مجله بلورشناسی و کانی شناسی ایران

سال بیست و دوم، شمارهٔ اول، بهار ۹۳، از صفحهٔ ۶۳ تا ۷۴

انجمن بلورشناسی و کانی شناسی ایران

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

منیره اسماعیلی*، محمدحسن کریم پور، آزاده ملک‌زاده شفارودی

گروه زمین شناسی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

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

چکیده: منطقه‌ی مورد بررسی در شمال‌شرق نیشابور در استان خراسان رضوی و در شمال‌غرب 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. زون های 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، کانی سازی پراکنده در توده های 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، شمال‌غربی_ جنوب‌شرقی و شرقی _غربی که شیب حدود ۶۰NE درجه دارند مشاهده شده است. کانی‌های ثانویه نیز شامل ، مالاکیت، آزوریت، هماتیت ، 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 نمونه های 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

منطقه‌ی مورد بررسی در″۵۳ ′۴۱ °۵۸ -″۵۸ ′۴۱ °۵۸ طول شرقی و ″۲۳ ′۵۶ °۳۵-″ ۰۷ ′۵۸ °۳۵ عرض شمالی قرار دارد. این منطقه در شمال‌شرق روستای ارغش نیشابور و در شمال‌غربی معدن طلای ارغش- چشمه زرد واقع شده است (شکل۱). 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

* نویسنده مسئول، تلفن-نمابر: ۵۳۵۲۸۹۳ (۰۱۵۲)، پست الکترونیکی: Monesm_1362@yahoo.com

ایران مرکزی خود به سه واحد زمین ساختاری بلوک لوت در جنوب، منطقه‌ی تکنار و سبزوار تقسیم می‌شود [۲]. منطقه‌ی مورد نظر در منطقه‌ی سبزوار قرار می‌گیرد (شکل ۱). منطقه‌ی سبزوار برای واحدهایی از زمین‌شناختی بکار برده می‌شود که بین گسل بینالود در شمال و گسل ریوش در جنوب قرار گرفته است [۳]. طرح‌های مختلف پی‌جویی و زمین شناسی از سوی سازمان زمین شناسی و شرکت‌های مختلف در جنوب ناحیه ارغش اجرا شده‌اند [۴-۷]. در منطقه‌ی مورد بررسی تا کنون بررسی‌های دقیق سنگ‌شناسی و ژئوشیمی صورت نگرفته است. با توجه به پردازش تصاویر و داده‌های ماهواره‌ای [۸]، وجود دگرسانی شدید آرژیلیک در منطقه و بیهنجاری مس و عناصر دیگر در مناطق مجاور [۹،۱۰] لزوم بررسی‌های تفصیلی درمنطقه به منظور جمع آوری اطلاعات بیشتر از این محدوده‌ی معدنی وتعین ارتباط کانی‌سازی‌های رگه‌ای منطقه با سیستم احتمالی مس پورفیری در عمق احساس می‌شود.

روش بررسی

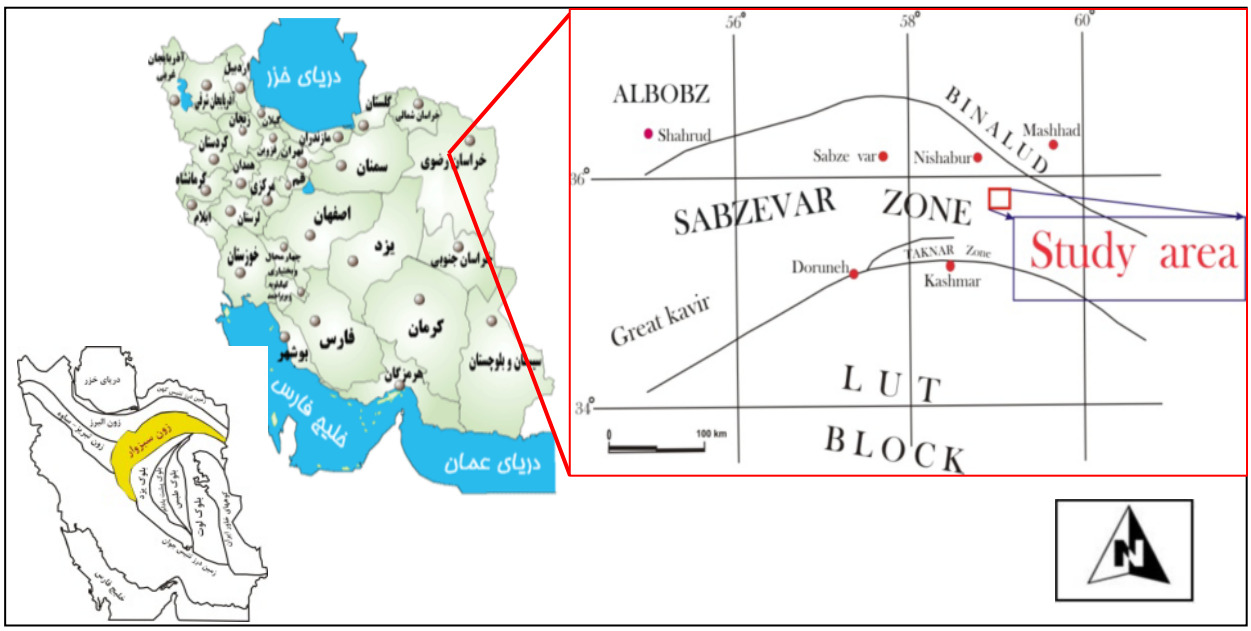
بررسی‌های صحرائی و آزمایشگاهی در این ناحیه شامل مراحل زیرند:

