

## چکیده

**چکیده** : زون فلززایی ملوند با کانی‌زایی غالب روی، سرب و باریت بخشی از بلوک طیس در خرده قاره ایران مرکز می‌باشد. این زون دارای معدانی چون ملوند و نیزار با کانه زایی روی و سرب و باریت و چندین اندیس دیگر روی، سرب، باریت، فلورین، مس است. این محدوده مابین دو گسله نایبندان و چاه نظر قرار گرفته که عملکرد آنها سبب فعال شدن گسله‌های فرعی دیگری شده که در ارتباط مستقیم با کانه‌زایی می‌باشند. واحدهای لیتولوژیک این محدوده از سن پالئوزوئیک تا سنوزوئیک هستند که کربناته‌های سازند جمال بیشترین رخنمون را دارا می‌باشند. سازند جمال به طور اصلی و سازندهای قلعه‌دختر، بغمشا، آهک پرورده و شمشک میزبان کانی‌زایی در این بخش از بلوک طیس هستند. بخش میانی سازند جمال (کربناته‌های ریغی ضخیم لایه) میزبان اصلی کانه‌زایی روی در معدن ملوند می‌باشد. کانیهای اصلی شامل کلسیت، دولومیت، اسفالریت، همی-مورفیت، باریت، گالن، سروزیت، پیریت، اکسیدهای آهن و فلورین یا یافته‌های گرانولار، لامینه‌ای، برشی، کلوفورم، جانشیني و رگچه‌های هستند. دگرسانی‌های اکسید آهن، دولومیتی شدن و آرژیلیتی شدن در این ناحیه و همچنین در معدن ملوند گسترش چشمگیری دارند. براساس شواهد ژئوشیمیایی و تلفیق آنها با شواهد زمین‌شناسی (نوع سنگ میزبان، بافت و ساخت، کانی‌شناسی و دگرسانی و ...) تیپ کانی زایی ذخایر روی- سرب- باریت این محدوده به احتمال بالا از نوع دره می‌سی‌سی‌پی می‌باشد.

## مقدمه

**مقدمه** : ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی به طور ژئتیکی در ارتباط با فعالیت های آذرین نبوده، دارای میزبان رسوبی هستند و سرب و روی محصولات اصلی می‌باشند [1]. این نوع ذخایر به عنوان منبع اصلی سرب و روی و همچنین سورس مهمی برای عناصری چون نقره، مس، آرسنیک، باریم، بیسموت، ژرمانیوم، جیوه، منگنز، نیکل، فسفر، آنتیموان و تانتالوم بوده و عناصر استراتژیک چون ایندیموم می‌باشند [2,3]. دو طبقه‌بندی برای ذخایر سرب و روی با میزبان رسوبی عبارت از ذخایر رسوبی بروندمی (SEDEX) و ذخایر نوع دره می‌سی‌سی‌پی (MVT) می‌باشد که هر دوی آنها در شرایط کم دماتر از ذخایری چون ولکانوژئیک مسبو سولفاید که به طور مستقم در ارتباط با ماگما می‌باشند هستند [1]. ذخایر MVT در شرایط دمای پایین و شوری بالا حوضه رسوبی و یا در آب‌های محبوس در طول دیاژنز رسوبات در حوضه رسوبی تشکیل می‌شوند [4]. ایران به لحاظ دارای بودن شرایط مناسب ژئودینامیکی و وسعت پلاتفرم‌های کربناته دارای مناطقی با پتانسیل قابل توجهی برای ذخایر روی-سرب با میزبان کربناته است. بیشتر از ۲۸۵ کانسلر و نشانه معدنی روی- سرب با میزبان کربناته در ایران شناسایی شده که تعدادی از آنها همچون مهدی‌آباد و ایرانخواه دارای کلاس بندی جهانی هستند [5]. کانه‌زایی در ایران در کل در نتیجه تحولات تکتونیکی اقیانوس‌های تئیس و حوضه‌های دریایی مرتبط با آنها از نئوپروترزوئیک تا عهد حاضر می‌باشد [6,7]. مقاله پیش رو سعی بر این دارد که زون فلززایی ملوند را از لحاظ پتانسیل معدنی روی- سرب- باریت مورد مطالعه و بررسی قرار دهد.

