



## مطالعه کانی‌زایی، ساخت و بافت رگه‌های پلی‌متال منطقه آلچه‌قشلاق (شمال ورزقان - آذربایجان شرقی)

حسین ناصری<sup>۱</sup>، علی‌اصغر کلاگری<sup>۲</sup>، سید غفور علوی<sup>۳</sup>، سید مهران حیدری<sup>۴</sup>

<sup>۱</sup> گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران Hossein.nasari@tabrizu.ac.ir

<sup>۲</sup> گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران Calagari@tabrizu.ac.ir

<sup>۳</sup> گروه علوم زمین، دانشکده علوم طبیعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران Ghafour-alavi@tabrizu.ac.ir

<sup>۴</sup> گروه زمین‌شناسی، پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و معدنی کشور، تهران، ایران Sm.heidari@gmail.com

### چکیده:

رگه‌های کانه‌دار آلچه قشلاق، در شمال ورزقان واقع شده و بخشی از کمربند فلزایی اهر-جلفا می‌باشد. سنگ‌های میزبان اصلی رگه‌های سیلیسی و باریتی کانه‌دار در این محدوده عمدتاً شامل داسیت، ریولیت، ریوداسیت و آندزیت ائوسن می‌باشند که توسط توده‌های نفوذی نیمه‌عمیق قطع شده‌اند. گسترش دگرسانی‌ها مرتبط با کانه‌زایی در اطراف رگه‌های کانه‌دار می‌باشد که با فاصله گرفتن از این رگه‌ها از شدت آنها کاسته می‌شود. این سامانه با ایجاد انواع دگرسانی (سیلیسی، آرژیلیکی، فیلیکی و پروپیلیکی است) فعالیت خود را به صورت رگه‌های سیلیسی در امتداد شکستگی‌ها آغاز و با ایجاد برش‌های گرمایی و نفوذ سیالات سیلیسی-سولفیدی ادامه داده است. کانه‌زایی در دو مرحله مجزا درون زاد و برون‌زاد در امتداد زون‌های شکستگی و رگه‌ها و زون‌های برشی و به صورت جانشینی، افشان و رگه-رگچه‌ای رخ داده است. کانی‌های پیریت، اسفالریت، گالن، آرسنوپیریت، کالکوپیریت و بندرت تتراهدريت همرا با باطله کوارتز و باریت در مرحله درون‌زاد و کانی‌های ثانویه شامل کوولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت، گوتیت و هماتیت در مرحله برون‌زاد تشکیل شده‌اند. با مقایسه تیپ کانی‌زایی محدوده آلچه‌قشلاق با ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، کانی‌زایی، دگرسانی، ساخت و بافت آن با کانسارهای فلزات پایه احتمالاً این کانی‌زایی از نوع سیستم‌های گرمایی دمایی پایین تا متوسط می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: کانه‌زایی، اپی‌ترمال، سولفیداسیون پایین تا حدواسط، آلچه قشلاق، ورزقان.

### Abstract

The ore-bearing veins at Alchehgheshlagh is located in north of Varzeghan and is a part of the Ahar-Jolfa metallogenic belt. The main rocks hosting the ore-bearing siliceous and barite veins in this area chiefly include dacite, rhyolite, rhyo-dacite, and andesite of Eocene age which were intruded by hypabyssal intrusive bodies. The alterations related with mineralization are spread around the ore-bearing veins and their intensity reduces with distance from these veins. This system with creation of various types of alterations (silicic, argillic, phyllic, and propylitic) commenced its activity in the form of siliceous veins along with fractures and followed by the formation of hydrothermal breccias and infiltration of siliceous and sulfide-containing fluids. Mineralization occurred in two separate stages of hypogene and supergene along the fracture zones, veins, and breccia zones in the form of replacement, dissemination, vein-veinlets. Breccia textures (in-situ fracturing, mosaic, and rounded) are the main mineralization characteristics in these veins. Geochemical investigations on these veins (siliceous and barite) indicate the presence of gold, lead, zinc, and copper in them. Minerals like pyrite, sphalerite, galena, arsenopyrite, chalcopyrite, and scarcely tetrahedrite along with quartz and barite gangues formed during hypogene stage while the secondary minerals including covellite, chalcocite, malachite, azurite, goethite, and hematite were developed during supergene stage. By comparing the mineralization type in the Alcheh-Qashlaq range with its geological, mineralogy, mineralization, alteration, structure, and texture characteristics of base metal deposits, it is likely that this mineralization belongs to the category of low-temperature hydrothermal systems.

Keywords: mineralization, epithermal, low to intermediate sulphidation, Alcheh Qashlaq, Varzeghan



#### مقدمه:

محدوده اکتشافی آلچه قشلاق در ۱۷ کیلومتری شمال شهرستان ورزقان، شمال- شرق استان آذربایجان شرقی، با مختصات جغرافیایی بین طول‌های  $38^{\circ}34'34''$  و  $46^{\circ}40'23''$  شرقی و عرض‌های  $38^{\circ}38'11''$  و  $38^{\circ}37'32''$  شمالی واقع شده است. این محدوده برای اولین بار توسط کارشناسان سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی شمال غرب (۱۳۹۱) به روش ژئوشیمی و اکتشافات چکشی کشف و در سال ۱۳۹۸ اکتشاف تکمیلی با حفر ۱۴ گمانه اکتشافی ادامه پیدا کرده است.

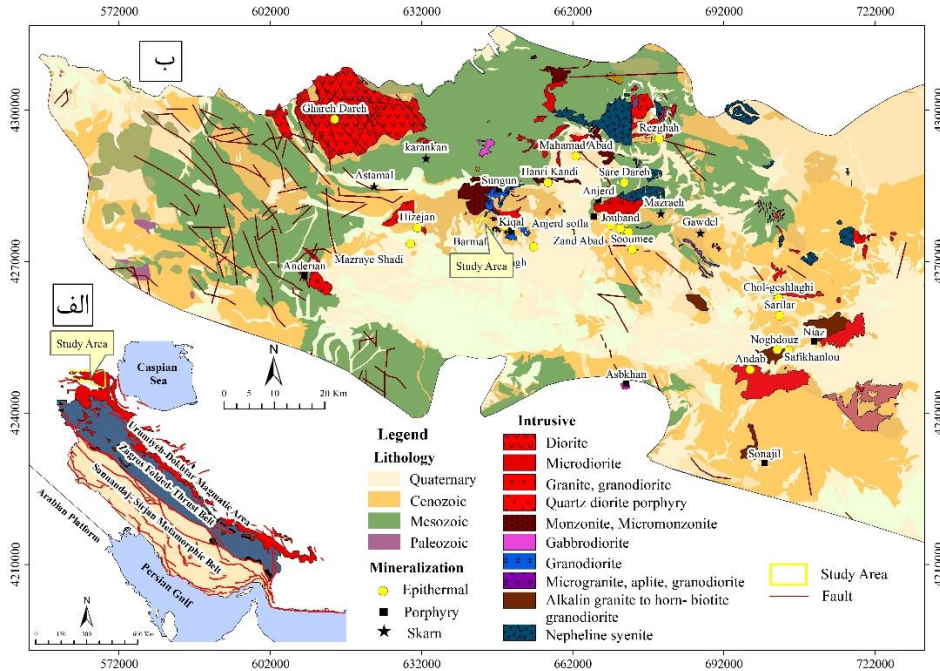
این منطقه بر اساس تقسیم‌بندی پهنه‌های ساختاری، در پهنه البرز- آذربایجان (شکل ۱- الف) و در نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ ورزقان قرار دارد. از دیدگاه فلززایی، این محدوده در پهنه کانی‌زایی ارسباران [1] (شکل ۱- ب) و ۱۰ کیلومتری جنوب کانسار مس سونگون واقع شده است. این پهنه یکی از بارزترین مناطق حاوی ذخائر فلزی مرتبط با توده‌های نیمه عمیق (پورفیری، اسکارن و اپی‌ترمال) می‌باشد که با کانسارهای پورفیری چون سونگون [2] مسجدداغی [3]، صاحب‌دیوان [4]، کیقال [5]، دره علی جواد [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]، نی‌جان [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 می‌افزاید. 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 (شکل ۱- 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 اتوسن 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:

