

ANALIZA PRIN ACTIVARE CU NEUTRONI A UNOR MONEDE DE ARGINT ROMANE DIN TEZAURUL DE LA CLUJ-NAPOCA, STR. V. DELEU

Abstract

Cunoscând concentrația unor elemente chimice în monedele de argint romane, se pot obține informații despre sursele de proveniență a argintului și parametrii tehnologici de obținere. În această lucrare s-au determinat concentrațiile de Ag și Au în 35, respectiv 8 monede, provenind din tezaurul roman din Cluj-Napoca, str. V. Deleu care conține 1268 monede de argint, prin metoda analizei prin activare cu neutroni. S-a demonstrat corelația care există între conținutul de Ag al monedelor și perioadele de înflorire sau decadentă ale Imperiului și, de asemenea, s-au obținut rezultate interesante din diagrama Au/Ag în funcție de Ag(%).

Introducere

Relațiile care există între concentrațiile unor elemente chimice în obiectele antice și stadiul economic, cunoștințele tehnologice sau sursele de proveniență a materialului, permit obținerea unor informații utile cercetării arheologice.

În monedele de argint, de obicei, elementul majoritar este Ag, elementele minore sînt Cu, Au, Bi, Pb, iar elementele în urme sînt Na, Mn, Co, Ni, As, Sn, Sb, Ir¹.

Cantitatea de argint în monedele romane este într-o strînsă legătură cu epocile de înflorire și decadentă economică a Imperiului Roman², aspect care va rezulta și din rezultatele obținute de noi. Calculînd întreg conținutul de Ag dintr-o monedă și nu numai concentrația de la suprafață, pot fi descoperite unele falsuri, monede de cupru placate cu argint.

Un material are amprenta unică a conținutului în diverse impurități, care depinde pentru o tehnologie dată, de sursa de proveniență, minereul purtând amprenta modificărilor geologice specifice locului în care s-a produs.

Nu toate elementele prezente în monedele de argint aduc informații utile. Aurul ca metal nobil și parțial bismutul, pot supraviețui în cantitățile inițiale, în argint, fiind bune indicatoare ale minereului de proveniență. Plumbul este probabil cel mai bun indicator pentru procesul tehnologic. Concentrațiile de Sb și As depind mai mult de parametri tehnologici decât de concentrațiile inițiale; stibiul este îmbogățit în zgura cupelării iar arseniul, care formează compuși destul de volatili, este îndepărtat într-o mare cantitate în timpul procesului de obținere a argintului.

Na și Mn nu sunt foarte informative deoarece s-a ajuns la concluzia³ că sodiul este distribuit întâmplător în monede iar manganul se oxidează ușor în timpul procesului de cupelare fiind îndepărtat în zgură, independent de concentrațiile inițiale.

Reprezentând concentrația de Cu în funcție de Fe, se obține încă un criteriu care poate indica locul de proveniență a minereului⁴.

¹ P.A. Schubinger, *Journal of Radioanalytical Chemistry*, 39, 1977, 99—112.

² T. Fiat și colab., *Probleme actuale de fizică* 6, 1986, 84.

³ Vezi nota 1.

⁴ Vezi nota 2.

