

ژئوشیمی و ژئوترموتری اسفالریت در کانسار سرب و روی عمارت با سنگ میزبان کربناتی

فرهاد امیا^۱، محمد لطفی^۲ و ایرج رسا^۳

(۱) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان، behya.farhad@gmail.com

(۲) گروه زمین شناسی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تهران شمال

(۳) دانشکده علوم زمین، دانشگاه شهید بهشتی

چکیده

مقدار عناصر منگنز (Mn)، آهن (Fe)، نیکل (Ni)، کبالت (Co)، مس (Cu)، سرب (Pb)، گالیم (Ga)، ژرمانیوم (Ge)، کادمیوم (Cd)، قلع (Sn) و نقره (Ag) در ۱۰ نمونه از کانی اسفالریت کانسار روی و سرب عمارت تعیین شد. عناصر آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و منگنز (Mn) فراوان ترین عناصر فرعی در اسفالریت می باشند. مقدار آهن (Fe) از ۱۱۵۸۰ تا ۲۱۷۰۰ ppm، مقدار کادمیوم (Cd) از ۴۵۲ تا ۵۴۹ ppm، مقدار سرب (Pb) از ۶۵۲ تا ۵۱۸۶ ppm، و مقدار منگنز (Mn) از ۲ تا ۴۹۷ ppm تغییر می کند. مقدار عناصر نیکل (Ni)، کبالت (Co)، مس (Cu)، گالیم (Ga)، ژرمانیوم (Ge)، قلع (Sn) و نقره (Ag) اندک است. ژئوشیمی عناصر فرعی و جزئی در اسفالریت کانسار عمارت به خوبی قابل مقایسه با داده های منتشر شده برای کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی (MVT) کلاسیک جهان می باشد. زمین دما سنج نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت، دمای سیال کانه دار را در محدوده ی ۱۷۵ °C تا ۲۳۵ °C نشان می دهد. این دماها نیز در محدوده ی دمای تشکیل کانسنگ در کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی قرار می گیرد. این شواهد نشان می دهند که کانسار عمارت یک کانسار سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی است.

واژه های کلیدی: اسفالریت، ژئوشیمی، ژئوترموتری، روی و سرب، عمارت

The Geochemistry and Geothermometry of Sphalerite in the Carbonate-Hosted Emarat Pb-Zn Deposit

F. Ehya¹, M. Lotfi² & I. Rasa³

1) Department of Geology, Islamic Azad University, Behbahan Branch, Behbahan, I.R. Iran

2) Department of Geology, Islamic Azad University, North Tehran Branch, Tehran, I.R. Iran

3) Faculty of Earth Sciences, Shahid Beheshti University

Abstract

The Mn, Fe, Ni, Co, Cu, Pb, Ga, Ge, Cd, Sn and Ag contents of 10 sphalerite samples from the Emarat Zn-Pb deposit were determined. The principal trace elements are Fe, Cd, Pb, and Mn. The Fe content of the sphalerite ranges from 11580 to 21700 ppm, the Cd content from 452 to 549 ppm, the Pb content from 652 to 5186 ppm, and the Mn content from <2 to 497 ppm. The Ni, Co, Cu, Ga, Ge, Sn, and Ag contents are low. Trace element geochemistry of sphalerite from the Emarat deposit compares well to literature data reported for classical Mississippi Valley-type (MVT) districts in the world. The Ga/Ge geothermometer indicates a temperature range of 175 °C to 235 °C for the ore-bearing fluid. This temperature range is consistent again with the ore formation temperatures for MVT deposits. Accordingly, the Emarat Zn-Pb deposit must be classified as an MVT deposit.

Keywords: sphalerite, geochemistry, geothermometry, zn-pb, emarat

۱- مقدمه

سازی روی و سرب به صورت استراتاباند و هم شیب در مرز بین واحد k_1^{ol} (کمر پایین) و واحد k_1^{ml} (کمر بالا) در درون سنگ های آهکی و دولومیتی واحد k_1^{ol} رخ داده است. توده ی معدنی صفحه ای شکل بوده و حدود ۳ متر ضخامت دارد، اما چین خوردگی کوچک مقیاس باعث افزایش ضخامت آن به طور محلی شده است. تماس بین توده ی معدنی و سنگ های میزبان اغلب تیز است، اما گاه تماس های انتشاری نیز در سنگ های آهکی کمر پایین یافت می شود.

از نظر ساختمانی، کانسار عمارت در یک ناودیس با روند شمال غرب- جنوب شرق واقع است که دامنه ی شمالی آن برگشته است. طول محور این ناودیس حدود ۱/۵ کیلومتر بوده و هسته ی آن متشکل از تناوبی از شیل آهکی و سنگ آهک اوریتولین دار (واحد k_1^{ml}) است. دامنه های این ناودیس از سنگ آهک های ضخیم لایه اوریتولین دار واحد k_1^{ol} تشکیل می شود. گسل های متعددی به موازات محور ناودیس مشاهده می شود که باعث قطع شدگی و جابجایی ماده ی معدنی شده است (تصویر ۱).

