

۳- زمین‌شناسی

منطقه مورد بررسی، بر پایه تقسیمات پهنه‌های زمین‌ساختی ایران (Stocklin, 1968) بخشی از پهنه ساختاری سندج سیرجان است (شکل ۱). کهن‌ترین واحدهای سنگی منطقه مورد بررسی را واحدهای سنگی مشتمل بر شیست، گنایس، آمفیولیت، مرمر، دولومیت، شیل، ماسه‌سنگ و کوارتزیت به سن پروتروزویک بالایی اردووسین تشکیل می‌دهند (شکل ۲). در این بخش از حوضه نکاب اثری از فعالیت‌های ماگمایی و با رسوب گذاری از اردووسین تا الیگو میوسن دیده نمی‌شود؛ به طوری که سازند قم و سرخ پایینی (الیگو میوسن) با ترکیب سنگ‌شناسی کنگلومرا، ماسه‌سنگ، مارن، سنگ آهک و توف به همراه سنگ آهک ریفی (آگوتائین بوردیگالین) روی واحدهای کهن پروتروزویک بالایی اردووسین قرار گرفته‌اند. روی این واحدها، سنگ‌های گرانوئیدوریت، دیوریت، گابرو، کوارتز پورفیری، گرانیت، رپولیت، داسیت و آندزیت جای گرفته‌اند. در پایان، گنبد آندزیتی داسیتی و توده‌های نیمه‌آتشفشانی میوسن بالایی پلیوسن، کنگلومراهای سخت نشده و ماسه‌سنگ‌های پلیوسن به همراه تراورتن‌های کوارتزتری توالی سنگی یاد شده را تداوم بخشیده‌اند. در این بخش از حوضه نکاب، در ارتباط با واحدهای دگرگونی پروتروزویک بالایی اردووسین کانی‌سازی‌های مختلفی دیده می‌شود که از مهم‌ترین آنها می‌توان به ذخیره طلای آق‌دره اشاره کرد (Daliran, 2008) (شکل ۲).

مشاهدات صحرایی نشان می‌دهند که در منطقه گورگور یک سامانه دگرسانی گرمایی به نسبت گسترده‌ای توسعه یافته است که بیشتر واحدهای سنگی مربوط به سازند سرخ بالایی و واحدهای آتشفشانی میوسن و پلیوسن را تحت تأثیر قرار داده است. از جمله دگرسانی‌های گسترش یافته در ارتباط با سنگ‌های آتشفشانی یاد شده می‌توان به دگرسانی‌های فلیک، آرژلیک، پروپلیتیک و سیلیسی اشاره کرد. از ویژگی‌های برجسته زمین‌شناسی این منطقه می‌توان به تشکیل و گسترش پهنه‌های کانولینیزه اشاره کرد که به‌طور چیره در ارتباط با محصول دگرسانی سنگ‌های آندزیتی میوسن هستند. به نظر می‌رسد که ساختارهای زمین‌ساختی (گسل‌ها) با ایجاد مبرجی برای نفوذ و عملکرد محلول‌های گرمایی نقش ارزنده‌ای در گسترش پهنه‌های کانولینیزه در این منطقه داشته‌اند. این پهنه‌ها در نزدیکی گسل‌ها رنگ سفید و در مناطق دور از گسل رنگ خاکستری دارند. آنها در نزدیکی گسل‌ها برشی شده و گاه دارای رگه‌هایی از سیلیس به سترای ۱۰ سانتی‌متر تا یک متر هستند. در این رگه‌ها، در نمونه دستی آثاری از کانی‌سازی‌های فلزی مانند پیریت، کالکوپریت، هماتیت و گوتیت به خوبی دیده می‌شود. در مجاورت پهنه‌های کانولینیزه و گاه در بالای آنها، دگرسانی سیلیسی به چشم می‌خورد.

۴- نتایج و بحث

۴-۱. سنگ‌نگاری و کانی‌شناسی

مطالعات سنگ‌نگاری نشان می‌دهند که سنگ‌های آندزیتی مرتبط با پهنه‌های کانولینیزه در گورگور دارای بافت پورفیری هستند و در آنها درشت‌بلورهای خودشکل و صفحه‌ای پلاژیوکلاز در یک زمینه ریزدانه پراکنده شده‌اند (شکل‌های ۳ الف و ب). درشت‌بلورهای پلاژیوکلاز در این سنگ‌ها دارای ماکل کارلسباد و آلبیتی و منطقه‌بندی نوسانی هستند. طول این بلورهای خودشکل و دانه درشت به‌طور میانگین ۰/۴ میلی‌متر است و گاه به ۱ سانتی‌متر می‌رسد. کانی‌های فرومیتزین همراه با کوارتز از دیگر کانی‌های حاضر در این سنگ‌ها هستند که به دو شکل درشت‌بلور و میکروولیت نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل دیده می‌شوند. ترکیب کانی‌های فرومیتزین بیشتر از نوع آمفیبول (هورنبلاند سبز) (شکل ۳ ب) است که در مواردی به کلریت، کلسیت، اپیدوت و کلریت دگرسان شده‌اند. کلینوپروکسن از نوع اوژیت از دیگر کانی‌های حاضر در این سنگ‌هاست که به‌صورت ستونی دیده می‌شود. این کانی، به کربنات، اکسید آهن و کلریت تجزیه شده است. آپاتیت زیرکون از مهم‌ترین کانی‌های فرعی هستند و پیریت مهم‌ترین کانی تیره حاضر در این سنگ‌هاست.

تجزیه‌های پراش پرتو ایکس (XRD) نشان می‌دهند که پهنه‌های کانولینیزه

ترکیب کانی‌شناسی به نسبت ساده‌ای دارند و شامل کائولینیت، کوارتز، جاروسیت، مونت‌موریلونیت، آلپیت، مسکویت، ابلیت، آاناتاز، کلریت، اورتوکلاز، کلسیت، گوتیت و هماتیت هستند (جدول ۱ و شکل ۴). از میان کانی‌های یاد شده، کائولینیت و کوارتز در همه نمونه‌ها به عنوان فازهای کانیایی اصلی، جاروسیت به دو صورت فاز اصلی و فرعی و بقیه کانی‌ها به عنوان فازهای کانیایی فرعی در این پهنه‌ها حضور دارند.

مطالعات کانه‌نگاری و SEM-EDS حضور کانه‌های پیریت، هماتیت، گوتیت، استینیت، گالن، اسفالریت، کالکوپریت و بورنونیت را در رگه‌های سیلیسی کانه‌زای مرتبط با پهنه‌های کانولینیزه نشان می‌دهند (شکل‌های ۵ تا ۸). پیریت به‌صورت بلورهای دانه‌درشت و دانه‌ریز نیمه‌شکل‌دار تا شکل‌دار در رگه‌ها حضور دارد که در اثر دگرسانی به هماتیت تبدیل شده است (شکل‌های ۵ الف تا ب). در طیف EDS این کانه، مقداری آرسنیک حضور دارد (شکل ۵ ت). استینیت، در نمونه دستی به‌صورت اگرگات‌های شعاعی، شکل‌دار و سوزنی دیده می‌شود (شکل ۶ الف). در زیر میکروسکوپ، بلورهای دیده شده از این کانه، به‌صورت بی‌شکل (شکل ۶ ب) و یا شعاعی هستند. شکل‌های ۶ پ و ت به ترتیب تصویری از کانی‌سازی دانه‌پراکنده استینیت و جانشینی مقداری آرسنیک را در آن نشان می‌دهند. گالن و اسفالریت دو کانه با فراوانی بسیار کم در رگه‌هایی دیده می‌شوند که به شدت برشی شده‌اند (شکل‌های ۷ الف تا ت). بورنونیت مهم‌ترین کانی سولفوسالت Pb و Sb تشخیص داده شده در رگه‌های سیلیسی است که به‌صورت بلورهای دانه‌متوسط تا درشت و به فرم پراکنده حفرات و شکستگی‌های کانه‌های دیگر مانند گالن، اسفالریت، استینیت، و پیریت دیده می‌شود (شکل ۸ الف). شکل‌های ۸ ب و پ به ترتیب تصویر SEM و طیف EDS این کانه‌ها را نشان می‌دهند.

۴-۲. زمین‌شیمی

ترکیب شیمیایی و محاسبات تغییرات جرم REEs در پهنه‌های کانولینیزه: نتایج تجزیه‌های شیمیایی نمونه‌های مربوط به پهنه‌های کانولینیزه و سنگ‌های آندزیتی در جدول ۲ ارائه شده است. بر پایه این جدول، SiO_2 (۵۶/۴۵) و K_2O (۴/۳۴) به ترتیب فراوان‌ترین فازهای اکسیدی (%Wt) حاضر در نمونه‌های کانولینیزه هستند. از میان عناصر جزئی Ba, Sb, As, Zn, Pb, Cu, Sr فراوانی قابل ملاحظه‌ای دارند. مقادیر $\text{LREE}_{\text{La-Eu}}$ و $\text{HREE}_{\text{Gd-Lu}}$ در نمونه‌ها به ترتیب دارای بازه ۱۳۵/۴۸ تا ۱۷۹/۱۱، ۸/۳۲ تا ۱۱/۲۹، ۱۴۲/۱۱ تا ۱۸۶/۱۶ ppm هستند (جدول ۳). الگوی توزیع REEs به‌نچهار شده با کندریت (Taylor and McLennan, 1985) تفریق و غنی‌شدگی LREEs نسبت به HREEs را نمایش می‌دهند (شکل ۹ الف). محاسبات مقادیر نسبت‌های $(\text{LREEs}/\text{HREEs})_N$ و $(\text{La}/\text{Lu})_N$ (جایی که با کندریت به‌نچهار شده‌اند) به ترتیب بازه تغییراتی از ۷/۱۹ تا ۱۰/۲۸ و از ۱۳/۳۳ تا ۲۲/۴۲ را نشان می‌دهند (جدول ۳) که مبین تفریق ضعیف LREEs از HREEs در طی کانولینیتی شدن است.

