

زمین شیمی عناصر نادر خاکی کانی فلوریت در کانسارهای فلوریت البرز مرکزی

قربان وهاب‌زاده^{۱*}، احمد خاکزاد^۲، ایرج رساء^۳ و میر رضا موسوی^۲

۱- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۲- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد علوم و تحقیقات

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران

نویسنده مسئول: Gh.Vahabzadeh@sanru.ac.ir*

دریافت: ۹۲/۶/۱۲ پذیرش: ۹۳/۲/۲۱

چکیده

کانی‌سازی فلوریت در البرز مرکزی در سازندهای الیکا و تیزکوه رخداده و ژنز این کانسارها از اپی‌ژنتیک تا رسوبی- دیاژنتیک در نظر گرفته شده است. بر اساس نتایج حاصله در این تحقیق، کلیه فلوریت‌های رسوبی- دیاژنتیک و اپی‌ژنتیک دارای الگوی به‌هم‌چسبان شده مشابهی بوده و فلوریت اپی‌ژنتیک از انحلال، انتقال و تحرک مجدد فلوریت‌های قبلی (رسوبی- دیاژنتیک) منشاء گرفته‌اند. به دلیل تشابه در الگوی به‌هم‌چسبان شده فلوریت و سنگ میزبان آهکی کانسار امانت (سازند تیزکوه) و عدم تشابه این الگو با سنگ‌های آذرین اطراف کانسار، این عنصر از سنگ آذرین منشاء نگرفته، بلکه از سنگ آهکی میزبان تامین شده است. در کانسار فلوریت کم‌ریشتمقدار عناصر نادر خاکی به‌طور مشخصی از رگه فلوریت به‌هاله دگرسانی و بازالت سالم اطراف زیادتر می‌شود، به طوری که بیش‌ترین مقدار عناصر نادر خاکی در بازالت‌ها و کمترین آن در فلوریت اندازه‌گیری شده است. علاوه بر این، بین الگوی به‌هم‌چسبان شده بازالت، هاله دگرسانی و رگه فلوریت در کانسار کم‌ریشتمقدار تشابه کاملی وجود دارد که مبین شستشو و خروج عناصر نادر خاکی از سنگ بازالت به رگه فلوریت است. عدم تشابه در الگوی به‌هم‌چسبان شده شیل‌های سیاه‌رنگ و ماسه‌سنگ‌سازند شمشک و کانی فلوریت منطقه می‌رساند که این سنگ‌ها منشاء عنصر فلوریت نبوده‌اند. این نتیجه‌گیری توسط مقدار کم عناصر نادر خاکی در این سنگ‌ها حمایت می‌شود. به دلیل وجود آنومالی منفی Eu و مثبت برای Ce، محیط تشکیل فلوریت در سازند الیکا احیایی بوده است.

واژه‌های کلیدی: عناصر نادر خاکی، کانسار فلوریت، البرز مرکزی.

مقدمه

سنگ میزبان جهت بررسی عوامل فیزیکوشیمیایی ته‌نشست کانی فلوریت مورد استفاده قرار گرفته است [۲]. از آنجایی که شعاع اتمی عناصر نادر خاکی (REE) به شعاع اتمی عنصر کلسیم نزدیک است، جانشینی اتمی بین آن‌ها به‌خصوص در دو کانی فلوریت و کلسیت صورت می‌گیرد. بنابراین مطالعه عناصر نادر خاکی به ابزار قوی ژئوشیمیایی جهت تعیین ژنز کانسارهای حاوی این کانی‌ها تبدیل شده است [۹]. چون کانسارهای فلوریت در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی یافت می‌شوند، در این مقاله با اندازه‌گیری مقدار REE کانی فلوریت در کانسارهای فلوریت (باریت، سرب و روی) البرز مرکزی، در مورد ویژگی‌های ژئوشیمیایی و محیط تشکیل این کانسارها بحث شده است [۱۸، ۱۹]. جنبه‌های مختلف کانسارهای فلوریت البرز مرکزی توسط محققین مطالعه شده‌اند، ولی عناصر نادر خاکی در کانی فلوریت این کانسارها جهت تعیین منشاء آن‌ها تاکنون بررسی

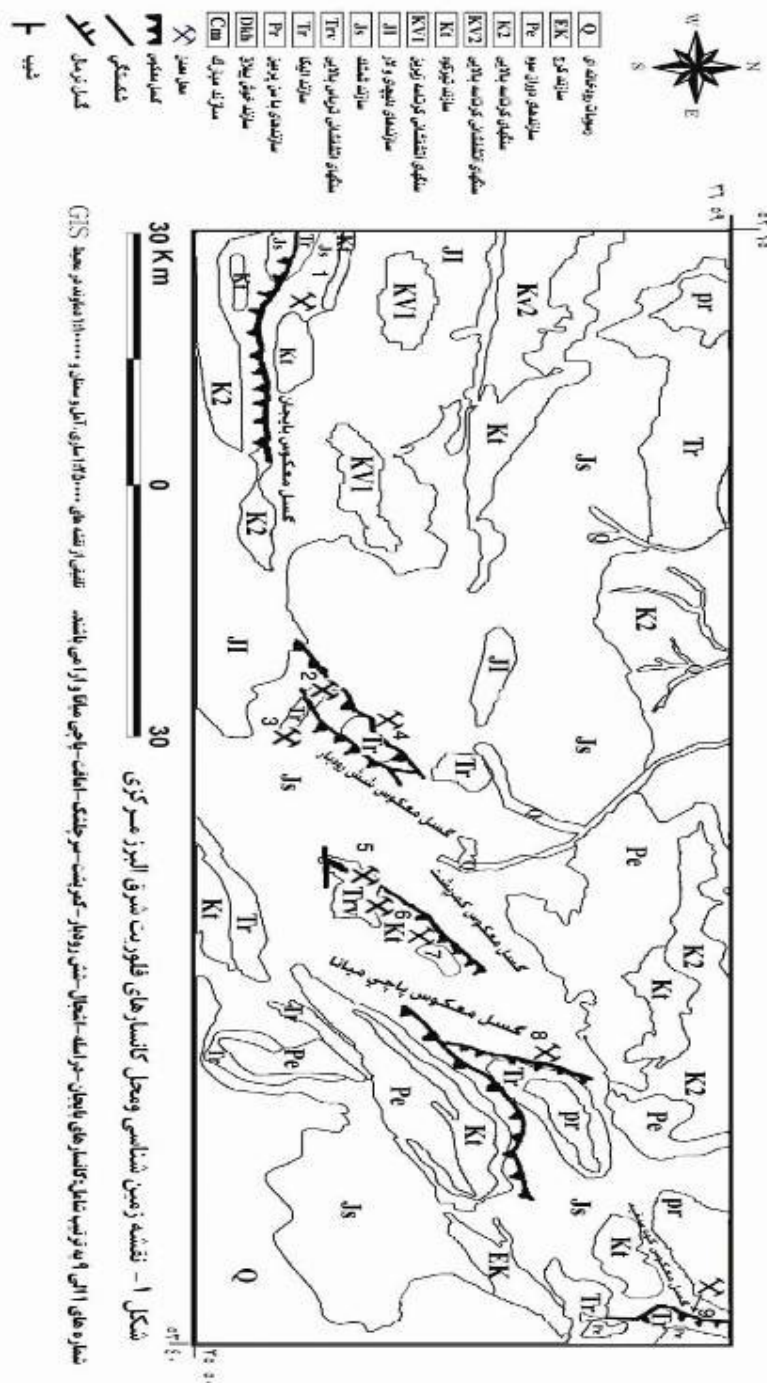
کانی فلوریت دارای ترکیب شیمیایی فلورید کلسیم (CaF_2) است. این کانی منبع اصلی عنصر فلوریت بوده و ممکن است به‌صورت رگه‌ای (به‌خصوص به‌همراه کانی‌های فلزی) یافت گردد که در این حالت اغلب بخشی از باطله را تشکیل می‌دهد. این کانی معمولاً با گالن، اسفالریت، باریت، کوارتز و کلسیت همراهی می‌شود. فلوریت کانی رایج در کانسارهای هیدروترمالی بوده و به عنوان یک کانی اولیه در گرانیته‌ها و تشکیل‌دهنده جزئی در سنگ‌های دولومیتی و آهکی می‌باشد. این کانی در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی دارای الگوهای ژئوشیمیایی متفاوتی بوده که بیانگر نوع کانسار و سنگ میزبان است. ترکیب عناصر جزئی فلوریت در کانسارهای هیدروترمالی به منظور تشخیص منابع سیال، ارزیابی مکانیسم‌های ته‌نشست، ارائه مدل‌های زایشی و به عنوان یک ابزار اکتشافی به کار می‌رود. در این مقاله عناصر نادر خاکی کانی فلوریت، سنگ‌های آذرین اطراف کانسارها و