پژوهش پیش رو در دو بخش صحرایی و آزمایشگاهی انجام شد. بازدیدهای صحرایی شامل نمونه‌برداری از واحدهای سنگی، پهنه‌های دگرسان و پهنه‌های سیلیسی و باریتی کانه‌دار به تعداد ۷۰ نمونه سطحی است. از نمونه‌های برداشت‌شده، ۲۵ نمونه مناسب برای تهیه مقاطع نازک و ۱۰ مقطع صیقلی انتخاب شدند. مقاطع تهیه شده با استفاده از میکروسکوپ نوری - عبوری در دانشگاه تبریز مورد بررسی قرار گرفتند.



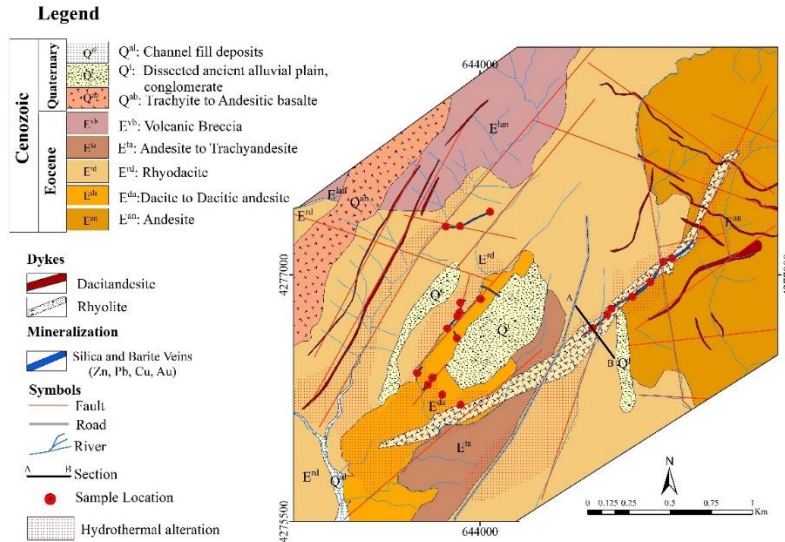
شکل ۱- الف) موقعیت محدوده پلی متال آلچه قشلاق بر روی پهنه‌های رسوبی- ساختمانی ب) موقعیت پهنه فلزایی ارسباران بر گرفته از [21]

### بحث و بررسی

#### زمین شناسی محدوده مورد مطالعه

سنگ‌شناسی واحدهای رخنمون یافته در این محدوده بر اساس نقشه زمین‌شناسی (۱:۵۰۰۰)، غالباً شامل توالی سنگ‌های آتشفشانی حدواسط تا اسیدی به سن ائوسن پسین است (شکل ۲) که توسط دایک‌های آندزیتی- داسیتی قطع شده‌اند (شکل ۲). در این بین، گسترده‌ترین واحد سنگی رخنمون یافته در این محدوده ترکیبی از آندزیت تا ریوداسیت و ریولیت دارند (شکل ۳-الف و ب). این واحد با فاصله گرفتن از رگه‌های سیلیسی- باریتی عمدتاً متحمل دگرسانی پروپیلیتیک شده، در حالی که واحدهای اسیدی تر 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 غرب در داخل واحدهای قدیمی تر رخنمون دارند (شکل ۳-الف و ب).

**واحد آندزیتی E<sup>an</sup>**: این واحد قدیمی‌ترین واحد رخنمون یافته در این منطقه است که توسط دایک‌های با سن الیگوسن قطع شده است. گسترش این واحد بیشتر در شرق محدوده برونزد دارد (شکل ۳-الف). رخنمون این واحد پوشیده از گیاهان خودرو بوده و به رنگ خاکستری قابل مشاهده است. **واحد داسیت تا داسیت- آندزیت E<sup>da</sup>**: این واحد در مرکز محدوده قرار دارد و از گسترش کمتری نسبت به سایر واحدهای سنگی برخوردار است. این واحد توسط دایک ریولیتی تحت تأثیر قرار گرفته و با بافت برشی و کانی‌زایی همراه می‌باشد (شکل ۳-ب).



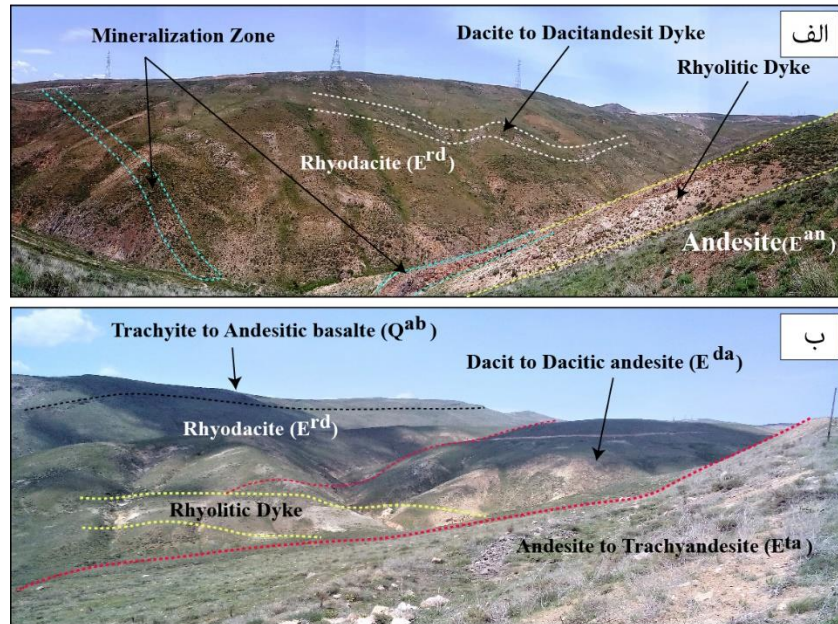
شکل ۲- نقشه زمین شناسی در مقیاس ۱:۵۰۰۰ و موقعیت رگه‌ها و نمونه‌های برداشت شده بر روی آن.