در این پژوهش، برای تعیین درجه تحرک عناصر خاکی کمیاب در طی تکوین و گسترش پهنه‌های کانولینیزه از روش زمین‌شیمی عناصر کم‌تحرک (Nesbitt and Markovics, 1997) استفاده شد. نتایج تجزیه‌های شیمیایی نشان می‌دهند که از میان عناصر کم‌تحرکی مانند Th, Al, Ti, Zr, Sc, Hf, Nb می‌تواند که معمولاً برای محاسبات تغییرات جرم در طی دگرسانی استفاده می‌شوند (Karayaka, 2009; Kadir et al., 2014) در نمونه‌های کانولینیزه (۱۰ ppm) و کمترین تغییر نسبت به سنگ‌های اولیه آندزیتی (۱۰ ppm) است. معادله استفاده شده برای محاسبات تغییرات جرم REEs به فرار زیر است (Nesbitt and Markovics, 1997):

$$\% \text{ Change} = \left[\frac{(X)_{\text{kaolitized sample}} / (\text{Sc})_{\text{kaolitized sample}}}{(X)_{\text{andesite}} / (\text{Sc})_{\text{andesite}}} \right] - 1 \times 100$$

در این رابطه، X عنصر مورد نظر برای محاسبه تغییر جرم است. مقادیر مثبت و منفی به

برای محاسبه مقادیر بی‌هنجاری Eu و Ce در پهنه‌های کانولینیزه و سنگ‌های اولیه آندزیتی به ترتیب از روابط زیر استفاده شد (Taylor and McLennan, 1985):

$$Eu/Eu^* = Eu_N / [(Sm_N \times Gd_N)]^{1/2}$$

$$Ce/Ce^* = 2Ce_N / (La_N + Pr_N)$$

در این روابط، حرف N بیانگر بهنجار شدن عناصر یاد شده با کندریت است. محاسبات انجام شده نشان می‌دهد که مقادیر بی‌هنجاری Eu و Ce در نمونه‌های کانولینیزه به ترتیب دارای بازه ۰/۸۴ تا ۱/۰۶ و ۰/۸۳ تا ۰/۹۳ است. بی‌هنجاری Eu و Ce در سنگ آندزیتی به‌طور میانگین به ترتیب برابر ۰/۸۸ و ۰/۹۳ است. مقایسه میان مقادیر یاد شده در نمونه‌های کانولینیزه و سنگ مادر آندزیتی نشان می‌دهد که گذر سنگ‌های آندزیتی به پهنه‌های کانولینیزه در محدوده گورگور با رخداد بی‌هنجاری منفی و مثبت Eu و با رخداد بی‌هنجاری منفی Ce همراه بوده است. رخداد بی‌هنجاری منفی Eu می‌تواند با دگرسانی کانی پلاژیوکلاز در طی دگرسانی مرتبط باشد (Arslan et al., 2006). همبستگی‌های منفی قوی میان $(r = 0.73)$ Eu/Eu^{*}-Al₂O₃ (شکل ۱۲ الف) و مثبت قوی میان $(r = 0.85)$ Eu/Eu^{*}-Fe₂O₃ (شکل ۱۲ ب) نشان می‌دهند که درجه تفریق Al از Fe مهم‌ترین عامل کنترل‌کننده تغییرات بی‌هنجاری Eu در طی کانولینیزه شدن آندزیت‌ها در گورگور بوده است. با توجه به همبستگی مثبت میان Eu/Eu^{*}-Fe₂O₃ می‌توان چنین متصور شد که کانی‌های هماتیت و گوتیت به واسطه عملکرد فرایندهای رویش سبب تثبیت Eu و رخداد بی‌هنجاری مثبت Eu در پهنه‌های کانولینیزه شده‌اند. رخداد بی‌هنجاری منفی Ce می‌تواند به دلیل ماهیت احیایی سیال‌های دگرسان‌کننده و نقش مؤثر فرایندهای درون‌زاد در شکل‌گیری پهنه‌های کانولینیزه مرتبط باشد. همبستگی‌های مثبت میان $(r = 0.79)$ Ce/Ce^{*}-Al₂O₃ (شکل ۱۲ پ) و $(r = 0.85)$ Ce/Ce^{*}-Zr (شکل ۱۲ ت) نشان می‌دهند که جذب سطحی توسط رس‌ها و تخریب کانی زیرکن توسط سیال‌های درون‌زاد (Fulignati et al., 1999)، دو عامل کلیدی کنترل‌کننده تغییرات مقادیر بی‌هنجاری Ce در پهنه‌های کانولینیزه بوده‌اند.

۵- نتیجه‌گیری

مهم‌ترین نتایج حاصل از این پژوهش عبارتند از:

رگه‌های سیلیسی حاضر در درون پهنه‌های کانولینیزه منطقه گورگور شامل کانه‌های پیریت، کالکوپریت، گالن، اسفالریت، بورنوبیت و استینیت هستند. تلفیق نتایج حاصل از محاسبات تغییرات جرم و تغییرات در نسبت‌های عنصری نشان می‌دهند که همپوشی فرایندهای برون‌زاد روی درون‌زاد، تغییرات pH، پتانسیل احیا و تثبیت توسط کانی‌های رسی، اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن، زیرکن و جاروسیت مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده توزیع REEs در پهنه‌های کانولینیزه بوده‌اند. درجه تفریق ضعیف LREEs از HREEs، تفریق ضعیف در میان HREEs و همبستگی‌های مثبت قوی مقادیر $(La/Lu)_N$ و $(LREEs/HREEs)_N$ با اجزایی مانند P، LOI، S و Sr آشکار می‌کنند که فرایندهای درون‌زاد نقش برجسته‌ای در گسترش پهنه‌های کانولینیزه محدود گورگور ایفا کرده‌اند. درجه تخریب پلاژیوکلازها در طی سیستم‌های واکنشی آب سنگ به همراه رویش و تمرکز توسط اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن دو فاکتور کلیدی کنترل‌کننده بی‌هنجاری Eu بوده‌اند. جذب سطحی توسط رس‌ها، پتانسیل احیا و تخریب زیرکن توسط سیال‌های درون‌زاد سه عامل کلیدی کنترل‌کننده تغییرات بی‌هنجاری Ce در پهنه‌های کانولینیزه هستند.

سپاسگزاری

نگارندگان این مقاله از حمایت‌های مالی معاونت پژوهشی دانشگاه ارومیه برخوردار بوده‌اند؛ بنابراین نهایت سپاس خود را از مسئولان مربوط اعلام می‌دارند. همچنین از سرکار خانم دکتر فرحناز دلبران برای انجام تجزیه‌های SEM EDS و از داوران محترم مجله برای نظرات و پیشنهادات سازنده‌شان سپاسگزاری می‌شود.

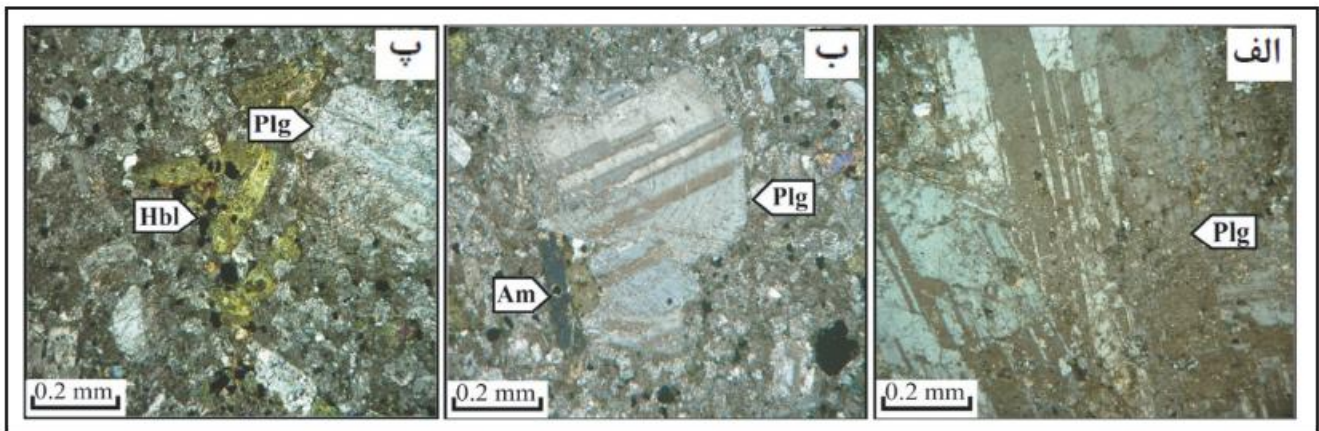
ترتیب نشانه افزایش و کاهش جرم REEs در طی کانولینیزه شدن سنگ‌های آندزیتی است. نتایج حاصل به‌صورت نمودار در شکل ۹ ب نمایش داده شده است. بر پایه این شکل، گسترش فرایند کانولینیزه شدن در گورگور با غنی‌شدگی نهی‌شدگی Nd-La و نهی‌شدگی Sm-Lu همراه بوده است. یادآور می‌شود که در روند تغییرات REEs از La تا Gd یک کاهش تدریجی در میزان تمرکز دیده می‌شود؛ به‌طوری که این روند کاهشی از Lu تا Tb تقریباً از بین می‌رود (شکل ۹ ب).