الف) برداشت بیش از ۷۰ نمونه‌ی سنگی برای بررسی سنگ-شناسی و دگرسانی، و ۹ نمونه سنگی برای بررسی کانی سازی. ب) بررسی سنگ‌شناسی و دگرسانی بیش از ۷۰ مقطع نازک و کانه نگاری در ۹ مقطع صیقلی. پ) تهیه‌ی نقشه‌های رقومی زمین‌شناسی، دگرسانی و کانی سازی با مقیاس ۱/۱۰۰۰ . ت) برداشت ۸ نمونه رسوب رودخانه‌ای به منظور بررسی هاله‌های ژئوشیمی ثانویه. ث) برداشت ۱۳ نمونه به روش خرده سنگی از منطقه‌های گسله و رگه‌ای و ۸ نمونه خرده سنگی از سطح به منظور بررسی‌های ژئوشیمیائی آن‌ها به روش AAS برای عناصر Fe, Sb, Mo, Zn, Pb, Cu در آزمایشگاه شیمی تجزیه گروه شیمی دانشکده‌ی علوم دانشگاه فردوسی مشهد. د) تفسیر و نتایج.

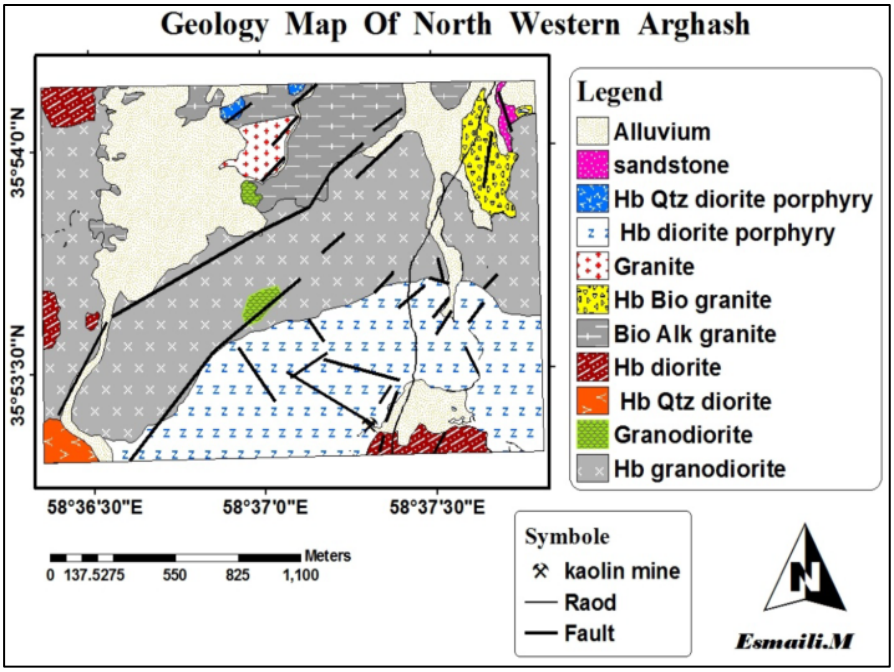
بحث و بررسی

سنگ‌نگاری

با توجه به مشاهدات صحرایی و بررسی‌های آزمایشگاهی، توده-های منطقه‌ی 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- توده‌های 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- توده‌های عمیق با ترکیب اسیدی در حد گرانیت.



شکل ۱ نمایش گسل‌های در برگیرنده‌ی زون سبزوار (لیندن برگو جاکوس هاگن، ۱۹۸۳). و موقعیت منطقه‌ی سبزوار.



شکل ۲ نقشه زمین شناسی شمال غرب ارغش (نیشابور).

هورنبلند گرانودیوریت بیشترین رخنمون سنگی را در منطقه نشان می‌دهد (شکل۲). 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 رخنمون محدودی دارد (شکل۲). بافت این واحد گرانولار است (شکل ۳ الف). بلورهای پلاژیوکلاز از فراوانی ۴۰-۳۵٪، فلدسپارقلیایی 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 پروپلیتیکی شده است.

هورنبلند کوارتز دیوریت رخنمون کمتری در جنوب غربی منطقه نشان می‌دهد (شکل۲). 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 رخنمون قابل توجهی در جنوب‌غرب و حاشیه‌ی غربی منطقه نشان می‌دهد (شکل۲). بافت آن دانه‌دار تا درون دانه‌دار است (شکل ۳ ب). این واحد سنگی حاوی ۷۵-۷۰٪ پلاژیوکلاز است که فضاهای موجود بین این بلورها به‌وسیله‌ی هورنبلند پر شده است به طوریکه ۲۰-۱۵٪ حجمی سنگ را شامل می شود. علاوه بر آن حاوی کمتر از ۲٪ کوارتزبوده 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 گرانیت در بخش‌هایی نسبتاً وسیعی از شمال منطقه بیرون زدگی دارد (شکل۲). این واحد سنگی دارای بافت های دانه‌دار، میرمیکیتی، ریزدانه‌ای و پرتیتی است، که۴۰-۳۵٪ 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 اکسیدآهن 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 گرانیت رخنمون قابل توجهی در شمال غرب منطقه نشان می‌دهد (شکل۲). 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