**واحد ریوداسیت E<sup>rd</sup>**: این واحد از گسترده ترین واحدهای تشکیل دهنده محدوده مورد مطالعه است که بیشترین رخنمون آن از جنوب محدوده تا میانه آن می‌باشد. این واحد به دلیل فعالیت‌های تکتونیکی و گرمایی به شدت خرد و دگرسان بوده و اکسیدهای آهن تمامی سطوح آن را در برگرفته است. سطوح شکسته و تازه آن به رنگ سفید تا گرمی روشن دیده می‌شود و شدت دگرسانی به اندازه‌ای است که کانی‌های اولیه از بین رفته و قالب‌های خالی آن باقی مانده است. **واحد برش وولکانیکی E<sup>vb</sup>**: رخنمون این واحد بیشتر در قسمت شمال غرب محدوده گسترش نشان می‌دهد. این واحد از شرق توسط واحد آندزیتی و از جنوب به واحد ریوداستی محدود می‌گردد. ترکیب قطعات برشی موجود در این واحد بیشتری ترکیب ریولیت تا داسیت و آندزیت در اندازه‌های میلی‌متری تا ۱۰ سانتی‌متر بوده که در خمیره‌های از مواد آتشفشانی اسیدی قرار دارند. این قطعات تا حدودی گرد شده بوده و داخل سیمان آتشفشانی اسیدی غوطه‌ور است. **واحد آندزیت تا تراکی آندزیت E<sup>ta</sup>**: این واحد دگرسان به رنگ خاکستری از مرکز محدوده به سمت جنوب غرب و در امتداد جاده دسترسی معدن سونگون امتداد دارد. این واحد در کنار واحد داسیت تا داسیت آندزیت که میزبان بخشی از کانی‌زایی است در نقشه زمین‌شناسی قابل تشخیص است (شکل ۲). در بخش‌های شمالی این واحد، دگرسانی گسترده فلیک همراه با کانی‌های رسی دیده می‌شود اما به سمت جنوب از شدت دگرسانی کاسته می‌شود. **واحد تراکی-آندزیت بازالتی Q<sup>ab</sup>**: این واحد در غرب و شمال غرب محدوده مورد مطالعه واقع شده است (شکل ۲). روند عمومی این واحد شمال شرق-جنوب غرب بوده و به صورت دگر شیب بر روی واحدهای قدیمی‌تر قرار گرفته است (شکل ۳-ب). بر اساس نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ ورزقان، سن این واحد کوتاه‌تر بوده و مربوط به آخرین ماگماتیسم فعال در منطقه است. **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 است (شکل ۲). روند عمومی آنها در بخش غربی محدوده شمال غرب-جنوب شرق بوده و در شرق محدوده نیز تا حدودی شمال شرق-جنوب غرب است (شکل ۳-الف). با توجه به اینکه دایک ریولیتی را قطع کرده‌اند جوان‌تر از آن می‌باشند. **دایک ریولیتی**: این دایک به رنگ سفید با روندی شمال شرق-جنوب غرب و با شیبی به سمت شمال غرب با ضخامت در حدود ۵متر و طولی در حدود ۲ کیلومتر در مرکز محدوده مورد مطالعه قرار گرفته





است (شکل ۳-ب). دگرسانی گسترده این دایک باعث از بین رفتن ساخت و بافت اولیه سنگ میزبان بویژه در حاشیه خود شده و با کانی‌های رسی و اکسیدهای آهن پر شده است.



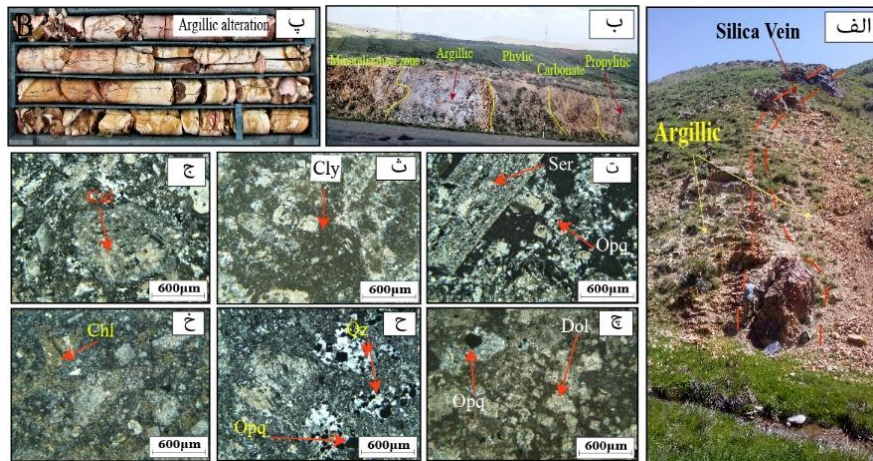
شکل ۳- تصاویر صحرایی از رخنمون سنگ‌های تشکیل‌دهنده منطقه آلچه قشلاق (الف) تصویر صحرایی از واحد آندزیتی و ریوداسیتی همراه با دایک‌های ریولیتی و داسیت‌آندزیتی و زون کانی‌زایی (دید به سمت شرق) (ب) تصویر صحرایی از واحدهای داسیت تا داسیت‌آندزیتی، ریوداسیتی، آندزیت تا تراکی‌آندزیتی و تراکیت- تراکی بازالت همراه با دایک ریولیتی (دید به سمت شرق).

### دگرسانی:

واحدهای زمین‌شناسی موجود در منطقه آلچه قشلاق به شدت تحت تأثیر فرایندهای گرمایی دچار دگرسانی سیلیسی، آرژیلیکی، فلیک، کربناته و پروپیلیتیکی شده‌اند. این دگرسانی‌ها هم به صورت گسترده در اطراف رگه‌های سیلیسی- باریتی (شکل ۴-الف و ب) و هم به صورت مجزا رخ داده‌اند. در این بین، پهنه‌های دگرسانی آرژیلیکی (شکل ۴-پ) و پروپیلیتیکی از بیشترین گسترش برخوردار بوده و دگرسانی‌های سیلیسی و فلیکی و کربناته نیز بیشتر در اطراف رگه‌های سیلیسی حضور دارند (شکل ۴-ب). **دگرسانی فلیک** بیشترین گسترش در میان سایر دگرسانی‌ها داشته و بیشتر واحدهای داسیتی و ریوداسیتی و دایک ریولیتی را تحت تأثیر قرار داده است. در واحد آندزیتی نیز محدود به اطراف رگه‌های سیلیسی بوده و در نهایت با دگرسانی پروپیلیتیکی محدود می‌گردد (شکل ۴-الف و ب). این دگرسانی شامل کانی سربیسیت، کوارتز و کانی پیریت بوده به گونه‌ای که کانی سربیسیت عمدتاً کانی‌های فلدسپار مانند پلاژیوکلاز را تحت تأثیر قرار داده است و در تمامی نمونه‌های مطالعه شده حضور دارد. علاوه بر تأثیر بر روی فنوکریست‌های فلدسپار، حضور گسترده‌ای نیز در متن سنگ دارد (شکل ۴-ت). **دگرسانی آرژیلی** نیز به طور گسترده در تمامی واحدهای سنگی درگیر با کانی‌زایی حضور دارد و به دلیل همپوشانی با دگرسانی فلیک به جز در اطراف رگه‌های سیلیسی قابل تفکیک نمی‌باشد. این دگرسانی بر دایک ریولیتی، واحدهای داسیتی و ریوداسیتی بیشترین تأثیر را داشته و اطراف رگه‌های سیلیسی به رنگ سفید قابل مشاهده است. کانی‌های کائولینیت، مونتوریلونیت و ایلیت بیشترین حضور را در میان سایر کانی‌های رسی داشته (شکل ۴-