در ناحیه ی کانسار عمارت، دگرگونی ناحیه ای بسیار ضعیفی در توالی سنگ های رسوبی کرتاسه پیشین (شامل سنگ های میزبان ماده ی معدنی) مشاهده می شود که حاصل فاز کوهزایی لارامید در کرتاسه پیشین می باشد (سهنندی و همکاران ۱۳۸۵). اثرات این دگرگونی بسیار خفیف بوده و شامل جهت یافتگی ضعیف تا خوب در بافت بعضی از سنگ ها، کشیدگی، بیضوی شدن و پهن شدگی کانی های سنگ ها، تغییر شکل فسیل ها، پیدایش تورق در لایه ها، به ویژه در شیل ها، و تبلور مجدد می باشد (کریم زاده ۱۳۷۱؛ و نایی ۱۳۷۷).

ناحیه ی کانسار عمارت تقریباً عاری از هرگونه سنگ های آذرین است. تنها سنگ های آتشفشانی که در فاصله ی ۱۲ کیلومتری کانسار عمارت و در محدوده ی معدن سنگ آهن منگنردار شمس آباد دیده می شود، متشکل از سنگ هایی عمدتاً آندزیتی به سن کرتاسه پیشین است. نزدیک ترین سنگ های نفوذی به کانسار روی و سرب عمارت شامل دو گروه از این سنگ ها است: یکی توده های نفوذی متشکل از گرانیت، گرانودیوریت و کوارتزدیوریت به سن کرتاسه پسین (گرانیت آستانه) (سهنندی و همکاران ۱۳۸۵) می باشد که در فاصله ی مستقیم حدود ۲۵ کیلومتری غرب کانسار عمارت واقع هستند، و دیگری توده های نفوذی شامل مونزوگابرو و مونزودیوریت به سن پس از کرتاسه پیشین (رادفر و کهنسال ۱۳۸۳) است که در فاصله ی مستقیم حدود ۲۵ کیلومتری شمال کانسار عمارت قرار دارند.

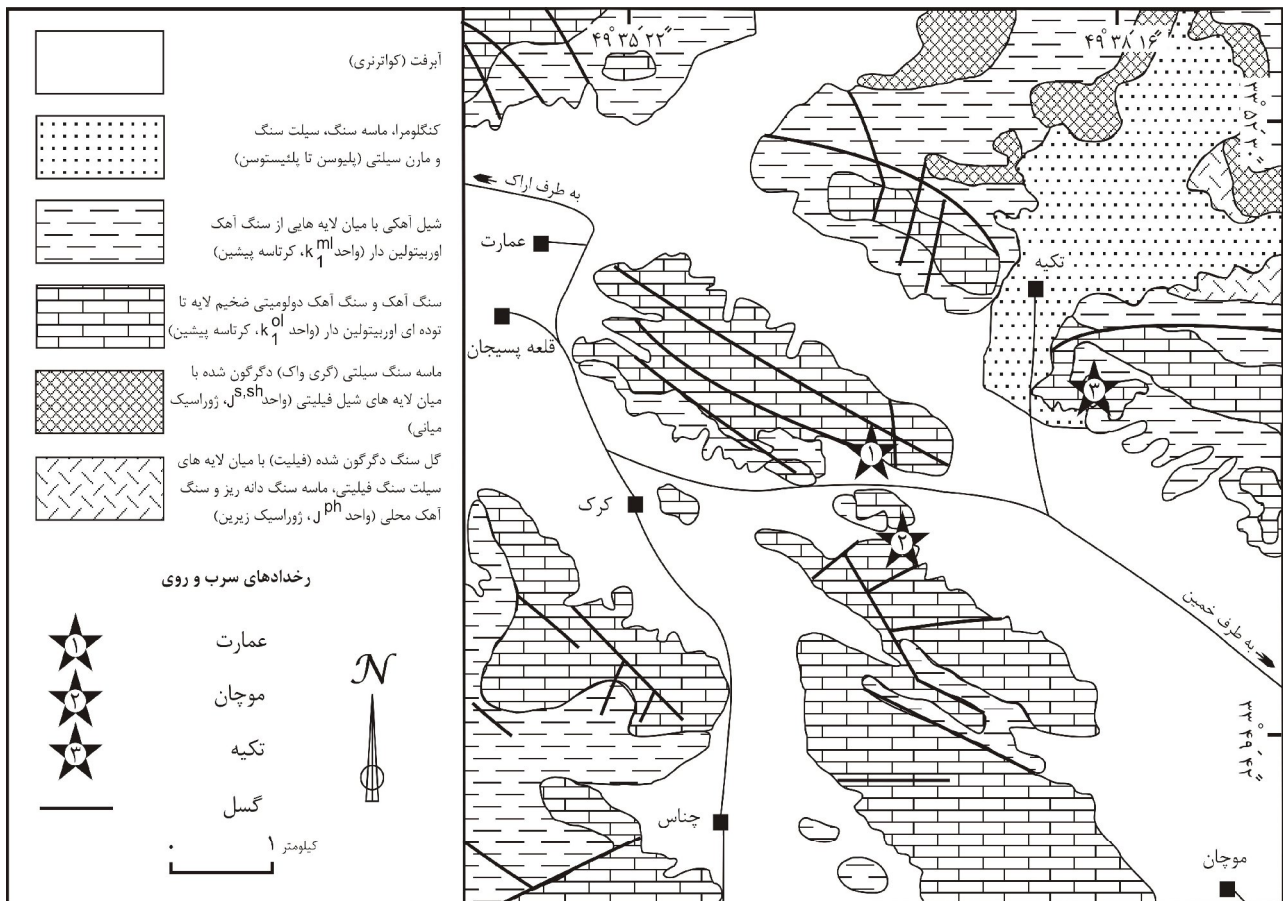
مطالعات پتروگرافی نشان داده است که کانسار عمارت دارای