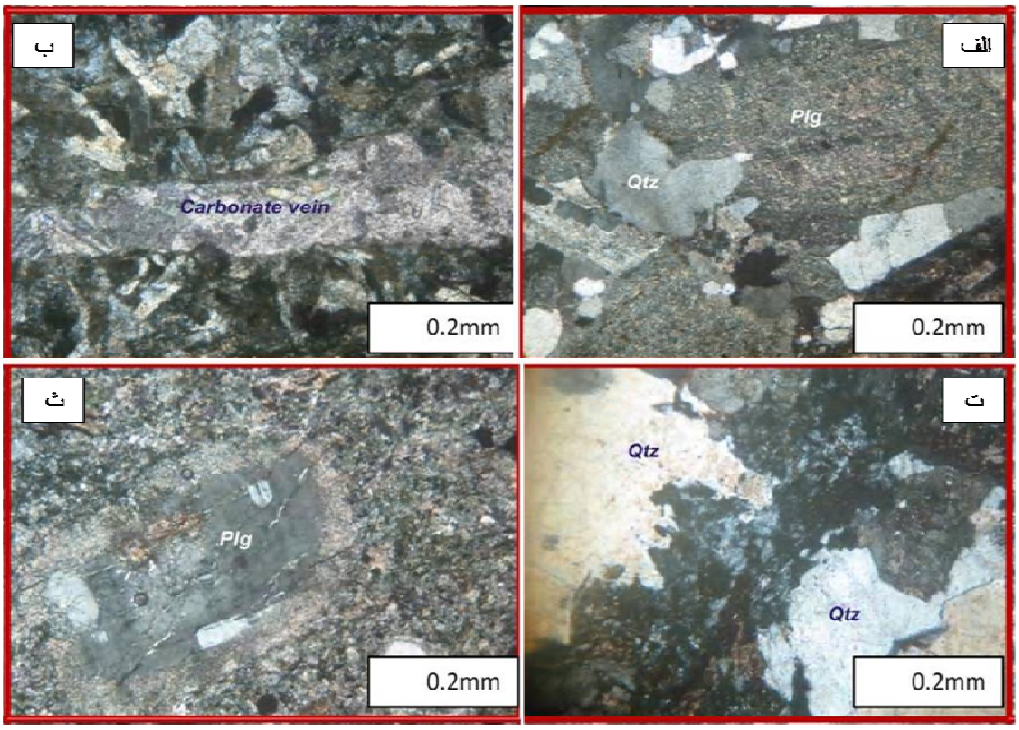
و ۳-۲٪ بیوتیت، ۳-۲٪ کانی کدر است. همچنین در حدود ۲۰٪ کوارتز ثانویه در راستای رگچه‌هایی با عرض ۲-۳ میلیمتر در این سنگ تشخیص داده شده است. دگرسانی سیلیسی شدید- سرسیتیک و به طور جزئی پروپلیتیک این توده را تحت تأثیر قرار داده است.

گرانیت در شمال منطقه رخنمون نسبتاً خوبی نشان داده است (شکل۲). در بررسی‌های میکرسکوپی این سنگ بافت‌های دانه‌دار متمرکز، بی‌نظم، میرمیکیتی و ریزدانه‌ای تشخیص داده شدند (شکل ۳ ت). این سنگ حاوی ۴۰-۳۵٪ پلاژیوکلاز ،۲۰٪ فلدسپار قلیایی،۳۰-۲۵٪ کوارتز ، ۳-۲٪ کوارتز ثانویه است. زیرکان به عنوان کانی فرعی این واحدتشخیص 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 می‌دهد (شکل۲). در بررسی‌های میکروسکوپی این واحد سنگی بافت‌های پورفیری، اپاسیتی، خلیجی و حالت منطقه‌ای تشخیص داده شدند (شکل ۳ ث). این واحد سنگی حاوی ۴۰-۳۵٪ فنوکریست است که ۲-۱٪ آن را کوارتز، ۲۰٪ پلاژیوکلاز، ۵٪ فلدسپار قلیایی، ۵٪ هورنبلندها و ۲- ۱٪ کانی کدر تشکیل می دهد.

هورنبلند دیوریت پورفیری رخنمون گسترده‌ای در جنوب غرب منطقه نشان می دهد (شکل۲). در بررسی‌های میکروسکوپی این واحد سنگی بافت‌های پورفیری و پیلوتاکسیتیک تشخیص داده شدند. در رخنمون‌های شمالی این واحد سنگی دارای ۸-۷٪ درصد فنوکریست بوده که ۴-۳٪ آن را بلورهای پلاژیوکلاز و ۴-۳٪ آن را هورنبلند تشکیل می‌دهد. زمینه‌ی سنگ نیز از بلورهای پلاژیوکلاز و کانی‌های بی شکل کدر تشکیل یافته است. در رخنمون‌های جنوب‌شرقی درصد فنوکریست‌ها به حدود ۲۰٪ می‌رسد که ۸-۷٪ فنوکریست‌ها را پلاژیوکلاز ،۱۰-۵٪ ارتوز ، ۲-۱٪ هورنبلند تشکیل داده است. زمینه‌ی سنگ از بلورهای ریز پلاژیوکلاز و کانی‌های کدر تشکیل یافته است. این واحد تحت تأثیر دگرسانی پروپلیتیک قرار گرفته است.

