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

سنگ‌شناسی و دگرسانی رگه‌های پلی‌متال آلچه‌قشلاق (شمال ورزقان- آذربایجان شرقی)

حسین ناصری[۱]، علی‌اصغر کلاگری[۲]، سید غفور علوی[۳] ، سید مهران حیدری[۴]

[۱]گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران Hossein.naseri@tabrizu.ac.ir

[۲] گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز Calagari@tabrizu.ac.ir

[۳] گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران Ghafour-alavi@tabrizu.ac.ir

[۴]گروه زمین‌شناسی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و معدنی کشور، تهران، ایران Sm.heidari@gmail.com

چکیده:

منطقه کانه‌دار آلچه‌قشلاق در شمال شهر ورزقان و در جنوب معدن سونگون در پهنه فلزایی ارسباران واقع شده است. سنگ‌های آتشفشانی مطالعه شده شامل آندزیت‌ها و تراکی‌آندزیت‌ها، داسیت‌ها، داسیت‌آندزیت‌ها و ریوداسیت‌ها هستند که توسط دایک‌های ریولیتی و داسیت‌آندزیتی قطع شده‌اند. کانی‌های پلاژیوکلاز، کوارتز و آمفیبول (هورنبلند) بیشترین حضور را در این سنگ‌ها دارند. بافت غالب سنگ‌ها پورفیریتیک با خمیره ریز بلور تا هیالومیکرولیتی پورفیریک می‌باشد. حضور رگه‌های سیلیسی و باریتی همراه با دگرسانی‌های گسترده آرژیلیکی، فیلیکی، سیلیسی و پروپیلیتیکی از سیماهای کانی‌سازی در این منطقه هست. دگرسانای‌های آرژیلی و سیلیسی در مجاورت رگه‌های کانه‌دار تشکیل شده است و با دور شدن از آن، دگرسانی فیلیکی و سپس پروپیلیتیکی غالب می‌شود. بافهای برشی، پرکننده فضاهای خالی و رگچه‌ای از بافت‌های غالب این کانی‌زایی می‌باشند. کانی‌های اسفالریت، کالکوپیریت، گالن و پیریت همرا ه با کانی‌های رسی، سریسیتی، کربناته و کلریتی از ویژگی‌های کانی‌زایی می‌باشد. کانی‌های باطله رگه‌ها عمدتاً سیلیس، باریت و کلسیت هستند که گاهاً به صورت مجزا در مجاورت هم دیده می‌شوند. همراهی این کانی‌زایی با میزبانی واحدهای آتشفشانی و حضور توده‌های با پتانسیل کانی‌زایی پورفیری در نزدیکی آن می‌تواند نشان از سیستم گرمابی باشد.

کلیدواژه: سنگ‌های آتشفشانی، دگرسانی‌های گرمابی، کانی‌زایی، زون ارسباران، آلچه‌قشلاق

Abstract:

The Alche-Qashlaq mineral deposit is situated north of Varzeghan city and south of the Songon mine in the Arsbaran metal zone. The volcanic rocks examined consist of various types, such as andesites, trachyandesites, dacites, dacite-andesites, and rhyodacites, intersected by rhyolitic and dacite-andesite dikes. Plagioclase, quartz, and amphibole (hornblende) minerals are prevalent in these rocks. The predominant texture is porphyritic, ranging from fine crystal paste to hyalomicrolithic porphyric. Siliceous and barite veins, accompanied by extensive argillic, phyllic, siliceous, and propylitic alterations, are characteristic of mineralization in this area. Argillic and siliceous alterations are found close to mineralized veins, transitioning to phyllic and then propylitic alterations further away. Breccia, filled spaces, and veinlets are the main textures associated with this mineralization. Sphalerite, chalcopyrite, galena, and pyrite minerals, along with clay, sericite, carbonate, and chlorite minerals, contribute to the mineralization features. The waste minerals present in the veins primarily include silica, barite, and calcite, sometimes observed separately nearby. The connection of this mineralization to volcanic units hosting masses with potential porphyry mineralization in close proximity may indicate a hydrothermal system.

Keywords: Volcanic rocks, hydrothermal alteration, mineralization, Arsbaran zone, Alche-Qashlaq area

مقدمه:

محدوده اکتشافی آلچه قشلاق در ۱۷ کیلومتری شمال شهرستان ورزقان، شمال- شرق استان آذربایجان‌شرقی، با مختصات جغرافیایی بین طول‌های ″۳۴ ′۳۸ °۴۶و″۲۳ ′۴۰ °۴۶ شرقی و عرض‌های ″۱۱ ′۳۸ °۳۸ و ″۳۲ ′۳۷ °۳۸ شمالی واقع شده است. این محدوده برای اولین بار توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی واکتشافات معدنی شمال‌غرب (۱۳۹۱) به روش ژئوشیمی و اکتشافات چکشی کشف و در سال ۱۳۹۸ اکتشاف تکمیلی با حفر ۱۴ گمانه اکتشافی ادامه پیدا کرده است.

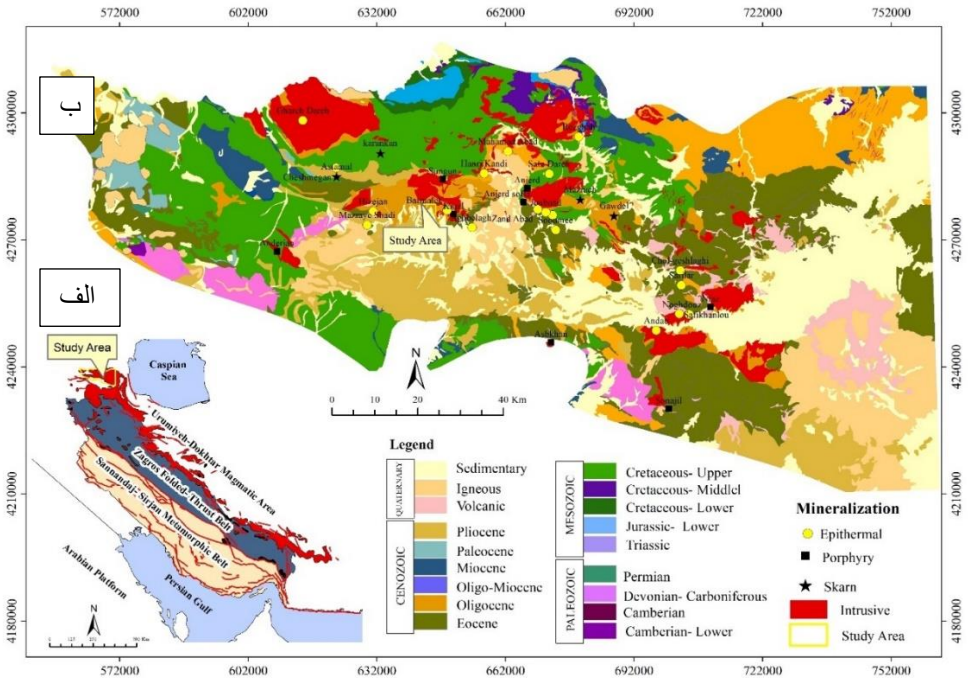
این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی پهنه‌های ساختاری، در پهنه البرز- آذربایجان (شکل ۱- a) و در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ورزقان قرار دارد. از دیدگاه فلززائی، این محدوده در پهنه کانی‌زایی ارسباران [1] (شکل ۱- الف) و ۱۰ کیلومتری جنوب کانسار مس سونگون واقع شده است. این پهنه یکی از بارزترین مناطق حاوی ذخائر فلزی مرتبط با توده‌های نیمه عمیق (پورفیری، اسکارن و اپی‌ترمال) می‌باشد که با کانسارهای پورفیری چون سونگون [2] مسجدداغی [3]، صاحب‌دیوان[4] ، کیقال [5] ، دره علی‌جواد [6] ذخایر اسکارنی مس سونگون [7] معدن مس اسکارنی مزرعه [8] معدن انجرد[9] ، گودال [10] و ذخایر طلای اپی‌ترمال مانند شرف‌آباد- هیزه‌جان [11] ، زگلیک- ساریلار[12] انیق- قره‌چیلر [13]، اندریان و آسترقان [14] ، مزرعه شادی[15] ، نبی‌جان[16] و صفی‌خانلو- نقدوز [17] شناخته می‌شود. بر این اساس حضور کانی‌زایی‌های مس، مولیبدن و فلزات قیمتی مانند طلا در این پهنه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده و مطالعه روی ترکیب و ویژگی‌های این مجموعه‌های آتشفشانی-نفوذی کانه‌دار بر اهمیت آن می افزاید. لذا هدف از این پژوهش، بررسی کانی‌شناسی سنگ‌های میزبان، نوع و میزان دگرسانی آنها و نوع کانی‌زایی در این منطقه می‌باشد.