اسفالریت به راحتی برخی از عناصر جزئی را در ساختمان خود جای داده و به همین دلیل برای مطالعات عناصر جزئی بسیار مناسب بوده است (Veits et al. 1992). اهمیت اسفالریت در مطالعات زمین شناسی ناشی از ماهیت دیرگداز آن و قابلیت این کانی برای ثبت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی محیط تشکیل یا دگرگونی از طریق تغییراتی در ترکیب عناصر جزئی می باشد (Scott, Barton 1970; 1983). تغییر دما و شیمی محلول های کانی ساز سبب ته نشست اسفالریت دارای نوار بندی رشدی در برخی از کانسارهای رگه ای و نوع دره ی می می سی پی (MVT) شده است (مثلاً، McLimans et al. 1980). تغییرات متوالی ترکیب اسفالریت در نهشته های کروکو (Urabe 1974) و برخی از نهشته های رسوبی بروندمی مانند سولیوان (Campbell and Ethier 1983) توصیف شده است. غلظت برخی از عناصر جزئی در اسفالریت به عنوان زمین دما سنج بکار رفته است. مولر (Möller 1985) استفاده از نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت را به منظور تخمین دمایی که در آن فلزات بوسیله ی یک سیال هیدروترمالی از سنگ های منشأ آنها شسته شده اند، پیشنهاد نمود.

عوامل متعددی ترکیب یک کانی هیدروترمالی را کنترل می کنند. به همین دلیل، تعیین منشأ کانسارهای سرب و روی تنها براساس شیمی عناصر جزئی کانی های سولفیدی آنها اگر غیرممکن نباشد، مشکل است. این مطالعه توزیع عناصر جزئی در اسفالریت کانسار عمارت را مورد بررسی قرار می دهد. به علاوه، به منظور تعیین دمای سیالات اولیه در این کانسار از زمین دما سنج نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت استفاده می شود. این داده ها در درک منشأ احتمالی کانسار عمارت مفید است.

۲- زمین شناسی کانسار عمارت

کانسار روی و سرب عمارت با سنگ میزبان کربناتی در کمر بند سرب و روی ملایر- اصفهان در منطقه ی تکتونیکی سنندج- سیرجان واقع است. در ناحیه ی کانسار عمارت، توالی سنگ های رسوبی کرتاسه پیشین که بر روی مجموعه ای از سنگ های دگرگونی به سن ژوراسیک قرار می گیرند شامل واحدهای k_1^{ml} و k_1^{ol} است (تصویر ۱). واحد k_1^{ol} متشکل از سنگ آهک و سنگ آهک دولومیتی ضخیم لایه تا توده ای اوریتولین دار می باشد. واحد k_1^{ml} از شیل آهکی با میان لایه هایی از سنگ آهک اوریتولین دار تشکیل می شود. کانی



تصویر ۱- نقشه ی زمین شناسی ساده شده ی ناحیه ی عمارت (با تغییر از خلقی ۱۳۸۳؛ توصیف واحدهای سنگی ژوراسیک و کرتاسه از سهندی و همکاران ۱۳۸۵).

۴- نتایج

غلظت عناصر فرعی و جزئی در نمونه هایی از کانی جدا شده ی اسفالریت در جدول ۱ آورده شده است. عناصر آهن (Fe)، کادمیوم (Cd)، سرب (Pb) و منگنز (Mn) فراوان ترین عناصر فرعی در اسفالریت کانسار عمارت می باشند. مقدار آهن (Fe) در اسفالریت عمارت از ۱۱۵۸۰ ppm تا ۲۱۷۰۰ ppm تغییر نموده که معادل ۲/۰۶ تا ۳/۸۷ درصد مولی سولفید آهن (FeS) می باشد. مقدار کادمیوم (Cd) بین ۴۵۲ ppm تا ۵۴۹ ppm متغیر است. سرب (Pb) در مقادیر نسبتاً زیاد و بسیار متغیری در اسفالریت وجود دارد. مقدار سرب (Pb) از ۶۵۲ ppm تا ۵۱۸۶ ppm تغییر می کند. مقدار منگنز (Mn) از ۲ ppm تا ۴۹۷ ppm متغیر است. مقدار منگنز (Mn) در اسفالریت با مقدار آهن (Fe) همبستگی مثبت داشته و با افزایش مقدار آهن (Fe) افزایش می یابد. این همبستگی مثبت بوسیله محققین دیگر (مثلاً Boyle and Jambor 1963) نیز ذکر شده است. مقدار مس (Cu) اندک و نسبتاً یکنواخت بوده و بین ۱۰ ppm تا ۹۹ ppm متغیر است. حضور عناصر سرب (Pb) و مس (Cu) می تواند ناشی از ادخال های جامد میکروسکوپی گالن و

