

مقایسه ترکیب ایزوتوپی سرب در کانسار کوه سورمه با برخی از کانسارهای سرب و روی ایران مرکزی و بررسی نقش فرورانش نئوتتیس در تحرک مجدد سرب ایران مرکزی

فاطمه ملاصالحی، حسن میرنژاد*

دانشکده زمین‌شناسی، پردیس علوم، دانشگاه تهران، تهران، ایران

*مسئول مکاتبات - آدرس الکترونیکی: mirnejad@khayam.ut.ac.ir

(دریافت: ۸۸/۱۰/۱۴؛ پذیرش: ۸۹/۵/۹)

چکیده

به منظور تعیین منشأ سرب در تعدادی از کانسارهای سرب و روی ایران، نسبت‌های ایزوتوپی سرب در نمونه‌های گالن متعلق به پنج کانسار سرب و روی با سنگ میزبان کربناته واقع در پهنه ایران مرکزی و کمر بند چین خورده زاگرس شمال شرقی صفحه عربستان واقع شده است، نشان می‌دهد که کانسار مذکور در مقایسه با کانسارهای ایران مرکزی کمترین نسبت‌های $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (۱۸/۰۶۲) و $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ (۳۸/۲۳۰) را دارا می‌باشد. با توجه به سن مدل سرب (۵۸۵ میلیون سال) و نیز مقادیر بالای $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۰/۸۶۸۳) و $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۲/۱۱۷) که بیانگر سهم غالب پی‌سنگ‌های اولیه در تامین سرب کانسار است، می‌توان این‌طور استنباط کرد که سرب و سایر فلزات کانسار همزمان با فاز تکتونیکی پان آفریقا (کراتونی شدن نهایی پی‌سنگ‌های ایران و عربستان در زمان پرکامبرین پسین) از مخزن جدا شده‌اند. ترکیب ایزوتوپی سرب نمونه‌های گالن کانسارهای سرب و روی مورد مطالعه در ایران مرکزی ($^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=۱۸/۵۱۶-۱۸/۴۲۷$)، $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}=۱۵/۶۳۷$ و $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}=۳۸/۵۷۵-۳۸/۶۹۶$) اغلب ماهیت سرب مخزن کوهزایی و نیز پوسته بالایی را نشان می‌دهند و در مقایسه با کمر بند چین خورده زاگرس سن‌های مدل جوانتری را ارائه می‌دهند. به نظر می‌رسد سن‌های مدل سرب کانسارها با سن‌های زمین‌شناسی کانی‌سازی همخوانی نداشته و از سنگ‌های میزبان کانسار و وقایع تکتونیکی منطقه قدیم‌تر باشد. این ناهماهنگی بیانگر این واقعیت است که کانی‌سازی گالن تحت تاثیر تحرک مجدد سرب از منابع قدیمی‌تر واقع شده است. مقایسه ترکیبات ایزوتوپی سرب کانسارهای واقع در خردقاره ایران مرکزی و حاشیه صفحه عربستان روشن می‌سازد که فرورانش نئوتتیس سهم بسزایی در تحرک مجدد سرب و کانسارزایی متعدد سرب و روی در صفحه ایران (که در واقع حاشیه فعال را در زمان فرورانش تشکیل می‌داده است) داشته در حالی که در حاشیه صفحه عربستان اثری از تحرک مجدد سرب و پیدایش کانسارهای جوانتر دیده نمی‌شود.

واژه های کلیدی: ایزوتوپ سرب، کانسار سرب و روی، ایران مرکزی، کمر بند چین خورده زاگرس.

مقدمه

به‌عنوان نخستین گام جهت مقایسه ترکیب ایزوتوپی سرب کانسارهای مختلف سرب و روی ایران، نسبت‌های ایزوتوپ سرب در برخی از کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته در ایران مرکزی و کانسار کوه سورمه در این تحقیق مورد بررسی و مقایسه قرار می‌گیرند. از ایزوتوپ‌های سرب در زمینه‌های مختلف زمین‌شناسی اقتصادی برای تعیین منشأ فلزات کانساری، سن کانه‌زایی و موقعیت ژئوتکتونیکی استفاده می‌شود. به چندین دلیل ایزوتوپ‌های سرب برای تحقیقات اینچنینی مناسب شناخته شده‌اند که عبارتند از: ۱- ایزوتوپ‌های سرب سنگین هستند (میانگین وزن اتمی ۲۰۶) و برخلاف ایزوتوپ‌های عناصر سبک، در محیط‌های مختلف زمین‌شناسی تحت تاثیر فرایندهای دمای پایین (آلی و معدنی) و نیز فیزیکوشیمیایی مانند

انحلال، حمل و نقل و ته‌نشینی قرار نمی‌گیرند (Doe 1970; Gulson & Mizon 1979) -۲ در کانسارهای غنی از سرب (مانند کانسارهای مورد مطالعه در این پژوهش) به دلیل بالا بودن مقدار سرب در مقایسه با ایزوتوپ‌های والد، واپاشی رادیواکتیو اورانیم و توریم به سرب نمی‌تواند مشخصه‌های ایزوتوپ سرب زمان ته‌نشست کانسار را تغییر دهد، بنابراین ترکیب ایزوتوپ سرب کانسار با گذشت زمان و تحت تاثیر عوامل مختلف ثابت مانده و مشابه ترکیب ایزوتوپ سرب زمان کانه‌زایی می‌باشد (Gulson 1986) -۳ تاثیر فعالیت‌های توده‌های گرانیتی و دگرگونی بر مشخصه‌های ایزوتوپی سرب کانسارهای بزرگ در مقایسه با کانه‌زایی‌های کوچک بسیار اندک است (Gulson 1986) -۴ به دلیل مقادیر فراوان سرب در گالن، نسبت‌های ایزوتوپی سرب به آسانی تحت تاثیر آلودگی و خطاهای مرتبط قرار نمی‌گیرند.