عوامل کنترل‌کننده تغییر در نسبت‌های $(La/Lu)_N$ و $(LREEs/HREEs)_N$ در پهنه‌های کانولینیزه: بررسی‌ها نشان داده است که اجزایی مانند S، P₂O₅ و Sr تنها در ذخایر کاتولن با منشأ درون‌زاد حاضر هستند و مقدار این اجزا با پیشرفت درجه دگرسانی (LOI) افزایش می‌یابد (Grecco et al., 2012). در این نوع ذخایر، همبستگی مثبت قوی میان اجزای یاد شده با درجه تفریق LREEs از HREEs دیده می‌شود (Grecco et al., 2012). در این پژوهش، برای تعیین نقش احتمالی فرایندهای درون‌زاد در گسترش پهنه‌های کانولینیزه مورد مطالعه و ارتباط آنها با درجه تفریق REEs نمودارهای دومتغیره رسم و ضرایب همبستگی پیرسون (جدول ۴) میان نسبت‌های $(La/Lu)_N$ و $(LREEs/HREEs)_N$ با اجزایی مانند S، P₂O₅ و Sr محاسبه شد. رسم نمودارهای دومتغیره $(La/Lu)_N$ در برابر P₂O₅ و LOI همبستگی‌های مثبت و قوی $(r = 0.90)$ و $(r = 0.95)$ را میان این اجزا نشان می‌دهد که بیانگر نقش مؤثر فرایندهای درون‌زاد در تفریق La از Lu در طی کانولینیزه شدن در گورگور است (شکل‌های ۱۰ الف تا ت). همچنین، همبستگی‌های مثبت قوی میان روند تغییرات $(LREEs/HREEs)_N$ در برابر اجزای یاد شده وجود دارد $(r = 0.74)$ و $(r = 0.95)$ (شکل‌های ۱۱ الف تا ت) که دلیلی بر نقش کنترلی فرایندهای درون‌زاد در تفریق و غنی‌شدگی LREEs نسبت به HREEs است.

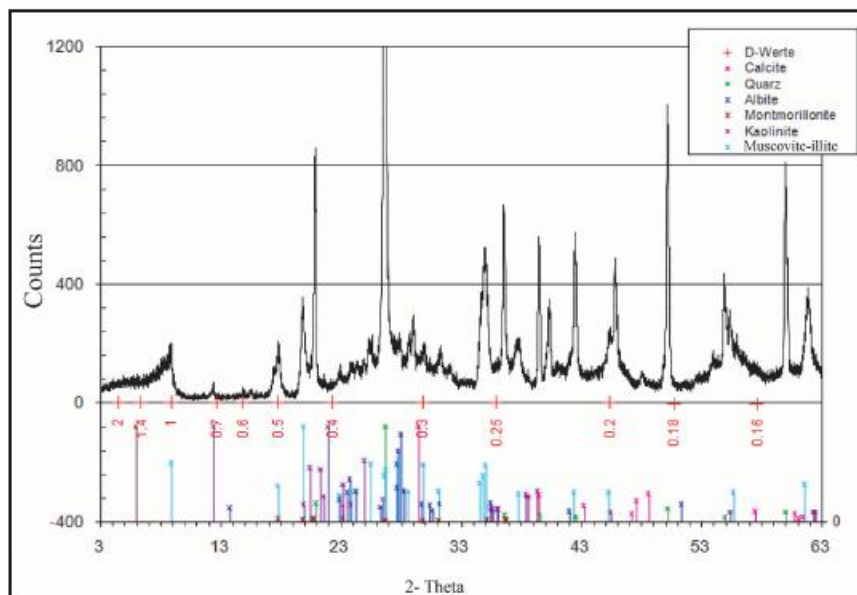
مجموع عناصر جزئی Ce+Y+La و درجه تفریق HREEs از هم نیز می‌تواند در تعیین نوع فرایندهای دخیل در گسترش و تشکیل پهنه‌های کانولینیزه گورگور مفید باشد. مطالعات انجام شده نشان داده است که در ذخایر کاتولن با منشأ درون‌زاد و برون‌زاد مقدار Ce+Y+La به ترتیب کمتر و بیشتر از ۱۰۰ ppm است (Dill et al., 1997). در نمونه‌های مورد مطالعه، این نسبت دارای بازه تغییراتی از ۱۱۱/۹ تا ۱۵۴/۵ ppm است. این بازه تغییرات نشان از این دارد که فرایندهای برون‌زاد نیز در گسترش پهنه‌های کانولینیزه مورد مطالعه بی‌تأثیر نبوده‌اند. مطالعات انجام شده روی ذخایر کاتولن در دنیا آشکار کرده است که در کاتولن‌های با منشأ درون‌زاد و برون‌زاد، HREEs به ترتیب دچار کمترین و بیشترین درجه تفریق از هم می‌شوند (Grecco et al., 2012). با توجه به بازه تغییرات بسیار محدود HREEs در نمونه‌های مورد مطالعه $(۸/۳۲ تا ۱۱/۲۹ ppm)$ به نظر می‌رسد که نقش فرایندهای درون‌زاد در توسعه پهنه‌های کانولینیزه بسیار محتمل‌تر از فرایندهای برون‌زاد باشد.

عوامل کنترل‌کننده توزیع و تحرک REEs در پهنه‌های کانولینیزه: pH‌های پایین و بالا به ترتیب سبب شستشو و غنی‌شدگی REEs در محصولات دگرسان شده می‌شوند (Fulignati et al., 1999). با توجه به نقش اصلی سیال‌های درون‌زاد در توسعه پهنه‌های کانولینیزه، انتظار بر این است که در طی کانولینیزه شدن سنگ‌های آندزیتی همه REEs باید از سامانه به‌طور بخشی خارج شوند. محاسبات تغییرات جرم عناصر خاکی کمیاب چنین پدیده‌ای را برای Sm تا Lu نشان می‌دهند. بنابراین غنی‌شدگی عناصر Nd تا La باید علتی غیر از pH داشته باشد. با توجه به ترکیب کانی‌شناسی این پهنه‌ها، به نظر می‌رسد که غنی‌شدگی LREEs به احتمال قوی با ورود آنها به شبکه کانی جاروسیت مرتبط باشد. LREEs می‌توانند جانشین K در شبکه کانی جاروسیت شوند (Karayaka, 2009). افزون بر این، حضور کانی‌هایی مانند کاتولینیت، هماتیت و گوتیت نیز می‌تواند موجبات تثبیت LREEs در این پهنه‌ها فراهم کرده باشد. این کانی‌ها توانایی بسیار بالایی برای جذب و رویش LREEs در سامانه‌های مختلف دگرسانی دارند (Fulignati et al., 1999). با توجه به تجزیه و تحلیل‌های یاد شده، به نظر می‌رسد که پتانسیل بونی شرایط بسیار مناسبی برای جذب و رویش LREEs توسط کانی‌های یاد شده فراهم کرده است.

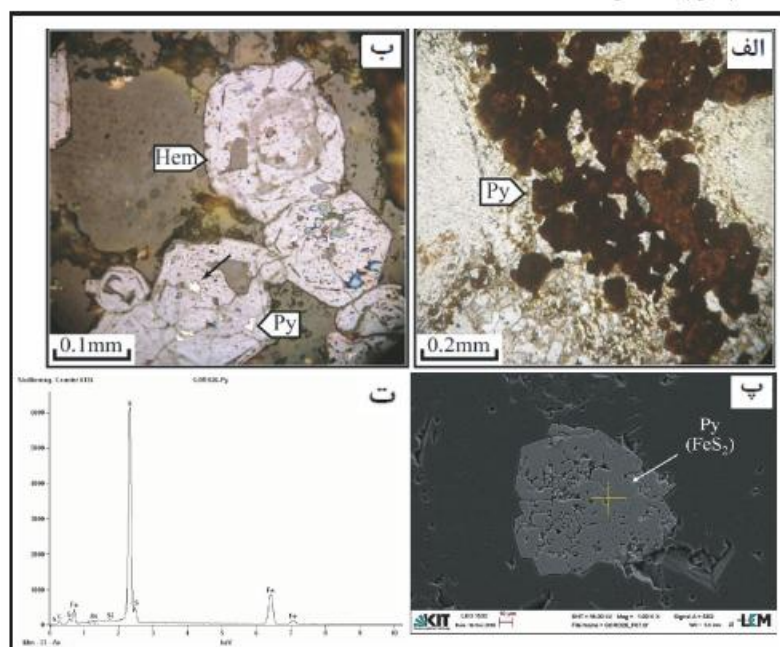
دلایل رخداد بی‌هنجاری‌های Eu و Ce در پهنه‌های کانولینیزه: در این پژوهش،