چندین درزه و گسل از ماده معدنی پر گردید. دایک دیابازی محدوده کانسار نیز دارای امتداد درزه‌ها بوده و با رگه‌های فلوریت موازی می‌باشد. مطالعه مقطع نازک دایک بیانگر تجزیه شدید کانی‌ها و تبدیل آن‌ها به کائولینیت و اکسیدهای آهن بوده و لیتولوژی آن دیابازی و کانی‌های اصلی آن آنورتیت، آلبیت، کوارتز و بیوتیت است. کانسارهای کم‌رپشت و سرچلشک در منتهی‌الی شمال‌غربی نقشه ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین‌شناسی سمنان قرار دارند. در این منطقه سازندهای الیکا، شمشک و هم‌چنین سنگ‌های آتشفشانی از نوع بازالت (ملافیر) به سن تریاس فوقانی - ژوراسیک پایینی رخنمون دارند. عنصر ساختاری منطقه تاقدیس نسبتاً بزرگی است که امتداد کلی آن شمال‌شرقی - جنوب‌غربی می‌باشد. هسته این تاقدیس از بخش‌های بالایی سازند الیکا تشکیل شده که یال جنوبی آن در اثر گسلش حذف گردید و لایه‌های یال شمالی آن شیب تندی در حدود ۷۵ درجه یا بیش‌تر را به سمت شمال‌غربی نشان می‌دهد [۳ و ۴]. در محدوده کانسار کم‌رپشت چندین گسل که کنترل‌کننده کانسار می‌باشند مشاهده می‌شود. این گسل‌ها به موازات هم و تقریباً روند شمال‌شرقی و جنوب‌غربی دارند و تمام تونل‌های استخراجی و اکتشافی کانسار فلوریت کم‌رپشت در امتداد این زون گسلی قرار دارند و از آن پیروی می‌کنند. در ۲/۵ کیلومتری شمال‌شرقی این محدوده کانسار فلوریت سرچلشک قرار دارد که توسط سازند غیر رسمی پالند به ضخامت ۸۰ متر با تناوبی از مارن رسی، لاتریت و گچ پوشیده می‌شود. بازالت آکالان و شیل‌های سیاه سازند شمشک در محدوده کانسارها دارای تماس گسلی هستند. سنگ میزبان کانسار امافت سازند تیزکوه با سن کرتاسه بالایی بوده که از نظر سنی در مجموعه کانسارهای فلوریت شرق البرز مرکزی یک استثناء به شمار می‌رود. ناودیس بزرگ امافت تحت تاثیر گسل‌های اطراف حالت خمیده به خود گرفته و در راستای محور ناودیس به شدت خرد و خم گردیده به‌طوری‌که حداقل دو محور در این ناودیس قابل تشخیص است که محورهای آن به طور کامل بر هم منطبق نیستند. در اثر وجود نیروی فشاری، شکستگی‌ها و گسل‌های متقاطع با محور ناودیس در منطقه به وجود آمد که غالباً از فلوریت پر شده‌اند [۷ و ۸].

نشده است [۸]. کلیه کانسارهای فلوریت البرز مرکزی بجز کانسار امافت در درون سازند الیکا تشکیل شده‌اند. آهک ورمیکوله مربوط به بخش پایینی سازند الیکا فاقد کانی‌سازی فلوریت بوده ولی بخش میانی و بالایی این سازند که کانی‌سازی فلوریت در آن مشاهده می‌گردد، از دولومیت و آهک دولومیتی تشکیل شده است [۳]. در همه‌ی این کانسارها کانی فلوریت غالب بوده، ولی پارائزهای دیگر شامل باریت، سرب و روی از یک کانسار به کانسار دیگر تغییر می‌کند. به لحاظ ژنز ذخایر فلوریت با اشکال لایه‌ای، عدسی و ریتمیت‌های متبلور دیاژنزی (Diagenetic Crystallized Rhytmite) سازند الیکا را رسوبی - دیاژنتیک با سن تریاس میانی در نظر گرفته‌اند. برای ذخایر رگه‌ای و پرشدگی گسلی و فضای خالی درون سازندهای الیکا و تیزکوه (کانسار امافت) منشاء اپی‌ژنتیک پیشنهاد گردیده و تشکیل آن‌ها را به فاز کوهزایی لارامین (کرتاسه - پالئوسن) نسبت می‌دهند [۳، ۴ و ۱۰].

زمین‌شناسی محدوده کانسارهای فلوریت

منطقه مورد مطالعه با طول جغرافیایی ۱۵° ۵۲' الی ۴۰' ۵۳° و عرض جغرافیایی ۵۹° ۳۶' الی ۵° ۳۵' در شرق البرز مرکزی حد فاصل جاده‌های هراز در غرب و ساری - دامغان در شرق قرار دارد. در این منطقه ۹ کانسار فلوریت درون سازند الیکا به صورت زنجیره‌ای در طول نوار باریکی به طول ۱۵۰ کیلومتر پراکنده‌اند که از غرب به شرق به ترتیب شامل بایجان (جنوب‌آمل)، دراسله، اشچال و شش رودبار، کم‌رپشت، سرچلشک، امافت (جنوب سوادکوه)، پاچی میانا و اراء در جنوب ساری واقع شده‌اند (شکل ۱) [۴]. ساختمان زمین‌شناسی کانسار فلوریت بایجان شامل تاقدیسی است که در هسته آن سازند الیکا بیرون‌زدگی دارد. در محدوده‌ی کانسار فقط بخش‌های بالایی سازند الیکا که متشکل از آهک و دولومیت ضخیم لایه است رخنمون دارد. راندگی بایجان از جنوب کانسار عبور نموده و دارای امتداد تقریباً شرقی - غربی است. به نظر می‌رسد که این گسل دارای عملکرد چپ‌گرد بوده و با زاویه‌های مختلف درزه‌ها و گسل‌های متقاطع با امتداد راندگی بایجان ایجاد کرده است. امتداد کلی آن‌ها شمال‌غرب - جنوب‌شرق بوده [W45N] و از نوع نرمال هستند [۱]. در محدوده کانسار

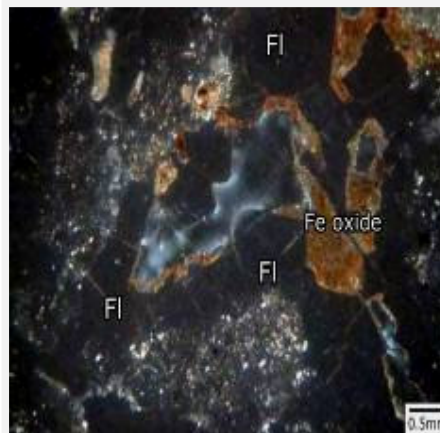


روش مطالعه و تجزیه عناصر

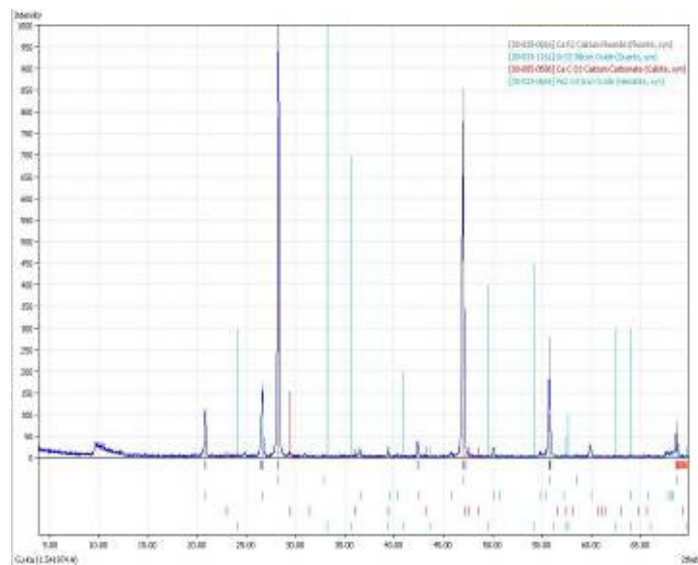
جهت بررسی ویژگی‌های ژئوشیمیایی کنسارهای فلوریت منطقه تعداد ۲۰ نمونه فلوریت از رنگ‌های مختلف، سنگ میزبان، هاله دگرسانی و توده‌های ماگمایی انتخاب شدند. برای حذف آلودگی‌های احتمالی در فلوریت، ابتدا آن‌ها با اسید HCl ۱۰٪ نرمال به مدت ۲۴ ساعت شستشو داده شده و سپس در آن به مدت چند ساعت خشک گردیدند. نمونه‌های خالص فلوریت پس از خشک شدن با