ساب آرکوز رخنمون قابل توجهی را در شمال منطقه نشان می‌دهد (شکل۲). در بررسی‌های 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٪ دانه‌ها را فلدسپات‌ها، ۸-۷٪ کوارتز و ۵٪ ذرات سنگی تشکیل داده‌اند. از اجزای فرعی دانه‌ها می‌توان به حضور ۸-۷٪ دیوپسید، حضورکمتر از ۵٪ چرت، <۰٫۰۱ زیرکن و ۳-۲٪ و کانی‌های کدر اشاره کرد.



شکل ۳ الف- تصویر XPL از توده‌ی گرانودیوریت. ب- تصویر XPL از توده‌ی هورنبلند دیوریت. ت- تصویر XPL از توده‌ی گرانیت.ث- تصویر XPL از توده‌ی 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 40×10^{-5} SI و در سری ایلمنیت کمتر از 40×10^{-5} SI است [۱۱]. پذیرفتاری مغناطیسی واحدها در توده‌های نادگرسان منطقه دامنه‌ی تغیراتی از ۵۳ تا 3762×10^{-5} SI را نشان می‌دهند. بیشترین مقدار اندازه‌گیری شده مربوط به توده‌ی هورنبلند گرانودیوریت است. مقادیر اندازه گیری شده در توده‌های گرانودیودیتی نادگرسان منطقه دامنه‌ی تغیراتی از 81×10^{-5} SI تا 3762×10^{-5} SI را نشان می دهند. این مقدار در توده‌های گرانیتی 53×10^{-5}SI، درتوده‌های دیوریت پورفیری از ۸۶ تا 1388×10^{-5}SI و در توده‌های دیوریتی از ۸۰۵ تا 13886×10^{-5}SI 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 گرمابی درون سنگ های دگرسان قرار دارند، شناخت دگرسانی‌ها در زمین شناسی 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 (شکل۴).

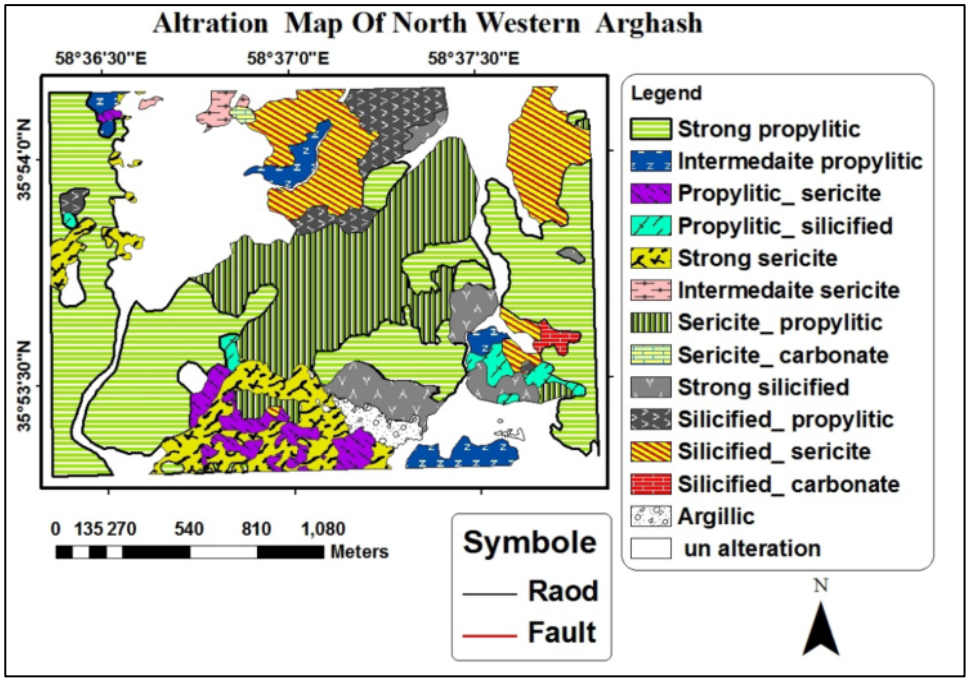
دگرسانی غالب در منطقه پروپلیتیک است (شکل۴). کلریت مهمترین کانی این منطقه بوده که به صورت پراکنده در متن سنگ و یا در مقیاس کانی‌های مافیک دگرسان شده، مشاهده می شود. درصد کلریت در برخی مناطق تا ۹۰-۸۵ ٪ می رسد. ولی میانگین آن ۳۰-۲۵٪ است. کلریت‌ها از نوع آهن‌دار و منیزیم‌دار هستند. کلریت منیزیم دار برخلاف کلریت آهن دار در شرایط اکسایشی و pH پائین محلول تشکیل می‌شود. در شرایط f_s بالا پیدایش پیریت مانع از ایجاد کلریت آهن‌دار می شود [۱۳]. اپیدوت در حد۵٪ ، کربنات ۳-۲٪ و سرسیت ۲-۱٪ از دیگر کانی های 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(شکل۴). 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 (شکل۴).

دگر سانی سرسیتیک_ آرژیلیک در جنوب و حاشیه‌ی غربی منطقه رخنمون دارد (شکل۴). کانی‌های شاخص این منطقه‌ی مورد بررسی سرسیت، کلریت، کربنات، کوارتز ثانویه، کانی‌های رسی و اکسیدآهن 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 می شود (شکل۴). در این منطقه‌ها به ترتیب در صد کلریت، اپیدوت و کربنات افزایش یافته است.

