شناسایی منابع فلزی استحصال نقره برای ضرب سکّه‌های اشکانی در استان ماد بزرگ با روش PIXE

دکتر فرهنگ خادمی ندوشن
دانشیار گروه باستان‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس
دکتر محمد نایب‌پور
استادیار دانشگاه علوم انتظامی تهران
بیتا سودایی
دانشجوی دکتری دانشگاه تربیت مدرس
(از ص۷۹ تا ص۸۸)

چکیده:

با مطالعهٔ ترکیب درصد فلزّی مسکوکات نقره‌ای می‌توان به تحلیل و توضیح مکانهای ضرب سکّه و شناسایی معادن آنها پرداخت. از سوی دیگر در دورهٔ اشکانیان برای اولین‌بار شاهد نام ضرابخانه بر روی مسکوکات هستیم که می‌تواند راهگشای مسائل اقتصادی، سیاسی و حتی شناسایی معادن آنها باشد. سکّه‌های مورد مطالعه، مربوط به ضرابخانهٔ همدان بوده و از معادن نقره به‌صورت غال‌گذاری استحصال شده است. ترکیبات این مسکوکات، شبیه به ترکیبات مواد معدنیِ برداشت شده برای ضرب سکّه است. افزایش جمعیت و گستردگیِ دادوستد علاوه بر ذوب مجدّد فلز نیاز به منابع جدید را ضروری می‌نماید.

در این مقاله با مطالعهٔ ترکیبات شیمیایی سکّه‌های اشکانی، به شناسایی معادن و کارگاههای مورد استفاده در ضرب سکّه می‌پردازیم، تا حداقل تعداد کارگاههای ذوب فلز نقره را در یک ضرّابخانه و در زمان حکمرانی پادشاهان این سلسله مشخص می‌نماییم.

واژه‌های کلیدی: ***اشکانیان، سکّه، نقره، کارگاههای ذوب فلز، ترکیبات شیمیایی.***

Archive of SID

www.SID.ir

مقدّمه:

آنالیز با روش PIXE یکی از دقیق‌ترین روش‌های آنالیز برای یافتن عناصر کم‌مقدار در اشیاء است. آنالیز PIXE بر مبنای تحریک نمونه، توسط ذرات باردار پرتون شتاب گرفته با دستگاه شتاب‌دهنده است. امروزه از این روش برای شناسایی ترکیبات شیمیایی اشیاء باستانی استفاده می‌گردد (Smith, 2005). گورا در تحقیقاتی که بر روی فلز و شیشه انجام داده به اهمیت دستگاههای مختلف از جمله PIXE در علم باستان‌سنجی نیز پرداخته است که می‌توان از آن جهت حل مشکلات و پی‌بردن به منشأ و وضعیت اقتصادی دوره‌های مدّنظر باستان‌شناسان استفاده کرد (Geurea, 1995). طیف‌سنجی PIXEکه یک روش غیرمخرب است می‌تواند اطلاعات سودمندی را در اختیار باستان‌شناسان قرار دهد (Roumie & etal, 2010 Torkiha, etal.2010). با آنکه دستگاههای طیف‌سنجی مانند XRF می‌تواند اطلاعات بیشتری از عناصر موجود در فلزات مورد مطالعه به ما بدهد و از نظر هزینه کمتر از PIXE است ولی دقت دستگاه اخیر نسبت به دیگر دستگاهها بالاتر و محدودیت‌هایی که درآن وجود دارد ناچیزاست و باعث تصحیح نتایج به‌دست آمدهٔ دیگر دستگاهها نیز می‌شود(Tripathy, 2010; Weber &etc, 2000;A. Denker & etc, 2004).

جغرافیای محل مورد مطالعه:

بعد از سقوط مادها حکومت آنها استقلال خود را از دست داد و قلمرو سیاسی ماد در دوره‌های بعد محدود و محدودتر گردید تا اینکه در زمان هخامنشیان به یک استانداری محدود شد. ماد در زمان اشکانیان (نقشهٔ۱) طبق نوشتهٔ ایزودور خاراکسی به ماد ری و ماد علیا تقسیم می‌گردید. بنابر نوشتهٔ ایزودور خاراکسی که در زمان فرهاد چهارم تألیف شده، ماد در بخش شمالی، به ارمنتان، در شرق به ری و در غرب به بین‌النهرین و جنوب به شوش و ایلام محدود می‌گردیده است.