ترکیب کانی شناسی ساده ای می باشد. اسفالریت، گالن، پیریت و کالکوپیریت کانی های سولفیدی تشکیل دهنده ی کانسنگ هستند. اسفالریت نسبت به سایر کانی های سولفیدی فزونی قابل توجهی دارد. کوارتز، کلسیت و دولومیت کانی های باطله را تشکیل می دهند. کانی های سولفیدی معمولاً به صورت افشانه ها و تجمعات ریز دانه در واحد سنگ آهک اوریتولین دار رخ می دهند. اسفالریت به صورت تکه های توده ای نیز یافت می شود (احیا ۱۳۸۷).

۳- نمونه ها و روش تجزیه

تعداد ۱۰ نمونه ی تک کانی از اسفالریت کانسار عمارت از طریق جدایش دستی با استفاده از میکروسکوپ بیناکولار تهیه گردید. نمونه های تهیه شده به روش پلاسما جفت شده ی القایی (ICP) در سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور مورد تجزیه ی شیمیایی قرار گرفت. حدود آشکارسازی روش بکار رفته برای تجزیه ی عناصر برحسب قسمت در میلیون (ppm) عبارتند از: منگنز (۲)، آهن (۴۰۰)، نیکل (۲)، کبالت (۱)، مس (۰/۶)، سرب (۵)، گالیم (۱)، ژرمانیوم (۰/۵)، کادمیوم (۰/۱)، قلع (۰/۵) و نقره (۰/۱).

جدول ۱- ترکیب عناصر فرعی و جزئی در اسفالریت کانسار عمارت (ppm).

نمونه	Mn	Fe	Ni	Co	Cu	Pb	Ga	Ge	Cd	Sn	Ag	Ga/Ge	دما (°C)
ESF-1	<۲	۱۱۵۸۰	۵	۵۶	۴۲	۴۲۳۵	<۱	۴	۴۷۸	۱/۵	۱/۵	-	-
ESF-2	۱۴۳	۱۶۱۰۰	۱۰	۶۰	۹۹	۱۲۸۹	۳۳	۵	۵۴۲	۳	۱۰/۷	۶/۶	۲۲۵
ESF-3	۱۴	۱۲۶۴۲	۶	۷۵	۴۸	۶۲۵	۲	۴	۵۳۰	۱/۸	۱/۵	۰/۵	۱۷۷
ESF-4	<۲	۱۲۳۱۵	۱۲	۶۷	۴۱	۱۰۲۴	۲	۵	۴۸۰	۱/۷	۱/۶	۰/۴	۱۷۵
ESF-5	۴۹۷	۱۹۶۰۰	۱۶	۵۴	۴۸	۹۳۴	۲۲	۳	۴۹۶	<۰/۳	۷/۲	۷/۳	۲۲۸
ESF-6	۶۵	۱۳۵۴۲	۱۰	۶۹	۴۹	۵۱۸۶	۲۳	۵	۴۹۴	۱/۶	۲/۱	۴/۶	۲۱۸
ESF-7	۱۵۶	۱۸۲۰۰	۱۶	۶۲	۵۱	۱۰۴۵	۳۲	۴	۵۴۹	۲/۱	۶/۷	۸	۲۳۰
ESF-8	۴۴۸	۱۸۹۰۰	۱۳	۴۳	۴۵	۴۱۳۶	۲۰	۲	۴۵۲	۱/۴	۸/۱	۱۰	۲۳۵
ESF-9	۴۳۱	۲۱۷۰۰	۱۴	۵۳	۴۹	۱۴۱۸	۲۳	۵	۵۰۳	۳	۶/۴	۴/۶	۲۱۸
ESF-10	۴۶	۱۱۷۱۴	۱۲	۶۲	۵۵	۲۵۱۴	۲۱	۳	۴۵۲	۱/۵	۱/۵	۷/۰	۲۲۷

بر روی شیمی یک کانی خاص را نمی توان با قطعیت ارزیابی نمود، داده های عناصر جزئی که در این مطالعه ارائه شده است بر داده های موجود در خصوص عناصر کمیاب در کانی اسفالریت کانسارهای سرب و روی به ویژه کانسارهای دارای سنگ میزبان کربناته افزوده می شود. این داده ها را می توان به منظور تعیین منشأ احتمالی کانسار عمارت مورد استفاده قرار داد. در ابتدا باید خاطر نشان نمود که ژئوشیمی عناصر فرعی و جزئی در اسفالریت کانسار عمارت به خوبی قابل مقایسه با داده های منتشر شده برای دو حوزه ی بزرگ از کانسارهای سرب و روی نوع درّه ی می سی سی پی، یعنی ناحیه ی اوزارک (Ozark) در آمریکای شمالی (Veits et al. 1992) و آپ اروپا (Schroll 1996)، که معمولاً دارای غلظت های پایین یا خیلی پایین از عناصر جزئی می باشند، است (تصویر ۲). این شاهد منجر به این نتیجه می شود که کانسار روی و سرب عمارت احتمالاً یک کانسار سرب و روی نوع درّه ی می سی سی پی است.

