



بررسی زمین‌شیمی عناصر جزئی و کمیاب و شرایط تشکیل کانی‌های باریت و گالن در منطقه افسو (جنوب غرب تربت جام - شمال شرق ایران)

محمد عظیمی^۱، سعید سعادت^{۲*}، علیرضا مظلومی^۳

۱- گروه زمین‌شناسی اقتصادی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- گروه زمین‌شناسی و مهندسی نفت، واحد مشهد، دانشگاه آزاد اسلامی، مشهد، ایران

۳- گروه زمین‌شناسی، دانشگاه پیام نور، صندوق پستی ۴۶۹۷-۱۹۳۹۵، تهران، ایران

(دریافت مقاله: ۹۸/۱۰/۲۱، نسخه نهایی: ۹۹/۲/۲)

چکیده: منطقه افسو در شمال شرق ایران واقع شده است. در این منطقه سنگ آهک و شیل به عنوان سنگ میزبان اصلی کانی‌سازی همراه با سنگ‌های آذرین از نوع مونزونیت و واحدهای آذرآواری رخنمون دارند. کانی‌سازی باریت و گالن بیشتر به صورت رگه و رگچه درون سنگ آهک و یا مرز شیل و سنگ آهک رخ داده است. گالن با رخ‌های مثلی شکل خمشی و باریت با ماکل‌های فشارشی و چندریخت دیده می‌شوند. بیشترین مقدار اکسید باریم ۵۷/۴ درصد، اکسید استرانسیوم ۴/۸ درصد، اکسید سرب ۳/۳ درصد، اکسید مس ۲/۱ درصد و اکسید روی ۰/۱ درصد در کانسنگ دربردارنده باریت و گالن گزارش شده است. تمرکز عناصر خاکی نادر در باریت و گالن با تمرکز این عناصر در سنگ‌های منطقه متفاوت است. مجموع کل عناصر خاکی نادر در نمونه‌های باریت منطقه مورد بررسی بسیار پایین و حدود ۱ تا ۱/۸ گرم در تن است که می‌تواند نشانه تبلور از شارهای با فاصله بسیار از خاستگاه خود باشد. پایین بودن مقدار Al_2O_3 و بالا بودن مقدار Sr نیز نشانه‌ای از خاستگاه شارهای کانه‌زایی نوع گرمایی دما پایین در این کانسار است. مقایسه الگوی پراکندگی این عناصر با الگوهای ارائه شده در سطح جهانی نشان می‌دهد که بیشتر نمونه‌ها در گستره باریت‌های برآمده از شار-های گرمایی با دمای پایین جای می‌گیرند.

واژه‌های کلیدی: باریت؛ گالن؛ زمین‌شیمی؛ عناصر خاکی نادر؛ افسو.

مقدمه

منطقه مورد بررسی در شمال شرق ایران، بین طول‌های ۲۹° ۱۰' تا ۶۰° ۱۴' ۲۰" شرقی و عرض‌های ۳۵° ۶' ۳۵" تا ۳۵° ۱۰' ۸" شمالی قرار دارد (شکل ۱). شمال شرق ایران با توجه به حضور عناصر با ارزشی چون آهن، طلا، مس، آنتیموان، سرب و باریم برای پی‌جویی‌ها بسیار اهمیت دارد [۱]. آثار کارهای شدادی در این منطقه‌ها نیز نشان می‌دهد که پیشینیان ما به خوبی به پتانسیل‌های معدنی این مناطق واقف بوده‌اند.

کانی‌سازی باریت در ایران در دوره‌های مختلف شامل

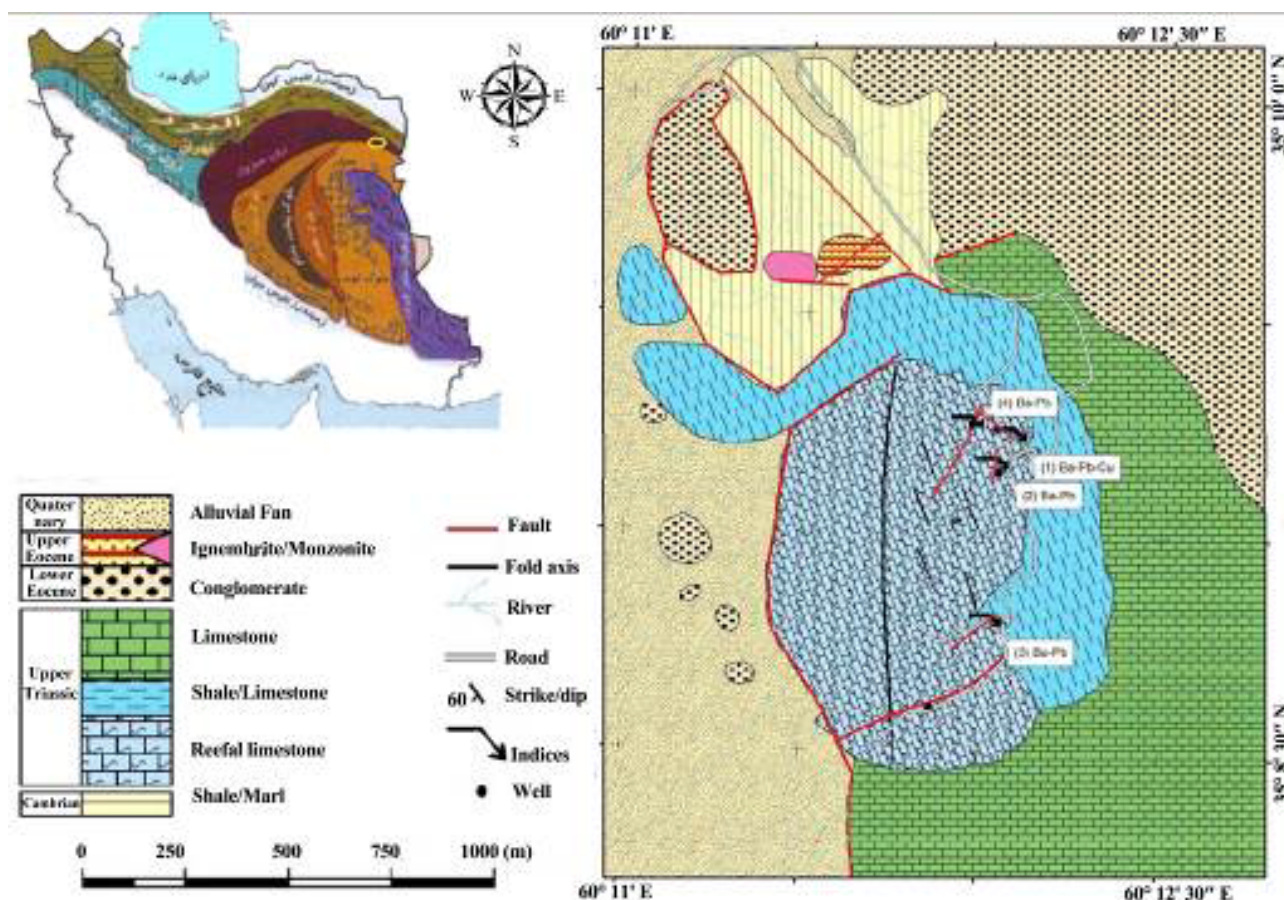
پرکامبرین پسین - کامبرین پیشین (البرز و آذربایجان)، پرمین - تریاس (ایران مرکزی، البرز، کرمان، پهنه سهند - سیرجان)، کرتاسه (ملایر - اصفهان)، نوژن-پالئوژن (البرز مرکزی، آذربایجان، بخش مرکزی نوار آتشفشانی ارومیه - دختر، همچنین در منطقه‌های قم، ساوه و کاشان) همراه با سنگ‌های کربناتی و گاه آتشفشانی- رسوبی گزارش شده است [۲].

در ارتباط با تشکیل ذخایر باریت، بطور کلی چهار فرایند اصلی مطرح شده است [۳-۵]. در نوع اول که به باریت آزادی معروف است و آن را باریت پلاژیک یا باریت دریایی نیز می‌نامند، باریم بر اثر تخریب مواد آلی در محیط رها شده و می‌تواند

دریا، مشابه بقیه کانی‌های خودزای این منطقه‌ها، دربردارنده مقادیر بالای عناصر خاکی نادر (REE) هستند و در الگوی بهنجار شده آنها نسبت به کندریت، ایوروپیوم (Eu) با مقادیر کم و سریم (Ce) نیز ناهنجاری منفی نشان می‌دهد. این در حالی است که باریت‌های ناشی از فرایندهای گرمایی و آنهایی که خاستگاه نواحی کم عمق دریایی دارند، مجموع مقادیر عناصر خاکی نادر بسیار کمتری را نسبت به دیگر موارد نشان می‌دهند [۱۴]. در این پژوهش، عناصر فرعی و خاکی نادر در نمونه‌های دربردارنده کانی سازی و سنگ‌شناسی‌های میزبان آنها بررسی شد. هدف اصلی این پژوهش، شناسایی خاستگاه سیال‌های کانه‌ساز وابسته به کانسار باریت افسو در منطقه تربت جام است که با استفاده از بررسی عناصر کمیاب و فرعی می‌تواند به درک بهتر از شرایط کانسارسازی و شناسایی دیگر مناطق با قابلیت معدنی در این پهنه مستعد کانی‌سازی کمک نماید.

