

کانی شناسی، پتروگرافی، آلتراسیون، ژئوشیمی و کانی سازی بخش شرق معدن کائولن هم ی هلاک آباد، ناحیه اکتشافی مس پورفیری (سبزوار)

پناهی، محدثه^۱ - کریم پور، محمدحسن^۲ - حیدریان شهری، محمدرضا^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، زمین شناسی اقتصادی arsheconomic85@yahoo.com

^۲ عضو هیئت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

چکیده

منطقه هلاک آباد، در ۳۰ کیلومتری جنوب غرب سبزوار و در محدوده طول جغرافیایی $57^{\circ} 34' 55''$ تا $57^{\circ} 36' 22''$ شرقی و عرض جغرافیایی $35^{\circ} 58' 23''$ تا $35^{\circ} 59' 7''$ شمالی و در مجاورت روستای هلاک آباد واقع گردیده است. مشاهدات صحرایی و مطالعات کانی شناسی صورت گرفته در این منطقه نشان می دهد که عمده سنگها را واحدهای نیمه عمیق (از جمله مونزودیوریت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری و ...)، و واحدهای آتشفشانی (عمدتا از نوع آندزیت) تشکیل می دهند. بررسی های صحرایی و مشاهدات میکروسکوپی موید این امر است که واحدهای ساب و لکانیک (میوسن) به همراه سنگ های ولکانیکی (ائوسن) توسط محلول های گرمابی شدیداً دگرسان شده تشکیل شده و زون های آلتراسیونی در ارتباط با کانی سازی مس پورفیری ایجاد نموده است. بررسی دگرسانی منطقه، زونهای آلتراسیون پروپلیتیک - آرژیلیک، آرژیلیک - سیلیسی، پروپلیتیک - سیلیسی - کربناته و ترکیبی از آنها را نشان می دهد که در برخی از این زونها، کانی سازی به صورت ذرات ریز و شکل دار پیریت مشهود است. در نتایج آنالیز ژئوشیمی به روش جذب اتمی برای عناصر *Cu, Zn, Pb, Ag, Sb* و دو عنصر *Cu* و *Zn* آنومالی و همبستگی نسبی با یکدیگر نشان می دهند. بیشترین آنومالی این دو عنصر مربوط به زون آلتراسیون پروپلیتیک - آرژیلیک می باشد.

مقدمه

منطقه مورد مطالعه در بخش جنوب غربی سبزوار و در شمال غربی ورقه ششتمد خراسان رضوی در مجاورت روستای هلاک آباد واقع گردیده است. از نظر ساختاری این منطقه در بخش شمالی بلوک ایران مرکزی و در زون سبزوار قرار دارد. این محدوده شامل جزئی از کمربند ولکانیکی - پلوتونیک جنوب سبزوار بوده و از شرق بخشی از منطقه مورد مطالعه قرار گرفته (مظلوم، ۱۳۸۶) و از غرب نیز بخشی از منطقه تحت مطالعه (شبابی، ۱۳۸۷) را در بر می گیرد. محیط های تکنونیک فشارشی، پوسته های قاره ای ضخیم شده و فعالیت های بالا آمدگی و فرسایش با تشکیل تعداد زیادی از این گونه کانسارها در ارتباط است (Cooke, 2005).

بر اساس مطالعات صورت گرفته بر روی کمربند (مظلوم، ۱۳۸۶) و شواهد صحرایی و میکروسکوپی تحت مطالعه وجود زونهای آلتراسیونی مشابه با مدل کانی سازی مس پورفیری در این منطقه مشهود است. هدف از این پژوهش بررسی دقیق پتروگرافی، زون بندی آلتراسیون و ژئوشیمی و همچنین به عنوان نقطه کنترلی و پیشروی در محدوده های از شرق و غرب جهت بررسی بیشتر و معرفی سیستم کانی سازی کمربند م انکور می باشد.

زمین شناسی: کمربند ولکانیکی - پلوتونیک م انکور از سنگهای آذرین درونی (نظیر هورنبلند گابرو) (مظلوم، ۱۳۸۶)، نیمه عمیق (نظیر مونزودیوریت پورفیری، کوارتز دیوریت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، کوارتز

مونزونیت پورفیری) و بیرونی (نظیر آندزیت، داسیت، لاتیت) تشکیل شده است. واحدهای سنگی بیرونی تا نیمه عمیق اکثراً به صورت دایک و استوک مشاهده می‌گردند و نفوذ آنها در طی شکستگی‌ها باعث ایجاد سیستم گسلی با روند تقریبی شمال غرب- جنوب شرق شده است (شکل ۱). بر پایه مطالعات صحرایی و بررسی‌های سنگ‌نگاری، مجموعه‌های سنگی در دو گروه آذرین نیمه‌عمیق و بیرونی قرار می‌گیرند.

واحدهای سنگی آذرین نیمه‌عمیق

این واحدها به تفکیک عبارتند از: کوارتز دیوریت پورفیری، مونزودیوریت پورفیری، کوارتز مونزودیوریت پورفیری، کوارتز مونزونیت پورفیری.

این واحدها عمدتاً در شرق و با وسعت کمتری در غرب متمرکز شده و بخش وسیعی متشکل از کوارتز مونزودیوریت پورفیری در محدوده شمال شرقی و کوارتز مونزونیت- کوارتز مونزودیوریت پورفیری (مظلوم، ۱۳۸۶) را در شرق و مونزودیوریت پورفیری را در غرب منطقه تشکیل می‌دهند. واحد کوچکی از کوارتز دیوریت پورفیری در شمال- شمال شرق منطقه دیده می‌شود (شکل ۱).

در بررسی کانی‌شناسی و پتروگرافی، واحدهای مذکور، غالباً دارای بافت پورفیری و گلوپورفیری با زمینه نسبتاً ریزدانه هستند. فنوکریستها اکثراً پلاژیوکلاز (و گاه کوارتز) به همراه کانیهای مافیک و زمینه دانه‌ریز تا متوسط متشکل از سوزن‌های پلاژیوکلاز و در مواردی ذرات ریز کوارتز می‌باشد. اکثر فنوکریست‌ها طی نفوذ محلول‌های هیدروترمال به کانی‌های محصول دگرسانی از قبیل اپیدوت، کانی‌های رسی، کربنات و کلریت تبدیل شده‌اند. کانی مافیک مهم این واحدهای سنگی آمفیبول (از نوع هورنبلند) و پیروکسن می‌باشد.

نفوذی‌های کوارتز مونزودیوریتی در شمال شرق منطقه از جنوب شرق به شمال غرب گسترش داشته که با جهت کلی آلتراسیون و گسل‌های منطقه هماهنگی دارد. مرز اکثر واحدهای نفوذی توسط کتاکت گسله کنترل می‌شود. نوع این گسل‌ها عمدتاً از نوع نرمال است.

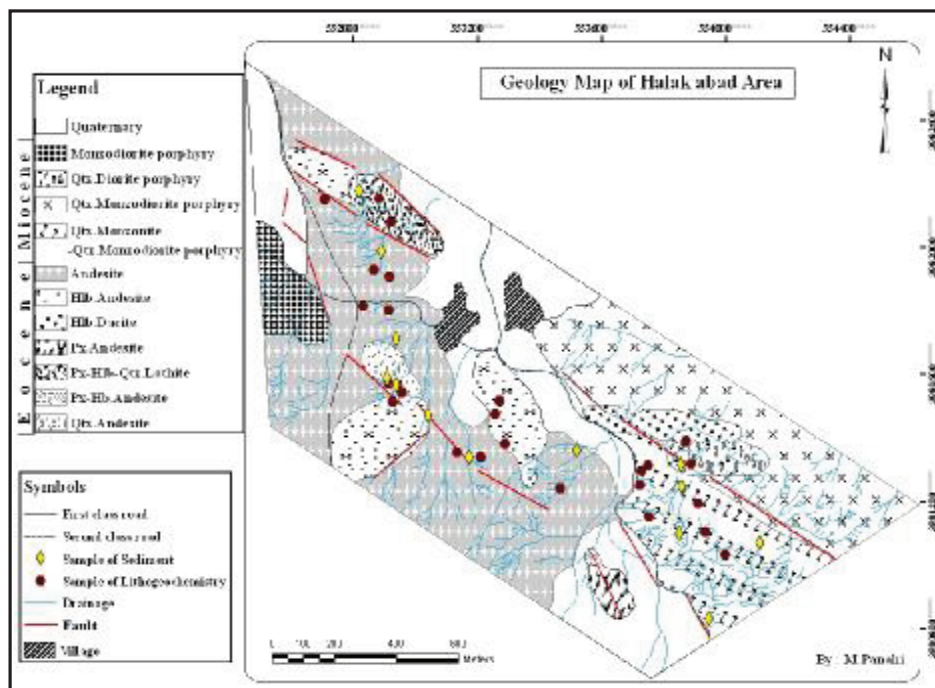
واحدهای سنگی آذرین بیرونی

این واحدها که قسمت اعظم منطقه را تشکیل می‌دهد، عمدتاً از نوع آندزیت می‌باشند که در یک محدوده وسیع در گستره جنوب تا شمال غرب گسترش یافته اند (شکل ۱). قابل ذکر است که بخش اعظم آلتراسیون پروپیلیتیک در ارتباط با واحدهای آندزیتی و آلتراه‌شدگی کانیهای مافیک می‌باشد. سنگهای آتشفشانی در حد آندزیت براساس فراوانی کانی یا کانیهای خاص به شرح زیر تفکیک شده اند (شکل ۱):

