

**SYNCHRONIZATION OF TECHNICAL DATA OF LATE BRONZE-EARLY IRON AGE
TIN BRONZE MATERIALS¹**

გვიანბრინჯაო - ადრე რკინის ხანის კალიანი ბრინჯაოს მასალის
ტექნიკური მონაცემების სინქრონიზაცია²

MARIAM MCHEDLISHVILI

PhD, Chief restorer, Georgian National Museum
3, Rustaveli Avenue, 0105 Tbilisi, Georgia
Mobile: +995577389840
Email: info_marika@yahoo.com
<https://orcid.org/0009-0003-8317-7679>

NINO KEBULADZE

Doctor of History, Head of Laboratory, Georgian National Museum,
3, Rustaveli Avenue, 0105 Tbilisi, Georgia
Mobile: +995 591 677 579
Email: nino.kebuladze@yahoo.com
<https://orcid.org/0000-0002-1924-4203>

ANA SAKHVADZE

PhD, Curator. Georgian National Museum
3, Rustaveli Avenue, 0105 Tbilisi, Georgia
Mobile: +995 558 904121
E-mail: anasakhvadze@hotmail.com
<https://orcid.org/0009-0002-7243-1611>

Abstract

International scholarly interest in the study of ancient metal production in Georgia is extremely high. However, analytical results obtained during research conducted in the twentieth century—based on samples taken from objects prior to restoration and subsequently examined through spectral or chemical methods—remain insufficiently known within the contemporary international academic community. For several objective reasons, access to these data has been limited, which creates significant challenges for research in this field. The lack of accessibility to previously obtained, highly informative data slows the research process and often results in incomplete investigations. These earlier datasets have gained even greater importance today, given the increasing difficulty—and sometimes the impossibility—of conducting technical analyses directly on the primary objects of study, namely museum artifacts.

The present study examines the correlation of technical research data derived from materials discovered during relatively recent excavations of the Late Bronze–Early Iron Age, particularly

¹ This article was prepared within the framework of the project "Integration of existing data of previous studies on ancient metal and glassware of the South Caucasus into modern science" funded by the Shota Rustaveli National Science Foundation of Georgia (Grant No. FR-23-9327).

² სტატია მომზადდა შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ დაფინანსებული პროექტის „სამხრეთ კავკასიის უძველესი ლითონისა და მინის ნაწარმის ადრეულ კვლევებზე არსებული მონაცემების ინტეგრაცია თანამედროვე მეცნიერებაში“ (FR-23-9327) ფარგლებში

from the Dolosha burial ground in the mountainous region, and materials uncovered during twentieth-century archaeological investigations of contemporaneous sites. These include Ude in southern Georgia, as well as Zeniti, Erge, Ekalauri, Sakhalvasho, Khikhadziri, Pushrukauli, and other sites in western Georgia.

The analytical results show significant variation in tin content within bronze alloys. Bronze objects from the Dolosha burial ground contain particularly high levels of tin, ranging from 10% to 40%. In the Ude hoard, tin content ranges between 2.1% and 12.8%, while chemically analyzed Colchian bronze artifacts show tin concentrations from 2% to 15%.

The results indicate the predominance of tin-based alloys and suggest a considerable degree of stability and standardization in metallurgical practices across different regions of Georgia during the Late Bronze–Early Iron Age. The study identifies chronological correlations as well as technological similarities and regional differences, contributing to the reconstruction of metallurgical strategies of the period.

Keywords: Caucasus, tin bronze, Late bronze–Early Iron Age, spectral analyses.