ث) و در تمامی نمونه‌های مطالعه شده قابل مشاهده است. **دگرسانی کربناتی** نیز به مانند دگرسانی آرژیلیک با همپوشانی گسترده‌ای مخصوصاً در اطراف رگه‌های سیلیسی حضور دارد. کانی‌های کلسیت (شکل ۴-ج) و دولومیت (شکل ۴-چ) هم به صورت جانیشینی بر روی کانی‌های فلدسپاری حضور دارند و هم به صورت رگچه‌ای و شکاف پرکن قابل مشاهده است. در برخی از مقاطع مطالعه شده با شدت بالایی حضور داشته به گونه‌ای که هیچ اثری از کانی‌های اولیه باقی نمانده است. رگچه‌های کلسیتی با ضخامت‌های مختلف از چند میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر در واحدهای سنگی حضور دارد. **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 گرمایی بوده و تمامی فضای بین قطعات را پر کرده است (شکل ۴-ح). سیلیس در این دگرسانی در رگه‌ها بیشتر به صورت بلورین و گاهی به صورت کلسدونی و در زون‌های برشی بصورت بلوری و دندان سگی دیده می‌شود. **اما دگرسانی پروپیلیتیک** با حضور کانی‌های کلریتی، 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 (شکل ۴-خ). علاوه بر بافت جانیشینی، رگه‌های کلریتی نیز قابل مشاهده است که با نزدیکتر شدن به سیستم گرمایی منطقه بر میزان آن افزوده می‌شود.



شکل ۴- تصاویر صحرایی، مزوسکپی و میکروسکپ (XPL) از زون‌های دگرسانی‌های فیلیکی، آرژیلیکی، کربناته و پروپیلیتیک در محدوده مورد مطالعه. الف) رگه کانی‌دار سیلیسی همراه با دگرسانی‌های فیلیکی و آرژیلیکی. ب) زون کانی‌زایی و دگرسانی‌های آرژیلی، فیلیکی، کربناته و پروپیلیتیک. پ) زون دگرسانی آرژیلی در مغزه‌های حفاری. ت) دگرسانی فیلیک و کانی سریسیت. ث) کانی‌های رسی در متن سنگ در زون دگرسانی آرژیلیکی. ج) دگرسانی کربناته. چ) تصویر میکروسکپی از دگرسانی کربناته. ح) بلورهای کوارتز (بعنوان کانی باطله با بافت پر کننده فضاهای خالی. خ) کانی‌های کلریتی در زون دگرسانی پروپیلیتیک. علایم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است: Qz: کوارتز، Ser: سریسیت، Cly: کانی‌های رسی، Cal: کلسیت، Dol: دولومیت، Chl: کلریت، Opq: اوپک.

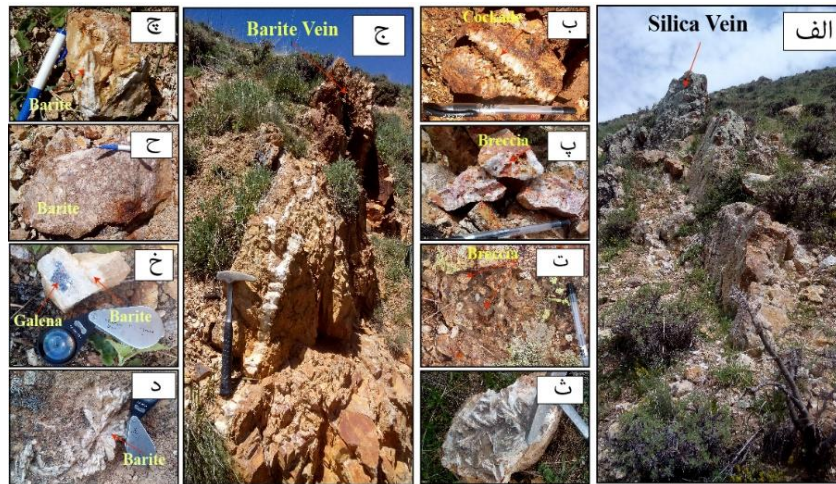
### کانی‌زایی:

پهنه کانه‌دار در رخدادهای معدنی آنچه‌قشلاق با سرشت اپی‌ژنتیک در قالب ۷ رگه سیلیسی و ۳ رگه باریتی با چند فلزی همراه با طلا (مجموعه عنصرهای Au, Cu, Zn, Pb) رخ داده است (شکل ۵-الف و ج). کنترل‌کننده ساختاری عامل اصلی تشکیل کانی‌زایی در این منطقه بوده به گونه‌ای که دارای روند عمومی شمال شرق - جنوب غرب می‌باشند (شکل ۲). رخنمون اصلی کانی‌زایی در حدود ۱۰۰۰ متر درازا و ۵ تا ۷ متر





پهنا دارد (شکل ۵-الف) و روند عمومی آن شمال شرق- جنوب غرب با شیبی در حدود ۷۵ تا ۸۰ درجه به سمت شمال باختر است (شکل ۵-ج). سایر رگه‌های سیلیسی با میانگین درازای حدود ۱۵۰ تا ۲۰۰ متر و پهنایی در حدود ۲ تا ۳ متر در غرب محدوده مورد مطالعه بیشترین رخمون را دارا می‌باشند (شکل ۲). رگه‌های سیلیسی به دلیل مقاومت بالای سیلیس در مقابل فرسایش نسبت به سنگ میزبان خود به صورت برجسته با افزایش در حدود ۱ متر در سطح زمین قابل مشاهده است (شکل ۵-الف). رگه‌های باریتی عمدتاً هم راستا با رگه‌های سیلیسی بوده ولی از درازای حدود ۵۰ متر و پهنایی در حدود ۱ متر برخوردار می‌باشند (شکل ۵-ج). سیمای بافتی این کانی‌زایی در رگه‌های سیلیسی شامل رگه-رگچه‌ای (شکل ۵-ب)، برشی (شکل ۵-پ و ت)، تیغه‌ای (شکل ۵-ث)، توده‌ای و نواری است. در رگه‌های باریتی نیز سیمای بافتی غالب، تیغه‌ای (شکل ۵-ج)، توده‌ای (شکل ۵-ح) و شعاعی (شکل ۵-خ) است و بافت برشی به ندرت در آن دیده می‌شود. کانی‌زایی درون‌زاد غالب در رگه‌های سیلیسی و باریتی شامل اسفالریت، گالن (شکل ۵-د)، کالکوپیریت و پیریت و در مواردی آرسنوپیریت، روتیل و سولفوسالت‌های مانند تتراهدریت است و به کانی‌های کوولیت، کالکوسیت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن نیز می‌توان به عنوان مجموعه کانیایی برونزاد اشاره کرد. نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی رگه‌های سیلیسی نشان از حضور کانی‌زایی طلا در این سیستم رگه‌ای دارد.