مطالعه ی گسترده ای بر روی اسفالریت کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی در آپ، اسکرو (Schroll 1996) را به این نتیجه رساند که غلظت آهن (Fe) ممکن است بوسیله ی قابل دسترس بودن آهن (Fe) در سنگ میزبان بلافضل کنترل شود.

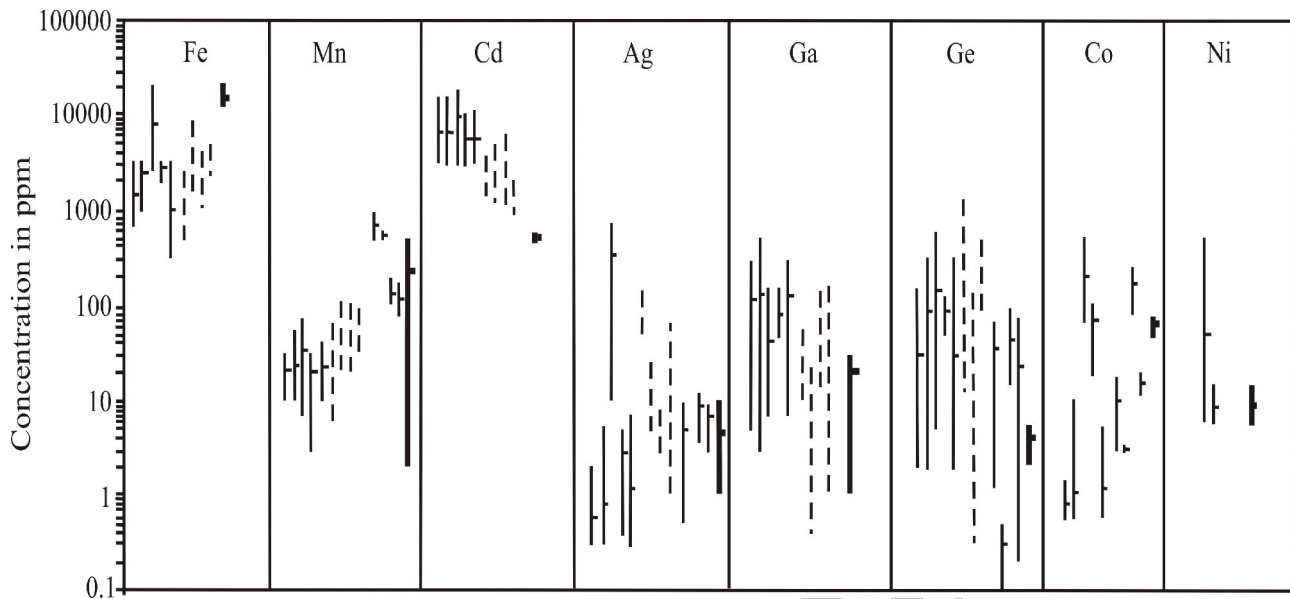
نتیجه گیری مشابهی را می توان برای غلظت آهن (Fe) در اسفالریت عمارت که تنها عنصری است که در مقادیر بیشتری نسبت به دیگر کانسارهای سرب و روی نوع درّه ی می سی سی پی یافت

کالکوپریت در اسفالریت باشد. مقدار کبالت (Co) بین ۴۳ ppm و ۷۵ ppm و مقدار نیکل (Ni) بین ۵ ppm و ۱۶ ppm متغیر است. مقدار قلع (Sn) در اسفالریت عمارت بسیار اندک و از ۰/۳ ppm < تا ۳ ppm تغییر می کند.

مقدار گالیم (Ga) در اسفالریت نسبت به مقدار ژرمانیوم (Ge) تغییرات بیشتری نشان می دهد. مقدار گالیم (Ga) از ۱ ppm < تا ۳۳ ppm تغییر می کند. مقدار ژرمانیوم (Ge) بین ۲ ppm تا ۵ ppm متغیر است. مقدار فلز قیمتی نقره (Ag) در اسفالریت اندک و بین ۱/۵ ppm تا ۱۰/۷ ppm تغییر می کند.

۵- بحث

عوامل متعددی که اغلب به خوبی شناخته نشده اند، ترکیب یک کانی هیدروترمالی را کنترل می کنند. یک عامل کنترل کننده ی اصلی، به طور مشخص غلظت عناصر مورد بحث در سیال هیدروترمالی در حین ته نشست کانی می باشد. این عامل در هر زمان بوسیله ی واکنش سیال با سنگ های همبر، دما و فشار حاکم، و نسبت های سیال به سنگ کنترل می شود (Möller 1985). عوامل دیگری که بر شرکت عناصر جزئی در کانی های سولفیدی هیدروترمالی در حین ته نشست تأثیر می گذارند، نرخ ته نشست کانی (Bethke and Barton 1971؛ Geletii et al. 1979)، تفکیک عنصر جزئی بین سیال و کانی، و تفکیک بین کانی های همزاد (Wu et al. 1996) می باشند. اگرچه بیشتر پارامترهای ذکر شده در بالا و تأثیر مطلق یا نسبی آنها