მარიამ მჭედლიშვილი

დოქტორი, უფროსი რესტავრატორი,
საქართველოს ეროვნული მუზეუმი,
საქართველო, ქ.თბილისი, 0105, რუსთაველის გამზირი #3
მობ.: +995577389840

E-mail: info_marika@yahoo.com

<https://orcid.org/0009-0003-8317-7679>

ნინო კებულაძე

ისტორიის დოქტორი, ლაბორატორიის ხელმძღვანელი,
საქართველოს ეროვნული მუზეუმი,
საქართველო, ქ.თბილისი, 0105, რუსთაველის გამზირი #3
მობ.: +995 591 677 579

E-mail: nino.kebuladze@yahoo.com

<https://orcid.org/0000-0002-1924-4203>

ანა სახვაძე

არქეოლოგიის დოქტორი, ფონდის კურატორი
საქართველოს ეროვნული მუზეუმი
საქართველო, ქ.თბილისი, 0105, რუსთაველის გამზირი #3
მობ.: +995 558 904121

E-mail: anasakhvadze@hotmail.com

<https://orcid.org/0009-0002-7243-1611>

აბსტრაქტი

მეცნიერთა საერთაშორისო ინტერესი საქართველოს უძველესი ლითონის წარმოების შესწავლის სფეროში უზომოდ დიდია. XX საუკუნეში განხორციელებული კვლევებისას გაკეთებული ანალიზები, რომლებიც, ობიექტიდან რესტავრაციამდე სინჯის

აღებით და შემდგომ სპექტრალურად ან ქიმიურად ტარდებოდა, რიგი ობიექტური მიზეზების გამო, ნაკლებად ცნობილია თანამედროვე მსოფლიო სამეცნიერო სამყაროში. ეს, მრავალ პრობლემას ქმნის კვლევის ამ დარგში, ვინაიდან, ფერხდება კვლევითი პროცესი - მეცნიერებს არ აქვთ წვდომა უკვე არსებულ, საკმაოდ ინფორმატიულ მონაცემებზე, რაც კვლევას არასრულყოფილს ხდის. ეს მონაცემები კიდევ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს დღეს, კვლევის მთავარ ობიექტზე - ექსპონატებზე, ტექნიკური კვლევების ჩატარების სირთულის, ხშირად - შეუძლებლობის გამო.

წინამდებარე სტატია გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის, XXI საუკუნის გათხრებიდან მიღებული მასალის (დოლომას სამაროვანი - აღმოსავლეთ საქართველო) და XX საუკუნის არქეოლოგიური სამუშაოების დროს, თანადროულ ძეგლებზე (უდუ - სამხრეთ საქართველო), ზენითი, ერგე; ეკალაური, სახალვაშო, ხიხაძირი, ფუმრუკაული და სხვ.- დასავლეთ საქართველო) აღმოჩენილი მასალის ტექნიკურ კვლევების მონაცემების კორელაციას ეხება. აღნიშნული ექსპერიმენტული კვლევის პარალელურად, სარესტავრაციო სამუშაოებიც ჩატარდა.

დოლომას სამაროვანზე აღმოჩენილი ბრინჯაოს ნივთების ანალიზების შედეგებმა კალის შემცველობა ძალიან მაღალი 10%-დან 40%-მდე აჩვენა. უდეს განძის ნივთებში კალა 2,1%-12,8% ფარგლებში მერყეობს, ხოლო კოლხეთის ბრინჯაოს ნაწარმში ქიმიურად შესწავლილმა ობიექტებმა კალის შემცველობა 2%-დან 15%-მდე აჩვენა.

ამ პერიოდში, რთული ორნამენტირებული საგნების ჩამოსხმა მიუთითებს სპეციალური ყალიბების და ფორმების გამოყენებაზე, რაც ჩამოსხმის ტექნიკის მაღალ დონეს მოწმობს.

წარმოდგენილი შედეგები, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონში აღმოჩენილი ლითონის ნივთებში კალიანი შენადნობების დომინირებას აჩვენებს, რაც შენადნობთა შედგენილობის თვალსაზრისით, მეტალურგიული პრაქტიკის სტაბილურობასა და სტანდარტიზაციაზე მიანიშნებს, თავის მხრივ ეს მეტყველებს, როგორც ცოდნის გავრცელებაზე, ისე ტექნოლოგიურ კოორდინაციაზე საქართველოს რეგიონებს შორის გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანაში.