زون فلززایی ملوند بخشی از زون ساختاری خرده قاره ایران مرکزی و بخشی کوچک از بلوک طیس را شامل می‌شود [8]. این محدوده در بخشی از نقشه‌های زمین‌شناسی یکصدهزار بشروئیه و عشق‌آباد قرار گرفته است. در این زون واحدهای رسوبی بیشترین رخنمون را دارا هستند. سازندها و واحدهای لیتولوژیک پالئوزوئیک، مزوزوئیک و سنوزوئیک قابل رویت هستند (شکل ۱). واحدها سنگ شناسی از قدیم به جدید شامل: پرمین (سازند کربناته - تخریبی جمال)، تریاس (شیل) و رسوبات آواری سازند سرخ شیل. کربناته‌های شتری و آهک اسپهک)، ژوراسیک (رسوبات آواری، تخریبی، کربناته سازند شمشک، شیل و مارن و کربنات بغمشا، کربناته‌ها، شیل و مارن قلعه دختر، آهک اسفندیار و شیل گرده‌وو)، پالئوزن (کانگلومرای کرمان)، رسوبات آواری تخریبی نئوزن و واحدهای کواترنری می‌باشند. اغلب معادن و اندیس‌های معدنی روی- سرب- باریت در این منطقه با واحدهای آهکی و یا دولومیتی شتری، جمال، اسفندیار، بغمشا، قلعه‌دختر و شمشک در ارتباط هستند که اغلب این کانسارها در حال نشست طیس گسلیده سازندهای آهکی – دولومیتی با سازندهای تخریبی شیلی – ماسه سنگی منطقه و شکستگی‌های موجود درون واحدهای کربناتی تشکیل شده‌اند. در سیلورین آغازین باز شدن پالئوتئیس سبب جلدایش صفحات رسوبی بزرگی از ایران از گندوانا شده [7]. در پرمین و تریاس حوضه دریایی شمالی صفحه ایران به شکل یک صفحه غیرفعال حوضه قاره ای در آمده که همراه با انباشته شدن پلاتفرم‌های وسیع کربناته [9] بوده است. وجود بروزندهای گسترده‌ی سنگهای پرمین در بخش بزرگی از ایران مرکزی و به ویژه بلوک طیس گویای پیشروی دریای پرمین در ایران مرکزی است که در همه جا به ردیف‌های رسوبی این دریای پیشرونده، سازند جمال نام داده‌اند که علاوه بر کربناته بودن آن در همه جای ایران مرکزی با ردیف‌های آواری آغاز می‌شود، که وجود یک ناپیوستگی رسوبی در پایه این سازند گویای گذر تدریجی رسوبات سردر به سنگ‌های پرمین است. وجود فسیل‌های کربونیفر پسین در ردیف‌های آواری پایه سازند جمال نشانگر آن است که پس از چرخه فرسایشی هرسی‌نین، در آشکوب‌های پایانی کربونیفر (مسکوبین- قزلیین) دریا، به ویژه بلوک در حال نشست طیس را فراگرفته و رسوبگذاری آغاز شده در کربونیفر پایانی. بدون انفصال تا زمان پرمین ادامه پیدا کرده است [8]. محدوده مورد مطالعه بین دو گسله بزرگ امتدادلغز نایبندان در شمال شرق و چاه نظر در جنوب غرب قرار داشته و این سبب شده سنگ‌های منطقه به شدت خرد و تکتونیزه شوند و فرآیندهای دولومیتی شدن، آرژیلیتی شدن، هماتیتی شدن به ویژه در واحد آهک دولومیتی سازند جمال که میزبان اصلی کانه‌زایی سرب و روی می‌باشد چشمگیر است. همچنین زون فلززایی ملوند دارای گسله‌های طولی و چین‌های ساده با روند شمال-شمال شرق است. افزون بر گسله‌های یاد شده دسته دیگری از گسله‌های شمالی- جنوبی وجود دارد که از اهمیت کمتری برخوردارند. گسله‌های نایبند و چاه نظر دارای جابجایی راست لغز راست گرد بوده و به همین علت گسله‌های فرعی هم روند با آنها در منطقه غالب بوده و اغلب باعث جابجایی و کنترل کانی‌سازی نیز شده‌اند. در نیمه شمالی زون، گسل‌ها با راستاهای متفاوتی موجب شکستگی و جابجایی واحدهای سنگی شده‌اند که نقش آنها در کنترل کانه‌زایی آشکار است. فعالیت‌های تکتونیکی در منطقه علاوه بر ایجاد زون‌های گسله و برشی، باعث ایجاد چین‌خوردگی‌هایی به شکل تاقدیس در منطقه شده که برخی از آنها با کانه‌زایی‌های سرب و روی نیز در ارتباط هستند. سنگ‌های پرمین، تریاس و ژوراسیک محدوده مورد بررسی دارای نشانه‌ها و ذخایری از مواد معدنی گوناگون از جمله سرب، روی، نقره، مولبدین، مس و باریت هستند.