بینوکولار در زیر میکروسکوپ جدا شدند. نمونه‌های انتخابی برای تجزیه عناصر REE به شرکت Amdel در کشور استرالیا ارسال گردید. نمونه‌ها با استفاده از مخلوط ترکیب ۴ اسید هضم (digest) شدند و سپس سیلیکات‌ها به‌وسیله اسید هیدروفلوریک منهدم گردیده و انحلال فلزات به صورت پرکلرایت و کلراید perchlorate& chloride انجام شده است. عناصر موجود محلول به

کمک میکروسکوپ نور انعکاسی و روش XRD نیز کانی‌ها شناسایی شده‌اند. شکل‌های ۲ و ۳ به ترتیب شناسایی کانی فلوریت را با روش‌های میکروسکوپی و XRD نشان می‌دهند.



شکل ۲. تصویر میکروسکوپی شامل قطعات برشی با کانی فلوریت و اکسید آهن در فضای خالی، نور PPL.



شکل ۳. نمونه‌ایی از گراف XRD جهت شناسایی کانی فلوریت کانسار امامت.

شکل ۴ الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار کمپرشت نسبت به کندریت را نشان می‌دهد [۱۲]. همانگونه که از شکل ۴ پیدا است روند تغییرات عناصر نادر خاکی در نمونه سفید و بنفش کانسار کمپرشت کم و بیش به یکدیگر شبیه بوده و فلوریت‌های بنفش رنگ از REE کمی غنی‌تر هستند. بر اساس جدول ۱ مجموع مقدار REE نمونه فلوریت بنفش ۲/۲ ppm و برای سفید ۱/۶۵ ppm می‌باشد. الگوی

وسیله ICP-MS اندازه‌گیری شده‌اند. نتایج تجزیه در جدول ۱ نشان داده شده است. مقدار عناصر نادر خاکی (REE) نمونه‌ها نسبت به کندریت بهنجار شده‌اند [۱۲]. سپس الگوی بهنجار شده این عناصر و نیز اشکال به کمک نرم‌افزار Excel ترسیم شده‌اند. علاوه بر این، به

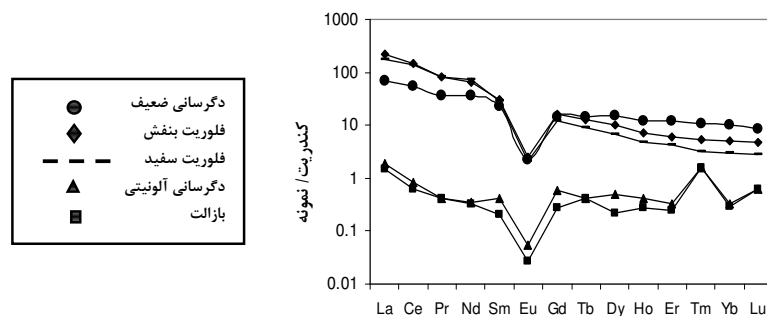
الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی در کانی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار کمپرشت

نمونه ۵ از کانسار کمپرشت و سنگ‌های اطراف انتخاب گردید. ویژگی‌های این نمونه‌ها به همراه نتایج تجزیه در جدول ۱ آمده است. نمونه‌ها از بازالت غیر دگرسان، کمی دگرسان شده، شدیداً دگرسان شده، فلوریت بنفش و فلوریت سفید رنگ درون سازند الیکا انتخاب شده‌اند.

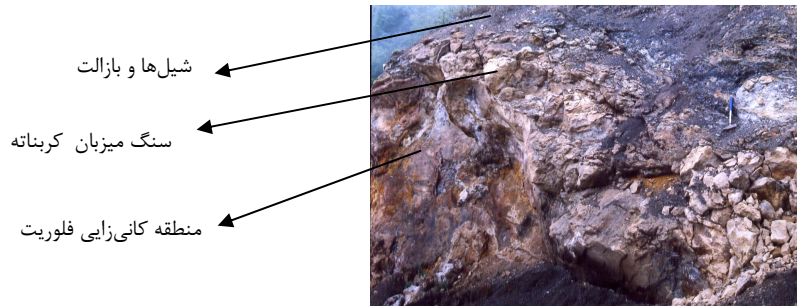
احیایی بودن شرایط ته‌نشست کاسنگ فلوریت است. زیرا در محیط اکسیدی و قلیائی، عنصر Ce به صورت Ce^{+4} تبدیل شده و در این حالت با تشکیل CeO_2 فاز پایدار تشکیل داده و از محیط خارج شده و دارای آنومالی منفی شود. بنابراین عدم آنومالی منفی Ce مبین محیط احیایی و اسیدی می‌باشد. آنومالی منفی عنصر Nd مبین منشأ قاره‌ای و پوسته‌ای بوده ولی در کانسار کم‌رپشت این عنصر آنومالی منفی ندارد، در نتیجه این عنصر دارای منشأ عمقی بوده و از بازالت منطقه شسته شده و چون مقدار جایجایی عناصر نادر خاکی زیاد نبوده، آنومالی مشخص ایجاد نشده است. عنصر Gd دارای آنومالی مثبت ضعیفی بوده که در همه نمونه‌ها قابل مشاهده است. بر عکس عنصر Yb در دو نمونه فلوریت آنومالی منفی مشخصی را نشان می‌دهد که با آنومالی منفی Eu سازگار است. این حالت می‌تواند تایید دیگری بر حالت احیایی محیط و دمای کم محیط تشکیل فلوریت باشد [۱۰]. وجود کانی‌های سولفیدی گالن، پیریت (پیریتی شدن) و اسفالریت نیز وجود چنین شرایطی را محقق می‌سازند. این شرایط احتمالاً ناشی از وجود سازندهای احیایی مانند شیل‌های سیاه رنگ شمشک و یا بازالت‌های وسیع محدوده کانسار بوده که در ترکیب شیمیایی کانی‌ها نقش ایفا نموده‌اند [۱۹]. علاوه بر این مجموع مقادیر عناصر نادر خاکی سبک (LREE) از جمع مقدار عناصر نادر خاکی سنگین HREE در هر نمونه بیش‌تر بوده که نشان می‌دهد سیال کانه‌ساز از منشأ خود چندان دور نشده و از فلوریت‌های قبلی رسوبی-دبازنتیک و یا بازالت اطراف کانسار (کانسار کم‌رپشت) تأثیر پذیرفته است [۲۲، ۱۷، ۲۳]. شکل ۵ ارتباط کانی‌سازی فلوریت با سنگ‌های اطراف را در کانسار کم‌رپشت نشان می‌دهد.

بهنجار شده REE نمونه‌های بازالت، هاله دگرسانی ضعیف و هاله شدیداً دگرسان شده آلونیتی دارای روند نسبتاً موازی هستند. علاوه بر این مقدار عناصر نادر خاکی آن‌ها نسبت به فلوریت‌ها حدود ۲۵۰ برابر غنی‌تر می‌باشد. از طرف دیگر الگوی بهنجار شده عناصر REE کانی فلوریت، سنگ بازالت و هاله دگرسانی مشابه می‌باشند. این تشابه، نشانه خروج عناصر REE از بازالت و اضافه شدن آن‌ها به سیال کانی‌ساز و هاله دگرسانی است [۲۳ و ۵، ۱۰].