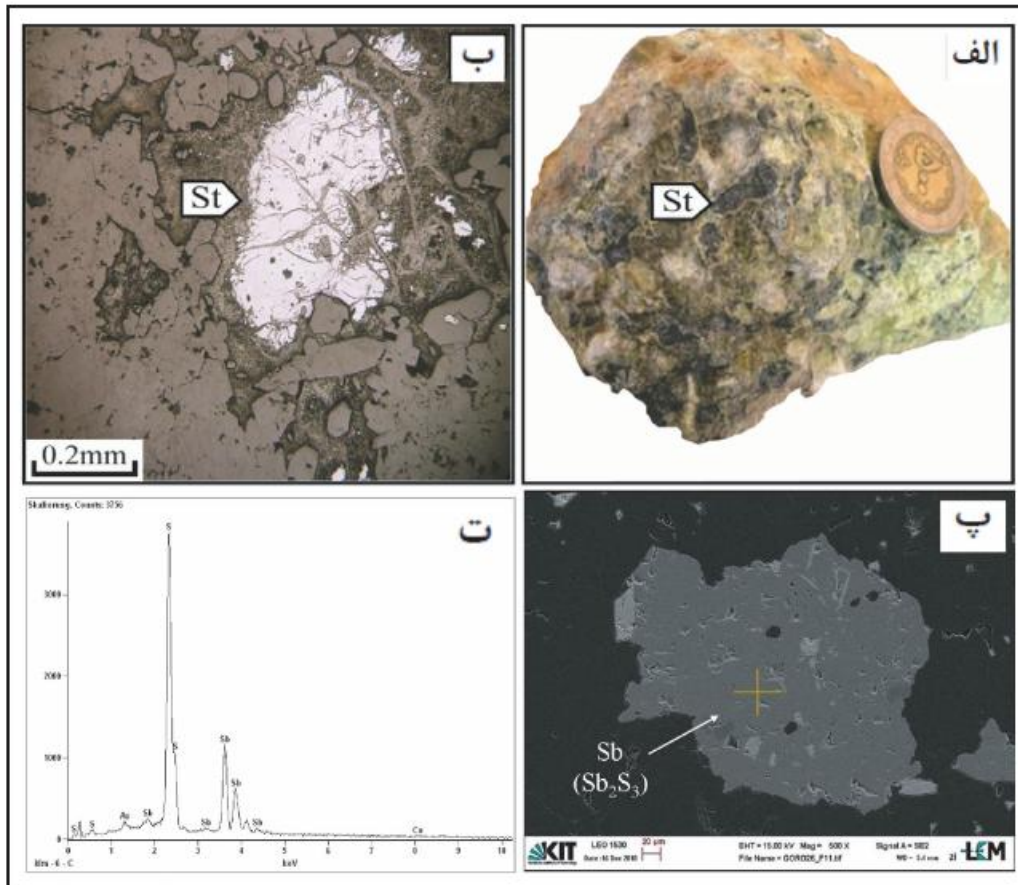
شکل ۳- تصاویر میکروسکوپی از سنگ های آندزیتی مرتبط با گسترش پهنه دگرسانی آرژلیک. الف) درشت بلور پلاژیوکلاز (Pl) دارای ادخال هایی از کانی های ثانویه با بافت غربالی، ب) منطقه بندی در پلاژیوکلاز به همراه آمفیبول (Am)، پ) تجمع از بلورهای منشوری سالم هورنبلند (Hbl) در مجاورت پلاژیوکلاز. همه تصاویر در نور عبوری دوبار پلاریزه گرفته شده اند. نشانه های اختصاری کانی ها از Whitney and Evans (2010) برگرفته شده است.



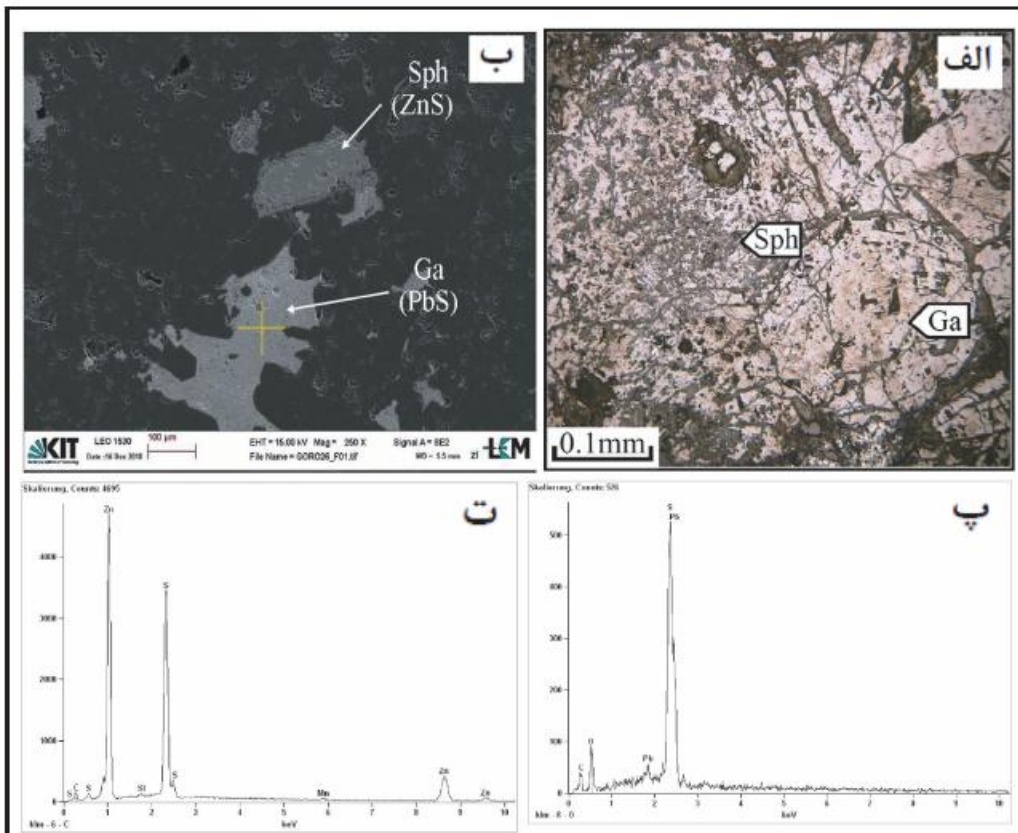
شکل ۴- طیف پراش پرتو ایکس (XRD) برای نمونه G-6.



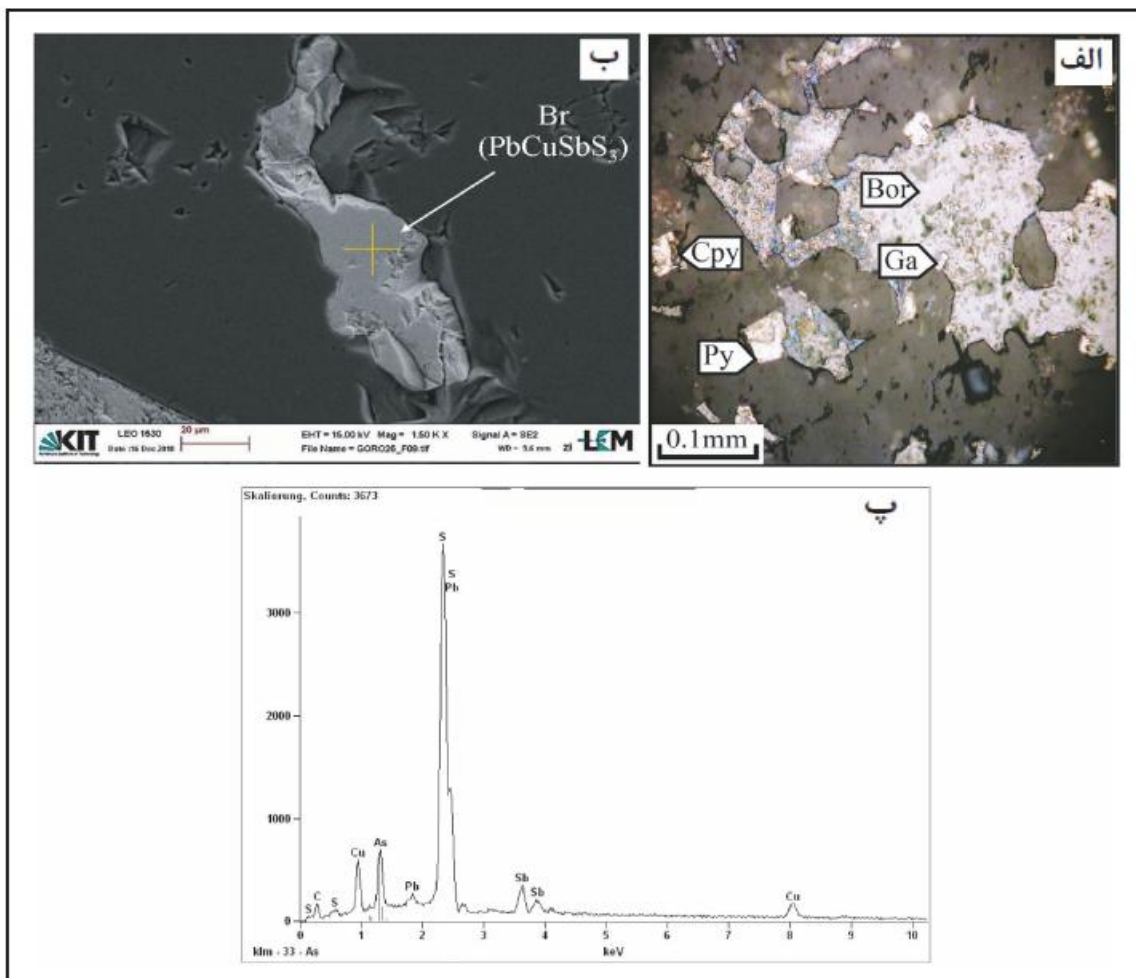
شکل ۵- پیریت دگرسان شده به هماتیت و گوئیت (نور بازتابی)؛ ب) پیریت اکسیده شده که در آن هماتیت در حواشی و بقایای پیریت در مرکز دیده می شود (نور بازتابی)؛ پ) تصویر SEM از یک پیریت نیمه خود شکل با مفادیر آرسنیک درون کوارتز؛ ت) طیف EDS مربوط به کانی پیریت.



