



سنگ‌نگاری، دگرسانی، کانی‌سازی و پی‌جویی‌های ژئوشیمیایی در منطقه‌ی شمال غرب ارغش نیشابور

منیره اسماعیلی*، محمدحسن کریم پور، آزاده ملک‌زاده شفارودی

گروه زمین‌شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

(دریافت مقاله: ۹۰/۱۲/۴، نسخه نهایی: ۹۱/۸/۱۶)

چکیده: منطقه‌ی مورد بررسی در شمال شرق نیشابور در استان خراسان رضوی و در شمال غرب معدن طلای ارغش واقع شده است. سنگ‌های منطقه از واحدهای عمیق تا نیمه عمیق با ترکیب اسیدی- حدواسط تشکیل شده‌اند و شامل گرانودیوریت، دیوریت و گرانیت هستند. این توده‌ها شدیداً دگرسان شده‌اند. زون‌های آلتراسیون شامل: زون پروپلیتیک، سرسیتیک، سیلیسی و آرژیلیک است. کانی‌سازی به دو شکل اولیه و ثانویه دیده می‌شود. کانی‌سازی اولیه خود به دو بخش تقسیم می‌شود، کانی‌سازی پراکنده در توده‌های نفوذی (سین ژنتیک) و کانی‌سازی رگه‌ای در منطقه‌های گسله (اپی ژنتیک). کانی‌سازی پراکنده شامل پیریت بوده و در متن توده‌های گرانیتی و دیوریتی مشاهده می‌شود. کانی‌سازی رگه‌ای پیریت، کالکوپیریت، کوارتز و کلسیت در ارتباط با زون‌های گسله با روندهای شمال شرقی- جنوب غربی، شمال غربی- جنوب شرقی و شرقی- غربی که شیب حدود NE ۶۰ درجه دارند مشاهده شده است. کانی‌های ثانویه نیز شامل، مالاکیت، آزوریت، همتیت، گوتیت و کوولیت است. بررسی‌های ژئوشیمیایی بیهنجاری عناصر مس، سرب، روی را در هاله‌های ژئوشیمی اولیه و ثانویه نشان می‌دهد. بیشترین مقدار مس در رسوب‌های آبراهه‌ای ۱۲۴، روی ۸۵ و سرب ۳۸ گرم در تن است و در نمونه‌های سنگی بیشترین مقدار مس ۲۲۰۰، روی ۳۳۶ و سرب ۵۸۹ گرم در تن به دست آمده است. این بیهنجاری‌ها در ارتباط با توده‌های عمیق و نیمه عمیق با ترکیب اسیدی- حدواسط بوده و با زون‌های دگرسان سیلیسی و سرسیتیک- پروپلیتیک هستند. حضور کانی‌سازی افشان به صورت سطحی و زیر سطحی، وجود کانی‌سازی نوع رگه‌ای طلا، آنتیموان و حضور زون- های گسله در منطقه ارغش و نیز حضور هاله‌های ژئوشیمیایی اولیه و ثانویه برای عناصر مس، سرب و روی در منطقه مورد بررسی و مناطق مجاور، می‌تواند پیشنهاد کننده‌ی احتمال حضور کانسارهای نوع رگه‌ای وابسته به مس پورفیری در منطقه مورد بررسی باشد.

واژه‌های کلیدی: ارغش؛ کانی‌سازی؛ ژئوشیمی؛ مس پورفیری؛ دگرسانی.

مقدمه
شمال غربی معدن طلای ارغش- چشمه زرد واقع شده است (شکل ۱). ناحیه‌ی معدنی ارغش در گستره‌ی شمال- غربی ورقه‌ی کدکن قرار گرفته است [۱]. این معدن از نظر ساختاری در شمال زون ایران مرکزی واقع شده است. زون

منطقه‌ی مورد بررسی در $58^{\circ}41'53''$ - $58^{\circ}41'58''$ طول شرقی و $35^{\circ}56'23''$ - $35^{\circ}58'07''$ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه در شمال شرق روستای ارغش نیشابور و در

ب) بررسی سنگ شناسی و دگرسانی بیش از ۷۰ مقطع نازک و کانه نگاری در ۹ مقطع صیقلی. پ) تهیه نقشه های رقومی زمین شناسی، دگرسانی و کانی سازی با مقیاس ۱/۱۰۰۰ (ت) برداشت ۸ نمونه رسوب رودخانه ای به منظور بررسی هاله های ژئوشیمی ثانویه. ث) برداشت ۱۳ نمونه به روش خرده سنگی از منطقه های گسله و رگه ای و ۸ نمونه خرده سنگی از سطح به منظور بررسی های ژئوشیمیائی آن ها به روش AAS برای عناصر Fe, Sb, Mo, Zn, Pb, Cu در آزمایشگاه شیمی تجزیه گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد. د) تفسیر و نتایج.

بحث و بررسی

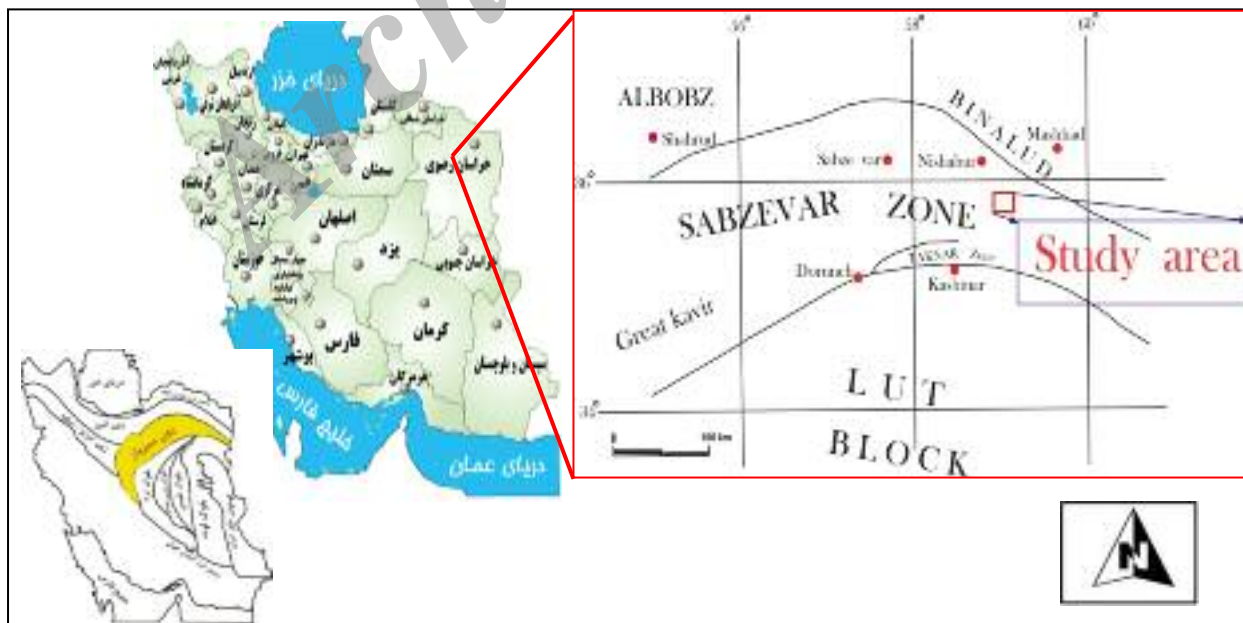
سنگ نگاری

با توجه به مشاهدات صحرایی و بررسی های آزمایشگاهی، توده های منطقه ای مورد بررسی را واحدهای اسیدی- حدواسط عمیق تا نیمه عمیق تشکیل می دهند که می توان آنها را به چهار بخش تقسیم کرد (شکل ۲). ۱- توده های عمیق (الیگوسن؟) با ترکیب اسیدی در حد گرانودیوریت. ۲- توده های نیمه عمیق در حد دیوریت پورفیری. ۳- توده های عمیق در حد دیوریت. ۴- توده های عمیق با ترکیب اسیدی در حد گرانیت.

