رهیافت‌های فلززایی و اکتشافی از داده‌های ایزوتوپی رنیم (Re) و اُسمیم (Os) در کانسارهای مس پورفیری کرمان

سارا لعلی‌فاز [۱]، بهنام شفیعی [۲*]، غلامحسین شمعانیان [۲] و حسین تقی‌زاده [۳]

[۱] کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
[۲] استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشکده علوم پایه، دانشگاه گلستان، گرگان، ایران
[۳] کارشناسی ارشد، امور اکتشافات و مهندسی توسعه، مجتمع مس سرچشمه، شرکت ملی صنایع مس ایران، رفسنجان، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۰۶/۱۳

چکیده

پژوهش حاضر اولین گزارش از داده‌های ایزوتوپی رنیم و اُسمیم در سولفیدهای مس- آهن ژرف‌زاد (کلکوپیریت و پیریت) کانسارهای مس پورفیری کرمان است. هر چند که در این مطالعه مجموعه داده محدود بود، ولی تفسیر آنها به شناخت منبع احتمالی فلز برای کانی‌سازی در سامانه پورفیری کمک کرده است. بر پایه این پژوهش، مقدار $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در این کانسارها از کمینه ۰/۱تا بیشینه ۱۰ ثبت شد که این دامنه تغییرات برای نسبت یادشده بسیار بزرگ‌تر از دامنه آشکارشده در کانسار مس پورفیری شیلی (۰/۱۵ تا ۵/۲) است. ثبت مقادیر غیررادیوژن تا بسیار رادیوژن از اُسمیم آغازین در سولفیدهای اولیه کانسارهای مس پورفیری کرمان ناهمگنی ایزوتوپی و گوناگونی در منبع فلز برای کانی‌سازی در این کانسارها را آشکار ساخته است. ثبت مقادیر غیررادیوژن از $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین (۰/۱۵-۰/۱۰) در سولفیدهای کانسارهای میدوک و نوچون، در محدوده مقادیر جبه‌ای (۰/۱۵-۰/۱۳)، نشان‌دهنده نقش بنیادین سیال‌های گرمابی کانه‌ساز مشتق‌شده از ماگمای جبه‌ای (توده نفوذی) در تأمین فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی در این کانسارهاست. در مقایسه، انحراف بسیار بزرگ دیده‌شده در مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین سولفیدهای کانسارهای کرور (۱۰) و آبدر (۱) از مقادیر جبه‌ای سهم بیشتر منابع پوسته‌ای (قاره‌ای) نسبت به منابع جبه‌ای را در تأمین فلز برای کانی‌سازی مس پورفیری در این کانسارها نشان می‌دهد. کانسار سرچشمه با آشکار کردن مقادیر کم رادیوژن از نسبت اُسمیم آغازین در سولفیدهای پتاسیک (۰/۲۲) نسبت به سولفیدهای فیلیک (۰/۷۹) دخالت هر دو منبع جبه‌ای و پوسته‌ای را در تأمین فلز برای کانی‌سازی نشان می‌دهد. هر چند که نقش پوسته در طی مراحل پایانی کانی‌سازی پراهمیت‌تر بوده است. روند کلی دیده‌شده در رادیوژن‌ترشدن مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ از کانسارهای پُرعیار میوسن میانی به کانسارهای کم‌عیار جوان‌تر (میوسن بالایی- پلیوسن) در کمربند مس پورفیری کرمان به دخالت فزاینده منابع پوسته‌ای در زایش ماگماهای نیمه‌بارور تا نابارور جوان و همچنین در تأمین فلز برای کانه‌زایی‌های ضعیف همراه نسبت داده‌شده است. این ارتباط می‌تواند به عنوان کلیدی برای شناسایی و اکتشاف کانسارهای مس پورفیری با عیارهای اقتصادی پیشنهاد شود؛ کانسارهایی که سهم بیشتری از منبع جبه‌ای را در تشکیل ماگمای مولد و همچنین فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی در سامانه پورفیری به ارث برده‌اند.

کلیدواژه‌ها: ایزوتوپ اسمیم، مس پورفیری، کرمان، فلززایی، اکتشاف.

***نویسنده مسئول:** بهنام شفیعی
E-mail: behnam.shafiei@gmail.com

۱- پیش‌گفتار

شناخت منبع تأمین‌کننده فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی همواره یکی از مهم‌ترین چالش‌های فراروی زمین‌شناسان اقتصادی که به مطالعات فلززایی با راهبرد اکتشافی می‌پردازند بوده است. کانسارهای مس پورفیری که در گامه‌های پایانی تحولات ماگماهای گرانیتوییدی مشتق از مذاب‌های جبه‌ای و یا پوسته پایینی شکل گرفته‌اند می‌توانسته‌اند فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی را از منابع جبه‌ای، پوسته پایینی و یا سنگ‌های دیواره در مسیر عبور و تکامل به دست آورده باشند. ایزوتوپ‌های اسمیم و رنیم طی دو دهه گذشته به عنوان ردیاب در شناسایی منبع فلز درکانسارهای مس پورفیری مورد استفاده قرارگرفته‌اند که جدای از ارزش‌های پژوهشی، رهیافت‌های اکتشافی را نیز به همراه داشته است. (Luck & Allegre, 1980; Martin et al., 1993; McCanndless et al., 1993; Freydier et al., 1997; McInnes et al., 1999; Mathur et al., 2000; Ruiz & Mathur, 2000; Bara et al., 2003). کمربند مس کرمان در جنوب خاوری ایران با بیش از ۲۰۰ کانسار، اندیس و نشانه کانی‌سازی شناخته‌شده از مس پورفیری مهم‌ترین ناحیه مس‌خیز ایران است که این کانسارها افزون بر گوناگونی در محتوای فلزی (مس، مولیبدن، طلا، نقره)، ذخیره، عیار میانگین، سن و ترکیب توده نفوذی متفاوتی دارند (جدول ۱). تمرکز کانی‌سازی‌های مهم مس پورفیری ایران در کمربند کرمان به‌همراه تفاوت‌های یادشده موقعیت این کمربند را برای انجام مطالعات فلززایی با رویکرد اکتشافی بی‌همتا ساخته است. شناخت منبع تأمین‌کننده فلز برای سیال‌ها و محلول‌های گرمابی کانسنگ‌ساز بر پایه مطالعات ایزوتوپی یکی از ضروری‌ترین مطالعاتی است که می‌تواند به درک بهتر از فلززایی مس پورفیری در ایران و کاربردهای آن در کار اکتشاف مؤثر این کانسارها کمک کند. در این پژوهش که با حمایت مالی شرکت ملی صنایع مس ایران، سنجش ایزوتوپی رنیم و اُسمیم در شمار محدودی نمونه از کانسارهای مس پورفیری کرمان به انجام رسیده است، فرصتی فراهم آمد تا منابع احتمالی تأمین‌کننده فلز در این کانسارها شناسایی شوند و مورد بحث قرار گیرند که نتایج این پژوهش رهیافت‌های فلززایی و اکتشافی را به‌همراه داشته است.