شکل ۵- تصاویر صحرایی و مزوسکپی از زون‌های کانی‌زایی در منطقه مورد مطالعه. الف) نمای نزدیک از رگه سیلیسی کانه‌دار (دید به سمت شمال شرق). ب) تصویر مزوسکپی از بافت رگچه‌ای و داندان سنگی. پ) و ت) بافت برشی خرد شده و گرد شده در رگه‌های سیلیسی. ث) بافت تیغه‌ای در رگه‌های سیلیسی. ج) نمای نزدیک از رگه‌های باریتی (دید به سمت شمال شرق). چ) بافت تیغه‌ای در رگه‌های باریتی. ح) بافت توده‌ای در رگه باریتی. خ) بافت شعاعی در رگه‌های باریتی. د) بافت توده‌ای باریتی همراه با کانی‌زایی گالن.

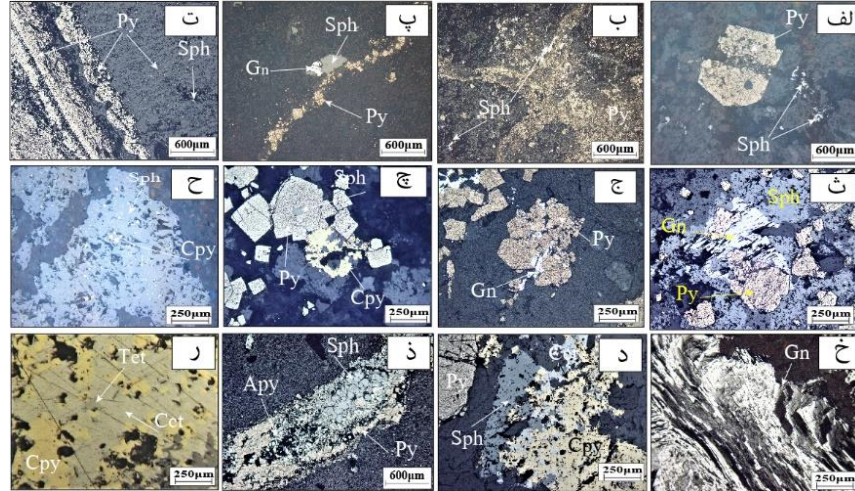
### کانی‌شناسی و ساخت و بافت

کانی‌های اصلی تشکیل‌دهنده زون‌های کانی‌زایی شده در این منطقه شامل پیریت، اسفالریت، گالن، کالکوپیریت و ندرتاً کانی‌های آرسنوپیریت و تتراهدریت می‌باشند. کوارتز، باریت و کلسیت کانی‌های باطله و اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن، مالاکیت، آزوریت، کالکوسیت و کوولیت نیز کانی‌های برونزاد آن را تشکیل می‌دهند. کانی‌های کانسنگی و باطله انواع بافت‌های پراکنده، رگچه‌ای، برشی، شانه‌ای، گل کلمی، پرکننده فضاهای خالی و جانیشینی از خود نشان می‌دهند. پیریت در مرحله اول کانی‌زایی عمدتاً به صورت بافت پراکنده، شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار همراه با دگرسانی فیلیکی حضور دارد (شکل ۶-الف). اندازه این کانی در این مرحله از ۱۰ میکرون تا ۱ میلی‌متر قابل مشاهده است. پیریت در مرحله اول کانی‌زایی در سیمان بافت برشی نیز به صورت پراکنده ولی در اندازه‌های ریز حضور دارد (شکل ۶-ب). علاوه بر موارد یاد شده پیریت هم به صورت رگچه‌ای