محیط ابر اشباع را تشکیل داده و از آب دریا ته‌نشست شود [۶، ۷]. باریت نوع دوم که به باریت خودزا موسوم است، از مایعات باقی‌مانده در منافذ رسوب‌ها طی دیانز ته‌نشین می‌شود [۹، ۸] و یا از تراوش سرد مایع‌های سرد در نزدیکی کف دریا بوجود می‌آید [۱۰]. در فرایند سوم، باریم از سیال‌های با دمای بالا (۱۵۰ تا ۲۵۰ درجه سانتی‌گراد) در کف دریا از دودکش‌ها و پشته‌های میان اقیانوسی و همچنین کمان‌های آتشفشانی و پهنه خرد شده در کف اقیانوس شکل می‌گیرد [۱۱-۱۳] و باریت گرمایی دمای بالا را تشکیل می‌دهد. در نوع چهارم، باریت گرمایی (با دمای پایین) از مایع‌های با دمای کمتر از ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد، در چشمه‌های آب گرم و زیر سطح با گردش مایع‌ها در محیط زمین‌ساختی کرانه قاره‌ای بوجود می‌آید [۸].

بررسی فراوانی و چگونگی توزیع عناصر خاکی نادر در کانی باریت می‌تواند در تشخیص نوع باریت و چگونگی تشکیل آن بسیار مفید باشد [۱۴-۱۸]. برای مثال، باریت‌های نواحی عمیق



شکل ۱ جایگاه زمین‌ساختی [۱۹] و نقشه زمین شناسی ۱:۲۵۰۰۰ منطقه مورد بررسی با تغییرات برگرفته از مراجع [۲۰، ۲۱].

روش بررسی

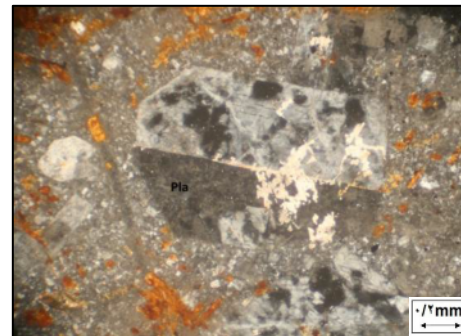
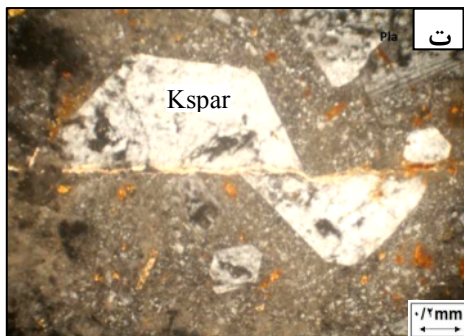
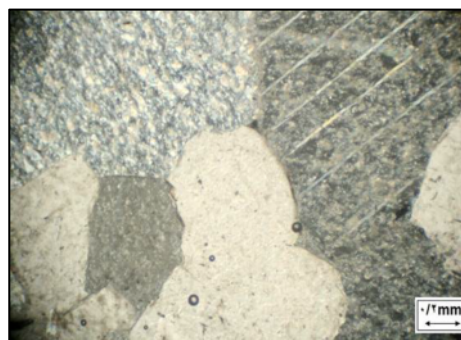
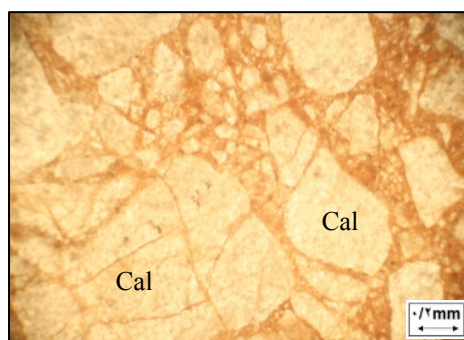
به منظور شناسایی و بررسی دقیق ویژگی‌های سنگ‌شناسی منطقه مورد بررسی، نقشه زمین‌شناسی-کانی‌سازی با مقیاس ۱:۲۰۰۰۰ تهیه گردید. برای بررسی‌های کانه‌نگاری، ۲۰ مقطع نازک و قطعه صیقلی از نمونه‌های مختلف تهیه و روابط ساخت و بافت کانی‌ها بررسی شد. به منظور بررسی‌های زمین-شیمیایی، ۶۸ نمونه از رخنمون‌های کانی‌سازی، سنگ درونگیر (شیل و سنگ آهک) کنار و با فاصله از رگه‌های معدنی و همچنین توده نفوذی برداشت گردید. پس از بررسی همه نمونه‌ها، ۱۵ نمونه به روش طیف‌سنجی فلئورسانس پرتوی X (XRF)، در آزمایشگاه کانسانان بینالود مشهد و ۱۳ نمونه نیز به روش طیف‌سنجی جرمی پلاسمای جفت شده القایی (ICP-MS) در آزمایشگاه ACME کانادا تجزیه شیمیایی شدند. همچنین ۵ نمونه به صورت تک کانی باریت و گالن، پس از جداکردن دقیق آنها از دیگر باطله‌ها توسط میکروسکوپ دوچشمی، برای اندازه‌گیری عناصر خاکی نادر و عناصر کمیاب انتخاب و به روش ICP-MS بررسی شدند.

زمین‌شناسی منطقه

منطقه مورد بررسی در جنوب نقشه زمین‌شناسی ۱:۱۰۰۰۰۰ کاریزنو [۲۰] و در محل تلاقی واحدهای ساختاری - رسوبی

کپه داغ و ایران مرکزی در گوشه شمال شرق ایران جای دارد. از نظر تقسیم‌های ساختاری، اختلاف نظرهایی در مورد جایگاه این منطقه وجود دارد. نبوی [۲۲] این منطقه را در بخش مرزی ایران مرکزی و پهنه بینالود و بخشی از پهنه البرز در نظر گرفته است. در نقشه تهیه شده توسط برخی پژوهشگران [۱۹،۲۰،۲۲،۲۳]، منطقه مورد بررسی بخشی از ایران مرکزی است و از دیدگاه علوی [۲۱]، این منطقه در قطعه سبزوار - نایین قرار دارد (شکل ۱).

در منطقه مورد بررسی، به طور عمده سنگ‌های رسوبی چون سنگ آهک، شیل و مارن (با گستره سنی از کامبرین تا تریاس پسین) رخنمون دارند. این واحدهای سنگی در برخی مناطق توسط کنگلومرای منسوب به ائوسن پوشیده شده‌اند [۲۴]. سنگ‌های آذرین از نوع مونزونیت و واحدهای آذرآواری به طور محدود در بخش‌های شمالی منطقه حضور دارند (شکل ۱). سنگ آهک همراه با میان لایه‌های شیلی به عنوان سنگ میزبان اصلی کانی‌سازی منطقه شناخته می‌شود (شکل ۲). رخنمون کوچکی از واحدهای آذرین در حد ایگنمبریت و همچنین واحد نفوذی با ترکیب حدواسط در بخش‌های شمالی منطقه شناسایی شد که در نقشه‌های زمین‌شناسی پیشین [۲۰] گزارش نگردیده بود (شکل‌های ۱ و ۲).



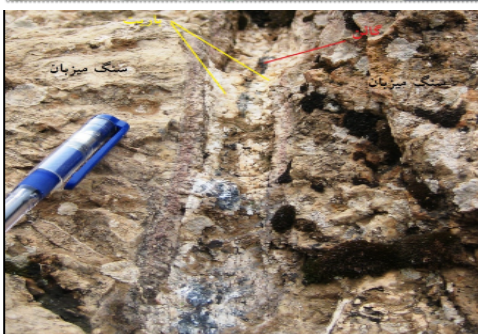
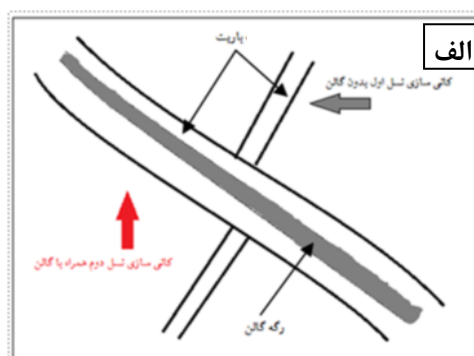
شکل ۲ تصاویر میکروسکوپی از الف- بلورهای کلسیت (Cal) به همراه رخ لوزی شکل و بافت موزاییکی (در نور قطبیده متقاطع، XPL). ب- سنگ آهک برشی که توسط اکسید آهن سیمانی شده است (در نور قطبیده صفحه‌ای، PPL)، پ- تصویری از واحد مونزونیتی با بافت پورفیری (XPL) و ت- بلور شکسته شده فلدسپار قلیایی (Kspar) که محل شکستگی با کربنات پر شده است (XPL). (نشانه‌های اختصاری برگرفته از مرجع [۲۵] هستند).