۲- موقعیت زمین‌شناسی و ویژگی‌های عمومی کانسارهای مس مورد مطالعه

کانسارهای مس پورفیری مهم ایران بیشتر در بخش جنوب خاوری کمان ماگمایی ارومیه- دختر در منطقه کرمان گسترده شده‌اند (Zarasvandi et al., 2005; Shafiei et al., 2009) که به نام کمربند دهج- ساردوییه (Demitrijevic, 1973) شناخته می‌شود. این کمربند با درازای تقریبی ۵۰۰ کیلومتر و پهنای تقریبی ۸۰ کیلومتر با روند شمال باختر- جنوب خاور بر حاشیه جنوبی خردقاره ایران مرکزی (بلوک سه‌گانه یزد- طبس- لوت) قرار گرفته است (شکل ۱-الف). کانسارهای مورد مطالعه (سرچشمه، میدوک، نوچون، کرور، آبدر) از مهم‌ترین کانسارهای پورفیری منطقه هستند که از دید جغرافیایی از شمال باختر تا جنوب خاور کمربند پراکنده شده‌اند (شکل ۱- ب). کانی‌سازی در این کانسارها با استوک‌های پورفیری و با ترکیب سنگ‌شناسی از دیوریت (آبدر)، کوارتزدیوریت (میدوک)، گرانودیوریت

(سرچشمه)، کوارتزمونزونیت (نوچون) و گرانیت (کرور) همراه شده است که در برخی از آنها مانند سرچشمه، نوچون و کرور این توده‌ها بخش‌های مشتق‌شده از یک توده نفوذی بزرگ‌تر در اندازه باتولیت (مانند آرچندُر، ممزار و جبال‌بارز) در منطقه هستند (جدول ۱، شکل ۱- ج). دگرسانی گرمابی در این کانسارها شامل بیوتیتی، سریسیتی، سیلیسی، پروپیلیتی و کمتر رسی است که در کانسارهای سرچشمه، نوچون و کرور گسترش قابل ملاحظه‌ای دارند و در مسافت‌های طولانی در سنگ دیواره آتشفشانی گسترده شده‌اند ولی در کانسارهای میدوک و آبدر دگرسانی گرمابی متمرکزتر است و بیشتر در استوک مولد و کمتر در سنگ‌های دیواره گسترش یافته است (شکل ۱- ب). کانی‌سازی سولفیدی (پیریت، کالکوپیریت و مقادیر فرعی مولیبدنیت) بیشتر همراه با استوک‌ورک‌های کوارتز و کمتر به‌صورت افشان با دگرسانی‌های بیوتیتی و سریسیتی رخ داده است (جدول۱). بر پایه داده‌های سنی موجود (جدول ۱)، کانی‌سازی اقتصادی از مس پورفیری در منطقه کرمان با فاز نفوذی پورفیری در دوره زمانی میوسن میانی (از حدود ۱۳/۵ تا ۱۲ میلیون سال) رخ داده است و با جوان‌تر شدن فعالیت ماگمایی نفوذی (میوسن پایانی- پلیوسن) اهمیت کانی‌سازی مس کاهش می‌یابد و کانسارها بسیار کم‌عیار هستند (مانند کرور و آبدر). همچنین از دوره‌های قدیمی‌تر (الیگوسن) کانی‌سازی با اهمیتی از مس پورفیری تا به حال گزارش نشده است.

۳- روش پژوهش

برای انجام مطالعه حاضر، ۲۴ نمونه از کانسنگ‌های ژرف‌زاد (Hypogene) دارای کالکوپیریت و پیریت که در رگچه‌های متقاطع با دگرسانی‌های پتاسیک و فیلیک رخ داده بودند برداشت شد. برای آماده‌سازی نمونه‌ها، ابتدا آنها تا اندازه آزاد شدن کانی‌ها خُردایش شدند و سپس ذرات خالص کالکوپیریت و پیریت به‌روش Handpicking به میزان ۵ تا ۱۰ گرم برای هر نمونه در ۲۴ نمونه مورد جدایش قرار گرفتند. این نمونه‌ها برای سنجش مقادیر کل رنیم، اُسمیم، نسبت‌های ایزوتوپی $^{187}Re/^{188}Os$، $^{187}Os/^{188}Os$ و محاسبه مقدار $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین به‌روش طیف‌سنجی جرمی با یونیزاسیون حرارتی منفی (NTIMS) به دانشگاه آریزونا در ایالات متحده آمریکا فرستاده شدند. با وجود تلاش‌های بسیار برای سنجش‌های بالا، تنها در ۸ نمونه سنجش‌ها به‌طور کامل انجام شد؛ چرا که در ۱۶ نمونه دیگر مقادیر اُسمیم آن قدر کم بوده (کمتر از ۲ بخش در هزار) که توسط دستگاه قابل آشکارسازی نبوده است. برای محاسبه مقدار نسبت اُسمیم آغازین در نمونه‌هایی که سنجش‌های مورد نظر در آنها کامل انجام شد از برنامه MACDAT-2 (نوشته Clark Isachesen and Drew Coleman) با بهره‌گیری از الگوریتم‌های York (1969) استفاده شده است. در شکل ۲ چگونگی رخداد این سولفیدها در ۸ نمونه مورد استفاده، در جدول ۲ ویژگی‌های آنها و در جدول ۳ نیز نتایج این سنجش‌ها گزارش شده است.

۴- نتایج

بر پایه داده‌های حاصل از سنجش ایزوتوپی (جدول ۳)، پیریت و کالکوپیریت حاصل از دگرسانی‌های پتاسیک و فیلیک کانسارهای مس پورفیری کرمان غلظت‌های کمی از رنیم (۳ تا ۲۷۱ بخش در میلیارد) و اُسمیم (۲ تا ۴۰ بخش در هزار) داشتند که تقریباً همانند دامنه گزارش‌شده برای غلظت رنیم و اُسمیم در سولفیدهای مس- آهن کانسارهای مس پورفیری شیلی (۷ ppt تا ۳۰ ppt برای اُسمیم و ۲۰ ppb تا ۱۵۰ ppb برای رنیم (Mathur et al., 2000)) است (شکل۳). مقادیر $^{187}Re/^{188}Os$ و $^{187}Os/^{188}Os$ آشکارشده نیز دامنه گسترده‌ای از ۵۴۰۶ تا ۱۵۲۷۳۶ برای $^{187}Re/^{188}Os$ و از ۰/۷۲ تا ۲۸/۴۸ برای $^{187}Os/^{188}Os$ را دربر گرفته است. مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین محاسبه‌شده در سولفیدهای یادشده در دامنه به‌نسبت گسترده‌ای از کمینه ۰/۱۰ در کانسار نوچون تا بیشینه ۱۰ در کانسار کرور متغیر بود که این دامنه، گسترده‌تر از دامنه غلظت گزارش‌شده برای کانسارهای مس پورفیری شیلی (۰/۱۵ تا ۵/۲؛ Mathur et al., 2000) بود (شکل ۴). از دید نوع دگرسانی، کمترین مقادیر ثبت‌شده از این نسبت مربوط به سولفیدهای نهشته‌شده در دگرسانی پتاسیک کانسارها (نمونه‌های MP-3، NCP-2 و SCP-2) است؛ هر چند که نمونه‌های استثنا (KVP-3 و ADP-4) نیز وجود دارند که با وجود تعلقشان به دگرسانی پتاسیک مقادیر بزرگی از $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در میان نمونه‌ها دارند. در مقایسه با سولفیدهای دگرسانی پتاسیک، سولفیدهای مربوط به دگرسانی فیلیک (SCP-3 و ADP-1) مقادیر بزرگی از این نسبت را آشکار کرده‌اند و البته نمونه استثنا متعلق به دگرسانی فیلیک کانسار میدوک است که مقدار بسیار کوچک $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین را نزدیک به مقادیر سولفیدهای دگرسانی پتاسیک دارد (شکل ۳). بر پایه مقایسه داده‌های $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در کانسارهای مس پورفیری کرمان و جبه (۰/۱۵-۰/۱۳؛ Brandon et al., 1996)، مقادیر این نسبت در نمونه‌های کانسارهای میدوک و نوچون در محدوده مقادیر جبه قرار می‌گیرد؛ در حالی که مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین برای نمونه پتاسیک کانسار سرچشمه کمی از مقادیر جبه انحراف نشان می‌دهد که این انحراف برای نمونه فیلیک این کانسار به مراتب قابل ملاحظه‌تر است. مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در نمونه‌های کانسار آبدر نسبت به مقادیر جبه‌ای انحراف قابل ملاحظه‌ای نشان می‌دهد که البته این انحراف در نمونه فیلیک بزرگ‌تر از نمونه پتاسیک است (شکل ۴). بزرگ‌ترین انحراف آشکارشده در مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ سولفیدهای مس- آهن از مقادیر جبه‌ای متعلق به نمونه پتاسیک کانسار کرور است که چنین انحرافی حتی در میان کانسارهای شیلی (Mathur et al., 2000) نیز گزارش نشده است. بررسی ارتباط میان مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در نمونه‌های با عیار میانگین مس (شکل ۵) و همچنین سن کانسارها (شکل ۶) نشان داد که مقدار این نسبت در کانسارهای با عیار میانگین بالای مس و همچنین کانسارهای قدیمی‌تر به طور کلی کوچک‌تر از کانسارهای جوان‌تر با عیار میانگین مس پایین است.