ایزودورخاراکسی هیچ اشاره‌ای به وضعیت این دو استان مادی نکرده که توسط یک استاندار اداره شده یا نه؟ ولی می‌توان به این مسئله پی برد که از نظر جغرافیایی، بخش اعظم شمال‌غرب ایران در قلمرو این استان قرار داشته و پایتخت آن، همدان بوده است. بنابراین، ضرابخانهٔ همدان در زمان اشکانیان علاوه بر اهمیت سیاسی که داشته به معادن گسترده‌ای برای استخراج نقره نیز دسترسی داشته است.

Archive of SID

www.SID.ir

نقشهٔ ۱: قلمرو اشکانیان

مروری بر تحقیقات گذشته:

اوّلین محققی که سکّه‌های ایرانی قبل از اسلام را به‌طور گسترده، مطالعه کرده، کلی (Caley, 1955) شیمیدان بزرگ آمریکایی است که سکّه‌های ارد دوم را مورد مطالعه قرار داده است. وی در پژوهش‌های خود به معادن مورد استفاده برای ذوب نقره، اشاره می‌کند. از دیگر محقّقین باید به پژوهش‌های خادمی و دیگران (Khademi, 2009; 2006; 2004) اشاره کرد که طیف گسترده‌ای از سکّه‌های اشکانی را با دستگاه XRF مورد مطالعه قرار داده‌اند.

دیگر محقّق ایرانی حاجی ولیی است که با دستگاه PIXE، سکّه‌های ساسانی را مورد مطالعه قرار داده ولی هیچ اشاره‌ای به محل استخراج آنها نکرده است (Hajivaliei & etc, 2009). هوگس اگرچه بر روی سکّه‌های نقره‌ای ساسانی به پژوهش نپرداخته ولی فلزات نقره‌ای ساسانی را با آثار فلزی رومی‌ها مورد مطالعه قرار داده است (Hughes, 1979).

ضمن مورد توجه قرار گرفتن مطالعات باستان‌شناسی، منشأ استحصال فلز نقره نیز توجه پژوهشگران را به خود جلب کرد. در روش غال‌گذاری از معادن سرب (Pb) و روی (Zn) با روش اکسید نمودن، این فلزات بدون اضافه‌نمودن هرگونه گدازه در مراحل استخراج به نقره می‌رسیدند. سکّه نقره که اکنون استفاده و ضرب می‌شود در روش استحصال آن از معادن نقره با معادن امروزی تفاوت فاحشی وجود داشته است (Weber,2000,p:724). ولی چون فلزات نادر دیگری در سنگ معدن باقی می‌مانند و با اکسیژن ترکیب نمی‌شوند، این عناصر می‌توانند به ما کمک کنند تا به منشأ جغرافیای معادن پی‌ببریم. این پدیدهٔ معدنی و شیمیایی اوّلین‌بار توسط میر و گردوس بر روی فلز نقرهٔ عصر ساسانی انجام شد (Gordus, 1967; 1972Meyers, 1976;). اگرچه این تحقیق بر روی فلزات ذوب شده و مستعمل، تأثیر چندانی نداشته ولی با رشد دادوستد و نیاز به منابع جدید برای ضرب سکّه‌های نقره‌ای می‌توانست سودمند باشد. سپس کونتوس بر روی سکّه‌های چهاردرهمی اسکندر تحقیقات خود را انجام داد، و سعی کرد با کمک

Archive of SID

www.SID.ir

عنصر بیسموت (Bi) به شناسایی معادن استفاده شده در زمان اسکندر بپردازد. بعد از آن تحقیقات گورا حاکی از آن است که به روش غال‌گذاری، از معادن طلا، بعد از جداسازی نقره و آهن همانند فن‌آوری جدا سازی نقره از سرب و روی، فقط عناصر نادر همچون طلا و خانوادهٔ پلاتین باقی می‌مانند. لازم به ذکر است که در استخراج طلا به روش غال‌گذاری، عناصر پلاتین، نقش مهمی در شناسایی معادن جدید دارند (Guerra, 1995; 1998; 2004; 2008).