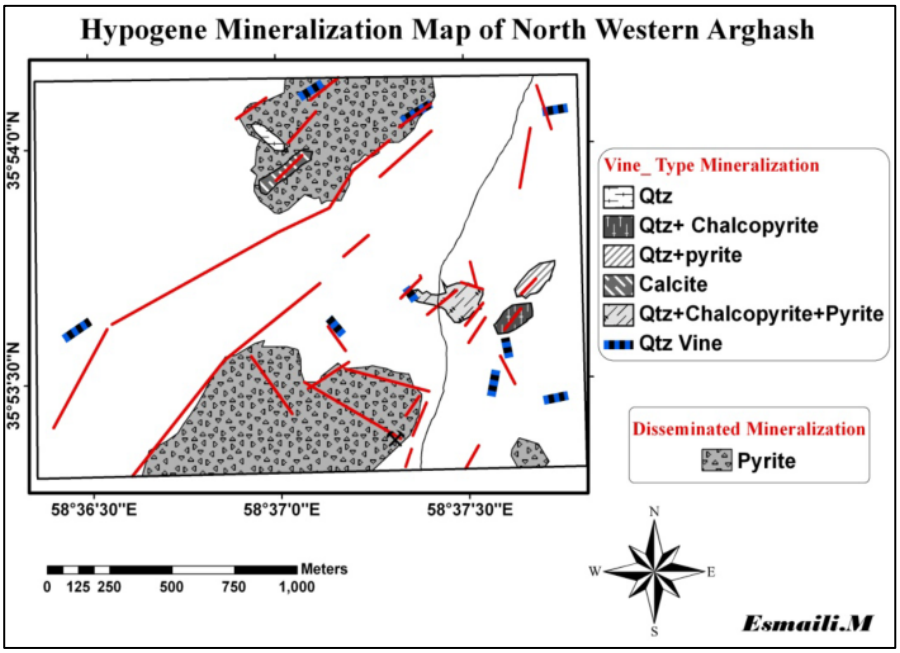
دگرسانی سیلیسی گسترش متوسطی در جنوب‌شرقی و جنوب منطقه نشان می‌دهد (شکل۴). کانی مهم آن کوارتز بوده و درصد آن به بیش از ۹۰٪ می‌رسد. کوارتز به دو صورت درشت بلور و ریز بلور دیده شد. اکسید آهن در حد ۷-۸٪ دومین کانی مهم آن است. در این زون کانی‌سازی رگه‌ای در مناطق گسله مشاهده می‌شود. از کانی‌های نهشته شده در این منطقه می توان به مالاکیت و آزوریت اشاره کرد که به صورت رگچه‌های متعدد در متن منطقه قابل مشاهده است و ۳-۲٪ درصد آن را شامل می‌شود. و علاوه بر آن پیریت و کالکوپیریت در حد ۲-۱٪ 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 کانی های 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، اکسیدآهن و کانی کدر تغییر کرده‌اند (شکل۴).

کانی‌سازی

کانی‌سازی به دو صورت مشاهده شده است. ۱-کانی‌سازی درون‌زاد (اولیه) (شکل۵). ۲-کانی‌سازی سطحی زاد (ثانویه) (شکل۷). کانی‌سازی درون زاد خود به دو صورت رگه‌ای و پراکنده دیده شده است. کانی سازی ثانویه نیز به طور گسترده در منطقه دیده شده که نشان عملکرد آب‌های سطحی فرو روست. همچنین حضور کوولیت در منطقه که حاصل جانشینی کالکوپیریت است می تواند نشانه‌ای از تأثیر آبگون‌های اکسیدی و آبشوئی مس در منطقه باشد.



شکل ۴ نقشه دگرسانی شمال غرب ارغش (نیشابور).



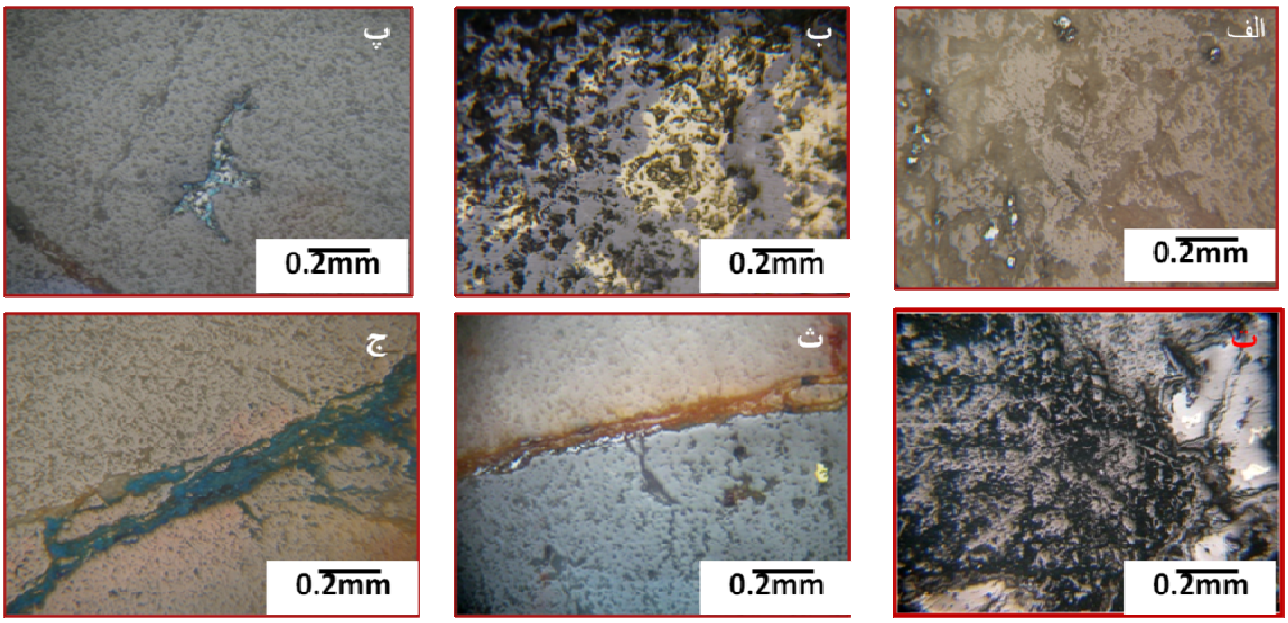
شکل ۵ نقشه کانی سازی اولیه شمال غرب ارغش (نیشابور).