کانی‌سازی

رگه‌های دربردارنده باریت و گالن با ضخامت متوسط دو متر و طول حدود ۲۰ تا ۳۰ متر در منطقه قابل ردیابی است. شیب این رگه‌ها حدود ۶۰ تا ۸۰ درجه است و راستاهای مختلفی دارند که بیشتر شمال شرقی-جنوب غربی است. رگه و رگچه‌های باریت و گالن درون سنگ آهک و یا مرز شیل و سنگ آهک دیده می‌شوند و عوامل ساختاری به ویژه درز و شکاف‌ها در کنار عوامل سنگ‌شناسی نقش موثری در کنترل کانی‌سازی ایفا نموده‌اند. وجود سنگ آهک به دلیل نفوذپذیری، وجود شکستگی‌ها و همچنین توانایی واکنش با سیال‌های کانسار ساز و سرانجام ته‌نشینی مواد در ناحیه واکنشی، شرایط مناسبی را برای ته‌نشین شدن مواد معدنی فراهم کرده است.

شواهدی چون قطع شدن تعدادی از رگه‌های باریت توسط رگه‌ها یا رگچه‌های جوانتر دربردارنده باریت و گالن، برشی شدن به همراه کانی‌سازی مجدد در رگه‌ها و رگچه‌ها و حضور ترکیب‌های سولفیدی مس مانند کالکوپریت و ترکیب‌های ثانویه آن چون ملاکیت همراه با رگه‌های سیلیسی در بعضی از رخنمون‌ها نشان می‌دهد که کانی‌سازی در بیش از یک مرحله روی داده است (شکل‌های ۳ الف و ب).

افزون بر بافت پرکننده فضاهای خالی، بافت برشی و بافت دانه پراکنده نیز در رخنمون‌های کانی‌سازی قابل دیده است. دیواره‌های مقاوم سیلیسی که فضای بین آنها در اثر انحلال خالی شده گاهی بافت جعبه‌ای را به وجود آورده‌اند (شکل ۳).

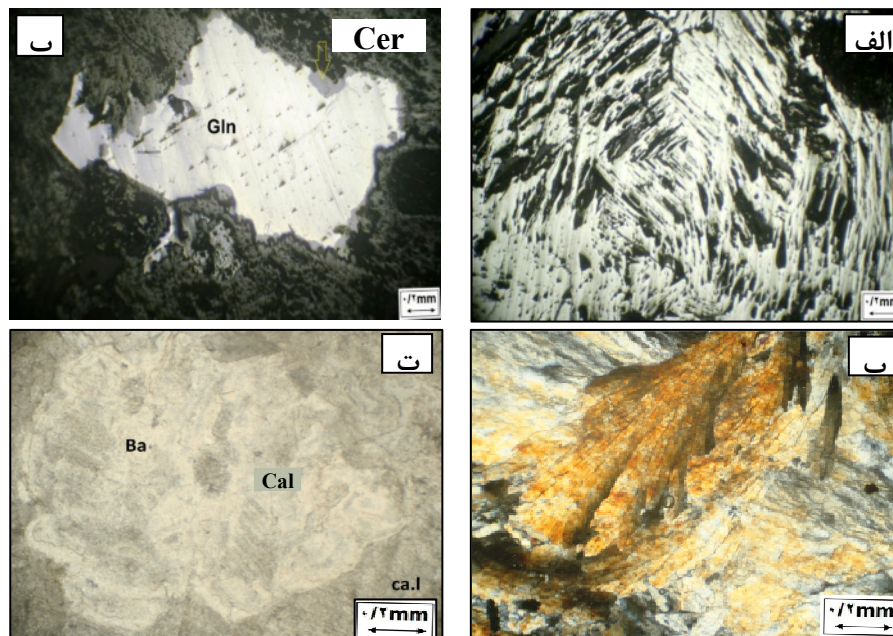


شکل ۳ الف وب) تصویر و نمایی از قطع شدن رگه‌های باریت توسط رگچه‌های جوانتر دربردارنده باریت و گالن. پ) نمایی از رگه اصلی کانی‌سازی باریت و گالن. ت) بافت پرکننده به صورت متقارن. ث) گالن با بافت پراکنده در متن باریت. ج) حضور ملاکیت همراه با دیواره‌های مقاوم سیلیسی که فضای بین آنها در اثر انحلال خالی شده و بافت جعبه‌ای را به وجود آورده است.

چندرنگی، به شکل‌های رشته‌ای، صفحه‌ای و پرماند و با برجستگی بالا بوده که همه نشان دهنده رشد در دمای پایین و در فضاهای خالی است. ماکل چندریخت و ساعت شنی از دیگر مشخصه‌هایی است که در برخی از نمونه‌ها دیده می‌شود (شکل‌های ۴ پ و ت).

دگرسانی سیلیسی که از رایج‌ترین و شناخته‌شده‌ترین انواع دگرسانی در سامانه‌های گرمابی است، در منطقه مورد بررسی به صورت رگه-رگچه‌های سیلیسی و سیلیسی‌شدن بخش‌هایی از سنگ دیواره (میزبان کانه‌زایی) قابل دیده است. توالی پیشنهادی تشکیل کانی‌ها در منطقه مورد بررسی در جدول ۱ ارائه شده است.

گالن پس از باریت فراوان‌ترین کانی به شمار می‌رود که به صورت دانه پراکنده (با قطر ۲ تا ۱۰ میلیمتر) و گاه به صورت رگه‌هایی با ضخامت کمتر از ۵ سانتی متر دیده می‌شود. در اثر فرایندهای ساختاری و دگرشکلی‌های بعدی، گالن‌ها به شدت خرد شده و رخ‌های مثلی شکل آن به مثلث‌های کشیده (شمشیری شکل) تبدیل شده و حالت چرخشی و خمش در رخ‌های آن پدیدار شده است (شکل ۴ الف). این کانی در اثر فرایندهای سطحی در لیه‌ها به سروزیت تبدیل شده است (شکل ۴ ب). نبود کانی گالن در برخی از رگچه‌ها و قطع‌شدگی آنها می‌تواند بیانگر آن باشد که بخشی از کانی‌سازی گالن به نسبت جوانتر از کانی‌سازی باریت است. از نظر خواص نوری، باریت بی‌رنگ و دارای ماکل‌های تکراری از نوع فشارشی، بدون



شکل ۴ تصاویر میکروسکوپی از (الف) گالن با رخ شمشیری (XPL)، (ب) تبدیل گالن (Gln) در لیه‌ها به سروزیت (Cer)، (پ) باریت با بافت پرماند و ماکل تکراری (XPL) و (ت) حضور باریت (Ba) در زمینه کلسیت (Cal) (PPL). (نشانه‌های اختصاری بر گرفته از مرجع [۲۵] هستند).

جدول ۱ توالی پیشنهادی تشکیل مواد معدنی در منطقه مورد بررسی.

کانیها	اولیه	ثانویه
باریت	—————	
گالن	—————	
کالکوپیریت	—————	
استرومنسینیت	—————	
کوارتز	—————	
کلسیت	—————	
سروزیت		—————
انگلزیت		-----
مالاکیت		-----
اکسیدهای آهن	

زمین‌شیمی عناصر اصلی، فرعی و کمیاب در کانی‌های باریت و گالن

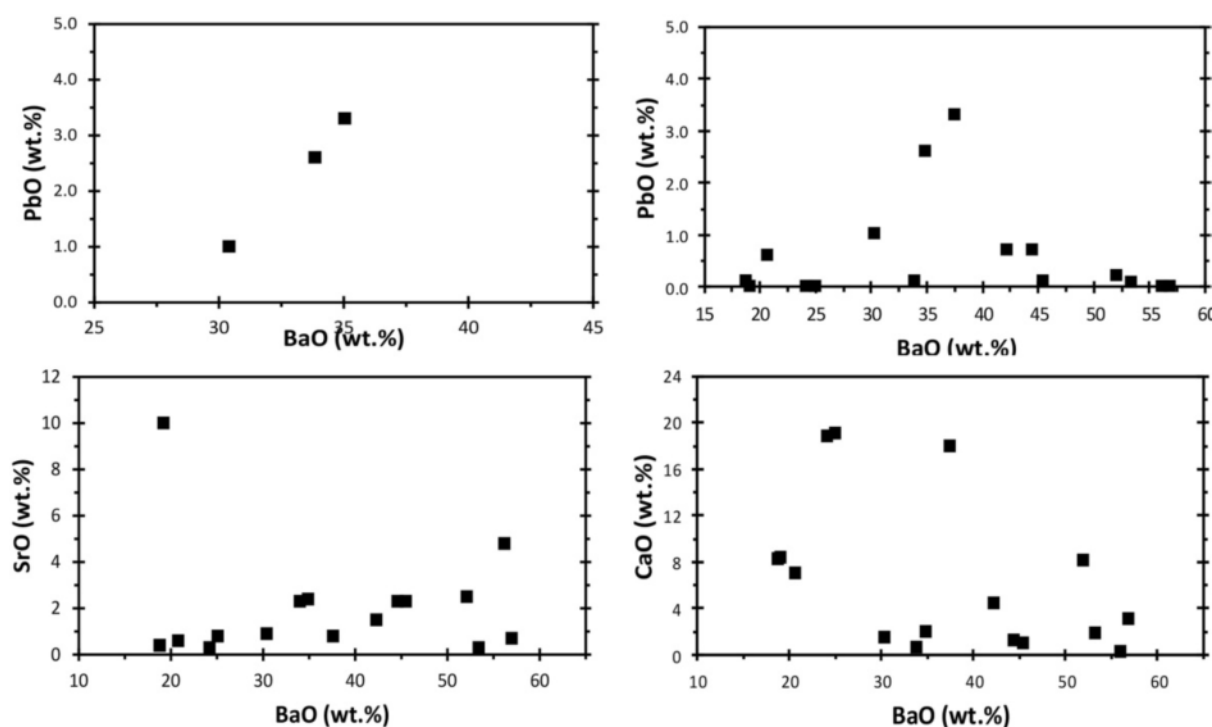
نتایج تجزیه‌های شیمیایی عناصر کمیاب و فرعی در نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های مواد معدنی، سنگ میزبان (سنگ آهک و شیل)، توده نفوذی کنار رگه‌ها و نمونه‌های باریت و گالن تفکیک شده بررسی شد. یکی از اهداف اصلی بررسی‌های زمین‌شیمیایی دستیابی به تمرکز غیر عادی عناصر در ارتباط با کانی‌سازی است. افزون بر شناسایی روند تغییرات عناصر، میتوان فرایندهای اثرگذار در منطقه را شناسایی کرده و حرکت و آمیختگی سیال‌ها و نیز شرایط فیزیکو- شیمیایی مناسب تشکیل رگه‌های معدنی را مشخص کرد.

