

شناسایی منابع فلزی استحصال نقره برای ضرب سکه‌های اشکانی

در استان ماد بزرگ با روش PIXE

دکتر فرهنگ خادمی ندوشن

دانشیار گروه باستان شناسی دانشگاه تربیت مدرس

دکتر محمد نایب‌پور

استادیار دانشگاه علوم انتظامی تهران

و

بیتا سودایی

عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

(از ص ۸۱ تا ۹۲)

چکیده:

با مطالعه ترکیب درصد فلزی مسکوکات نقره‌ای می‌توان به تحلیل و توضیح مکانهای ضرب سکه و شناسایی معادن آنها پرداخت. از سوی دیگر در دوره اشکانیان برای اولین بار شاهد نام ضربخانه بر روی مسکوکات هستیم که می‌تواند راهگشای مسائل اقتصادی، سیاسی و حتی شناسایی معادن آنها باشد. سکه‌های مورد مطالعه، مربوط به ضربخانه همدان بوده و از معادن نقره به صورت غال‌گذاری استحصال شده است. ترکیبات این مسکوکات، شبیه به ترکیبات مواد معدنی برداشت شده برای ضرب سکه است. افزایش جمعیت و گستردگی دادوستد علاوه بر ذوب مجدد فلز نیاز به منابع جدید را ضروری می‌نماید.

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

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

مقدمه:

آنالیز با روش PIXE یکی از دقیق‌ترین روش‌های آنالیز برای یافتن عناصر کم مقدار 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 پی بردن به منشأ و وضعیت اقتصادی دوره‌های مدنظر باستان‌شناسان استفاده کرد (Geurea, 1995). طیف‌سنجی PIXE که 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 در آن وجود دارد ناچیز است و باعث تصحیح نتایج به دست آمده 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 (نقشه ۱) طبق نوشته ایزودور خاراکسی به ماد ری و ماد علیا تقسیم می‌گردید. بنابر نوشته ایزودور خاراکسی که در زمان فرهاد چهارم تألیف شده، ماد در بخش شمالی، به ارمنستان، در شرق به ری و در غرب به بین‌النهرین و جنوب به شوش و ایلام محدود می‌گردیده است.

ایزودور خاراکسی 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 شمال غرب ایران در قلمرو این استان قرار داشته و پایتخت آن، همدان بوده است. بنابراین، ضرابخانه همدان در زمان اشکانیان علاوه بر اهمیت سیاسی که داشته به معادن گسترده‌ای برای استخراج نقره نیز دسترسی داشته است.



نقشه ۱: قلمرو اشکانیان

مروری بر تحقیقات گذشته:

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

دیگر محقق ایرانی حاجی ولیی است که با دستگاه PIXE، سکه‌های ساسانی را مورد مطالعه قرار داده ولی هیچ اشاره‌ای به محل استخراج آنها نکرده است (Hajivaliei & etc, 2009). هوگس اگر چه بر روی سکه‌های 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 اضافه نمودن هرگونه گدازه در مراحل استخراج به نقره می‌رسیدند. سکه 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 پدیده معدنی و شیمیایی اولین بار توسط میر و گردوس بر روی فلز نقره عصر ساسانی انجام شد (Meyers, 1976; 1972; Gordus, 1967). اگرچه این تحقیق بر روی فلزات ذوب شده و مستعمل، تأثیر چندانی نداشته ولی با رشد دادوستد و نیاز به منابع جدید برای ضرب سکه‌های نقره‌ای می‌توانست سودمند باشد. سپس کونتوس بر روی سکه‌های چهاردرهمی اسکندر تحقیقات خود را انجام داد، و سعی کرد با کمک عنصر

بیس‌موت (Bi) به شناسایی معادن استفاده شده در زمان اسکندر پردازد. 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 خانواده 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)

پیشینه تاریخی:

ارشک (۲۴۷-۲۱۱ ق.م.) با شکست دادن آندراگورس ساتراپ پارت (۲۴۷-۲۱۱ ق.م.) و هیرکانیا بنیان حکومتی را گذاشت که تا زمان مهرداد اول (۱۷۱-۳۸ ق.م.) چندان نقش مهمی را در تاریخ ایران ایفای نمی‌کرد (Bivar, 1983:29). مهرداد اول با تسخیر ساتراپ‌های ماد، شوش و سلوکیه، حکمران قلمرو پهناوری گردید و بدین ترتیب سکه‌های 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 اول، ضربه محکمی بر پیکر حکمرانان سلوکیه وارد آمد. (Isodore Charax, 1914) فرهاد دوم (۱۳۸-۱۲۷ ق.م.) بعد از پدر چانشین او گردید و آنتی‌اخوس هفتم جهت باز پس گرفتن قلمرو از دست داده در اتحادی با دیگر حکمرانان ملوک الطوائفی به شهر سلوکیه شوش و همدان حمله‌ور گردید. در آنجا فرهاد دوم سکا‌های آسیای میانه را جهت یاری رساندن علیه سلوکیه به قلمرو خود دعوت کرد. در این میان، آنتیوخوس در استان ماد در یک حمله غافلگیرانه به دست سربازان اشکانی به قتل رسید. (Watson & Justin, 1976) سکاها که به دعوت فرهاد دوم جهت یاری رساندن آنها در جنگ علیه سلوکیه وارد قلمرو اشکانی شده بودند بعد از قتل وی قلمرو اشکانیان را به تاراج بردند. مهرداد دوم (۱۲۳-۸۸ 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 (۳۸-۵۷ ق.م.) و فرهاد چهارم (۳۸-۲۱ ق.م.) قدرت شاهان اشکانی به بالاترین حد خود رسید. ولی بعد از مرگ آنها افول قدرت اشکانیان شروع شد. فرزندان فرهاد چهارم (فرهاد پنجم، و نون اول) به صورت پیاپی بر تخت پادشاهی نشستند و با ساکن شدن اشکانیان در ماد و شهر سلوکیه افول قدرت شاهان اشکانی آغاز گردید با شورش اردشیر اول (Gobl, 1971) بنیان‌گذار سلسله ساسانی (۲۲۶-۱۳۸ ق.م.) حکمرانی نزدیک به پنج قرن اشکانیان به پایان رسید.

سکه‌های اشکانیان در سرزمین‌های مرکزی قلمرو آنها با وزن اتیکی یک درهمی در ضرب‌خانه‌های ماد، شوش و سکه‌های چهاردرهمی در سلوکیه ضرب می‌گردید (Sellwood, 1980) نفوذ اشکانیان در اقتصاد آسیا باعث روابط تجاری در شرق با باختریان (۲۵۰-۱۰۰ ق.م.)، 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 سکه‌های با وزن بالاتر همچون چهار درهمی پرداخته شد.

انتخاب نمونه‌ها:

سکه‌های نقره‌ای اشکانی از بین سکه‌های به‌دست آمده از کاوشهای باستان‌شناسی انتخاب شده‌اند که در بخش سکه موزه ملی ایران نگهداری می‌شوند. این سکه‌ها بعد از شناسایی دقیق، طبقه‌بندی گردیدند. از سویی دیگر، در کنار آنها سکه‌ای از ضرب امروزی سکه زمان پهلوی انتخاب گردید. وزن سکه‌های اشکانی، نشانگر آن است که همه آنها یک درهمی و متعلق به ارد دوم و فرهاد چهارم (دو پادشاه قدرتمند حکمرانان اشکانی) است. مسکوکات از یک ضربخانه انتخاب شدند و همگی متعلق به ضربخانه همدان، پایتخت استان ماد هستند. اکثر این مسکوکات بعد از ورود به موزه ملی، رسوب‌زدایی شده‌اند ولی در میان آنها بر سطح تعدادی از مسکوکات، آثار خوردگی مشاهده می‌شود. مسکوکات انتخاب شده 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 $MeV2$ قرار گرفتند. سپس تابش مجهول تایید شد، به نمونه‌ها توسط سیکلیت 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 به‌وسیله تابش پروتونی $MeV2$ بمباران می‌کند. تابش مجهول تابیده شده به نمونه‌ها توسط سیکلیت کانبرا (لیتیوم) مورد آشکارسازی قرار گرفت. تجزیه مقدار عناصر به کمک نرم‌افزار GUPIX اندازه‌گیری شد که در جدول شماره ۱ آمده است.