می‌گیرد.

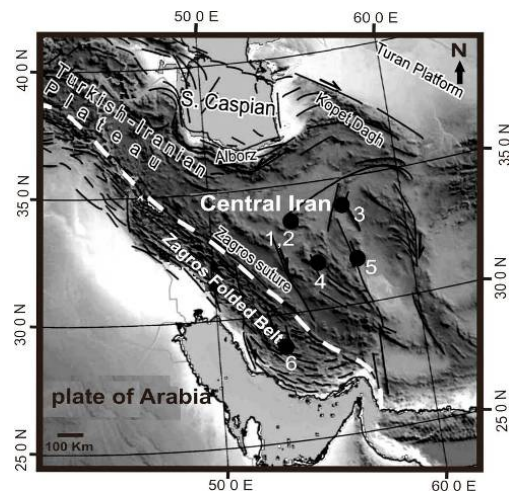
هدف از این مطالعه ایجاد نگرشی جدید و دقیق درباره منشأ سرب و اشتقاق فلزات در کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته واقع در دو سوی خط درز زاگرس می‌باشد تا بتوان بر اساس ترکیب ایزوتوپی سرب به بینشی درباره تاثیر فرایندهای مرتبط با فرورانش اقیانوس نئوتتیس و تکامل پوسته‌ای در تحرک مجدد سرب و شکل‌گیری کانسارهای سرب روی ایران دست یافت.

زمین‌شناسی

پهنه ایران مرکزی جزء بزرگترین و پیچیده‌ترین واحدهای زمین‌شناسی ایران به شمار می‌آید و می‌توان آن را محل قدیم‌ترین قاره در ایران محسوب کرد که حوادث زمین‌شناسی مختلفی در آن بوقوع پیوسته است. بیرون‌زدگی‌های سنگ‌های پرکامبرین پیشین تحت تاثیر حرکات کوهزایی کاتانگایی شدیداً دگرگون شده و پلاتفرم ایران مرکزی را بوجود آورده است. روندهای ساختمانی در پهنه ایران مرکزی پیچیده‌اند که ظاهراً بر اثر حرکات کوهزایی مزوزوییک، یعنی هنگامی که سکوی یکپارچه اولیه به قطعات کوچک‌تر شکسته شد و در آن حرکات افقی رواج یافت، بوجود آمده است (درویش زاده ۱۳۷۰).

کانسار روی و سرب مهدی‌آباد در ایران مرکزی و در ۱۱۰ کیلومتری جنوب یزد واقع است و عمدتاً تحت تاثیر حرکات تکتونیکی مربوط به ژوراسیک میانی قرار گرفته است که با ایجاد فرازمین و فروزمین همراه بوده است. چینه‌شناسی کانسار مهدی‌آباد شامل سه سازند رسوبی مربوط به کرتاسه زیرین است که از نظر زمین‌شناسی در حاشیه قاره شکل گرفته‌اند. سازند سنگستان شامل شیل و سیلتستون با میان لایه‌های کالک آرنایت، توسط دولومیت و سنگ آهک دولومیتی سازند تفت پوشیده می‌شود. سازند آبکوه شامل سنگ آهک چرتی و رسی به‌همراه سنگ آهک ریفی توده‌ای روی سازند تفت قرار می‌گیرد (BRGM 1994). دگرسانی دولومیتی را می‌توان به‌صورت بسیار گسترده در سازند تفت به‌عنوان سنگ میزبان اصلی کانسار مشاهده کرد. کانه‌زایی در کانسار به‌صورت دیرزاد و همزاد در سنگ‌های کربناتی کرتاسه زیرین شکل گرفته است و شباهت زیادی به کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی و ایرلندی و سدکس دارد. بخش شرقی کانسار با عیار پایین نقره و عدم حضور مس دارای شباهت‌هایی با کانسارهای نوع دره می‌سی‌سی‌پی است. بخش مرکزی و غربی کانسار با عیار بالای نقره و کانه‌زایی مس شبیه کانسار ایرلندی است. بخش جنوبی با بافت سولفیدی به‌همراه پیریت در متنی از مواد ارگانیکی نشان‌دهنده کانی‌زایی همزاد در کانسار است (قاسمی ۱۳۸۵). کانه‌زایی دیرزاد در کانسار توسط تخلخلی که قبل از کانی‌زایی انجام گرفته کنترل می‌شود. مناطق با تخلخل مناسب از قبیل مناطق گسلی،