نتایج تجزیه شیمیایی نمونه‌های کانی‌سازی به روش XRF (جدول ۲) نشان می‌دهد که بیشتر نمونه‌ها دارای مقادیر مختلفی اکسید سیلیسیوم هستند (میانگین ۱۸ درصد). در این نمونه‌ها، مقدار اکسید باریم ۵۷-۱۹ درصد (میانگین ۳۷ درصد) و اکسید استرانسیوم ۱۰-۰/۳ درصد (میانگین ۲ درصد) است. مقادیر اکسید آهن و اکسید آلومینیم در نمونه‌های این کانسار به طور کلی پایین و حدود ۰/۳ تا ۰/۴ درصد است. حضور دیگر عناصر فلزی در قالب اکسید مس (۱-۰ درصد)، اکسید روی (۰/۱-۰ درصد)، اکسید آنتیموان (۰/۵-۰ درصد) و اکسید سرب (۳/۳-۰ درصد) نیز قابل توجه است، اما مقادیر سایر عناصر اندازه‌گیری شده به روش XRF ناچیز بود (جدول ۲).

همبستگی و ارتباط برخی از این عناصر در شکل ۵ نشان داده شده است. بر اساس نتایج بدست آمده (جدول ۲ و شکل ۵ الف)، ارتباط روشن و معنا دار بین اکسید باریم و اکسید سرب در همه نمونه‌ها دیده نمی‌شود. این نبود همبستگی چنان که در بخش کانی‌سازی اشاره شد می‌تواند به نبود کانی گالن در برخی از رگه‌ها و اینکه بخشی از کانی‌سازی گالن به نسبت جوانتر از کانی‌سازی باریت است مربوط باشد. در این رابطه، سه نمونه با بیش از یک درصد اکسید سرب و برداشت شده از رگه-های غنی از گالن به طور جداگانه بررسی شدند. چنان که در شکل ۵ ب دیده می‌شود، همبستگی مثبت و قوی بین این عناصر وجود دارد که می‌تواند نشان دهنده حضور همزمان آنها دست کم در فاز معینی از مراحل کانسارسازی در منطقه باشد. ارتباط بین اکسیدهای باریم و استرانسیوم (شکل ۵ پ) در همه نمونه‌ها مثبت است. این ویژگی می‌تواند بدلیل رفتار زمین-شیمیایی مشابه عناصر باریم و استرانسیوم باشد. استرانسیوم یک عنصر فرعی است که اغلب در سولفات در قالب کانی سلسیت (SrSO_4) و یا کربنات بصورت کانی استرونتیونیت (SrCO_3) حضور دارد. گفتنی است که در یکی از نمونه‌ها، تمرکز اکسید استرانسیوم بیش بر ۱۰ درصد است. با توجه به اینکه میانگین استرانسیوم در پوسته زمین ۴۵۰ گرم در تن است، تمرکز استرانسیوم با میانگین حدود ۲۰۰۰۰ گرم در تن در رگه‌های دارای مواد معدنی بیانگر حضور کاملاً غیر طبیعی این عنصر در منطقه است.

جدول ۲ نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی نمونه‌های کانی‌سازی به روش XRF (مقادیر برحسب درصد).

شماره نمونه	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰	۱۱	۱۲	۱۳	۱۴	۱۵
SiO ₂	۴۰	۲۲	۴۷	۳۳	۴۲	۳۳	۱۰	۰/۰	۲۳	۱۳	۰/۰	۰/۰	۲۳	۲۲	۰/۰
SO ₃	۱۰	۲۵	۱۱	۲۰	۱۷	۲۰	۲۹	۲۳	۲۸	۳۱	۳۳	۲۶	۱۴	۱۴	۰/۰
BaO	۱۹	۴۵	۱۹	۳۴	۳۰	۳۵	۲۸	۵۲	۴۲	۵۳	۵۷	۵۶	۴۶	۲۵	۲۴
CaO	۸/۲	۱/۱	۸/۳	۰/۵	۱/۴	۱/۹	۱۷/۹	۸/۰	۴/۴	۱/۸	۳	۰/۱	۰/۹	۱/۹	۱۸/۷
Na ₂ O	۰/۱	۰/۴	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۳	۰/۲	۰/۴	۰/۳	۰/۴	۰/۵	۰/۵	۰/۳	۰/۰	۰/۱
SrO	۰/۴	۲/۳	۱/۰	۲/۳	۰/۹	۲/۴	۰/۸	۲/۵	۱/۵	۰/۳	۰/۷	۴/۸	۲/۳	۰/۸	۰/۳
Al ₂ O ₃	۰/۶	۰/۳	۰/۷	۱/۷	۰/۱	۰/۳	۰/۲	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱
MgO	۴/۸	۰/۳	۰/۵	۰/۵	۰/۱	۰/۸	۰/۳	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۲/۵	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۱/۱
Fe ₂ O ₃	۱/۵	۰/۲	۰/۴	۰/۸	۳/۲	۰/۲	۰/۲	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۴	۰/۰	۰/۱	۰/۲	۱
PbO	۰/۱	۰/۷	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۲/۶	۳/۳	۰/۲	۰/۷	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰
MnO	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱
CuO	۰/۲	۰/۱	۰/۷	۱	۰/۱	۰/۸	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۱	۰/۰
K ₂ O	۰/۲	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۷	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
Sb ₂ O ₃	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۵	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
Cs ₂ O	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۱
ZnO	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۱	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
P ₂ O ₅	۰/۰	۰/۱	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰	۰/۰
LOI	۱۳	۲	۸	۳	۳	۲	۸	۶	۳	۱۸	۴	۰	۱	۱۷	۳۳



شکل ۵ تغییرات همبستگی اکسیدهای PbO، SrO و CaO نسبت به BaO.

غیردگرسان دور از رگه مقادیر کمتری از عنصر باریم را در خود جای داده است. این امر می‌تواند شیل‌ها را به عنوان یکی از منابع احتمالی تأمین باریم مطرح نماید. مورد آخر برای توده نفوذی رخنمون یافته در منطقه نیز می‌تواند صادق باشد، زیرا مقادیر باریم موجود در این سنگ حدود دو برابر مقدار متوسط (کلارک) این عنصر در سنگ‌های مشابه است. این نتیجه برای عنصر استرانسیوم نیز صادق است (شکل ۶ ب) که از نظر زمین‌شیمیایی، به دلیل رفتار مشابه این عنصر با باریم است.

مقدار عنصر سرب در سنگ‌های کنار رگه‌های معدنی (شیل و سنگ آهک) به طور قابل توجهی نسبت به واحدهای مشابه دور از رگه افزایش نشان می‌دهد (شکل ۶ پ). این امر می‌تواند بیانگر آن باشد که هیچ یک از این واحدهای سنگی در تأمین سرب برای تشکیل گالن نقش نداشته‌اند و این عنصر باید توسط محلول با خاستگاه دیگری حمل شده و در هاله پیرامون رگه‌ها بر سنگ دیواره نیز اثر گذاشته باشد.