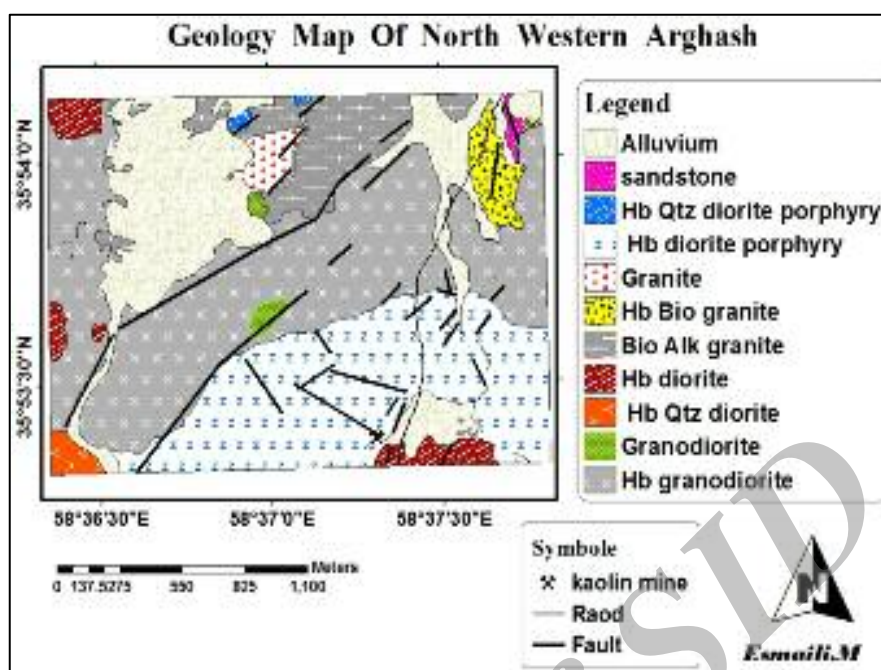
ایران مرکزی خود به سه واحد زمین ساختاری بلوک لوت در جنوب، منطقه تکنار و سبزوار تقسیم می شود [۲]. منطقه ای مورد نظر در منطقه سبزوار قرار می گیرد (شکل ۱). منطقه ای سبزوار برای واحدهایی از زمین ساختی بکار برده می شود که بین گسل بینالود در شمال و گسل ریوش در جنوب قرار گرفته است [۳]. طرح های مختلف پی جویی و زمین شناسی از سوی سازمان زمین شناسی و شرکت های مختلف در جنوب ناحیه ارغش اجرا شده اند [۴-۷]. در منطقه ای مورد بررسی تا کنون بررسی های دقیق سنگ شناسی و ژئوشیمی صورت نگرفته است. با توجه به پردازش تصاویر و داده های ماهواره ای [۸]، وجود دگرسانی شدید آرژلیک در منطقه و بیهنجاری مس و عناصر دیگر در مناطق مجاور [۹، ۱۰] لزوم بررسی های تفصیلی در منطقه به منظور جمع آوری اطلاعات بیشتر از این محدوده معدنی و تعیین ارتباط کانی سازی های رگه ای منطقه با سیستم احتمالی مس پورفیری در عمق احساس می شود.

روش بررسی

بررسی های صحرایی و آزمایشگاهی در این ناحیه شامل مراحل زیرند:
الف) برداشت بیش از ۷۰ نمونه سنگی برای بررسی سنگ شناسی و دگرسانی، و ۹ نمونه سنگی برای بررسی کانی سازی.



شکل ۱ نمایش گسل های در برگیرنده ی زون سبزوار (لیندن برگو جاکوس هاگن، ۱۹۸۳). و موقعیت منطقه ای سبزوار.



شکل ۲ نقشه زمین‌شناسی شمال غرب ارغش (نیشابور).

۷۰٪ پلاژیوکلاز است که فضاهای موجود بین این بلورها به وسیله‌ی هورنبلند پر شده است به طوری‌که ۲۰-۱۵٪ حجمی سنگ را شامل می‌شود. علاوه بر آن حاوی کمتر از ۲٪ کوارتز بوده و حدود ۵٪ کانی کدر لوزی شکل تا نیمه شکل‌دار در آن مشاهده شده است. این واحد سنگی به شدت تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتیک قرار گرفته است.

بیوتیت قلیایی گرانیات در بخش‌هایی نسبتاً وسیعی از شمال منطقه بیرون زدگی دارد (شکل ۲). این واحد سنگی دارای بافت‌های دانه‌دار، میرمیکیتی، ریزدانه‌ای و پرتیتی است، که ۴۰-۳۵٪ آن را کوارتز اولیه، ۵٪ کوارتز ثانویه، ۳۵-۳۰٪ فلدسپار قلیایی، ۱۰-۵٪ بلورهای پلاژیوکلاز و کمتر از ۱٪ بیوتیت تشکیل می‌دهد. کلریت در حد ۲-۱٪ در متن سنگ به صورت بی شکل و با حالت جریان‌ی مشاهده می‌شود. این واحد در نواحی شمالی ۳-۲٪ حاوی هماتیت بوده و سه نسل رگچه‌ی ظریف اکسید آهن که در جهت‌های مختلف یکدیگر را قطع کرده‌اند در آن مشاهده می‌شوند. درصد قابل توجهی از این واحد سنگی تحت تأثیر دگرسانی سرسیتیک قرار گرفته است.

هورنبلند بیوتیت گرانیات رخمون قابل توجهی در شمال غرب منطقه نشان می‌دهد (شکل ۲). در بررسی‌های میکروسکوپی بافت‌های دانه‌دار، پوئی کلیتیک و درهم در این واحد سنگی تشخیص داده شدند. این سنگ حاوی ۵۰٪ کوارتز ، ۴۰-۳۰٪ آلکالی فلدسپار، ۱۰-۵٪ پلاژیوکلاز، ۲-۱٪ هورنبلند

هورنبلند گرانودیوریت بیشترین رخمون سنگی را در منطقه نشان می‌دهد (شکل ۲). بافت اصلی این واحد گرانولار است که حاوی ۴۰-۳۵٪ پلاژیوکلاز، ۲۵-۲۰٪ کوارتز، ۲۰-۱۵٪ ارتوز، حاوی ۱۵-۱۰٪ هورنبلند است. کانی‌های فرعی در این واحد از مگنتیت و زیرکن تشکیل شده‌اند. این واحد تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتیک قرار گرفته است.

گرانودیوریت در نواحی مرکزی و بخشی از شمال منطقه رخمون محدودی دارد (شکل ۲). بافت این واحد گرانولار است (شکل ۳ الف). بلورهای پلاژیوکلاز از فراوانی ۴۰-۳۵٪، فلدسپار قلیایی فراوانی ۲۰-۱۵٪ و بلورهای کوارتز از فراوانی ۳۰-۲۵٪ برخوردارند. این واحد به شدت تحت تأثیر دگرسانی سرسیت قرار گرفته و به صورت جزئی‌تر پروپلیتیک شده است. هورنبلند کوارتز دیوریت رخمون کمتری در جنوب غربی منطقه نشان می‌دهد (شکل ۲). باتوجه به بررسی‌های میکروسکوپی این واحد سنگی از بافت دانه‌دار برخوردار است که حاوی ۱۰٪ کوارتز، ۴۰٪ پلاژیوکلاز، ۳۰-۲۵٪ ارتوز، و نیز دارای ۲۵-۲۰٪ هورنبلند است. پروپلیتیک دگرسان به شدت این توده را تحت تأثیر قرار داده است و رگچه‌های ظریف اپیدوت و کربنات در متن سنگ مشاهده می‌شود.