زمین شناسی عمومی

منطقه آلچه‌قشلاق بخش از کمربند فلزایی ارسباران (شکل۱- ب) و در کنار مس پورفیری سونگون و کیقال واقع شده است. کمربند مس پورفیری ارسباران در شمال غرب ایران واقع شده و بخش‌های شرقی و غربی کمربند کانی‌زایی آلپ هیمالیا را به یکدیگر متصل می‌کند. این کمربند دربرگیرنده کانسارهای مس، مولیبدن و طلای متعددی هستند [18].کمربند ارسباران دارای ۴۶۶ کیلومتر درازا و ۶۰ تا ۸۶ کیلومتر پهنا بوده و دربرگیرنده نهشته‌های آتشفشانی - رسوبی کرتاسه و سنوزوئیک و همچنین، توده‌های نفوذی سنوزوئیک است. در این کمربند، ماگماتیسم در کرتاسه پایانی کواترنری شامل دو مرحله اصلی ائوسن و میوسن پایانی - کواترنری است. توده‌های نفوذی گسترده‌ای با طبیعت و سن متفاوت در طول زمان الیگوسن میوسن - در کمربند ارسباران جایگزین شده‌اند[19] که در اثر عملکرد این توده‌ها، پهنه‌های دگرسانی گسترده و همچنین، کانی‌زایی‌های متعددی مانند: انواع پورفیری، اسکارنی و اپی‌ترمال در این کمربند گسترش یافته است [20] .

روش مطالعه:

به منظور بررسی ماهیت زمین‌شناسی محدوده مورد مطالعه، بررسی‌ها در دو بخش صحرایی (عمدتاً در مقیاس محدوده معدنی) و آزمایشگاهی انجام گردید. مطالعات کانی‌شناسی و بافتی بر روی ۶۰ مقطع نازک، ۱۵مقطع نازک-صیقلی، ۱۰ مقطع صیقلی وAdobe Illustrator استفاده شد و برای ترسیم نقشه‌های زمین‌شناسی از نرم افزار Arc GIS 10.5 بهره گرفته شد.



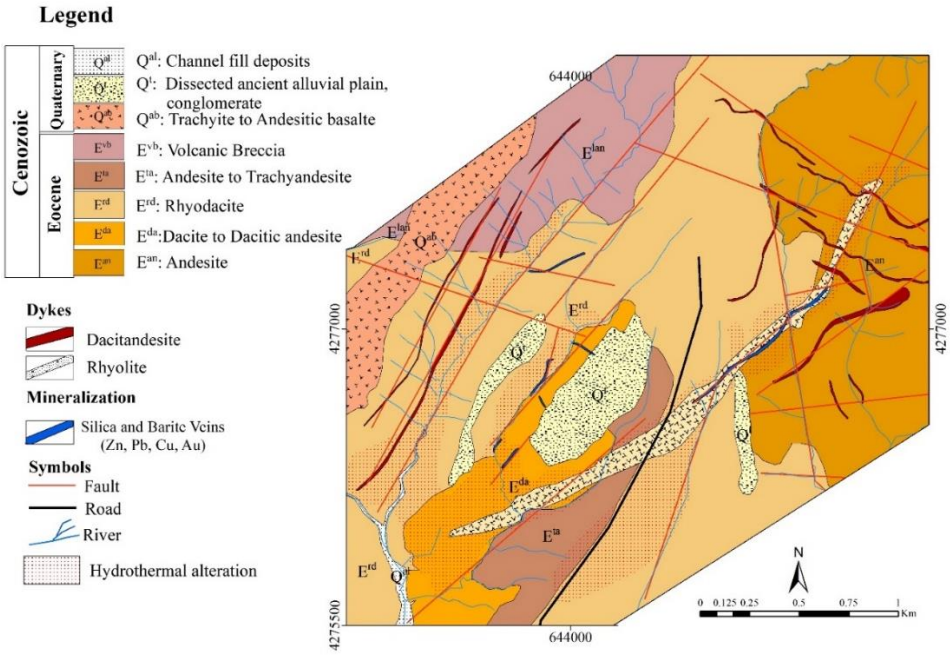
شکل۱- الف) موقعیت محدوده آلچه‌قشلاق بر روی پهنه‌های رسوبی- ساختاری ایران ب) موقعیت پهنه فلزایی ارسباران بر گرفته از [21]

ویژگی‌های صحرایی واحدهای آتشفشانی:

براساس مطالعات صحرایی و تهیه نقشه زمین‌شناسی (درمقیاس ۱:۵۰۰۰) در محدوده مورد مطالعه (شکل- ۲)، گسترده‌ترین واحد سنگی تشکیل- دهنده محدوده مورد مطالعه، واحد حدواسط تا اسیدی به سن ائوسن پسین می باشد که ترکیبی از آندزیت تا ریوداسیت و ریولیت را شامل می‌شود. این واحد با فاصله از رگه‌های سیلیسی- باریتی عمدتاً متحمل دگرسانی پروپیلیتیک شده و واحدهای اسیدی‌تر دگرسانی‌های کربناته و سریسیتی را نیز نشان می‌دهند. دایک‌های با ترکیب ریولیتی و ریوداسیتی در منطقه در راستای شمال شرق- جنوب غرب و دایک‌های آندزیتی تا داسیت‌آندزیتی با روند شمال غرب- جنوب شرق به داخل واحدهای جوانتر تزریق شده اند. دایک‌های ریولیتی و ریوداسیتی همراستای روند کانی‌زایی بوده و در بخشی به عنوان میزبان کانی‌زایی نیز عمل کرده است. واحدهای جوان کواترنری با ترکیب بازیک مانند تراکی آندزیت تا آندزیت بازالتی واحدهای قدیمی را پوشانده و عمدتاً در ارتفاعات منطقه قابل مشاهده است. در نهایت واحدهای رسوبی کواترنری با قطعات درشت از واحدهای دگرسان قدیمی در کل منطقه قابل مشاهده است.