تصویر ۲- ترکیب عناصر فرعی و جزئی اسفالریت کانسار عمارت (خطوط پیوسته ی ضخیم) در مقایسه با کانسارهای آمریکای شمالی (خطوط پیوسته ی نازک، Veits et al. 1992) و آلپی (خطوط منقطع، Schroll 1996). توجه داشته باشید که میانگین حوزه های مختلف که با علامت افقی نشان داده شده است، تنها برای این مطالعه و کانسارهای آمریکای شمالی در دسترس است. داده های کانسارهای آلپی محدوده ی میانگین کانسارهای مختلف هر حوزه را که بوسیله ی اسکرویل (Schroll 1996) گزارش شده است، نشان می دهد. محدوده های گزارش شده برای کانسارهای آمریکای شمالی مطابق حوزه های زیر است (از چپ به راست): آرکانزاس شمالی، تری استیت، ویرنوم ترند (مرحله ی اصلی)، ویرنوم ترند (مرحله ی گالن کوبیک)، و میسوری مرکزی. داده های کانسارهای آلپی مطابق (از چپ به راست): حوزه ی تیرویلین شمالی، حوزه ی درو رنج، حوزه های کاراوانکن، و حوزه های آلپی جنوبی می باشند.

می شود (تصویر ۲)، انجام داد. این نتیجه گیری به راحتی بوسیله ی مقدار نسبتاً زیاد آهن (Fe) در شیل مجاور و سنگ آهک میزبان ماده ی معدنی در عمارت قابل توضیح است. مقدار آهن (Fe) در شیل مجاور و سنگ آهک میزبان به ترتیب 0.083% و 0.048% می باشد (ونایی ۱۳۷۷). بنابراین، بالا بودن غلظت آهن (Fe) در اسفالریت عمارت شگفت آور نیست.

کادمیوم در اسفالریت عمارت در مقادیر بسیار کمتری نسبت به دیگر کانسارهای سرب و روی نوع درّه ی می سی سی پی در ناحیه ی اوزارک وجود دارد، اما مقدار آن در حد پایینی مقدار کادمیوم (Cd) در اسفالریت کانسارهای آلپی قرار می گیرد. فیزر (Feiser 1966) یک رفتار بدون همبستگی را برای آهن (Fe) و کادمیوم (Cd) در اسفالریت خاطر نشان می سازد. این رفتار تا حدودی برای این دو عنصر در اسفالریت عمارت نیز مشاهده می شود.

اهمیت غلظت های مطلق و نسبی نیکل (Ni)، کبالت (Co) و قلع (Sn) در اسفالریت بسیار کم شناخته شده است. ویتز و همکاران (Veits et al. 1992) اظهار داشته اند که افزایش نسبی در غلظت نیکل (Ni) و کبالت (Co) نشانه ای از یک افزایش نسبی در فلزات تأمین شده بوسیله ی سنگ های منشأ مافیک می باشد. در مقابل، هاگنی (Hagni 1983)، وو و همکاران (Wu et al. 1992)، و فنل و همکاران (Fennel et al. 1996) نتیجه گرفته اند که بالاترین غلظت های این دو عنصر جزئی محدود به نواحی هستند که شوراب

های فلز دار ابتدا در آنجا به سنگ های میزبان وارد شده اند، یعنی این که کاهش سیستماتیک غلظت های نیکل (Ni) و کبالت (Co) باید مسیر سیال را مشخص نماید. به نظر نمی رسد که هیچ یک از این مدل ها برای کانسار عمارت قابل استفاده باشد. هر دو عنصر یک رفتار بدون همبستگی را به نمایش می گذارند. غلظت نیکل (Ni) نسبتاً یکنواخت است، در صورتی که غلظت کبالت (Co) تغییرات بیشتری را نشان می دهد. به هر حال، تغییرات مقدار نیکل (Ni) و کبالت (Co) را نمی توان به طور متقاعد کننده ای به مسیر مهاجرت سیال یا تغییر سنگ های منشأ نسبت داد. در ناحیه کانسار عمارت سنگ های مافیک وجود ندارد. فراوانی عناصر سرب (Pb)، روی (Zn) و مس (Cu) در کانسار عمارت نشان داده است که سیال هیدروترمالی از درون سفره یا سفره های کربناتی عبور نموده است (احیا ۱۳۸۷). بنابراین بسیار غیر محتمل به نظر می رسد که تغییرات مقدار Co نشان دهنده ی تغییرات سنگ های منشأ یا مسیر مهاجرت سیال باشد.

در خصوص رخداد یا توزیع قلع (Sn) در اسفالریت کانسارهای سرب و روی با سنگ میزبان کربناتی داده های چندانی در نشریات علمی وجود ندارد و بنابراین مشخص نیست که آیا غلظت های گزارش شده از کانسار عمارت برای این نوع کانسارها عادی است یا غیر معمول. تنها مورد گزارش شده، کانسارهای سرب و روی نوع درّه ی می سی سی پی به سن پالئوپروتروزوئیک در گریکوالند وست (Griqualand West) آفریقای جنوبی (Schaefer 2002)

کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی واقع بوده و شاهد دیگری مبنی بر کانی سازی سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی در این کانسار را فراهم می آورد.