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 ۲-۱٪ در متن توده‌های نفوذی گسترش دارند. علاوه بر بافت پراکنده، بافت‌های جانشینی چون آتول و بافت باقیمانده نیز در رخداد پیریت قابل ذکر است (شکل ۶، الف و ت).

کانی‌سازی درون‌زاد رگه‌ای (اپی‌ژنتیک)

این نوع کانی‌سازی در ارتباط با زون‌های گسله دیده می‌شود (شکل۵). زون‌های گسله‌ی دارای روندهای شمال‌شرقی_ جنوب‌غربی، شمال غربی - جنوب‌شرقی و شرقی _غربی بوده، ولی روند اصلی این گسل‌ها شمال‌شرقی - جنوب‌غربی است. این روند از روند گسل درونه پیروی می کند. شیب این زون های گسله حدود NE ۶۰ درجه بوده و عرض آنها در نواحی شمالی کمتر و به طور تقریبی ۲-۱ 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 ۴۰-۳۰ 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 (شکل۵). 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 (شکل۵). کالکوپیریت نیز پراکندگی مهمی در زون‌های گسله‌ی جنوب‌شرقی دارد. فراوانی آن در گستره‌ی ۰٫۰۱ ٪ تا ۱٪ تغیر می‌کند (شکل ۶ ب). پاراژنزهای کانی‌سازی مشاهده شده در جنوب‌شرق منطقه عبارتند از: پیریت+ کالکوپیریت + کوارتز (شکل ۵) و کوارتز+ پیریت (شکل۵). رگه‌های سیلیسی و کلسیتی گسترش خوبی در منطقه به خصوص بخش‌های جنوبی نشان می‌دهند (شکل ۵). این رگه‌ها در برخی بخش‌ها حاوی کانی سازی اولیه پیریت هستند. کلسیت بیشتر به صورت رگچه‌هایی با عرض ۵-۴ سانتی متر و با بافت پر کننده‌ی فضای خالی درمتن توده‌های نفوذی مشاهده شده‌اند. این رگچه‌ها به طور میانگین حاوی ۴-۳٪ هماتیت ثانویه‌اند.

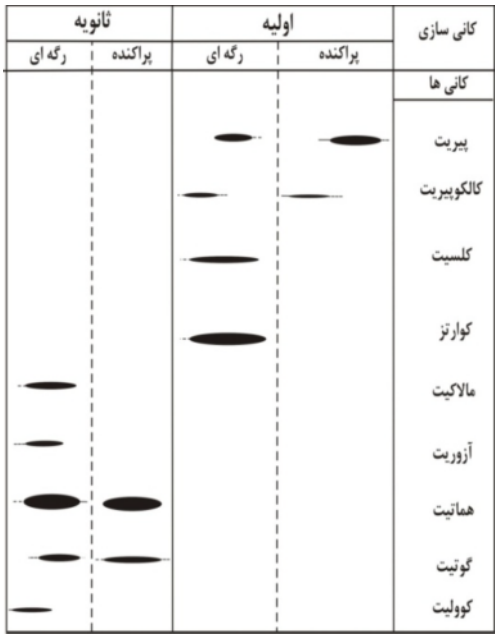


شکل ۶ الف، حضور پیریت در گرانیت‌های شمال منطقه. ب، حضور کالکوپیریت در منطقه‌ی گسله جنوب منطقه. پ، تبدیل کالکوپیریت به کوولیت. ت، تبدیل پیریت به گوتیت با بافت باقیمانده وآتول. ث، رگچه‌ی هماتیت و گوتیت. ج، رگچه‌ی آزوریت در منطقه‌ی گسله جنوب‌شرق منطقه.