## بیست و سومین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران

**۲۰ و ۲۱ آبانماه ۱۳۹۹**

**The 23<sup>rd</sup> Symposium of Geological Society of Iran**

**10-11 November, 2020**

# بررسی پتانسیل کانی زایی زون فلززایی ملوند، شمال شرق طبس، با تاکید بر کانه زایی روی – سرب – باریت

سرگل رحیمی ۱، علی عابدینی ۲، فرهنگ علیاری ۳، علی اصغر کلاگری ۴

\* (سرگل رحیمی، دانشجوی دکتری، گروه زمین شناسی، دانشگاه ارومیه، Rahimi.sargol@yahoo.com

۲پروفسور علی عابدینی، گروه زمین شناسی، استاد دانشگاه ارومیه، a.abedini@urmia.ac.ir

۳دکتر فرهنگ علیاری، گروه مهندسی معدن، استادیار دانشگاه صنعتی ارومیه، Aliyari184@yahoo.com

۴پروفسور علی اصغر کلاگری، گروه زمین شناسی، استاد دانشگاه تبریز، calagari@tabrizu.ac.ir

## مواد و روش کار

مطالعه پیش رو در سه بخش مطالعه دفتری، پیمایش و نمونه‌برداری صحرایی و انجام آنالیزهای شیمیایی همراه با تجزیه و تحلیل یافته‌ها انجام شده است. مرحله صحرایی با هدف بررسی واحدهای زمین‌شناسی موجود و نمونه‌برداری آغاز شد که طی اقدام به برداشت نمونه‌ها پیرامون مناطقی که احتمال کانی زایی در آن بیشتر بود متمرکز گردید تا در راستای آن امکان شناخت کانی سازی با کیفیت هرچه بهتر صورت پذیرد. نمونه‌های رسوب ابراهه‌ای پس از آماده‌سازی به آزمایشگاه زرازما (روش آنالیزی ICP-OES) ارسال گردید. نمونه‌های کانی سنگین نیز پس از شستشو توسط محلول بروموفورم مورد آماده سازی قرار گرفت، نمونه‌ها پس از آماده سازی توسط میکروسکوپ بینوکولار مورد مطالعه قرار گرفتند. پس از پردازش نتایج داده‌ها، نقشه سیمبلی عناصر آماده و نواحی آنومالی بر پایه داده‌های ژئوشیمیایی مشخص گردید. سپس بر پایه نتایج حاصل از مطالعات مرحله نخست (ژئوشیمی رسوب ابراهه‌ای و کانی سنگین) نواحی ناهنجار یا مناطق امید بخش اولیه به ترتیب اولویت جدا گردید. پس از شناسایی مناطق دارای کانه‌زایی اقدام به نمونه‌برداری از ماده معدنی و سنگ میزبان ماده معدنی منطقه‌ای شد که این نمونه‌ها جهت انجام آنالیزهای مورد نیاز انتخاب و به آزمایشگاه ارسال شدند که تعدادی برای تهیه مقطع نازک، صیقلی و دوبرصیقل انتخاب، تعدادی جهت مطالعه ژئوشیمیایی و انجام آنالیز ICP-MS-OES، و سایر آنالیزهای مورد نیاز جداسازی و آماده شدند.