هورنبلند دیوریت رخمون قابل توجهی در جنوب‌غرب و حاشیه‌ی غربی منطقه نشان می‌دهد (شکل ۲). بافت آن دانه‌دار تا درون دانه‌دار است (شکل ۳ ب). این واحد سنگی حاوی ۷۵-

غرب منطقه نشان می دهد (شکل ۲). در بررسی های میکروسکوپی این واحد سنگی بافت های پورفیری و پیلوتاکسیتیک تشخیص داده شدند. در رخنمون های شمالی این واحد سنگی دارای ۷-۸٪ درصد فنوکریست بوده که ۳-۴٪ آن را بلورهای پلاژیوکلاز و ۳-۴٪ آن را هورنبلند تشکیل می دهد. زمینه سنگ نیز از بلورهای پلاژیوکلاز و کانی های بی شکل کدر تشکیل یافته است. در رخنمون های جنوب شرقی درصد فنوکریست ها به حدود ۲۰٪ می رسد که ۷-۸٪ فنوکریست ها را پلاژیوکلاز، ۱۰-۵٪ ارتوز، ۱-۲٪ هورنبلند تشکیل داده است. زمینه سنگ از بلورهای ریز پلاژیوکلاز و کانی های کدر تشکیل یافته است. این واحد تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتیک قرار گرفته است.

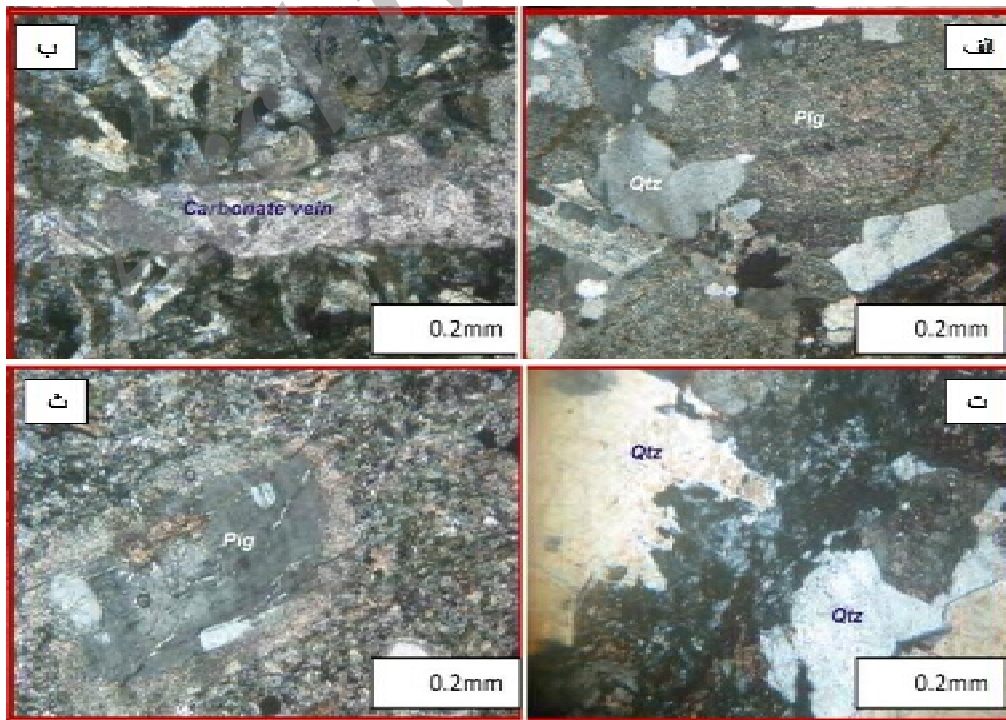
ساب آرکوز رخنمون قابل توجهی را در شمال منطقه نشان می دهد (شکل ۲). در بررسی های میکروسکوپی این واحد بیش از ۸۵٪ حاوی دانه بوده و در حد ۱۵٪ دارای سیمان آهکی است و از جورشدگی متوسط تا خوب برخوردار است. ۶۰-۵۰٪ دانه ها را فلدسپات ها، ۷-۸٪ کوارتز و ۵٪ ذرات سنگی تشکیل داده اند. از اجزای فرعی دانه ها می توان به حضور ۷-۸٪ دیوپسید، حضور کمتر از ۵٪ چرت، > 0.1 زیرکن و ۳-۲٪ کانی های کدر اشاره کرد.

و ۳-۲٪ بیوتیت، ۳-۲٪ کانی کدر است. همچنین در حدود ۲۰٪ کوارتز ثانویه در راستای رگچه هایی با عرض ۲-۳ میلیمتر در این سنگ تشخیص داده شده است. دگرسانی سیلیسی شدید- سرسیتیک و به طور جزئی پروپلیتیک این توده را تحت تأثیر قرار داده است.

گرانیت در شمال منطقه رخنمون نسبتاً خوبی نشان داده است (شکل ۲). در بررسی های میکروسکوپی این سنگ بافت های دانه دار متمرکز، بی نظم، میرمیکیتی و ریزدانه ای تشخیص داده شدند (شکل ۳ ت). این سنگ حاوی ۳۵-۴۰٪ پلاژیوکلاز، ۲۰٪ فلدسپار قلیایی، ۳۰-۲۵٪ کوارتز، ۳-۲٪ کوارتز ثانویه است. زیرکان به عنوان کانی فرعی این واحد تشخیص داده شده است. دگرسانی سیلیسی- سرسیتیک این توده را به شدت تحت تأثیر قرار داده است.

هورنبلند کوارتز دیوریت پورفیری در شمال منطقه گسترش کمی نشان می دهد (شکل ۲). در بررسی های میکروسکوپی این واحد سنگی بافت های پورفیری، اپاسیتی، خلیجی و حالت منطقه ای تشخیص داده شدند (شکل ۳ ت). این واحد سنگی حاوی ۳۵-۴۰٪ فنوکریست است که ۱-۲٪ آن را کوارتز، ۲۰٪ پلاژیوکلاز، ۵٪ فلدسپار قلیایی، ۵٪ هورنبلندها و ۱-۲٪ کانی کدر تشکیل می دهد.

هورنبلند دیوریت پورفیری رخنمون گسترده ای در جنوب



شکل ۳ الف- تصویر XPL از توده ی گرانودیوریت. ب- تصویر XPL از توده ی هورنبلند دیوریت. ت- تصویر XPL از توده ی گرانیت. ث- تصویر XPL از توده ی هورنبلند کوارتز دیوریت پورفیری.

پذیرفتاری مغناطیسی

برای بررسی نوع توده‌های نفوذی گرانیتوئیدی از نقطه نظر پذیرفتاری مغناطیسی، ۶۷ نمونه‌ی سنگی مورد آزمایش قرار گرفته. پذیرفتاری مغناطیسی در سری مگنتیت بیشتر از $SI \times 10^{-5}$ ۴۰ و در سری ایلمنیت کمتر از $SI \times 10^{-5}$ ۴۰ است [۱۱]. پذیرفتاری مغناطیسی واحدها در توده‌های نادگرسان منطقه دامنه‌ی تغییراتی از ۵۳ تا $SI \times 10^{-5}$ ۳۷۶۲ را نشان می‌دهند. بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده مربوط به توده‌ی هورنبلند گرانودیوریت است. مقادیر اندازه‌گیری شده در توده‌های گرانودیوریتی نادگرسان منطقه دامنه‌ی تغییراتی از $SI \times 10^{-5}$ ۸۱ تا $SI \times 10^{-5}$ ۳۷۶۲ را نشان می‌دهند. این مقدار در توده‌های گرانیتی $SI \times 10^{-5}$ ۵۳، در توده‌های دیوریت پورفیری از ۸۶ تا $SI \times 10^{-5}$ ۱۳۸۸ و در توده‌های دیوریتی از ۸۰۵ تا $SI \times 10^{-5}$ ۱۳۸۸۶ تغییر می‌کند. با توجه به بررسی‌های میکروسکوپی، این مقادیر بالا به کانی مگنتیت که شاخص محیط اکسایشی است نسبت داده می‌شود. با توجه به حضور مگنتیت سنگ‌های منطقه را می‌توان در سری گرانیتوئیدهای مگنتیت‌دار (سری I) رده‌بندی کرد.