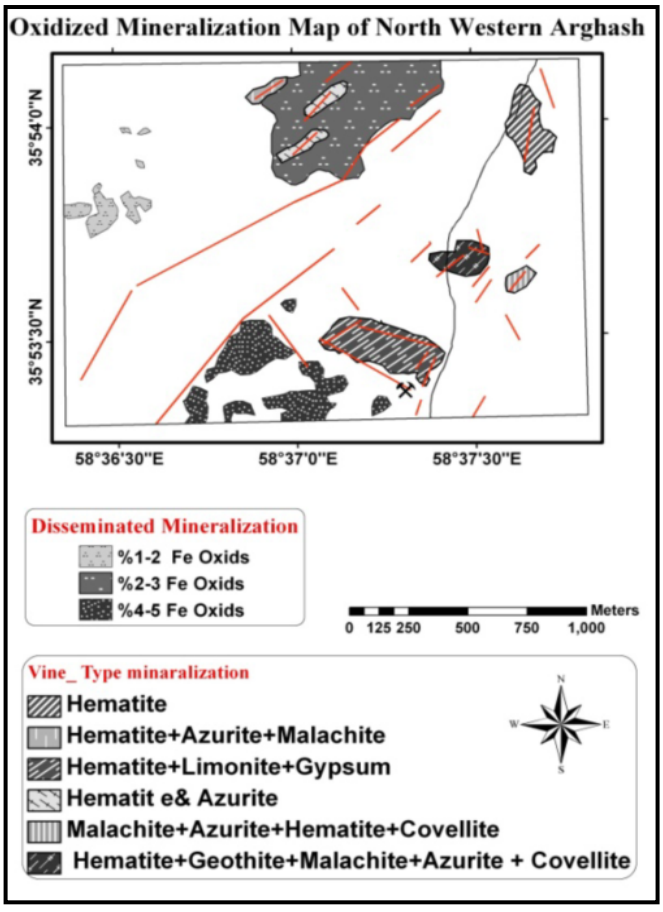
کانی‌سازی سطحی‌زاد

اکسایش سولفیدها تابعی از بالا آ مدگی 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 جانشینی 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 نشانه‌هائی از کانی‌سازی ثانویه هستند. آزوریت در منطقه کم یاب‌تر 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]. رگچه-هایی که در جنوب شرق منطقه مشاهده شده‌اند عبارتند از: هماتیت+ گوتیت+ مالاکیت + آزوریت (شکل ۶، ث) و هماتیت + لیمونیت+ ژیپس، مالاکیت + آزوریت (شکل ۶، ج). رگچه-هایی 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 کوولیت جانشین شده‌اند. درصد این تبدیل بیش از ۴۰٪ است (شکل ۶، پ) حضور کوولیت می‌تواند شاهدی بر فرایندهای سطحی زاد در این ناحیه و رخداد یک منطقه‌ی غنی شده باشد. شکل ۸ دنباله‌ی پاراژنز کانی‌سازی را در منطقه شمال‌غرب ارغش نشان می‌دهد.



شکل ۸ دنباله‌ی پاراژنتیک کانی‌سازی رگه‌ای در شمال‌غرب ارغش.



شکل۷ نقشه کانی سازی ثانویه شمال غرب ارغش(نیشابور).

ژئوشیمی

ژئوشیمی سطحی

به دنبال پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی ناحیه‌ای که در ورقه‌ی ۱/۱۰۰۰۰۰ کدکن از سوی سازمان زمین شناسی کشور و با همکاری شرکت اکتشافات ژئوفیزیکی و ژئوشیمیایی استان جیانکسی جمهوری خلق چین درسال‌های ۱۹۹۶-۱۹۹۲ صورت گرفته است، مناطقی به عنوان محدوده‌های 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 به‌عنوان 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، دراین مرحله سعی شد تا نقاطی انتخاب شوند که بهترین اطلاعات ژئوشیمی را از واحد های 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 (جدول۱). این بیهنجاری‌ها به توده‌های هورنبلنددیوریت 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(جدول۱) و بیشترین غلظت سرب برابر ۳۸ گرم در تن گزارش شده است (جدول۱). این بیهنجاری‌ها به توده‌های گرانودیوریت در مرکز و هورنبلنددیوریت پورفیری در جنوب‌شرقی وابسته‌اند. روی در نمونه‌های Ar-S-3 و Ar-S-2 به ترتیب مقادیر ۸۵ و ۶۹ گرم در تن را نشان داده است (جدول۱). این مقدار بالا به توده‌ی هورنبلند دیوریت پورفیری در جنوب و جنوب شرق وابسته است. آنتیموان، بیهنجاری خوبی را درکل منطقه نشان می‌دهد. در شکل ۹ دامنه‌ی پراکندگی دو عنصر مس و سرب در نمونه‌های آبرفتی رودخانه‌ای نمایش داده شد. نتیجه تجزیه ژئوشیمیائی در آبرفت رودخانه ای، نمایان شدن هاله های ژئوشیمی ثانویه برای عناصر مس، سرب و آنتیموان است. به احتمال زیاد توده های وابسته به این بیهنجاری‌ها دو توده‌ی هورنبلند گرانودیوریت و هورنبلند دیوریت پورفیری هستند که دگرسانی‌های پروپلیتیک و آرژیلیکی این توده ها را تحت تأثیر قرار داده است.