۵- بحث

دامنه گسترده مقادیر برای $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین و همچنین برای $^{187}Re/^{188}Os$ و $^{187}Os/^{188}Os$ در سولفیدهای نهشته‌شده در دگرسانی پتاسیک و فیلیک کانسارهای مس پورفیری کرمان ناهمگنی ایزوتوپی در منبع تأمین‌کننده فلز را برای مراحل مختلف کانی‌سازی در سامانه‌های پورفیری نشان می‌دهد. نزدیکی مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین سولفیدهای کانسارهای میدوک و نوچون به مقادیر جبه نشان‌دهنده غیر رادیوژن بودن مقادیر این نسبت در کانسارهای یادشده است. این مسئله پیشنهاد می‌کند که اُسمیم و فلز مورد نیاز (مس) برای کانی‌سازی در این کانسارها از سیال‌های گرمابی حاصل از ماگمای مشتق شده از جبه تأمین شده است که منظور همان توده نفوذی مولد این کانسارهاست و بنابراین نقش سنگ دیواره برای تأمین فلز در مراحل مختلف کانی‌سازی در این کانسارها بی‌اهمیت بوده است. این تفسیر با گسترش کمتر هاله دگرسانی به‌همراه تمرکز بیشتر کانی‌سازی در استوک مولد در کانسارهای میدوک (Hassanzadeh, 1993; Taghipour et al., 2008) و نوچون (سلطانی نژاد و همکاران، ۱۳۸۹) سازگار است.

ثبت مقادیر خیلی رادیوژن برای $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین برای یک نمونه سولفید پتاسیک از کانسار کرور نشان می‌دهد که مس مورد نیاز برای کانی‌سازی اولیه در این کانسار از منبع پوسته‌ای تأمین شده است. گستردگی قابل ملاحظه هاله دگرسانی پتاسیک در این کانسار (۸۵۰ متر × ۱۶۵۰ متر؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۸۹) نشان‌دهنده بزرگ بودن سامانه ماگمایی- گرمابی سازنده این کانسار است که می‌تواند معلول چندفازی بودن نفوذ ماگماهای با ترکیب گوناگون (دیوریتی، کوارتزدیوریتی، تونالیتی، گرانودیوریتی، کوارتزمونزونیتی تا گرانیتی؛ قاسمی و همکاران، ۱۳۸۹) و

آزادسازی سیال‌ها و محلول‌های گرمابی کانه‌ساز در حجم بزرگی از پوسته میزبان این کانسار باشد. چرخش این سیال‌های در حجم گسترده‌ای از پوسته قاره‌ای افزون بر دگرسان کردن گسترده آنها، فلزات را از سنگ‌های دیواره شسته که در نتیجه، رادیوژن شدن $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین سولفیدهای پتاسیک این کانسار را به ارمغان آورده است.

انحراف کوچک آشکارشده در مقدار $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در سولفید مرحله اولیه کانی‌سازی (دگرسانی پتاسیک) در کانسار مهم سرچشمه نسبت به مقدار این نسبت در جبه نشان‌دهنده ویژگی رادیوژن اُسمیم در این کانسار نسبت به کانسارهای کوچک‌تر میدوک و نوچون است. این ویژگی نشان می‌دهد که اُسمیم و همچنین فلز مورد نیاز (مس، مولیبدن، طلا و نقره) برای کانی‌سازی در مراحل اولیه در کانسار سرچشمه افزون بر سیال‌های گرمابی حاصل از ماگمای مشتق از جبه (استوک مولد) می‌توانسته است از پوسته و در نتیجه چرخش بزرگ مقیاس سیال‌های گرمابی در سنگ‌های دیواره حاصل شده باشد. افزایش مقدار $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در سولفید مرحله کانی‌سازی فیلیک نسبت به مرحله اولیه در این کانسار، رادیوژن‌تر شدن این نسبت را نشان می‌دهد که معلول تأثیر مواد پوسته‌ای (سنگ دیواره آتشفشانی آندزیتی و تراکی‌بازالتی؛ Waterman & Hamilton, 1975; Aftabi & Atapour, 2010) در تأمین فلز مورد نیاز برای مرحله میانی و پایانی کانی‌سازی در نتیجه چرخش بزرگ مقیاس‌تر سیال‌های گرمابی- ماگمایی و گرمابی- جوی در آنها است. گستردگی قابل ملاحظه منطقه دگرسان‌شده (۲۳۰۰ متر × ۱۲۰۰ متر؛ داده‌های جدید منتشرنشده امور معدن مجتمع مس سرچشمه) و به‌ویژه دگرسانی فیلیک در سنگ دیواره آتشفشانی کانسار سرچشمه؛ (Waterman & Hamilton, 1975; Etminan, 1977; Shahabpour & Kramers, 1987) می‌تواند تأیید کننده این تفسیر باشد.

کانسار کم‌اهمیت آبدر نیز مقادیر رادیوژنی از $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین را برای مرحله کانی‌سازی اولیه (بیوتیتی) و مقادیر رادیوژن‌تر از این نسبت را برای کانی‌سازی مرحله فیلیک آشکار کرد که این انحراف به نسبت بزرگ از مقادیر جبه‌ای، نشان‌دهنده دخالت گسترده منابع پوسته‌ای (سنگ دیواره آتشفشانی فلسیک شامل توف و ایگنمبریت) در تأمین فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی بسیار کم‌اهمیت مس در طی مراحل تکامل دگرسانی- کانی سازی در این کانسار است.