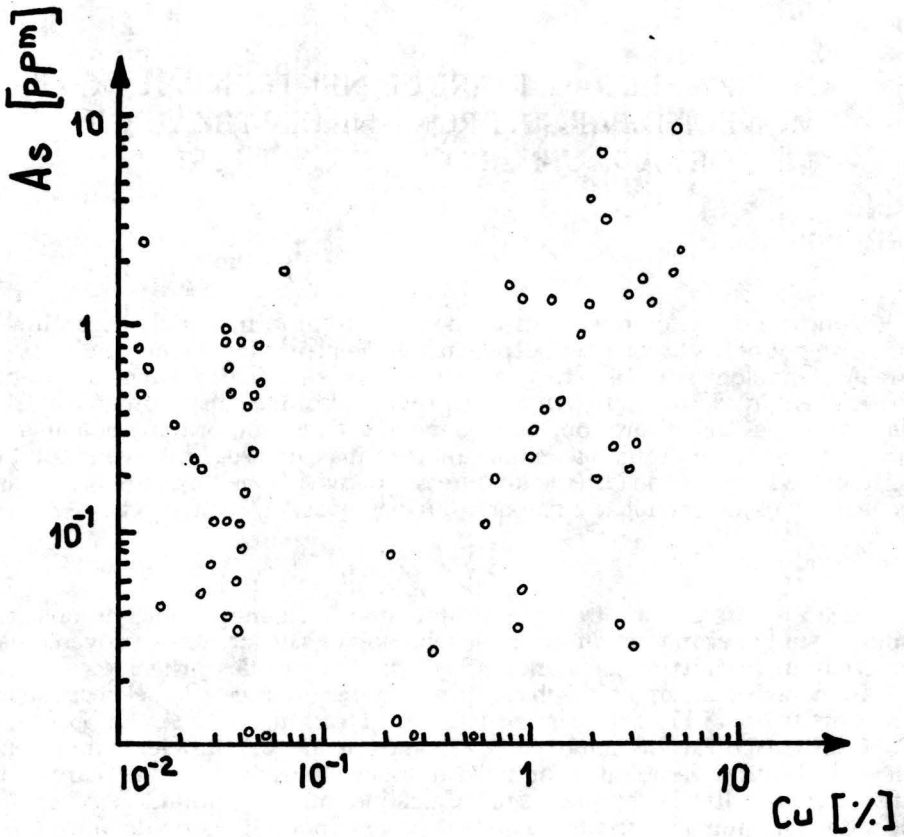


Fig. 1. Diagrama As(ppm) în funcție de Cu(%).

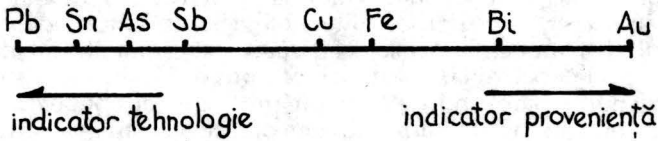


Fig. 2. Elementele informative prezente în monedele de argint.

Pe diagrama As (ppm) în funcție de Cu(%) din monedele de argint se pot distinge două grupuri distincte care indică tehnologii diferite, vezi figura 1, conform P.A. Schubinger⁵.

Concluzionând, elementele minore și în urme a căror concentrații sunt folosite în studiul monedelor de argint sunt prezentate plastic în figura 2.

În această lucrare am folosit metoda activării cu neutroni pentru determinarea concentrațiilor argintului în 35 monede, iar a aurului în 8 monede, provenind din tezaurul roman din Cluj-Napoca, str. V. Deleu, singurul tezaur intact din Dacia, descoperit pe cale arheologică, format din 1268 monede.

Metoda experimentală

Monedele romane din argint, prin valoarea lor istorică și artistică necesită o metodă de analiză nedistructivă. Noi am ales metoda activării cu neutroni care în plus este o analiză în întreg volumul monedei, eliminând astfel erorile, care pot apărea la o analiză de suprafață din cauza coroziunii electrochimice; această coroziune determină o îmbogățire a suprafeței în metale nobile, Au și Ag, și o micșorare a concentrațiilor celorlalte elemente⁶.

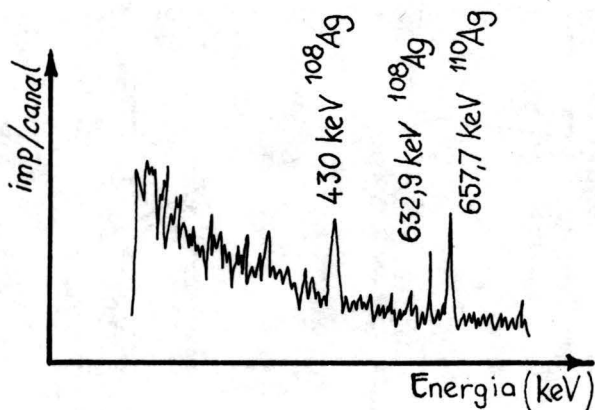


Fig. 3. Spectrul γ al etalonului de Ag.