پیشینهٔ تاریخی:

ارشک (۲۴۷ـ۲۱۱ ق. م.) با شکست‌دادن آندراگورس ساتراپ پارت(؟ــ۲۴۷ق.م.) و هیرکانیا بنیان حکومتی را گذاشت که تا زمان مهرداد اوّل (۱۷۱ـ ۳۸ ق.م.) چندان نقش مهمی را در تاریخ ایران ایفای نمی‌کرد (Bivar, 1983:29). مهرداد اوّل با تسخیر ساتراپهای ماد، شوش و سلوکیه، حکمران قلمرو پهناوری گردید و بدین‌ترتیب سکّه‌های آنها از اهمیت خاصی در تجارت آسیا برخوردار شد. از سوی دیگر با به اسارت گرفتن دمتریوس، شاه سلوکیه و فرستادن او به هیرکانیا نزد مهرداد اوّل، ضربهٔ محکمی بر پیکر حکمرانان سلوکیه وارد آمد. (Isodore Charax, 1914). فرهاد دوم (۱۳۸ــ۱۲۷ ق.م.) بعد از پدر جانشین او گردید و آنتیوخوس هفتم جهت بازپس‌گرفتن قلمرو از دست داده در اتحادی با دیگر حکمرانان ملوک‌الطوایفی به شهر سلوکیه شوش و همدان حمله‌ور گردید. در آنجا فرهاد دوم سکاهای آسیای میانه را جهت یاری‌رساندن علیه سلوکیه به قلمروخود دعوت کرد. در این میان، آنتیوخوس در استان ماد در یک حملهٔ غافلگیرانه به دست سربازان اشکانی به قتل رسید(Watson & Justin, 1976). سکاها که به دعوت فرهاد دوم جهت یاری‌رساندن آنها در جنگ علیه سلوکیه وارد قلمرو اشکانی شده بودند بعد از قتل وی قلمرو اشکانیان را به تاراج بردند. مهرداد دوم (۱۲۳ـ ۸۸ ق.م.) ایشان را در سکستان (سیستان کنونی) سکونت داد و ثباتی را در قلمرو اشکانیان برقرار ساخت. بین‌النهرین نیز محل به تخت‌نشستن تعدادی از شاهان اشکانی گردید با شکست رومی‌ها از ارد دوم (۳۸ـ۵۷ ق.م.) و فرهاد چهارم (۳۸ـ۲۱ ق.م.) قدرت شاهان اشکانی به بالاترین حدّ خود رسید. ولی بعد از مرگ آنها افول قدرت اشکانیان شروع شد. فرزندان فرهاد چهارم (فرهاد پنجم، ونون اوّل) به‌صورت پیاپی بر تخت پادشاهی نشستند و با ساکن‌شدن اشکانیان در ماد و شهر سلوکیه افول قدرت شاهان اشکانی آغاز گردید. با شورش اردشیر اوّل (Gobl,1971) بنیان‌گذار سلسله ساسانی (۲۲۶–۱۳۸ ق.م.) حکمرانیِ نزدیک به پنج قرن اشکانیان به پایان رسید.

سکّه‌های اشکانیان در سرزمین‌های مرکزی قلمرو آنها با وزن اتیکی یک درهمی در ضرّابخانه‌های ماد، شوش و سکّه‌های چهاردرهمی در سلوکیه ضرب می‌گردید (Sellwood, 1980). نفوذ اشکانیان در اقتصاد آسیا باعث روابط تجاری در شرق با باختریان(۲۵۰ـ۱۰م)، سکاهای هند (قرن دوم قبل از میلاد تا قرن چهارم میلادی) و کوشانیان و در غرب با سلوکیه و رومیان گردید. سپس ارتباطات اقتصادی در مسیرهای بازرگانی بین‌النهرین متمرکز گردید و به ضرب سکّه‌های با وزن بالاتر همچون چهاردرهمی پرداخته شد.

Archive of SID

www.SID.ir

انتخاب نمونه‌ها:

سکّه‌های نقره‌ای اشکانی از بین سکّه‌های به‌دست آمده از کاوشهای باستان‌شناسی انتخاب شده‌اند که در بخش سکّه موزهٔ ملّی ایران نگهداری می‌شوند. این سکّه‌ها بعد از شناسایی دقیق، طبقه‌بندی گردیدند. از سویی دیگر، در کنار آنها سکّه‌ای از ضرب امروزی سکّه زمان پهلوی انتخاب گردید.