کانی‌سازی سرب و روی در کمربند چین خورده زاگرس نسبت به دیگر پهنه‌های متالوژنیکی ایران از پتانسیل پایین‌تری برخوردار بوده و کانسار کوه سورمه تنها کانسار سرب و روی در قسمت جنوبی منطقه تراستی زاگرس و در داخل کمربند چین‌خورده زاگرس محسوب می‌گردد. به باور لیاقت و همکاران (Liaghat *et al.* 2000) کانسار کوه سورمه جزء نهشته نوع دره می‌سی‌سی‌پی مرتبط با کوهزایی تلقی می‌شود. برخلاف کمربند چین خورده زاگرس، کانه‌سازی سرب و روی با سنگ میزبان کربناته در زون ایران مرکزی بوفور یافت می‌شود. بر طبق داده‌های زمین‌شناسی موجود، واحدهای رسوبی پالئوزوییک و مزوزوییک میزبان اصلی کانه‌زایی سرب و روی در این زون می‌باشند و در حدود نیمی از کانسارهای سرب و روی در سنگ‌های میزبان کربناته با سن کرتاسه جای دارند (قربانی و همکاران ۱۳۷۹). در این بررسی، کانسارهای مهدی‌آباد، نخلک، چاه سرب و گیجرکوه از پهنه ایران مرکزی مورد مطالعات ایزوتوپی سرب قرار گرفته است. شکل ۱ موقعیت قرارگیری کانسارهای مورد مطالعه را در پهنه ایران مرکزی و کمربند چین خورده زاگرس نشان می‌دهد.



شکل ۱- موقعیت قرارگیری کانسارهای مورد مطالعه در زون ایران مرکزی و کمربند چین خورده زاگرس (۱ و ۲: نخلک، ۳: چاه سرب، ۴: مهدی‌آباد، ۵: گیجرکوه، ۶: کوه سورمه).

مطالعات قبلی بر روی کانسارهای سرب و روی ایران مرکزی و زاگرس، اغلب بر مشاهدات صحرایی، مینرالوگرافی، خصوصیات ژئوشیمیایی و نیز مطالعه محیط رسوبگذاری و تعیین رخساره سنگ میزبان و در معدودی موارد نیز بر اساس مطالعات ایزوتوپی پایدار استوار بوده است. بررسی‌های ایزوتوپی سرب در کانسارهای مورد مطالعه تنها در مورد دو کانسار (نخلک و مهدی‌آباد) توسط لانسلوت و همکاران (Lancelot *et al.* 1997) صورت گرفته و در مورد سایر کانسارهای مورد مطالعه، اندازه‌گیری چنین نسبت‌های ایزوتوپی برای نخستین بار انجام

مناطق برشی و برش‌های رگه‌ای می‌باشد.

ناحیه معدنی چاه سرب در استان یزد و در فاصله ۳۸۴ کیلومتری شمال شرق یزد، بین طول‌های جغرافیایی ۳۸° ۵۶' و ۴۱° ۵۶' و عرض‌های جغرافیایی ۰۲° ۳۴' و ۰۴° ۳۴' جای دارد. منطقه معدنی چاه سرب بخشی از ناحیه کانی‌سازی سرب و روی در شمال طبس است که میان گسل ناینند در شرق و گسل کلمرد در غرب قرار دارد. کانساری که نمونه‌برداری از آن صورت گرفته است در ۶۶ کیلومتری شمال غرب طبس و ۱۶ کیلومتری شمال غرب آبادی شیرگشت قرار دارد. در محدوده کانسار رسوبات مزوزوییک (به‌ویژه تریاس میانی و ژوراسیک) بیشترین گسترش را دارند، هرچند در شمال غرب منطقه رخنمون‌هایی از کربنات‌های پرمین (بخش‌های فوقانی سازند جمال) نیز وجود دارد. کانی‌سازی سرب و روی در محدوده چاه سرب درون سنگ‌های کربناته سازند قلعه‌دختر و به حالت دیرزاد حادث شده است. سنگ‌های یادشده تحت تاثیر جنبش‌های تکتونیکی دچار خردشدگی شدید شده و در نتیجه تخلخل و نفوذپذیری سنگ به نحو مطلوبی بالا رفته است. این تخلخل و نفوذپذیری به‌همراه ویژگی شیمیایی سنگ‌ها سبب ایجاد فضای لازم برای مهاجرت سیالات کانسار ساز و نهشت کانسنگ شده است (پورعبداللهی ۱۳۸۸). جایگزینی کانسنگ تحت کنترل عوامل ساختاری و لیتولوژیکی بوده و ماده معدنی به اشکال رگه‌ای و پرکننده فضای خالی، پرکنندگی حفرات و کارست و به میزان ناچیزی جانیشینی در سنگ میزبان دیده می‌شود.

کانسار گیجرکوه در طول جغرافیایی ۵۸° ۵۶' شرقی و در عرض جغرافیایی ۵۳° ۳۱' شمالی و در نزدیکی شهر بهاباد واقع است. واحدهای رسوبی موجود در منطقه شامل رسوبات پرموتریاس و ژوراسیک می‌باشند. کانسار نام‌برده و چندین کانسار دیگر مجاور آن در نهشته‌های کربناته عمدتاً دولومیتی پرموتریاس جای می‌گیرند و دو گسل اصلی کلمرد و کوه بنان از نزدیکی کانسار عبور می‌کند. لازم به‌ذکر است که در دیگر نقاط ایران مرکزی در نزدیکی و در طول این گسل‌ها نیز کانسارهای سرب و روی قابل رویت می‌باشند. کانه‌های مشاهده شده در این کانسار بیشتر از نوع اکسیده و شامل اسمیت‌زونیت، همی‌مورفیت، سروریت و کانی‌های اکسیده آهن مانند هماتیت است و در برخی بخش‌های عمیق‌تر آن کانی‌های سولفور به‌ویژه گالن دیده می‌شود (قربانی و همکاران ۱۳۷۹).