نکته مهم دیگری که از روی الگوی بهنجار شده به دست می‌آید، بی‌هنجاری شدید منفی Eu است که اصولاً در تمام اشکال کم و بیش دیده می‌شود. آنومالی منفی عنصر Eu (یوروپیم) نشان می‌دهد که این عنصر در محیط احیایی یا در حرارت بالا وارد شبکه کریستالی فلوریت شده و به حالت آکسایش دو ظرفیتی در درون سیال کانی‌ساز وجود داشته است [۱۰]. بنابراین می‌توان گفت که سیال گرمایی حالت احیایی و کاهش (Eh پایین) داشته و فوگاسیته اکسیژن در سیال کانی‌ساز پایین بوده است. با توجه به اینکه عنصر یوروپیم در بازالت‌های اطراف کانسار به صورت احیایی Eu^{+2} وجود داشته و توسط سیال کانه‌ساز حمل شده، لذا آنومالی منفی آن در فلوریت طبیعی است. چون در چنین محیطی Eu^{+2} فراوان بوده و شعاع کاتیونی این عنصر ۱۷ درصد بیش‌تر از Eu^{+3} بوده و به شعاع اتمی عنصر استرانسیوم (Sr) نزدیک می‌شود و در این حالت نمی‌تواند جانشین کاتیون کلسیم Ca^{+2} شود و به همین دلیل این دسته از فلوریت‌ها آنومالی منفی از خود نشان می‌دهند [۱۱] و [۱۵]. عنصر سریم Ce هیچگونه آنومالی منفی از خود ارائه نمی‌دهد که شاهد دیگری بر فوگاسیته کم اکسیژن و



شکل ۴. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار کم‌رپشت نسبت به کندریت [۱۲].



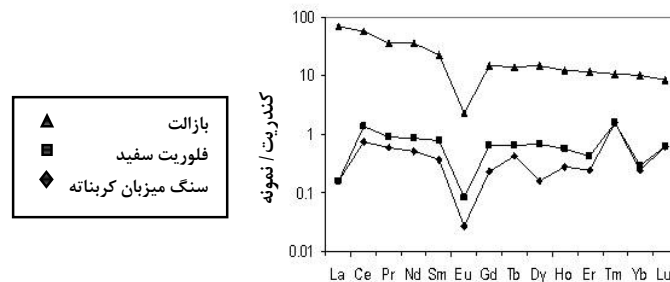
شکل ۵. کنتاکت شیل‌ها و بازالت با سنگ میزبان فلوریت در کانسار کمرپشت.

مانند سایر کانسار به ترتیب دارای آنومالی مثبت و منفی هستند [۳]. آنومالی عنصر یوروپیم و نسبت ثابت بقیه عناصر (جدول ۲) در الگوهای بهنجار شده نشان می‌دهند که این کانسار با کانسار فلوریت کمرپشت تحت شرایط فیزیکوشیمیایی نسبتاً ثابت و مشابهی تشکیل گردیده و از یک محلول گرمایی به وجود آمده‌اند. تفاوت مشاهده شده در دو کانسار فوق احتمالاً به پدیده‌های محلی زمین‌شناسی مثل بازالت و شیل‌های سیاه اطراف کانسار مربوط است. روند الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی در کانسار سرچلشک حاکی از مثبت بودن اندک Ce است، اگر آنومالی عنصر Ce مثبت باشد به این معنی است که آب‌های جوی نقشی در سیال کانی‌سازی نداشته‌اند. زیرا این آب‌ها دارای عنصر Ce کم بوده و در اثر واکنش با سنگ میزبان و یا هنگام ته‌نشینی فلوریت، آن‌ها نیز دارای آنومالی منفی می‌شوند [۲۰]. این نتیجه دور از انتظار نیست، زیرا عنصر Eu دارای آنومالی منفی و بیانگر محیط احیایی در هنگام ته‌نشینی فلوریت است. بر اساس این داده‌ها و نیز دگرسانی کائولینیتی موجود، محیط تشکیل فلوریت در هنگام ته‌نشست باید دارای PH اسیدی و Eh احیایی باشد که در این شرایط عنصر Ce به صورت Ce^{+2} بوده و چون دارای حلالیت بیش‌تری نسبت به Ce^{+4} است، وارد شبکه کریستال فلوریت شده و جانشین Ca می‌گردد و به همین دلیل دارای آنومالی مثبت می‌باشد [۱۳].

الگوی تغییرات عناصر REE در کانی فلوریت و

سنگ میزبان آهکی اطراف کانسار سرچلشک

یک نمونه از سنگ میزبان کربناته، و یک نمونه از فلوریت سفید رگه‌ای انتخاب و مقدار عناصر نادر خاکی آن‌ها اندازه‌گیری شده‌اند (جدول ۱). شکل ۶ الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار سرچلشک نسبت به کندریت را نشان می‌دهد [۱۲]. نمونه بازالت کانسار کمرپشت برای مقایسه در این شکل نیز آورده شده است (شکل ۶). همانطور که از این شکل برمی‌آید، روند عناصر نادر خاکی نمونه بازالت شیب ملایمی از عناصر نادر خاکی سبک به طرف عناصر نادر خاکی سنگین دارد. سنگ میزبان کربناته و فلوریت به لحاظ الگوی REE مشابه هستند. فلوریت در مجموع از عناصر REE نسبت به سنگ میزبان غنی‌تر و از بازالت فقیرتر می‌باشد. در این کانسار برخلاف کمرپشت مجموع LREE فلوریت تفاوت محسوسی با HREE ندارد و این نشان می‌دهد که فلوریت کانسار سرچلشک از سنگ بازالت محدوده تأثیر پذیرفته و یا تأثیر کمی پذیرفته است. شواهد صحرایی بر خلاف کانسار کمر پشت عدم تماس کانه‌زایی فلوریت با سنگ بازالت را نشان می‌دهد. همانطور که در بخش زمین‌شناسی ذکر شد سازند پالند با ضخامت حدود ۸۰ متر روی سازند الیکا را پوشانده و هیچگونه تماس صحرایی بین این سازند و بازالت‌های محدوده این کانسار وجود ندارد. دو عنصر Tm و Eu به



شکل ۶. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار سرچلشک نسبت به کندریت [۱۲].

الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی کانی فلوریت و

سنگ‌های آهکی اطراف کانسار امامت

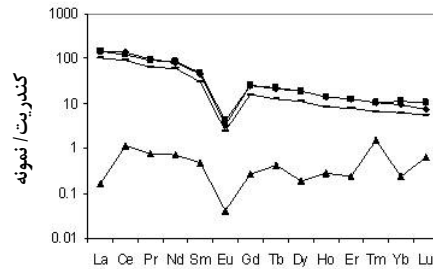
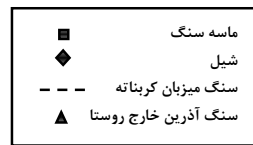
این کانسار در سازند تیزکوه تشکیل گردیده که نسبت به سایر کانسارهای البرز مرکزی که در سازند الیکا قرار دارند، جوان‌تر است. برای بررسی بیش‌تر و تعیین نقش سایر سازندهای رسوبی و آذرین اطراف کانسار از همه آن‌ها نمونه‌برداری به عمل آمده و مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفتند. از ترانسه‌های ۱، ۵ و کارگاه کردها هر کدام یک نمونه، از بخش ماسه‌سنگی و شیلی سازند شمشک هر کدام یک نمونه و از توده دیابازی اطراف کانسار امامت ۲ نمونه و از سنگ میزبان نیز یک نمونه انتخاب گردید (جدول ۱). شکل‌های ۷ و ۸ الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار امامت را نسبت به کندریت نشان می‌دهند [۱۲]. همانگونه که از جدول ۱ و شکل‌های فوق‌الذکر برمی‌آید، عناصر نادرخاکی در سنگ‌های دیابازی منطقه حدود ۳۰۰ برابر نسبت به نمونه کندریت غنی شده‌اند که شبیه الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی سنگ‌های آذرین متوسط در سایر نقاط جهان است [۱۷ و ۲۳]. غنی‌شدگی LREE نسبت به HREE و یا شیب مثبت الگو کاملاً در سنگ‌های حاوی الیوین و پلاژیوکلاز مشخص است؛ به خاطر شرایط نسبتاً احيایی محیط، Eu^{+2} با شبکه پلاژیوکلاز سازگار و معمولاً ضریب تفریق بالای یک داشته و به همین دلیل دارای آنومالی مثبت است، اما در اینجا بر عکس بوده و Eu آنومالی منفی را نشان می‌دهد. این موضوع به تجزیه این سنگ‌ها برمی‌گردد که شواهد صحرایی و میکروسکوپی بیانگر تجزیه شدید کانی‌های مافیک و تبدیل آن‌ها به کلسیت، کلریت، کانی‌های فلزی و سایر کانی‌های ثانویه است. بنابراین عنصر Eu که معمولاً در پلاژیوکلاز جمع می‌شود، از سیستم خارج شده و به همین دلیل آنومالی آن منفی است [۲۰]. در مقطع نازک این سنگ‌ها نیز کانی‌های پلاژیوکلاز، اولیوین یا پیروکسن سالم شناسایی نشده است. مشابهت الگوی بهنجار شده این سنگ‌ها و بازالت‌های محدوده کانسار کمربست، فاصله نزدیک آن‌ها، فراوانی‌های مشابه عناصر REE و نیز جوان‌تر بودن این توده‌ها، به علاوه وجود دایک‌های با ترکیب متوسط که توده بازالتی را قطع کرده‌اند، این فرضیه را تداعی می‌کند که توده‌های ماگمایی منطقه امامت و کمربست احتمالاً از یک ماگمای مادر منشأ گرفته‌اند [۱۱].