ثبت ارتباط وارون میان میانگین عیار مس کانسارهای پورفیری کرمان و مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در سولفیدهای آنها نشان می‌دهد که کانسارهای پرعیارتر (سرچشمه، میدوک و نوچون) نسبت به کانسارهای کم‌عیارتر (کرور و آبدر) مقادیر غیر رادیوژن تا کمتر رادیوژن $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین دارند. این رهیافت پیشنهاد می‌کند کانسارهایی که سهم بیشتری از سیال‌های گرمابی مشتق از ماگما (استوک مولد) را در دگرسانی و کانی‌سازی به ارث برده‌اند توانسته‌اند عیار مس بالاتری داشته باشند. شکل‌گیری ماگمای مولد غنی از عناصر کالکوفیل (اُسمیم، مس و ...) در چنین کانسارهایی از تکامل ماگماهای مافیک جبه‌ای یا از ذوب بخش‌های مافیک در قاعده پوسته‌های قاره‌ای که به اندازه کافی از عناصر کالکوفیل (اُسمیم، مس و ...) غنی هستند (Sillitoe, 1972; Sillitoe, 1988, Cline, 1995; Mathur et al., 2000; Stein et al., 2001; Hattori & Keith, 2001; Richards, 2003 & 2011; Shafiei et al., 2009) می‌توانسته سیال‌های گرمابی- ماگمایی غنی از فلز را تولید کند که به زایش کانسارهای پُرعیار بیانجامد. در برابر آن، از آنجا که پوسته قاره‌ای ذاتاً از عناصر کالکوفیل فقیر است، ماگماهای حاصل از ذوب پوسته قاره‌ای و سیال‌ها و محلول‌های گرمابی حاصل از آنها نمی‌توانسته‌اند در مقادیر قابل ملاحظه‌ای از فلز (اُسمیم، مس و ...) غنی شوند (Sillitoe, 1988; Candela, 1989; Shinohara et al., 1995; Mathur et al., 2000; Wang et al., 2006a & b; 2007). در نتیجه کانسارهای کم‌عیار از چنین سیال‌هایی شکل گرفته‌اند و البته چرخش بزرگ مقیاس سیال‌های گرمابی در حجم زیادی از مواد پوسته‌ای می‌توانسته است سبب رقیق‌تر شدن غلظت فلز در آنها نیز شده باشد؛ شرایطی که شاید در شکل‌گیری کانسارهای کم‌عیار کرور و آبدر حاکم بوده است.

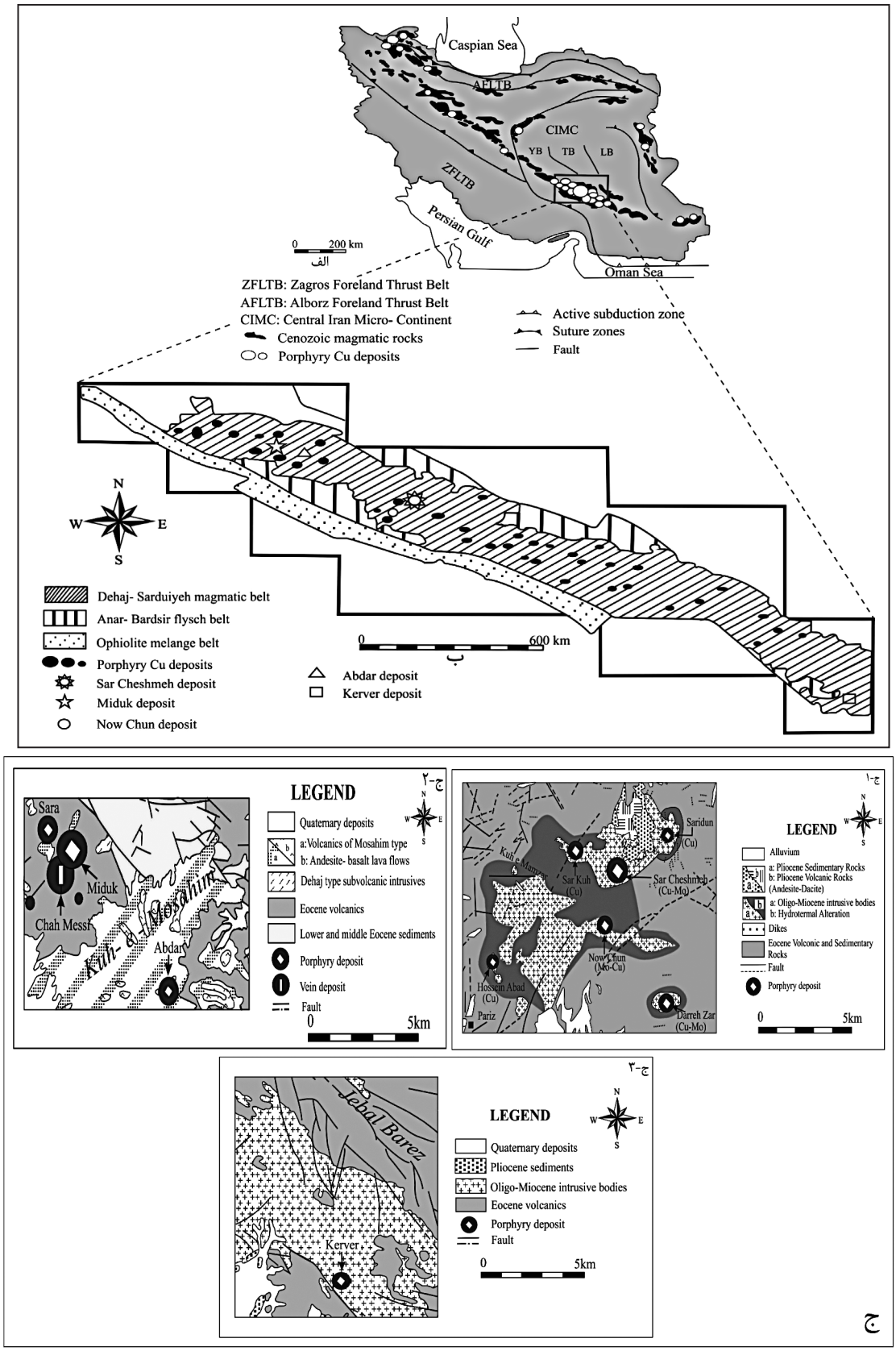
روند کلی دیده‌شده از رادیوژن‌تر شدن مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین از سولفیدهای همراه‌شده با دگرسانی پتاسیک به‌سوی سولفیدهای دگرسانی فیلیک (در کانسارهای سرچشمه، میدوک و آبدر) نشان‌دهنده افزایش یافتن نقش سنگ‌های دیواره در تأمین فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی در طی مراحل تکامل سامانه پورفیری است. همچنین روند رادیوژن‌تر شدن مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در سولفیدها با جوان‌تر شدن سن کانسارها نشان‌دهنده کاهش یافتن نقش سیال‌های گرمابی مشتق‌شده از ماگماهای جبه‌ای با گذر زمان در فلززایی مس پورفیری در منطقه کرمان است که در دوره‌های جوان‌تر جای خود را به سیال‌های گرمابی منشأ گرفته از ماگماهای پوسته‌ای داده‌اند. این تفسیر با کاهش فزاینده در فعالیت ماگمایی مافیک و نمود فزاینده فعالیت ماگمایی فلسیک- حدواسط در کمربند مس کرمان از دوره میوسن پایانی تا سراسر دوره پلیوسن سازگار است که ناشی از پایان یافتن فرورانش از آن زمان است (Dimitrijevic, 1973; Hassanzadeh, 1993; Shafiei et al., 2009).