- کوارتز آندزیت : کوارتز در این سنگ بیش از ۱۰٪ به حالت اولیه در زمینه ریزدانه آندزیت به چشم می‌خورد.
 - هورنبلند آندزیت : بافت ریزدانه زمینه سنگ متشکل از سوزنهای پلاژیوکلاز و فنوکریست‌های هورنبلند.
 - پیروکسن آندزیت : سنگ آندزیت با فنوکریست‌های پیروکسن با شکل کاملاً مشخص.
 - پیروکسن- هورنبلند آندزیت : مجموعه‌ای از کانیهای مافیک پیروکسن و هورنبلند در زمینه ریزدانه آندزیت.
- به طور پراکنده واحدهای هورنبلند داسیت در قسمت شمال تا شمال شرق و پیروکسن- هورنبلند کوارتز لاتیت در شمال غرب منطقه دیده می‌شود (شکل ۱).

وجود کانیهای مافیک در منطقه گواه محلول سرشار از Fe و Mg می باشد که کانیهایی چون پیروکسن و هورنبلند را ایجاد کرده است. کانیهای مذکور در مراحل ابتدایی خروج ماگمای مافیک اولیه تشکیل شده و به دلیل وجود محلولهای ماگمایی یا گرمابی غنی از Fe, Mg, Al و شرایط دمایی مناسب (کریم پور، ۱۳۸۴)، کلریت و با افزایش یون بیکربنات (CO_3^{2-})، کربنات تشکیل شده است.

سنگهای آتشفشانی مذکور دارای بافت پورفیری با زمینه کاملاً ریزدانه بوده و از ویژگیهای شاخص مشاهده شده در آنها وجود حفرات فراوان است که توسط کانیهای ثانویه مانند کربنات، کلریت، زئولیت و با مقادیر کمتر کوارتز در نسلهای مختلف پر شده است. این پرشدگیها توسط کانیهای با ترکیب متفاوت در نسلهای مختلف مؤید وجود فعالیت هیدروترمالی تأخیری در زمانهای مختلف در خلال و پس از تدفین بوده است. وجود کانیهای با شرایط تشکیل متفاوت از جمله کوارتز، کربنات، زئولیت و ... در مجاورت یکدیگر تأییدی بر وجود تغییرات شدید pH و Eh در زمان تشکیل آنها می باشد.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه هلاک آباد به همراه موقعیت نمونه های ژئوشیمی

دگرسانی: براساس پردازش داده های ماهواره ای که در کل کمر بند ولکانیکی - پلوتونیک (کریم پور، ۱۳۸۴) صورت گرفته کانی های زون آلتراسیونی در منطقه شامل کائولینیت، مونت موریلونیت، سرسیت، ژپس، کلریت، کوارتز و کلسیت و نیز براساس بازدید صحرائی و مطالعات پتروگرافی، زونهای آلتراسیون پروپیلیتیک-آرژیلیک، آرژیلیک، پروپیلیتیک-سیلیسی، آرژیلیک-سیلیسی و سیلیسی-کربناته در این منطقه شناسایی گردید (شکل ۲). سنگهای منطقه طی هجوم محلولهای هیدروترمال به طور نسبتاً شدید دگرسان شده اند و کانیهای حاصل از این دگرسانی عبارتند از: اپیدوت، کلریت، کوارتز، کانیهای رسی، سرسیت، زئولیت، کانیهای کربناته و اکسیدهای آهن. این کانیها جانشین ماتریکس و فنوکریستهای اصلی سنگ خصوصاً پلاژیوکلاز و کانیهای مافیک آن که غالباً هورنبلند و پیروکسن است، شده اند و یا حفرات و رگها را پر نموده اند. زون های آلتراسیونی مهم به شرح زیر می باشد:

- زون آلتراسیون پروپیلیتیک - کربناته - سیلیسی و پروپیلیتیک - آرژیلیک : زون دگرسانی پروپیلیتیک به همراه کربنات و سیلیس در منتهی‌الیه جنوبی و بخش کوچکی از شمال غرب منطقه قابل شناسایی می‌باشد که از آلتره شدگی شدید واحدهای عمدتاً آندزیتی به کلریت، اپیدوت، کربنات و سیلیس ایجاد شده است.

زون دگرسانی پروپیلیتیک به همراه آرژیلیک در حاشیه‌های شمال شرق در محدوده کوارتز مونوزودیوریت پورفیری و شمال غرب منطقه در محدوده آندزیت قابل شناسایی می‌باشد. کانیهای مهم این زون متشکل از کلریت و اپیدوت بوده و مقادیر کمی از کانیهای رسی با ذرات ریز و غبارآلود ملاحظه می‌گردد. در این بخش آلتراسیون پروپیلیتیک با حضور گسترده کلریت به دو صورت به شرح زیر به چشم می‌خورد: در یک حالت به عنوان کانی پرکننده رگه‌ها و رگچه‌ها و در حالت دیگر در داخل کانیهای مافیک از جمله کانیهای هورنبلند و پیروکسن که تبدیل‌شدگی آنها به کلریت گواهی بر افزایش منیزیم در محلول کانی‌ساز می‌باشد.

در بخش کوچکی از جنوب شرق منطقه زئولیت به همراه آلتراسیون پروپیلیتیک و کربناته ملاحظه می‌گردد.

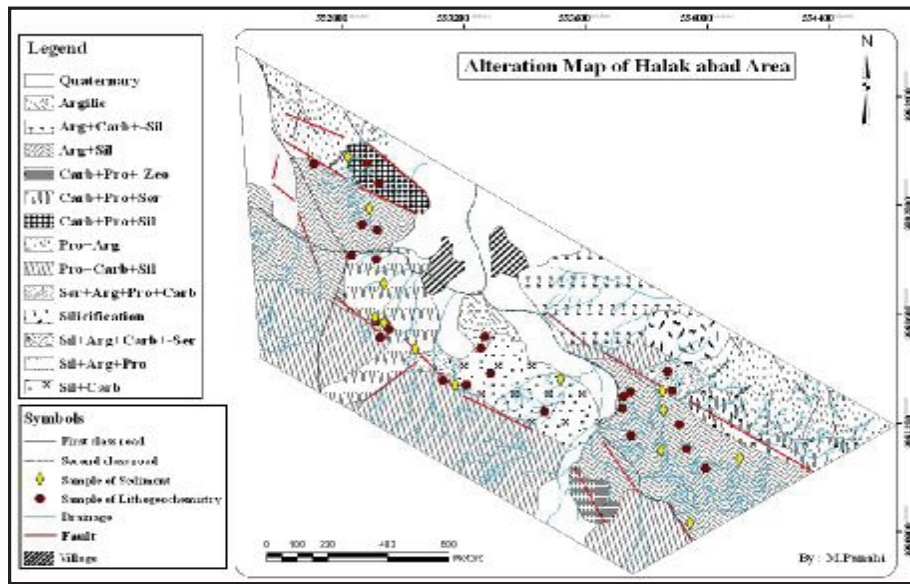
- زون آلتراسیون آرژیلیک، آرژیلیک - سیلیسی، آرژیلیک - کربناته - سیلیسی : بعد از آلتراسیون پروپیلیتیک، آلتراسیون آرژیلیک، بیشترین گسترش را در منطقه دارد. البته در این آلتراسیون نمودهایی از سیلیس و کربنات نیز مشهود است. این دگرسانی در منطقه به صورت یک باریکه با روند تقریبی شمال غرب - جنوب شرق می‌باشد و تا اندازه‌ای از شمال و جنوب با آلتراسیون پروپیلیتیک محدود می‌شود. این زون عمدتاً از آلتراسیون واحدهای کوارتز مونزونیت و کوارتز مونوزودیوریت و تا حدودی مونوزودیوریت پورفیری تشکیل شده است.

زون دگرسانی مهم آرژیلیک در منطقه به همراه سیلیس می‌باشد که در محدوده نسبتاً وسیعی از شرق و غرب ملاحظه می‌گردد. این واحد آلتراسیونی به صورت توده‌های سفید رنگ و سست در سطح نمود دارد که این تغییر رنگ سطحی در نتیجه توسعه کائولینیت و احتمالاً شستشوی هیدروکسیدهای آهن از طریق اسیدهای حاصل از واکنش اکسایش فازهای سولفیدی است. در این زون تأثیر محلولهای هیدروترمال بر روی واحدهای نیمه عمیق کوارتز مونزونیت - کوارتز مونوزودیوریت پورفیری در شرق و کوارتزیدیوریت پورفیری در غرب باعث تشکیل کلریت و اپیدوت به همراه گسترش وسیع کانیهای رسی گردیده که این امر با مشاهدات صحرائی روی زمین نیز مطابقت کامل دارد.