۴- نتیجه گیری

توزیع عناصر فرعی و جزئی در اسفالریت کانسار عمارت به خوبی قابل مقایسه با داده های منتشر شده برای کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی کلاسیک جهان می باشد. زمین دما سنج نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت، دمای سیال کانه دار را در محدوده ی 175°C تا 235°C نشان می دهد. این دماها نیز در محدوده ی دمای تشکیل کانسنگ در کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی قرار می گیرد. این شواهد نشان می دهند که کانسار عمارت یک کانسار سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی است.

تشکر و قدردانی

این پژوهش از پشتیبانی مالی حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد بهبهان برخوردار بوده است. هم چنین، مؤلفین صمیمانه از داوران محترم فصلنامه ی علمی- پژوهشی زمین شناسی کاربردی که با انتقادات و پیشنهادات سازنده ی خود باعث ارتقاء سطح علمی این مقاله گردیدند، سپاسگزاری می نمایند.

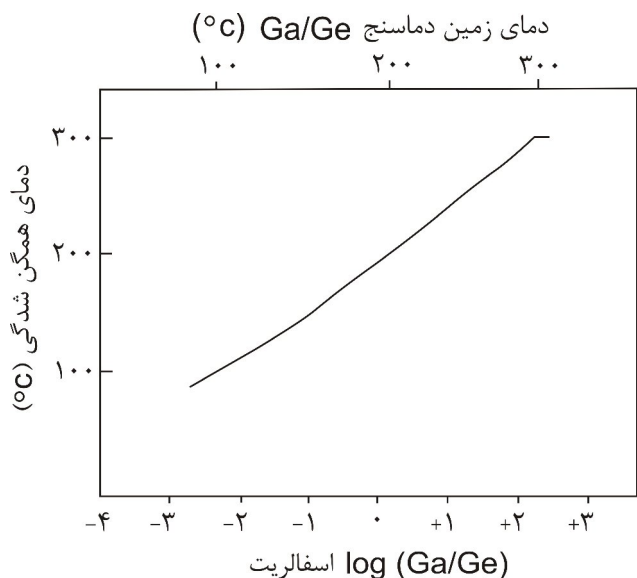
مراجع

- احیا، ف.، ۱۳۸۷، "ژئوشیمی و منشأ کانسارهای سرب و روی عمارت و بابا قلعه- جنوب اراک"، دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران، پایان نامه ی دکتری، ۱۷۸ ص.
- امامی پور، م.، ۱۳۷۲، "بررسی زمین شناسی و زمین ساخت منطقه ی معدن سرب و روی عمارت"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید بهشتی، ۱۵۳ ص.
- خلقی، ه.م. (تلفیق کننده)، ۱۳۸۳، "نقشه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی ورچه"، منتشر نشده.
- رادفر، ج.، کهنسال، ر.، ۱۳۸۳، "نقشه ی ۱:۱۰۰۰۰۰ زمین شناسی اراک"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.
- سهندی، م.ر.، رادفر، ج.، حسینی دوست، ج.، محجل، م.، ۱۳۸۵، "نقشه ی چهار گوش شازند"، سازمان زمین شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

می باشد که غلظت قلع (Sn) در اسفالریت آنها بین ۳۳ ppm تا ۵۴ ppm می باشد. غلظت قلع (Sn) در اسفالریت کانسار عمارت (۳ ppm) < ۰/۳ بسیار کمتر از این مقدار است.

زمین دماسنج نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت بر مبنای دو فرض پایه گذاری شده است (Möller 1985). اول، انسجام ژئوشیمیایی قوی گالیم- آلومینیوم (Ga-Al) و ژرمانیوم- سیلیسیم (Ge-Si) به منظور قابل استفاده کردن ثابت های تعادل برای واکنش های هیدرولیز در دماهای مختلف. دوم، وجود کانی های غنی از گالیم (Ga) و ژرمانیوم (Ge) و عدم تفکیک قابل توجه گالیم- ژرمانیوم (Ga-Ge) در حین تشکیل آنها. اسفالریت مناسب ترین کانی برای این منظور در کانسارهای دارای سنگ میزبان رسوبی کربناتی می باشد (Mladenova and Valchev 1998). نسبت های گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت عمارت متنوع بوده (جدول ۱) و دماهای فروشت بین 175°C و 235°C را نشان می دهند (تصویر ۳). این دماهای تخمینی در محدوده ی دماهای تشکیل کانسنگ (90°C تا 257°C) که از مطالعات سیالات درگیر بدست آمده است (احیا ۱۳۸۷)، قرار می گیرند.

دمای ته نشست کانسنگ در کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی عمدتاً در محدوده ی 75°C تا 200°C تغییر می کند (Leach and Sangster 1993)، اما دماهای بیشتر تا 280°C نیز برای برخی از کانسارهای سرب و روی نوع دره ی می سی سی پی گزارش شده است (مثلاً، Leach et al. 1997). دماهای تشکیل کانسنگ در کانسار عمارت در محدوده ی دمای کانی سازی در



تصویر ۳- رابطه ی بین دمای زمین دماسنج نسبت گالیم به ژرمانیوم (Ga/Ge) در اسفالریت و دمای همگن شدگی سیالات درگیر (با تغییر از Mladenova and Valchev 1998).