۶- نتیجه‌گیری

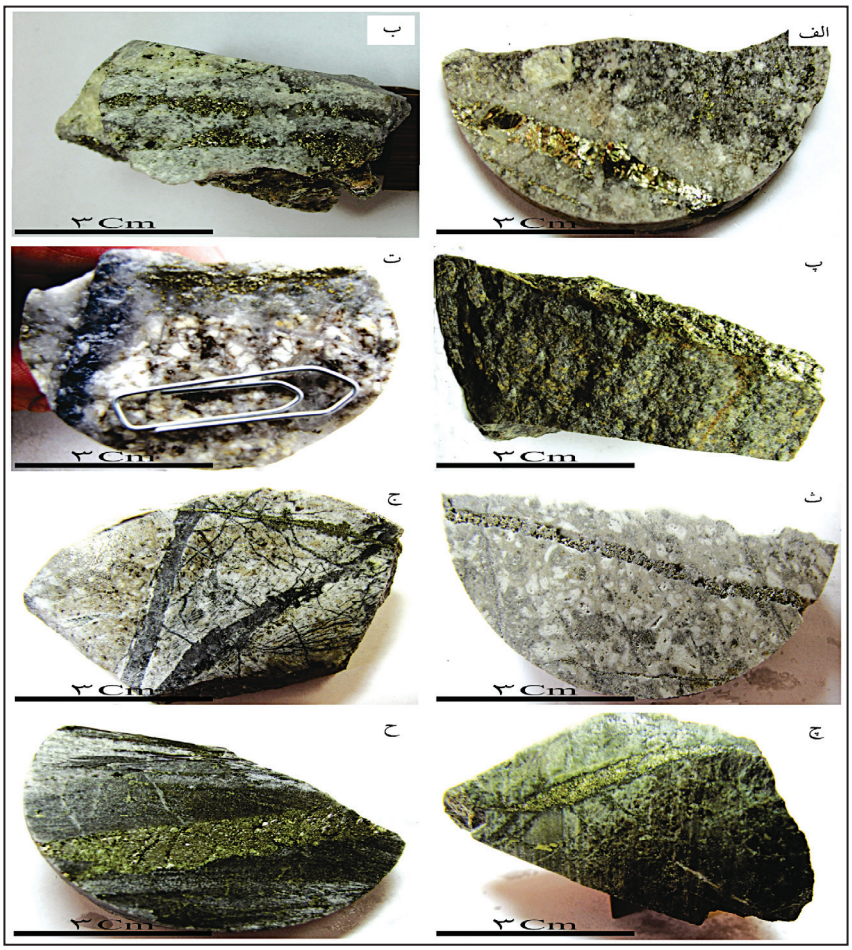
بر پایه یافته‌های این پژوهش که با وجود محدود بودن داده‌های ایزوتوپی رنیم و اُسمیم به‌دست آمد، می‌توان گفت که همانند کانسارهای مس پورفیری شیلی، کانسارهای مس کرمان فلز مورد نیاز برای مراحل مختلف کانی‌سازی در سامانه پورفیری را نه تنها از جبه بلکه از منابع پوسته‌ای به‌دست آورده‌اند. از این رو به نظر می‌رسد که دخالت بیشتر مواد پوسته‌ای در تأمین فلز برای کانی‌سازی در مراحل میانی و پایانی کانی‌سازی (دگرسانی فیلیک) کانسارها صورت گرفته است و در کانسارهایی که فلز برای مرحله اولیه کانی‌سازی (دگرسانی پتاسیک) آنها از منابع پوسته‌ای تأمین شده است آن کانسارها کم عیار شده‌اند (مانند کرور و آبدر). کانسارهایی که فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی را از دو منبع جبه‌ای و پوسته‌ای به ارث برده‌اند پُرعیارتر از گروه یادشده شده‌اند (مانند کانسار سرچشمه) ولی کم عیارتر از گروه کانسارهایی خواهند بود که فلز خود را بیشتر از منبع جبه‌ای گرفته‌اند (مانند میدوک و نوچون). بر پایه تلفیق این یافته‌ها با داده‌های سنی موجود از کانسارهای مس پورفیری کرمان این نکته اهمیت دارد که اهداف اکتشافی جوان‌تر از میوسن میانی هر چند که ممکن است دگرسانی گرمابی گسترده‌ای داشته باشند؛ ولی از دید عیار و در نتیجه محتوای مس نمی‌توانند وضعیت مطلوبی داشته باشند؛ چرا که فلز مورد نیاز برای کانی‌سازی را از سنگ‌های پوسته‌ای که عیار زمینه پایینی از عناصر کالکوفیل دارند به‌دست آورده‌اند. تمرکز برنامه‌های اکتشافی روی پورفیری‌های متعلق به میوسن آغازین- میانی و الیگوسن میانی- پایانی که به نظر می‌رسد سهم بیشتری از ماگماهای مولد جبه‌ای و همچنین سیال‌های گرمابی مشتق‌شده از چنین ماگماهایی را در طی تشکیل و تکامل کانی‌سازی در سامانه پورفیری به ارث برده‌اند، می‌تواند امیدبخش یافتن کانسارهای پورفیری با محتوای مس قابل ملاحظه باشد.

سپاسگزاری

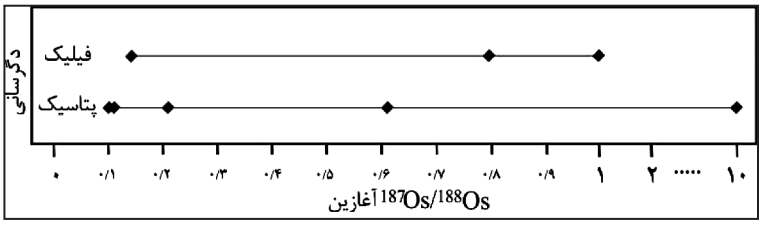
از شرکت ملی صنایع مس ایران به‌ویژه امور تحقیق و توسعه و امور اکتشافات و مهندسی توسعه برای همکاری‌هایشان در انجام این پژوهش و حمایت مالی از انجام سنجش‌های ایزوتوپی صمیمانه سپاسگزاری می‌شود. همچنین از پروفسور رایان مسور در کالج جانیاتا در پنسیلوانیای آمریکا به خاطر انجام آنالیزهای ایزوتوپی در دانشگاه آریزونای آمریکا صمیمانه سپاسگزاری می‌شود.



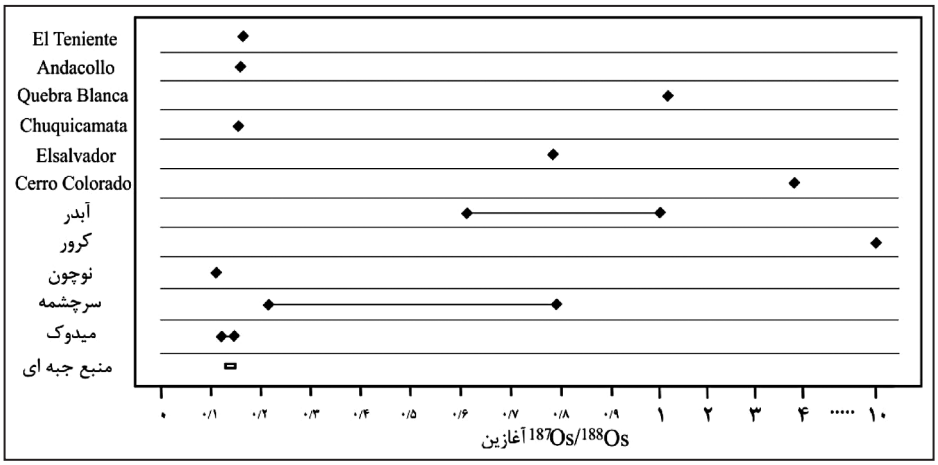
شکل ۱- الف) جایگاه کمربند مس پورفیری کرمان به‌همراه موقعیت مهم‌ترین کانسارهای مس در نقشه ساده‌شده زمین‌شناسی ایران (Shafiei et al., 2009)؛ ب) نقشه ساده‌شده کمربند مس پورفیری کرمان (دهج- ساردوییه) و موقعیت کانسارهای مورد مطالعه روی آن (با تغییرات از Saric & Milosakovic, 1971 و Dimitrijevic, 1973)؛ ج) نقشه زمین‌شناسی محیط پیرامون کانسارهای مورد مطالعه (ج- ۱ با تغییرات از Etminan, 1977، ج- ۲ و ج- ۳ با تغییرات از Saric & Milosakovic, 1971).