متوسط فراوانی عنصر مس در بخش غنی شده کنار رگه در سنگ میزبان ۶۱ و ۶ گرم در تن به ترتیب در شیل و سنگ آهک است (شکل ۶ ت). پراکندگی عنصر روی در نمونه‌های کانی‌سازی روند مشخصی نشان نمی‌دهد (شکل ۶ ث). بیشترین مقدار روی در نمونه N-41 برابر با ۵۹۵ گرم در تن

نتایج تجزیه‌های شیمیایی عناصر کمیاب و فرعی در نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های دارای مواد معدنی، سنگ میزبان (سنگ آهک و شیل) توده نفوذی کنار رگه‌ها و نمونه‌هایی از باریت و گالن که تفکیک شده و جداگانه بررسی شدند در جدول ۳ آمده است. گفتنی است که برای سنگ آهک و شیل، نمونه‌برداری از نزدیک رگه (به فاصله ۲ متری، به ترتیب نمونه‌های N57 و N44 و دور از رگه (به فاصله ۱۰ متری، به ترتیب نمونه‌های N56 و N19 انجام شد. نمونه N-47 مربوط به سنگ آهک کنار توده نفوذی است. چگونگی پراکندگی و توزیع عناصر باریم، استرانسیوم، سرب، روی و مس در رگه‌های کانی‌سازی شده، سنگ آهک و شیل به عنوان سنگ دیواره و همچنین توده نفوذی در شکل ۶ ارائه شده است.

چنان که از شکل ۶ الف برداشت می‌شود، مقدار عنصر باریم در سنگ آهک‌های کنار رگه باریت بسیار افزایش یافته است. این امر نشان می‌دهد که روند حرکت محلول از رگه به سمت سنگ میزبان بوده است و از این رو، لذا سنگ آهک نمی‌توانسته است منبع تأمین کننده عنصر باریم برای تشکیل کانی باریت در رگه‌های معدنی باشد.

این روند در رابطه با شیل‌ها برعکس است، به طوریکه سنگ میزبان شیل دگرسان در کنار رگه نسبت به شیل‌های

این عنصر در پهنه کانی‌سازی بوده و روند توزیع آن در سنگ دیواره نیز نشان‌دهنده غنی‌شدگی عنصر روی در بخش‌های کنار رگه و جایگزینی آن در سنگ میزبان است.

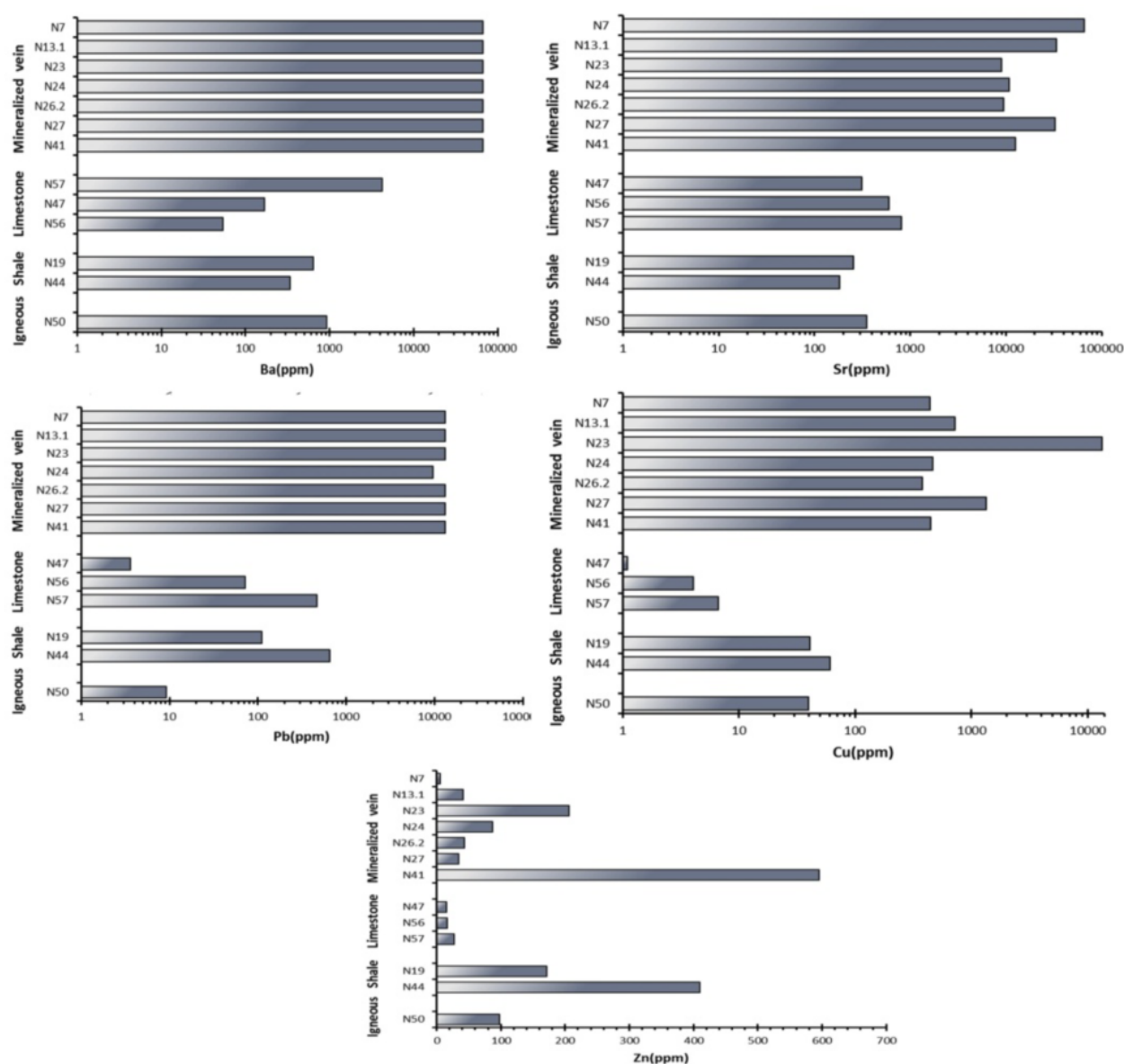
دیده می‌شود و پس از آن در نمونه N-23 به مقدار ۲۰۶ گرم در تن حضور دارد. متوسط فراوانی روی در رگه‌های معدنی حدود ۱۴۴ گرم در تن است که خود بیانگر حضور غیرعادی

جدول ۳ نتایج بدست آمده از تجزیه به روش ICP-MS (طلا بر حسب میلی‌گرم در تن، بقیه عناصر بر حسب گرم در تن).

	رگه معدنی							گالن	
	N 41	N 27	N 26.2	N 24	N 23	N۱۳،۱	N 7	N 43	N 13.2
La	۰/۰۵	۰/۰۵	۰/۰۳	۰/۲۸	۰/۲۹	۰/۰۲	۰/۰۷	۰/۰	۰/۰۵
Ce	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۲۲	۰/۲	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰	۰/۰۱
Pr	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱۸	۰/۲۳	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰	۰/۰۱
Nd	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۲۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Sm	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۱۹	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Eu	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۱	۰/۰۱
Gd	۰/۲	۰/۲	۰/۲۳	۰/۲	۰/۱	۰/۲۴	۰/۳	۰/۰۲	۰/۰۱
Tb	۰/۰۴	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۶	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۷	۰/۰۱	۰/۰۱
Dy	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۰۱	۰/۰۹	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Ho	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱	۰/۱	۰/۲	۰/۱	۰/۱۶	۰/۲۱	۰/۲۱
Er	۰/۰۵	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۲	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۱	۰/۰۱
Tm	۰/۰۴	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱	۰/۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱	۰/۰۱
Yb	۰/۰۳	۰/۱۲	۰/۰۴	۰/۱	۰/۲	۰/۰۳	۰/۰۵	۰/۰۱	۰/۰۱
Lu	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Y	۰/۵	۰/۸	۱/۷	۳/۱	۴/۹	۰/۳	۰/۴	۰/۰۸	۰/۲
Nb	۰/۴	۰/۰۸	۰/۱	۲/۸	۳/۶	۰/۱	۰/۰۸	۰/۰۸	۱/۳
Cs	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۲/۲	۲/۳	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Th	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵	۲/۳	۲/۹	۰/۱۵	۰/۸	۰/۱۵	۰/۱۵
Hf	۰/۵	۰/۶	۰/۳	۱/۱	۱/۲	۰/۵	۰/۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Ga	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۳/۹۰	۵/۱	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸
Ta	۱/۶	۱/۴	۰/۷	۰/۷	۰/۸	۱/۵	۱/۴	۰/۰۸	۰/۰۸
Tl	۱۰/۲	۰/۴	۰/۱	۰/۵	۰/۳	۰/۱	۰/۰۸	۰/۱۵	۰/۱
Zr	۱/۸	۰/۴	۱/۸	۳۱/۷	۴۰/۶	۰/۴	۰/۶	۰/۰۸	۰/۸
V	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۳۷	۳۳	۶/۰	۶/۰	۶/۰	۱۰
Sn	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۰	۱/۷۵	۰/۷۵	۱/۷۵	۰/۷۵
W	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۶	۰/۶	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸
U	۲/۹	۲/۲	۲/۵	۵/۹	۱۴/۲	۱/۵	۰/۳	۰/۸	۶/۲۰
Ag	۵۵/۶	۱۳۳	۳۹/۳	۱۶/۷	۹۰/۹	۳۱/۱	۱۴/۸	۹۵	۱۳۳
Sb	۶۱/۱	۲۱۹/۴	۵۲/۸	۱۴۰/۹	۱۴۷/۶	۹۸/۱	۵۰/۹	۳۰/۹	۱۷۲
Ba	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۱۹۹۴۳	۳۱۴۴
Pb	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>	۹۶۰۴	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>	۱۳۰۰۰>
Rb	۰/۸	۰/۲	۱/۲	۳۲/۵	۴۱/۵	۰/۶	۰/۶	۰/۰۸	۰/۰۸
Sr	۱۲۶۲۳	۳۳۰۰۸	۹۵۲۸	۱۰۹۴۱	۹۰۶۹	۳۴۰۶۲	۶۵۰۰۰>	۲۵۷۴	۱۵۲۷
Cu	۴۴۵	۱۳۴۶	۳۷۸	۴۶۵	۱۳۳۳۳	۷۲۳	۴۳۹	۱۸۳	۳۵۰۱
Zn	۵۹۵	۳۴	۴۳	۸۶	۲۰۶	۴۱	۵	۱۳	۲۹
As	۱۷۸۵	۱۸۵	۴۳	۴۹۱	۱۷۳۳	۳۲۰	۲۱	۳/۲	۲۵۷
Au×	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۰/۳۷۵	۱	۰/۷	۰/۳۸	۲/۹