وزن سکّه‌های اشکانی، نشانگر آن است که همهٔ آنها یک درهمی و متعلق به ارد دوم و فرهاد چهارم (دو پادشاه قدرتمند حکمرانان اشکانی) است. مسکوکات از یک ضرابخانه انتخاب شدند و همگی متعلق به ضرابخانهٔ همدان، پایتخت استان ماد هستند. اکثر این مسکوکات بعد از ورود به موزهٔ ملّی، رسوب‌زدایی شده‌اند ولی در میان آنها بر سطح تعدادی از مسکوکات، آثار خوردگی مشاهده می‌شود.

مسکوکات انتخاب‌شده جهت انجام آزمایش و طیف‌سنجی به آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی انتقال داده شد.

روش آزمایش:

آنالیز مسکوکات با روش PIXE با کمک آزمایشگاه واندوگراف مرکز تحقیقات علوم هسته‌ای و فن‌آوری سازمان انرژی اتمی انجام شد. در روش PIXE نمونه‌ها، با شتاب‌دهنده‌ای مورد بمباران تابش پروتونی Mev۲ قرار گرفتند. سپس تابش مجهول تایید شد، به نمونه ها توسط سیکیلت کایزا (لیتیوم) مورد آشکار سازی قرار گرفت و در نهایت تجزیه مقدار آزمایشگاه واندوگراف مرکز تحقیقات علوم هسته‌ای و فن‌آوری سازمان انرژی اتمی، دارای شتاب‌دهنده‌ای است که نمونه‌ها را به‌وسیلهٔ تابش پروتونی MeV۲ بمباران می‌کند. تابش مجهول تابیده شده به نمونه‌ها توسط سیلیکت کانبرا (لیتیوم) مورد آشکارسازی قرارگرفت. تجزیهٔ مقداری عناصر به کمک نرم‌افزار GUPIX اندازه‌گیری شد که در جدول شمارهٔ ۱ آمده است.