مقایسه الگوی نرمالیز شده نمونه سنگ آذرین خارج روستای امامت نسبت به نمونه آذرین داخل روستا (اطراف کانسار) فقیرشدگی نشان می‌دهد که ممکن است بیانگر تفریق در ماگمای سازنده این توده دیابازی با توجه به عمق تشکیل آن‌ها باشد. زیرا این نمونه‌ها در ارتفاع مختلف و در فاصله چند صد متری انتخاب شده‌اند. مقدار عناصر REE سنگ میزبان کانسار فلوریت امامت (سازند تیزکوه) در مقایسه با ماسه‌سنگ و شیل سازند شمشک کمتر بوده که با الگوی جهانی REE این سنگ‌ها تطبیق می‌نماید [۱۰]. عنصر Eu در هر سه نمونه از فلوریت دارای آنومالی منفی بوده که از این نظر با الگوی REE فلوریت‌های دو کانسار سرچلشک و کمربست مشابه است. عنصر Tm مانند دو کانسار دیگر دارای آنومالی مثبت می‌باشد و Ce نیز آنومالی منفی نشان نمی‌دهد. مقدار کل REE نیز مانند دو کانسار فوق کم است. علاوه بر این وجود فلوریت‌های درشت خوش وجه یا یوهدرال (*Euhedral*) از علائم تبلور مجدد و یا ناشی از انحلال و رسوب‌گذاری دوباره فلوریت بوده که در کانسار امامت و در زون‌های گسلی سایر کانسارهای فلوریت منطقه کم و بیش دیده می‌شود (شکل‌های ۹ و ۱۰). این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که فلوریت این کانسار احتمالاً از تحرک مجدد فلوریت نسل اول (رسوبی-دیازنتیکی) سازند الیکا که به صورت عدسی، لایه‌ای یا ریتیمیت تبلور دیاژنزی (*DCR*) تشکیل گردیده، به وجود آمدند. نسل دوم کانسارهای فلوریت یا اپی‌ژنتیک در البرز مرکزی در اثر انحلال و تحرک مجدد فلوریت‌های نسل اول و سپس نهشت دوباره آن‌ها در فضای خالی سازندهای کربناته به خصوص الیکا و تیزکوه در فاز کوهزایی لارامین با سن کرتاسه-پالئوسن تشکیل شده است. [۱۴ و ۲۱].

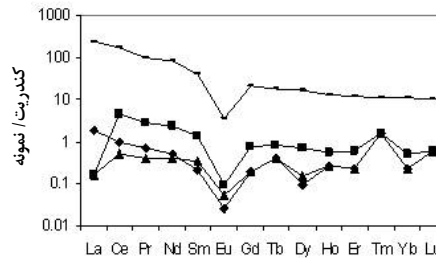
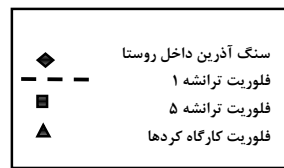
شکل‌های ۷ و ۸ نشان می‌دهند که تشابهی بین الگوی بهنجار شده عناصر REE کانی فلوریت و سنگ‌های آذرین، ماسه‌سنگ و شیل‌های سیاه رنگ سازند شمشک اطراف کانسار دیده نمی‌شود. این عدم تشابه می‌رساند که عناصر REE فلوریت از این سنگ‌ها منشأ نگرفته‌اند. این نتیجه‌گیری توسط مقدار کم عناصر نادر خاکی در این سنگ‌ها حمایت می‌شود. علاوه بر این محققین دیگر نشان داده‌اند که فلوتور نمی‌تواند از ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها منشأ بگیرد [۵]. بر عکس بین آنومالی Eu ، Ce ، Tm ، Dy ، Tb و Lu نمونه‌های فلوریت و سنگ میزبان کم

ذخایر رسوبی - دیاژنتیک فلوریت صورت گرفته است. اگرچه چنین استنباطی نیاز به تجزیه شیمیایی بیش‌تری از کلیه سازندها در محدوده همه کانسارها دارد، اما در چهارچوب داده‌های موجود این نتیجه‌گیری منطقی به نظر می‌رسد. چنین مکانیسمی برای تشکیل کانسار فلوریت ماتوپرتو (Mato preto) با سن کرتاسه پیشنهاد شده که از تحرک مجدد کانسارهای فلوریت (Dentro, Volta Grande, Braz) با سن پروتروزوئیک به وجود آمده است [۲۲]. نظر به اینکه بر اساس جدول ۱ LREE بیش‌تر از HREE در کانسار امافت بوده، می‌توان نتیجه گرفت که سیال گرمایی از منشاء خود خیلی دور نشده است [۱۱ و ۱۴]. شواهد صحرائی نیز مبین این موضوع می‌باشند، زیرا در جنوب شرق این کانسار لایه‌های بالایی الیکا حاوی فلوریت در فاصله ۳۰۰ متری از آن در دره کنگلو واقع شده‌اند و این با فرض منشاء عنصر فلئور از لایه‌های بالایی الیکا تطابق دارد.

و بیش مشابهت وجود دارد. این ممکن است نشان‌دهنده خروج عنصر REE از سنگ میزبان و اضافه شدن به سیال کانی‌ساز باشد. در این صورت بخشی از REE فلوریت این کانسار از سنگ میزبان تامین شده اگرچه بیش‌تر آن‌ها از ذخایر فلوریت سازند الیکا منشاء گرفته‌اند. این نتیجه‌گیری با مطالعات ایزوتوپ اکسیژن و کربن که برای همین منطقه انجام شده است مطابقت دارد [۸]. طبق این مطالعات با نزدیک شدن به رگه فلوریت ترکیب ایزوتوپی اکسیژن و کربن سبک‌تر و با فاصله گرفتن از آن این ترکیب سنگین‌تر می‌شود. علاوه بر این هیچگونه کانی‌زایی سولفیدی بخصوص گالن حتی به مقدار بسیار کم در این کانسار شناسایی نشده، در حالی که نشان داده شده که اگر سیال کانی‌زا از سازند شمشک تاثیر پذیرفته باشد، باید مانند کانسارهای کمرپشت و آراء حاوی گالن در حد اقتصادی باشد [۸]. پس می‌توان نتیجه گرفت که تحرک مجدد عنصر فلئور در سازند الیکا و بخصوص از



شکل ۷. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی سنگ‌ها اطراف کانسار فلوریت امافت نسبت به کندریت [۱۲].

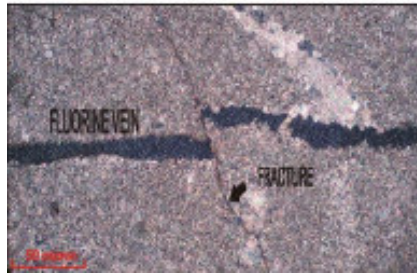


شکل ۸. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت‌ها و سنگ آذرین اطراف کانسار امافت نسبت به کندریت [۱۲].

فلوریت موزه‌ای



شکل ۹. بلور درشت فلوریت خوش‌وجه یا یوهدرال (Euhedral) (باتبلور مجدد و خاصیت موزه‌ای در کانسار امافت).



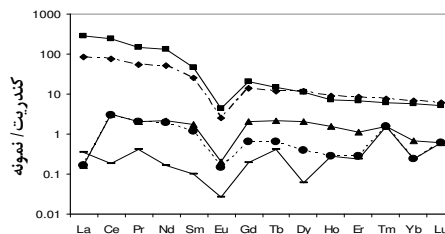
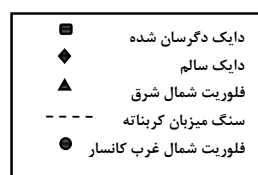
شکل ۱۰. تصویر میکروسکوپی از درزه و فلوریت اپی‌ژنتیک با سیلیسی شدن سنگ میزبان در کانسار امافت. بزرگنمایی ۴ برابر نور XPI .