კვლევის შედეგად გამოვლინდა, როგორც ქრონოლოგიური თანხვედრები, ისე ტექნოლოგიური მსგავსებები და განსხვავებები რეგიონალურ ჭრილში, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის მეტალურგიული სტრატეგიების რეკონსტრუქციაში.

საკვანძო სიტყვები: კავკასია, კალიანი ბრინჯაო, გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანა, სპექტრული ანალიზი.

შესავალი

საქართველოში მეტალურგიული წარმოების განვითარების საკითხი, ძველი მსოფლიოს ტექნიკის ისტორიისაგან განუყოფელი და მისი ერთ-ერთი შემადგენელი ნაწილია. მნიშვნელოვანია მისი ადგილი უძველესი მსოფლიოს სოციალურ-კულტურული და ეკონომიკური ურთიერთობების ისტორიული განვითარების პროცესში. სწორედ ამიტომ არ ცხრება მეცნიერთა საერთაშორისო ინტერესი საქართველოს უძველესი მეტალურგიის შესწავლის სფეროში. ეს მონაცემები კიდევ უფრო დიდ მნიშვნელობას იძენს დღეს, კვლევის მთავარ ობიექტზე - ექსპონატებზე, ტექნიკური კვლევების ჩატარების სირთულის, ხშირად - შეუძლებლობის გამო. არქეომეტალურგიაში ლითონის კვლევისას ეყრდნობიან ორ ძირითად მეთოდს რომლებიც დესტრუქციულია (1. ტყვის იზოტოპურ ანალიზი; 2. მთავარი და მიკრო ელემენტების ქიმიური ანალიზი). სამუხეუმო კოლექციების კვლევისას კი უპირატესობა არადესტრუქციულ ანალიზს ენიჭება.

XXI საუკუნის სამეცნიერო სამყაროში, რომელიც უფრო და უფრო მეტად ემხრობა კულტურული ობიექტების ანალიზის მოკრძალებულ მეთოდებს, არადესტრუქციული სპექტრომეტრი ერთ-ერთ უმნიშვნელოვანეს კვლევით ხელსაწყოს წამოადგენს სამუზეუმო არტეფაქტების კვლევის თვასალზრისით. XX საუკუნეში კი, ძირითადად ანალიზები გაკეთებულია აღმოჩენისთანავე (რესტავრაციამდე), იმ პერიოდში ფართოდ დანერგილი მეთოდებით, რაც გულისხმობდა ობიექტიდან სუფთა სინჯის აღებას და შემდგომ სპექტრალური ან ქიმიური ანალიზის ჩატარებას.

XX საუკუნეში განხორციელებული უმნიშვნელოვანესი კვლევები, რომლებიც ეხება ძველ მეტალურგიას, რიგი ობიექტური მიზეზების გამო, ნაკლებად ცნობილია თანამედროვე მსოფლიო სამეცნიერო სამყაროში. მაგალითად, სპექტრალური და ქიმიური ანალიზის ეს შედეგები დაბეჭდილია მხოლოდ ქართულ ან რუსულ ენაზე, არ შეიცავს ფერად ილუსტრაციებს, ტაბულები შედგენილია ძველი სამეცნიერო სტანდარტების შესაბამისად.

ეს გარემოებები მრავალ პრობლემას ქმნის კვლევის ამ დარგში:

- ფერხდება კვლევითი პროცესი - მეცნიერებს არ აქვთ წვდომა უკვე არსებულ, საკმაოდ ინფორმატიულ კვლევის შედეგებზე;
- ნებისმიერი წინამორბედი კვლევის შედეგების წვდომის გარეშე კი, კვლევა ყოველთვის არასრულყოფილია.