واحد آندزیتی E^{an}: این واحد قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در این منطقه است که توسط دایک‌های با سن الیگوسن پسین قطع شده است. گسترش این واحد بیشتر در شرق محدوده برونزد دارد (شکل۳- الف). رخنمون این واحد پوشیده از گیاهان خودرو بوده و در قسمت‌های رخنمون یافته به رنگ خاکستری (شکل ۳- الف و ب) قابل مشاهده است. دگرسانی غالب در این واحد دگرسانی پروپیلیتیک بوده که در اطراف دایک ریولیتی و کانی‌زایی بر میزان کانی‌های سریسیتی و کربناته اضافه شده است. بافت این سنگ‌ها دارای بافت غالب پورفیریک با خمیره ریز بلور بوده و کانی‌های فنوکریست آن ۲۰ تا ۲۵ درصد سنگ را تشکیل می‌دهند. پلاژیوکلاز با بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار در اندازه بلوری ریز تا ۲ میلی متر دارای ماکل پلی سنتتیک و بافت غربالی در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد حجم کانی‌های فنوکریست را به خود اختصاص داده است

(شکل۳- پ و ت). هورنبلند با بلورهای شکل دار تا نیمه شکل دار در اندازه بلوری تا ۱/۵ میلی متر در حدود ۲۰ تا ۳۰ درصد حجمی فنوکریست‌ها را تشکیل می‌دهد. در بیشتر نمونه‌های مطالعه شده اطراف هورنبلند را حاشیه آپاسیتی فرا گرفته است (شکل۳-e).

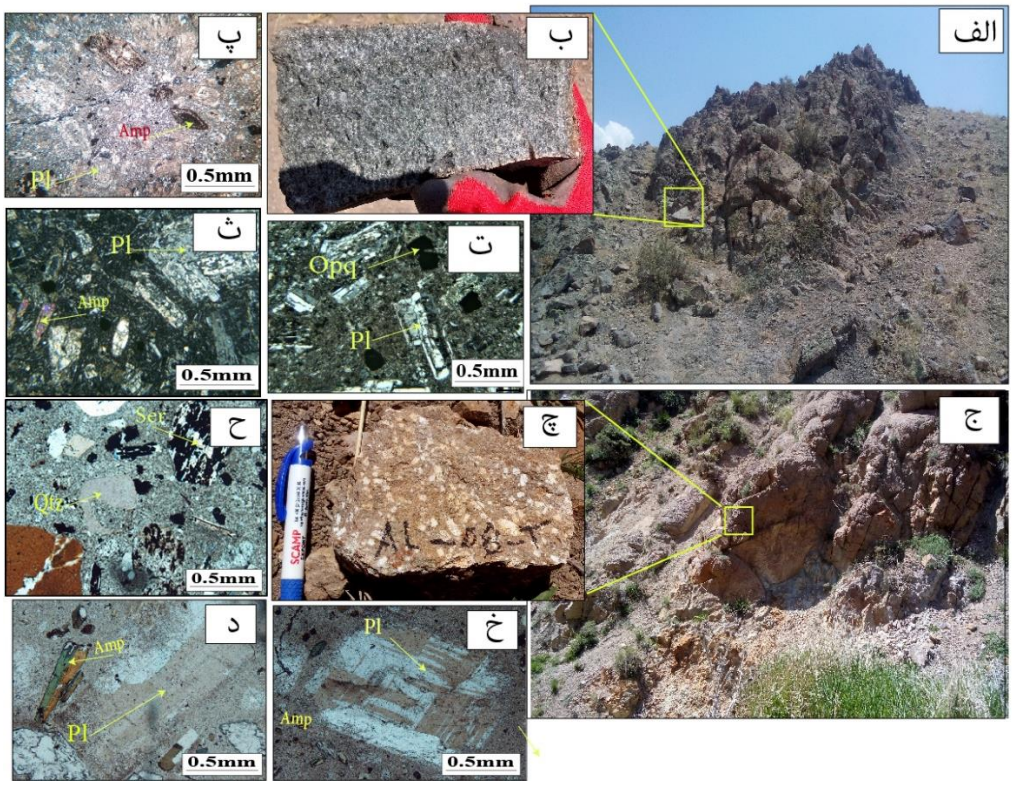


شکل ۲- نقشه زمین‌شناسی تهیه شده از محدوده مورد مطالعه در مقیاس ۱:۵۰۰۰

واحد داسیت تا داسیت- آندزیت E^{da}: این واحد در مرکز محدوده واقع و از گسترش کمتری نسبت به سایر واحدهای سنگی برخوردار است. توسط دایک ریولیتی تحت تأثیر قرار گرفته و با بافت برشی و کانی‌زایی همراه می باشد. رنگ کرمی از ویژگی‌های بارز این واحد در منطقه مورد مطالعه بوده که نسبت به سایر واحدها قابل تفکیک است (شکل۳- ث). میزان فرسایش در این واحد به شدت بالا بوده و بخش عمده آن به خاک تبدیل شده است (شکل ۳- ث و ج). بر اساس مطالعات میکروسکوپی بافت پورفیریتیک، بافت غالب در این واحد بوده که در آن کانی‌های پلاژیوکلاز، آمفیبول و کوارتز فنوکریست‌های آن را تشکیل می‌دهند. بلورهای شکل دار تا نیمه شکل‌دار پلاژیوکلاز (با فراوانی ۳۵ تا ۴۵ درصد حجمی) در اندازه بلوری میکرونی تا ۳/۵ میلی متر با ماکل پلی سنتتیک و گاهی منطقه بندی که از حواشی به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده‌اند، قابل مشاهده هستند (شکل ۳-ح). آمفیبول (با فراوانی ۱۰ تا ۱۳ درصد حجمی) به صورت شکل‌دار (مقطع کامل) تا نیمه شکل‌دار با ماکل در اندازه‌های متفاوت میکرونی تا ۲ میلی متر (شکل ۳- خ) با دگرسانی به کلریت، کربنات و اکسیدهای آهن به همراه بلورهای نیمه شکلدارکوارتز (با فراوان۴ تا ۶ درصد حجمی) در حد ۰/۵ میلی‌متر در سنگ حضوردارند (شکل ۳-د).

واحد ریوداسیت E^{rd}: این واحد یکی از گسترده ترین واحدهای تشکیل دهنده محدوده مورد مطالعه بوده که بیشترین گستره آن از جنوب محدوده تا میانه آن می باشد (شکل۴- الف). این واحد به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی و گرمابی به شدت خرد و دگرسان بوده و اکسیدهای آهن تمامی سطوح آن را در برگرفته است (شکل۴- ب). سطوح شکسته و تازه آن به رنگ سفید تا کرمی روشن دیده می‌شود و شدت دگرسانی به اندازه‌ای است که کانی‌های اولیه از بین رفته و قالب‌های خالی آن باقی مانده است. سریسیتی شدن، آرژیلیکی شدن و فرایند سوپرژن در واحد ریوداسیتی در محل عبور رگه‌های سیلیسی- باریتی و دایک ریولیتی بیشترین تأثیر را داشته‌اند. مطالعه مقاطع نازک این سنگها نشان‌دهنده

بافت میکرولیتی پورفیریتیک جریانی با خمیره میکرولیتیک و گاهی شیشه می‌باشد. فنوکریست‌ها در این سنگ‌ها شامل کوارتز (با درصد فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد حجمی) و پلاژیوکلاز (با فراوانی ۴ تا ۶ درصد حجمی) بوده (شکل۴- پ) و کانی‌های فرعی آن نیز شامل هورنبلند (با فراوانی ۲ تا ۳ درصد حجمی) و کانی‌های کدر (با فراوانی در حدود ۱ درصد حجمی) می‌باشد.