سنگ میزبان وجود نداشته و تقریباً مساوی هستند. علاوه بر این‌ها الگوی دایک هیچگونه آنومالی برای عناصر Yb، Tm و Gd از خود نشان نمی‌دهند، ولی همین عناصر برای دو نمونه فلوریت دارای آنومالی مشخص هستند. عنصر Ce نیز در نمونه‌های فلوریت و سنگ میزبان دارای آنومالی مثبت بوده که به همراه آنومالی منفی Eu محیط احیایی و فوگاسیته کم را نشان می‌دهند و آنومالی آن‌ها با هم مطابقت دارند. آنومالی عناصر از جمله Yb، Tm، Gd و Nd در هر دو نمونه فلوریت دیاژنتیکی (شکل ۱۲) و اپی‌ژنتیکی مشابه و به لحاظ REE مقدارشان کم بوده و مانند سایر الگوهای فلوریت در کانسارهای مختلف می‌باشد. این ویژگی‌ها نشان می‌دهند که فلوریت گسلی از تحرک مجدد فلوریت دیاژنتیکی به وجود آمده که همزمان با گسلس و نفوذ دایک به محدوده کانسار بوده است [۱۹، ۲۱ و ۲۵]. در نمونه‌های فلوریت آنومالی مثبت بوده که با فلوریت‌های رسوبی- دیاژنتیک متفاوت است. دلیل آن احتمالاً اثرپذیری کم ترکیب فلوریت از دایک محدوده کانسار است. زیرا Nd مثبت منشاء عمقی و ماگمایی دارد [۱۳]. وجود کریستال‌هایی با بافت شکری، انحلال و رسوب‌گذاری دوباره فلوریت و یا تبلور مجدد فلوریت را نیز قوت می‌بخشد [۱۱ و ۱۳]. وجود بی‌نظمی در الگوی فلوریت جنوب کانسار که به دایک نزدیک‌تر است می‌تواند دلیل بعدی بر تأثیرپذیر از سیال ناشی از دایک باشد [۲۳]. شکل ۱۲ نمونه‌ایی از فلوریت با بافت ریتیمیت‌های متبلور دیاژنتزی (DCR) را نشان می‌دهد.

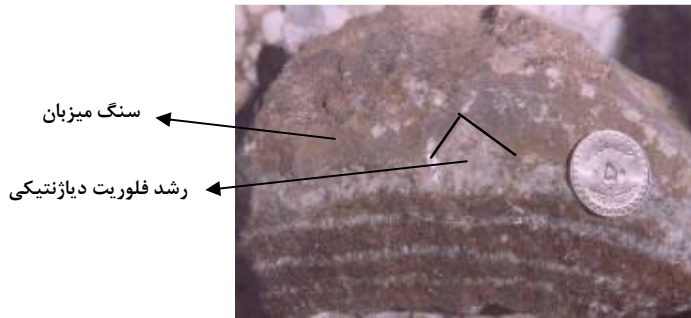
الگوی تغییرات عناصر نادر خاکی کانی فلوریت و

سنگ‌های آهکی اطراف کانسار بایجان

۲ نمونه از کانی فلوریت، ۲ نمونه از دایک محدوده کانسار و ۱ نمونه از سنگ میزبان آهکی انتخاب شده و عناصر نادر خاکی آن‌ها مورد تجزیه قرار گرفتند. (جدول ۱). شکل ۱۱ الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار بایجان را نسبت به همین عناصر در کندریت نشان می‌دهد [۱۲]. دو نمونه‌ی متعلق به دایک نسبت به بقیه عناصر دارای بیش‌ترین فراوانی REE بوده و مقدار آن‌ها بین ۲۰۰-۳۰۰ برابر استاندارد کندریت اندازه‌گیری شده است. فراوانی این عناصر در دایک‌ها بخاطر وجود کانی پلاژیوکلاز طبیعی به نظر می‌رسد [۱]. زیرا ضریب تفکیک Eu^{+2} برای پلاژیوکلاز در سنگ‌های بازیگ تا متوسط بیش‌تر از یک است. الگوی دایک دگرسان شده مشابه الگوی بهنجار شده دایک سالم بوده و می‌توان گفت با آن موازی بوده، ولی مقدار کل REE آن کمتر است. این موضوع نشان می‌دهد که بخشی از دایک که دگرسانی هیدروترمالی را تحمل کرده تا حدودی از REE خالی گشته و به جای دیگر مهاجرت نمود. الگوی بهنجار شده فلوریت و سنگ میزبان نسبت به الگوی REE نمونه‌های دایک، نزدیکی و مشابهت بیش‌تری دارند، به عبارت بهتر الگوی نرمالیز شده دو نمونه فلوریت و سنگ میزبان، هم به لحاظ مکانی (کمی) و هم به لحاظ شکل (کیفیت) به هم نزدیک و هر دو از الگوی نرمالیز شده دایک فاصله دارند. مقدار LREE در دایک از HREE بیش‌تر ولی این نسبت در فلوریت و



شکل ۱۱. الگوی بهنجار شده عناصر نادر خاکی کانی فلوریت و سنگ‌های اطراف کانسار بایجان نسبت به کندریت [۱۲].



شکل ۱۲. نمونه‌ای از فلوریت دیاژنتیکی با بافت DCR و رشد فلوریت به درون سنگ میزبان کربناته.

نسبت‌های Tb/La (Tb/Ca)

نسبت Tb/Ca کانی فلوریت معرف محیط شیمیایی و نهشت کانسنگ و نسبت Tb/La (HREE/LREE) بیانگر میزان تفریق (Fractionation) محیط تشکیل کانسار می‌باشد و در نتیجه از این نسبت‌ها می‌توان در مشخص کردن منشأ نهشته‌های فلوریت استفاده نمود. بطور کلی نسبت بالای Tb/Ca در پگماتیت‌ها و نسبت پایین در فلوریت‌های با منشأ رسوبی که عناصر REE آن‌ها از آب اقیانوس‌ها و دریاها منشأ گرفته‌اند، دیده می‌شود. فلوریت‌های با منشأ گرمابی دارای غلظت متوسطی از REE بوده و Tb/Ca در آن‌ها حدواسط دو محیط فوق‌الذکر است تغییرات Tb/Ca به Tb/La سه محیط شیمیایی شامل پگماتیت، گرمابی و رسوبی را از یکدیگر متمایز می‌کند. در این حالت نسبت Tb/La در مقایسه با نسبت Tb/Ca دارای تغییرات بیش‌تری بوده و توزیع نقاط به صورت مایل است که توسط فلش تفکیک مشخص می‌شود [۹، ۱۹ و ۲۴]. این نسبت‌ها برای فلوریت‌های منطقه شرق البرز مرکزی محاسبه و در شکل ۱۳ نشان داده شده است. همانگونه که مشاهده می‌شود بجز یک نمونه، کلیه نمونه‌ها در محدوده رسوبی و گرمابی قرار می‌گیرند. این حالت با مقادیر ناچیز عناصر نادر خاکی در نمونه‌های فلوریت که مبین منشأ رسوبی - دیاژنتیک می‌باشد سازگار است. علت اینکه بیش‌تر نمونه‌ها در محدوده رسوبی قرار گرفته این است که سیال گرمابی سنگ‌آهک یا دولومیت را جانشین کرده و در این حالت نسبت Tb/Ca تا حد زیادی کاهش یافته و فلوریت‌های ایجاد شده از این راه به جای فلوریت‌های گرمابی فلوریت‌های رسوبی را نشان می‌دهند [۵ و ۲۴].

وجود بافت جانشینی حاصل از جانشینی فلوریت در سنگ‌آهک میزبان نشان می‌دهد که پدیده هضم در

کانسارهای فلوریت منطقه اتفاق افتاده است. درجه تفکیک را می‌توان از روی نسبت Tb/La محاسبه کرد. اگر این نسبت پایین باشد درجه تفکیک کم و اگر زیاد باشد درجه تفکیک بالا است. به عبارت دیگر نمونه‌های با نسبت بالای Tb/La از سیالی با تحول بیش‌تری متبلور شده‌اند. زیرا عنصر Tb نماینده HREE و La نماینده LREE است در جدول ۲ نسبت Tb/La برای نمونه‌های فلوریت محاسبه شده است. با توجه به اینکه فرایند تفریق باعث تمرکز عناصر REE در سه مرحله متفاوت می‌گردد.