کانسار نخلك در پهنه ایران مرکزی و در ۵۵ کیلومتری شمال شرق انارک واقع شده است. در منطقه کانسار سنگ‌های سیستم کرتاسه برونزدهای منطقه را می‌پوشاند که به‌طور پیشرونده بر روی نهشته‌های تریاس دیده می‌شوند و خود به‌صورت دگرشیب توسط نهشته‌های پالئوسن پوشیده می‌شوند. در این کانسار تنها رسوبات کربناته کرتاسه حاوی ماده معدنی هستند در حالیکه رسوبات ترشیری و تریاس فاقد

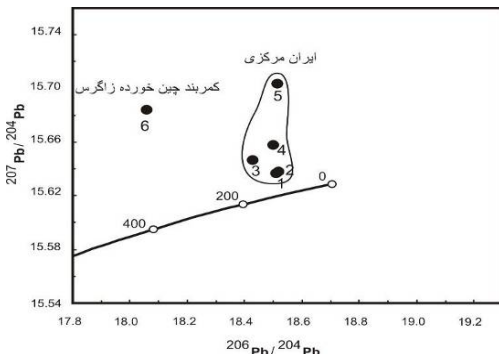
هرگونه کانی‌سازی هستند. کانه اولیه اصلی در کانسار، گالن است و رگه‌ها بطور کلی از گالن و گانگ باریت، کلسیت، دولومیت و کوارتز پدید آمده است. کانه‌زایی توسط تکتونیک کنترل می‌شود و رگه‌های حاوی ماده معدنی اغلب از جهت تکتونیک ناحیه‌ای پیروی می‌کنند (Rasa 1987). کانه‌زایی رابطه تنگاتنگی با برشی شدن دارد بطوری‌که برش‌ها به‌وسیله گالن سخت شده‌اند.

کانسار کوه سورمه، در کمربند چین خورده زاگرس و در ۳۳ کیلومتری جنوب فیروزآباد و بین طول‌های ۲۶° ۵۲' و ۳۹° ۵۲' شرقی و عرض‌های ۲۸° ۲۸' و ۳۴° ۲۸' شمالی واقع شده است. منطقه چین خورده زاگرس دارای ساختارهای زمین‌شناسی ساده و ملایم و شامل مجموعه‌ای از رشته تاقدیس‌های نزدیک به هم و فشرده با سطح محوری قائم با روند شمال باختر - جنوب خاور است. سکانس‌های رسوبی موجود در این منطقه به‌وسیله جیمز و ویند (James & Wynd 1965) و دیگران مطالعه شده است. سکانس استراتیگرافی در منطقه معدن با بیش از ۱۰۰۰ متر رسوبات تخریبی سازند زردکوه (عمدتاً شیل‌های سیلتی - میکایی و همینطور ماسه‌سنگ ریزدانه) با سن اردویسین شروع می‌شود که توسط رسوبات دونین و پرمین زیرین مربوط به سازند فراقون (اغلب از شیل و ماسه‌سنگ) پوشیده می‌شود. سازند فراقون به‌نوبه خود توسط سازند دالان با سن پرمین بالایی پوشیده می‌شود که شامل حدود ۱۲۰ متر آهک لامینه، دولوستون، ماسه‌سنگ قرمز قهوه‌ای کربناته و در برخی موارد ژپس و مارن می‌باشد. سازند دالان به دو بخش دالان پایینی و دالان بالایی تقسیم شده است. دالان پایینی میزبان کانسار کوه سورمه بوده و به‌وسیله لایه‌های نازک ژپس بخش نار از دالان بالایی جدا می‌شود. ماده معدنی در دولومیت‌های میزبان در رخساره‌های خاص کانه‌دار قرار گرفته‌اند. برش‌های انحلالی میزبان مهم نهشته کانیایی هستند.

روش مطالعه

پس از مطالعه اولیه کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته در ایران مرکزی و کمربند چین خورده زاگرس در مجموع پنج کانسار جهت نمونه‌برداری و مطالعه ترکیبات ایزوتوپ سرب انتخاب شدند. از آنجایی که کانسار کوه سورمه تنها کانسار عمده سرب شناخته شده در کمربند چین خورده زاگرس محسوب می‌شود بنابراین در کمربند مذکور تنها این کانسار مورد مطالعه قرار گرفت. در مورد زون ایران مرکزی نیز سعی شد از چندین کانسارهای اقتصادی و غیراقتصادی که در مناطق متفاوت زون و در سنگ‌های کربناته با سن‌های مختلف نهشته شده‌اند نمونه‌برداری صورت گیرد و چهار کانسار برای این

سرب دونه و زارتمن (Doe & Zartman 1979) نیز شاهد دیگری بر منشأ پوسته بالایی برای سرب کانسار کوه سورمه می‌باشد (شکل ۳). همچنین داده‌های ایزوتوپ سرب موقعیت ژئوتکتونیکی منطقه کراتونی شده را برای مخزن سرب پیشنهاد می‌کند که با توجه به مقادیر بالای نسبت‌های $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۲/۱۱۷) و $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۰/۸۶۸۳) در نمونه گالن آنالیز شده به نظر می‌رسد بخش عمده‌ای از سرب از پی‌سنگ‌های دگرگون شده اولیه و منابع بسیار قدیمی ناشی شده است.