ძველი (ინვაზიური) და ახალი (არაინვაზიური) ელემენტური კვლევით მიღებული ანალიზების კოლერაცია, საინტერესო შედეგებს იძლევა და მკვლევართათვის ერთობ მნიშვნელოვანია.

სწორედ ამ გარემოებების ნაწილობრივი აღმოფხვრის მცდელობაა, შოთა რუსთაველის საქართველოს ეროვნული სამეცნიერო ფონდის მიერ მხარდაჭერილი პროექტის „სამხრეთ კავკასიის უძველესი ლითონისა და მინის ნაწარმის ადრეულ კვლევებზე არსებული მონაცემების ინტეგრაცია თანამედროვე მეცნიერებაში“ (FR-23-9327) ფარგლებში განხორციელებული კვლევები. გარდა ამისა, შევეცადეთ, არქეოლოგიური არტეფაქტების ტექნიკური კვლევის შედეგები და რესტავრაცია, როგორც სამეცნიერო დარგი საქართველოში, წარგვედგინა ადგილობრივი და საერთაშორისო სამეცნიერო წრეებისათვის.

ლითონის წარმოება სამხრეთ კავკასიაში, ბრინჯაოს ხანიდან მოყოლებული, მნიშვნელოვან ტექნოლოგიურ და სოციალურ პროცესებთან იყო დაკავშირებული. გვიანბრინჯაო - ადრე რკინის ხანის ლითონის არტეფაქტები წარმოადგენს ერთ-ერთ მთავარ წყაროს ამ პერიოდის ეკონომიკური, ტექნოლოგიური და კულტურული ურთიერთობების შესასწავლად. ტექნოლოგიური პარამეტრების - შენადნობების ტიპის, დამზადების ტექნიკისა და ქიმიური შედგენილობის სიღრმისეული ანალიზი საშუალებას იძლევა განვსაზღვროთ მეტალურგიული ცოდნის დონე, ტექნოლოგიური ერთიანობის მასშტაბები და რეგიონული თავისებურებები.

წინამდებარე სტატიაში გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის მასალის ტექნიკურ კვლევაზე შევაჩერებთ ყურადღებას. გვიანბრინჯაოს ხანაში საქართველოს ტერიტორიაზე, ორი განსხვავებული სახის კულტურა ჩამოყალიბდა: დასავლურ-ქართული ანუ კოლხური და აღმოსავლურ-ქართული. ორივე კულტურაში, ბრინჯაოს მეტალურგიამ, განვითარების განსაკუთრებულ მაღალ საფეხურს მიაღწია. თითოეული კულტურისათვის დამახასიათებელია თავისებური, სრულიად განსხვავებული ლითონის პროდუქცია. რა თქმა უნდა, სხვაობა შრომის იარაღებში მეურნეობის განსაკუთრებული ხასიათით უნდა აიხსნას, მაგრამ არც საბრძოლო იარაღსა და სამკაულს შორის ჩანს მაინცდამაინც დიდი მსგავსება. ამიტომ, მიჩნეულია, რომ ამ კულტურებში მეტალურგიული წარმოება ერთმანეთისგან დამოუკიდებლად ვითარდებოდა. თუმცა, თითქოს, კოლხური კულტურის მეტალურგიული ცენტრია უფრო აქტიური (აბესაძე, ბახტაძე, 1988: 3)

ბრინჯაოს ხანის ლითონის ტექნოლოგიური კვლევის თვალსაზრისით, განსაკუთრებულ მნიშვნელობას იძენს ისეთი არქეოლოგიური კომპლექსების ანალიზი, რომელთა მასალა წარმოდგენილია სამარხეულ კონტექსტში და მორფოლოგიური მრავალფეროვნებითაც გამოირჩევა. ამ ნიშნით, გამორჩეულია დოლოშას სამაროვანი - მდიდარი ლითონის ინვენტარითა და შედარებით კარგად დათარიღებული არტეფაქტებით (ტაბ. I, II). დოლოშას სამაროვანი, რომელიც მცხეთა-მთიანეთის, დუშეთის მუნიციპალიტეტის სოფელ დოლოშაში მდებარეობს, არის აღმოსავლეთ საქართველოს გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის ერთ-ერთი მნიშვნელოვანი არქეოლოგიური ძეგლი და გამორჩეულ მონაცემებს გვაძლევს შენადნობთა მახასიათებლებისა და დამზადების ტექნოლოგიების შესახებ.