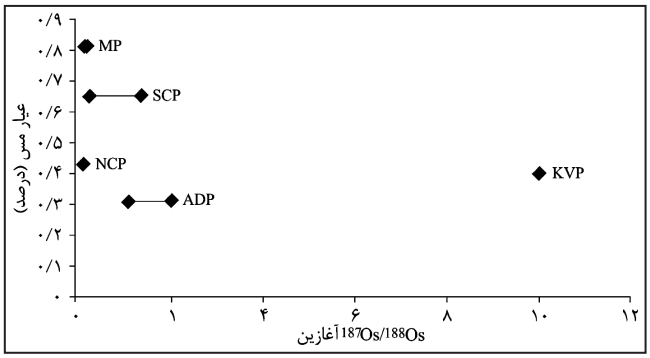
شکل ۲- نمونه‌های مورد استفاده از کانسنگ‌های پتاسیک و فیلیک درکانسارهای مس پورفیری کرمان که برای انجام سنجش‌های ایزوتوپی کالکوپیریت و پیریت از آنها جدا شده است؛ الف) کانسنگ پتاسیک از نمونه میدوک پورفیری، (نمونه MP-3)؛ ب) کانسنگ سریسیتی از نمونه میدوک پورفیری (نمونه MP-5)؛ پ) کانسنگ سریسیتی از سنگ دیواره آندزیت در کانسار سرچشمه (نمونه SCP-3)؛ ت) کانسنگ پتاسیک از نمونه سرچشمه پورفیری (نمونه SCP-2)؛ ث) کانسنگ سریسیتی از نمونه آبدر پورفیری (نمونه ADP-1)؛ ج) کانسنگ پتاسیک از نمونه آبدر پورفیری (نمونه ADP-4)؛ چ) کانسنگ بیوتیتی از سنگ دیواره کانسار نوچون (نمونه NCP-2)؛ ح) کانسنگ بیوتیتی از سنگ دیواره کانسار کرور (نمونه KVP-3).



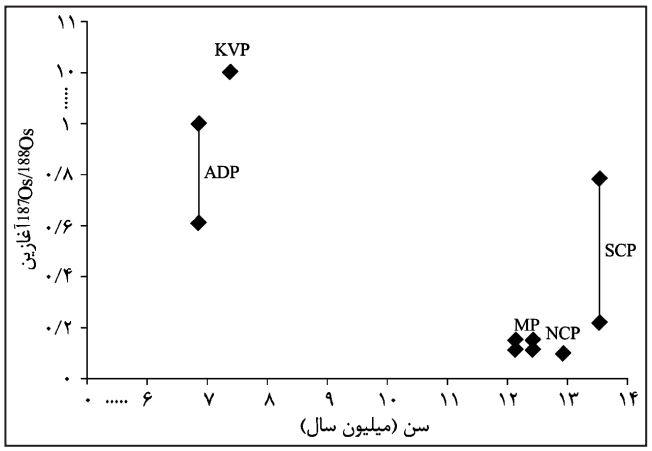
شکل ۳- تغییرات میزان $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در کالکوپیریت و پیریت نهشته‌شده در دگرسانی‌های پتاسیک و فیلیک کانسارهای مس پورفیری کرمان.



شکل ۴- مقایسه مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در کالکوپیریت و پیریت کانسارهای مس پورفیری کرمان با کانسارهای مس پورفیری شیلی و منبع جبه‌ای.



شکل ۵- رابطه میان مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در کالکوپیریت و پیریت کانسارهای مس پورفیری کرمان با عیار میانگین مس کانسارهای: SCP: کانسار سرچشمه؛ MP: کانسار میدوک؛ KVP: کانسار کرور؛ ADP: کانسار آبدر؛ NCP: کانسار نوچون.



شکل۶- رابطه وارون نسبی میان سن کانسارها و مقادیر $^{187}Os/^{188}Os$ آغازین در کالکوپیریت و پیریت کانسارهای مس پورفیری کرمان که نشان‌دهنده رادیوژن‌تر شدن ویژگی ایزوتوپی اسمیم این کانسارها با جوان‌تر شدن آنهاست.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های اساسی کانسارهای مس پورفیری کرمان که در این مطالعه مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

ویژگی‌ها	سرچشمه	میدوک	نوچون	کرور	آبدر
میزان ذخیره	۱۷۰۰ میلیون تن (۱)	۱۷۰ میلیون تن (۱۰)	۲۶۸ میلیون تن (۱۳)	۶۰ میلیون تن (۱۴)	برآورد نشده است (۱۴)
عیار میانگین مس (٪)	۰/۶۵ (۱)	۰/۸۲ (۱۰،۱۱)	۰/۴۳ (۱۳)	۰/۴ (۱۴)	۰/۳۰ (۱۶)
ترکیب توده نفوذی مولد کانسار	گرانودیوریت تا کوارتزمونزونیت (۲،۳،۴،۵،۶)	کوارتزدیوریت (۱۰،۱۱)	مونزونیت (۱۳)	دیوریت، کورتزدیوزیت، تونالیت، گرانودیوریت، کوارتزمونزونیت تا گرانیت (۱۵)	گرانودیوریت تا داسیت پورفیر (۱۴)
سن جایگزینی توده نفوذی مولد کانسار	U- Pb ۱۳/۶ ± ۰/۱ (۷)	U- Pb ۱۲/۵ ± ۰/۱ (۱۲)	انجام نشده است	U- Pb ۷/۲ ± ۰/۲ (۱۴)	U- Pb ۷/۵ ± ۰/۱ (۱۲)
ترکیب سنگ دیواره	آندزیت، تراکی‌بازالت (۲،۸)	آندزیت، بازالت (۱۰)	توف و آندزیت (۱۳)	آندزیت با میان‌لایه‌های رسوبی (۱۴)	داسیت، داسیت آندزیت (۱۴)
دگرسانی	بیوتیتی، پروپیلیتی، سریسیتی، سیلیسی، رسی (۲،۳،۴،۵)	بیوتیتی، بیوتیتی- سریسیتی، سریسیتی، پروپیلیتی (۱۰،۱۱)	بیوتیتی، بیوتیتی- سریسیتی، سریسیتی (۱۳)	بیوتیتی، سیلیسی- پیریتی، سریسیتی، پروپیلیتی (۱۵)	سریسیتی، رسی، پروپیلیتی (۱۴)
سن دگرسانی	Rb- Sr ۱۲/۲ ± ۱/۲ (۴)	Ar- Ar ۱۱/۲ ± ۰/۵ (۱۱)	انجام نشده است	انجام نشده است	Ar- Ar ۶/۸ ± ۰/۴ (۱۱)
کانی‌های سولفیدی اصلی	کالکوپیریت- پیریت- مولیبدنیت (۲،۳،۴،۵)	کالکوپیریت- پیریت- مگنتیت ± مولیبدنیت (۱۰،۱۱)	مولیبدنیت، کالکوپیریت، پیریت، مگنتیت (۱۳)	پیریت ± کالکوپیریت± مولیبدنیت (۱۴)	پیریت ± کالکوپیریت (۱۴)
چگونگی حدوث و شکل کانی‌سازی سولفیدهای ژرف‌زاد	رگچه‌های متقاطع (۵)	رگچه‌های متقاطع (۱۰)	رگچه‌های متقاطع (۱۳)	رگچه‌های متقاطع، افشان (۱۵)	رگچه‌های متقاطع (۱۴)
سن کانی‌سازی	Re- Os ۱۳/۵ ± ۰/۰۷ (۹)	Re- Os ۱۲/۱۰ ±۰/۰۷ ۱۲/۳۶ ± ۰/۰۷ (۹)	Re- Os ۱۲/۸۳ ± ۰/۰۴ (۹)	Re- Os ۷/۳۱ ± ۰/۰۴ (۹)	انجام نشده است

۱) اطلاعات جدید منتشرنشده امور معدن مجتمع مس سرچشمه؛ ۲) Waterman & Hamilton (1975)؛ ۳) Etminan (1977)؛ ۴) Shahabpour & Kramers (1987)؛ ۵) Hezarkhani (2006) ؛ ۶) Shafiei et al. (2009)؛ ۷) McInnes et al. (2003)؛ ۸) Aftabi & Atapour (2010)؛ ۹) شفیعی و مسور (۱۳۹۱)؛ ۱۰) Taghipour et al. (2008)؛ ۱۱) Hassanzadeh (1993)؛ ۱۲) McInnes et al. (2005)؛ ۱۳) سلطانی‌نژاد و همکاران (۱۳۸۹)؛ ۱۴) گزارشات منتشر نشده شرکت ملی صنایع مس ایران؛ ۱۵) قاسمی و همکاران (۱۳۸۹)؛ ۱۶) Shafiei & Shahabpour (2008).