شکل ۲- نمایش موقعیت داده‌های ایزوتوپ سرب کانسارهای مورد مطالعه نسبت به منحنی استیسی و کرمز (Stacey & Kramers, 1975). شماره نمونه‌ها مشابه شکل ۱.۱

سن مدل سرب کانسار کوه سورمه (حدود ۵۸۵ میلیون) که در واقع گویای زمان جدایش سرب از مخزن است از سن کربنات‌های دربرگیرنده کانسنگ بسیار قدیم تر بوده و در واقع با فاز تکتونیکی پان‌آفریقای نهایی (کاتانگایی) همزمان بوده است. در آن زمان صفحه ایران جزء حاشیه شمال شرق گندوانا بوده و تحت تاثیر فرایندهای دگرگونی و گرانیتهایی، بصورت کراتونی در آمد. شواهد زمین‌شناسی نشان می‌دهد که پس از کوهزایی مزبور پوسته قاره‌ای منطقه دچار چین خوردگی و شکستگی‌های عمیقی شد و به تدریج به صورت هورست و گرابن در آمد که این امر باعث پیدایش حوضه‌های رسوبی جدا از هم شد و در این حوضه‌های رسوبی نهشته‌های متفاوتی طی پالئوزویک بوجود آمد (Stoklin 1968).

تلفیق اطلاعات زمین‌شناسی و نتایج آنالیز ایزوتوپی سرب بدست آمده در این تحقیق و مدل‌های ژنتیکی پیشنهاد شده توسط لیاقت و همکاران (Liaghat et al. 2000)، پوستی (۱۳۸۳) و همچنین سلیمانی (۱۳۷۴) نشان می‌دهد که مواد اولیه حاوی سرب و سایر فلزات کانساری در اثر شستشو از پی‌سنگ و یا رگه‌های کانساری قبلی بوجود آمده طی کراتونی شدن و یا به صورت مواد تخریبی فرسایش یافته از پی‌سنگ‌های اولیه با سن پرکامبرین پسین از مخزن جدا و به درون حوضه‌های رسوبی زمان اردویسین و دونین حمل و در آن ذخیره شده‌اند. مطالعات ژئوشیمیایی صورت گرفته بر روی شیل‌های زردکوه و

مطالعه انتخاب شدند. از آنجایی‌که کانسارهای بزرگ سرب و روی دارای ترکیبات ایزوتوپی سرب یکنواخت‌تری نسبت به کانسارهای کوچک هستند (Ludwing & Silver 1977; Gulson 1986) می‌توان پیش‌بینی کرد کانسارهایی همچون مهدی‌آباد، نخلک، کوه سورمه و حتی کانسارهای چاه سرب و گیجرکوه از همگن‌شدگی نسبی ترکیبات ایزوتوپ سرب برخوردار باشند و محدوده نسبت‌های ایزوتوپ سرب در هر کانسار اندک باشد. بنابراین می‌توان از ترکیب ایزوتوپی سرب مربوط به یک نمونه گالن جهت تشخیص حدود نسبی نسبت‌های ایزوتوپ سرب کانسار و رسیدن به اهداف مورد نظر استفاده کرد. برای اثبات ادعای فوق از کانسار نخلک دو نمونه گالن جهت اندازه‌گیری ترکیبات ایزوتوپ سرب مورد آنالیز قرار گرفت.

نمونه‌برداری به صورت دستی و یا از طریق مغزه از کانی گالن نهشته شده در منطقه سولفور کانسارها انجام پذیرفت. از هر یک از نمونه‌های دستی گالن حدود ۵ تا ۱۰ میلی‌گرم گالن خالص جهت انجام آنالیز ایزوتوپ سرب جدا گردید. اندازه‌گیری نسبت‌های ایزوتوپ سرب نمونه‌های گالن خالص توسط دستگاه Multicollector – ICP – MS در آزمایشگاه دانشگاه آلبرتا در کانادا انجام شد.

نتایج و بحث

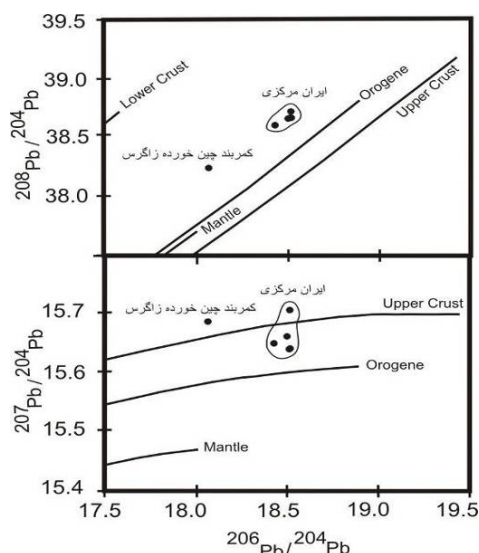
نتایج آنالیز ایزوتوپ سرب مربوط به نمونه‌های کانسارهای مختلف در جدول (۱) آمده است.

جدول ۱- نسبت‌های ایزوتوپ سرب در کانسارهای مورد مطالعه.

