همه ی زون های دگرسان شده وجود دارد، می توان به پیریت اشاره نمود که به صورت رگچه ای و دیسیمینه داخل آن ها قابل مشاهده می باشد. پیریت و دیگر سولفید های آهن دار توسط فرآیند های اکسایشی باعث شکل گیری هماتیت و یا لیمونیت درون رخنمون های سطحی زون های دگرسان شده فیلیک، آرژیلیک و سیلیسی گردیده است [9].

در نزدیکی رگه های سیلیسی، پدیده سریسیتی شدن کانی های فرومنیزین موجود در سنگ میزبان به وسیله سیالات اسیدی اشیاع از H_2S موجب تولید پیریت، کوارتز و سریسیت شده که این سری با یکدیگر مجموعا زون دگرسانی فیلیک را می سازند. کالکوپیریت به شکل پراکنده در رگه - رگچه های سولفوسالتی و سیلیسی زون دگرسانی فیلیک قابل مشاهده است. این کانی عموما از شکستگی ها و نواحی گسل خورده توسط بورنیت، کالکوسیت و کوولیت جانشین گشته است. شکل گیری کوولیت و بعد کالکوسیت همچنین می تواند به وسیله واکنش بین مس سوپرژن با کالکوپیریت نیز صورت پذیرد [10].

جانشینی های نام برده شده به شکل کوولیت، کالکوسیت و گاها بورنیت در حواشی پیریت و کالکوپیریت یا به موازات شکستگی های آنان و یا به گونه جانشینی کامل قابل مشاهده هستند. وجود ساختار های رگه - رگچه ای و برش های هیدروترمالی در ناحیه مورد نظر بیان گر شکستگی های متاثر از سیالات هیدروترمالی ناشی از مکانیسم های ماگمایی و گرمابی می باشند [11].

4. توالی پاراژنزی

پس از وقایع تکتونیکی که گسل ها و شکستگی های موجود در گدازه های آندزیتی ائوسن را به وجود آورده اند، توده های نفوذی با ترکیب گرانودیوریتی و کوارتزمونزونیتی به داخل سنگ های ولکانیکی منطقه نفوذ کرده و محلول های گرمابی را به وجود آورده اند، که همراه با سیالات جوی نفوذ کرده به اعماق زمین و درز و شکستگی ها، کانی های سنگ های مسیر خود را شست و شو داده و با تشکیل کمپلکس های فلزی و شرایط pH و دما به زون های بالاتر انتقال داده اند.

نفوذ این محلول ها موجب خرد و برشی شدن و ایجاد دگرسانی های سیلیسی، آرژیلیک و فیلیک در سنگ های مسیر نیز شده است. در مرحله اول، کانی کوارتز به صورت بی شکل یا ریزبلور به صورت رگه ای یا به صورت جانشینی به جای کانی های شسته شده سنگ میزبان و در قطعات برشی تشکیل شده است و کانی پیریت نیز به صورت شکل دار تا نیمه شکل دار در فضاهای خالی پدید آمده است.

بر طبق مطالعات کانی شناسی، پیریت در تمامی مراحل کانی سازی هیپوژن به صورت نابرجا و پراکنده در متن سنگ و هم در رگچه های سیلیسی حضور دارد. کالکوپیریت، بورنیت و طلای نامرئی کانه های هیپوژن موجود در رگچه های دارای کانی سازی هستند. بورنیت که فراوانی محدودی نسبت به سایر کانه های منطقه دارد، معمولا شکستگی های موجود در کالکوپیریت را پر کرده است و گاهی از سمت حواشی جانشین شده است (جدول 1).

جدول 1. توالی پاراژنزی انواع کانی های تشکیل یافته در مراحل کانی زایی در منطقه مورد مطالعه یارالوجه.

	Minerals	Time →			
		Hypogene mineralization			Supergene alt.
		Stage I	Stage II	Stage III	
Sulfides	Pyrite				
	Chalcopyrite				
	Bornite				
	Covellite				
	Calcocite				
Oxides	Hematite				
	Limonite				
	Goethite				
	Native Gold				
Silicates & Carbonates	Quartz				
	Malachite & Azurite				

5. نتیجه گیری

مطالعه کانی شناسی واحد های سنگی نشان می دهد که کوارتز، کلسیت، سریسیت و کلریت مهمترین کانی های دگرسانی هیپوژن و لیمونیت، گوتیت، هماتیت و ترمولیت - اکتینولیت کانی های بارز دگرسانی سوپرژن در این مناطق هستند. مطالعات ژئوشیمیایی نشان

می دهند که فرآیندهای گرمابی هیپوژن و سوپرژن هر دو در توسعه زون های دگرسانی در این مناطق نقش داشته اند، اما محلول های هیپوژن نقش مؤثرتری داشته اند. کانه زایی در این مناطق به صورت رگه - رگچه ای در داخل شکستگی ها و زون های گسلی صورت گرفته است. پیریت کانی سولفیدی عمده هیپوژن بوده که به مقدار کمتر توسط کالکوپیریت، بورنیت همراهی می شود. کانی های سوپرژن از قبیل اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، لیمونیت و گوتیت)، مالاکیت، آزوریت، کوولیت و کالکوسیت مجموعه کانیایی هیپوژن را همپوشانی می کنند

منابع

[1] قربانی، م.، 1386 . زمین شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران. انتشارات آرین زمین، 492 ص.

[2] قربانی، م.، 1390 . ماگماتیسم، دگرسانی و ارتباط آن ها با کانی سازی در محور اهر - جلفا (ارسباران). مجله علوم پایه دانشگاه آزاد اسلامی 81 ، 38-23.

[3] نبوی، ح.، 1355 . دیباچه ای بر زمین شناسی ایران. سازمان زمین شناسی کشور، 109 ص.

[4] مهرپرتو، م.، 1373 . نقشه زمین شناسی ورقه یکصد هزارم ورزقان به همراه گزارش، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

[5] Bazin, D. and Hubner, H., 1969. Copper deposits in Iran (No. 13-14). Geological Survey of iran.

[6] Stocklin. J., 1968. Structural History and Tectonic of Iran: A Review. American Association of Petroleum Geologists Bulletin, USA 52, 1229-1258.

[7] Whitney, D.L... Evans, B. W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist 95, 85-187.

[8] Guilbert, J.M., Park, Jr. C. F., 1997. The Geology of Ore Deposits. Freaman and Company, New York, 985p.

[9] Guilbert, J. M., Park, Jr. C. F., 1986. The Geology of Ore Deposits. Freaman and Company, New York.

[10] Jensen, M. L., Bateman, A. M., 1981. Economic Mineral Deposits. John Wiely & Sons, Inc.593p.

[11] Hedenquist, J. W., Arribas, A., Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration fer epithermal gold deposits. Review in economic geology 13, 245-277.