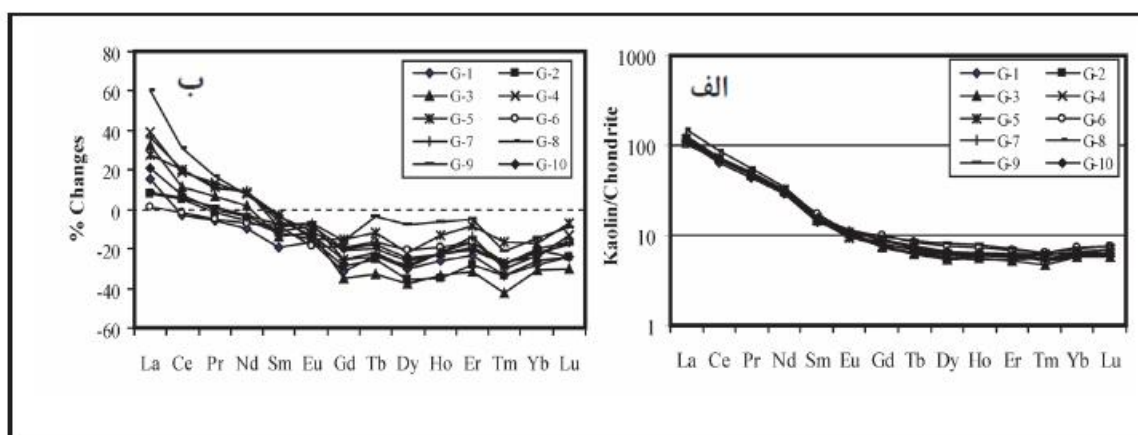
شکل ۶- الف) تصویر ماکروسکوپی از کانی‌سازی استینیت در رگه سیلیسی موجود در پینده دگرسانی آرزلیک؛ ب) تصویر میکروسکوپی از کانی‌سازی استینیت (St) در رگه سیلیسی (نور بازتابی)؛ پ) تصویر SEM از کانی‌سازی دانه پراکنده استینیت؛ ت) طیف EDS مربوط به کانی استینیت.



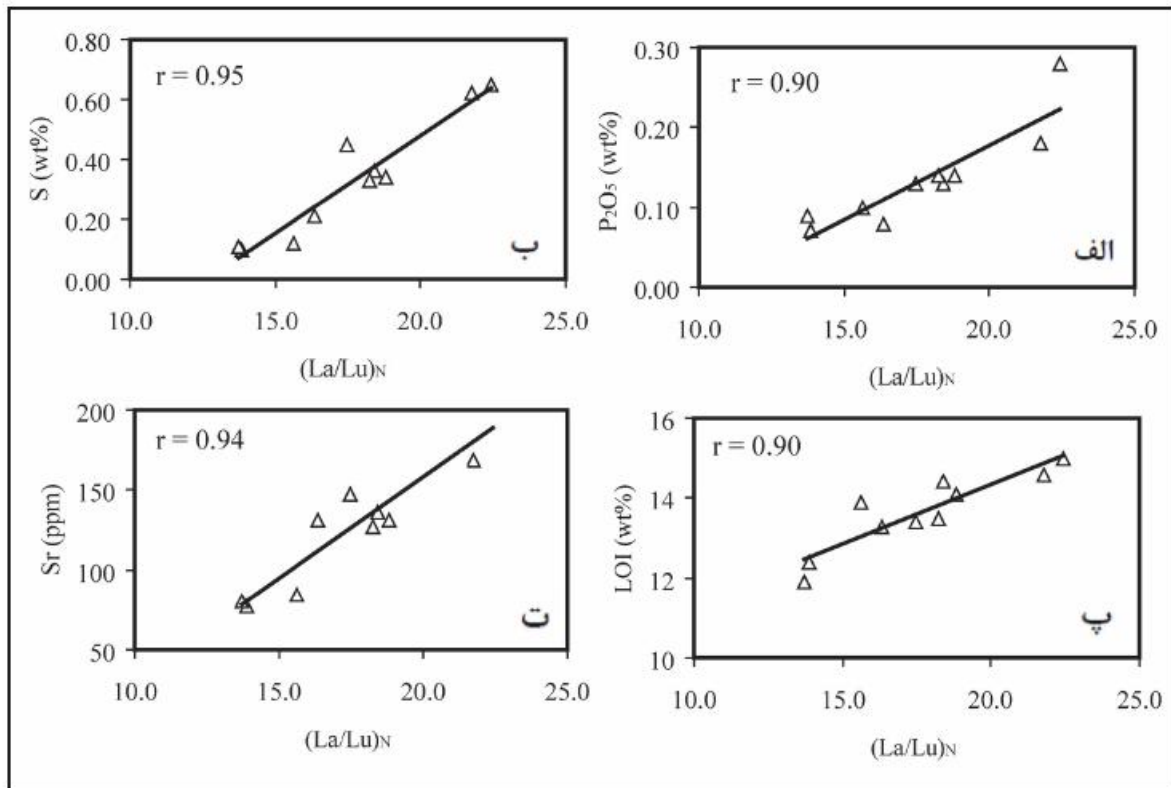
شکل ۷- الف) کانی‌سازی گالن (Ga) و اسفالریت (Sph) در رگه سیلیسی (نور بازتابی)؛ ب) تصویر SEM از کانی‌سازی گالن و اسفالریت در رگه سیلیسی؛ پ) طیف EDS مربوط به کانی گالن؛ ت) طیف EDS مربوط به کانی اسفالریت.



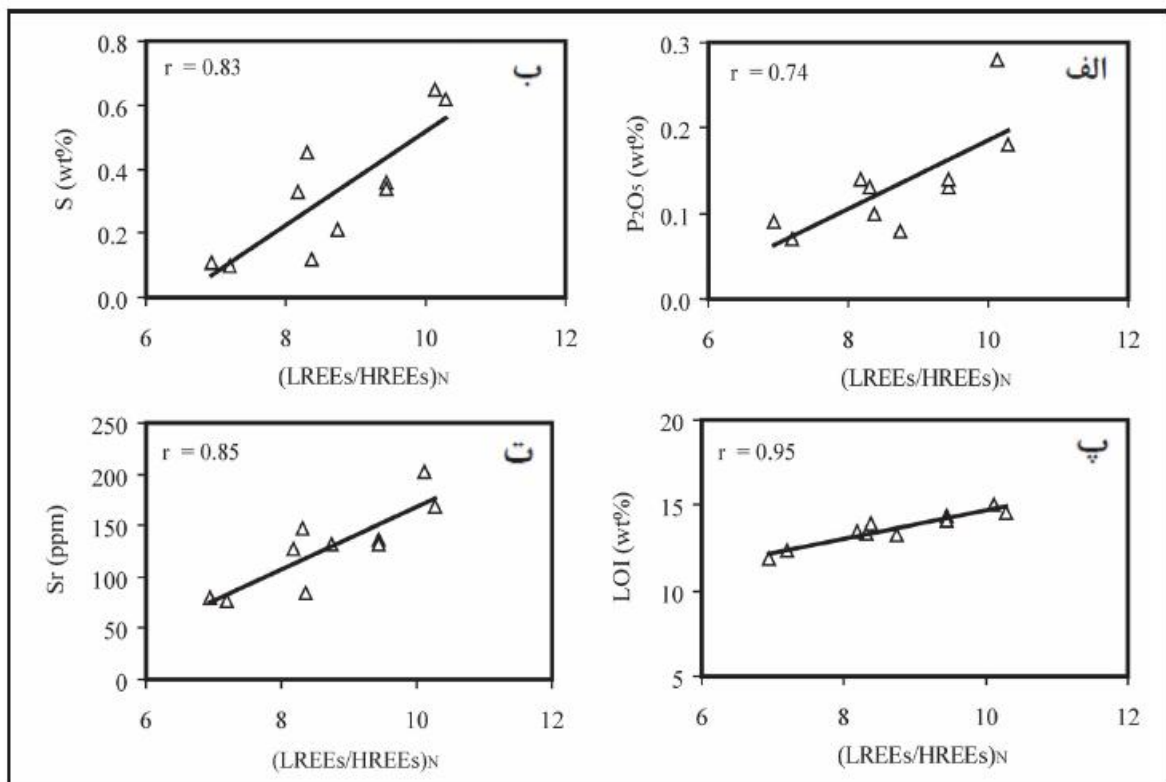
شکل ۸- الف) تصویر میکروسکوپی از کانی سازی بورونیت (Bor)، گالن (Ga)، کالکوپیریت (Cpy) و پیریت (Py) در یکت زمینه سیلیسی (نور بازتابی)؛ ب) تصویر SEM از کانی سازی بورونیت در رگه سیلیسی؛ پ) طیف EDS مربوط به کانی بورونیت.