شماره کانسار	نام کانسار	$^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$	$^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$
۱	نخلک	۱۸/۵۱۱	۱۵/۶۳۷	۳۸/۶۴۲	۰/۸۴۴۷	۲/۰۸۷
۲	نخلک	۱۸/۵۱۶	۱۵/۶۳۸	۳۸/۶۴۱	۰/۸۴۴۶	۲/۰۸۷
۳	چاه سرب	۱۸/۴۲۷	۱۵/۶۳۷	۳۸/۵۷۵	۰/۸۴۳۱	۲/۰۹۳
۴	مهدی‌آباد	۱۸/۴۹۹	۱۸/۶۵۸	۳۸/۶۳۴	۰/۸۴۶۴	۲/۰۸۸
۵	گیجرکوه	۱۸/۵۱۴	۱۵/۷۰۴	۳۸/۶۴۶	۰/۸۴۴۲	۲/۰۹۰
۶	کوه سورمه	۱۸/۰۶۲	۱۵/۶۸۴	۳۸/۲۳۰	۰/۸۶۶۳	۲/۱۱۶

داده‌های ایزوتوپ سرب در کانسارهای مورد مطالعه نشان می‌دهد نسبت‌های ایزوتوپی سرب در کانسار کوه‌سورمه بطور مشخصی از محدوده نسبت‌های ایزوتوپ سرب کانسارهای سرب و روی مورد مطالعه در ایران مرکزی متفاوت می‌باشد. نسبت‌های ایزوتوپ سرب در نمونه گالن متعلق به کانسار کوه سورمه رادیوژنیک بوده و در بالای منحنی استیسی و کرمز (Stacey & Kramers 1975) قرار می‌گیرد (شکل ۲). مقادیر μ ($^{238}\text{U}/^{204}\text{Pb}$) و ω ($^{232}\text{Th}/^{204}\text{Pb}$) و K ($^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$) در منشأی که سرب کانسار از آن جدا شده است بالا بوده و بترتیب در حدود ۱۰/۱۶، ۴۱/۸۱ و ۴/۰۲ می‌باشد که این مقادیر بالا همگی از جدایش سرب و سایر فلزات کانساری از پوسته بالایی حکایت دارد. موقعیت قرارگیری داده‌ها در دیاگرام تکتونیک

نسبت‌های ایزوتوپ سرب در کانسار نخلک با مخلوط‌شدگی و شکل‌گیری آنها در محیط‌های کوهزایی توافق دارد. همگن‌شدگی نسبت‌های ایزوتوپ سرب در سلول هیدروترمال کانه‌زا می‌تواند از اختلاط گسترده بین مخازن سرب طی فرایندهای دینامیک همزمان با فرورانش نئوتیس و فازهای کوهزایی متعاقب آن (به‌ویژه لارامید) ناشی شده باشد.



شکل ۳- نمایش نسبت‌های ایزوتوپ سرب کانسارهای مورد مطالعه در دیاگرام تکتونیک سرب (Doe & Zartman, 1979).

سن مدل سرب در کانسارهای سرب و روی مورد مطالعه در ایران مرکزی با فعالیت‌های تکتونیکی- ماگمایی و همینطور سن سنگ‌های کربناته میزبان کانسار همخوانی نداشته و زمان‌های قدیم‌تری را ارائه می‌کند. بنابراین به نظر نمی‌رسد سرب از درون سنگ‌های کربناته میزبان کانسار منشأ گرفته باشد. با توجه به اینکه کانسارهای مورد مطالعه غالباً به صورت دیرزاد تشکیل شده‌اند و سن مدل سرب کانسار قدیم‌تر از سنگ میزبان است، بنابراین سرب و سایر فلزات، در اثر تحرک مجدد از منبع‌های قدیم‌تر به درون سنگ‌های میزبان راه یافته‌اند و سنگ‌های کربناته میزبان تنها به‌عنوان بستر مناسب جهت نهشت کانه‌ها عمل کرده‌اند. شکل‌گیری دیرزاد کانسنگ نسبت به سنگ میزبان کربناته و کنترل کانه‌زایی توسط عوامل ساختاری در اغلب کانسارهای مورد مطالعه در زون ایران مرکزی بر نقش فرایندهای تکتونیکی در روند شکل‌گیری کانسارها تاکید دارد. حضور کانسارها در نزدیکی مرزهای ساختارهای عمیق نشان‌دهنده این‌است که شکستگی‌های اساسی و عمیق موجود در بنیان پی‌سنگ‌های ایران مرکزی به‌عنوان مجرای جهت شستشوی سرب و حرکت سیالات عمقی حاوی کانه‌ها عمل نموده‌اند.

ماسه‌سنگ‌های فراقون نیز بالابودن میزان عناصر سرب و روی نسبت به میزان زمینه این عناصر در ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌ها را نشان می‌دهد (سلیمانی ۱۳۷۴). تمرکز کانه‌های فلزی در کربنات‌ها و شکل‌گیری کانسار را می‌توان نتیجه آبدایی حوضه شیلی سازند زردکوه و ماسه‌سنگ فراقون در نتیجه فشارش و تکتونیک ناحیه‌ای حاصل از فاز کوهزایی لارامید در زمان برخورد دو صفحه ایران و عربستان و خروج سیالات حوضه‌ای از درون شیل‌های زردکوه و ماسه‌سنگ فراقون به درون سنگ‌های دولومیتی برشی شده سازند دالان زیرین (سنگ میزبان کانسار) دانست.