## بحث

**بحث**: نتایج حاصل از مطالعات زمین‌شناسی صحرایی نشان داد که در محدوده مورد بررسی واحدهای رسوبی بیشترین مقدار را داشته و سازند جمال بیشترین رخنمون را دارا می‌باشد. بخش آهک ریغی ضخیم لایه میزبان اصلی کانه‌زایی اقتصادی روی در این زون محسوب می‌شود به طوری که در معدن روی ملوند بیشترین حجم کانه‌زایی روی در این بخش واقع شده است. بخش دولومیت بالای تقریباً فاقد کانی‌زایی است و دارای بافت گرانولار و لامینه‌ای می‌باشد. علاوه بر سازند جمال بخش کربناته سازند قلعه دختر نیز در پهنه ملوند دارای کانه‌زایی سرب و باریت می‌باشد که بافت این سنگها بیشتر گرانولار همراه با دندرنیت‌های فراوان منگنز می‌باشد. مطالعات مقاطع نازک نشان داد که کانی‌ها اصلی سنگ‌ساز شامل آهک و دولومیت بوده و کانی‌های کانساری شامل اسفالریت، همی‌مورفیت، سروزیت، اسمیت‌زونیت، باریت، گالن، پیریت، اکسیدهای آهن و فلورین می‌باشد که هم به صورت اولیه، ثانویه و رگه رگچه‌ای با بافت‌های جانشیني، پرکنندگی فضای خالی، لامینه‌ای، کلوفورم، دروزی، گرانولار، برشی تشکیل شده‌اند. نتایج بررسی کانی سنگین در محدوده اکتشافی ملوند نشان از کانی‌های خانواده سرب، روی، باریم، استرانسیم و جیوه داد که فراوانترین آنها عبارتند از: اسمیت‌زونیت، سروزیت، گالن، سیننبار، مگنتیت، مالاکیت، سلسیتن، پیریت، گروه آهن، باریت و ... که گویای پتانسیل بالای معدنی زون فلززایی ملوند هستند. به طور کلی در ذخایر MVT کانیهای سولفیدی با غالب بودن اسفالریت و گالن، سولفیدهای آهن، باریت و فلوریت نیز به طور فرعی حضور دارند. بعضی ذخایر همانند (ویبورنوم) دارای تنوعی از سولفوسالت‌ها و سولفیدهای عناصر مس، کبالت، نیکل، آهن، نقره و آنتیموان می‌باشد [11]. در بعضی از ذخایر نیز کادمیم، ژرمانیوم، گالیم، ایندیموم، باریت و فلوریت نیز حضور دارند. مس و نیکل در این نوع ذخایر معمول نیستند. نقره در بسیاری از ذخایر دیده می‌شود. تمام ذخایر بزرگ MVT دارای مقادیر روی بالاتری نسبت به سرب می‌باشند و بعضی ذخایر کلاً سرب ندارند [1]. مطالعه ژئوشیمیایی در زون ملوند نشان داد که عناصر روی، سرب، کبالت، آرسنیک، گوگرد، نیکل، آنتیموان، کادمیم، آهن و منگنز دچار غنی‌شدگی شده‌اند. همیافتی این عناصر در اکثر سیستم‌های روی‌دار با میزبان کربناته کاملاً منطقی است. بررسی ضرایب همبستگی بر پایه روش اسپهرمن، نشان داد که عنصر روی بیشترین همبستگی مثبت را با عناصر آرسنیک (۰.۸۳۲)، سرب (۰.۷۸۲)، کبالت (۰.۷۵۲)، و آهن (۰.۷۰۵) و با شدتی کمتر (۰.۵۸۵) با عنصر نیکل نشان می‌دهد. عنصر سرب نیز بیشترین همبستگی مثبت را روی (۰.۷۸۲) و آرسنیک (۰.۷۴۱) دارا می‌باشد. با توجه به اینکه در محدوده معدنی ملوند با کانه‌زایی روی و سرب با میزبان کربناته مواجه هستیم همبستگی مثبت این عنصر با عناصر کبالت، آرسنیک، نیکل، کادمیم و آهن دور از انتظار نیست. زیرا این عناصر به عنوان ردیاب‌های اصلی عناصر روی و سرب با میزبان کربناته تلقی می‌گردند. همبستگی بالای سه عنصر آهن، کبالت و آرسنیک می‌تواند نوید بوجود آمدن زون سوپرژنی در حوضه بالادست این نمونه‌ها بدهد. در ارتفاعات بالاتر این مناطق