ادامه جدول ۳

	توده نفوذی	شیل		سنگ آهک			باریت		
	N50	N44	N19	N57	N56	N47	N34	N26.1	N13.3
La	۰/۲۴	۰/۸۳	۱/۴۳	۰/۰۶	۰/۰۵	۰/۱۹	۰/۰۷	۰/۱۲	۰/۰۶
Ce	۰/۲۳	۰/۷۸	۱/۴۴	۰/۰۱	۰/۰	۰/۱۶	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰
Pr	۰/۲۶	۰/۷۲	۱/۴۱	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۱۹	۰/۰	۰/۰۱	۰/۰
Nd	۰/۳۲	۰/۷۴	۱/۴۳	۰/۰۲	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Sm	۰/۴۹	۰/۷۴	۱/۳۶	۱/۰۶	۰/۰۲	۰/۱۸	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Eu	۰/۸۹	۰/۸	۱/۳۶	۳/۱۴	۰/۰۵	۰/۲۲	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Gd	۰/۲۹	۰/۰۸	۱/۲۱	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۷	۰/۲	۰/۳	۰/۳
Tb	۰/۳۲	۰/۸۵	۱/۱۱	۰/۰۷	۰/۰۷	۱۸	۰/۰۵	۰/۰۸	۰/۰۷
Dy	۰/۲۳	۰/۰۸	۰/۹۷	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۴	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Ho	۰/۲۵	۰/۷۵	۱/۰	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۶	۰/۱	۰/۱	۰/۱
Er	۰/۲۰	۰/۷۴	۰/۹۷	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۰۷	۰/۱	۰/۰۷
Tm	۰/۳۲	۰/۶۶	۰/۹	۰/۱۲	۰/۱۲	۱۸	۰/۰۱	۰/۰۲	۰/۰۱
Yb	۰/۲۶	۰/۷۴	۱/۰	۰/۱۳	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۱
Lu	۰/۲۲	۰/۷	۱/۰	۰/۲۶	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۱
Y	۸/۰۷	۲۱/۶	۲۷/۲	۱/۵۴	۰/۶۶	۴/۶۷	۰/۵	۱/۰	۰/۵
Nb	۳/۴۱	۱۰/۴	۱۳/۶	۰/۱۳	۰/۲۹	۰/۹۶	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Cs	۳/۶۴	۶/۳۰	۱۰/۵	۰/۱۹	۰/۱۷	۰/۳۷	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Th	۱/۵۷	۱۰/۵	۱۵	۰/۰۷	۰/۰۵	۱/۳۷	۰/۱۵	۰/۱۵	۰/۱۵
Hf	۳/۰۱	۳/۹۰	۴/۵۰	۰/۰۹	۰/۰۶	۰/۸۲	۰/۳	۰/۸	۰/۵
Ga	۲۱	۱۴	۲۲/۸	۲/۰۳	۲/۵۴	۲/۷۹	۰/۳۸	۰/۳۸	۰/۳۸
Ta	۰/۳۳	۰/۷	۰/۹	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۷	۱/۶	۲/۰	۱/۶
Tl	۰/۱۳	۰/۲	۰/۵	۹/۷۸	۱/۰۷	۰/۱۳	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Zr	۷۷	۱۴۷	۱۶۶	۲/۰۱	۲۷/۱	۲۱/۸	۰/۳	۱/۱	۰/۸
V	۸۷	۱۱۶	۱۶۶	۲۷	۱۶	۱۴	۶	۳۱	۶
Sn	۰/۲۶	۲	۴	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۲۶	۰/۷۵	۰/۷۵	۰/۷۵
W	۰/۲	۱/۶	۲/۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۵	۰/۵	۰/۳۸	۰/۷
U	۰/۴۴	۴/۲	۳/۶	۲/۵۸	۱/۷۴	۰/۵۷	۰/۰۸	۰/۲	۰/۰۸
Ag	۰/۶۶	۱/۱	۰/۱	۰/۶۶	۰/۶۶	۰/۶۶	۷/۳۰	۱/۴۰	۰/۳۰
Sb	۰/۱۳	۳/۰	۱/۳۰	۰/۴۷	۰/۴۱	۰/۱۳	۰/۷	۳/۷	۳/۴
Ba	۹۳۶	۳۴۱	۶۴۶	۴۲۸۶	۵۴	۱۶۹	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>	۶۵۰۰۰>
Pb	۹/۱۵	۶۵۹	۱۱۱	۴۷۱	۷۲	۳/۶	۶۲	۴۸۲	۵۶۵
Rb	۴۵	۱۰۷	۱۳۴	۵/۷۲	۳/۸	۷/۶۹	۰/۰۸	۰/۰۸	۰/۰۸
Sr	۳۵۲	۱۸۳	۲۵۷	۸۱۱	۶۰۳	۳۱۶	۴۵۴۲۲	۱۴۲۰۸	۴۵۸۲۰
Cu	۴۰	۶۱	۴۱	۶۶۳	۴/۰۶	۱/۰۹	۱/۴	۲/۵	۱۳
Zn	۹۷	۴۰۹	۱۷۱	۲۷	۱۶	۱۵	۰/۷۵	۰/۷۵	۱/۰
As	nd	۱۷۰	۶۸	nd	nd	nd	۰/۷	۰/۹	۱۹
Au _x	۰/۱۳	۵/۸	۰/۳۷	۰/۱۳	۰/۱۳	۰/۱۳	۲/۳	۰/۳۸	۰/۳۸



شکل ۶ بررسی توزیع عناصر (الف) باریم (ب) استرانسیوم (پ) سرب (ت) مس و (ث) روی در رگه‌های معدنی و سنگ همراه. در مورد سنگ آهک و شیل، نمونه‌برداری از نزدیک رگه (به فاصله ۲ متری به ترتیب، نمونه‌های (N57 و N44) و دور از رگه (به فاصله ۱۰ متری) نمونه‌های (N56 و N19) انجام شده است. نمونه N-47 مربوط به سنگ آهک در مجاورت توده نفوذی است.

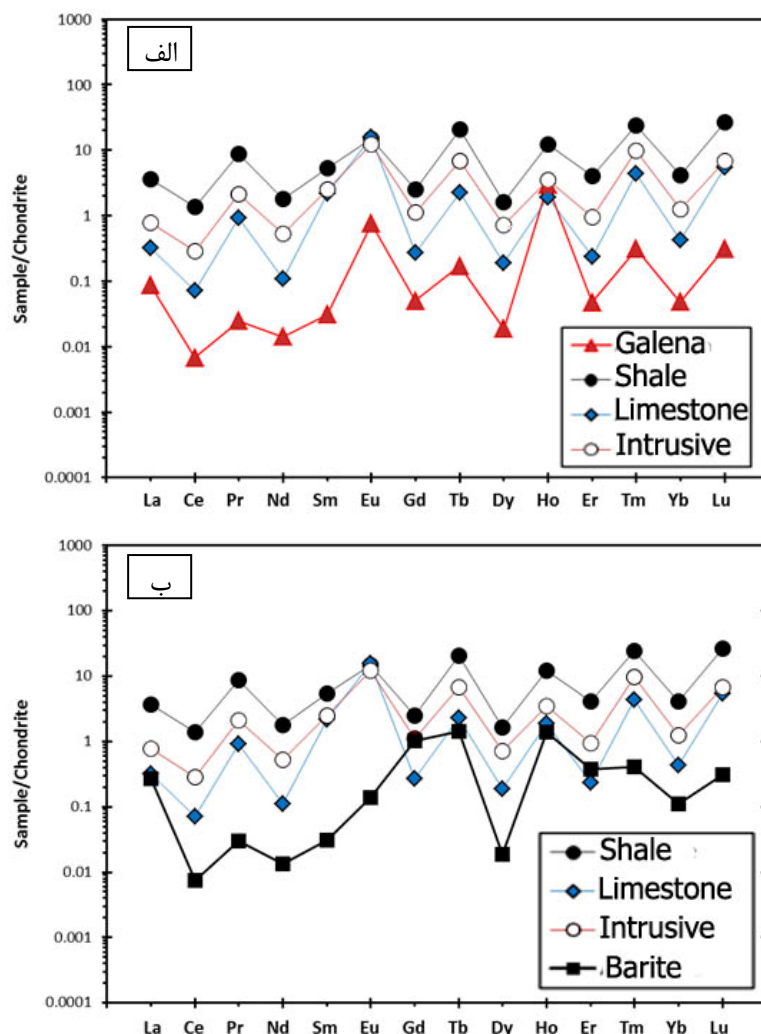
به احتمال بسیار فرایندهایی با ویژگی‌های زمین‌شیمیایی مشابه هم زمان بر این مجموعه اثر گذاشته‌اند. در این رابطه، نقش سیال‌های وابسته به فعالیت‌های ماگمایی که بخشی از آن در منطقه مورد بررسی رخنمون دارد را نیز می‌توان در نظر داشت. مقادیر میانگین عناصر خاکی نادر (REE) در سه نمونه کانی باریت با میانگین این عناصر در شیل، سنگ آهک و توده نفوذی رخنمون یافته در منطقه مقایسه شد. چنان که در شکل ۷ ب دیده می‌شود، الگوی پراکندگی این عناصر با سنگ‌های