ترکیب ایزوتوپی سرب در کانسارهای مورد مطالعه در ایران مرکزی نیز رادیوژنیک بوده و در بالای منحنی استیسی و کرامرز (Stacey & Kramers 1975) قرار می‌گیرند اما در مقایسه با کانسار کوه سورمه سن‌های مدل جوان‌تری (عمدتاً مزوزوییک) را نشان می‌دهند (شکل ۲). در دیاگرام تکتونیک سرب (Doe & Zartman 1979) بجز داده‌های سرب کانسار گیجرکوه که بر منحنی پوسته بالایی واقع می‌شود در مورد سایر کانسارها داده‌ها در بالای منحنی کوهزایی و در زیر منحنی پوسته بالایی قرار می‌گیرند (شکل ۳). بنابراین به نظر می‌رسد منبع اولیه و اصلی در تامین سرب کانسارهای ایران مرکزی بیشتر از مخزن نوع کوهزایی باشد. البته با توجه به مقادیر بالای $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۰/۸۴۹-۰/۸۴۵)، می‌توان اظهار نمود که سرب حاصل از پی‌سنگ قدیمی مشارکت عمده‌ای داشته، در حالیکه سهم سرب گوشته‌ای بسیار ناچیز بوده است. به عبارتی ترکیبات ایزوتوپی سرب در کانسارهای سرب و روی مشابه نوع سرب پوسته بالایی در مخزن کوهزایی است، ضمن اینکه سرب پوسته بالایی می‌تواند از شستشوی سرب از بخش‌های عمیق‌تر پی‌سنگ و یا از محصولات هوازدگی در داخل سکنس‌های رسوبی زیرین موجود در این مناطق به درون سیستم هیدروترمال وارد شده باشد. در دیاگرام $^{208}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ در مقابل $^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb}$ داده‌ها در بالای منحنی میانگین پوسته بالایی، گوشته و کوهزایی قرار می‌گیرند و نشانگر سهم بالای سرب مشتق شده از توریم است (شکل ۳). مقادیر بالای $^{208}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ (۲/۰۸۷-۲/۰۹۳) می‌تواند بیانگر این امر باشد که سرب حاصل از توریم، از پوسته پایینی جدایش یافته است. به نظر می‌رسد سن سنگ‌های دربرگیرنده کانسار با سن مدل سرب و مقادیر U/Pb و Th/Pb مخزن سرب مربوطه رابطه مستقیم دارد، بنابراین می‌توان استنباط کرد در کانسارهای قدیم‌تر میزان مشارکت سرب پوسته بالایی بیش از کانسارهای جدیدتر بوده و با گذشت زمان سرب از منشأهای عمیق‌تری مشتق شده است. محدوده نسبت‌های ایزوتوپ سرب در کانسار نخلک بسیار نزدیک به هم بوده و بنابراین کانسار نخلک همچون کانسار انگوران (Gilg et al. 2006) از یکنواختی نسبت‌های ایزوتوپ سرب برخوردار است. یکنواختی

بدست آمده در این تحقیق موید نقش فرورانش نئوتتیس به زیر پوسته قاره‌ای ایران و تاثیر آن بر تحرک مجدد سرب و متالوژنی سرب و روی در ایران مرکزی می‌باشد.

نتیجه گیری

نسبت‌های ایزوتوپ سرب در کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته در ایران مرکزی و کمربند چین خورده زاگرس همگی نشان‌دهنده منشأ گرفتن سرب از مخزن با نسبت‌های U/Pb و Th/Pb بالا می‌باشد. به نظر می‌رسد در کانسار کوه سورمه سرب از پوسته بالایی و از پی‌سنگ‌های اولیه ناشی شده است و این در حالی است که در ایران مرکزی سرب در محیط کوهزایی تکوین یافته است. ترکیب ایزوتوپی سرب در کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته در پهنه ایران مرکزی بطور مشخصی از ترکیب ایزوتوپی سرب در کانسار کوه سورمه که در کمربند چین خورده زاگرس و در حاشیه شمال شرقی صفحه عربستان واقع است رادیوژنیک‌تر بوده و سن‌های مدلی جوان تری را ارائه می‌دهند. نتایج داده‌های ایزوتوپ سرب کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناته مورد مطالعه در این دو منطقه روشن می‌سازد که تکامل تکتونیکی متفاوت پوسته در دو سوی خط درز زاگرس عامل اصلی تاثیرگذار در شکل‌گیری کانسارهای سرب و روی جوان‌تر در صفحه ایران مرکزی در مقایسه با کمربند چین خورده زاگرس بوده است. فرورانش صفحه اقیانوسی نئوتتیس به زیر صفحه قاره‌ای ایران و فعالیت‌های کوهزایی متعاقب آن در بخش‌های مختلف ایران سبب تحرک مجدد سرب و تشکیل کانسارهای سرب و روی در نقاط مختلف ایران و به‌ویژه در ایران مرکزی گردیده است.

محدوده مشخص نسبت‌های ایزوتوپ سرب در کانسارهای مورد مطالعه در ایران مرکزی با کانسار کوه سورمه نشان‌دهنده تاریخچه متفاوت سرب در این دو منطقه است. آنچه بخش چین‌خورده زاگرس را از سایر مناطق ایران و بخصوص ایران مرکزی جدا می‌کند مراحل تکامل تکتونیکی خاص این منطقه طی بازشدن و بسته شدن اقیانوس نئوتتیس است. منطقه نامبرده و رسوبات آن پوشش‌های حاشیه قاره‌ای شرق پلاتفرم عربستان را تشکیل داده و در واقع جزء بخش حاشیه‌ای صفحه عربستان محسوب می‌شود. بطور کلی کمربند چین خورده زاگرس از زمان اینفراکامبرین تا تریاس میانی جزئی از قاره گندوانا محسوب می‌شده و رسوبات مشابه رسوبات ایران مرکزی در این پلاتفرم نهشته می‌شد. اما از تریاس میانی به بعد، شرایط حاکم بر زاگرس چین خورده نسبت به دیگر مناطق ایران، تفاوت پیدا نموده است. (Evers et al. 1977).