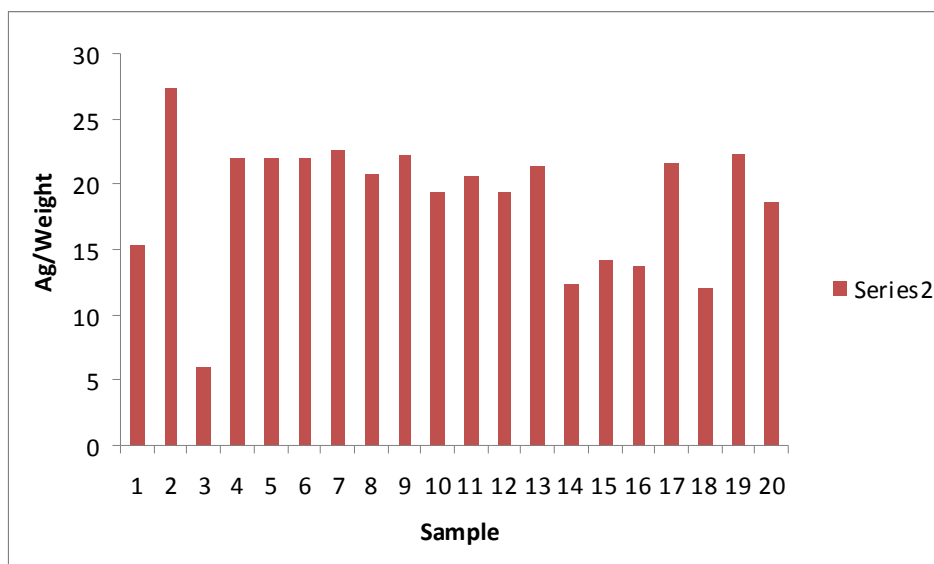
نمونه	S	Cl	Ca	Ti	Mn	Fe	Cu	Zn	Br	Ag	Sn	Au	Pb
۱	۱,۰ ۸	۴,۳۹	۲,۳۴	۰,۱ ۲		۰,۶	۱۵,۸ ۳		۰,۱ ۸	۷۴,۴ ۴		۰,۶	۰,۴ ۲

٢		١,٣٤	١,٠٩	٠,٠ ٧		٠,٤ ٢	١٩,٩			٧٥,٩ ٢		٠,٤ ٢	٠,٨ ٤
٣		٣,٩٥	١,٣			٠,٠ ٥	٩,١٦			٨٤,٣ ٣		٠,٤ ٣	٠,٧ ٨
٤	٠,٥	٢,٥٦	١,٣٤			٠,١ ٣	٤٢,٤ ٥			٤٥,١	٥,٣		٢,٥ ٦
٥	١,٥ ٩	١٣,١ ٦	٢,٧٤		٠,٠ ٤	٠,٢ ٧	٢٩,٤ ٢	٠,٦ ٨		٥١,٨ ٥			
٦	٠,٨ ٥	٣,٠٢	٣,٤	٠,٢ ٦		١,٤ ٩	٣١,٤ ٨			٥٦,٥ ٧			٢,٩ ٣
٧	٧,٧ ٩	٤,٣٧	٢,٧٦			٠,٢ ٦	٥,٢٣		٠,١ ٣	٧٨,٢ ١		٠,٧ ٥	٠,٤ ٩
٨	١,٣ ١	٢,٥٨	٣٠,٤ ١	٠,٥	٠,٠ ٩	٣,٧ ٣	١٤,٣			٤٣,٦ ١		٠,٥	٠,٧
٩		٣,١٧	١,٢٥			٠,٠ ٥	١٢,٠ ٤			٨٢,٢ ٤		٠,٥	٠,٧ ٥
١٠	٠,٧ ٥	٤,٤٤	٢,٦٥			٠,٩ ٥	٤,٨٢	٨,٧ ٩	٠,١ ٥	٧٠,٦ ٤	٥,٩ ٦		٠,٤ ٧
١١		١,٨٣	٣,٦٧	٠,١ ٨		١,٣ ١	٢٣,٨ ٣	٢,٨ ٨	٠,٢ ٦	٦١,٥ ٦		١,٩ ٦	٢,٥ ٢
١٢		٠,٦٧				٠,١ ٣	٥,٠٣	٠,١ ٣		٩١,٩ ٦		٢,٠ ٢	٠,٠ ٦
١٣		٠,٤٨	١,٢٨			٠,٢ ٩	٧٥,٤ ٣			٢١,٢ ٦		٠,٦ ٨	٠,٥ ٨
١٤			٠,٨٧				١٠,١ ١			٨٦,٧ ٦		١,١ ٦	١,١
١٥							٩,٩			٨٧,٩ ٥		١,٠ ٢	١,١ ٣