Activarea, pentru determinarea conținutului de argint, s-a realizat în condiții identice pentru monede și etalon, într-un flux de 10^7 n/s; s-a folosit o sursă de neutroni izotopice, de Am-Be. După activare moneda sau etalonul se pune la un detector de radiații cu Ge-Li, iar spectrul radiațiilor γ se înregistrează folosind un analizor multicanal. După energia radiațiilor, se identifică izotopii radioactivi și elementele care au fost activate iar prin măsurarea și compararea ariei unui peak dat de moneda activată, cu aria aceluiași peak dat de etalon, se poate calcula concentrația aceluia element, în cazul acesta Ag, în monedă. În figura 3 este prezentat spectrul gamma al etalonului de Ag. Pentru calculul concentrației

⁵ Vezi nota 1.

⁶ C. Cosma și colab., *Studia, Physica* 1, 1986, 12.

Ag, am folosit peak-ul de la 660 keV al izotopului ^{110}Ag iradiind monedele pentru activare 120 secunde, timpul de răcire fiind de 19 secunde iar timpul de măsurare de 60 secunde. Pentru etalonarea spectrului gamma am folosit energia de 662 keV a ^{137}Cs și energiile 1,17 MeV și 1,33 MeV a ^{60}Co .

Rezultate și discuții

Concentrația în procente a fost determinată, știind că:

$$\frac{\text{activitatea probei}}{\text{activit. etalonului}} = \frac{\text{concentrația elementului X în proba}}{\text{concentrația elementului X în etalon}}$$

$$\text{Formula de calcul este: } C(\%) = \frac{m_e (I_m - F)}{m_m (I_e - F)}$$

unde: m_e masa etalonului;

m_m masa monedei;

I_m numărul de impulsuri numărate în prezența monedei în intervalul de energie ce încadrează peak-ul ales, într-un interval de timp.

I_e numărul de impulsuri numărate în prezența etalonului în același interval de energie și de timp;

F numărul de impulsuri datorat fondului în același interval de energie și timp.

Timpul de înjumătățire de 24 s al izotopului care dă peak-ul la energia de

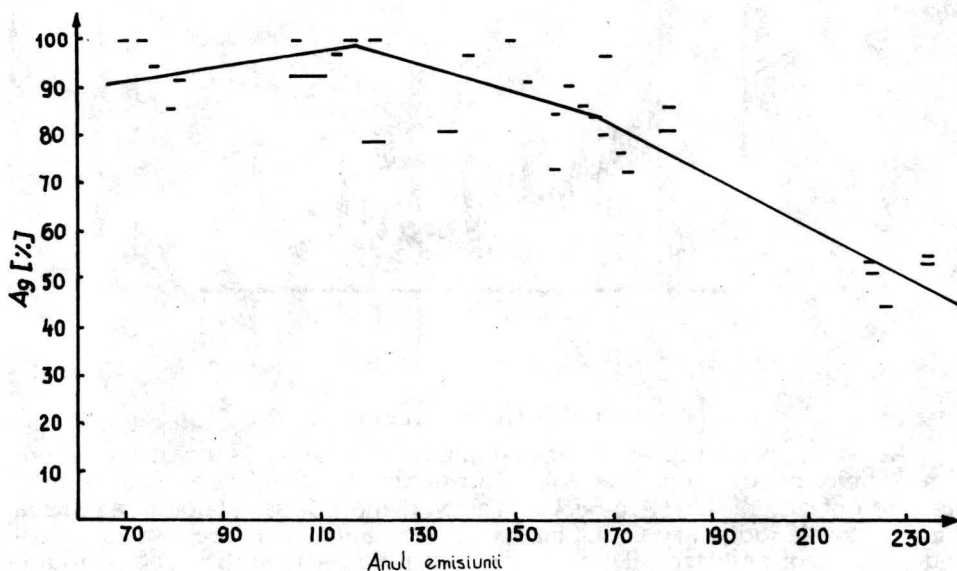


Fig. 4. Reprezentarea conținutului de Ag în funcție de anul emisiunii pentru monedele romane analizate.