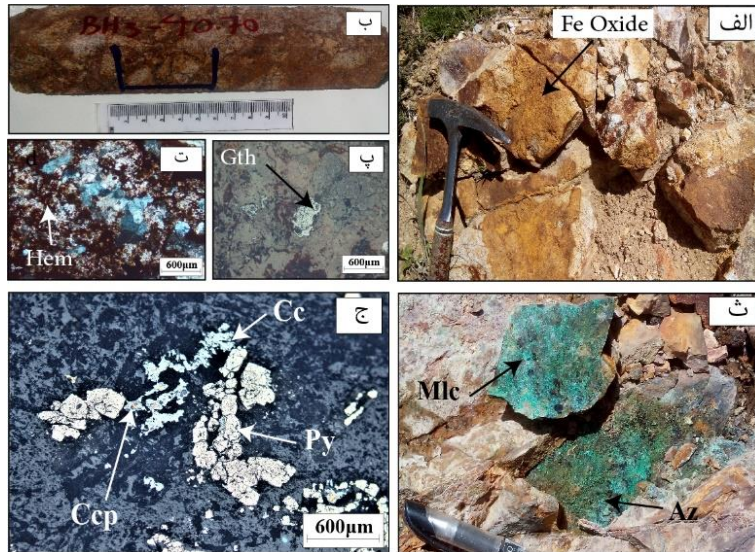


مجزا و هم به صورت همراه با کوارتز و سایر کانی‌های فلزات پایه حضور دارد که اندازه آن در مرحله سوم و همراه با کانی‌های باطله کلسیت و باریت درشت‌تر شده و گاهاً به چند میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر نیز می‌رسد (شکل ۶-ب). رگچه‌هایی از بلورهای پیریت با بافت گل‌کلمی و یا کوکاد نیز دیده می‌شود (شکل ۶-ت). در تمامی این مراحل پیریت شکل‌دار تا نیمه شکل‌دار است. این کانی به دلیل تنش‌های ناشی از کانی‌زایی‌های مراحل بعد خرد شده و جابجایی نشان می‌دهد. این شکستگی‌ها توسط اسفالریت (شکل ۶-ث)، گالن (شکل ۶-ج و د)، کالکوپیریت (شکل ۶-چ) در مراحل بعدی کانی‌زایی پر شده و حتی در مواردی جانشین آن شده‌اند. اسفالریت در مرحله اصلی کانی‌زایی هم در سیمان بافت برشی و هم در رگچه‌های مراحل بعدی جزء کانی‌زایی اصلی بوده و در اندازه‌های چند ده میکرون تا چند سانتی‌متر حضور دارد. در اکثر موارد اسفالریت جانشین پیریت شده (شکل ۶-ث)، و خود نیز توسط گالن و کالکوپیریت جانشین شده است. در برخی موارد دارای بافت بیماری کالکوپیریت است که بیشتر در اسفالریت‌های تیره مشاهده می‌شود (شکل ۶-ح). کانی گالن به صورت بسیار جزئی در مرحله برشی حضور دارد در حالی که بیشترین تمرکز این کانی در مرحله رگچه‌ای است. اندازه این کانی نیز مانند اسفالریت متغییر بوده و از چند ده میکرون تا ۱ سانتی‌متر را شامل می‌شود. گالن به عنوان یک کانی نرم، با خمیدگی و یا انحناء در اشکال خطی مانند رخ‌ها نشان از تغییر شکل یا دگرشکلی را دارد. خاصیت پلاستیسیته بسیار بالای گالن منجر به حرکت خمیری این کانی در اثر تنش‌های تکتونیکی می‌شود که در این حالت رخ‌ها مثلثی گالن، به صورت خمیده و چین خورده تظاهر می‌یابد (شکل ۶-خ). وجود درهم‌رفتگی و آشفستگی در رخ‌های مثلثی نشان‌دهنده فشار و تنش بر روی این رخ‌ها بوده که این بافت وقوع تنش‌های تکتونیکی پس از تشکیل گالن در مرحله اصلی کانی‌سازی را نشان می‌دهد. این خمیدگی عمدتاً در رگچه‌ها و رگه‌های باریتی مشاهده شده است و در رگچه‌هایی با باطله سیلیسی این اتفاق رخ نداده است. کانی کالکوپیریت نسبت به سایر کانی‌های فلزات پایه در این محدوده از گسترش و حضور کمتری برخوردار بوده و بیشتر در مرحله دوم کانی‌زایی که به صورت رگچه‌ای رخ داده است و همراه با رگچه‌های سیلیسی - کربناته تشکیل شده است. بافت هم‌رشدی و جانشینی جزء بافت‌های غالب در این کانی بوده و همه کانی‌های مراحل قبل را پوشانده و یا از اطراف جانشین آنها شده است (شکل ۶-د). آرسنوپیریت نیز به همراه سایر کانی‌های فلزی در رگچه‌های مرحله اول مرحله اصلی کانی‌زایی دیده می‌شود. شکل این کانی سوزنی بوده و داری اندازه‌های در حدود چند میکرون می‌باشد (شکل ۶-ذ). کانی تتراهدريت نیز بسیار نادر بوده و در یکی از نمونه‌های حاصل از مغزه‌های حفاری و در داخل کانی کالکوپیریت مشاهده شده است (شکل ۶-ر). فرایند سوپرژن به عنوان آخرین فرایند کانی‌زایی است باعث تشکیل برخی از کانی‌های ثانویه شده است. اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن که بیشتر از هوازگی پیریت ناشی می‌شود در تمامی سطوح و درز و شکستگی‌های سیستم کانی‌زایی حضور دارد (شکل ۷-الف و ب). در برخی از مقاطع قالب پیریت باقی مانده و هماتیت و گوتیت آن را پر کرده است (شکل ۷-پ و ت). کانی‌های ثانویه مالاکیت و آزوریت نیز در نتیجه هوازگی کانی‌های مس‌دار مانند کالکوپیریت در قسمت‌های سطحی این سیستم به چشم می‌خورد (شکل ۷-ث). علاوه بر آن کالکوپیریت به صورت جانشینی در حال تبدیل شدن به کالکوسیت و کوولیت نیز است (شکل ۷-ج). کوارتز به عنوان کانی باطله در تمامی مراحل کم و بیش حضور داشته و به صورت بلورهای ریز تا درشت (کمتر از ۲۰۰ میکرون تا ۱ سانتی‌متر) بی‌شکل تا شکل‌دار و یا به صورت توده‌ای در رگه‌ها و سیمان برش‌های گرمایی حضور دارد (شکل ۸-الف و ب). بافت معمول این کانی شامل بافت برشی (شکل ۸-پ)، شانه‌ای (شکل ۸-ت)، پرکننده فضاهای خالی (شکل ۸-ث)، کاکلی (شکل ۸-ج) شعاعی (شکل ۸-ح) در رگه‌ها و سیمان برشی قابل مشاهده است. همانند کوارتز، باریت نیز از اندازه‌های ریز تا درشت در این کانی‌زایی حضور دارد. بافت غالب این کانی شامل بافت تیغه‌ای (شکل ۸-ح)، برشی و پرکننده فضاهای خالی و پرمانند است (شکل ۸-خ). بافت شعاعی این کانی نیز در سطوح و شکستگی‌های بخش‌های سیلیسی نیز به وفور قابل مشاهده است که تأخیری بودن این کانی‌زایی را نشان می‌دهد.



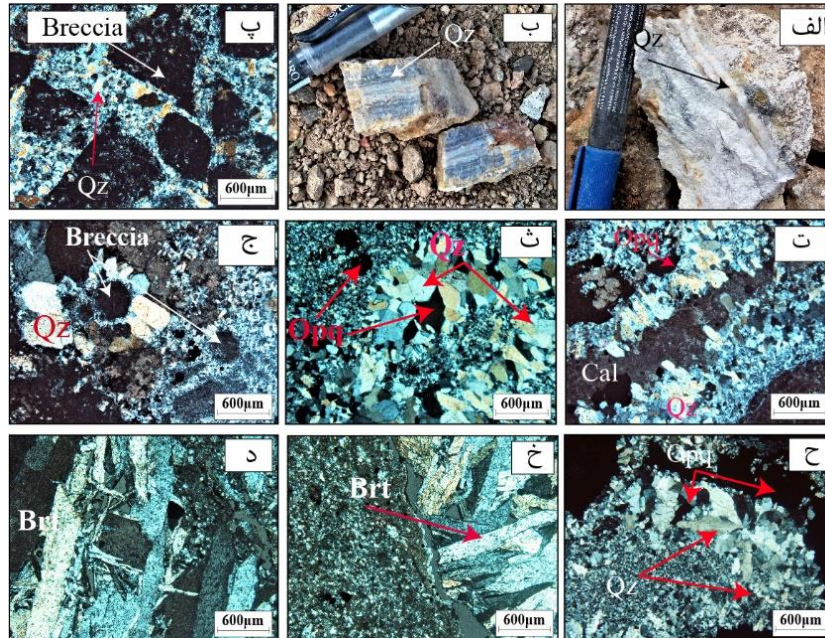


شکل ۶- تصاویر میکروسکوپی (XPL) از انواع کانی‌زایی در منطقه آله‌قشلاق. الف) کانی اولیه و درشت و خورد شده پیریت همراه با اسفالریت. ب) کانی پیریت پرکننده فضاهای خالی بافت برشی همراه با کانی اسفالریت. پ) رگچه پیریتی همراه با کانی‌های اسفالریت و گالن در مرحله بعد. ت) بافت گل کانی کلمی در کانی پیریت. ث) کانی پیریت خورد شده و تا حدودی گرد شده که کانی‌های اسفالریت و گالن در مرحله بعد آن را احاطه کرده‌اند. ج) کانی گالن در فضاهای خالی کانی پیریت. چ) حضور کانی کالکوپیریت در اطراف پیریت. ح) بیماری کالکوپیریت در کانی اسفالریت و حضور کالکوپیریت به صورت ادخال در اسفالریت. خ) کانی گالن دارای خمیدگی. د) کالکوپیریت با پیریت و اسفالریت و ثانویه کالکوسیت. ذ) رگچه سولفیدی شامل کانی‌های اسفالریت و آرسنوپیریت. ر) تتراهدريت همراه با کانی ثانویه کالکوسیت. علاوه بر اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوآنز [22] اقتباس شده است (Py: پیریت، Ccp: کالکوپیریت، Qtz: کوارتز، Apy: آرسنوپیریت، Sph: اسفالریت، Gn: گالن، Cct: کالکوسیت).