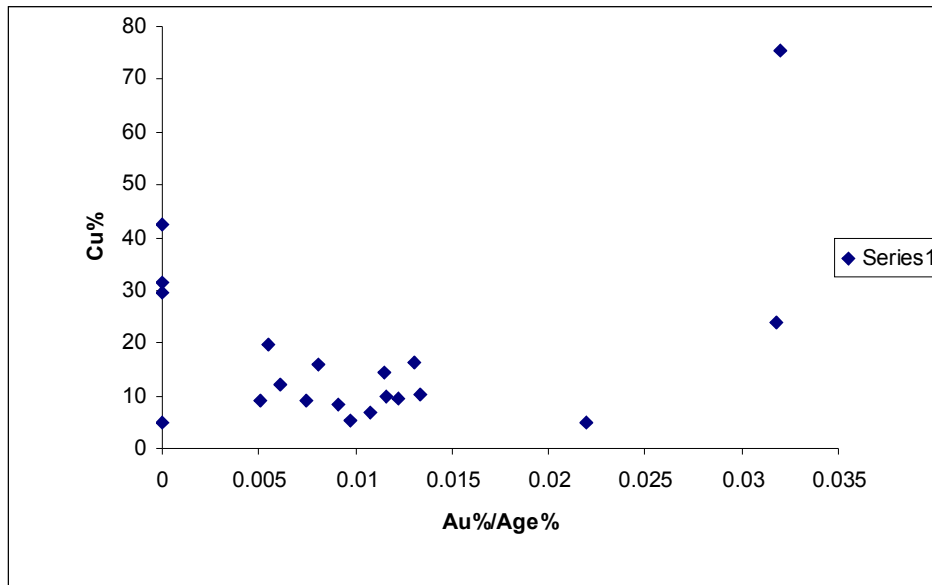
۱۶							۸,۲۲			۹۰,۱ ۶		۰,۸ ۲	۰,۸
۱۷							۶,۷۳			۹۰,۸ ۸		۰,۹ ۸	۱,۴ ۱
۱۸							۱۶,۴ ۶			۸۱,۲ ۶		۱,۰ ۶	۱,۲ ۲
۱۹							۹,۱۲			۸۹,۴ ۸		۰,۶ ۷	۰,۷ ۳
۲۰							۹,۶۳			۸۷,۷		۱,۰ ۷	۱,۶
۲۱ پ		۰,۶۵	۰,۹۴			۰,۳ ۲	۵,۵۵			۹۲,۵ ۴			

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

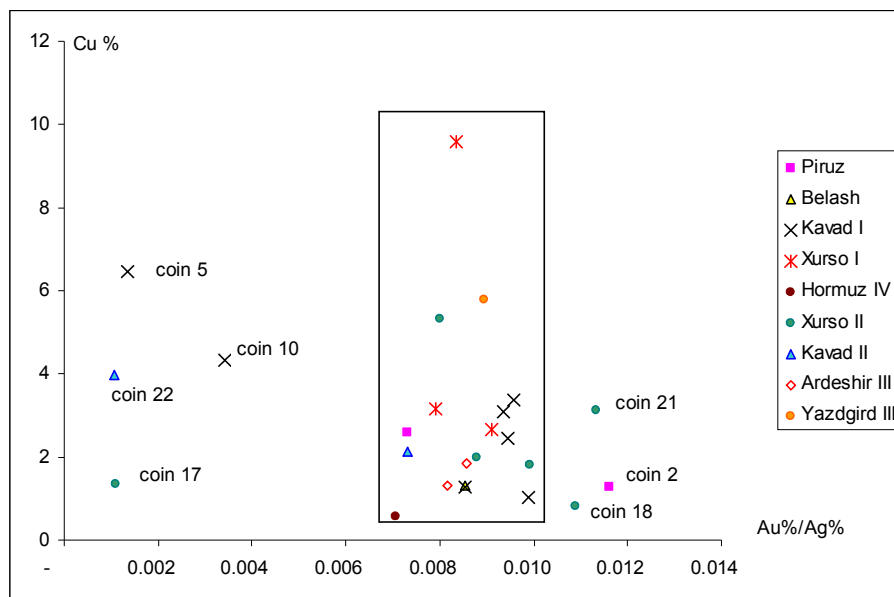
تذکر: «سکه ۲۱ پ»، سکه ضرب شده در زمان رضاشاه پهلوی بوده که جهت مقایسه انتخاب شده است