رفتار عناصر خاکی‌نادر در نمودار بهنجار شده نسبت به کندریت [۲۶] رگه‌های معدنی و سنگ همراه در شکل ۷ نشان داده شده است. الگوی پراکندگی عناصر خاکی‌نادر در گالن با الگوی پراکندگی این عناصر در شیل‌ها و کربنات‌های منطقه که دربرگیرنده رگه‌های معدنی دارای این کانی‌ها هستند و همچنین توده نفوذی آذرین که در کنار کربنات‌ها در شمال غرب منطقه رخنمون دارد، روندی به نسبت مشابه (با تغییرات اندک) نشان می‌دهد (شکل ۷ الف) از این رو، می‌توان گفت که

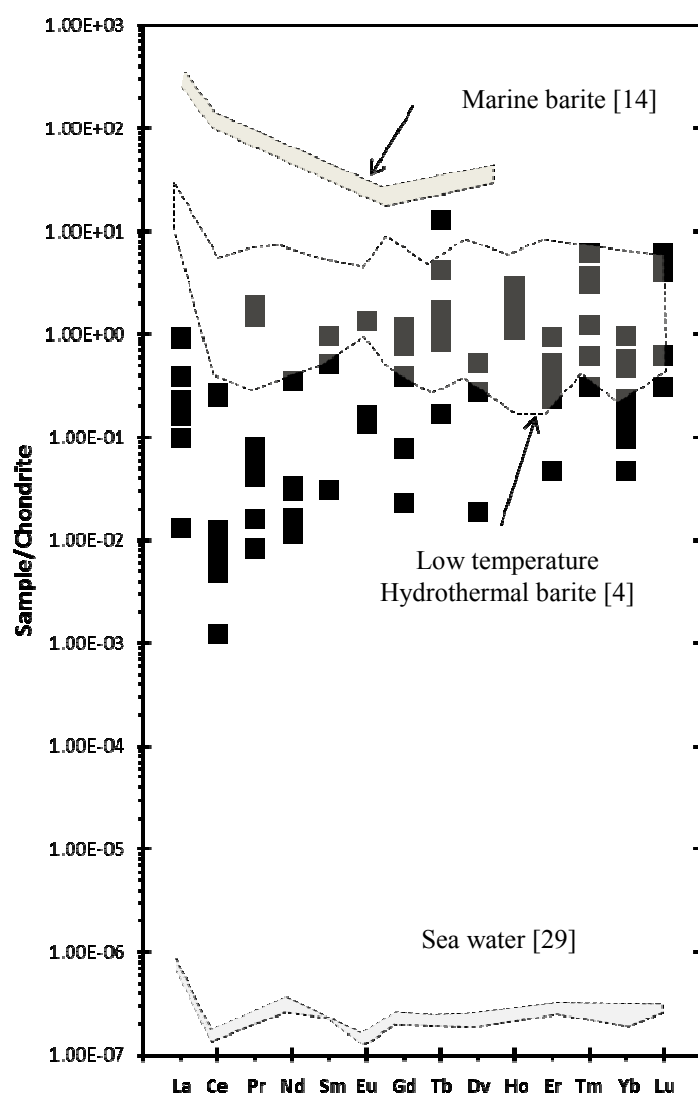
شدگی شاره‌های درگیر اولیه در باریت را ۲۵۰ تا ۳۸۶ درجه سانتی‌گراد و مقدار شوری میانگین را نیز ۶ درصد گزارش کرده‌اند [۲۸].

برای بررسی بیشتر رفتار عناصر خاکی نادر در مجموعه نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های معدنی، الگوی پراکندگی این عناصر با الگوهای ارائه شده در سطح جهانی برای انواع مختلف باریت و همچنین آب دریا مقایسه شد (شکل ۸). بر این اساس، بخش عمده نمونه‌ها در گستره باریت‌های برآمده از فعالیت‌های گرمایی دما پایین [۱۴] جای دارند. این موقعیت، با ترکیب باریت‌های دریایی [۴] و ترکیب عمومی آب دریا [۲۹] تفاوت آشکار دارد (شکل ۸).

رخنمون یافته در منطقه تفاوت‌های آشکاری دارد. این امر می‌تواند گویای این باشد که عناصر تشکیل دهنده این کانی به طور عمده از منابع عمیق‌تر ناشی شده‌اند و در طول گسل‌ها به کمک چرخه‌های آب گرم حرکت کرده و در حرکت به طرف سطح، با دیگر سیال‌های برآمده از حوضه رسوبی و یا آبهای جوی، آمیخته شده و سرانجام در شرایط مناسب فیزیکی-شیمیایی در نزدیکی سطح، رگه‌های معدنی موجود را تشکیل داده‌اند. وجود سنگهای تراورتن و چشمه‌های آب گرم پیرامون منطقه نیز می‌تواند نشان‌دهنده حضور موتوره‌های گرمایی ناشی از فعالیت‌های ماگمایی در اعماق باشد [۲۷]. براساس بررسی شاره‌های درگیر کانی باریت در این کانسار، دمای همگن



شکل ۷ مقایسه توزیع عناصر کمیاب خاکی (REE) بهنجار شده نسبت به کندریت [۲۶] (الف) در گالن با واحدهای سنگی مجاور. (ب) مقایسه توزیع عناصر کمیاب خاکی (REE) در باریت و واحدهای سنگی مجاور.



شکل ۸ توزیع عناصر خاکی نادر بهنجار شده نسبت به کندریت [۲۶] در باریت و سایر نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های معدنی در مقایسه با الگوی پراکندگی این عناصر در باریت‌های دریایی [۱۴]، باریت‌های برآمده از فعالیت‌های گرمابی دما پایین [۴] و آب دریا [۲۹].

برداشت

در منطقه مورد بررسی، کانه‌زایی باریت به همراه گالن به صورت رگه و رگچه‌ای و گاه پراکنده در متن سنگ و جانشینی درون سنگ‌های میزبان کربناتی روی داده است. کنترل‌های ساختاری در جایگزینی و توزیع رگه‌ها نقش اساسی داشته‌اند. بررسی‌های صورت گرفته نشان می‌دهد که کانی‌سازی این منطقه در چند مرحله انجام شده است. در مرحله نخست، باریت به تنهایی شکل گرفته و در مرحله بعد، باریت به همراه گالن و به احتمال بسیار کالکوپیریت (به مقدار جزئی) تشکیل شده است. در مرحله آخر، کانی‌های ثانویه چون سروزیت و آنگلزیت که فرآورده تجزیه گالن هستند و مالاکیت و آزوریت

به همراه مقادیر کم گوتیت و هماتیت ناشی از تجزیه کالکوپیریت، شکل گرفته‌اند.

عناصر خاکی نادر در نمونه‌های برداشت شده از رگه‌های معدنی باریت، الگوی مشابه باریت‌های برآمده از فعالیت‌های گرمابی دما پایین را نشان می‌دهد. پراکندگی برخی عناصر در گستره بین باریت‌های گرمابی و ترکیب عمومی آب دریا می‌تواند بیانگر آمیختگی سیال‌های ناشی از نواحی عمیق با سیال‌های دارای عناصر شسته شده از حوضه‌های رسوبی توسط چرخه‌های آب گرم عمقی و همچنین آب‌های جوی باشد. از این رو، کانه‌زایی باریت در منطقه افسو نمی‌تواند با نوع باریت آزادی که باریت پلاژیک یا باریت دریایی نیز نامیده می‌شود و

Geochimica et Cosmochimica Acta 173 (2016) 64–85.

[4] Hein J.R., Zierenberg R.A., Maynard J.B., Hannington M.D., "Multifarious barite-forming environments along a rifted continental margin, Southern California Borderland", Deep-Sea Res. II 54 (2007) 1327–1349.

[5] Paytan A., Mearon S., Cobb K., Kastner M., "Origin of marine barite deposits: Sr and S isotope characterization", Geology 30 (2002) 747–750.