کلاک‌های آهنی قابل مشاهده هستند که به دلیل حضور اکسیدها و هیدروکسیدهای آهن عیار عناصر کبالت و آرسنیک نیز دچار غنی‌شدگی می‌شود. این پدیده‌ها ارتباط مستقیمی با کانه‌زایی روی داشته و در صورت مساعد بودن شرایط Eh , Eh , Eh محیط می‌تواند زون سوپرژنی خوبی را بالای زون هیپوژن ایجاد نماید. کانه‌زایی در زون مورد مطالعه ارتباط مستقیمی با شکستگی و تخلخل محیط نیز دارد. نتایج بررسی‌های صحرایی و ژئوشیمیایی نشان دامن که کانسلر روی ملوند به احتمال زیاد یک کانسلر تیپ می‌سی‌سی‌پی (MVT) می‌باشد. مهم‌ترین دگرسانی مرتبط با ذخایر MVT تجزیه سنگ میزبان کربناته است که این تجزیه و برشی شدن هیدروترمال سنگ میزبان کربناته درنتیجه اثر واکنش اسید تولید شده که حاصل اختلال سیال بوده است. اسید موجود در این واکنش در نتیجه اختلاط سیالات کاهنده غنی از سولفور همراه با سیالات غنی از فلز و مقداری نیز از کاهش سولفات در زون کانه تولید شده است [14]. بررسی‌های ماکروسکوپی و میکروسکوپی معدن ملوند و سایر نمونه‌های سنگ میزبان کانه‌زایی در زون فلززایی ملوند شواهدی از تجزیه سنگ میزبان کربناته را به وضوح نشان می‌دهند. دولومیت‌های هیدروترمال در ذخایر MVT بیشتر در اثر جان‌نشینی کربنات‌های میزبان وایا به عنوان سیمان پرکننده تخلخل بین دانه‌ای و پرکننده فضاهای خالی تشکیل می‌شوند. کلسیت در تعدادی از این نوع ذخایر غالب بوده و بیشتر شبیه حضورش در سنگ آهک‌های حاصل از لیتولوژی هستند. دولومیت‌های هیدروترمالی ممکن است قبل، حین و یا پس از هاله‌های دگرسانی پیرامون ذخیره تشکیل شوند [1]. اگرچه که دولومیت‌های هیدروترمالی معمولاً مرتبط با رخداد کانی‌زای در ذخایر MVT هستند، ارتباط پیچیده‌ای با سولفیدها دارند و معمولاً گسترش آنها به طور وسیع در اکتشاف این ذخایر بکار می‌رود [15]. علاوه بر گوئسن آهنی دولومیت‌های زون ملوند در مقیاس صحرایی به صورت راهنمای اکتشاف کانه‌زایی محسوب می‌شوند و در مقیاس میکروسکوپی دولومیت‌ها را می‌توان به شکل بافت جانشیني و هم به صورت سیمان ملاحظه نمود. کوارتز و سیلیسی فیکالسون ذخایر از لحاظ مورفولوژی برشهای انحلالی-ریزشی هستند. آنها تغییراتی از برشهای منشوری [20, 21]و برشهای ستونی [22] اندازه متغیر هستند اما در مقیاس مستقیم یا دید کلی استراباند هستند. هندسه و موقعیت این ذخایر نشانگر اثر متقابل مابین گسل، خواص و ویژگی انحلال کربناته‌ای اولیه قبل از کانه‌زایی و واحدهای اولیه چینه‌شناسی هستند. یکی از خصوصیات مهم این ذخایر از لحاظ مورفولوژی برشهای انحلالی-ریزشی هستند. آنها تغییراتی از برشهای منشوری [20, 21]و برشهای ستونی [22] دارند. ساختارهای برشی شبیه کارستهای لانه زنبوری نیز در این ذخایر دیده شده است. گسل کنترل کننده این نوع ذخایر تغییرات قابل توجهی از نظر شکل و اندازه نشان می‌دهند که نشانگر تاثیر تغییرات کنترل‌کننده‌های ساختاری و لیتولوژیکی می‌باشد. گنبدی‌ها نمکی نیز محیطی مناسب اما فرعی برای ذخایر MVT هستند. سولفیدها در مجموعه کانیهای کپ راک تشکیل می‌شوند، این کانیها به شکل‌های پرکننده فضا خالی و جانشیني، جانشین سنگ میزبان می‌شوند [20, 21].