دگرسانی

از آنجاکه بیشتر ذخایر گرمایی درون سنگ‌های دگرسان قرار دارند، شناخت دگرسانی‌ها در زمین‌شناسی اقتصادی ارزش زیادی می‌یابد. شناسایی منطقه‌های دگرسانی که ممکن است از نظر ژنتیکی به ذخایر معدنی وابسته باشند، گامی مهم در پی‌جویی ذخایر است [۱۲]. بر اساس بررسی‌های صحرائی و آزمایشگاهی چهار نوع دگرسانی در شمال‌غرب ارغش جدا شده‌اند که عبارتند از: (۱) منطقه‌ی پروپلیتیک، (۲) منطقه‌ی سرستیک، (۳) سیلیسی (۴) منطقه‌ی آژیلیک (شکل ۴).

دگرسانی غالب در منطقه پروپلیتیک است (شکل ۴). کلریت مهمترین کانی این منطقه بوده که به صورت پراکنده در متن سنگ و یا در مقیاس کانی‌های مافیک دگرسان شده، مشاهده می‌شود. درصد کلریت در برخی مناطق تا ۹۰-۸۵٪ می‌رسد. ولی میانگین آن ۲۵-۳۰٪ است. کلریت‌ها از نوع آهن‌دار و منیزیم‌دار هستند. کلریت منیزیم‌دار برخلاف کلریت آهن‌دار در شرایط اکسایشی و pH پائین محلول تشکیل می‌شود. در شرایط f_s بالا پیدایش پیریت مانع از ایجاد کلریت آهن‌دار می‌شود [۱۳]. اپیدوت در ۵٪، کربنات ۲-۳٪ و سرسیت ۱-۲٪ از دیگر کانی‌های ثانویه‌ی این زون محسوب می‌شوند. در متن

این دگرسانی رگچه‌های متعدد و ظریف کربنات نیز دیده می‌شوند. این دگرسانی در جنوب منطقه به صورت منطقه‌ی پروپلیتیک- سرسیتیک ظاهر شده است (شکل ۴). در این ناحیه سرسیت تا ۸-۷٪ افزایش یافته است. در حاشیه‌ی جنوب شرقی و مرکز منطقه، این دگرسانی به صورت زون پروپلیتیک- سیلیسی مشاهده می‌شود (شکل ۴).

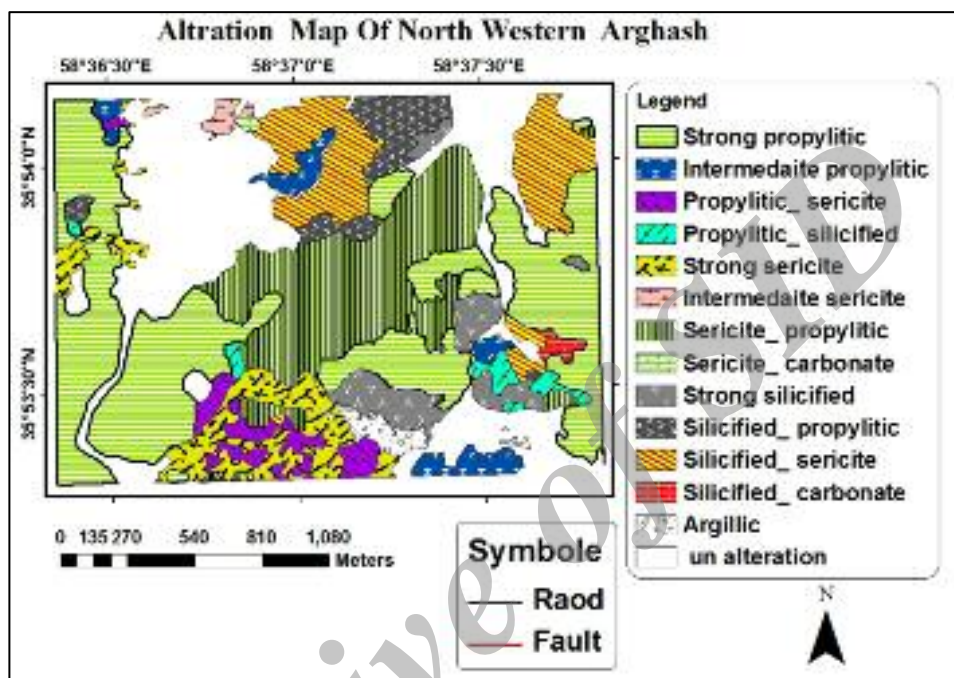
دگرسانی سرسیتیک- آژیلیک در جنوب و حاشیه- ی غربی منطقه رخنمون دارد (شکل ۴). کانی‌های شاخص این منطقه‌ی مورد بررسی سرسیت، کلریت، کربنات، کوارتز ثانویه، کانی‌های رسی و اکسید آهن را شامل می‌شود. سرسیت مهمترین و فراوان‌ترین کانی این زون است به طوری که درصد آن به ۹۰٪ می‌رسد. این دگرسانی به زیر منطقه‌های سرسیتیک- پروپلیتیک و سرسیتیک- کربنات تقسیم می‌شود (شکل ۴). در این منطقه‌ها به ترتیب در صد کلریت، اپیدوت و کربنات افزایش یافته است.

دگرسانی سیلیسی گسترش متوسطی در جنوب‌شرقی و جنوب منطقه نشان می‌دهد (شکل ۴). کانی مهم آن کوارتز بوده و درصد آن به بیش از ۹۰٪ می‌رسد. کوارتز به دو صورت درشت بلور و ریز بلور دیده شد. اکسید آهن در حد ۷-۸٪ دومین کانی مهم آن است. در این زون کانی‌سازی رگه‌ای در مناطق گسله مشاهده می‌شود. از کانی‌های نهشته شده در این منطقه می‌توان به مالاکیت و آزوریت اشاره کرد که به صورت رگچه‌های متعدد در متن منطقه قابل مشاهده است و ۲-۳٪ درصد آن را شامل می‌شود. و علاوه بر آن پیریت و کالکوپیریت در حد ۱-۲٪ در زون گسله قابل مشاهده است. مگنتیت نیز همراه با رگچه‌های هماتیت، کوولیت حاصل از جان‌شینی در کالکوپیریت در این زون قابل رویت‌اند (کالکوپیریت‌ها تا ۲۰-۱۵٪ به کوولیت تبدیل شده‌اند). با توجه به مشاهدات حاصل، این دگرسانی را می‌توان به زون‌های سیلیسی- سرسیتیک، سیلیسی- پروپلیتیک و سیلیسی- کربناتی تقسیم نمود (شکل ۴). در زون سیلیسی- سرسیتیک کانی‌های شاخص به کوارتز، سرسیت، کلریت، کربنات، اپیدوت، اکسید آهن، در زون سیلیسی- پروپلیتیک به کوارتز ثانویه، کلریت، سرسیت، کربنات، اپیدوت، کانی‌های کدر و در زون سیلیسی- کربناتی به کوارتز ثانویه، کربنات، سرسیت، اکسید آهن و کانی کدر تغییر کرده‌اند (شکل ۴).

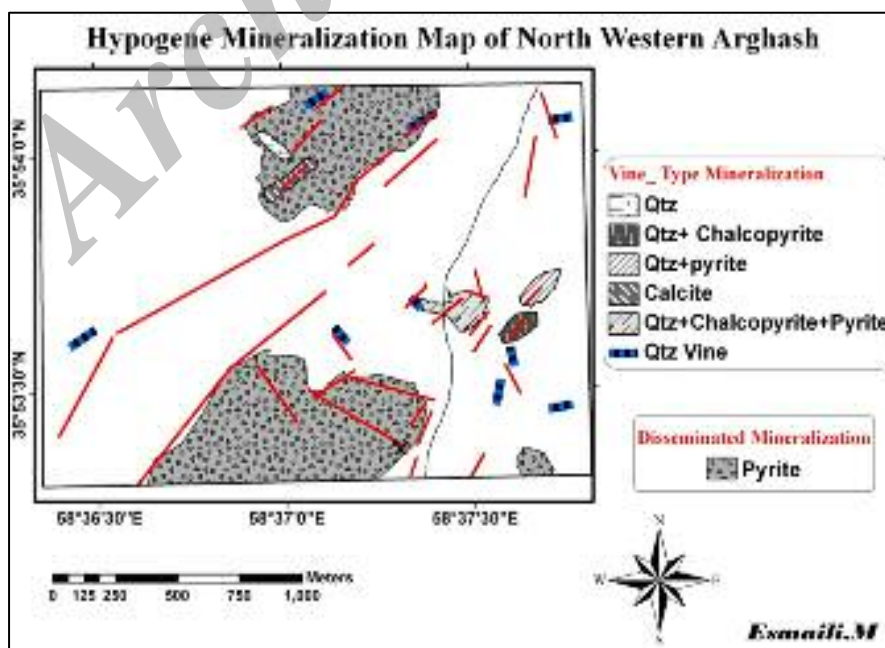
کانی سازی

کانی سازی به دو صورت مشاهده شده است. ۱-کانی سازی درون زاد (اولیه) (شکل ۵). ۲-کانی سازی سطحی زاد (ثانویه) (شکل ۷). کانی سازی درون زاد خود به دو صورت رگه ای و پراکنده دیده شده است. کانی سازی ثانویه نیز به طور گسترده

در منطقه دیده شده که نشان عملکرد آب های سطحی فرو روست. همچنین حضور کوولیت در منطقه که حاصل جانشینی کالکوپیریت است می تواند نشانه ای از تأثیر آبگون های اکسیدی و آبشویی مس در منطقه باشد.