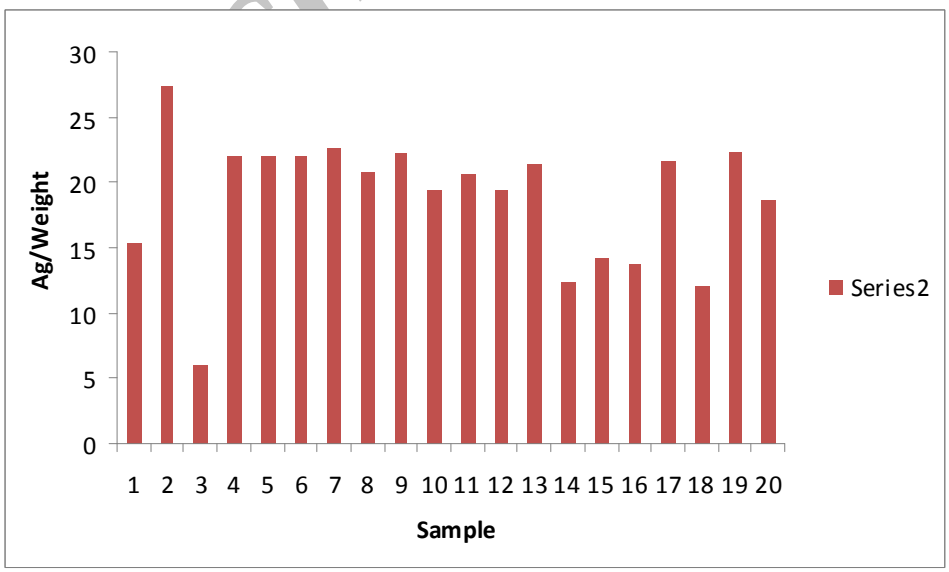
Archive of SID

www.SID.ir

نه	S	Cl	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Br	Ag	Sn	Au	Pb
۱	۱.۰۸	٤.۳۹	۲.۳٤	۰.۱۲		۰.٦	۱٥.۸۳		۰.۱۸	۷٤.٤٤		۰.٦	۰.٤۲
۲		۱.۳٤	۱.۰۹	۰.۰۷		۰.٤۲	۱۹.۹			۷٥.۹۲		۰.٤۲	۰.۸٤
۳		۳.۹٥	۱.۳			۰.۰٥	۹.۱٦			۸٤.۳۳		۰.٤۳	۰.۷۸
٤	۰.٥	۲.٥٦	۱.۳٤			۰.۱۳	٤۲.٤٥			٤٥.۱	٥.۳		۲.٥٦
٥	۱.٥۹	۱۳.۱٦	۲.۷٤		۰.۰٤	۰.۲۷	۲۹.٤۲	۰.٦۸		٥۱.۸٥			
٦	۰.۸٥	۳.۰۲	۳.٤	۰.۲٦		۱.٤۹	۳۱.٤۸			٥٦.٥۷			۲.۹۳
۷	۷.۷۹	٤.۳۷	۲.۷٦			۰.۲٦	٥.۲۳		۰.۱۳	۷۸.۲۱		۰.۷٥	۰.٤۹
۸	۱.۳۱	۲.٥۸	۳۰.٤۱	۰.٥	۰.۰۹	۳.۷۳	۱٤.۳			٤۳.٦۱		۰.٥	۰.۷
۹		۳.۱۷	۱.۲٥			۰.۰٥	۱۲.۰٤			۸۲.۲٤		۰.٥	۰.۷٥
۱۰	۰.۷٥	٤.٤٤	۲.٦٥			۰.۹٥	٤.۸۲	۸.۷۹	۰.۱٥	۷۰.٦٤	٥.۹٦		۰.٤۷
۱۱		۱.۸۳	۳.٦۷	۰.۱۸		۱.۳۱	۲۳.۸۳	۲.۸۸	۰.۲٦	٦۱.٥٦		۱.۹٦	۲.٥۲
۱۲		۰.٦۷				۰.۱۳	٥.۰۳	۰.۱۳		۹۱.۹٦		۲.۰۲	۰.۰٦
۱۳		۰.٤۸	۱.۲۸			۰.۲۹	۷٥.٤۳			۲۱.۲٦		۰.٦۸	۰.٥۸
۱٤			۰.۸۷				۱۰.۱۱			۸٦.۷٦		۱.۱٦	۱.۱
۱٥							۹.۹			۸۷.۹٥		۱.۰۲	۱.۱۳
۱٦							۸.۲۲			۹۰.۱٦		۰.۸۲	۰.۸
۱۷							٦.۷۳			۹۰.۸۸		۰.۹۸	۱.٤۱
۱۸							۱٦.٤٦			۸۱.۲٦		۱.۰٦	۱.۲۲
۱۹							۹.۱۲			۸۹.٤۸		۰.٦۷	۰.۷۳
۲۰							۹.٦۳			۸۷.۷		۱.۰۷	۱.٦
۲۱پ		۰.٦٥	۰.۹٤			۰.۳۲	٥.٥٥			۹۲.٥٤			

جدول ۱: درصد غلظت عناصر موجود در سکّه‌های اشکانی با دستگاه (PIXE)

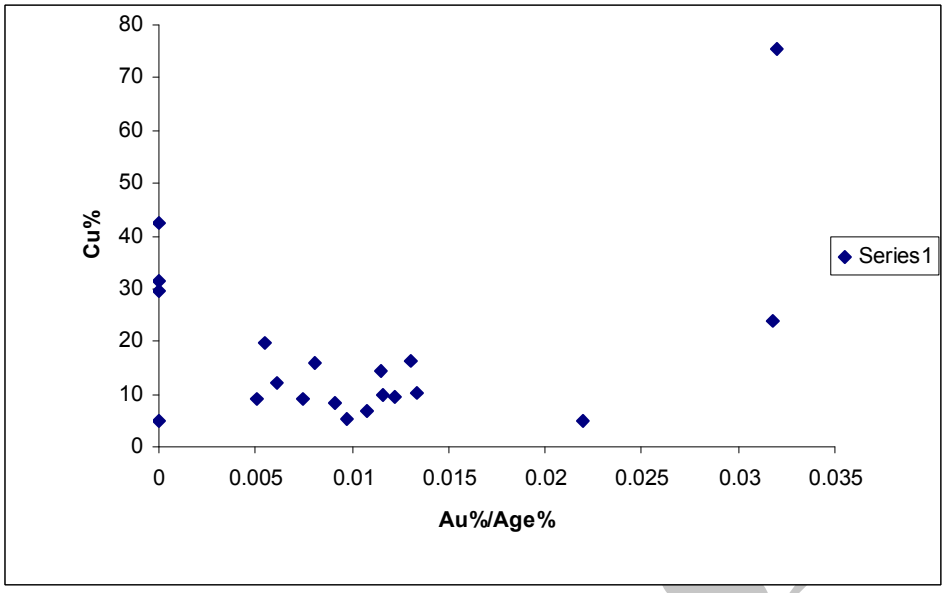
تذکّر: «سکّه ۲۱ پ»، سکّهٔ ضرب‌شده در زمان رضاشاه پهلوی بوده که جهت مقایسه انتخاب شده است.