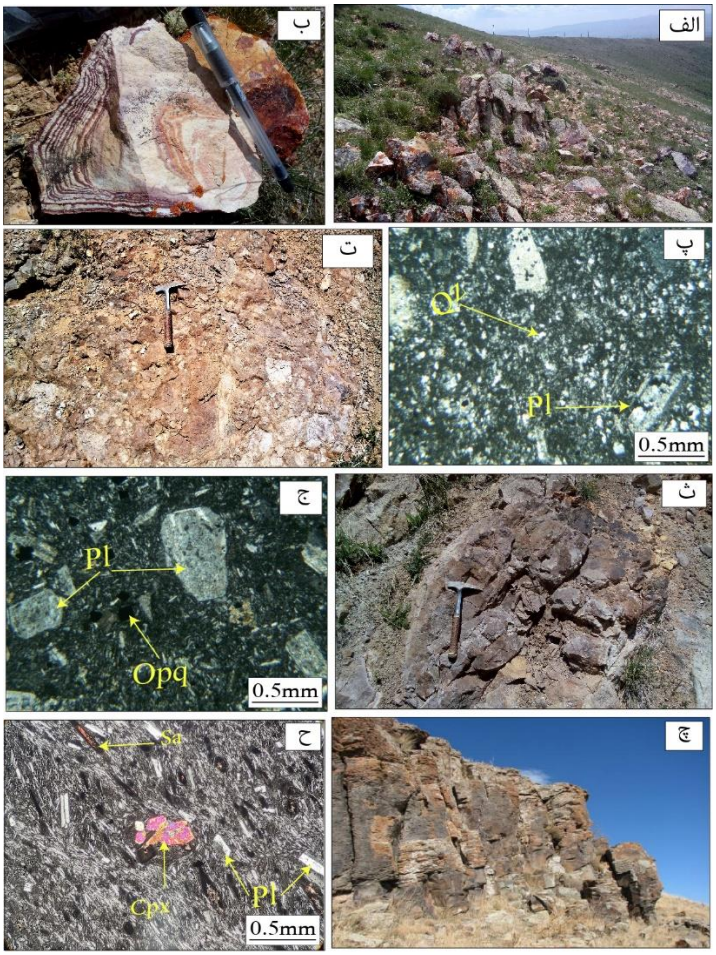
شکل۳- تصاویر صحرایی، نمونه‌های دستی و پتروگرافی (XPL) از سنگ‌های آندزیتی و داسیت آندزیتی منطقه آلچه قشلاق الف) تصویر صحرایی از واحد آندزیتی (دید به سمت شرق) ب) نمونه دستی از واحد آندزیتی. پ) آمفیبول اپاسیتی شده همراه با پلاژیوکلاز با دگرسانی بالا و زون‌بندی ت) بافت پورفیریتیک با کانی‌های پلاژیوکلاز سریسیتی شده و آمفیبول کلریتی شده ث) کانی هورنبلند به صورت فنوکریست ج) واحد داسیت آندزیتی با دگرسانی آرزیلیکی در نزدیکی زون‌های گسله چ) نمونه دستی از واحد داسیت آندزیتی که در ان پلاژیوکلاز که به سریسیت و کانی‌های رسی دگرسان شده است. ح) فنوکریست‌های کوارتز با خوردگی خلیجی‌شکل همراه با دگرسانی سریسیتی بر روی کانی پلاژیوکلاز خ) فنوکریست پلاژیوکلاز با منطقه‌بندی نوسانی و کانی‌های ریز آمفیبول دگرسان شده. د) بافت پورفیریتیک و حضور کانی‌های پلاژیوکلاز با منطقه بندی نوسانی و آمفیبول در داسیت تا داسیت‌آندزیت). علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز اقتباس شده است[22] (Pl:پلاژیوکلاز ، Qtz: کوارتز، Amp: افیبول، Opq: اوپک)

واحد برش ولکانیکی E^{vb} : رخنمون این واحد بیشتر در قسمت شمال غرب محدوده گسترش نشان می دهد. این واحد از شرق توسط واحد آندزیتی و از جنوب توسط واحد ریوداسیتی محدوده می‌گردد. علاوه بر واحدهای ذکر شده، سنگ‌های آتشفشانی با سن کواترنر با ترکیب داسیت-آندزیت تا کوارتز آندزیت بخش‌های میانی این واحد را به صورت افقی پوشانده است. ترکیب قطعات برشی موجود در این واحد بیشتری ترکیب ریولیت تا داسیت و آندزیت در اندازه‌های میلی‌متر تا ۱۰ سانتی‌متر بوده که در خمیره‌ای از مواد آتشفشانی اسیدی قرار دارند (شکل۴- ت). این قطعات تا حدودی گرد شده بوده و داخل سیمان آتشفشانی اسیدی غوطه ور است. قطعات تشکیل‌دهنده این واحد عمدتاً دگرسان بوده و همبستگی با واحدهای محدود کننده آن دارند که نشان از جوان‌تر بودن آن است.

واحد آندزیت تا تراکی آندزیت E^{ta} : این واحد به رنگ خاکستری با دگرسانی متوسط از مرکز محدوده مطالعاتی به سمت جنوب غرب و در امتداد جاده دسترسی معدن سونگون کشیده شده است. این واحد در کنار واحد داسیت تا داسیت آندزیتی که میزبان بخشی از کانی‌زایی است در نقشه زمین‌شناسی قابل تشخیص است. در بخش‌های شمالی این واحد که نزدیک سیستم اپی‌ترمال است شاهد دگرسانی گسترده فیلیکی همراه با کانی‌های رسی است اما به سمت جنوب از شدت دگرسانی کاسته شده و سالم‌تر است (شکل۴- ث). بر اساس مطالعات مقاطع میکروسکوپی، بافت غالب سنگ، پورفیریک با زمینه میکرولیتی ریز بلور تا کریپتوکریستالین می‌باشد. پلاژیوکلاز به عنوان کانی فنوکریست با بلورهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار با اندازه بلوری تا ۳ میلی‌متر و ماکل پلی‌سنتتیک ۶۰ درصد کانی‌های فنوکریست را تشکیل می‌دهد (شکل۴- ج). کانی‌های تیره نیز به صورت پراکنده در متن سنگ حضور دارند که با توجه به شکل و اندازه آنها به نظر می‌رسد که کانی پیریت باشند (شکل۴- ج).

واحد تراکی- آندزیت‌بازالتی Q^{ab}: این واحد سنگی در غرب و شمال غرب محدوده مورد مطالعه واقع شده است. روند عمومی این واحد شمال شرق- جنوب غرب بوده و به صورت دگر شیب بر روی واحدهای قدیمی‌تر قرار گرفته است (شکل۴- ج). بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورزقان، سن این واحد کواترنر بوده و مربوط به آخرین ماگماتیسم فعال در منطقه است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، بافت اصلی این سنگ‌ها میکرولیتی پورفیریک و اینترگرانولار بوده و زمینه سنگ نیز حاوی شیشه به فرم اینترسرتال است که توسط تیغک‌های سانیدین و پلاژیوکلاز در برگرفته شده است (شکل۴- ح). پیروکسن اغلب به فرم شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار و در اندازه‌های متوسط تا درشت، به صورت فنوکریست در زمینه میکرولیتی این واحد سنگی قابل مشاهده است نوع پیروکسن موجود در این واحد عمدتاً از نوع کلینوپیروکسن بوده که دگرسانی بسیار ضعیفی را نیز تحمل کرده است (شکل۴- ح). در برخی از مقاطع این کانی به فرم اینترگرانولار توسط تیغک‌های پلاژیوکلاز و سانیدین در برگرفته شده است و در مسیر جریان واقع شده است. پلاژیوکلاز به صورت میکرولیت زمینه سنگ را تشکیل می‌دهد (شکل۴- ح). این میکرولیت‌ها، فنوکریست- های کلینوپیروکسن را دور زده که در یک روند خاص منظم شده است. کانی سانیدین نیز به صورت میکرولیت حضور داشته و اندازه آن‌ها بسیار ریز است (شکل۴- ح).