در قسمتی از شمال منطقه به همراه کانیهای رسی و سیلیس، میزان کربنات نیز به مقدار قابل ملاحظه‌ای است که نشان - دهنده افزایش حضور یون بیکربنات (CO_3^{2-}) در این بخش می‌باشد.

- زون آلتراسیون سیلیسی (همراه با آلتراسیونهای آرژیلیک، پروپیلیتیک، کربنات و سرسیت): دگرسانی سیلیسی به طور خاص در قسمت کوچکی از شمال شرق منطقه مشاهده می‌شود. در این قسمت سیلیس ثانویه در مقادیر بالا و به حالت تکتونیزه، زمینه سنگ را تشکیل می‌دهد. SiO_2 اضافه شده به سنگ توسط محلولهای ماگمایی یا گرمابی به ویژه در سنگ کوارتز مونوزودیوریت پورفیری نمود بیشتری می‌یابد.

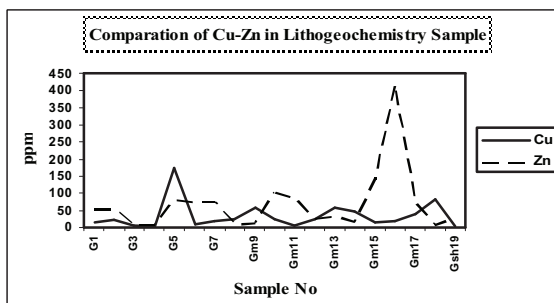
به طور خاص آلتراسیون آرژیلیک قسمت کوچکی از مرکز منطقه را دربر می‌گیرد که در مشاهدات صحرائی کائولن این منطقه دارای ژاروسیت، لیمونیت و در کل اکسیدهای آهن و ژیس فراوان می‌باشد. در قسمتی از شمال سرسیت در کنار کانیهای رسی، کلریت و کربنات دیده می‌شود. در سایر قسمتها آلتراسیون سیلیسی به همراه کربنات و کانیهای رسی در مرکز متمرکز است (شکل ۲).



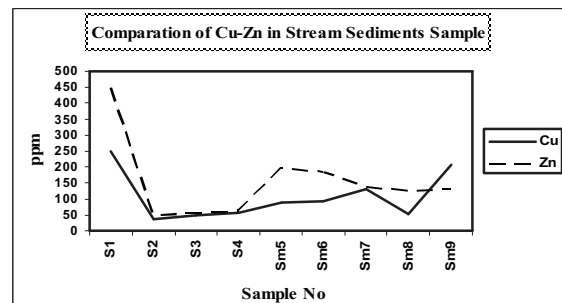
شکل ۲: نقشه زون‌های آلتراسیونی منطقه هلاک آباد به همراه موقعیت نمونه‌های ژئوشیمی

کانی‌سازی: در این منطقه با توجه به مشاهدات دقیق صحرایی و آزمایشگاهی، کانی‌سازی عمدتاً از نوع پیریت شکل‌دار در محدوده آلتراسیون سیلیسی و پروپیلیتیک ملاحظه گردید. از طرفی وجود کانیهای لیمونیت و زاروسیت با رنگهای زرد و قهوه‌ای در سطح آلتراسیون، بخصوص دگرسانی آرژیلیک نتیجه اکسیدشدن کانیهای آهن‌دار می‌باشد.

ژئوشیمی: جهت انجام مطالعات ژئوشیمی، با در نظر گرفتن وضعیت منطقه از نظر زونهای آلتراسیونی، بر اساس نوع و شدت دگرسانی و کانی‌سازی، ۱۹ نمونه سنگی (به روش chip composite) انتخاب شدند (G1-Gsh1۹) و همچنین جهت مطالعه رسوبات رودخانه‌ای ۹ نمونه رسوب (S1-S9) برداشت شد. قابل ذکر است که نمونه‌های Gm12-Gm18 مربوط به مطالعات آنالیز صورت گرفته (مطلوم، ۱۳۸۶) و نمونه Gm19 مربوط به منطقه تحت مطالعه (شبان، ۱۳۸۷) می‌باشد (جدول ۱). برداشت نمونه‌ها در دایره‌ای به شعاع ۳ متر صورت گرفت و در دانشگاه فردوسی با استفاده از روش جذب اتمی، برای عناصر Cu, Zn, Pb, Ag و Sb تجزیه شد. براساس آنالیز ژئوشیمیایی، میانگین کانی‌سازی مس و روی در نمونه رسوبات رودخانه به طور نسبی بالاتر از نمونه‌های سنگی می‌باشد و عمدتاً در محل آلتراسیون پروپیلیتیک و کمی آرژیلیک قابل مشاهده است (جدول ۱). مقایسه این دو عنصر و ترسیم دیاگرام میزان آن در هر نمونه نشان می‌دهد که بین آنها همبستگی نسبی مثبت برقرار است (شکل ۳ و ۴).



شکل ۴: مقایسه دو عنصر مس و روی در نتایج ژئوشیمی مربوط به نمونه های سنگی.



شکل ۳: مقایسه دو عنصر مس و روی در نتایج ژئوشیمی مربوط به رسوبات رودخانه ای.

جدول ۱: نتایج آنالیز ژئوشیمی نمونه‌های سنگی (G) و رسوبات رودخانه‌ای (S)

کد نمونه	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Pb (ppm)	Ag (ppm)	Sb (ppm)
G۱	۱۵/۴	۵۲/۹	۲/۹	۰/۴	۲/۵
G۲	۲۰/۴	۵۲	۳/۵	۰/۱	۲/۵
G۳	۷/۱	۵/۶	۱/۴	۰/۵	۱/۸
G۴	۲/۵	۵/۸	۱/۷	۰/۱	۱/۷
G۵	۱۷۵/۹	۷۸/۲	۳/۹	۰/۸	۴/۱
G۶	۷/۸	۷۵	۲/۲	۰/۷	۳/۲
G۷	۱۸/۴	۷۵	۱/۵	۰/۴	۲/۲
G۸	۲۵	۹/۴	۲/۲	۰/۶	۱/۸
Gm۹	۵۹/۵	۱۱/۹	۱/۷	۰/۶	۱/۲
Gm۱۰	۲۴/۹	۱۰۲/۴	۱/۹	۰/۵	۱/۹
Gm۱۱	۶/۴	۸۵	۲/۱	۰/۴	۲/۱
Gm۱۲	۲۳/۵	۲۴/۶	۴۱/۸	<۱۰	-
Gm۱۳	۵۸/۴	۳۰/۳	<۱۰	<۱۰	-
Gm۱۴	۴۵/۵	۱۴/۷	<۱۰	<۱	-
Gm۱۵	۱۴/۴	۱۴۰/۶	۶۶/۸	<۵	-
Gm۱۶	۱۹/۵	۴۱۸/۸	۵۷/۱	<۵	-
Gm۱۷	۳۹/۸	۷۴/۹	<۱۰	<۵	-
Gm۱۸	۸۴/۱	۵/۸	<۱۰	<۱	-
Gsh۱۹	<۲	۲۶/۹	۰	۴/۷	۰/۳
S۱	۲۵۱	۴۴۵/۹	۴/۹	۰/۲	۲/۵
S۲	۳۴/۷	۵۰/۹	۵۵۰/۱	۰/۴	۲/۵
S۳	۴۸/۸	۵۵/۳	۳/۸	۰/۸	۱/۸
S۴	۵۵/۸	۶۲	۳/۲	۱/۲	۱/۷
Sm۵	۸۹/۲	۱۹۷	۴/۵	۰/۲	۴/۱
Sm۶	۹۱	۱۸۴	<۱۰	<۱	-
Sm۷	۱۳۳	۱۳۹	۴۰	<۱	-
Sm۸	۵۴	۱۲۴	۴۰	<۱	-
Sm۹	۲۰۸	۱۳۳	۲۹	<۱	-

نتیجه گیری:

از آنجا که منطقه مورد مطالعه بخشی از یک کمربند ولکانیکی-پلوتونیک بوده و با توجه به پتروگرافی، وجود سنگهای آتشفشانی و سابولکانیک با ترکیب حدواسط، احتمال تشکیل سیستم پیچیده مس پورفیری در این منطقه قابل بررسی می‌باشد. با وجود انواع آلتراسیونها بخصوص پروپیلیتیک، آرژیلیک و سیلیسی و ارتباط آنها با سیستم‌های مس پورفیری بر احتمال حضور این سیستم‌ها در امتداد کل کمربند قوت بخشیده می‌شود. البته تمرکز روی ترتیب زون‌بندی آلتراسیونی و مشاهده عدم تطابق کامل با سیستم‌های مذکور به بررسی‌های بیشتری نیازمند است.