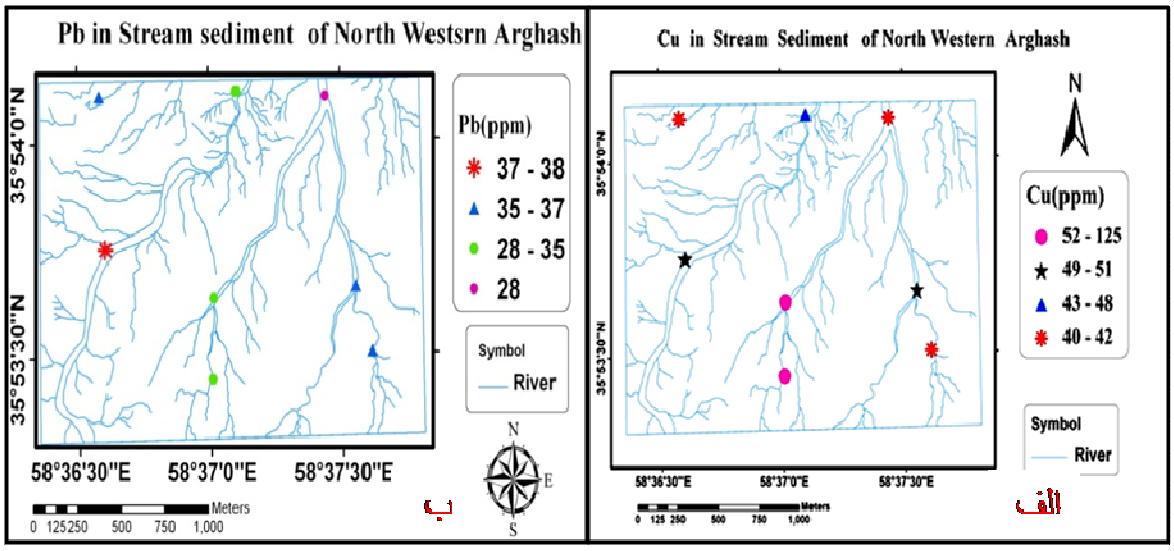
پی‌جوئی‌های ژئوشیمیایی بر مبنای سنگ

از رخنمون‌های سنگی منطقه و منطقه‌های دگرسان (با توجه به تغیرات 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 آماده سازی 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 (جدول۲). 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

مشاهده شده است (جدول۲). این بیهنجاری نیز با زون-های کانی‌سازی رگه‌ای جنوب‌شرق دیده شده است. بیشترین مقدار غلظت روی در نمونه‌های توده‌ی سنگی، وابسته به نمونه‌یAr-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 کمتر از ۱ گرم در تن را نشان می دهد، که می‌تواند نشانه‌ی عدم کانی سازی مولیبدن باشد. دامنه‌ی تغیرات عناصر در توه‌های نفوذی و منطقه‌های کانی‌سازی 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.

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 شمال‌غرب 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 تغیرات عناصر در توده‌های سنگ.

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

جدول ۵ دامنه تغیرات عناصر در زون‌های کانی‌سازی رگه‌ای.

عنصر	Cu ppm	Pb ppm	Zn ppm	Sb ppm	٪Fe	Mo ppm
غلظت	۶ تا ۲۲۰۰	۴ تا ۵۸۹	۵ تا ۲۳۸	۵ تا ۳۵	۰/۳ تا ۴/۵	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 شمال‌غرب به دو صورت اولیه و ثانویه مشاهده می‌شود. کانی سازی 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 کانی سازی 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:

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، آرژیلیک در منطقه‌ی مورد بررسی و ناحیه‌ی ارغش [۸-۱۰].

۳- کانی‌سازی اولیه پیریت و اکسیدهای ثانویه آهن به صورت افشان در ناحیه‌ی ارغش [۹،۱۰].

۴- کانی‌سازی‌های پیریت، کالکوپیریت، مالاکیت، آزوریت و اکسیدهای آهن ثانویه به صورت رگه‌ای در منطقه مورد بررسی [۱۱].

۵- بیهنجاری عناصر ردیاب و ابر کانساری مس، سرب، روی، نقره درجنوب‌غرب و شرق [۹،۱۰] و مس، سرب، روی در شمال‌غرب ارغش.

۶- حضور کانی‌سازی رگه‌ای طلا در ناحیه معدنی ارغش نیشابور[۴-۷].

بنابراین می‌توان گفت، ناحیه‌ی معدنی ارغش از نظر ساختاری شباهت‌های زیاد لیتولوژی، کانی سازی و ژئوشیمی با سیستم-های مس پورفیری مدل مونزونیتی داشته و کانی‌سازی رگه‌ای در این منطقه را می توان 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 زمین-شناسی۱/۱۰۰۰۰۰ ورقه کدکن"*، انتشارات سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور (۱۳۷۷).

[۴] سازمان زمین‌شناسی کشور، *"شرکت اکتشافات ژئوشیمیایی استان جیانکسی جمهوری خلق چین"*، ۱۹۹۶-۱۹۹۲،گزارش عملیات اکتشاف ژئوشیمیایی چهارگوش ۱۰۰۰۰۰ /۱ نقشه کدکن، گزارش آنومالی‌های طلا و آنتیموان همراه آرسنیک،تنگستن،جیوه وسزیم درمنطقه.

[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).

[۷] شمعانیان 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 ۱۰۰۰۰۰/ ۱ 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 زمین شناسی اقتصادی، دانشگاه فردوسی مشهد- ۱۸۹ صفحه (۱۳۸۸).

[۱۱] ملک زاده شفارودی آ، کریم پور م.ح، مظاهری ا.، *"زمین شناسی، دگرسانی، کانی سازی و ژئوشیمی گستره MA-□ منطقه پی جوئی مس- طلای پورفیری ماهر آباد، 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., Herramann W., Large R., *"Altered and Volcanicrocks aguide to description and interpretation:printed in Australia by priting Authority of Tasmania"*, p_p . 25-27 (2005).

[13] velde, B., 1995, Origin and mineralogy of Clay and invironment, Springer, p. 319.

[14] Chavez w. x, *"Supergene Oxidation of Copper deposite: 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).