## نتیجه گیری

**بحث و نتیجه گیری**: زون فلززایی ملوند بخشی از بلوک طیس در خرده قاره‌ی ایران مرکزی است که دارای واحدهای رسوبی پالئوزوئیک تا سنوزوئیک می‌باشد. این زون دارای پتانسیل معدنی بالایی برای عناصر روی، سرب، باریت و فلورین می‌باشد. این زون در حال حاضر دارای چند معدن فعال روی، سرب و باریت می‌باشد که مهمترین آنها معدن روی ملوند است. کانه‌زایی روی، سرب و باریت در این زون در بخش کربناتی ریغی ضخیم لایه سازند جمال، بخش کربناتی ضخیم لایه دارای دندرنیت‌های منگنز سازند قلعه دختر و به شکل غیر اقتصادی در سازندهای بغمشا، شمشک و آهک پرورده تشکیل شده است. کانیهای این محدوده شامل کلسیت، دولومیت، اسفالریت، همی‌مورفیت، اسمیت‌زونیت، سروزیت، باریت، گالن، فلورین، پیریت و اکسیدهای آهن می‌باشد. تقریباً در بیشتر مناطق دارای کانه‌زایی، شاهد وجود گوئسن آهنی در بالادست هستیم و از دیگر خصوصیات بارز این محدوده تشکیل کانه‌زایی در امتداد گسل‌ها می‌باشد. علاوه بر گسل‌ها ما شاهد تاقدیسی در معدن ملوند هستیم که شواهدی از کارستی شدن را نیز می‌توان دید که این ساختارها بر اثر فعالیت گسل کمی به هم‌ریختگی را متحمل شده‌اند. نتایج مطالعات میکروسکوپی گویای وجود بافت‌های برشی شدن، گرانولار، جانشیني، لامینه‌ای، کلوفورم و ... می‌باشد. در محدوده معدن ملوند و در بسیاری از بخش‌های دارای کانی‌زایی، زون فلززایی مورد مطالعه دگرسانی‌های دولومیتی شدن و آرژیلیتی شدن قابل رویت هستند. بررسی‌های ژئوشیمیایی نشان دادند که عنصر روی بیشترین همبستگی را با عناصر آرسنیک، سرب، کبالت، آهن و نیکل دارد و همچنین عنصر سرب نیز بیشترین همبستگی را با عناصر روی و آرسنیک دارا می‌باشد. این همبستگی های و غنی شدگی عناصری چون آهن، روی، سرب، کبالت، نیکل، آرسنیک، گوگرد و آنتیموان و سایر شواهد صحرایی و کانی‌شناسی وجود تیپ کانی زایی نوع دره می‌سی‌سی‌پی را بازگو می‌کند.