کانی‌سازی مس به همراه روی در زونهای آلتراسیونی خصوصاً پروپیلیتیک و کمی آرژیلیک قابل مشاهده است.

مراجع

۱. مظلوم، م. بررسی و مطالعه پتروگرافی، دگرسانی و ژئوشیمی در غرب معدن کائولن هلاک‌آباد سبزوار، با رویکرد اکتشاف مس پورفیری، ۱۳۸۶.
۲. جعفریان، م.، جلالی، ع.، نقشه ۱/۱۰۰۰۰۰ ششم (۷۵۶۱)، سازمان زمین‌شناسی کشور، تهران.
۳. کریم‌پور، م. ح؛ ملک‌زاده، آ؛ حیدریان، م. ر. اکتشاف ذخایر معدنی، انتشارات دانشگاه مشهد، ۱۳۸۴.
4. Cooke, D. R., Hollings, P., (2005): Giant Porphyry Deposits: Characteristics, Distribution, and Tectonic Controls, *Economic Geology*, v. 100; no. 5; pp. 801-818.

شواهد متاسوماتیسم در بخش زیرین سیل دیوریتی

شمال شرق برغان (شمال غرب کرج)

رضوی، سیدمحمد حسین - مسعودی، فریبرز - فرح خواه، نسرین

گروه زمین شناسی دانشگاه تربیت معلم تهران، nfarahkhah@yahoo.com

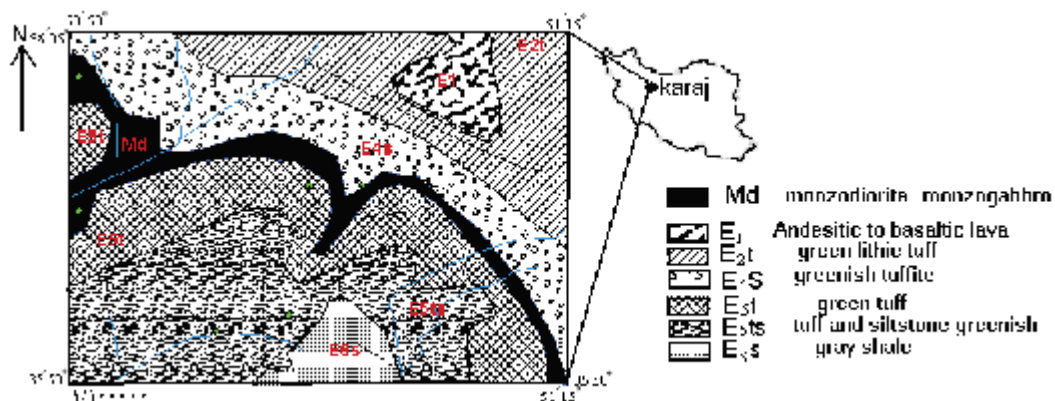
چکیده

در شمال شرق برغان سیلی با ترکیب گابرو تا مونزونیت مشهور به سیل بنیان سد کرج برونزد دارد. براساس مشاهدات صحرایی و مطالعات میکروسکوپی از حاشیه به سمت مرکز این سیل روند تفریق مشاهده می شود. پلاژیوکلازها گاهی منطقه بندی دارند اما در بخش زیرین این سیل منطقه بندی پلاژیوکلازها از بین رفته ولی ماکل های آن حفظ شده است و بافت میرمیکت نیز در آنها مشاهده می شود. میرمیکت ها از نوع زائده ای هستند. کانی های فرومینزین حرارت بالا نیز تجزیه شده اند ولی پلاژیوکلازها تقریباً سالم باقی مانده اند. نتایج تجزیه XRF سنگ، روند غیرخطی $Rb-SiO_2$ و Na_2O-K_2O را نشان می دهد. چنین خصوصیات بافتی، کانی شناسی و ژئوشیمیایی بیانگر رخ دادن پدیده متاسوماتیسم در بخش زیرین سیل سد کرج است.

مقدمه

در ۵۷ کیلومتری شمال غرب شهرستان کرج یک سیل با ترکیب متوسط مونزودیوریتی به درون، سنگهای آذرآواری و آندزیت های پورفیری، در راستای شمال غرب - جنوب شرق تزریق شده است (شکل ۱). از آنجایی که در منتهی الیه شرقی، روی این سیل سد کرج بنا شده است، لذا به سیل بنیان سد کرج (سد امیرکبیر) معروف است. در بخش جنوبی سیل، گسلی در راستای شمال غرب - جنوب شرق به موازات لایه ها عمل کرده است و در امتداد آن کانی زایی مولیبدن رخ داده است.

مطالعات قبلی بر روی توده نفوذی بنیان سد کرج، این توده را به صورت کمپلکسی تفریقی کاملاً تدریجی از گابرو در بخش تحتانی تا مونزونیت معرفی کرده اند (نورالهی، ۱۳۸۳ و غلامی، ۱۳۷۷). در سنگهای برداشت شده از سیل مونزودیوریتی نیز این روند تفریق را می توان مشاهده کرد. اما در محل بخش زیرین سیل مونزودیوریتی با سنگهای درونگیر به موازات زون کانی زایی، تغییرات کانی شناسی و بافتی در سنگهای گابروی مشاهده می شود. تاکنون تحقیقات زیادی در مورد متاسوماتیسم و کاربرد شواهد بافتی برای تعیین آن در سنگهای اسیدی (گرانیتی) انجام شده است (کولینز، ۱۹۸۸، ۱۹۹۳، ۱۹۹۸ و رانگ، ۲۰۰۲) اما در مورد سنگهای بازیک و گابروی اینگونه مطالعات کمتر انجام شده است. هدف از این تحقیق استفاده از شواهد کانی شناسی و بافتی به همراه تغییرات شیمیایی سنگ ها در تعیین فرایندهای حاکم بر سنگهای شکل گرفته در این مرزاست.



شکل ۱: نقشه زمین شناسی منطقه مورد مطالعه، اقتباس از نقشه های زمین شناسی تهران، کرج و مرزن آباد به مقیاس ۱/۱۰۰۰۰۰

روش مطالعه

به منظور مطالعه ویژگی های میکروسکوپی و ژئوشیمیایی این سیل، از سنگهای بخشهای مختلف مقطع نازک تهیه و مطالعه شد. پس از مطالعه ۱۶ نمونه به روش XRF بوسیله دستگاه فیلیپس PW2404 در آزمایشگاه دانشگاه تربیت معلم تجزیه شد. از نمونه های موردآنالیز ۴ نمونه از بخش زیرین سیل برداشت شده بودند که نتایج آن در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱) نتایج آنالیز شیمیایی گابروها به روش XRF، اکسیدها بر حسب درصد و عناصر بر حسب ppm هستند.

sample	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	MnO	TiO ₂	P ₂ O ₅	Cs	Ga	Mo	Sn	Th
۱	۴۴/۰۳	۱۵/۸	۱۴/۵۳	۹/۸۶	۹/۰۴	۰/۷۹	۳/۳۳	۰/۱۷	۰/۹۴	۰/۴۹	۲۴	۱۳	۲	۳	۷
۲	۴۵/۵۹	۱۷/۰۲	۱۲/۹۶	۸/۰۱	۸/۹۷	۰/۹	۳/۴۸	۰/۱۶	۰/۸۴	۰/۴۳	۲۴	۱۳	۲	۳	۷
۳	۴۵/۱۵	۱۵/۳۷	۱۴/۷۳	۹/۶۴	۹/۱۸	۰/۸	۳/۳۸	۰/۱۷	۰/۹۵	۰/۴۷	۲۷	۱۳	۲	۳	۲
۴	۴۴/۸۸	۱۶/۴۴	۱۳/۰۸	۹/۵۲	۹/۸۳	۰/۹۴	۲/۴۶	۰/۱۲	۰/۸۶	۰/۳۷	۲۴	۱۳	۲	۴	۲

Ni	Rb	Sr	Y	Cr	Zr	Nb	Ba	La	Ce	Nd	Sm	Yb	Eu	Sc	V	Pb	Cu	Co	Zn
۴۱	۹۴	۶۵۳	۴۱	۳۸	۱۱۵	۶	۳۷۹	۱۵	۳۶	۱۱	۱	۲	۲	۲۵	۲۰۸	۱۴	۲۱۵	۴۸	۷۶
۶۹	۱۰۱	۷۴۳	۴۰	۲۳	۱۲۳	۶	۳۸۶	۱۴	۳۶	۱۶	۲	۲	۲	۲۵	۲۰۱	۹	۲۴۰	۴۹	۶۸
۵۰	۹۸	۶۶۸	۴۲	۲۴	۱۱۹	۷	۳۷۹	۱۷	۳۶	۱۷	۳	۲	۲	۲۵	۲۰۸	۹	۲۳۸	۴۸	۷۱
۴۴	۶۱	۷۵۴	۳۲	۳۵	۱۱۵	۴	۳۸۴	۱۶	۳۴	۱۳	۳	۲	۱	۲۶	۲۰۳	۵	۹۳	۴۹	۲۸

بحث

مطالعه نمونه های بخش های مختلف سیل مونزودیوریتی نشان داد که سنگهای واقع در محل کتاکت پایینی سیل با سنگهای درونگیر، که به موازات زون کانی زایی نیز هستند، مشخصات بافتی و کانی شناسی خاصی را نشان می دهند.