شکل ۴ نقشه دگرسانی شمال غرب ارغش (نیشابور).



شکل ۵ نقشه کانی سازی اولیه شمال غرب ارغش (نیشابور).

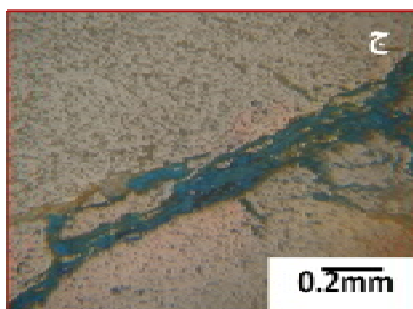
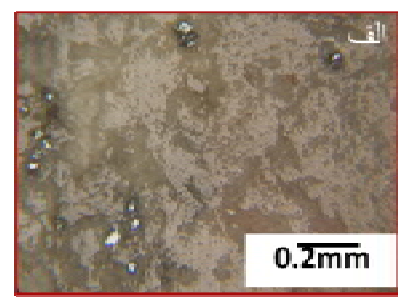
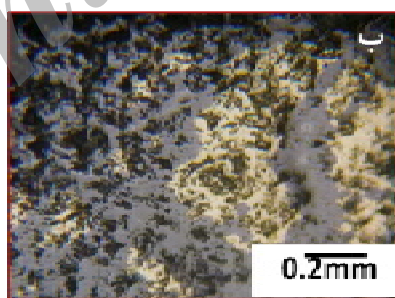
کانی‌سازی درون‌زاد (افشان)

از جمله کانه‌های درون‌زاد که به صورت پراکنده در متن توده‌ی گرانیتی قلیایی و هورنبلد دیوریت پورفیری مشاهده می‌شود پیریت است (شکل ۵). پیریت به عنوان گسترده‌ترین و فراوان‌ترین سولفید شناسایی شده است. این کانه در بخش‌های شمالی و در جنوب شرقی قابل مشاهده است (شکل ۶ الف). پیریت‌ها با بافت افشان و به طور میانگین با فراوانی ۱-۲٪ در متن توده‌های نفوذی گسترش دارند. علاوه بر بافت پراکنده، بافت‌های جانیشینی چون آتول و بافت باقیمانده نیز در رخداد پیریت قابل ذکر است (شکل ۶، الف و ت).

کانی‌سازی درون‌زاد رگه‌ای (اپی‌ژنیک)

این نوع کانی‌سازی در ارتباط با زون‌های گسله دیده می‌شود (شکل ۵). زون‌های گسله‌ی دارای روندهای شمال‌شرقی- جنوب‌غربی، شمال‌غربی - جنوب‌شرقی و شرقی- غربی بوده، ولی روند اصلی این گسل‌ها شمال‌شرقی - جنوب‌غربی است. این روند از روند گسل درونه پیروی می‌کند. شیب این زون‌های گسله حدود ۶۰ NE درجه بوده و عرض آنها در نواحی شمالی کمتر و به طور تقریبی ۱-۲ متر بوده، ولی در بخش جنوبی منطقه علاوه بر افزایش تعداد منطقه‌های گسله عرض آنها به بیش از ۲ متر نیز می‌رسد. طول آنها نیز متغیر بوده، ولی در جنوب منطقه به طور میانگین طول زون‌های گسله به

۳۰-۴۰ متر می‌رسد. فراوانی پیریت در زون‌های رگه‌ای منطقه، سبب شده که این کانه به عنوان فاز سولفیدی اصلی رگه‌ای در منطقه معرفی شود. با این وجود پراکندگی عمده‌ی این کانه مربوط به زون‌های گسله‌ی جنوب شرقی است (شکل ۵). این زون‌ها روند شمال‌شرقی - جنوب‌غربی و شیب حدود ۶۰ درجه داشته و فراوانی پیریت در آنها به طور میانگین به ۳-۲٪ می‌رسد. کانی باطله همراه با این کانه کوارتز است. کالکوپیریت مهم‌ترین و فراوان‌ترین کانه‌ی سولفیدی مس در منطقه است که تنها در منطقه‌های گسله و رگه‌ای همراه با پیریت و کوارتز مشاهده می‌شود (شکل ۵). کالکوپیریت نیز پراکندگی مهمی در زون‌های گسله‌ی جنوب‌شرقی دارد. فراوانی آن در گستره‌ی ۰/۱٪ تا ۱٪ تغییر می‌کند (شکل ۶ ب). پاراژنهای کانی‌سازی مشاهده شده در جنوب‌شرق منطقه عبارتند از: پیریت + کالکوپیریت + کوارتز (شکل ۵) و کوارتز + پیریت (شکل ۵). رگه‌های سیلیسی و کلسیتی گسترش خوبی در منطقه به خصوص بخش‌های جنوبی نشان می‌دهند (شکل ۵). این رگه‌ها در برخی بخش‌ها حاوی کانی‌سازی اولیه پیریت هستند. کلسیت بیشتر به صورت رگچه‌هایی با عرض ۴-۵ سانتی متر و با بافت پرکننده‌ی فضای خالی در متن توده‌های نفوذی مشاهده شده‌اند. این رگچه‌ها به طور میانگین حاوی ۴-۳٪ هماتیت ثانویه‌اند.



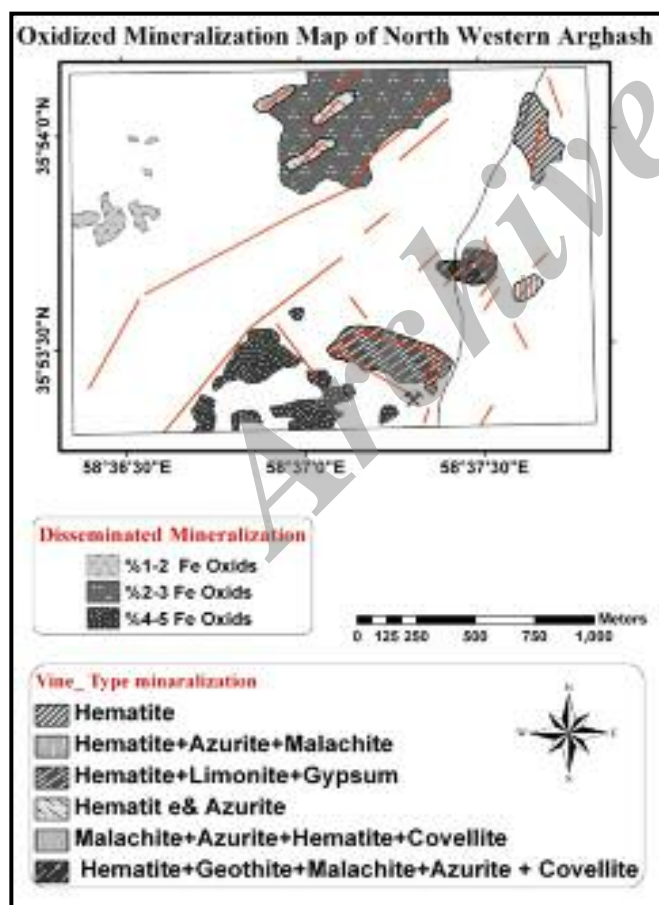
شکل ۶ الف، حضور پیریت در گرانیت‌های شمال منطقه، ب، حضور کالکوپیریت در منطقه‌ی گسله جنوب منطقه. پ، تبدیل کالکوپیریت به کوولیت. ت، تبدیل پیریت به گوتیت با بافت باقیمانده و آتول. ث، رگچه‌ی هماتیت و گوتیت. ج، رگچه‌ی آزوریت در منطقه‌ی گسله جنوب‌شرق منطقه.