جدول ۲- ویژگی‌های نمونه‌های مورد استفاده در مطالعه حاضر.

شماره نمونه	Total Re (ppb)	Total Os (ppt)	$^{187}Re/^{188}Os$	$^{187}Os/^{188}Os_{(m)}$	$Os_{(initial)}$
SCP-3	۳۸/۰۲	۲۱	۱۲۲۴۱	۳/۲۷	۰/۷۹
SCP-2	۵۶	۱۹	۵۴۰۶	۱/۳۱	۰/۲۲
MP-3	۳/۰۲	۲	۹۹۹۵	۰/۷۲	۰/۱۲
MP-5	۹۰/۶۵	۱۳	۱۴۲۲۷۷	۲۳/۸۲	۰/۱۵
NCP-2	۹۶/۹۶	۲۹	۲۶۰۲۰	۴/۳۸	۰/۱۰
KVP-3	۲۷۱/۲۰	۴۰	۱۵۲۷۳۲	۲۸/۴۸	۱۰
ADP-1	۴۷/۲۲	۱۲	۳۰۵۸۳	۴/۴۱	۱
ADP-4	۳۲	۹	۳۶۱۱۱	۶/۷۰	۰/۶۲

جدول ۳- داده‌های ایزوتوپی رنیم و اُسمیم در نمونه‌های خالص کالکوپیریت و پیریت جداشده از کانسارهای مس پورفیری کرمان.

نام نمونه	نوع رگچه و دگرسانی همراه	ژرفای نمونه و شماره گمانه اکتشافی	کانی جداشده	کانسار
SCP-3	کوارتز- سریسیت- کالکوپیریت؛دگرسانی سریسیتی	جبهه کار معدن	کالکوپیریت	سرچشمه
SCP-2	کوارتز- پیریت± کالکوپیریت؛ دگرسانی پتاسیک	SCP-1002 (۶۵۱-۶۴۶ متر)	پیریت	
MP-3	کوارتز- ارتوکلاز- پیریت؛ دگرسانی پتاسیک	MP-41 (۴۶۶-۴۶۹ متر)	پیریت	میدوک
MP-5	کوارتز± سریسیت- پیریت؛ دگرسانی سریسیتی	MP-46 (۲۶۸-۲۷۱ متر)	پیریت	
NCP-2	کوارتز- مولیبدنیت- پیریت- کالکوپیریت؛ دگرسانی بیوتیتی	NCP-11 (۲۶۰-۲۶۲ متر)	کالکوپیریت	نوچون
KVP-3	کوارتز- کالکوپیریت± پیریت؛ دگرسانی پتاسیک	KVP-4 (۲۴۴-۲۴۶ متر)	کالکوپیریت	کرور
ADP-1	کوارتز- پیریت؛ دگرسانی سریسیتی	ADP-2 (۱۵۱/۵-۱۵۶ متر)	پیریت	آبدر
ADP-4	کوارتز- پیریت؛ دگرسانی بیوتیتی	AB-3 (۱۱۸-۱۱۶ متر)	پیریت	

کتابنگاری

سلطانی‌نژاد، س.، شفیعی، ب. و تقی‌زاده، ح.، ۱۳۸۹- دگرسانی و کانی‌سازی در کانسار مولیبدن- مس پورفیری نوچون، رفسنجان، هجدهمین همایش بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران.

شفیعی، ب. و مسور، ر.، ۱۳۹۱- سن‌سنجی ایزوتوپی کانسارهای مس پورفیری کرمان به روش رنیوم- اسمیوم مولیبدنیت، طرح پژوهشی خاتمه یافته دانشگاه گلستان، ۳۳ ص.

قاسمی، ق.، علیرضایی، س. و ایرانمنش، م. ر.، ۱۳۸۹- ویژگی‌های زمین‌شناسی و دگرسانی در محدوده اکتشافی کرور، جبال‌بارز استان کرمان، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین.

References

Aftabi, A. & Atapour, H., 2010- Alteration geochemistry of volcanic rocks around Sarcheshmeh porphyry copper deposit, Rafsanjan, Kerman, Iran: Implications for regional exploration. Resource geology 61: 76-90.

Bara, F., Ruiz, J. & Mathur, R., 2003- A Re- Os study of sulfide minerals from the Bagdad porphyry Cu-Mo deposit, northern Arizona, USA. Mineralium deposita38: 585-596.

Brandon, A. D., Creaser, R. A., Shirey, S. B. & Carlson, R. W., 1996- Osmium recycling in subduction zones. Science 272: 861-864.

Candela, P. A., 1989- Calculation of magmatic fluid contributions to porphyry- type ore systems: predicting fluid inclusion chemistries. Geochemical Journal 23: 295-305.

Cline, J. S., 1995- Genesis of porphyry copper deposits: the behavior of water, chloride, and copper in crystallizing melts. In: Pierce F.W., Bolm J.G. (Eds), Porphyry copper deposits of the American cordillera. Arizona Geological Society Digest 20: 69-82.

Demitrijevic, M. D., 1973- Geology of Kerman region, Geological Survey of Iran Report 52: 334 pp.

Etminan, H., 1977- Le porphyre cuprifere de Sar Cheshmeh (Iran), role des phases fluids dens les mechanism de alteration et de mineralization, Sci. Terr. Mem., 34: 78p.

Freydier, A., Ruiz, J., Chesley, J., McCandless, T. & Munizaga, F., 1997- Re -Os isotope systematic of sulfides from felsic igneous rocks: Application to base metal porphyry mineralization in Chile.Geology25:775-778.

Hassanzadeh, J., 1993- Metallogenic and tectono-magmatic events in the SE sector of the Cenozoic active continental margin of Iran (Shahr e Babak area, Kerman province), Unpublished Ph.D. Thesis, university of California, Los Angeles, 204 p.

Hattori, K. H. & Keith, J. D., 2001- Contribution of mafic melt to porphyry copper mineralization: evidence from Mount Pinatubo, Philippines, and Bingham canyon, Utah, USA. Mineral. Deposita 36: 799-806.

Hezarkhani, A., 2006- Hydrothermal evolution of the Sar-Cheshmeh porphyry Cu-Mo deposit, Iran: Evidence from fluid inclusions, Journal of Asian Sciences28: 409-422.

Luck, J. & Allegre, C., 1980- Osmium isotopes as petrogenetic and geologic tracers, Earth and planetary science letters 48: 148-154.

Martin, C. E., Wasserburg, G. J., Papanastassiou, D. A. & Peach, C. L., 1993- Os isotopic composition of sulfide globules from MORB.Eos (Transaction, American Geophysical Union) 74:121.

Mathur, R., Ruiz, J. & Munizaga, F., 2000- Relationship between copper tonnage of Chilean base-metal porphyry deposits and Os isotope ratios.Geology28: 555-558.