این سنگها در نمونه دستی بسیار تیره و ساخت دانه ای درشت دارند و بلورهای پلاژیوکلاز و پیروکسن آن با چشم غیر مسلح قابل مشاهده اند. در مطالعات میکروسکوپی بافت سنگها گرانولار، افیتیک (ساب افیتیک) و در برخی مواقع اینترسرتال است. این بافتها دلیلی بر سرد شدن توده در عمق کم است (شلی، ۱۹۹۳). بعلاوه در اکثر مقاطع بافت میرمیکتی نیز مشاهده می شود.

کانی های اصلی این گروه سنگها پلاژیوکلاز و پیروکسن است.

پلاژیوکلازها به صورت بلورهای درشت (حدود ۶ میلی متر) اتومورف تا نیمه اتومورف با ماکل پلی سنتتیک، تقریباً ۸۰٪ سنگ را می سازند. اندازه درشت پلاژیوکلازها دلالت بر وجود زمان مناسب برای تبلور این کانی دارد در داخل پلاژیوکلازها گاهی ادخالهایی از پیروکسن و در بلورهای پیروکسن نیز گاهی ادخالهایی از پلاژیوکلاز مشاهده می شود که دلالت بر همزمانی تبلور این دو کانی دارد (شلی، ۱۹۹۳).

در پلاژیوکلازها آثار تجزیه به سریسیت، کلریت، زوئیزیت و ژئولیت بخصوص در قسمت مرکز بلور دیده می شود. آثار تجزیه به حدی است که ماکل پلاژیوکلازها بطور واضح دیده می شود. در پلاژیوکلازها درشتتر نسبت به انواع کوچکتر کمتر آثار تجزیه مشاهده می شود.

دومین کانی از نظر فراوانی در این گروه، کلینوپیروکسن (اوزیت) بصورت ساب اتومورف با خاموشی مایل در حدود ۴۵ درجه است. در بیشتر مقاطع کلینوپیروکسن بصورت درگیر با کانی های تیره مشاهده می شود. در اکثر نمونه ها، بلورهای کلینوپیروکسن تا حد زیادی به وسیله اورالیت، بیوتیت، کلریت و اکسید آهن جانشین شده است. از کانی های فرعی مشاهده شده در مقطع می توان به کانی های تیره و آپاتیت به فرم سوزنی اشاره کرد. یکی از پدیده های مهمی که در محل تماس توده آذرین با سنگ های درونگیر بوقوع می پیوندد، پدیده متاسوماتیسم است (رضوی، ۱۳۸۵). با توجه به مطالعات میکروسکوپی و ژئوشیمیایی به نظر می رسد که پدیده متاسوماتیسم در این گروه سنگها رخ داده است. شواهد زیر را دلالت بر رخ دادن پدیده متاسوماتیسم در این مرز است.

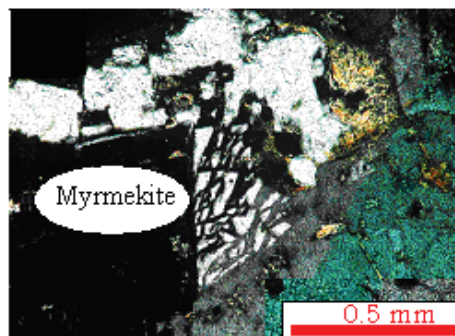
شواهد بافتی متاسوماتیسم:

در سنگهای این گروه بافت میرمکیتی در اکثر نمونه هامشاهده می شود. در سال های اخیر محققین بسیاری از جمله کولینز (۱۹۹۸، ۱۹۹۳، ۱۹۸۸) از بافت های موجود در سنگهای آذرین (مانند پرتیت و میرمکیت) برای تعیین ویژگی کانی ها و فرایندهایی ماگمایی استفاده کرده اند.

رانگ (۲۰۰۲) نظریه های مختلفی در ارتباط با تشکیل میرمکیتها عنوان کرده است، که عبارتند از:

- ۱) رشد همزمان یا بلوری شدن مستقیم از یک سیال
- ۲) رشد دوباره کوارتز به صورت میرمکیت
- ۳) جانشینی پلاژیوکلاز به وسیله فلدسپات آلکالن
- ۴) اکسولوشن (جدایش در طول سرد شدن)
- ۵) جانشینی فلدسپات آلکالن با پلاژیوکلاز که موجب آزاد سازی سیلیس می شود.
- ۶) بلوری شدن دوباره پلاژیوکلاز در طول دگرسانی گرمایی در سنگهای دگرشکل شده
- ۷) نظریه های ترکیبی

همچنین رانگ (۲۰۰۲) معتقد است در صورتی که میرمکیت در اثر جانشینی در پلاژیوکلاز بوجود آید، در بافت و کانی شناسی سنگ تغییراتی دیده می شود و طی این فرایند منطقه بندی پلاژیوکلازها از بین می رود. در منطقه مورد مطالعه به نظر می رسد که میرمکیت ها در اثر جانشینی فلدسپات آلکالن با پلاژیوکلاز تشکیل شده باشد که در اثر آن سیلیس آزاد شده است، زیرا معمولاً در سنگی با ترکیب گابرو انتظار مشاهده فلدسپات آلکالن و سیلیس را نداریم در نتیجه مشاهده فلدسپات آلکالن ثانویه و سیلیس را به پدیده جانشینی نسبت می دهیم. فیلیپس (۱۹۸۹، ۱۹۷۴)، میرمکیتها را به انواع میرمکیت حاشیه ای، منفرد، زائده ای، اینترگرانولال بین دو بلور فلدسپات آلکالن و میرمکیت با دنباله های مسکوویت تقسیم کرده است. در منطقه مورد مطالعه میرمکیت هاز نوع زائده ای (شکل ۲) هستند.



شکل ۲: میرمکیت های زائده ای در گابروهای منطقه، (XPL)

میرمکیتها در اثرهم رشدی پلاژیوکلاز با کوارتز ورمیکوله ایجاد می شود (شلی، ۱۹۹۳). کولینز (۱۹۹۷) معتقد است که چون بیشتر میرمکیتها در اثر پدیده جاننشینی ایجاد می شوند، لذا حضور آنها، دلالت بر رخ دادن متاسوماتیسم دارد. ماکزیمم اندازه بلورهای کوارتز در میرمکیتها متناسب بامیزان Ca در پلاژیوکلازهای موجود در سنگهای ماگمایی اولیه است. هر چه پلاژیوکلاز اولیه کلسیک تر باشد اندازه ورمیکوله ها در سنگهای متاسوماتیسمی درشت تر می شود (کولینز، ۱۹۹۷).

شواهد کانی شناسی متاسوماتیسم:

شواهد کانی شناسی زیر گویای پدیده متاسوماتیسم در منطقه است:

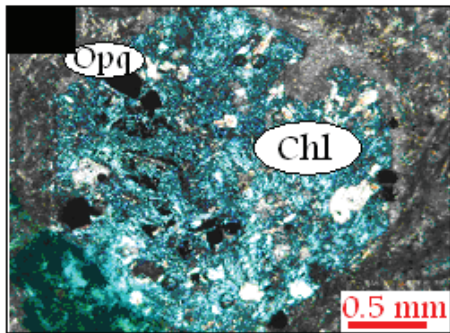
۱) عدم مشاهده زون بندی در پلاژیوکلازها: درحالت طبیعی در ماگمای داغ، پلاژیوکلازها به گونه ای متبلور می شوند که در قسمت مرکز کلسیک تر و درحاشیه سدیک تر هستند در نتیجه زون بندی نرمالی را از خود نشان می دهند (شلی، ۱۹۹۳). ولی در فرایند متاسوماتیسم زون بندی در پلاژیوکلازها از بین می رود. با ادامه فرایند متاسوماتیسم ماکل نیز در پلاژیوکلازها از بین خواهد رفت زیرا به علت از دست دادن Ca, Al در طی متاسوماتیسم حفره هایی در شبکه بلورین ایجاد می شود که در این حالت با ورود پتاسیم، پلاژیوکلاز به فلدسپات آلکان تبدیل می گردد (کولینز، ۱۹۹۷). در منطقه مورد مطالعه نیز زون بندی در بلورها از بین رفته است اما با توجه به شواهد ارائه شده در بالا چون ماکل پلاژیوکلازها هنوز از بین نرفته لذا نتیجه می گیریم که در این منطقه متاسوماتیسم پیشرفته نیست.