شکل ۷- تصاویر صحرایی، مزوسکوپی و میکروسکوپی (XPL) از کانی‌های سوپرژن در زون کانی‌زایی منطقه آله‌قشلاق الف) آبشویی زون حاوی اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن. ب) مغزه‌های حفاری حاوی اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن. پ) کانی گوتیت تشکیل شده در زون سوپرژن. ت) اکسیدها و هیدرواکسیدهای آهن مانند هماتیت در تمام متن سنگ در زون سوپرژن. ث) زون سوپرژن حاوی کانی‌های ثانویه مس. ج) کانی کالکوپیریت در حال تبدیل شدن به کانی کالکوسیت. علاوه بر اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوآنز [22] اقتباس شده است (Gth: گوتیت، Cct: کالکوسیت، Py: پیریت، Ccp: کالکوپیریت، Hem: هماتیت، Mlc: ملاکیت، Az: آزوریت).



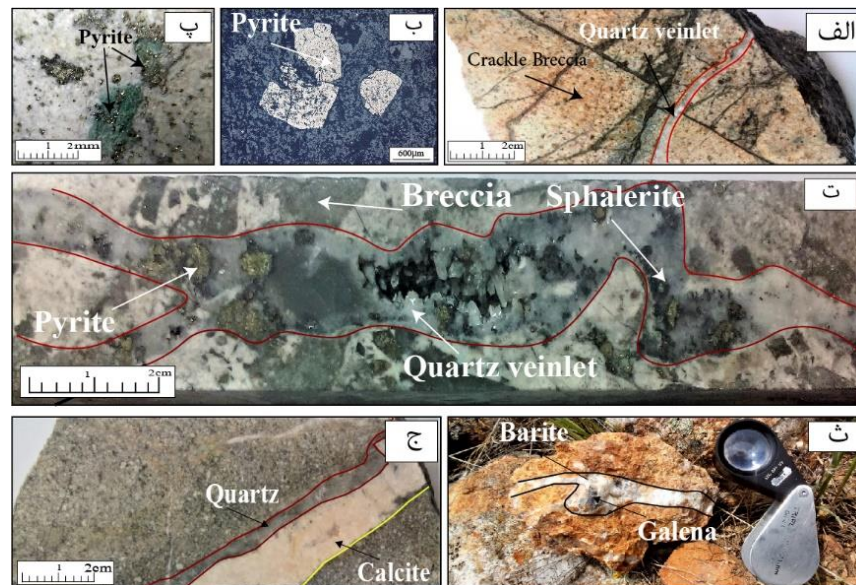


شکل ۸- تصاویر صحرایی، مزوسکپی و میکروسکپی (XPL) از ساخت و بافت باطله‌ها در زون کانی‌زایی منطقه آله‌قشلاق. الف) بافت دندان‌سگی (شانه‌ای) در باطله کوارتز. ب) بافت نواری و گل کلمی از باطله سیلیس. پ) کانی کوارتز با بافت پرکننده فضاهای خالی در برش‌های گرمایی. ت) بافت شانه‌ای کوارتز و پر شدگی آن توسط کلسیت در مراحل بعدی کانی‌زایی. ث) کوارتز با بافت پرکننده فضاهای خالی و حفرات همراه با کانی‌های اپیک. ج) بافت کاکلی کوارتز. ح) بافت شعاعی کوارتز در زون کانی‌زایی همراه با کانی‌های سولفیدی. خ) کانی باریت با بافت تیغه‌ای. د) تصویر میکروسکپی باریت با بافت تیغه‌ای و برشی. علائم اختصاری کانی‌ها از ویتنی و اوانز [22] اقتباس شده است (Qz: کوارتز، Brt: باریت، Opq: اپیک).

بر اساس مطالعات صحرایی و میکروسکپی و با توجه به مجموعه کانیایی، روابط بافتی و ارتباط قطع‌کنندگی رگه‌های کانه‌دار (شکل ۹-الف تا ج)، فرایند کانی‌زایی در محدوده آله‌قشلاق را می‌توان به ۴ مرحله تقسیم نمود (شکل ۱۰). **مرحله اول** کانی‌زایی با سیلیسی شدن، سریستی شدن و تشکیل کانی پیریت مشخص می‌شود. در این مرحله پیریت به عنوان تنها کانی سولفیدی به صورت بلورهای ریز دانه، نیمه شکل‌دار تا تمام بلور در زمینه سنگ سیلیسی شده دیده می‌شود (شکل ۹-الف). کانی پیریت (نسل ۱) به دلیل تنش‌های مراحل بعدی عمل نموده است. **مرحله دوم**، شکستگی شده و گاه‌جا جابجا نیز شده‌اند (شکل ۹-ب). این مرحله بیشتر به عنوان زمینه‌ساز مراحل بعدی عمل نموده است. **مرحله سوم**، اصلی‌ترین مرحله کانی‌زایی در این محدوده بوده و با حضور رگچه‌های سیلیسی کانه‌دار و برش‌های گرمایی با سیمانی متشکل از کوارتز-سولفید (پیریت، گالن و اسفالریت) در ضخامت‌های بیش از ۱۰ متر دیده می‌شود. این مرحله به دلیل اهمیت کانی‌زایی در آن به سه زیر مرحله جداگانه تقسیم نمود. زیر مرحله اول شامل برشی شدن گرمایی سنگ‌های میزبان است (شکل ۹-پ و ت) که در قسمت توصیف ساخت و بافت کانی‌زایی بدان اشاره شد. در این مرحله کانی‌ها ریز بلور بوده و عمدتاً در اطراف بلورهای پیریت تشکیل شده‌اند. زیر مرحله دوم با حضور رگچه‌هایی از سولفیدهای مانند پیریت، اسفالریت و گالن مشخص می‌شود که سیلیس و باریت به عنوان باطله در آن حضور ندارند (شکل ۹-ت). پهنای این رگچه‌ها (بجز رگچه‌های حاوی اسفالریت که گاه‌جا به ۱۰ سانتی‌متر نیز می‌رسد) در حدود ۲ میلی‌متر بوده و کانی‌های آن عمدتاً ریز بلور نیز می‌باشند. اما زیر مرحله سوم شامل رگچه‌های سیلیسی همراه با کانی‌زایی اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، پیریت، آرسنوپیریت و به صورت محدود تتراهدریت است. این رگچه‌ها از پهنایی در حدود ۵ میلی‌متر تا ۱ سانتی‌متر برخوردار بوده و در نمونه‌های زیر سطحی شاهد قطع شدگی بخش‌های