کانی‌سازی سطحی‌زاد

اکسایش سولفیدها تابعی از بالا آمدگی سنگ‌ها، آب و هوای خشک، نیمه خشک، ترکیب سنگ اولیه (به ویژه محتوای پیریت) و ساختار سنگ میزبان (از نظر گسل خوردگی‌ها، شکستگی‌ها) است [۱۴]. هماتیت، گوتیت و به طور جزئی‌تر لیمونیت از جمله فراوان‌ترین کانی‌های ثانویه هستند که به صورت پراکنده در متن توده‌های سنگی حضور دارند (شکل ۷). علاوه بر بافت پراکنده، بافت‌های جانمایی چون آتول و باقیمانده (شکل ۶ پ، ت) نیز مشاهده می‌شود. این کانی‌سازی در گستره‌ی زون‌های گسله نیز مشاهده می‌شود (شکل ۷). رگچه‌های متعدد اکسیدهای آهن شامل هماتیت، گوتیت و لیمونیت همراه یا بدون حضور کانی‌های اولیه‌ای چون پیریت و کوارتز است. حضور رگچه‌های مالاکیت و آزوریت نشانه‌هایی از کانی‌سازی ثانویه هستند. آزوریت در منطقه کم‌یاب‌تر از مالاکیت است که علت آن تشکیل مالاکیت به‌وسیله‌ی آب

های رقیق‌تر و با مس کمتر است در حالیکه آزوریت ترجیحاً در سیستم‌های آب‌زدا (که غلیظ‌ترند) فراوان‌تر است [۱۵]. رگچه‌هایی که در جنوب شرق منطقه مشاهده شده‌اند عبارتند از: هماتیت + گوتیت + مالاکیت + آزوریت (شکل ۶، ت) و هماتیت + لیمونیت + ژیپس، مالاکیت + آزوریت (شکل ۶، ج). رگچه‌هایی که در شمال و شمال غربی مشاهده شده‌اند عبارتند از: هماتیت، هماتیت + مالاکیت + آزوریت، مالاکیت + آزوریت (شکل ۷).

در منطقه‌ی سیلیسی جنوب‌شرقی، کالکوپیریت‌ها به طور گسترده به‌وسیله‌ی کولیت جانشین شده‌اند. درصد این تبدیل بیش از ۴۰٪ است (شکل ۶، پ) حضور کولیت می‌تواند شواهدی بر فرایندهای سطحی‌زاد در این ناحیه و رخداد یک منطقه‌ی غنی شده باشد. شکل ۸ دنباله‌ی پاراژنیک کانی‌سازی را در منطقه شمال‌غرب ارغش نشان می‌دهد.



کانی‌سازی کانی‌ها	اولیه		ثانویه	
	پراکنده	رگه‌ای	پراکنده	رگه‌ای
پیریت				
کالکوپیریت				
کلسین				
کوارتز				
مالاکیت				
آزوریت				
هماتیت				
گوتیت				
کولیت				

شکل ۸ دنباله‌ی پاراژنیک کانی‌سازی رگه‌ای در شمال‌غرب ارغش.

شکل ۷ نقشه کانی‌سازی ثانویه شمال‌غرب ارغش (نیشابور).

ژئوشیمی

ژئوشیمی سطحی

به دنبال پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای که در ورقه-ی ۱/۱۰۰۰۰۰ کدکن از سوی سازمان زمین‌شناسی کشور و با همکاری شرکت اکتشافات ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی استان جیانکسی جمهوری خلق چین در سال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۲ صورت گرفته است، مناطقی به عنوان محدودهای پتانسیل‌دار طلا و نیز آنتیموان، آرسنیک، نقره، جیوه و ... کشف و معرفی شدند. نتایج حاصل از این بررسی‌ها باعث شد تا گستره‌ای به گستردگی ۱۵۰ کیلومتر مربع در منطقه‌ی ارغش به-عنوان منطقه‌ی طلا دار معرفی شود [۴].

پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی بر مبنای رسوب‌های رودخانه‌ای

پس از بررسی تصاویر Google earth محل‌های مناسب برای برداشت نمونه‌ها انتخاب شدند، در این مرحله سعی شد تا نقاطی انتخاب شوند که بهترین اطلاعات ژئوشیمی را از واحد‌های بالا دست در اختیار قرار می‌دهند. نمونه‌ها پس از آماده‌سازی برای تجزیه شیمیایی عناصر مس، سرب، روی، آنتیموان، مولیبدن و آهن به آزمایشگاه شیمی تجزیه دانشکده‌ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد ارسال شدند و به روش جذب اتمی (AAS) تجزیه شدند. در نمونه‌های Ar-S-3 و Ar-S-4 غلظت مس به ترتیب مقادیر ۱۲۴ و ۱۰۵ گرم در تن گزارش شد (جدول ۱). این بیهنجاری‌ها به توده‌های هورنبلند دیوریت پورفیری جنوب وابسته بود که تحت تأثیر محلول‌های گرمابی آرژیلیکی شده است. در نمونه‌های Ar-S-2,5,7,8 سرب بیهنجاری نشان داده است (جدول ۱) و بیشترین غلظت سرب برابر ۳۸ گرم در تن گزارش شده است (جدول ۱). این بیهنجاری‌ها به توده‌های گرانودیوریت در مرکز و هورنبلند دیوریت پورفیری در جنوب شرقی وابسته‌اند. روی در نمونه‌های Ar-S-3 و Ar-S-2 به ترتیب مقادیر ۸۵ و ۶۹ گرم در تن را نشان داده است (جدول ۱). این مقدار بالا به توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری در جنوب و جنوب شرق وابسته است. آنتیموان، بیهنجاری خوبی را در کل منطقه نشان می‌دهد. در شکل ۹ دامنه‌ی

پراکندگی دو عنصر مس و سرب در نمونه‌های آبرفتی رودخانه‌ای نمایش داده شد. نتیجه تجزیه ژئوشیمیایی در آبرفت رودخانه‌ای، نمایان شدن هاله‌های ژئوشیمی ثانویه برای عناصر مس، سرب و آنتیموان است. به احتمال زیاد توده‌های وابسته به این بیهنجاری‌ها دو توده‌ی هورنبلند گرانودیوریت و هورنبلند دیوریت پورفیری هستند که دگرسانی‌های پروپلیتیک و آرژیلیکی این توده‌ها را تحت تأثیر قرار داده است.

پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی بر مبنای سنگ

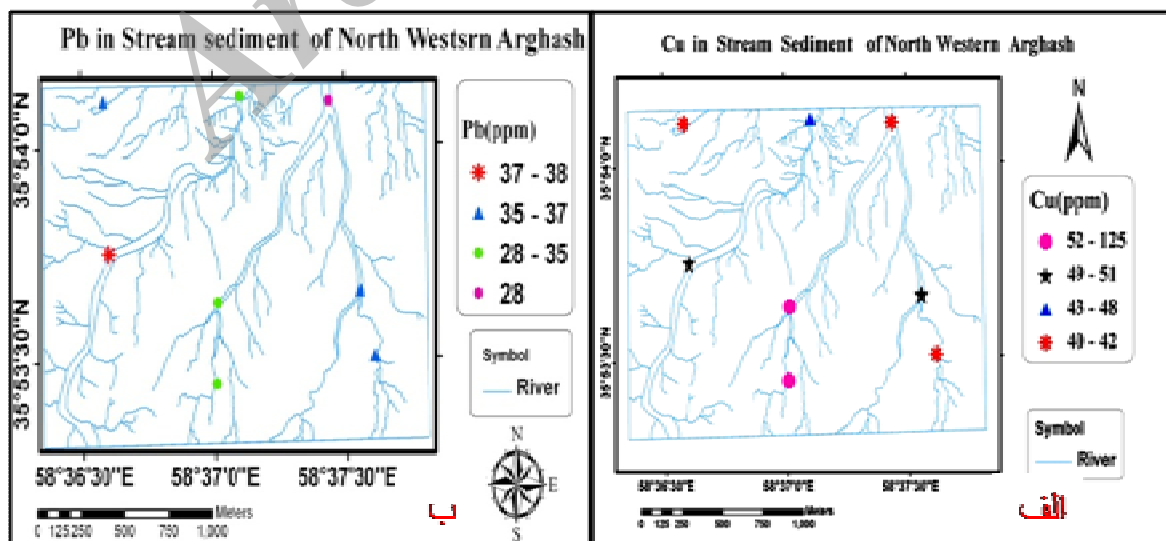
از رخنمون‌های سنگی منطقه و منطقه‌های دگرسان (با توجه به تغییرات و شدت دگرسانی) تعداد ۸ نمونه به روش خرده سنگی و تعداد ۱۳ نمونه نیز به روش خرده سنگی از زون‌های رگه‌ای کانی‌سازی شده برداشت شدند. پس از آماده‌سازی نمونه‌ها توسط شرکت کانساران بینالود، برای تجزیه ژئوشیمیایی عناصر مس، سرب، روی، آنتیموان، مولیبدن و آهن به آزمایشگاه شیمی تجزیه گروه شیمی، دانشکده‌ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد ارسال شدند که نتایج آنها در جدول‌های ۲ و ۳ ارائه شده است. نتایج نشان می‌دهند که بیهنجاری سه عنصر مس، سرب و روی در منطقه‌های رگه‌ای قابل توجه است (جدول ۲). مقادیر تجزیه شده برای عنصر مس در نمونه‌های خرده سنگی وابسته به توده‌های سنگی، دامنه‌ی تغییراتی از حداقل ۱۲ تا حداکثر ۱۰۴ گرم در تن نشان می‌دهد. این بیهنجاری در ارتباط با توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری است. هر کدام از دو نمونه‌ی Ar-V-8 و Ar-V-11 وابسته به زون‌های کانی‌سازی رگه‌ای، به ترتیب ۲۲۰۰ و ۱۲۰۰ گرم مس در تن نشان می‌دهد (جدول ۲). این بیهنجاری در دو نقطه از منطقه و در ارتباط با زون‌های کانی‌سازی رگه‌ای در توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری دیده می‌شود. غلظت سرب در نمونه‌ی Ar-C-1 (جدول ۳) وابسته به توده‌های سنگی، برابر با ۲۶ گرم در تن است. این بیهنجاری منطبق بر توده‌ی هورنبلند گرانودیوریت بوده که تحت تأثیر دگرسانی سرسیتیک- پروپلیتیک قرار گرفته است. بیهنجاری بالای سرب در نمونه‌ی Ar-V-4 برابر با ۵۸۹ گرم بر تن

کمتر از ۱ گرم در تن را نشان می دهد، که می تواند نشانه‌ی عدم کانی سازی مولیبدن باشد. دامنه‌ی تغییرات عناصر در توده‌های نفوذی و منطقه‌های کانی سازی رگه‌ای در جدول ۴ و ۵ آمده‌اند. باتوجه به نتایج ژئوشیمی خرده سنگی، بیهنجاری عناصر مس، سرب و روی وابسته به زون‌های کانی سازی رگه‌ای جنوب و جنوب شرقی است. همچنین توده‌های نفوذی، از نقطه نظر مس، سرب، روی و آنتیموان بیهنجاری نشان داده‌اند که نشانه‌ای از حضور هاله‌های ژئوشیمی اولیه در توده‌های نفوذی است. آنتیموان در توده‌ی گرانیت قلیایی، و مس، سرب و روی در توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری بیشترین بیهنجاری را نشان داده‌اند.

مشاهده شده است (جدول ۲). این بیهنجاری نیز با زون‌های کانی‌سازی رگه‌ای جنوب‌شرق دیده شده است. بیشترین مقدار غلظت روی در نمونه‌های توده‌ی سنگی، وابسته به نمونه‌ی Ar-C-6 برابر با ۲۰۸ گرم در تن گزارش شده است. این بیهنجاری با توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری همخوانی دارد و دگرسانی سرسیتی-کربنات این واحد را تحت تأثیر قرار داده است. بالاترین مقدار روی در نمونه‌ی Ar-V-13 (جدول ۲) ۳۳۶ گرم در تن دیده شده است. بیشترین تمرکز این عنصر در جنوب شرق گزارش شده است. آنتیموان بیهنجاری نسبتاً خوبی نشان داده است. مولیبدن در تجزیه‌های ژئوشیمی رسوب‌های رودخانه‌ای و خرده سنگی مقادیر

جدول ۱ نتایج تجزیه ژئوشیمیایی عناصر Fe, Sb, Mo, Zn, Pb, Cu در رسوب‌های رودخانه‌ای منطقه‌ی مورد بررسی.

شماره نمونه	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Zn(ppm)	Sb(ppm)	%Fe
Ar-S-1	۴۲	۲۸	۴۷	۱۴	۲،۵
Ar-S-2	۵۰	۳۷	۶۹	۱۶	۴،۵
Ar-S-3	۱۲۴	۳۵	۸۵	۱۴	۳،۳
Ar-S-4	۱۰۵	۳۴	۶۳	۱۴	۲،۹
Ar-S-5	۴۰	۳۶	۵۰	۱۷	۲،۹
Ar-S-6	۴۷	۳۵	۵۴	۱۵	۲،۶
Ar-S-7	۵۱	۳۸	۶۲	۱۶	۳،۴
Ar-S-8	۴۱	۳۷	۶۳	۱۵	۴،۲



شکل ۹ الف، دامنه‌ی پراکندگی مس و ب، دامنه‌ی پراکندگی سرب در آبرفت رودخانه‌ای منطقه.

جدول ۲ نتایج تجزیه‌ی شیمیایی عناصر Fe, Sb, Mo, Zn, Pb, Cu نمونه‌های خرده سنگی از زون‌های کانی‌سازی رگه ای شمال غرب ارغش.

شماره نمونه	Zn(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Sb(ppm)	%Fe
Ar-v-1	۱۳۱	۳۴	۱۵	۱۳	۱
Ar-v-2	۱۳۸	۳۹	۲۵	۲۴	۲٫۱
Ar-v-3	۵	۶	۴	۹	۰٫۳
Ar-v-4	۲۳۸	۶۵۵	۵۸۹	۲۲	۱٫۹
Ar-v-5	۵۷	۶۵	۳۳	۳۰	۲٫۸
Ar-v-6	۱۷	۶۵	۱۳	۱۰	۱٫۷
Ar-v-7	۸۸	۲۰۷	۳۰	۱۲	۲٫۸
Ar-v-8	۱۸۸	۲۲۰۰	۲۸۴	۱۱	۱٫۱
Ar-v-9	۵۱	۱۳۵	۲۲	۹	۰٫۳
Ar-v-10	۲۳	۷	۳۸	۳۱	۱٫۴
Ar-v-11	۳۵	۱۲۰۰	۱۴	۵	۱٫۵
Ar-v-12	۱۰۷	۱۷	۴۹	۳۵	۴٫۵
Ar-v-13	۳۳۶	۱۹۵	۱۷۳	۸	۰٫۶

جدول ۳ نتایج تجزیه شیمیایی عناصر Fe, Sb, Mo, Zn, Pb, Cu نمونه‌های خرده سنگی از توده‌های سنگی شمال غرب ارغش.