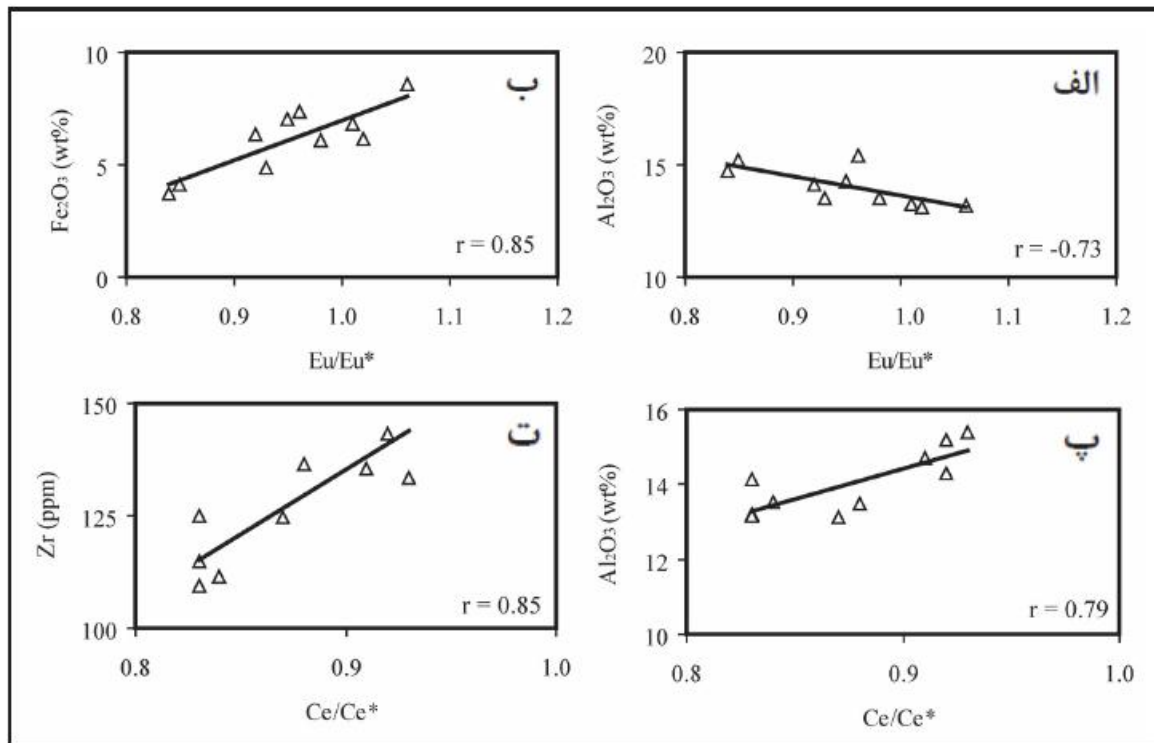
شکل ۹- الف) الگوی توزیع عناصر خاکی کمیاب بهنجار شده با کندریت برای نمونه های مورد مطالعه؛ ب) نمودار تغییرات جرم عناصر خاکی کمیاب برای نمونه های کانولینه با فرض Sc به عنوان عنصر شاخص کم تحرک.



شکل ۱۰- نمودارهای دومتغیره: الف) $(La/Lu)_N - P_2O_5$ (ب) $(La/Lu)_N - S$ (پ) $(La/Lu)_N - LOI$ (ت) $(La/Lu)_N - Sr$ برای نمونه‌های کانولینیزه گورگور.



شکل ۱۱- نمودارهای دومتغیره: الف) $(LREEs/HREEs)_N - P_2O_5$ (ب) $(LREEs/HREEs)_N - S$ (پ) $(LREEs/HREEs)_N - LOI$ (ت) $(LREEs/HREEs)_N - Sr$ برای نمونه‌های کانولینیزه گورگور.



شکل ۱۲- نمودارهای دو متغیره: الف) Al_2O_3 - Eu/Eu^* ، ب) Fe_2O_3 - Eu/Eu^* ، پ) Al_2O_3 - Ce/Ce^* ، ت) Zr - Ce/Ce^* برای نمونه های کانولیزه گورگور.

جدول ۱- نتایج تجزیه های پراش پرتو ایکس (XRD) در نمونه های مربوط به پهنه دگرسانی آرزلیک در منطقه گورگور.

ردیف	شماره نمونه	فازهای اصلی	فازهای فرعی
۱	G-2	کانولینیت، کوارتز، چاروسیت	آلیت، مسکویت-ایلیت، آنازاکلریت، گوتیت، هماتیت
۲	G-3	کانولینیت، کوارتز	چاروسیت، اورتوکلان، آلیت، مسکویت-ایلیت
۳	G-6	کانولینیت، کوارتز	آلیت، مسکویت-ایلیت، مونت موریلونیت، کلسیت
۴	G-7	کانولینیت، کوارتز	آلیت، اورتوکلان، گوتیت، هماتیت
۵	G-9	کانولینیت، کوارتز	آلیت، مسکویت-ایلیت، اورتوکلان، کلریت
۶	G-10	کانولینیت، کوارتز	چاروسیت، اورتوکلان، مسکویت-ایلیت، آلیت

جدول ۲- نتایج تجزیه‌های شیمیایی ICP-ES و ICP-MS نمونه‌های کانولینیزه و سنگ‌های آذرین آندزیتی منطقه گورگور.