۲) عدم مشاهده زونینگ در فلدسپات آلکان: در مذاب دمای بالا، هسته بلورهای فلدسپات آلکان نسبت به حاشیه آن که در دمای پایین تر متبلور می شوند غنی تر از Ca, Ba, Pb است. این زون بندی رادر مقاطع نازک هم می توان مشاهده کرد. در پدیده متاسوماتیسم به علت اینکه فلدسپات پتاسیم در دمای تقریباً ثابت جایگزین پلاژیوکلاز می شود لذا تمایلی به ایجاد زون بندی از حاشیه به مرکز را ندارد، از طرف دیگر فرار Ca, Ba, Pb در اثر پدیده متاسوماتیسم از پلاژیوکلازی که توسط فلدسپات آلکان جانشین شده، باعث از بین رفتن منطقه بندی می شود (کولینز، ۱۹۹۷).

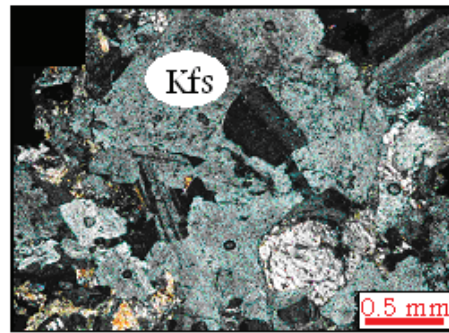
۳) مرز نامنظم بین فلدسپات آلکان و کانی های دیگر (شکل ۳): در متاسوماتیسم پتاسیک که پلاژیوکلاز به فلدسپات آلکان تبدیل می شود، در ابتدا قسمتهای داخلی پلاژیوکلاز تحت تاثیر قرار می گیرد و بعد حاشیه ها. در مراحل بعد فلدسپات آلکان تجزیه شده ممکن از مرز بلورهای پلاژیوکلاز اولیه هم فراتر روند در نتیجه مرز این بلورها با بلورهای مجاور نامنظم خواهد بود (کولینز، ۱۹۹۷).

۴) تجزیه کانیهای سیلیکاته دمای بالا و تجزیه آن به کانیهای پایدار دمای پایین (شکل ۴): از آنجایی که پدیده متاسوماتیسم معمولاً در دمای زیر ۶۰۰ درجه رخ می دهد (کولینز، ۱۹۹۷)، لذا کانیهای متبلور شده در دمای بالا ناپدید شده و به جای آن کانی های پایدار در دمای پایین ایجاد می شود. در مراحل ابتدایی متاسوماتیسم، کانیهای فرومنیزین سریع تر از پلاژیوکلازها تحت تاثیر سیالات قرار می گیرند اما با پیشرفت متاسوماتیسم در مراحل بعدی، تمام کانیها تحت تاثیر قرار خواهند گرفت (کولینز، ۱۹۹۷). در منطقه مورد مطالعه تاثیر سیالها در کانیهای فرومنیزین به مراتب بیش از پلاژیوکلازها دیده می شود لذا یک شاهد دیگر برای این مطلب که در منطقه متاسوماتیسم پیشرفته رخ نداده است.

۵) مشاهده کوارتز در سنگهای مافیک: به علت اینکه کوارتز جزء کانیهایی است که در مراحل آخر از ماگما متبلور می شود لذا انتظار می رود که بیشتر در سنگهای فلسیک مشاهده شود. در نتیجه مشاهده آن در سنگهای مافیک مانند گابرو را میتوان به پدیده متاسوماتیسم نسبت داد.



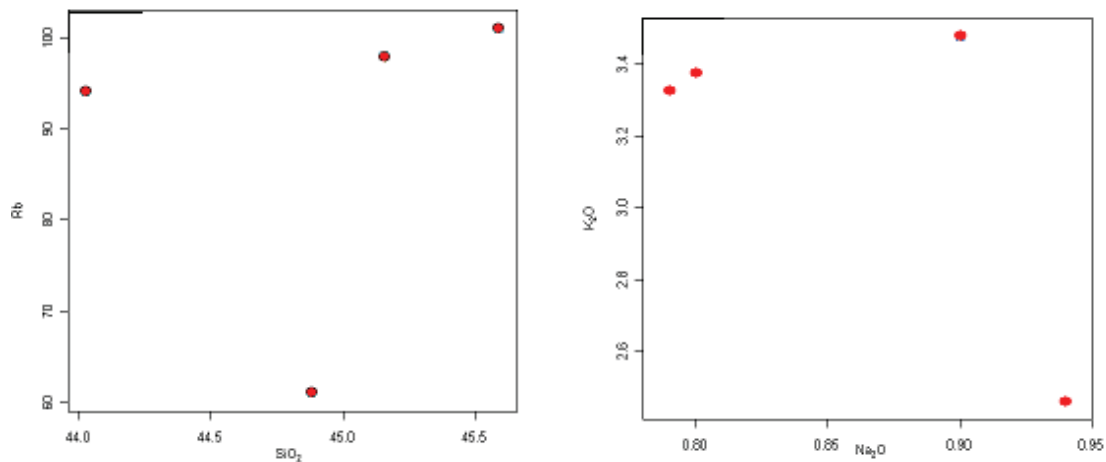
شکل ۴: تجزیه کانی های سیلیکاته حرارت بالا به کانیهای
سیلیکاته پایدار در دمای پایین، (XPL) chl=کلریت، Opq
=کانی تیره)



شکل ۳: مرز نامنظم و بین فلدسپات آلکالن با کانی های
دیگر (XPL) (kfs=فلدسپات آلکالن)

شواهد ژئوشیمیایی متاسوماتیسم

روند غیرخطی K_2O-Na_2O ، $Rb-SiO_2$ (شکل ۵): در بررسی ژئوشیمیایی نمونه ها، روند غیر خطی در نمودارهای $Rb-SiO_2$ ، K_2O-Na_2O مشاهده می شود. که این پدیده نیز ناشی از متاسوماتیسم است (ویلسون، ۱۹۸۹). در شرایط معمولی نمونه ها روند خطی مثبت نشان می دهند (چاپل و وایت، ۱۹۷۴)



شکل ۵: روند غیر خطی نمونه هادر نمودار $Rb-SiO_2$ ، K_2O-Na_2O

نتیجه گیری

با توجه به مطالعه سنگهای منطقه استنباط می شود که ماگما در عمق کم شروع به سرد شدن کرده است. بافتهای افیتیک و گرانولار در سنگها موید آن است. زمان لازم برای سرد شدن ماگما وجود داشته است لذا بلورهای پلاژیوکلاز رشد کرده تقریباً ۸۰٪ زمینه را اشغال کرده اند. در مراحل آخر سرعت تبلورافزایش یافته در نتیجه بلورهای پلاژیوکلاز موجود در مایع باقیمانده به صورت بی نظم با جهت های ماکلی متفاوت روی هم قرار گرفته اند. در مراحل آخر یک سری بلورهای پلاژیوکلاز با اندازه کوچکترین تشکیل شده است. سپس سنگها تحت تاثیر متاسوماتیسم خفیف قرار گرفته اند. از شواهد متاسوماتیسم در این مرز می توان به موارد زیر اشاره کرد:

- عدم مشاهده زون بندی در پلاژیوکلازها
- عدم مشاهده زونینگ در فلدسپات آلکالن

- رشد میرمکیتها
 - تجزیه کانیهای سیلیکاته دمای بالا و تجزیه آن به کانیهای پایداردمای پایین
 - مرزنا منظم بین آلکالی فلدسپار و کانی های دیگر
 - مشاهده کوارتز در سنگهای مافیک
 - روند غیرخطی $Rb-SiO_2$, K_2O-Na_2O
- با توجه به حفظ ماکل ها در پلازیوکلاز و مشاهده آثار تجزیه محدود در آنها می توان نتیجه گرفت که متاسوماتیسم رخ داده در منطقه خفیف بوده است.
- در نتیجه با توجه به شواهد ارائه شده در بالا در مرز پایینی سیل دیوریتی، در سنگهای گابرویی متاسوماتیسم خفیف رخ داده است.