660 KeV duce la posibilitatea apariției unor erori datorate timpului de răcire care nu este riguros același, neavând un dispozitiv automat de transport a probei de la sursa de neutroni la detectorul de radiații cuplat cu analizorul. Noi am încer-

cat menținerea timpului de răcire constant la 19 secunde pentru toate monedele, timpi mai scurți fiind posibili numai printr-o poștă pneumatică. Raportul semnal-zgomot este destul de bun rezultând erori sub 5—6 %. Pentru o precizie mai bună este necesar un flux de neutroni mai mare. O eventuală sursă de erori, semnalată de C. Cosma⁷, se poate datora cantităților diferite de bor și cadmiu din monede și etalon și care din cauza secțiunilor de absorbție foarte mari pot absorbi diferit o parte din fluxul de neutroni destinat activării argintului. Intervalul de energie a fost astfel ales încât să se excludă interferența altor izotopi cum ar fi ⁶⁴Cu și ⁶⁶Cu activați în monedă odată cu argintul. Contribuția prin efect Compton este mică în acest interval atât din cauza secțiunii de activare cu un ordin de mărime mai mică decât a argintului cât și din cauza factorilor de schemă foarte mici a acestor radiații⁸. Izotopii fierului ⁵⁴Fe și ⁵⁶Fe au secțiuni de activare și abundențe izotopice mici iar plumbul se activează foarte greu.

Concentrațiile de Ag rezultate în urma măsurătorilor sînt prezentate în tabelul 1.

Pentru calculul concentrațiilor de Au în monedele de argint, activarea s-a făcut la aceeași sursă de neutroni, monedele au fost iradiate 48 h, răcite 30—40

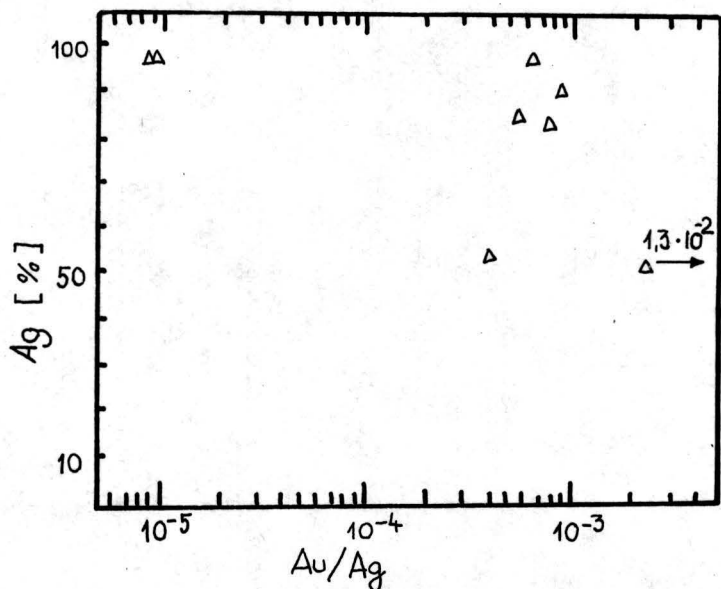


Fig. 5. Diagrama Au/Ag în funcție de Ag(%).

minute, și timpul de numărare a fost 20 minute. S-a folosit peak-ul de 412 KeV al izotopului ¹⁹⁸Au, T_{1/2} = 64,8 h; rezultatele sînt prezentate în tabelul 1.

Reprezentînd grafic concentrația de Ag din monede în funcție de anul de emisie a monedei, în figura 4, se observă că maximum curbei coincide cu perioada de maximă dezvoltare a Imperiului Roman.

Diagrama Au/Ag în funcție de Ag(%) este prezentată în figura 5; s-a folosit o scară logaritmică pentru reprezentare. Valorile raportului Au/Ag sînt prezentate în tabelul 2.

⁷ Vezi nota 6.

⁸ T. Fiat și colab., A șasea sesiune anuală de comunicări "Progrese în fizică", Sibiu, 1984, 640.

Se observă două grupări pe diagramă, monedele M42 și M47 și respectiv, M33, M38, M52, M57. Se presupune că cele două grupuri de monede provin din minereuri diferite; N.H.Gale⁹ spune că galena argintiferă de obicei dă un raport Au/Ag ca și cel dat de monedele din primul grup. Însă, conținutul mai mare în Au al monedelor din al doilea grup poate proveni, nu numai dintr-un minereu de argint diferit, ci și din folosirea unor minereuri de fier mai bogate în Au, pentru mărirea fluxului în timpul cupelării; Au poate de asemenea fi adus și de minereul de Cu folosit la realizarea monedelor alături de argint, monedele din grupul al doilea conținând mai mult Cu.