[6] Ganeshram R.S., Francois R., Commeau J., Brown-Leger S.L., "An experimental investigation of barite formation in seawater", Geochimica et Cosmochimica Acta 67 (2003) 2599–2605.

[7] Goldberg E.D., Somayajulu B.L.K., Gallway J., Kaplan I.R., Faure G., "Differences between barites of marine and continental origins", Geochimica et Cosmochimica Acta 33 (1969) 287–289.

[8] Torres M.E., Brumsack H.J., Bohrmann G., Emeis K.C., "Barite fronts in continental sediments: a new look at barium remobilization in the zone of sulfate reduction and formation of heavy barites in authigenic fronts", Chemical Geology 127 (1996) 125–139.

[9] Brumsack H.J., "The inorganic geochemistry of Cretaceous black shales (DSDP Leg 41) in comparison to modern upwelling sediment from the Gulf of California", In: Summerhayes, C.P., Shackleton, N.J. (Eds.), North Atlantic Paleooceanography, Geological Society, London, Special Publication 21 (1986) 447–462.

[10] Naehr T.H., Stakes D.S., Moore W.S., "Mass wasting, ephemeral fluid flow, and barite deposition on the California continental margin", Geology 28 (2000) 315–318.

[11] Binns R.A., Parr J.M., Gemmell J.B., Whitford D.J., Dean J.A., "Precious metals in barite-silica chimneys from Franklin Seamount, Woodlark Basin, Papua New Guinea", Marine Geology 142 (1997) 119–141.

[12] Koski R.A., Shanks W.C., Bohrsen W.A., Oscarson R.L., "The composition of massive sulfide deposits from the sediment-covered floor of Escanaba Trough, Gorda Ridge: implications for depositional processes", Canadian Mineralogist 26 (1988) 655–673.

[13] Feely R.A., Lewison M., Massoth G.J., Robert-Baldo G., Lavelle J.W., Byrne R.H., Von Damm K.L., Curl Jr, H.C., "Composition and dissolution of black smoker particulates from active vents on the Juan de Fuca Ridge", Journal of Geophysical Research 92 (1987) 11347–11363.

بر اثر تخریب مواد آلی و سرانجام ته نشینی در محیط دریا ناشی می شود ارتباطی داشته باشد [۳، ۴، ۶، ۳۱].

پایین بودن مقدار Al_2O_3 و بالا بودن مقدار Sr نیز نشانه ای از خاستگاه شارهای کانه‌زایی نوع گرمایی دما پایین در این کانسار است [۳۲]. باریت گرمایی (با دمای پایین) از مایع‌های با دمای پایین در چشمه‌های آب گرم و زیر سطح با گردش مایع-های در کرانه قاره‌ای رانده شده توسط جریان دمای بالا که نتیجه زمین‌ساخت صفحه‌ای است بوجود می‌آید [۸].

مجموع کل عناصر خاکی نادر در نمونه‌های باریت منطقه مورد بررسی نیز بسیار پایین و حدود ۱ تا ۱/۸ گرم در تن است. غلظت پایین عناصر خاکی نادر در باریت می‌تواند نشانه تبلور از شارهای دور از خاستگاه خود باشد [۱۴]. نتایج نشان می‌دهد که عناصر فلزی چون سرب، روی و مس توسط سیال‌های گرمایی به احتمال بسیار از منبعی غیر از سنگ آهک و شیل که به عنوان سنگ میزبان کانی‌سازی در این منطقه به شمار می‌روند، تأمین شده‌اند. در مقابل، عناصر باریم و استرانسیوم دست کم به طور بخشی می‌توانند توسط سیال‌هایی از سنگ-های دربرگیرنده به ویژه شیل‌ها شسته و در جایگاه و شرایط مناسب کانی‌های ویژه خود را تشکیل داده باشند.

با توجه به نتایج ارائه شده، از نظر زایشی، کانی‌سازی باریت در منطقه مورد بررسی از نوع باریت نوع رگه‌ای و گرمایی با دمای پایین است.

قدردانی

این پژوهش بخشی از پایان نامه کارشناسی ارشد نویسنده اول مقاله است. به این وسیله از همکاری و مساعدت شرکت درکاو صمیمانه سپاسگزاریم.

مراجع

- [1] Saadat S., Shahabpour J., "An appresial on Antimony ore deposit in Sirzar area (Northeast of Khorasan) (in Persian)", Iranian of Crystallography and Mineralogy 5 (1) (1997) 45–85.
- [2] Ghorbani M., "Economic Geology of Iran Mineral Deposits and Indication (in Persian)", Arian zamin publication (2007) 674.
- [3] Jamieson J.W., Hannington M.D., Tivey M.K., Hansteen T., Williamson N.M., Stewart M., Fietzke J., Butterfield D., Frische M., Allen L., Cousens b., Langer J., "Precipitation and growth of barite within hydrothermal vent deposits from the Endeavour Segment, Juan de Fuca Ridge",

- Nayband and Darkuh formations of east-central Iran: Strigraphic, facies pattern and biota of extensional basins on an accreted terrane*", *Beringeria* 35 (2005) 53–133.
- [25] Siivola J., Schmid R., "A systematic nomenclature for metamorphic rocks: 12. List of mineral abbreviations", Recommendations by the IUGS Subcommittee on the Systematics of Metamorphic Rocks. Recommendations, web version of 1.2 (2007).
- [26] Boynton W.V., "Cosmochemistry of the rare earth elements: meteoritic studies" In: Henderson, P., (ed) Rare earth elements Geochemistry. Amsterdam (1984).
- [27] Saadat S., Stern C., "Petrochemistry of a Xenolith – bearing neogene alkali olivine basalt from northeastern Iran", *Journal of Volcanology and Geothermal Research-elsevier* 225-226 (2012) 13-29.
- [28] Ghaemmaghami A., Malekzadeh Shafaroudi A., Karimpour M.H., "Mineralogy, geochemistry, and fluid inclusion studies of Kuh-Sorbi Barite-lead \pm copper deposit, northeast of Iran (in Persian)", *Iranian of Crystallography and Mineralogy* 23 (2) (2015) 225-240.
- [29] Griffith E.M., Paytan A., Eisenhauer A., Bullen T.D., Thomas E., "Seawater calcium ratios across the Eocene- Oligocene Transition", *Geology* 39 (2012) 683–686.
- [30] Dehairs F., Chesselet R., Jedwab J., "Discrete suspended particles of barite and the barium cycle in the open ocean", *Earth Planet Sci Lett* 49 (1980) 528-550.
- [31] Church T.M., "Marine barite", *Rev Mineral* 6 (1979) 175-209.
- [32] Jurković, I., Garašić, V., Hrvatović, H., "Geochemical characteristics of the barite occurrences in the Paleozoic complex of the Southeastern Bosnia and their relationship to the barite deposits of the Mid-Bosnian Schist Mountains", *Geologia Croatia* 63(2) (2010) 241-258.
- [14] Guichard R., Church T.M., Treuil M., Jaffrezic H., "Rare earths in barites: distribution and effects on aqueous partitioning", *Geochimica et Cosmochimica Acta* 43 (1979) 983–997.
- [15] Hajjaliloo B., Vusuq B., moayed M., "REE Geochemistry of Precambrian shale- hosted barite- galena mineralization, a case study from NW Iran (in Persian)", *Iranian of Crystallography and Mineralogy* 22 (2) (2014) 39-48.
- [16] Yang X., Zhang Z., Duan S., "Origin of the Mesoproterozoic Jingtieshan bedded barite deposit, North Qilian Mountains, NW China: Geochemical and isotope (O, S, Sr) evidence", *Geological Journal* (2017) 1–12.
- [17] Pourkaseb H., Taheri S., Zarasvandi A., Aliabadi M., "Mineralogical and textural characteristics of the Robat-Paein Barite deposit, NW Khomein, Markazi province (in Persian)", *Iranian of Crystallography and Mineralogy* 24 (4) (2016) 813-824.
- [18] Ehya F., Moalaye Mazraei S., 2017, "Hydrothermal barite mineralization at Chenarvardeh deposit Markazi Province Iran Evidences from REE geochemistry and fluid inclusions", *Journal of African Earth sciences* 134 (2017) 299-307.
- [19] Alavi M., "Sedimentary and Structural Characteristics of the Paleo-Tethys Remnants in Northeastern Iran", *Geological Society of America* (1991).
- [20] Eftekharneshad J., Alavi Naini M., Behruzi A., "Geological Map of Kariznow" Geological Survey of Iran (1984).
- [21] Azimi M., Saadat S., Mazlomi A., "Source and characteristics of mineralization in Afso area (southwestern Torbat-Jam, Northeast Iran", MSc thesis, Islamic Azad University of Mashhad, Iran (2013).
- [22] Nabavi M.H., "Introduction to geology of Iran (in Persian) ", *Geology society of Iran* (1976) 109.
- [23] Aghanabati S.A., "Geology of Iran", *Geological Society of Iran* (2006) 586.
- [24] Hautmann M., Fürsich F. T., Senowbari-Daryan B., Seyed-Emami K., "The Upper Triassic