## منابع

- Leach, D.L., Sangster, D.F., Kelley, K.D., Large, R.R., Garven, G., Allen, C.R., Gutierrez, J., andWalters, S., 2005, Sedimenthosted lead-zinc deposits: A global perspective. Economic Geology, 100th Anniversary Volume, p. 561–607.
- Werner, T.T., Mudd, G.M., Jowitz, S.M. 2016a. the world’s by-production and critical metal resources part II; A New Methodology. Ore Geol.
- Werner, T.T., Mudd, G.M., Jowitz, S.M., 2016b. the world’s by-production and Critical metal resoures part III; indium. Ore geol.
- Robb, L., 2005. Introduction to Ore-forming Processes. Blackwell pub., 373 P.
- Rajabi, A., Rastad, E., Alfonso, P., and Canet, C., 2012, Geology, ore facies and sulfur isotopes of the Koush venthalopredal sedimentary-exhalative deposit, Posht-e-Badam Block, Central Iran: International Geology Review. (doi: 10.1080/00206814.2012.659106).
- Stocklin, J., 1968, Structural history and tectonics of Iran: A review: American Association of Petroleum Geologists Bulletin, v. 52, p. 1229–1258.
- Golonka, J., 2004, Plate tectonic evolution of the southern margin of Eurasia in the Mesozoic and Cenozoic: Tectonophysics, v. 381, p. 235–273.
- [8] اقلتیلی، طبع، ۱378، زمین‌شناسی و سزمان زمین‌شناسی و کشفات معدنی ایران، 708 صفحه
- [9] Alavi, M., Vaziri, H., Seyed-Emami, K., and Lasemi, Y., 1997, The Triassic and associated rocks of the Nakhlak andAqdarband areas in central and northeastern Iran as remnants of the southern Turanian active continental margin: Geological Society of America Bulletin, v. 109, no. 12, p. 1563–1575.
- [10] Leach, D.L., and Sangster, D.F., 1993, Mississippi Valley-type lead-zinc deposits: Geological Association of Canada Special Paper 40, p. 289–314.
- [11] Heyl, A.V., 1983, Geologic characteristics of three Mississippi Valley-type districts, in Kivarsanyi G, et al., eds., Proceedings of International Conference on Mississippi Valley-type lead-zinc deposits: Rolla, Missouri, University of Missouri, Rolla Press, p. 27–30.
- [12] Sangster 1990, Mississippi Valley-type and sedex lead-zinc deposits: A comparative examination: Transactions of the Institution of Mining and Metallurgy, sec. B, v. 99, p. 821–842.
- [13] Heyl, A.V., Agnew, A.F., Lyons, E.J., and Behre, C.H., 1959, The geology of the Upper Mississippi Valley zinc-lead district: U.S. Geological Survey Professional Paper 424-D, 310 p.
- [14] Corbella, M., Ayora, C., and Cardellach, E., 2004, Hydrothermal mixing, carbonate dissolution and sulfide precipitation in Mississippi Valley-type deposits: Mineralium Deposita, v. 39, p. 344–357.
- [15] Wilkinson, J.J., and Earls, G., 2000, A high-temperature hydrothermal origin for black dolomite matrix breccias in the Irish Zn-Pb orefield. Mineralogical Magazine, v. 64, p. 1017–1036.
- [16] Plumlee, G.S., Leach, D.L., Hofstra, A.H., Landis, G.P., Rowan, E.L., and Viets, J.G., 1994, Chemical reaction path modeling of ore deposition in Mississippi Valley-type Pb-Zn deposits of the Ozark region, U.S. midcontinent: ECONOMIC GEOLOGY, v. 89, p.1361–1383.
- [17] Rimstidt, J.D., 1993, Gangeue mineral transport and deposition, in H.L. Barnes, ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits: New York, John Wiley and Sons, p. 487–516.
- [18] Leventhal, J.S., 1990, Organic matter and thermochemical sulfate reduction in the Veburnum Trend, Southeast Missouri: ECONOMIC GEOLOGY, v. 85, p. 622–632.
- [19] Rowan, E.L., and Goldhaber, M.B., 1995, Duration of mineralization and fluid-flow history of the Upper Mississippi Valley zinc-lead district: Geology, v. 23, p. 609–612.
- [20] Rhodes, D., Lantos, E.A., Lantos, J.A., Webb, R.J., and Owen, D.C., 1984, Pine Point orebodies and their relationship to the stratigraphy, structure, dolomitization, and karstification of the Middle Devonian barrier complex: ECONOMIC GEOLOGY, v. 79, p. 991–1055.
- [21] Kyle, J.R., 1981, Geology of the Pine Point lead-zinc district, in Wold, K.H., ed., Handbook of strata-bound and stratiform ore deposits: New York, Elsevier, v. 9, p. 643–741.
- [22] Ohle, 1985, Breccias in Mississippi Valley-type deposits: ECONOMIC GEOLOGY, v. 80, p. 1736–1752.