ჩატარებული არქეოლოგიური სამუშაოების აუცილებლობა, 2009 წლის გაზაფხულზე სოფლის ტერიტორიაზე მომხდარმა შემთხვევითმა აღმოჩენებმა განაპირობა. სამანქანო გზის გაჭრისას მიწის სამუშაოების დროს, ფაქტობრივად განადგურდა გვიანი ბრინჯაოს და რკინის ხანის სამაროვნის სამარხები. გადარჩენილი არქეოლოგიური სამუშაოებისას (ექსპედიციის ხელ-ი გ. გოგოჭური), სამაროვანი აღმოჩნდა სოფლის აღმოსავლეთით მდებარე ფერდობზე, რომელიც თავის დროზე სახნავ-სათეს ფართობს წარმოადგენდა (მჭედლიშვილი, 2016: 6).

წინამდებარე კვლევის მიზანია, დოლოშას სამაროვანზე აღმოჩენილი ლითონის არტეფაქტების ქიმიური ანალიზების სინქრონიზაცია, სხვა, მსგავსი შემადგენლობის მქონე, თანადროულ არტეფაქტებთან და ადრეულ მონაცემებთან საქართველოს სხვადასხვა რეგიონიდან. აღნიშნული მიდგომა იძლევა საშუალებას გამოვავლინოთ, როგორც ქრონოლოგიური თანხვედრები, ისე ტექნოლოგიური მსგავსებები და განსხვავებები რეგიონალურ ჭრილში, რაც თავის მხრივ მნიშვნელოვან წვლილს შეიტანს გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის მეტალურგიული სტრატეგიების რეკონსტრუქციაში.

მასალა და კვლევის მეთოდები

დოლოშას სამაროვანზე აღმოჩენილი ბრინჯაოს არტეფაქტების დაზიანების ხასიათის და კოროზიული პროცესების დინამიკის განსაზღვრისთვის გამოყენებულ იქნა შემდეგი ტექნიკურ-ლაბორატორიული კვლევის მეთოდები:

- კოროზიის პროდუქტების კვლევა რენტგენოდიფრაქტომეტრით;
- შენადნობების ტიპის დასადგენად, რენტგენოფლოუორესცენტული სპექტროსკოპიით არტეფაქტების ქიმიური შემადგენლობის განსაზღვრა;
- ნიადაგის (უპირატესად, დოლოშას სამაროვნიდან აღებული სინჯი) ლაბორატორიული გამოკვლევა: ტენიანობის, მარილების შემცველობის და გრუნტის მჟავიანობის დასადგენად
- მასალის რესტავრაცია-კონსერვაცია.

დოლოშას სამაროვანზე ჩატარებული არქეოლოგიური გათხრების შედეგად გამოვლენილი ინვენტარიდან, საანალიზოდ და რესტავრაციისთვის შეირჩა რამოდენიმე არტეფაქტი.

კვლევის პირველ ეტაპზე, რენტგენოდიფრაქტომეტრით (კვლევები ჩატარდა ბერლინის სახელმწიფო მუზეუმის რადგენის სახელობის კვლევით ლაბორატორიაში), შესწავლილ იქნა კოროზიის პროდუქტები (მჭედლიშვილი, 2016: 86).