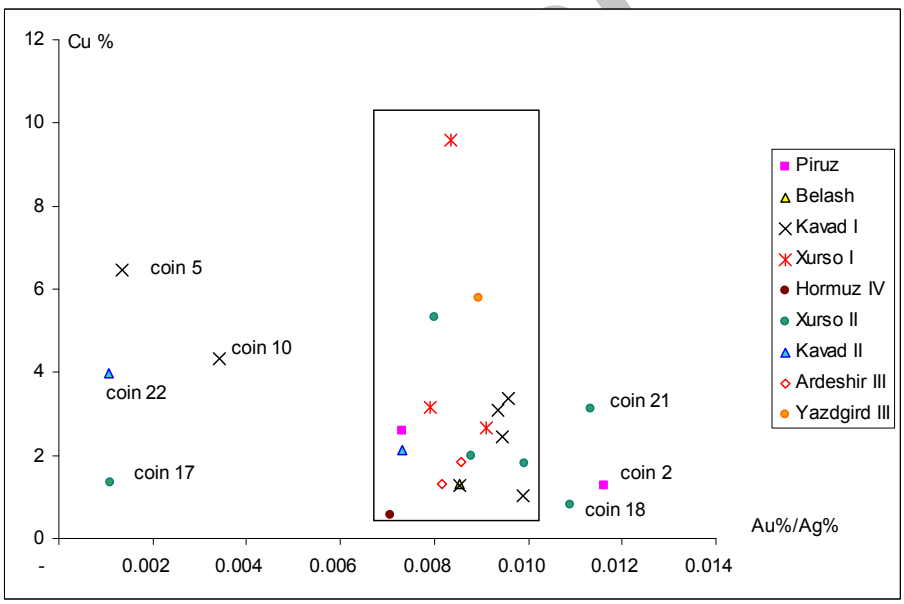
نمودار ۱: مقدار Ag موجود در سکّه‌های مورد مطالعه (با دستگاهِ PIXE) براساس درصد غلظت

Archive of SID

www.SID.ir



نمودار۲: نسبت مقدار Cu موجود بر Au/Ag در سکّه‌های اشکانی بر اساس درصد غلظت (با دستگاه PIXE)



نمودار۳: نسبت مقدار Cu موجود بر Au/Ag در سکّه‌های ساسانی براساس درصد غلظت (با دستگاه WLXRF)

بحث:

بنابر نتایج به‌دست آمده در جدول۱، در ایران از دو کان سنگ متفاوت گالن ((PbS) که کانه اصلی و سولفیدی سرب است) و سروسایت به عنوان کانه اکسیدی آن (در پهنه‌های هرازده (PbCO3)) برای استحصال نقره استفاده می‌شده است. در میان سکّه‌های اشکانی ضرابخانهٔ همدان، هفت سکّه از معادن سولفوری (گالن) استخراج گردیده‌اند. با آنکه مقدار فلزات نادر، مانند طلا و ایریدیوم به نسبت نقره، به همان