- McLimans, R.K., Barnes, H.L. & Ohmoto, H., 1980**, "Sphalerite stratigraphy of the Upper Mississippi Valley zinc-lead district, southwest Wisconsin", *Econ. Geol.*, Vol. 75: 351-361.
- Mladenova, V. & Valchev, S., 1998**, "Ga/Ge ratio in sphalerite from the carbonate-hosted Sedmochislenitsi deposit as a temperature indication of initial fluids", *Review of the Bulgarian Geological Society*, Vol. 59: 49-54.
- Möller, P., 1985**, "Development and application of the Ga/Ge geothermometer for sphalerite from sediment-hosted deposits", In: *German K. (ed.) Geochemical aspects of ore formation in recent and sedimentary environments. Gebrüder Borträger, Berlin: 15-30.*
- Schaefer, M., 2002**, "Paleoproterozoic Mississippi Valley-type Pb-Zn deposits of the Ghaap Group, Transvaal Supergroup in Griqualand West, South Africa", *Ph.D theses, Rand Afrikaans University, 367 pp.*
- Schroll, E., 1996**, "The Triassic carbonate-hosted Pb-Zn mineralisation in the Alps (Europe): the genetic position of Bleiberg type deposits", *Society of Economic Geologists, Special Publication No. 4: 182-194.*
- Scott, S.D., 1983**, "Chemical behaviour of sphalerite and arsenopyrite in hydrothermal and metamorphic environments", *Mineral. Mag.*, Vol. 47: 427-435.
- Urabe, T., 1974**, "Mineralogical aspects of the Kuroko deposits and their implications", *Miner. Deposita*, Vol. 9: 309-324.
- Viets, J.G., Hopkins, R.T. & Miller, B.M., 1992**, "Variations in minor and trace elements in sphalerite from Mississippi Valley-Type deposits of the Ozark region: genetic implications", *Economic Geology*, Vol. 87: 1897-1905.
- Wu, Y., Hagni, R.D. & Paarlberg, N., 1996**, "Silver distribution in iron sulphides at the Buick and Brushy Creek Mines, Viburnum Trend, southeast Missouri", *Society of Economic Geologists, Special Publication No. 4: 577-587.*
- کریم زاده، ع.، ۱۳۷۱**، "بررسی تیپ، ارتباطات کانی شناختی-ژئوشیمیایی و ژنز احتمالی معدن سرب و روی عمارت (اراک)"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت معلم، ۲۵۰ ص
- ونایی، م.، ۱۳۷۷**، "ویژگی های ساختی، بافتی و ژئوشیمیایی کانسار سرب و روی عمارت-اراک"، پایان نامه ی کارشناسی ارشد، دانشگاه شهید باهنر کرمان، ۱۶۸ ص
- Barton, P.B., Jr., 1970**, "Sulfide petrology", *Mineral. Soc. Am, Spec. Pub.*, Vol. 3, 187-198.
- Bethke, P.M. & Barton, P.B., Jr., 1971**, "Distribution of some minor elements between coexisting sulphide minerals", *Economic Geology*, Vol. 66: 140-163.
- Boyle, R.W. & Jambor, J.L., 1963**, "The geochemistry and geothermometry of sphalerite in the lead-zinc-silver lodes of the Keno Hill-Galena Hill area, Yukon", *Can. Mineral.*, Vol. 7: 479 – 496.
- Campbell, F.A. & Ethier, V.G., 1983**, "Environment of deposition of the Sullivan ore body", *Mineralium Deposita*, Vol. 18: 39-55.
- Feiser, J., 1966**, "Nebenmetalle", *Die metallischen Rohstoffe, Band 17. Enke Verlag, Stuttgart, 247pp.*
- Fennel, M.J., Hagni, R.D. & Bradley, M.F., 1996**, "Mineralogy, paragenetic sequence, mineral zoning, and genesis at the Magmont-West mine southeast Missouri lead district", *Society of Economic Geologists, Special Publication No. 4: 597-610.*
- Geletii, V.F., Chernishev L.V. & Pastushkova, T.M., 1979**, "Distribution of cadmium and manganese between galena and sphalerite", *Geologiya Rudnykh Mestoozhdenii*, Vol. 21: 66-75.
- Hagni, R.D., 1983**, "Minor elements in Mississippi Valley-Type ore deposits", In *Shanks W.C. (ed.): Cameron Volume on unconventional Mineral Deposits, Vol 3. Society of Economic Geologists – Society of Mining Engineers, American Institute of Mining Engineers, New York: 77-81.*
- Leach, D.L. & Sangster, D.F., 1993**, "Mississippi Valley-type lead-zinc deposits", *Geological Association of Canada special paper 40.*
- Leach, D.L., Apodaca, L.E., Repetski, J.E., Powell, J.W. & Rowan, E.L., 1997**, "Evidence for hot Mississippi Valley-type brines in the Reelfoot Rift Complex, South-Central United States, in Late Pennsylvanian-Early Permian", *U.S. Geological Survey Professional Paper 1577, 36 pp.*