دایک ریولیتی به رنگ سفید با روندی شمال شرق – جنوب غرب و با شیبی به سمت شمال غرب با ضخامت در حدود ۲۰ متر و طولی در حدود ۲ کیلومتر در مرکز محدوده مورد مطالعه قرار گرفته است (شکل۵-الف). دگرسانی گسترده این دایک باعث از بین رفتن ساخت و بافت اولیه سنگ شده و در حاشیه خود نیز سنگ میزبان را بشدت تحت تأثیر قرار داده است (شکل۵-ب). به دلیل شدت دگرسانی، کانی‌های اولیه آن از بین رفته و با کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن پر شده است (شکل۵-پ). ابراساس مطالعات مقاطع نازک از این واحد بیشترین بافت مشاهده شده پورفیریک با خمیره ریز بلور و در برخی موارد جریانی است. فنوکریست‌های تشکیل‌دهنده آن شامل آلکالی فلدسپارها (با فراوانی ۱۰ تا ۱۵ درصد حجمی) و کوارتز (با فراوانی ۶۰ تا ۷۰ درصد حجمی) است (شکل۵-ت). کانی‌های فرعی مانند آمفیبول و به ندرت بیوتیت و کانی‌های کدر از کانی‌های فرعی تشکیل دهنده این سنگ هستند (شکل۵-ث). کانی‌های کلریت، کلسیت و کانی‌های رسی از کانی‌های ثانویه این سنگ محسوب می‌گردند.



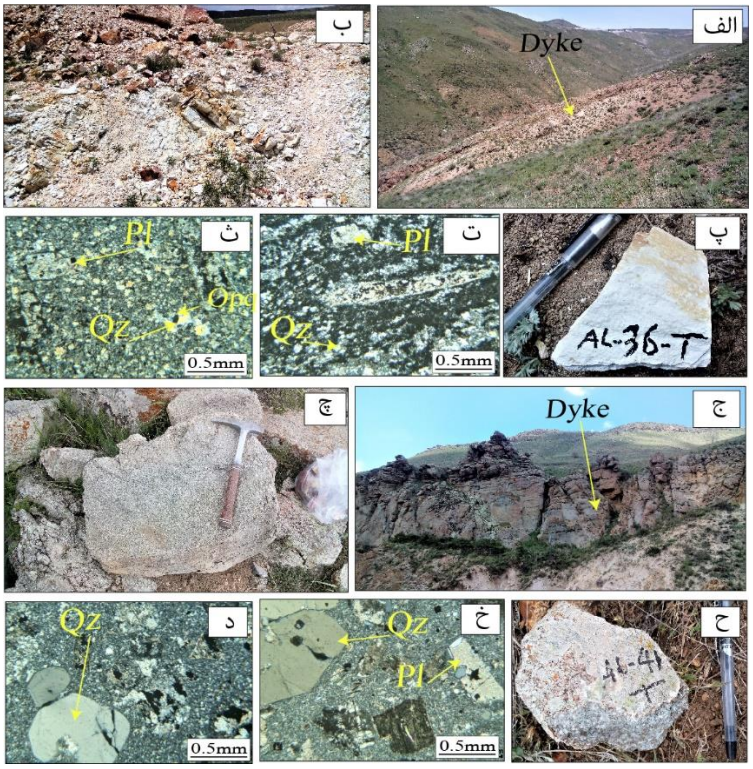
شکل ۴- تصاویر صحرایی، نمونه دستی و پتروگرافی (XPL) محدوده مطالعاتی آلچه‌قشلاق. الف) تصویر صحرایی واحد ریوداسیتی (دید به سمت جنوب) ب) نمونه دستی واحد ریوداسیت ، پ) پلاژیوکلاز به صورت فنوکریست در زمینه حاوی سیلیسی. ت) برش ولکانیکی با قطعات درشت از واحدهای قدیمی‌تر. ث) آندزیت تا تراکی آندزیت با دگرسانی پروپیلیتیک. ج) پلاژیوکلاز دگرسان شده در زمینه‌ای از میکرولیت‌های سوزنی. چ) واحد تراکی تا تراکی بازالت مربوط به دوران کواترنر ح) کانی کلینوپیروکسن در زمینه‌ای از شیشه و تیغک‌های سانیدین و پلاژیوکلاز. علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است (Pl:پلاژیوکلاز ، Qz: کوارتز، Cpx: کلینوپیروکسن، Opq: اوپک).

دایک داسیتی تا داسیت آندزیت: این دایک‌ها به طور گسترده در منطقه مورد مطالعه حضور دارند و بیشترین رخنمون آنها نیز در غرب و شمال غرب و در داخل واحد آندزیتی قابل مشاهده است. روند عمومی آنها در بخش غربی محدوده شمال غرب- جنوب شرق بوده و در شرق محدوده نیز تا حدودی شمال شرق- جنوب غرب است. این دایک‌ها با دارا بودن افرازی بیش از ۳ متر در غرب محدوده مورد مطالعه قابل مشاهده است (شکل۵-ج). رنگ ظاهری این دایک‌ها خاکستری تا خاکستری روشن بوده (شکل۵-چ) و کانی‌های فنوکریست پلاژیوکلاز با دگرسانی رسی در آن قابل مشاهده است (شکل۵-ح). روند عمومی آنها شمال غرب- جنوب شرق بوده و با توجه به اینکه دایک ریولیتی را قطع کرده است جوانتر از آن است. مطالعه مقاطع نازک حاکی از حضور بافت پورفیریک با خمیره ریز بلور و کریپتوکریستالین دگرسان است. کانی‌های پلاژیوکلاز، هورنبلند و کوارتز با فراوانی به ترتیب ۴۵، ۱۵ و ۵ درصد از کانی‌های فنوکریست را شامل می‌شوند. کانی‌های شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار پلاژیوکلاز

(شکل۵-خ) در اندازه‌های حدود ۴ میلی‌متر قابل مشاهده است. کوارتز با بلورهای نیمه شکل‌دار با خوردگی خلیجی شکل و دارای خاموشی موجی در اندازه بلوری ریز تا ۷ میلی‌متر با درصد قابل توجهی در سنگ دیده می‌شود(شکل۵-خ و د).