Sînt necesare mai multe analize pe mai multe monede dar și pe minereuri de argint, sau corelarea cu rezultatele publicate în literatura de specialitate. O prezentare mai detaliată, atît a metodei de analiză prin activare cu neutroni a obiectelor arheologice, cît și a rezultatelor obținute în studiul monedelor din tezaurul de la Cluj-Napoca va fi făcută în viitorul număr al publicației *Archaeometry in Romania*.

CORNEL MARIAN — AURORA ROTARIU — TRANDAFIR FIAT —
LIVIU DĂRĂBAN — VLADIMIR ZNAMIROVSKI — SORIN COCIȘ

⁹ N.H. Gale, W. Genter, and G.A. Wagner, *Mineralogical and geographical silver sources of archaic Greek Coinage, "Metallurgy in numismatics I"*, University Press Oxford, England, 1980, 21.

TABELUL 1. Concentrațiile de Ag și Au a unor monede de argint romane obținute cu metoda analizei prin activare cu neutroni.

Nr.crt.	Moneda	Emisie	Ag (%)	Au (%)
1	M1 Severus Alexander	233—235	55.37	0.39
2	M2 Severus Alexander	233—235	53.32	
3	M3 Severus Alexander	222	54.33	
4	M7 Severus Alexander	222	51.63	0.68
5	M21 Severus Alexander	226	45.44	
6	M31 Marcus Aurelius	167—168	96.62	
7	M32 Marcus Aurelius	161—162	73.42	
8	M33 Marcus Aurelius	179—180	82.97	0.291
9	M34 Marcus Aurelius	161	80.81	
10	M35 Marcus Aurelius	161	76.39	
11	M36 Faustina Augusta	după 161	86.64	
12	M37 Faustina Augusta	după 161	81.12	
13	M38 Faustina Augusta	după 161	91.39	0.263
14	M39 Faustina Augusta	după 161	85.22	
15	M40 Faustina Augusta	după 161	87.17	
16	M41 Traian	103—111	92.06	
17	M42 Traian	103—104	99.99	0.0015 (15 ppm)
18	M43 Traian	114—117	98.60	
19	M44 Traian	114—117	99.99	
20	M45 Traian	112—114	97.09	
21	M46 Hadrian	134—138	81.31	
22	M47 Hadrian	119—122	99.99	0.0013 (13ppm)
23	M48 Hadrian	119—122	79.31	
24	M49 Crispina	180—182	81.46	
25	M50 Crispina	180—182	86.77	
26	M51 Vespasian	78—79	86.21	
27	M52 Vespasian	69—71	99.27	0.45
28	M53 Vespasian	80—81	92.14	
29	M54 Vespasian	75—76	95.70	
30	M55 Vespasian	72—73	99.99	
31	M56 Antonius Pius	158	74.11	
32	M57 Antonius Pius	158	85.99	0.47
33	M58 Antonius Pius	149	99.99	
34	M59 Antonius Pius	140	97.83	
35	M60 Antonius Pius	152	91.77	

TABELUL 2. Raportul Au/Ag pentru unele monede romane de argint.

Nr.crt.	Moneda	Au/Ag
1	M1	7.043×10^{-3}
2	M7	1.31×10^{-2}
3	M33	3.507×10^{-3}
4	M38	2.877×10^{-3}
5	M42	1.5×10^{-5}
6	M47	1.3×10^{-5}
7	M52	4.5×10^{-3}
8	M57	5.46×10^{-3}

NEUTRON ACTIVATION ANALYSIS ON SOME
ROMAN SILVER COINS OF CLUJ-NAPOCA,
STREET V. DELEU, HOARD
(Abstract)

Knowing the content of some chemical elements of roman silver coins, one can obtain informations about the sources of silver and about the knowledge and technological parameters of silver smelting.

In this work the Ag content of 35 coins, and Au content of 8 coins, has been determined; this coins are from the roman hoard excavated in Cluj-Napoca, str. V. Deleu, which contain 1268 coins. Neutron activation analysis has been used.

The results demonstrate the correlation between the Ag content of roman silver coins and flourishing or decline periods of the Roman Empire; also Au/Ag ratio, versus Ag(%) diagram, leads to interesting conclusions.