۱- تمرکز ترجیحی عناصر نادر خاکی سبک LREE در مراحل اولیه تبلور

۲- توزیع تقریباً یکسان عناصر سبک و سنگین در مرحله میانی تبلور

۳- غنی‌شدگی ترجیحی عناصر نادر خاکی سنگین HREE در مراحل پایانی تبلور

مقدار کم این نسبت در جدول ۲ که در شکل ۱۳ و الگوی بهنجار شده کلیه فلوریت‌ها آمده، مبین چیرگی نسبی عناصر LREE بر HREE بوده و این نشان می‌دهد که تشکیل فلوریت در مراحل اولیه تا میانی تبلور رخ داده است. فاصله نزدیک فلوریت رسوبی-دیاژنتیکی با فلوریت‌های اپی‌ژنتیک در کانسارها تاییدی بر این بوده که سیال گرمابی از منشأ چندان دور نشده و در اولین فرصت در درزها و شکاف‌های گسلی نزدیک به منشأ متبلور شده است. زمانی که نسبت Tb/La متغیر و نسبت Tb/Ca نسبتاً ثابت باشد در این حالت پدیده تحرک مجدد عناصر (Remobilization) اتفاق می‌افتد و نشان می‌دهد که فلوریت با انحلال و رسوب‌گذاری دوباره یا در اثر تبلور مجدد از فلوریت‌های قبلی به وجود آمده‌اند [۱۳، ۲۱ و ۲۲]. مولفه افقی توزیع نقاط در شکل ۱۳ می‌رساند که پدیده تحرک مجدد نیز در این کانسارها رخ

اپی‌ژنتیک از تحرک دوباره فلوریت رسوبی- دیازنتیکی در اثر فاز کوهزایی لارامین با سن کرتاسه بالایی- پلئوسن منشاء گرفته است [۲۴، ۱۹ و ۴۲].

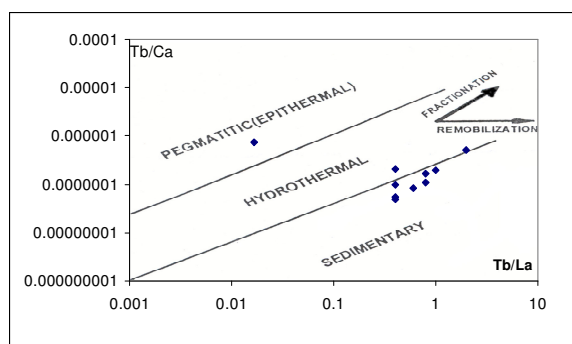
داده است. اگر از فلوریت با کمترین نسبت Tb/La به فلوریتی با بیشترین Tb/La فلش رسم کنیم این فلش می‌تواند بیانگر اندازه تحرک مجدد فلوریت باشد. این پیوستگی و ارتباط نشان می‌دهد که فلوریت‌های

جدول ۱. نتایج تجزیه عناصر نادر خاکی کانی فلوریت، مقادیر بر حسب ppm

نمونه ها	La	Ce	Pr	Nd	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	REE	Tm	Yb	Lu	L REE	H REE
امافت کارگاه کردها	۱۰۵	۴۲	۱۰۵	۲۵	۱۰۷	۱۰۴	۱۰۵	۱۰۲	۱۰۵	۱۰۲	۱۰۲	۱۱۹	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۱۸۸	۱۳۱
تراشه‌ها	۱۰۵	۳۶۵	۳۵	۱۴۹	۲۶	۱۰۷	۱۲	۱۰۴	۲۲	۱۰۴	۱۱۳	۶۱۶۹	۱۰۶	۱۱۱	۱۰۲	۵۱۸۷	۱۸۲
سنگ آزرین داخل روستای امافت	۳۲	۲۷۶	۸۰۲	۳۶۳	۵۱۹۸	۱۱۸	۳۱۹۷	۱۶	۳۵۱	۱۵۸	۱۶۱	۱۶۶۷	۱	۱۱۳	۱۱۸	۱۵۶۷	۱۲
سنگ آزرین بیرون امافت	۷۰	۱۳۸	۱۱۱۸	۵۰۱۲	۷۱۵۹	۲	۵۴۸	۱۸۷	۵۱۸	۹	۲۱۵۴	۲۹۸۱۲	۳۷	۲۱۴	۳۴	۲۸۶۱	۱۸
فلوریت	۱۵۹	۱۷۸	۱۰۹	۳۱	۹۴	۱۰۲	۱۰۵	۱۹۲	۱۰۳	۱۰۲	۱۰۵	۲۱۱۲	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۱۱۸۳	۳
ماسه سنگ	۴۶	۱۰۸	۱۱۱۵	۴۹۷	۸۱۸۳	۲	۶۴۱	۱	۶۱۷	۱	۲۱۶۶	۲۴۶۱۲	۳۳	۱۱۷	۱۲۴	۲۲۶۱	۱۹۱۸
شیل	۴۴	۹۶۶	۱۱۱۱	۵۰۱۷	۹۱۳۶	۲	۶۱۵۱	۱	۶۱۲۳	۱	۲۱۶۲	۲۳۵۱۲	۳۴	۲۱۳۶	۳۳	۲۱۴۱۷	۲۰۱۵
بایجان دایک آلتزه	۲۷	۶۰۳	۶۱۵	۳۰۱۳	۴۱۵۵	۱۱۹	۳۱۶۸	۱۵۷	۲۱۷۲	۱۶۴	۱۱۷۷	۱۴۳۱۲	۲۴	۱۱۴۶	۱۲	۱۲۰۱۹	۱۲۱۳
فلوریت اپی ژنتیک	۱۰۵	۲۱۴۹	۱۲۵	۱۱۳۲	۱۳۳	۱۱۵	۱۵۴	۱۱	۱۶۷	۱۱۱	۱۲۳	۶۱۴۵	۱۰۵	۱۱۴	۱۰۲	۴۱۵۹	۱۱۸۶
سنگ میزبان	۱۰۵	۲۱۴	۲۵	۱۱۱۶	۱۳۳	۱۱۱	۱۱۷	۱۰۳	۱۱۳	۱۰۲	۱۰۶	۴۱۷	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۴۱۲	۱۵۳
فلوریت دیازنتیک	۱۱۱	۱۱۵	۱۰۵	۱۱	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۵	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۲	۱۰۵	۱۷۳	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۱۴۵	۱۲۸
دایک سالم	۸۷	۱۹۲	۱۷۱۶	۷۷۱۱	۹۱۲۲	۳	۵۱۱۵	۱۶۹	۳۱۵۵	۱۵۱	۱۱۴۴	۳۹۹۱۱	۱۲	۱۱۲۱	۱۱۷	۳۸۶۱	۱۲۱۹
کمر پشت - آلتراسیون ضعیف	۶۷	۱۲۹	۹۱۹	۳۹۱۳	۶۱۰۱	۱	۴۱۰۶	۱۶	۳۳۲	۱۵	۱۱۲۷	۲۲۵۱۲	۱۷	۱۱۰۷	۱۱۵	۲۴۴	۱۱۱۱
فلوریت سفید	۴۷	۱۵۱	۱۰۵	۱۲	۹۴	۱۰۲	۱۰۷	۱۰۲	۱۰۷	۱۰۲	۱۰۵	۱۱۶۵	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۲	۱۲۹	۳۶
فلوریت بنفش	۱۵۷	۱۶۸	۱۰۵	۳۱	۱۰۸	۱۰۴	۱۱۵	۱۰۲	۱۱۶	۱۰۳	۱۰۷	۲۱۲	۱۰۵	۱۰۷	۱۰۲	۱۱۶۳	۱۵۷
آلتراسیون آلونیت	۵۴	۱۱۰	۱۰۱۲	۴۳۱۶	۵۱۶۵	۱	۳۱۲۱	۱۴۲	۲۱۲۳	۱۳۴	۱۸۷	۲۳۲۱۸	۱۱	۱۶۲	۱۰۹	۲۴۴۱۹	۷۱۹
بازالت	۲۱	۴۵۱۴	۴۱۴	۲۱۱۴	۴۱۴۲	۱	۳۱۷۳	۱۶۷	۴۱۸۲	۱۸۹	۲۱۴۶	۱۱۳۱۶	۳۴	۲۱۱۳	۱۲۷	۹۸۱۳	۱۵۳
سرچلشک سنگ میزبان	۱۰۵	۱۹۴	۱۰۹	۱۴۳	۱۰۹	۱۰۳	۱۰۷	۱۰۲	۱۰۶	۱۰۲	۱۰۵	۲۱۹۷	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۱۱۶۳	۳۴
سنگ میزبان	۱۰۵	۱۶۱	۱۰۷	۳۱	۱۰۷	۱۰۲	۱۰۶	۱۰۲	۱۰۵	۱۰۲	۱۰۵	۱۱۴۵	۱۰۵	۱۰۵	۱۰۲	۱۱۱۳	۳۲
فلوریت	۱۰۵	۱۱۰۷	۱۱۱	۱۵۱	۱۱۵	۱۰۶	۱۱۷	۱۰۳	۱۲۲	۱۰۴	۱۰۹	۲۱۶۳	۱۰۵	۱۰۶	۱۰۲	۱۱۹۵	۱۶۸

جدول ۲. نسبت‌های Tb/La و Tb/Ca برای نمونه‌های منطقه.