دگرسانی و کانه‌زائی

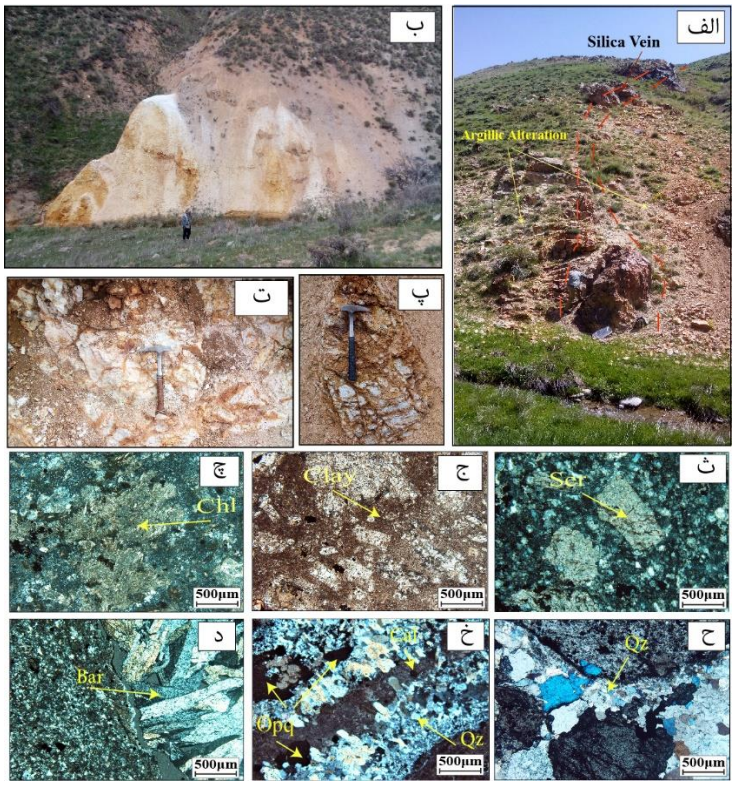
سنگ میزبان این کانی‌زایی‌ها عمدتاً آندزیت، داسیت، ریولیت، ریوداسیت و داسیت‌آندزیتی بوده و این سنگ‌های میزبان در اطراف رگه‌های سیلیسی دچار دگرسانی شده‌اند. این دگرسانی‌ها هم به صورت گسترده در اطراف رگه‌های سیلیسی- باریتی (شکل۶-الف) و هم به‌صورت مجزا رخ‌داده‌اند (شکل ۶- ب). پهنه‌های دگرسانی سریسیتی و پروپیلیتیک از بیشترین گسترش برخوردار بوده و دگرسانی‌های سیلیسی و آرژیلیکی بیشتر در اطراف رگه‌های سیلیسی حضور دارند. دگرسانی فیلیک بیشترین گسترش را در میان سایر دگرسانی‌ها داشته و بیشتر واحدهای داسیتی ، ریوداسیتی و دایک ریولیتی را تحت تأثیر قرار داده است. اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن در تمامی سطوح و درز و شکستگی‌های این دگرسانی‌ها حضور دارند (شکل۶- پ و ت) که حاکی از فرایند اکسیداسیون و شستشوی بالا در این سیستم کانی‌زایی دارد. در واحد آندزیتی نیز محدود به اطراف رگه‌های سیلیسی بوده و در نهایت با دگرسانی پروپیلیتیک محدود می‌گردد. این دگرسانی شامل کانی سریسیت (شکل۶-ث) ، کوارتز و کانی پیریت بوده به گونه‌ای که کانی سریسیت عمدتاً کانی‌های فلدسپار مانند پلاژیوکلاز را تحت تأثیر قرار داده است و در تمامی نمونه‌های مطالعه شده حضور دارد. علاوه بر تأثر بر روی فنوکریست‌های فلدسپار، حضور گسترده‌ای نیز در متن سنگ دارد. کانی پیریت (حدوداً ۵ درصد سنگ) به صورت تمام بلورین و درشت در متن سنگ قابل مشاهده است که در سطح در حال تبدیل شدن به کانی‌های اکسیدی مانند هماتیت و لیمونیت شده‌اند (شکل ۶- پ و ت). دگرسانی آرژیلی نیز به طور گسترده در تمامی واحدهای سنگی درگیر با کانی‌زایی حضور دارد و به دلیل همپوشانی با دگرسانی فیلیک به جز در اطراف رگه‌های سیلیسی قابل تفکیک نمی‌باشد. این دگرسانی در دایک ریولیتی، واحدهای داسیتی و ریوداسیتی بیشترین تأثیر را داشته و اطراف رگه‌های سیلیسی به رنگ سفید قابل مشاهده است. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، کانی‌های کائولینیت، مونتموریونیت و ایلیت بیشترین حضور را در میان سایر کانی‌های رسی داشته و در تمامی نمونه‌های مطالعه شده قابل مشاهده است (شکل ۶- ج). دگرسانی پروپیلیتیک با حضور کانی‌های کلریتی (شکل ۶- چ)، اپیدوتی و کلسیتی در واحدهای آندزیتی تا تراکی آندزیتی با دور شدن از رگه‌های سیلیسی گسترش می‌یابد. این کانی‌ها، جانشین کانی‌های فرومنیزین مانند پیروکسن، هورنبلند و بیوتیت شده به طوری که در بسیاری از مقاطع مطالعه شده آثاری از کانی اولیه باقی نمانده است. علاوه بر بافت جانشینی، رگه‌های کلریتی نیز قابل مشاهده است که با نزدیکتر شدن به سیستم گرمابی منطقه بر میزان آن افزوده می‌شود. دگرسانی سیلیسی به ۲ شکل در این محدوده قابل مشاهده است نوع اول بیشتر در ارتباط با زون‌های ساختاری بوده و در امتداد گسل‌ها با صورت متراکم و رگه‌ای دیده می‌شوند. نوع دوم در ارتباط با زون‌های برشی گرمابی (شکل۶- ح) بوده و تمامی فضای بین قطعات را پر کرده و یا بصورت جانشینی تمرکز یافته است. سیلیس در این دگرسانی در رگه‌ها بیشتر به صورت بلورین و گاهی به صورت کلسدونی و در زون‌های برشی بصورت بلوری و دندان‌سگی (شکل ۶-خ) و گاهی همراه با کانی باریت (شکل ۶-د) دیده می‌شود.



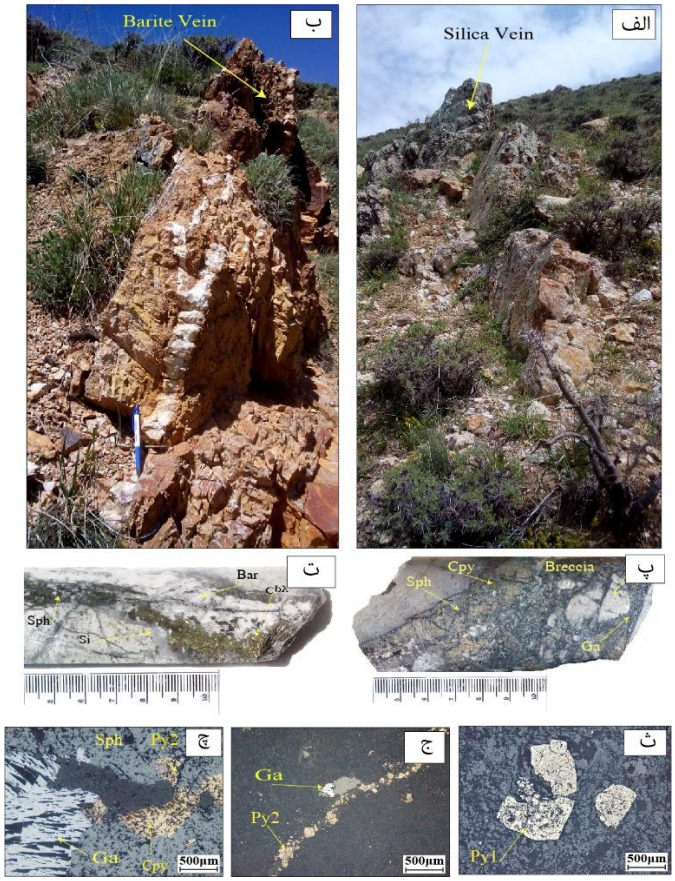
شکل ۵- تصاویر صحرایی، نمونه‌های دستی و پتروگرافی (XPL) از دایک‌های منطقه آلچه قشلاق الف) دایک ریولیتی به رنگ سفید (دید به سمت شمال شرق). ب) دایک ریولیتی با دگرسانی آرزیلیکی پ) نمونه دستی از دایک ریولیت با دگرسانی آرژیلیکی ت) کانی پلاژیوکلاز سریسیتی شده در خمیره ای از وارتز بی‌شکل ث) فنوکریست‌های پلاژیوکلاز همراه . ج) دایک داسیتی تا داسیت آندزیتی (دید به سمت غرب) چ) دایک داسیت آندزیتی ح) نمونه دستی از دایک داسیت آندزیتی. خ) فنوکریست‌های کوارتز با خوردگی خلیجی‌شکل خ) فنوکریست کوارتز با خاموشی موجی در دایک داسیت آندزیتی. علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است (Pl:پلاژیوکلاز ، Qz: کوارتز، Opq: اوپک)