www.SID.ir

اندازه‌ای است که در سنگ معدن نقره می‌باشد. در طیف‌سنجیِ PIXE، ما فقط نتایجی از مقدار طلا به‌عنوان عناصر نادر داریم؛ اگر مقدار آنها در فلز نقره (Ag) یکی باشد، مشخص می‌شود که از یک معدن هستند و اگر مقدار، متفاوت باشد می‌تواند نشانگر منشأ مختلف جغرافیایی تلقی گردد (نمودار۲). گرودس نشان داد که حداقل یک عنصر شیمیایی از میان این دو عنصر مانند طلا (Au)، دلالت بر معادن مختلفی دارد که در محل‌های جغرافیایی متفاوت، بوده است. از سوی دیگر مقدار قلع(Sn) و روی(Zn) در سکّه‌های نقره‌ای اشکانیان، ممکن است به‌علت کمبود مس آنها در هنگام ذوب مجدّد، و اضافه‌کردن برنز و برنج باشد. مقدار درصد مس (Cu) در این سکّه‌ها (نمودار ۲ و ۳) علاوه بر سخت‌نمودن فلز نقره به‌عنوان یک عنصر اضافه شده است. زیرا در هنگام استخراج نقره، کمتر از ۱٪ از مس باقی می‌ماند و اگر مقدار مس (Cu) بالاتر از ۱٪ باشد از یک ضرّابخانه دیگر است. این را می‌توان به‌دلیل تحوّلات سیاسی- اقتصادی دوران حکومت این پادشاهان دانست، چنانکه در مقدار نقره (Ag)(نمودار ۱) هم می‌توان این موضوع را مشاهده نمود.

وجود غلظت بالای آهن (Fe) در نمونهٔ شماره ۸، معرّف آن است که Cu اضافه شده به Ag به‌خوبی استحصال نگردیده و Fe به‌عنوان ناخالصی است. کلسیم موجود در این سکّه‌ها (جدول۱) فلزی است که نمی‌تواند از معادن سرب و روی استحصال شده باشد و همیشه به همراه آنها است.

در میان سکّه‌های نقره‌ای ضرب‌شدهٔ امروزی (جدول۱ شمارهٔ ۲۱ پ) که برای مقایسه با سکّه‌های نقره‌ای اشکانی استفاده شده، به‌دلیل آنکه امروزه طلا را به‌راحتی در کارخانه‌های ذوب فلز جدا می‌کنند سکّه‌های امروزی فاقد طلا است. از طرفی در بعضی معادن نقرهٔ موجود در ایران، طلا به عنوان عنصر همراه دیده نمی‌شود. بنابراین از سکّه‌های امروزی برای مقایسه با سکّه‌های گذشته نمی‌توان به‌منظور پی‌بردن به شناسایی معادن آنها استفاده کرد.

نتایج:

درصد طلا بر نقره، معرّف فن‌آوری استخراج سنگ معدن نقره است و در سکّه‌های نقره‌ای، معرّف آن است که از معادن نقرهٔ مختلفی استفاده شده است. وجود مس، علاوه بر سخت‌نمودن فلز نقره به‌عنوان غش نیز در آن استفاده می‌شود. وجود سرب در سکّه‌های نقره‌ای، معرّف آن است که از معادنی استخراج گردیده که از معادن سرب و روی، و یا سرب بوده که بخشی از آن را فلز نقره تشکیل می‌داده است.

مقایسه بین نمودار ۲ و ۳، نشانگر آن است که سکّه‌های نقره‌ای شاهان اشکانی و ساسانی که در ضرّابخانهٔ همدان ضرب شده تقریباً از یک منشأ برداشت می‌شده‌اند ولی جغرافیای ماد در زمان اشکانی، بسیار گسترده‌تر از عصر ساسانی بوده است و این تفاوت محیط جغرافیایی می‌تواند به شناسایی منابع معدنی برداشت شدهٔ نقره کمک فراوانی کند.

در اینجا لازم می‌دانم از راهنمایی‌های بی‌دریغ خانم گورا مسئول آزمایشگاه موزهٔ لور پاریس و آقای دکتر

Archive of SID

www.SID.ir

نعمت‌الله رشیدی‌نژاد رئیس گروه پترولوژی دانشکدهٔ علوم پایه و مهندس مهدی صفاری سرپرست آزمایشگاه XRF دانشگاه تربیت مدرّس و دکتر محمّد لامعی و خانم اولیایی مسئولین آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی ایران و همچنین همکاری‌های دلسوزانه و بزرگوارانهٔ خانم خدیجه باصری، مسئول کابینهٔ سکّه موزهٔ ملّی نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.