منابع

- ۱) غلامی، ی. (۱۳۷۷)، بررسی پترولوژی توده آذرین بنیان سد کرج و ولکانیک های اطراف، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه آزاد واحد تهران شمال
- ۲) نورالهی، ز. (۱۳۸۳)، پترولوژی و ژئوشیمی توده نفوذی بنیان سد کرج، رساله کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران
- ۳) رضوی، م. (۱۳۸۵)، سنگ شناسی دگرگونی، انتشارات دانشگاه تربیت معلم، ۳۰۴ صفحه
- 4) Chappell B.W., White A.j.R., (1974) "Two contrasting granite type", Pacific Geology, 8, 173-174.
- 5) Collins L.G, (1988) "Hydrothermal Differentiation and Myrmekite – A clue to many Geologic puzzles : Athes "Theophrastus Publication , 382p
- 6) Collins L.G (1993), "The metasomatic origin of the Cooma Complex in southeastern Australia," Theophrastus Contributions, 1, 105-112
- 7) Collins L.G. (1998) "Metasomatic Origin of the Cooma complex in southeastern Australia Theophrastus Publication", 387p
- 8) Collins L.G, (1997) "Contrasting characteristics of magmatic and metasomatic Granites and Myth that Granite Plutons Can be only magmatic
- 9) Phillips E.R., (1974) "Myrmekite – one hundred years later: Lithos " 7, 181-194
- 10) Phillips E.R. (1989), "On polygenetic myrmekite : Geological Magazine., 117, 29-36
- 11) Rong J.S, (2002) "Myrmekite formed by Na- and Ca metasomatism of k feldspar ", Beijing research institute of Uranium Geology
- 12) Shelly, D (1993). Igneous and metamorphic rocks under the microscope, Chapman and Hall. Landon, 445p
- 13) Smith, J.V. & Brown, W .L., (1988) "Feldspare minerals . crystal structure, physical, chemical & microstructure properties. Berlin (springer)
- 14) Wilson M. (1989) "IGNEOUS petrogenesis , a global tectonic approach approach", Unwinhy man, London, 466p

بررسی ژئوشیمیایی زغالسنگ پروده طبس و تأثیر معدنکاری بر آلودگی منابع خاکی منطقه

رجب زاده، مریم^۱ - مظاهری، سید احمد^۲ - کریم پور، محمد حسن^۳

گروه زمین شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه فردوسی مشهد

rajabzade_85@yahoo.com

چکیده

بشر از آغاز پیدایش برای ادامه زندگی به زمین و مواد تشکیل دهنده آن متکی بوده است. به همین دلیل کانی های موجود در پوسته زمین به نسبت اهمیت، همیشه مورد توجه انسان بوده و تلاش برای یافتن کانسارهای جدید همچنان ادامه دارد. زغال سنگ به عنوان دومین سوخت فسیلی پس از نفت، از اهمیت و اعتبار بالایی برخوردار است، و همواره به عنوان یک پشتوانه قوی اقتصادی در کشور مطرح می باشد و اکتشاف و استخراج آن بسیار مورد توجه است. ناحیه طبس به دلیل ویژگی های منحصر بفرد زمین شناسی و وجود ذخایر عظیمی از زغالسنگ ایران در جنوب شهر طبس از دیرباز مورد توجه بسیاری از اندیشمندان و صاحب نظران زمین شناسی مشهور دنیا بوده است. در این تحقیق، ویژگی زغالسنگ پروده طبس از لحاظ ژئوشیمیایی بررسی شده و همچنین با نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای، تأثیر معدنکاری بر آلودگی منابع خاکی منطقه تعیین شده است. نمونه ها با روش جذب اتمی (AA) و کوره گرافیتی آنالیز شدند که نتایج آنالیز نشان دهنده تغلیظ بعضی از عناصر خطرناک، در منابع خاکی منطقه می باشد.

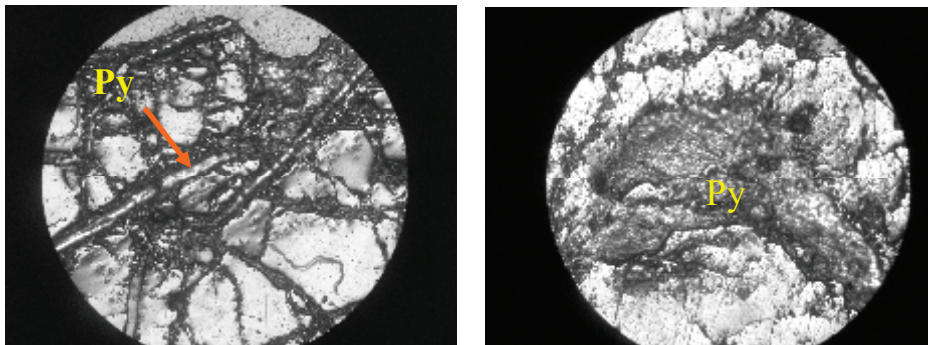
مقدمه

حوضه زغالدار طبس در جنوب استان خراسان بین ارتفاعات شتری و کمر مهدی قرار گرفته است. این منطقه در منتهی الیه غربی ناحیه پروده و ۸۰ کیلومتری جنوب شهر طبس واقع شده است. آب و هوای آن بسیار گرم و خشک، و فاقد رطوبت می باشد. بخش اعظم ناحیه پروده بر نقشه استاندارد قوری چای از سری نقشه های توپوگرافی ۱/۲۵۰۰۰۰ ایران و نقشه زمین شناسی ۱/۱۰۰۰۰۰ غرب شکسته آبشاله قرار گرفته است. ساختمان لیتولوژی منطقه از سیلتستون و ماسه سنگ های آهکی تریاس فوقانی تا ماسه سنگ های دانه درشت ژوراسیک و رسوبات آهکی بادامو تشکیل شده است. شیب ملایم و ساختار غیر قابل نفوذ آنها باعث ضعیف بودن درصد تخلخل رسوبات و نداشتن خصوصیات مناسب از لحاظ آبشناسی است. به لحاظ فعالیتهای تکتونیکی و لرزه خیزی نیز این ناحیه یکی از پیچیده ترین و ناآرامترین پهنه های لرزه خیز ایران می باشد. جهت دسترسی به ناحیه می توان از جاده آسفالتی جدید الاحداث طبس به پروده که از جاده جدید یزد منشعب می شود و یا جاده خاکی دیهوک به پروده استفاده کرد.

از نظر ساختمانی منطقه پروده یک طاق دیس نامتقارن و کشیده است که محور آن حدوداً شرقی- غربی می باشد. لایه های زغالی قابل کار در بخش قدیر در سازند نایبند با سن تریاس فوقانی قرار دارند و سازندهای فوقانی دارای زغال های کم ضخامت و یا بدون زغال هستند. تعداد ۵ لایه زغالی

B₁, B₂, C₁, C₂, D مورد ارزیابی قرار گرفته که در رخنمون ها، گسترش بین ۴ تا ۷ کیلومتر دارند و در این میان لایه های B₁, B₂, C₁ در ۹۲ تا ۹۸٪ منطقه قابل بهره برداری می باشند.

مارک زغالهای ناحیه پروده ، عموماً از نوع K، تعیین گردیده که بر پایه تقسیمات اروپایی (استاندارد ASTM) از نوع بیتومینه با مقدار مواد فرار کم تا متوسط می باشد. نتایج حاصله از مطالعات کک-دهی نشان می دهد که زغال طبس از کیفیت کک دهی خوبی برخوردار بوده و مقاومت کک حاصله بسیار مناسب می باشد. برپایه نتایج حاصل از آنالیز نمونه ها، زغالسنگ طبس در بخش های وسیعی از نظر مقدار خاکستر در گروه زغالسنگ های با خاکستر زیاد و از نظر گوگرد در گروه زغال های دارای گوگرد متوسط تا بالا قرار می گیرد، که گوگرد آن عمدتاً از نوع پیریتی بوده که به صورت سین ژنتیک به همراه زغال تشکیل شده است. پیریت های میکروسکوپی عمدتاً پولکی و رگه ای با ابعاد کمتر از ۵ میلیمتر می باشد. (شکل ۲).



شکل ۲: حضور کانی پیریت در بین ماسرالهای زغال به صورت پولکی (راست) و رگه ای (چپ)

امروزه به دلیل ازدیاد روز افزون جمعیت دنیا، تلاش زیادی در حال انجام گرفتن است تا با تکنولوژی پیشرفته از زمین به منظور کشاورزی، اسکان جمعیت ، جاذبه های توریستی و فعالیت های صنعتی استفاده بهینه به عمل آید. این تلاش با فعالیت های معدنی مثل اکتشاف، استخراج و فرآوری مواد معدنی که تاثیر متفاوتی بر روی زمین دارند در تضاد می باشد. در دو دهه اخیر به طور تدریجی توجه مردم به حفظ کیفیت محیط زیست افزایش یافته و این پدیده، فعالیت های معدن کاری را تحت تاثیر قرار داده است. در گذشته چون بازسازی در برنامه ریزی معدن گنجانده نمی شد و توجه به محیط زیست همچون امروز مطرح نبوده، به نقش تخریبی فعالیت های معدنی بر روی محیط زیست نیز توجه نمی شد. منبع اصلی آلودگی، پساب اسیدی معدن است که دارای pH پایین و تمرکزی از فلزات سنگین و غیره می باشد. اگرچه آلودگی مرتبط با فعالیت های معدنی اجتناب ناپذیر است اما مطالعات زیست محیطی می تواند در طراحی یک استراتژی مدیریت زیست محیطی به منظور کاهش اثرات محیطی به ما کمک کند.