კოროზიის პროდუქტების ნიმუშები აღებული იყო შემდეგი ნივთებიდან:

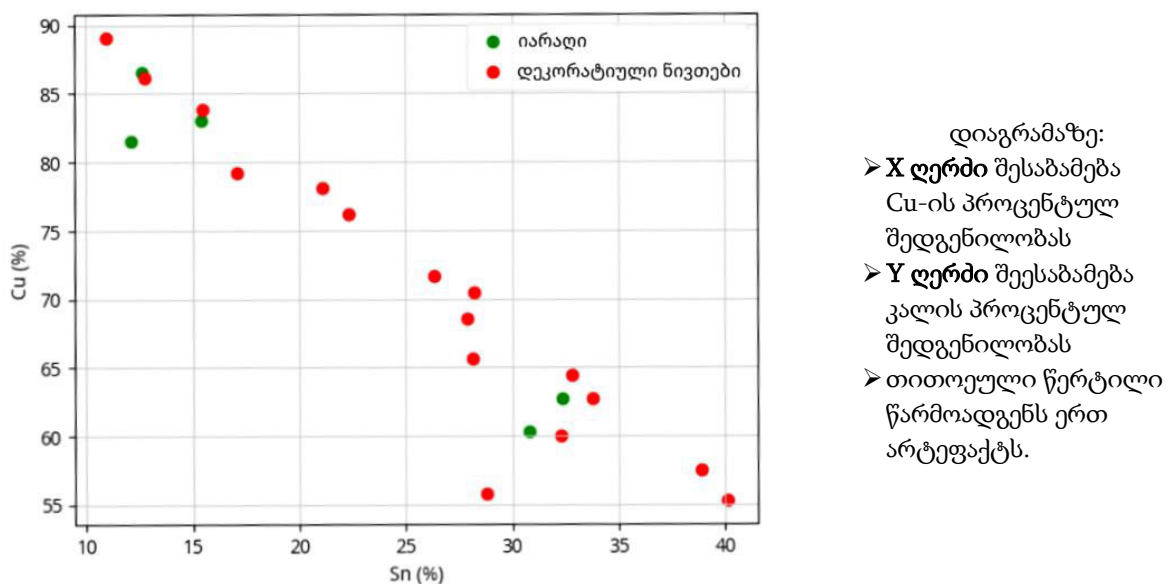
1. ცული №4. დოლ. 08 (ტაბ. I4);
2. სამაჯური №5. დოლ. 08 (ტაბ. I5);
3. ჩქიფი №13. დოლ. 08 (ტაბ. I17).

რენტგენოდიფრაქციით დადგენილი პატინის ნიმუშთა შედგენილობა მოცემულია ცხრილში №1.

გამოკვლევული არტეფაქტები ძირითადად დაზიანებულია კარბონატებითა და ქლორიდებით, კერძოდ, პატინა შედგება კოროზიის რამდენიმე პროდუქტისაგან – აზურიტი, მალაქიტი და ატაკამიტი.

CO₂-ის მაღალი კონცენტრაციის პირობებში არქეოლოგიურ (განამარხებულ) პირობებში მალაქიტი და აზურიტი ტიპური კოროზიის პროდუქტებია და ატაკამიტისგან განსხვავებით შედარებით ხშირად გვხვდება ბრინჯაოზე. სპილენძის (I) ქლორიდის არსებობა შესაძლოა მიუთითებდეს აქტიურ კოროზიულ პროცესებზე, რადგან ქლორიდები, როგორც წესი, ფიქსირდება ტენიან და მჟავე გარემოში (Gettens, 1964: 554).