شماره نمونه	Zn(ppm)	Cu(ppm)	Pb(ppm)	Sb(ppm)	%Fe
Ar-C-1	۹۸	۴۵	۲۶	۲۰	۲٫۵
Ar-C-2	۵۴	۵۷	۱۱	۹	۱٫۲
Ar-C-3	۳۶	۲۰	۴	۹	۰٫۶
Ar-C-4	۲۶	۱۲	۸	۸	۱٫۸
Ar-C-5	۱۴۵	۴۱	۱۳	۱۲	۲٫۲
Ar-C-6	۲۰۸	۱۰۴	۲۰	۱۱	۲٫۸
Ar-C-7	۴	۵۵	۱۳	۹	۱٫۹
Ar-C-8	۴۹	۱۵	۲۰	۹	۳

جدول ۴ دامنه‌ی تغییرات عناصر در توده‌های سنگ.

عنصر	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm	%Fe	Mo ppm
غلظت	۱۰۴ تا ۱۲	۲۶ تا ۴	۲۰۸ تا ۴	۲۰ تا ۸	۳ تا ۰٫۶	کمتر از ۱

جدول ۵ دامنه تغییرات عناصر در زون‌های کانی‌سازی رگه‌ای.

عنصر	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm	%Fe	Mo ppm
غلظت	۲۲۰۰ تا ۶	۵۸۹ تا ۴	۲۳۸ تا ۵	۳۵ تا ۵	۴٫۵ تا ۰٫۳	کمتر از ۱

برداشت

چنانکه گفته شد واحدهای زمین‌شناسی منطقه را توده‌های نفوذی عمیق و نیمه عمیق با ترکیب اسیدی تا حدواسط تشکیل داده‌اند که شدیداً دگرسان شده‌اند. دگرسانی پروپلیتیک وسیعترین دگرسانی و دگرسانی آرژیلیک دومین دگرسانی گسترده است. کانی‌سازی در شمال غرب به دو صورت اولیه و ثانویه مشاهده می‌شود. کانی‌سازی اولیه به دو شکل افشان در توده‌های منطقه و رگچه‌ای دیده می‌شود. منطقه‌های کانی‌سازی رگه‌ای به فعالیت سیستم گسله‌ی وابسته‌اند.

همچنین هاله‌های ژئوشیمی ثانویه از عناصر مس، سرب و آنتیموان در رسوب‌ها و هاله‌های ژئوشیمی اولیه از عناصر مس، سرب، روی و آنتیموان در توده‌های نفوذی نمایان شده‌اند. با توجه به این بیهنجاری‌ها و مقادیر بالای عناصر مس، سرب و روی در منطقه‌های رگه‌ای کانی‌سازی شده می‌توان نتیجه گرفت که این منطقه دارای پتانسیل کانی‌سازی عناصری مثل مس، سرب و روی از نوع رگه‌ای بوده که با توجه به شواهد زیر، ممکن است این کانی‌سازی رگه‌ای به یک سیستم مس‌پورفیری نوع مونزونیتی وابسته باشد:

- [۷] شمعیان غ. ح.، "سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور"، طرح اکتشافات چکشی منطقه ی ارغش و طرح اکتشاف طلا، ۷۵، صفحه، (۱۳۷۷).
- [۸] کریم‌پور م. ح.، سعادت س.، "طرح پژوهشی مطالعه و بررسی پتانسیل‌های معدنی و تعیین اولویت‌های اکتشافی با استفاده از داده‌های ماهواره ای، آلتراسیون، ژئوشیمی و ژئوفیزیک در محدوده‌ی نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ کدکن"، (۱۳۸۵).
- [۹] کریمی سعیدآبادی زهرا، "پتروگرافی، آلتراسیون، کانی‌سازی و ژئوشیمی جنوب‌غرب ارغش"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد- ۱۸۱ صفحه (۱۳۸۸).
- [۱۰] غلامی نرگس، "پتروگرافی، آلتراسیون، کانی‌سازی و ژئوشیمی شرق ارغش"، پایان‌نامه کارشناسی ارشد زمین‌شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد- ۱۸۹ صفحه (۱۳۸۸).
- [۱۱] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م. ح.، مظاهری ا.، "زمین‌شناسی، دگرسانی، کانی‌سازی و ژئوشیمی گستره MA-□، منطقه پی جوئی مس- طلای پورفیری ماهرآباد، استان خراسان جنوبی"، مجله کانی و بلورشناسی کشور. سال هفدهم. شماره ۴، صفحه ۶۳۹ تا ۶۵۴ (۱۳۸۸).
- [2] Stocklin J., "Structural correlation of the Alpine ranges between Iran and central Asia", Mem. Sos Geol. France, 8:33-353. Paris (1977).
- [3] Pilger A., "Die zeitlich tektonische Entwicklung der iranischen Gebirge", Clausthater Geol. Abh., 8, pp.1-27, 4 figs., 5 pls Clausthal- Zellerfeld 1971.
- [11] Ishihara S., "the granitoid series and mineralization: Economic Geology", 75th Anniv. v, p458 (1981).
- [12] Gifkins C., Herrmann W., Large R., "Altered and Volcanic rocks a guide to description and interpretation: printed in Australia by printing Authority of Tasmania", pp. 25-27 (2005).
- [13] Velde, B., 1995, Origin and mineralogy of Clay and environment, Springer, p. 319.
- [14] Chavez w. x., "Supergene Oxidation of Copper deposit: zoning and distribution of Copper oxide Minerals", Social Economic Geology News, 141 (2000)10-12.
- [15] Bean R.E., "An investigation of the manner and time of malachite unpub", M.Sc.thesis, Ariz, uiv., 82p (1968).

- ۱- نفوذ توده‌های نیمه عمیق آهکی-قلیایی با ترکیب اسیدی تا حدواسط وابسته به گرانیتوئیدهای مگنتیت‌دار در شمال‌غرب و غرب ناحیه ارغش [۹،۱۰].
- ۲- دگرسانی‌های گسترده پروپلیتیک، سرسیت، آرژلیک در منطقه‌ی مورد بررسی و ناحیه‌ی ارغش [۸-۱۰].
- ۳- کانی‌سازی اولیه پیریت و اکسیدهای ثانویه آهن به صورت افشان در ناحیه‌ی ارغش [۱۰،۹].
- ۴- کانی‌سازی‌های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن ثانویه به صورت رگه‌ای در منطقه مورد بررسی [۱۱].
- ۵- بیهنجاری عناصر ردیاب و ابر کانسازی مس، سرب، روی، نقره در جنوب‌غرب و شرق [۹،۱۰] و مس، سرب، روی در شمال‌غرب ارغش.
- ۶- حضور کانی‌سازی رگه‌ای طلا در ناحیه معدنی ارغش نیشابور [۷-۴].
- بنابراین می‌توان گفت، ناحیه‌ی معدنی ارغش از نظر ساختاری شباهت‌های زیاد لیتولوژی، کانی‌سازی و ژئوشیمی با سیستم‌های مس پورفیری مدل مونزونیتی داشته و کانی‌سازی رگه‌ای در این منطقه را می‌توان همانند کانی‌سازی‌های رگه‌ای طلا و آنتیموان وابسته به این سیستم دانست. البته اثبات این گفته نیاز به بررسی‌های دقیق‌تر و برداشت‌های بیشتر و عمقی‌تر دارد.

مراجع

- [۱] نادری میقان ن.، ترش‌یزیان ه.، "نقشه زمین‌شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه کدکن، انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۷).
- [۴] سازمان زمین‌شناسی کشور، "شرکت اکتشافات ژئوشیمیایی استان جیانکسی جمهوری خلق چین"، ۱۹۹۶-۱۹۹۲، گزارش عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی چهارگوش ۱/۱۰۰۰۰۰ نقشه کدکن، گزارش آنومالی‌های طلا و آنتیموان همراه آرسنیک، تنگستن، جیوه و سزیم در منطقه.
- [۵] سازمان زمین‌شناسی، "پروژه اکتشافی، ژئوشیمی ناحیه‌ای رسوبات رودخانه‌ای سمنان-کاشمر"، (۱۹۹۶).
- [۶] سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، "گزارش نقشه زمین‌شناسی- معدنی ۱/۵۰۰۰ منطقه ارغش و طرح اکتشاف طلا"، (۱۳۷۹).