روش کار

۱- نمونه برداری سنگی: این نمونه برداری از لایه های زغالی و باطله ها با هدف مطالعات کانی-شناسی و ژئوشیمیایی صورت گرفت (جدول ۱). نمونه برداری از لایه های زغالسنگ به صورت تصادفی و به روش تکه ای از تونل های مختلف انجام شد (وزن هر نمونه ۲ تا ۳ کیلوگرم). نمونه ها در نایلون های

جداگانه بسته بندی و شماره گذاری شدند. همچنین نمونه برداری از باطله های کارخانه زغالشویی و دیوهای باطله موجود در منطقه نیز صورت گرفت. نمونه های زغال ابتدا توسط آسیاب پودر شده به طوری که اندازه ذرات کمتر از ۰/۲ میلیمتر باشد سپس توسط تقسیم کن حدود ۲۰ گرم از آن را جدا کرده آنگاه آنرا در بوته چینی ریخته و داخل کوره با درجه ۸۰۰ درجه سانتی گراد به مدت یک ساعت قرار می دهیم. باید توجه داشت ضخامت نمونه در بوته نباید بیشتر از ۲ میلیمتر باشد. ترکیب شیمیایی خاکستر بدست آمده با روش XRF تعیین شد.

۲- نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای: به منظور تاثیر زهاب اسیدی معدن و پساب کارخانه های زغال شویی بر منابع خاکی منطقه، نمونه برداری از رسوبات آبراهه ای موجود در منطقه که تحت تاثیر آلودگی بوده اند، انجام شد. نمونه برداری در طول آبراهه و به فواصل مناسب از عمق حدود ۳۰ سانتی متری از سطح زمین انجام شد (جدول ۲). در هر نقطه به منظور معرف بودن نمونه، نمونه برداری از چند نقطه مختلف در عرض آبراهه صورت گرفته و همگی در یک نایلون ریخته و شماره گذاری شده اند (وزن هر نمونه حدود ۵ کیلوگرم). نمونه ها بعد از انتقال به آزمایشگاه، خشک شده و طی چند مرحله تقسیم شدن توسط تقسیم کن، مقداری از آن را که معرف کل نمونه بوده انتخاب شده و طی چند مرحله آماده سازی و حل شدن در اسید نیتریک، میزان عناصر موجود در نمونه ها با استفاده از روش جذب اتمی (AA) و کوره گرافیتی با دقت در حد ppm تعیین شد.

جدول ۱: موقعیت نمونه های برداشت شده زغال و باطله

نمونه	عرض جغرافیایی A° B' C"	طول جغرافیایی A° B' C"	توضیحات
C ₁	۳۳ ۰۰ ۳۱ N	۵۶ ۴۸ ۵۱ E	نمونه زغالسنگ از تونل شماره یک (S.D 9) با ضخامت ۲/۱۰ متر با میان لایه های آرژیلیتی در عمق ۶۱ متری از سطح زمین
C ₂	۳۳ ۰۰ ۳۱ N	۵۶ ۴۸ ۵۱ E	نمونه زغالسنگ از تونل شماره یک (S.D 8) در عمق ۵۷ متری
C ₃	۳۳ ۰۰ ۱۴ N	۵۶ ۴۹ ۰۳ E	نمونه زغالسنگ از تونل مرکزی (E2.T.G) با ضخامت ۱/۷۵ متر در عمق ۱۶۰ متری از سطح زمین
C ₄	۳۳ ۰۰ ۱۳ N	۵۶ ۴۸ ۵۹ E	نمونه زغالسنگ از تونل مرکزی (slope 4) با ضخامت ۱/۹۰ متر در عمق ۱۷۵ متری از سطح زمین
C ₅	۳۳ ۰۱ ۳۲ N	۵۶ ۵۰ ۴۶ E	نمونه زغالسنگ از تونل یال شمالی از کارگاه استخراج ۱ (بین افق ۲ و ۱ شرقی پروده I)
G ₁	۳۳ ۰۰ ۴۳ N	۵۶ ۵۰ ۳۸ E	نمونه از دیو باطله کارخانه زغالشویی
G ₂	۳۲ ۵۹ ۰۱ N	۵۶ ۵۱ ۲۱ E	نمونه از دیو باطله نرم کارخانه فرآوری
G ₃	۳۳ ۰۰ ۳۸ N	۵۶ ۵۰ ۱۲ E	نرمه های زغالی به همراه باطله خارج شده از تیکنر کارخانه زغالشویی

نتایج و بحث

محیط زیست از ارکان توسعه پایدار در هر کشوری است. بدون توجه به مسئله محیط زیست منابع طبیعی و انسانی دچار نقصان شده و پیامدهای ناگواری را بر کره خاکی و حتی جوامع انسانی خواهد گذاشت. معدنکاری مواد لازم برای حیات و پیشرفت بشر را فراهم می کند و از طرفی با افزایش آلودگیها امکان حیات و استفاده از محیط زیست سالم را از بشر سلب می کند. برای توسعه پایدار صنعت معدن کشور لازم است تا جنبه های محیط زیستی صنایع معدنی کشور مورد شناسایی قرار گیرد. کشور ما به دلیل شرایط مختلف زمین-شناسی دارای کانسارهای متنوع زغالی است. در ایران رسوبات زغال دار مربوط به مزوزوئیک میانی است که قسمت های وسیعی از مرکز و شمال ایران را در بر گرفته اند و ضخامت آنها بین ۹۰۰ تا ۳۰۰۰ متر است. یکی از ذخایر مهم زغالسنگ ایران، زغالسنگ پروده طبس می باشد که موضوع تحقیق بوده است. نتایج بدست آمده از آنالیزهای ژئوشیمیایی در جداول ۲، ۳ و ۴ ارائه شده است.

جدول ۲: نتایج تجزیه شیمیایی اکسیدهای اصلی در نمونه های زغال و باطله به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF)

Wt%	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	G ₁	G ₂	G ₃
SiO ₂	۲۶/۴۲	۲۳/۴۹	۲۵/۹۷	۳۶/۵۵	۲۴/۵۹	۵۳/۱۴	۴۸/۹۱	۵۲/۸۸
TiO ₂	۰/۲۶	۰/۲۵	۰/۱۹	۰/۱۸	۰/۱	۱/۰۰	۰/۸۲	۰/۹۵
Al ₂ O ₃	۱۴/۰۵	۱۱/۵۵	۱۴/۱۴	۲۰/۲۷	۱۳/۶۶	۲۶/۷۷	۲۹/۷۹	۲۷/۹۹
TFeO	۱۴/۷۰	۶۰/۵۷	۴۸/۴۹	۱/۶۵	۴۸/۲۷	۸/۲۶	۶/۶۲	۹/۰۹
MnO	۰/۲۶	۰/۰۴	۰/۱۰	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰۸	۰/۰۷	۰/۰۸
MgO	۸/۲۹	۱/۴۹	۱/۷۱	۳/۵۹	۵/۰۲	۱/۹۲	۲/۲۵	۲/۰۹
CaO	۲۵/۶۶	۱/۵۸	۱/۸۹	۲/۲۲	۴/۷۲	۰/۸۳	۱/۳۴	۰/۹۵
Na ₂ O	۲/۳۹	۱/۱۷	۱/۸۱	۱/۲۳	۰/۸۳	۱/۱۹	۱/۴۶	۰/۶۷
K ₂ O	۱/۹۹	۰/۳۸	۰/۳۹	۰/۶۵	۰/۱۰	۴/۲۲	۴/۲۱	۴/۴۸
P ₂ O ₅	۰/۲۲	۰/۰۵	۰/۳۷	۰/۰۶	۰/۱۴	۰/۰۸	۰/۰۹	۰/۰۷

جدول ۳: نتایج تجزیه شیمیایی عناصر جزئی در نمونه های زغال و باطله به روش فلورسانس پرتو ایکس (XRF)

ppm	C ₁	C ₂	C ₃	C ₄	C ₅	G ₁	G ₂	G ₃
V	۱۳۰	۶۶۵	۷۷۷	۵۴۵	۵۵۳	۴۸۰	۴۹۰	۵۰۵
Cr	۱۱۶	۳۵۸	۳۴۷	۲۴۶	۳۰۱	۱۸۳	۱۸۸	۱۸۹
Co	۱۲۷	۶۳۷	۵۰۴	۳۳۱	۵۰۹	۲۵۱	۲۵۱	۳۲۳
Ni	۲۱۶	۶۴۹	۳۹۱	۷۰۷	۲۶۰	۴۷۲	۴۲۵	۴۸۶
Cu	۱۱۵	۱۱۵	۱۳۳	۲۸۷	۱۰۹	۲۲۶	۲۶۸	۲۵۵
Rb	۵۴	۸	۲۱	۹۰	۱۸	۲۱۶	۲۵۰	۲۱۶
Sr	۲۱۲	۶۰	۱۷۷	۲۲۳	۵۷	۳۱۲	۴۶۸	۳۳۴
Y	۴۵	۲۵	۳۳	۸۵	۱۵	۱۰۹	۱۱۸	۱۰۴
Zr	۸۲	۳۲	۶۳	۱۸۴	۲۰	۳۲۷	۳۷۲	۳۰۸