شماره نمونه	نمونه کانسار	Tb/Ca	Tb/La
۱	بایجان	$5 E-07$	۲
۲	سرچلشک	$8 E-08$	۰/۶
۳	اشچال عدسی شکل	$7 E-07$	۰/۰۱۷
۴	امافت- ترانشه ۱	$2 E-07$	۰/۸
۵	اراء	$2 E-07$	۱
۶	شش رود بار DCR	$2 E-07$	۰/۴
۷	پاچی میانا عدسی شکل	$6 E-08$	۰/۴
۸	کانسار امافت کارگاه کردها	$1 E-07$	۰/۴
۹	لایه ۱ اشچال	$5 E-08$	۰/۴
۱۰	لایه ۲ اشچال	$1 E-07$	۰/۸

شکل ۱۳. تغییرات Tb/Ca در برابر تغییرات Tb/La برای فلوریت‌های منطقه.

۴- بخش اصلی فلوریت اپی‌ژنتیکی از انحلال و انتقال فلوریت رسوبی- دیاژنتیکی سازند الیکا منشأ گرفته‌اند.
 ۵- محیط ته‌نشست فلوریت احیایی بوده که توسط آنومالی منفی Eu و آنومالی مثبت Ce تایید می‌شود.
 ۶- مشابهت الگوی به هنجاری عناصر نادر خاکی در سنگ‌های آذرین منطقه، یکی بودن منشأ آن‌ها را قوت می‌بخشد.

منابع

[۱] اسماعیلی، ج (۱۳۸۱) اکتشاف مقدماتی کانسار فلوریت- باریت بایجان، شرق هراز. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه آزاد اسلامی، ۱۱۱ ص.

نتیجه‌گیری

بر اساس آنچه که در سطور بالا ذکر شده، می‌توان نتایج زیر را ارائه نمود.
 ۱- فلوریت بنفش نسبت به فلوریت سفید از عناصر نادر خاکی غنی‌تر است.
 ۲- مقدار عناصر نادر خاکی از زون فلوریت به هاله دگرسانی و بازالت زیاد می‌شود. به عبارت دیگر سیال کانی‌ساز مقداری از عناصر فوق را از سنگ بازالت شسته و خارج نموده است.
 ۳- شیل‌ها و ماسه‌سنگ‌های منطقه نقشی در تامین عناصر نادر خاکی فلوریت نداشته‌اند.

- [15] Eppinger. R. Gand-Closs. L.G (1990) Variation of trace elements and REE in fluorite. A possible tool for exploration Econ.geol, 85: 1896-1907
- [16] Everett.C.E., Rye.C.E Ellam.R. M (2003) source or sink? An Assessment of the role the old red ndstone in the genesis of the Irish zn-pb deposits, Econ.Geol, 98:31-50
- [17] Fleisher; M (1969) The lanthanide elements in fluorite. Indian Mineralogist, 10: 36-39
- [18] Moller.p., schulz.s and Jacob K.H (1980) Formation of fluorite in sedimentary basin, chem.Geol, 30:97-111
- [19] Moller, p., Parekh .p Schneider H.J (1976) The application of Tb/Ca-Tb/La abundance ratios to problems of fluorsparr genesis, Mineral Deposita, 11:111-116
- [20] Rollinson.H. (1993) Using geochemical data: evaluation. Presentation, interpretation. Longman Group, U.K, 413 p
- [21] Ronchi. L.H. Touray, J-C. Michard, A Dar denne M.A (1993) The Ribeira Fluorite district, southern Brazil, Mineral Deposita, 28: 240-252.
- [22] Santos.r.V., Dardenne. M.A Oliveira. C.G (1996) Rare earth elements geochemistry of fluorite from the mato-preto carbonatite complex, southern Brazil, Mineral Deposita, 26: 81-86
- [23] Sasmas. A. Yaruz. F Akgul. B (2005) Geochemical Patterns of the Akdagmadeni (Turkey) fluorite deposits and implications, J. A. E. sience, 274: 469-479
- [24] Sizaret, S. Marcoux. E., Jebrak. M. Touray. J (2004) The Rossignol fluorite vein, chaillae, France, multiphase Hydro thermal Activity and Intravein sedimentation Eco. Geol, 99: 1107- 112
- [25] Subias .I.Recio.Fanlo, I .Fernandez-Nieto.C (1995) Hydrothermal events in the Valle de tena (Spanish Western Pyrenees) as evidenced by fluid inclusion and trace - element distribution from fluorite deposits. Chemical Geology, 124: 254-267
- [۲] احیا، ف (۱۳۹۰) زمین‌شیمی عناصر نادر خاکی در کانی فلوریت کانسار بزیجان (چکاپ)، استان مرکزی. مجله زمین‌شناسی کاربردی پیشرفته، شماره ۲، جلد ۱، ۱۲۵-۱۱۳.
- [۳] اصغرپور، ح (۱۳۸۵) زمین‌شناسی کانی‌شناسی و ژنز کانسار فلوریت کمر پشت. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشگاه آزاد اسلامی ۱۳۲ص.
- [۴] علیرضایی، س (۱۳۶۶) پژوهشی در زمینه‌شناسی و چگونگی پیدایش کانسارهای فلوریت، سرب و باریوم در تریاس شرق البرز مرکزی. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد دانشگاه تهران، ۹۷ص.
- [۵] قادری، م.، فردین‌دوست، ز. و جیسون، ه (۱۳۸۴) مطالعه عناصر خاکی نادر در شلیت‌های ذخایر تنگستن جنوب غرب آستانه اراک، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال سیزدهم، شماره یک، ۳۸-۳۷.
- [۶] کریم‌پور م.ح (۱۳۸۱) کانی‌ها و سنگ‌های صنعتی. انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، ۳۹۷ص.
- [۷] نبوی، م (۱۳۶۱) شرح نقشه زمین‌شناسی ورقه ۱۰۰۰۰۰:۱ اسمنان سازمان زمین‌شناسی کشور.
- [۸] وهاب‌زاده، ق.، خاکزاد، ا.، رساء، ا. و موسوی م (۱۳۸۵) مطالعه میانبارهای سیال در کانسار فلوریت امامت. دهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران، دانشگاه تربیت مدرس. ۶۷-۷۸.
- [۹] یعقوب‌پور، ع (۱۳۸۰) کانی‌های خاک‌های کمیاب، مرکز نشر دانشگاهی. ۴۱۲ص.
- [10] Bau, M., Romer, R.L., Luders, V (2003) Tracing element sources of hydrothermal mineral deposits; REE any distribution and Sr-N D-Pb isotopes in fluorite from MVT deposits in the pennine ore field: England. Mineralium. Deposita, 38: 992-1008.
- [11] Bellanca. Disalvo, D., Neri, R., schly, F (1981) REE Earth and minor element distribution and petrographic features of fluorite and associated Mesozoic limestone of north western sicily: Chem. Geol, 79: 912-921
- [12] Boynton, W.V (1984) Geochemistry of the rare earth elements: meteorite studies. In Henderson P.(ed), rare earth elements Geochemistry. Elsevier, pp.63-114
- [13] Elderfield, H. and Greaves, M.J (1982) The rare earth elements in sea water. Nature. 296: 214-219
- [14] Ellmies, R., K, Germann., M.T, krupenin., P, Moller, P (1999) The fluorite-Sellate deposits of suram Bashkir meganticline, Mineral Deposits (Processes to processing, Rotterdam, Balkana, urals, 1203-1205