علاوه بر این کانی کوارتز به صورت جانشینی، پر کننده فضای خالی و رگچه‌ای در سنگ‌های اطراف رگه‌های کانه‌دار نیز دیده می‌شود که گاهی حاوی کانی‌زایی فلزی نیز می‌باشد. سنگ میزبان اصلی کانه‌زایی در این کانسار را واحدهای ریوداسیت و آندزیت و کمتر داسیت تا داسیت‌آندزیتی تشکیل می‌دهد (شکل ۲). پهنه کانه‌دار در این محدوده از ۷ رگه سیلیسی - باریتی کانه‌دار تشکیل شده است. به طور متوسط این رگه‌های سیلیسی دارای طولی در حدود ۱۰۰ تا ۱۵۰ متر و عرض آنها نیز در حدود ۵ تا ۷ متر است. روند عمومی این رگه‌ها، شمال‌شرق- جنوب غرب با شیبی حدود ۷۵ تا ۸۰ درجه در جهت شمال‌غرب است (شکل ۷-الف). رگه‌های میزبان باریت هم از طولی در حدود ۲۰ متر و ضخامتی در حدود ۲ متر برخوردار بوده و روند عمومی آنها شمالی- جنوبی تا شمال غرب- جنوب شرق با شیبی در حدود ۸۰ درجه در جهت جنوب غرب می‌باشد (شکل ۷-ب). در این رگه‌ها به دلیل مقاومت بالای سیلیس در مقابل با فرسایش نسبت به سنگ میزبان خود به صورت برجسته با افرازی در حدود ۱ متر در سطح زمین قابل مشاهده هستند.با توجه به نمونه برداری‌های صورت گرفته عمده کانه‌زائی محدود به این سامانه رگه‌ای سیلیسی – باریتی می‌باشد. بافت‌های قابل مشاهده در این سامانه شامل بافت‌های پرکننده فضاهای خالی، برشی (شکل۷-پ)، رگچه‌ای (شکل ۷- ت)، دانه پراکنده و است. از مهمترین کانی‌های کانسنگی در این رگه‌ها، می‌توان به کانی‌های پیریت، اسفالریت (شکل ۷- پ و ت)، گالن (شکل۷- پ و ت) و کالکوپیریت (شکل۷-پ و ت) به عنوان کانی‌های درونزاد و کانی‌های کوولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدها و

هیدرواکسیدهای آهن به عنوان کانی‌های برونزاد اشاره کرد. کانی غالب سولفیدی در این کانه‌زائی پیریت می باشد. این کانی در ۲ نسل هم به صورت پراکنده (شکل۷- ث) در مرحله قبل از کانی‌زایی اصلی و همینطور به صورت رگچه‌های پیریتی و هم با سایر کانی‌های فلزی (شکل ۷- ج) در مرحله اصلی کانی‌رایی حضور دارد. کانی اسفالریت (شکل ۷- چ) در مرحله اصلی کانی‌زایی بیشتر به صورت رگچه‌هایی همراه با سایر کانی‌های فلزی حضور داشته و گاهی به صورت شکاف پر کن اطراف این رگچه‌ها دیده می‌شود. کانی اسفالریت، کانی اصلی موجود در زون برشی است (شکل۷- پ و چ). کانی‌های گالن (شکل ۷- ج و چ) همراه با کانی کالکوپیریت (شکل ۷-ت و چ) از فراوانی کمتری نسبت به کانی‌های پیریت و اسفالریت برخوردار بوده و در مرحله اصلی کانی‌زایی و در اطراف اسفالریت و پیریت دیده می‌شوند. فراوانترین کانی‌های باطله شامل کوارتز (شکل ۶- ح و خ)، باریت، (شکل ۶-د) کلسیت، کانی‌های رسی، کربناته و اکسیدهای آهن است که در رگه‌ها و سنگ‌های میزبان قابل مشاهده است.



شکل ۶- تصاویر صحرایی، نمونه‌های دستی و پتروگرافی (XPL) از دگرسانی‌های سیلیسی و آرژیلیکی در محدوده مطالعاتی آلچه‌قشلاق الف) رگه کانی‌دار سیلیسی با دگرسانی‌های فیلیکی و آرژیلیکی و پروپیلیتیک ب) دگرسانی آرژیلیکی پ) و ت) دگرسان آرژیلیکی در محل کانی‌زایی. ث) دگرسانی فیلیک. ج) حضور کانی‌های رسی در متن سنگ در دگرسانی آرژیلیکی. چ) کانی‌های کلریتی در دگرسانی پروپیلیتیکی. ح) کانی باطله کوارتز در فضاهای خالی بافت برشی. خ) بافت شکاف پر کن و دندان سگی کانی کوارتز. خ) باریت در مرحله سوم کانی‌زایی. علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است (Ser: سرسیت، Cal: کلسیت، Bar: باریت Chl، کلریت، Clay: رسی، Qz: کوارتز، Opq: اوپک).



شکل ۷- تصاویر صحرایی، نمونه‌های دستی از مغزه‌های حفاری و مینرالوگرافی (XPL) از بخش کانی‌زایی آلچه‌قشلاق در الف) رگه سیلیسی کانه‌دار (دید به سمت شمال شرق). ب) رگه باریتی (دید به سمت شمال غربی). پ) کانی‌زایی اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و پیریت در بافت برشی مغزه حفاری با سنگ میزبان داسیت آندزیتی. ت) کانی‌زائی غالب کالکوپیریت، اسفالریت و گالن در مغزه حفاری با باطله سیلیسی- کلسیتی ث) پیریت نسل اول که در آن قطعات درشت که در اثر فرایندهای تکتونیکی بعدی دچار شکستگی و جابجایی شده است. ج) کانی رگچه‌ای پیریت نسل دول و کانی گالن در مرحله دوم کانی‌زایی چ) کانی‌های اسفالریت، کالکوپیریت و گالن مرحله دوم کانی‌زایی. علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است (Sph: اسفالریت ، Py: پیریت، Ga: گالن، Cpy: کالکوپیریت).