برشی توسط این رگچه‌ها می‌باشیم. **مرحله سوم** کانی‌زایی با حضور کانی‌های باریت و کلسیت و اندکی کوارتز شکل می‌گیرد (شکل ۹-ث). در این مرحله رگچه‌های کلسیتی با کانی‌زایی عمدتاً کالکوپیریت - پیریت و تا حدودی اسفالریت و رگچه‌های باریتی نیز عمدتاً با کانی‌های اسفالریت و گالن مشخص می‌گردند. این رگچه‌ها از پهنای بیشتری نسبت به مرحله قبل برخوردار بوده و اندازه بلورهای فلزات پایه نیز در آنها افزایش یافته و به حدود ۱ سانتی‌متر نیز می‌رسد. این رگچه‌ها، کانی‌زایی مراحل قبل را قطع کرده و گاهاً باعث جابجایی آنها نیز شده‌اند. در قسمت‌های غربی محدوده مورد مطالعه، کانی‌های باریتی با کانی‌زایی اسفالریتی و گالن افزایش یافته (شکل ۹-ج) و در برخی موارد خود به صورت رگه‌هایی با پهنای در حدود ۱ متر رخنمون دارند.



شکل ۹- تصاویر مزوسکوپی و میکروسکوپی (XPL) از توالی همبافتی در زون کانی‌زایی منطقه آلچه‌فشلاق. الف) پیریت در متن سنگ در مرحله اول کانی‌زایی (ب) خردشدگی کانی پیریت نسل اول توسط تنش‌های مراحل بعدی کانی‌زایی. ب) بافت برشی خردشده توسط رگچه سیلیسی نسل دوم کانی‌زایی. ت) قطع شدگی زون برشی توسط رگچه سیلیسی حاوی کانی‌زایی سولفیدی. ث) رگچه کلسیتی مرحله سوم کانی‌زایی. ج) رگچه باریتی کانه دار در مرحله سوم کانی‌زایی.

**مرحله چهارم** کانی‌زایی را مرحله اکسیداسیون کانی‌های درون‌زاد تشکیل می‌دهند. در این مرحله کانی‌های هماتیت، گوتیت، ژاروسیت و سایر اکسیدهای آهن‌دار بر روی رگه‌های سیلیسی و شکستگی‌ها تشکیل شده‌اند. در مطالعات میکروسکوپی، کانی گوتیت به صورت جانیشینی و در قالب کانی پیریت تشکیل شده است. بر اساس لاگ نگاری مغزه‌های حفاری به طور متوسط ۱۵ متر از نمونه‌های زیر سطحی درگیر فرایند هوازدگی شده‌اند که نشان از نفوذ آب‌های برون‌زاد است. علاوه بر آن حضور کانی‌های مالاکیت، آزوریت نیز در تمامی سطوح رگه‌های کانه‌دار قابل توجه می‌باشند.

نتیجه گیری





کانی‌زایی پلی‌متال در منطقه مطالعاتی آلچه‌قشلاق هم به صورت رگه‌های سیلیسی و هم رگه‌های باریتی با سنگ میزبان واحدهای ریولیتی، ریوداسیتی، داسیت آندزیتی یک سیستم رگه‌ای- برشی در ارتباط با سیستم‌های ساختاری رخ داده است. تزریق دایک ریولیتی در امتداد گسل اصلی این محدوده که دارای روند شمال شرق- جنوب غرب است باعث ایجاد معبری جهت عبور سیالات مولد کانه‌زایی شده است. علاوه بر آن حضور توده‌های نفوذی مانند توده پورفیری کیکال در شرق و توده سونگون در شمال این محدوده می‌تواند به عنوان موتور حرارتی این سیستم گرمایی در نظر گرفته شود. شواهدی مانند بافت برشی، پر کننده فضاهای خالی می‌تواند حاکی از فرایند جوشش در این کانه‌زایی باشد. با مقایسه تیپ کانی‌زایی محدوده آلچه‌قشلاق با ویژگی‌های زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، کانی‌زایی، دگرسانی، ساخت و بافت آن با کانسارهای فلزات پایه بر پایه یافته‌های هیدینکوویست و همکاران [23] مانند سنگ میزبان، دگرسانی‌ها، تأثیر عوامل ساختاری به عنوان کنترل کننده کانی‌زایی، فلزات پایه مانند اسفالریت، گالن، کالکوپیریت، پیریت و آرسنوپیریت به عنوان کانه‌زایی اصلی و کوارتز، باریت و کلسیت به عنوان کانی‌های باطله، بافت رگه- رگه‌ای، برشی، شانه‌ای، گل کلمی و پرمانند نبود بافت کوارتز حفره‌ای و دگرسانی آرزلیک پیشرفته (مجموعه کانی‌های آلونیت، کائولینیت و پیروفیلیت) و همچنین نبود مجموعه کانی‌های آدولاریا، آلونیت، انارژیت، لوزونیت و تنانتیت در رگه‌های کانه‌دار رخداد معدنی آلچه‌قشلاق نشاندهنده از شواهد مهم و اصلی سیستم‌های گرمایی از نوع اپی‌ترمال دمای پایین تا متوسط می‌باشد.

Minerals	Hypogen Mineralization			Supergen Mineralization
	Stage 1	Stage 2	Stage 3	
Ore	Pyrite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Galena	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Sphalerite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Chalcocopyrite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Arsenopyrite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Malachite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Azorite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Chalcocite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Tetrahedrite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Hematite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Geothite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Limonite	Stage 1	Stage 2	Stage 3	
Gangue	Quartz	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Calcite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Barite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Dolomite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Clay Minerals	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Sericite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Chlorite	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Texture	Epidote	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Crackle Breccia	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Mosaic Breccia	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Rubble Breccia	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Disseminations	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Vein - Veinlet	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Cockade	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Colloform	Stage 1	Stage 2	Stage 3
	Vug infill	Stage 1	Stage 2	Stage 3
Replacment	Stage 1	Stage 2	Stage 3	

شکل ۱۰- توالی همیافتی، فراوانی نسبی، ساخت و بافت مواد معدنی و باطله در کانسار آلچه‌قشلاق.



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 Azarbaijan, 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- Azarbaijan, 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-Azarbaijan, 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 Alteration 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, mineralogy and 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.
- [23]Hedenquist, J.W., Arribas, A.R., Gonzalez-Urien, E., 2000. Exploration for epithermal gold deposits. In: Hagemann, S.G., Brown, P.E. (Eds.), Gold in 2000 Reviews in Economic Geology, vol. 13, pp. 245–277.