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



نمودار ۲: نسبت مقدار Cu موجود بر Au/Ag در سکه‌های اشکانی بر اساس درصد غلظت (با دستگاه PIXE)



نمودار ۳: نسبت مقدار Cu موجود بر Au/Ag در سکه‌های ساسانی بر اساس درصد غلظت (با دستگاه WLXRF)

بحث:

بنابر نتایج به دست آمده در جدول ۱، 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 هرازه ($PbCO_3$)) برای استحصال نقره استفاده می‌شده است. در میان سگه‌های اشکانی ضرابخانه همدان، هفت سگه از معادن سولفوری (گالن) استخراج گردیده‌اند. با آنکه مقدار فلزات نادر، مانند طلا و ایریدیوم به نسبت نقره، به همان اندازه‌ای است که در سنگ معدن نقره می‌باشد. در طیف‌سنجی PIXE ما فقط نتایجی از مقدار طلا به عنوان 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 (نمودار ۲). 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 سگه‌های نقره‌ای اشکانیان، ممکن است به علت کمبود مس آنها در هنگام ذوب مجدد، و اضافه کردن برنز و برنج باشد. مقدار درصد مس (Cu) در این سگه‌ها (نمودار ۲ و ۳) علاوه بر سخت نمودن فلز نقره به عنوان 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 ضرابخانه دیگر است. این را می‌توان به دلیل تحولات 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 نمونه شماره ۸، معرف آن است که Cu اضافه شده به Ag به خوبی استحصال نگردیده و Fe به عنوان ناخالصی است. کلسیم موجود در این سگه‌ها (جدول ۱) فلزی است که نمی‌تواند از معادن سرب و روی استحصال شده باشد و همیشه به همراه آنها است.

در میان سگه‌های نقره‌ای ضرب شده امروزی (جدول ۱ شماره ۲۱ پ) که برای مقایسه با سگه‌های نقره‌ای اشکانی استفاده شده، به دلیل آنکه امروزه طلا را به راحتی در کارخانه‌های ذوب فلز جدا می‌کنند سگه‌های امروزی فاقد طلا است. از طرفی در بعضی معادن نقره موجود در ایران، طلا به عنوان عنصر همراه دیده نمی‌شود. بنابراین از سگه‌های امروزی برای مقایسه با سگه‌های گذشته نمی‌توان به منظور پی بردن به شناسایی معادن آنها استفاده کرد.

نتایج:

درصد طلا بر نقره، معرف فن‌آوری استخراج سنگ معدن نقره است و در سگه‌های نقره‌ای، معرف آن است که از معادن نقره مختلفی استفاده شده است. وجود مس، علاوه بر سخت نمودن فلز نقره به عنوان غش نیز در آن استفاده می‌شود. وجود سرب در سگه‌های نقره‌ای، معرف آن است که از معدنی 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 سکه‌های نقره‌ای شاهان اشکانی و ساسانی که در ضربخانه 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 شده نقره کمک فراوانی نمی‌کند.

در اینجا لازم می‌دانم از راهنمایی‌های بی‌دریغ خانم گورا مسئول آزمایشگاه موزه لور پاریس و آقای دکتر نعمت‌الله رشیدی‌نژاد رئیس گروه پترولوژی دانشکده علوم پایه و مهندس مهدی صفاری سرپرست آزمایشگاه XRF دانشگاه تربیت مدرس و دکتر محمد لامعی و خانم اولیایی مسئولین آزمایشگاه واندوگراف سازمان انرژی اتمی ایران و همچنین همکاری‌های دلسوزانه و بزرگووارانه خانم خدیجه باصری، مسئول کابینه سکه موزه ملی نهایت سپاسگزاری را داشته باشم.