بطور کلی می‌توان گفت توأم بودن تکامل کانسارها با تکامل پوسته قاره‌ای گویای این واقعیت است که هر نوع کانسار و یا گروه خاصی از کانسارها می‌بایست در محدوده زمانی و مکانی خاصی توسعه بیشتری داشته باشند. توزیع گسترده کانسارهای سرب و روی در بخش شمال شرق خط درز زاگرس در مقایسه با بخش جنوب غربی آن، و همچنین مقایسه نتایج داده‌های ایزوتوپ سرب کانسارهای مورد مطالعه در پهنه ایران مرکزی و کمربند چین خورده زاگرس بر این مطلب صحت می‌گذارد که شرایط متفاوت مراحل تکوین پوسته‌ای در این دو بخش، عامل تعیین کننده در تحرک مجدد سرب و تشکیل کانسارهای سرب و روی بوده است. دو ویژگی مهم حاکم بر صفحه ایران مرکزی در مقایسه با کمربند چین خورده زاگرس چین خوردگی، دگرگونی و پلوتونیزم شدید مزوزوئیک و همچنین فعالیت‌های آتشفشانی شدید در زمان سنوزوئیک می‌باشد که در اثر فرورانش پوسته اقیانوسی نئوتتیس به زیر حاشیه جنوب غربی صفحه ایران حادث شده است. بنابراین مقادیر ایزوتوپ سرب

منابع:

- پوستی م. ۱۳۸۳: مطالعه سرب و روی سنگ‌های پالئوزوئیک در جنوب زاگرس با نگرشی ویژه به کوه سورمه. پایان نامه دکتری، دانشگاه شهید بهشتی.
- پورعبدالهی ع. ر. ۱۳۸۸: کانی‌شناسی و ژئوشیمی کانسار چاه سرب واقع در شمال طیس. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی.
- درویش زاده ع. ۱۳۷۰: زمین شناسی ایران. انتشارات امیرکبیر، ۹۰۱ ص.
- سلیمانی ب. ۱۳۷۴: بررسی زمین‌شیمیایی، کانی‌شناسی و ژنز احتمالی کانسار سرب و روی سورمه. پایان نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۲۸۴ ص.
- قاسمی م. ۱۳۸۵: نحوه تشکیل کانسارهای روی-سرب مهدی‌آباد یزد و مقایسه آن با دیگر کانسارهای سرب و روی کرتاسه اطراف مهدی‌آباد. پایان نامه کارشناسی ارشد پژوهشکده علوم زمین، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۲۲۰ ص.

- قربانی م. تاجبخش پ. خوئی ن. ۱۳۷۹: کانسارهای سرب و روی در ایران. انتشارات سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۵۱۲ ص.
- BRGM 1994: Mehdiabad lead-Zinc deposit pre-feasibility study, Geological assessment report N1392, May 1994, BRGM Department aexploration BP 600945060 Orleans Cedex, France.
- Doe B. R., 1970: Lead Isotopes, Springer, 137 p.
- Doe B.R., Zartman R.E. 1979: Plumbotectonics I: The Phanerozoic, in: Barnes, H.L., ed., Geochemistry of hydrothermal ore deposits, 2nd edition. New York, *John Wiley*, 22–70p.
- Evers H., Faker M., Verrall P. 1977: The geology of the Surmeh and surrounding structures Fars, north area. *Oil Service Company of Iran. Report* No 1251, Tehran, 68p.
- Gilg H.A., Boni M., Balassone G., Allen C.R., Banks D., Moore F. 2006: Marblehosted sulfide ores in the Angouran Zn–(Pb–Ag) deposit, NW Iran: interaction of sedimentary brines with a metamorphic core complex. *Miner Deposita* **41**: 1–16.
- Gulson B.L. 1986: Lead Isotopes in Mineral Exploration. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, 245p.
- Gulson B.L., Mizon K.J. 1979: Lead isotopes as a tool for gossan assessment in base metal exploration. *Journal of Geochemical Exploration*, **11**: 299-320.
- James G.A., Wynd J.G. 1965: Stratigraphic nomenclature of Iranian Oil Consortium agreement area. *American Association Petroeuml Geology Bulletin*, **49**: 2182- 2245.
- Lancelot J., Orgeval J. J., Fariss K., Zadeh H. 1997: Lead isotope signature of major Iranian Zn – Pb ore deposits (Anguran, Duna, Irankuh, Mahdiabad, Nakhlak). *Terra Nova* 9 (abst suppl), 1;550p.
- Liaghat S., Moore F., Jami M. 2000: The Kuh-e-Surmeh mineralization, a carbonate-hosted Zn-Pb deposit in the Simply Folded Belt of the Zagros Mountains, SW Iran. *Mineralium Deposita*, **35**: 72-78.
- Ludwing K.R., Silver L.T. 1977: Lead isotope inhomogeneity in Precambrian igneous K-feldspars. *Geochim. Cosmochim. Acta*, **41**: 1457-1471.
- Rasa I. 1987: Geologisch – Petrographische untersuchungen in der Blei – Lagerstaette Nakhlak, Zentraliran. Heide. Geowi. Abh. Band 10, 191p.
- Stacey J.S., Kramers J.D. 1975: Approximation of terrestrial lead isotop evolution by a two – stage model. *Earth and Planetary Science Letters* **26**: 207 – 221.
- Stöcklin J. 1968: Structural history and tectonics of Iran; a review. *American Association of petroleum Geologists Bulletin*. **52(7)**: 1229-1258.