Archive of SID

www.SID.ir

منابع :

Bivar.A.D.H., 1983, The Cambridge History of Iran, volume 3, Seleucid, Parthian and Sassanid period, Cambridge.
Bacharach. J.L., Adon A. Gordus., The Purity of Sasanian Silver Coins: An Introduction, Journal of the American Oriental Society, Vol. 92, No. 2. (Apr. - Jun., 1972), pp. 280-283.
Caley.E., Chemical composition of Parthian coins, pp.104, New York.
Denker.A., & etc, Non-Destructive analysis of coins using high-energy PIXE, Nuclear Instrument and Methods in Physics Research B, 226 (2004)163-171.
Farhang Khademi Nadooshan , Hussain Sadeghi, and Sadrodin Moosavi. "The Impact of Political-Economic Conditions of the Parthian Period on Composition of Silver Coins," Journal of the Classical and Medieval Numismatic Society 5.3 (September 2004), pp. 131-136.
Farhang Khademi Nadooshan., Tahereh Azizipoore, Batul Ganbari,Parthian Forgeries: The numismatic Evidence, Celator, April, 2006, 34-36.
Farhang Khademi Nadooshan , Tahereh Azizipoor, Mohammad Taghi Safari., Seleucid Mintage: A Pattern for Parthian Coinage, International Journal of Humanities science, vol 16.no.2, Spring 2009 , pp 51-58.
F.Reiff & etc, Investigation of contemporary gilding forgeries of ancient coins, Fresenius J Anal Chemistry, 2001, 371: 1146-1153).
Caley, Chemical composition of parthian coins, 1955
Gobl.R., 1971, Sasanian Numismatics, Translate by Paul Severin, Unknown publisher.
Gordus.A.A., Quantitative Non-destructive Neutron Activation analysis of silver in coins, archaeometry, 1967, 78-86.
Guerra.M.F., Elemental analysis of coins and Glasses, Application and isotopes, volume 46, issues 6-7, June-July 1995, pp 583-588.
Guerra.M.F., Thomas Calligaro., Gold traces to trace gold, Journal of Archaeological Science 31 (2004) 1199_1208.
Guerra.M.F, M. Radtke, I. Reiche , H. Riesemeier , E. Strub., Analysis of trace elements in gold alloys by SR-XRF at high energy at the BAMline, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 266 (2008) 2334–2338.
Hajivaliei.M., & etc, PIXE analysis of ancient Indian coins, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 150 (1999) 645-650.
Kontos.N.K., & etc. Trace element analysis of Alexander the Greats silver tetradrachms mint in Macedonia, Nuclear Instruments and Methods Research B 171 (2000) 342-349.
M. J. Hughes .M.J., and J. A. Hall., X-ray fluorescence analysis of late Roman and Sasanian silver plate, Journal of Archaeological Science, vol 6, issue 4, Dec 1979, pp.321-344, December 1979, Pages 321-344
Meyers. P., Van Zelst, and E. V. Sayre., Interpretation of Neutron Activation Analysis Data of Ancient silver, Conference Archaeometry and Archaeological prospecting, Edinburgh, U.K. 1976.
M. F. Guerra., Analysis of Archaeological Metals. The Place of XRF and PIXE in the Determination of Technology and Provenance, X-RAY SPECTROMETRY, VOL. 27, 73È80 (1998).
Roumie.M., & etc, Quality control of coins mint using PIXE and RBS analysis, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B, 268 (2010) 1916-1919.
Schoff.W.H., translate, Parthian Station, Isodore of Charax, London, 1914.
Watson.,J.S., tr, Justin's History of the world extracted from Trogus Pompeus, London, 1976.
Sellwood.D., An Introduction to the Parthia Coinage, London, Second Edition, 1980.
Smith.Z., Recent development of material analysis with PIXE, Nuclear Instrument and Methods in Physics, Research B.240 (2005) 258-264.
Tripathy.B.B., & etc, Elemental analysis of silver coins by PIXE technique, Applied Radiation and Isotopes, 68 (2010) 454-458.
Torkiha. M, M. Lamehi-Rachti, O.R. Kakuee, V. Fathollahi, An external sub-milliprobe optimized for PIXE analysis of archaeological sample, Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 268 (2010) 1517–1522.
Weber.G., &etc, Is the External beam PIXE method suitable for determining ancient silver artifact fineness?, Nuclear Instrument and Methods on Physics Research B 161-163 (2000) 724-729.

Archive of SID

www.SID.ir