Sample No	A-1	A-2	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10
	Andesite		Kaolinized samples									
SiO ₂ (wt %)	۶۲/۳۱	۶۲/۱۴	۶۰/۴۶	۵۶/۷۴	۵۶/۴۵	۶۰/۳۴	۶۰/۸۷	۶۰/۳۴	۶۰/۵۱	۵۷/۷۱	۶۰/۰۲	۵۹/۰۲
Al ₂ O ₃	۱۴/۵۱	۱۴/۴۴	۱۳/۲۲	۱۵/۴۰	۱۳/۱۶	۱۳/۵۳	۱۴/۷۲	۱۵/۱۷	۱۳/۱۲	۱۴/۱۲	۱۴/۲۹	۱۳/۴۸
Fe ₂ O ₃	۵/۳۱	۴/۶۵	۶/۸۱	۷/۳۴	۸/۵۵	۴/۸۸	۳/۷۱	۴/۱۵	۶/۱۷	۶/۳۵	۷/۰۶	۶/۰۷
MgO	۲/۱۶	۱/۸۵	-/۴۲	-/۵	-/۴۲	-/۵۱	-/۶۱	-/۶۷	-/۵۶	-/۵۸	-/۵۵	-/۵۵
CaO	۳/۱۶	۲/۴۳	-/۰۵	-/۰۷	-/۰۶	-/۱۵	-/۲۰	-/۲۴	-/۱۹	-/۱۴	-/۰۷	-/۲۰
Na ₂ O	۴/۳۶	۵/۱۸	-/۱۹	-/۸۵	-/۳۹	-/۲۵	-/۳۴	-/۲۹	-/۵۳	-/۲۴	-/۳۲	-/۱۶
K ₂ O	۲/۶	۳/۶۸	۳/۵۴	۴/۳۴	۳/۶۶	۳/۸	۴/۱۴	۴/۱	۳/۶۲	۳/۵۶	۳/۸۲	۳/۶۸
TiO ₂	-/۵۲	-/۵۳	-/۴۴	-/۵۹	-/۴۷	-/۴۹	-/۵۷	-/۵۷	-/۴۷	-/۵۱	-/۴۹	-/۵۰
P ₂ O ₅	-/۱۸	-/۱۸	-/۱۳	-/۰۸	-/۱۸	-/۱۳	-/۱۰	-/۰۷	-/۱۴	-/۲۸	-/۰۹	-/۱۴
MnO	-/۱۵	-/۰۸	-/۳	-/۴۸	۱/۰۸	-/۴۴	-/۱۲	-/۴۷	-/۰۸	-/۲۰	-/۴۹	-/۰۹
TOT/C	-/۰۲	-/۰۲	-/۰۴	-/۰۳	-/۰۴	-/۱۱	-/۱۴	-/۱۹	-/۱۶	-/۱۲	-/۰۶	-/۰۹
TOT/S	-/۰۲	-/۰۳	-/۴۵	-/۲۱	-/۶۲	-/۳۶	-/۱۲	-/۱۰	-/۳۴	-/۶۵	-/۱۱	-/۳۳
LOI	۱/۵	۱/۱	۱۳/۴	۱۳/۳	۱۴/۶	۱۴/۴	۱۳/۹	۱۳/۴	۱۴/۱	۱۵/۰۰	۱۱/۹	۱۳/۵
Sum	۹۹/۸۱	۹۹/۸۱	۹۹/۸۴	۹۹/۹۳	۹۹/۶۸	۹۹/۳۹	۹۹/۵۴	۹۹/۲۶	۹۹/۹۹	۹۹/۶۶	۹۹/۳۷	۹۹/۳۸
Sc (ppm)	۱۱	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱	۱۰	۱۰	۱۲	۱۰	۱۱	۱۱	۱۱
Ba	۸۰۳	۷۸۸	۴۱۶	۶۴۶	۴۴۰	۳۸۹	۳۱۰	۴۱۸	۴۲۱	۵۹۰	۶۱۶	۵۰۴
Hf	۹/۳	۴/۲	۳/۵	۴/۲	۳/۲	۴/۴	۳/۸	۳/۹	۴/۵	۳/۹	۳/۹	۳/۶
Nb	۹/۵	۱۰/۳	۸	۹/۸	۸	۸/۵	۹/۹	۹/۲	۸/۲	۹/۵	۸/۷	۸/۷
Sr	۳۸۰/۷	۳۲۹/۳	۱۴۷/۴	۱۳۱/۳	۱۶۸/۵	۱۳۶/۳	۸۴/۴	۷۷/۴	۱۳۱/۳	۲۰۲/۴	۸۰/۲	۱۲۶/۸
Th	۲۰	۲۱/۱	۱۵/۹	۱۸/۸	۱۵/۷	۱۵/۶	۱۶/۵	۱۷/۸	۱۵/۶	۱۷	۱۹	۱۲/۴
Zr	۱۴۹/۵	۱۵۹/۲	۱۲۴/۹	۱۳۳/۵	۱۰۹/۳	۱۱۱/۴	۱۳۵/۴	۱۵۰/۳	۱۲۴/۵	۱۱۵/۰	۱۴۲/۳	۱۳۶/۶
Cu	۱۱/۴	۸/۸	۶۳۲/۲	۴۸۵/۵	۷۵۱/۴	۳۰۱/۲	۲۳۸/۱	۲۵۱/۳	۳۳۳/۷	۵۰۲/۴	۵۶۰/۶	۲۰۰/۸
Pb	۷۸۹	۱۲/۳	۱۰۰۰۰	۷۴۸۸	۱۰۰۰۰	۵۹۱۷	۳۵۴۵	۳۸۷۰	۷۷۹۵	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰	۱۰۰۰۰
Zn	۶۹	۳۰	۴۴۰	۳۹۷	۴۹۰	۳۹۲	۲۷۷	۱۰۵۹	۳۱۱	۲۹۸	۴۱۹	۴۲۱
As	۲۳	۱۹/۷	۳۰۵۱	۲۳۱۲	۴۲۵۰	۱۹۰۵	۱۲۵۲	۱۳۴۱	۲۰۲۲	۳۱۱۸	۲۲۶۷	۲۷۱۳
Sb	۹/۲	۱/۹	۲۰۰۰	۴۶۳	۲۰۰۰	۷۴۶/۵	۵۲۲/۵	۵۱۱/۲	۱۳۲۶	۱۵۱۶	۴۸۳/۸	۲۰۰۰
Y	۱۸/۳	۱۹/۳	۱۲/۷	۱۲/۰	۱۱/۶	۱۲/۵	۱۳/۷	۱۶/۴	۱۲/۲	۱۴/۱	۱۶/۷	۱۴/۴
La	۳۳/۸	۳۲/۹	۴۰/۴	۳۷/۸	۴۶/۳	۴۴/۳	۴۰/۵	۳۸/۵	۴۳/۵	۵۶	۳۸/۱	۴۲/۲
Ce	۵۹/۸	۶۱/۳	۶۱/۷	۶۶/۸	۷۰/۵	۶۸/۴	۶۹/۴	۶۸/۲	۶۹/۳	۸۳/۴	۶۷/۱	۶۸/۳
Pr	۶۰/۹	۶/۴۲	۶/۲۴	۶/۴۹	۷/۰۲	۶/۸	۶/۶۷	۶/۸۲	۶/۶۵	۷/۷۱	۶/۶۹	۶/۵۹
Nd	۲۰/۲	۲۲/۲	۲۰/۶	۲۱/۵	۲۲/۲	۲۲/۳	۲۲/۵	۲۲/۱	۲۲/۶	۲۴/۴	۲۲/۱	۲۱/۹
Sm	۳/۵۴	۳/۹۵	۳/۲	۳/۴۹	۳/۴۲	۳/۳۹	۳/۴۹	۳/۹۶	۳/۲۸	۳/۸۳	۳/۶۶	۳/۵۳
Eu	۱/۰۳	۱/۰۱	-/۹۲	-/۹۳	-/۹۷	-/۸۷	-/۸۵	-/۹۸	-/۹۳	-/۹۸	۱/۰۲	۱/۰۱
Gd	۳/۲	۳/۶۱	۲/۴۲	۲/۵۲	۲/۳	۲/۳۹	۲/۷۲	۳/۱	۲/۳۹	۲/۷۹	۲/۹۷	۲/۸۲
Tb	-/۵۲	-/۵۷	-/۴۲	-/۴۱	-/۳۷	-/۳۸	-/۴۴	-/۵	-/۳۹	-/۴۴	-/۵۳	-/۴۵
Dy	۳/۰۱	۳/۲۸	۲/۳	۲/۱۳	۲/۰۷	۲/۱۵	۲/۳۴	۲/۸۵	۲/۱۱	۲/۴۵	۲/۰۴	۲/۴۹
Ho	-/۶۶	-/۶۵	-/۴۹	-/۴۳	-/۴۴	-/۴۷	-/۵۲	-/۵۸	-/۴۷	-/۵۱	-/۶۲	-/۵۱
Er	۱/۷۴	۱/۹۳	۱/۴۴	۱/۳۵	۱/۲۸	۱/۴۲	۱/۵۶	۱/۷۱	۱/۴۷	۱/۵۱	۱/۸۸	۱/۴۹
Tm	-/۲۹	-/۳۱	-/۲۲	-/۲۲	-/۱۹	-/۲۲	-/۲۵	-/۲۶	-/۲۱	-/۲۴	-/۲۶	-/۲۴
Yb	۱/۹۴	۲/۰۸	۱/۵۱	۱/۵۵	۱/۴۴	۱/۴۵	۱/۵۷	۱/۸۳	۱/۴۶	۱/۶۳	۱/۷۹	۱/۶۶
Lu	-/۳۲	-/۳۳	-/۲۵	-/۲۵	-/۲۳	-/۲۶	-/۲۸	-/۳	-/۲۵	-/۲۷	-/۳	-/۲۵

جدول ۳- نسبت های عنصری در نمونه های مربوط به سنگ های آذرزیتی و پهنه های کانولیزه در منطقه گورگور.

	A-1	A-2	G-1	G-2	G-3	G-4	G-5	G-6	G-7	G-8	G-9	G-10
LREE _{La-Eu}	۱۲۷/۶۶	۱۲۲/۳۹	۱۲۵/۴۸	۱۳۹/۵۲	۱۵۲/۷۱	۱۴۸/۴۵	۱۴۶/۱۲	۱۴۴/۶۶	۱۴۸/۶۵	۱۷۹/۱۱	۱۴۶/۶۴	۱۴۶/۳۵
HREE _{Gd-Lu}	۱۱/۶۸	۱۲/۷۶	۹/۰۵	۸/۸۶	۸/۳۲	۸/۷۴	۹/۶۸	۱۱/۱۲	۸/۷۵	۹/۸۴	۱۱/۲۹	۹/۹۱
REEs	۱۳۶/۱۴	۱۴۱/۵۴	۱۴۲/۱۱	۱۴۵/۸۷	۱۵۹/۸۳	۱۵۴/۸۰	۱۵۳/۰۹	۱۵۲/۶۹	۱۵۵/۰۱	۱۸۶/۱۶	۱۴۹/۹۶	۱۵۳/۴۴
(La/Lu) _N	۱۱/۴۲	۱۰/۷۸	۱۷/۴۷	۱۶/۳۵	۲۱/۷۶	۱۸/۴۲	۱۵/۶۴	۱۲/۸۷	۱۸/۸۱	۲۲/۴۲	۱۳/۸۳	۱۸/۲۵
La+Ce+Y	۱۱۱/۹	۱۱۲/۵	۱۱۴/۸	۱۱۶/۶	۱۲۸/۴	۱۲۵/۲	۱۲۲/۶	۱۲۳/۱	۱۲۵/۰	۱۵۲/۵	۱۲۱/۹	۱۲۴/۹
Eu/Eu*	۰/۹۴	۰/۸۲	۱/۰۱	۰/۹۶	۱/۰۶	۰/۸۳	۰/۸۴	۰/۸۷	۱/۰۲	۰/۹۲	۰/۹۵	۰/۹۸
Ce/Ce*	۰/۹۲	۰/۹۴	۰/۸۳	۰/۹۳	۰/۸۲	۰/۸۴	۰/۸۱	۰/۹۲	۰/۸۷	۰/۸۳	۰/۹۲	۰/۸۸
(LREEs/HREEs) _N	۶/۰۲	۵/۷۰	۸/۳۱	۸/۷۴	۱۰/۲۸	۹/۴۴	۸/۳۷	۷/۱۹	۹/۴۴	۱۰/۱۲	۶/۹۴	۸/۱۸

جدول ۴- ضرایب همبستگی پیرسون میان برخی از عناصر و نسبت های عنصری در نمونه های کانولیزه.