McCandless, T. E., Ruiz, J. & Campbell, A. R., 1993- Rhenium behavior in molybdenite in hypogene and near-surface environments: implications for Re–Os geochronology .GeochimicaetCosmochimicaActa 57: 889-905.

McInnes, B. I. A., Evans, N. J., Belousova, E. & Griffin, W. L., 2003- Porphyry copper deposits of the Kerman belt, Iran: timing of mineralization and exhumation processes. CSIRO Science Res 41.

McInnes, B. I. A., Evans, N. J., Fu, F. Q. & Grawin, S., 2005- Application of thermo-chronology to hydrothermal ore deposits. Review Mineral Geochem 58: 467-498.

McInnes, B. I. A., McBride, J. S., Evan, N. T., Lambert, D. D. & Andrew, A. S., 1999- Osmium isotope and nobel metal recycling in subduction zones: Implication for metallogenesis of porphyry- epithermal Cu-Au deposits. Science 286: 512-516.

Richards, J. P., 2003- Tectono-magmatic precursors for porphyry Cu-(Mo-Au) deposit formation. Economic Geology 98: 1515-1533.

Richards, J. P., 2011- Magmatic to hydrothermal metal fluxes in convergent and collided margins. Ore Geology Reviews 40: 1-26.

Ruiz, J. & Mathure, R., 2000- Metallogenesis in continental margins: Re-Os evidence from porphyry copper deposits in Chile. Reviews in Economic Geology 12: 59-72.

Saric, V. & Milosakovic, R., 1971- prospecting for useful minerals, sheets Bardsir and Baghin, Report.18/YU.

Shafiei, B. & Shahabpour, J., 2008- Gold distribution in porphyry copper deposits of Kerman region, Southeastern Iran, Journal of Sciences19: 247-260.

Shafiei, B., Haschke, M. & Shahabpour, J., 2009- Recycling of orogenic arc crust triggers porphyry Cu mineralization in Kerman Cenozoic arc rocks, southeastern Iran.Mineralium Deposita44: 265-283.

Shahabpour, J. & Kramers, J. D., 1987- Lead isotope data from the Sar Cheshmeh porphyry copper deposit, Kerman, Iran, Mineralium Deposita22: 278-281.

Shinohara, H., Kazahaya, K. & Lowenstern, J. B., 1995- Volatile transport in a convecting magma column: implications for porphyry Mo mineralization", Journal of Geology, v. 23: 1091-1094.

Sillitoe, R. H., 1972- A plate tectonic model for the origin of porphyry copper deposits. Economic Geology7:184–197.

Sillitoe, R. H., 1988- Epochs of intrusion- related copper mineralization in the Andes. South American Earth Sciences 1: 89-108.

Stein, H. J., Markey, R. J., Morgan, J. W., Hannah, J. L. & Schersten, A., 2001- The remarkable Re-Os chronometer in molybdenite :how and why it works .Terra Nova 13:479-486.

Taghipour, N., Aftabi, A. & Mathur, R., 2008- Geology and Re-Os geochronology of mineralization of the Miduk porphyry copper deposit, Iran, Resource Geology58: 143-160.

Wang, Q., Wyman, D. A., Xu, J. F., Zhao, Z. H., Jian, P. & Zi, F., 2007- Partial melting of thickened or delaminated lower crust in the middle of Eastern China: implications for Cu–Au mineralization. Journal of Geology 115: 149–161.

Wang, Q., Wyman, D. A., Xu, J. F., Zhao, Z. H., Jian, P., Xiong, X. L., Bao, Z. W., Li, C. F. & Bai, Z. H., 2006a- Petrogenesis of Cretaceous adakitic and shoshonitic igneous rocks in the Luzong area, Anhui Province (eastern China): implications for geodynamics and Cu–Au mineralization. Lithos 89: 424–446.

Wang, Q., Xu, J. F., Jian, P., Bao, Z. W., Zhao, Z. H., Li, C. F., Xiong, X. L. & Ma, J. L., 2006b- Petrogenesis of adakitic porphyries in an extensional tectonic setting, Dexing, South China: implications for the genesis of porphyry copper mineralization. Journal of Petrology 47: 119–144.

Waterman, G. C. & Hamilton R. L., 1975- The Sar Cheshmeh porphyry copper deposit, Economic Geologyn70: 568-576.

York, D., 1969- Least square fittings of straight line with correlated errors. Earth and planetary science letters 5: 320-324.

Zarasvandi, A., Liaghat, S. & Zentilli, M., 2005- Porphyry copper deposits of the Urumieh-Dokhtar magmatic arc, Iran. In: Porter T.M., (Ed.), Supper porphyry copper and gold deposits; a global perspective.PGC Publishing, Australia, 441-453.

Metallogenic and Exploratory Approaches of Rhenium (Re) and Osmium (Os) Isotopic Data in Kerman Porphyry Copper Deposits

S. Lali faz [1], B. Shafiei [2*], Gh. H. Shamanian [2] & H. Taghizadeh [3]

[1] M.Sc., Department of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

[2] Assistant Professor, Department of Geology, Faculty of Sciences, Golestan University, Gorgan, Iran

[3] M.Sc., Exploration and Development Engineering Affairs, SarCheshmeh Copper Complex, National Iranian Copper Industries Co., Rafsanjan, Iran

Received: 2011 December 03 Accepted: 2012 September 03

Abstract

Present study is the first report of the rhenium and osmium isotopic data in the hypogene Cu-Fe sulfides (chalcopyrite and pyrite) from the Kerman porphyry copper deposits. Although data set was limited in this study, their interpretation helped to understand the possible sources of the metal for mineralization in the porphyry copper system. Based on this study, initial $^{187}Os/^{188}Os$ value in deposits recorded at least 0.1 to maximum 10 that the variation range for this ratio is much larger than the range detected in the Chilean porphyry copper deposit (from 0.15 to 5.2). The recorded non-radiogenic to radiogenic values for initial osmium ratio in primary sulfides of the Kerman porphyry copper deposits revealed isotopic heterogeneity and diversity in metal source for mineralization in these deposits. The record of the non-radiogenic values for initial $^{187}Os/^{188}Os$ (0.10- 0.15) in sulfides of the Miduk and Now Chun deposits, in the range of mantle values showed the main role of ore-forming fluids derived from mantle-derived magma (intrusive body) for supplying of the metal required for ,(0.15 0.13-) mineralization in these deposits. In contrast, too large deviation observed in initial $^{187}Os/^{188}Os$ values in sulfides of the Kerver (10) and Abdar (1) deposits respect to the mantle values showed the greater share of crustal sources (continental crust) rather than mantle sources in supplying of the metal for mineralization in these deposits. The Sar Cheshmeh deposit revealed less radiogenic value of initial osmium ratio in potassically sulfides (0.22) respect to phyllically sulfides (0.79), showing the contribution both the mantle and the crustal materials in supplying of the metal for mineralization, although the role of crust during the final stages of mineralization has been more important. The observed general trend in $^{187}Os/^{188}Os$ values being more radiogenic from old, high-grade deposits (middle Miocene) to young, low-grade deposits (upper Miocene- Pliocene) in the Kerman porphyry copper belt is attributed to increasing of the crustal sources contribution in generation of the young sub-productive-to-barren magmas and also in supplying of the metal for associated weak mineralization. This relationship can be suggested as a key for distinguishing and exploration of porphyry copper deposits with economic grades, the deposits that have been inherited greater share .of the mantle source for generation of productive magma and also required metal for mineralization in porphyry system

Keywords: Osmium Isotope, Copper Porphyry, Kerman, Metallogeny, Exploration.

For Persian Version see pages 245 to 252

*Corresponding author: B. Shafiei; E-mail: behnam.shafiei@gmail.com