نتیجه‌گیری

بررسی‌های صحرایی و پتروگرافی، ترکیب سنگ‌شناختی مجموعه مطالعه شده در محدوده را از نوع آندزیت، داسیت‌آندزیت، ریوداسیت، واحدهای برش آتشفشانی، آندزیت تا تراکی‌آندزیت با سن ائوسن همراه با دایک‌های ریولیتی و داسیت آندزیتی و تراکیت تا تراکی بازالت به سن کواترنر نشان می‌دهد. بیشترین گسترش واحدهای سنگی متعلق به واحدهای آندزیتی و ریوداسیتی و در نهایت داسیت‌آندزیتی در مرکز محدوده است که توسط دایک‌های ریولیتی و سپس داسیت‌آندزیتی قطع شده‌اند. بافت غالب در این سنگ‌های آتشفشانی، پورفیری با خمیره میکرولیتی است. کانی‌های غالب این واحدهای سنگی عمدتاً پلاژیوکلاز، کوارتز، آمفیبول‌های با حاشیه سوخته و در برخی از آنها کلینوپیروکسن است، این کانی‌ها با نزدیکتر شده به سیستم گرمابی دچار دگرسانی سریسیتی، آرژیلیکی، سیلیسی، کربناته و پروپیلیتیک شده‌اند که در بیشتر موارد فقط قالب‌های از کانی اولیه باقی مانده است. کانی‌زایی در این سیستم گرمابی توسط رگه‌های با کانی‌های باطله

سیلیسی و باریتی همراهی می‌شود. پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و کانی‌های ثانویه از جمله اکسیدهای آهن، مالاکیت و آزوریت از جمله کانی‌های موجود در این سیستم گرمابی هستند.

منابع.

[1]Ghorbani, M., Economic Geology of Mineral Deposits of Iran (vol. 1), Arian Zamin publication, Tehran (2007).
[2]Calagari, A. A., 1997- Geochemical, stable isotope, noble gas, and fluid inclusion studies of mineralization and alteration at Sungun porphyry copper deposit, East Azarbaidjan, Iran: Implication for genesis. Unpublished PhD. Thesis. Manchester University, Manchester, p. 537.
[3] Ebrahimi, S., Alirezaei, S., Pan, Y., Mohammadi, B. Geology, , (2017) mineralogy and ore fluid characteristics of the Masjed Daghi gold bearing veins system, NW Iran. Journal of Economic Geology 9(2): 561-586.
[4]Khalilzadeh, H, Alipour, S, Abedini, A. (2019) Geochemistry, tectonic setting and magmatic origin of the mineralized stock in SahebDivan porphyry copper system, NW Iran. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 27 (4) :781-794.
[5]Simmonds, V., Calagari, A. A. and Kyser, K. (2015) Fluid inclusion and stable isotope studies of the Kighal porphyry Cu-Mo prospect, East- Azarbaidjan, NW Iran. Arabian Journal of Geosciences 8: 437- 453.
[6]Hajalilou, B. and Aghazadeh, M. (2016) Geological, Alteration and Mineralization Characteristics of Ali Javad Porphyry Cu-Au Deposit, Arasbaran Zone, NW Iran. *Open Journal of Geology*, **6**, 859-874.
[7]Calagari, A. A. and Hosseinzadeh, G. (2006) The mineralogy of copper bearing skarn to the east of the Sungun-Chay river, East-Azarbaidjan, Iran. Journal of Asian Earth Science 28: 423-438.
[8]Mollai, H., Sharma, R. and Pe-Piper, G. (2009) Copper mineralization around the Ahar Batholith, north of Ahar (NW Iran): evidence for fluid evolution and the origin of the skarn ore deposit. Ore Geology Reviews 35: 401-414.
[9]Hassanpour, S. (2013) The alteration, mineralogy and geochronology (SHRIMP U–Pb and 40Ar/39Ar) of copper bearing Anjerd skarn, north of the Shayvar Mountain, NW Iran. International Journal of Earth Sciences 102(3): 687- 699
[10] Nakhjavani, B. Calagari, A. A. Alavi, S. G. and Siah Cheshm, K (2021) Study of the intrusive body associated with Gowdal skarn (North of Ahar) and its comparison with other skarn granitoids. Iranian Journal of Petrology 11(4): 111-134.
[11]Nakhjavani, B. and Alavi, S. G. (2018) Type of mineralization, Geochemistry of Alteretion and Relation of Gold and associated elements in the Hizeh-jan area (NW Iran). Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 26(3): 673- 688
[12] Aghaei, M. Rastad, E., Shamanian, G . H., Madanipour, S. (2023) Characteristics of the gold-bearing and barren quartz veins at the Zaylik-Sarilar epithermal deposit, Ahar-Arasbaran Zone, NW Iran: Evidence from mineralogy, alteration, texture and fluid inclusion. Ore Geology Reviews,
[13] Asiay Soufiani, F., Mokhtari, M. A. A., Kouhestani, H., Azimzadeh, A. M. (2018) Geology, geochemistry and fluid inclusion of Qarachilar Cu-Mo-Au quartz veins, northeast of Kharvana, East Azerbaijan. Journal of Economic Geology, 10(1): 139-171.
[14] Jamali, H., 1999. Geology, geochemistry, mineralogyand genesis of Mivehrud Au-Cu mineralization, Eastern Azerbaijan Province. M.Sc. Thesis,Tarbiat Moallem University of Tehran, Tehran, Iran, 172 pp.
[15] Radmard K, Zamanian H, hosainzadeh M, ahmadi khalaji A. The study of mineralogy, geochemistry and fluid inclusions in quartz veins at the Mazreh Shadi gold deposit, northeastern Tabriz. Iranian Journal of Crystallography and Mineralogy 25 (4) :823-844
[16] Baniadam, F., 2003. Geology and genesis of goldcopper mineralization in Nabijan area. M.Sc. Thesis, Institute of Geoscience, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran. 167 pp.
[17]Ghadimzadeh, H., 2002. Economic geology and Au exploration at Safikhanlou-Noghdouz area (SE Ahar). M.Sc. Thesis, Institute of Earth Science, Geological Survey of Iran, Tehran, Iran, 232 pp.
[18]Moritz, R., Mederer, J., Ovtcharova, M., Spikings, R., Selby, D., Melkonyan, R., Hovakimyan, S., Tayan, R., Ulianov, A. and Ramazanov, V., 2013. Jurassic to Tertiary metallogenic evolution of the southernmost Lesser Caucasus, Tethys belt. 12th the Society for Geology Applied to Mineral Deposits (SGA) Biennial Meeting, Uppsala, Sweden.
[19]Castro, A., Aghazadeh, M., Badrzadeh, Z. and Chichorro, M., 2013. Late Eocene-Oligocene post-collisional monzonitic intrusions from the Alborz magmatic belt, NW Iran. an example of monzonite magma generation from a metasomatized mantle source.
[20] Mehrpartou, M., 1993- Contributions to the geology, geochemistry, Ore genesis and fluid inclusion investigations on Sungun Cu-Mo porphyry deposit, northwest of Iran. Unpublished PhD. Thesis. University of Hamburg, Germany, p. 245.
[21]Jamali, H. and Mehrabi, B., 2015. Relationships between arc maturity and Cu-Mo-Au porphyry and related epithermal mineralization at the Cenozoic Arasbaran Magmatic Belt. Ore Geology Reviews, 65(2): 487–501 .
[22]Whitney, D.L., Evans, B.W., 2010. Abbreviations for names of rock-forming minerals. American Mineralogist 95, 185–187.