	Al	Fe	P	S	LOI	Sr	Zr	LREEs	HREEs	(La/Lu) _x	Eu/Eu*	Ce/Ce*	(LREEs/HREEs) _x
Al	۱/۰۰												
Fe	-۰/۳۵	۱/۰۰											
P	-۰/۴۵	-۰/۳۰	۱/۰۰										
S	-۰/۶۲	-۰/۵۳	-۰/۸۸	۱/۰۰									
LOI	-۰/۴۶	-۰/۱۰	-۰/۷۷	-۰/۷۸	۱/۰۰								
Sr	-۰/۴۸	-۰/۵۳	-۰/۸۸	-۰/۹۶	-۰/۸۰	۱/۰۰							
Zr	-۰/۶۳	-۰/۳۹	-۰/۷۰	-۰/۸۵	-۰/۸۷	-۰/۸۳	۱/۰۰						
LREEs	-۰/۱۱	-۰/۰۴	-۰/۹۵	-۰/۶۴	-۰/۶۷	-۰/۶۶	-۰/۴۹	۱/۰۰					
HREEs	-۰/۴۹	-۰/۳۶	-۰/۲۸	-۰/۵۷	-۰/۷۳	-۰/۶۰	-۰/۷۹	-۰/۰۴	۱/۰۰				
(La/Lu) _x	-۰/۵۹	-۰/۴۲	-۰/۹۰	-۰/۹۵	-۰/۹۰	-۰/۹۴	-۰/۸۷	-۰/۷۲	-۰/۶۴	۱/۰۰			
Eu/Eu*	-۰/۷۳	-۰/۸۵	-۰/۲۸	-۰/۵۸	-۰/۲۵	-۰/۵۲	-۰/۵۱	-۰/۰۸	-۰/۵۹	-۰/۵۲	۱/۰۰		
Ce/Ce*	-۰/۷۹	-۰/۳۱	-۰/۷۶	-۰/۹۱	-۰/۷۴	-۰/۸۱	-۰/۸۶	-۰/۴۷	-۰/۵۶	-۰/۸۳	-۰/۵۱	۱/۰۰	
(LREEs/HREEs) _x	-۰/۴۷	-۰/۳۴	-۰/۷۴	-۰/۸۳	-۰/۹۵	-۰/۸۵	-۰/۹۲	-۰/۶۳	-۰/۸۰	-۰/۹۳	-۰/۴۴	-۰/۷۲	۱/۰۰

کتابنکاری

ارویی، ع.، ۱۳۹۱. کانی‌شناسی و ژئوشیمی زون‌های دگرسان و مینرالیزه منطقه گورگور (شمال غرب تکاب، استان آذربایجان غربی). رساله کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی دانشگاه ارومیه، ۱۳۸ ص.

References

- Abedini, A. and Calagari, A. A., 2015- Geochemical characteristics of the Abgharm kaolin deposit, NW Iran. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie- Abhandlungen* 278 (3): 125-139.
- Arslan, M., Kadir, S., Abdioglu, E. and Kolayli, H., 2006- Origin and formation of kaolin minerals in saprolite of Tertiary alkaline volcanic rocks, Eastern Pontides, NE Turkey. *Clay Minerals* 41: 597-617.
- Asadi, H. H., Voncken, J. H. L., Kühnel, R. A. and Hale, M., 2000- Petrography, mineralogy and geochemistry of the Zarshouran Carlin-like gold deposit, northwest Iran. *Mineralium Deposita* 35: 656-671.
- Boni, M., Gilg, H. A., Balassone, G., Schneider, J., Allen, C. R. and Moore, F., 2007- Hypogene Zn carbonate ores in the Angouran deposit, NW Iran. *Mineralium Deposita* 42: 799-820.
- Boni, M., Gilg, H. A., Balassone, G., Schneider, J., Allen, C. R. and Moore, F., 2004- Environmental geochemistry of Zarshuran Au-As deposit, NW Iran. *Environmental Geology* 46: 796-807.
- Daliran, F. and Walther, J., 2000- A comparative study of the sediment-hosted gold deposits of Agdarreh and Zarshouran at N-Takab geothermal field, NW Iran. Part II: Fluid inclusion study. *European Journal of Mineralogy* 12: 1-32.
- Daliran, F., 2008- The carbonate rock-hosted epithermal gold deposit of Agdarreh, Takab geothermal field, NW Iran-hydrothermal alteration and mineralization. *Mineralium Deposita* 43: 383-404.
- Dill, H. G., Bosse, H. R., Henning, K. H., Fricke, A. and Ahrendt, H., 1997- Mineralogical and chemical variations in hypogene and supergene kaolin deposits in a mobile fold belt of the Central Andes of northwestern Peru. *Mineralium Deposita* 32: 149-163.
- Fulginiti, P., Gioncada, A. and Sbrana, A., 1999- Rare earth element (REE) behaviour in the alteration facies of the active magmatic-hydrothermal system of Vulcano (Aeolian Islands, Italy). *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 88: 325-342.
- Ghorbani, M., 2013- The Economic Geology of Iran: Mineral Deposits and Natural Resources. Springer, 1-569.
- Gilg, H. A., Boni, M., Balassone, G., Allen, C. R., Banks, D. and Moore, F., 2006- Marble-hosted sulfide ores in the Angouran Zn (Pb-Ag) deposit, NW Iran: Interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. *Mineralium Deposita* 41: 1-16.
- Grecco, L. E., Marfil, S. A. and Maiza P. J., 2012- Mineralogy and geochemistry of hydrothermal kaolins from the Adelita mine, Patagonia (Argentina); relation to other mineralization in the area. *Clay Minerals* 47: 131-146.
- Kadir, S. and Erkoyun, H., 2013- Genesis of the hydrothermal Karaçayir kaolinite deposit in Miocene volcanics and Palaeozoic metamorphic rocks of the Usak-Güre Basin, western Turkey. *Turkish Journal of Earth Sciences* 22: 444-468.
- Kadir, S., Kulah, T., Eran, M., Önagil, N. and Gurel, A., 2014- Mineralogical and geochemical characteristics and genesis of the Gözelyurt alunite-bearing kaolinite deposit within the late Miocene Gördeles ignimbrite, central Anatolia, Turkey. *Clays and Clay Minerals* 62: 477-499.
- Karakaya, N., 2009- REE and HFS element behaviour in the alteration facies of the Erenler Dağı Volcanics (Konya, Turkey) and kaolinite occurrence. *Journal of Geochemical Exploration* 101: 185-208.
- Mehrabi, B., Yardley, B. W. D. and Cann, J. R., 1999- Sediment-hosted disseminated gold mineralisation at Zarshuran, NW Iran. *Mineralium Deposita* 34: 673-696.
- Modaberi, S. and Moore, F., 2004- Environmental geochemistry of Zarshuran Au-As deposit, NW Iran. *Environmental Geology* 46: 796-807.
- Nesbitt, H. W. and Markovics, G., 1997- Weathering of granodioritic crust, long-term storage of elements in weathering profiles, and petrogenesis of siliciclastic sediments. *Geochimica et Cosmochimica Acta* 61: 1653-1670.
- Stocklin, J., 1968- Structural history and tectonics of Iran: A review. *Bulletin-American Association of Petroleum Geologists*, 52: 1258-1299.
- Taylor, Y. and McLennan, S. M., 1985- The continental crust: Its composition and evolution. 1st ed. Oxford, UK: Blackwell.
- Whitney, D. L. and Evans, B. W., 2010- Abbreviations for names of rock-forming minerals. *American Mineralogist* 95: 85-187.

Mineralogy and REEs geochemistry of kaolinized zones of the Goorgoor area, North of Takab, NW Iran

A. Abedini^{1*}, A. Oroji² and A. A. Calagari³

¹Associate Professor, Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

²M.Sc., Geology Department, Faculty of Sciences, Urmia University, Urmia, Iran

³Professor, Department of Earth Sciences, Faculty of Natural Sciences, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 2016 January 12

Accepted: 2016 July 18

Abstract

The kaolinized zones of the Goorgoor area (north of Takab, West-Azarbaidjan province) are alteration products of andesitic rocks of Miocene age in northwest of Iran. Based on the mineralogical studies, kaolinite, quartz, jarosite, montmorillonite, albite, muscovite-illite, anatase, chlorite, orthoclase, calcite, goethite and hematite are mineral phases in these zones. The silicic veins existing within these zones include metallic minerals such as pyrite, chalcopyrite, galena, sphalerite, bornonite, and stibnite. The mass change calculations of rare earth elements (REEs), with assumption of Sc as a monitor immobile element, reveal that development of kaolinization processes were accompanied by enrichment-depletion of La-Nd and depletion of Sm-Lu. Geochemical analyses show that the degree of differentiation of Al from Fe and destruction of zircon by hydrothermal fluids are the most important controlling factors for variation of Eu (0.84-1.06) and Ce (0.83-0.93) anomalies in these zones, respectively. Positive and strong correlations of (La/Lu)_N and (LREEs/HREEs)_N values with components such as P, S, LOI, and Sr establish the effective role of hypogene solutions in progression of kaolinization processes. The combination of the obtained results from mineralogical and geochemical investigations suggest that changes in chemistry of altering solutions (e.g., pH and Eh) and diversity in type of fixing minerals are two key factors affecting differentiation and distribution of REEs in the kaolinized zones at Goorgoor.

Keywords: Geochemistry, REEs, Kaolinized zones, Mineralogical variation, Goorgoor, Iran.

For Persian Version see pages 3 to 14

*Corresponding author: A. Abedini; E-mail: abedini2020@yahoo.com