კვლევის მეორე ეტაპზე, ბრინჯაოს 21 ნივთს ჩაუტარდა სპექტროსკოპიული კვლევა ElvaX-ის პორტატული რენტგენოფლორესცენტული (XRF) სპექტრომეტრით (Emery, Morgenstein, 2007: 115; Pantazis, Karydas et.al. 2002). შედეგები მოცემულია ცხრილში №2. დოლომას სამაროვნის ნივთებში Cu-Sn განაწილება გამოვსახეთ დიაგრამაზე:



სურ. 1. დოლომას სამაროვნის მასალაში Cu-Sn განაწილების დიაგრამა

Cu-Sn განაწილების დიაგრამა კარგად აჩვენებს შენადნობების ჯგუფებს. დიაგრამიდან ვხედავთ, რომ:

➤ ორი ჯგუფი ჩანს:

1. Cu ≈ 80–90 / Sn ≈ 10–15% → ინსტრუმენტები და იარაღი (ცულები, სატეხი, ფირფიტა)
2. Cu ≈ 55–70 / Sn ≈ 25–40% → დეკორატიული ნივთები (სამაჯური, საკინძი, სპირალი, ჯაჭვი, საკიდი და სხვ.)

➤ ტექნოლოგიური განსხვავებაზე თუ ვიმსჯელებთ:

1. ინსტრუმენტები → დამზადებულია მექანიკურად გამძლე ბრინჯაოსგან
2. დეკორატიული ნივთები → როგორც ჩანს, დამზადებულია კალის (Sn) მაღალი შემცველი ბრინჯაოსგან, რომელსაც უკეთესი ჩამოსხმა და ჩაჯდომა ახასიათებს.

გამომდინარე იქიდან, რომ ანალიზი პატინირებულ ზედაპირზე გაკეთდა (რაც XRF-ის შემთხვევაში ხშირად ხდება), ზოგიერთ ნივთში, კალა ძალიან მაღალია (Sn ≈ 30–40%). ჩვენი ვარაუდით, შედეგი რეალურ შენადნობში კალის შემცველობაზე მნიშვნელოვნად მომატებულია. ამიტომ, ასეთი მაღალი კალის (Sn) შემცველობა (40%) სრულიად შესაძლებელია იყოს კოროზიული ფენის ეფექტი და არა ნამდვილი მეტალურგიული მოცემულობა, მითუმეტეს, რომ, ამ შემთხვევებში ყველა ნივთი, სადაც კალა (Sn) 25 %-ზე მეტია - პატინირებულია. ერთ კომპლექსში აღმოჩენილ ნივთებზე შედეგები შეიძლება

მიუთითებდეს მეტალურგიულ „რეცეპტებზე“ კონკრეტული სახელოსნოს ფარგლებში, რაც თავის მხრივ, ძალიან საინტერესოა, მაგრამ მეტალურგიულად ეს მაინც ძალიან მაღალია, ამიტომ, ჩვენ, უფრო კოროზიის ეფექტისკენ ვიხრებით.

ზოგადად, არქეომეტალურგიის კლასიკური დიაპაზონები ასეთია:

- 5–12% Sn – სტანდარტული ბრინჯაო;
- 12–18% Sn – კარგი ჩამოსასხმელი შენადნობი;
- 18–22% Sn – მყარი, მაგრამ უკვე მყიფე.

25–40% Sn, ჩვეულებრივ, პრაქტიკულ ინსტრუმენტებში იშვიათია.

ამ ანალიზებში კიდევ ერთ საინტერესო დეტალს ვხვდებით: ტყვია (Pb) ზოგჯერ საკმაოდ მაღალია, 15% ტყვიის შემცველობა (N11) – უკვე ტყვიის შემცველი ბრინჯაოსკენ იხრება, რაც ასევე საჩამოსხმო თვისებების გასაუმჯობესებლად გამოიყენებოდა.

მიღებული შედეგების საფუძველზე დადასტურდა, რომ დოლომას სამაროვნის ინვენტარი დამზადებულია კალიანი ბრინჯაოსგან.

ბრინჯაოს ნივთებში დაზიანების გამოწვევი მიზეზების/გარემო პირობების გავლენის დადგენის მიზნით, კვლევის მესამე ეტაპზე აღებულ იქნა ნიადაგის ნიმუში დოლომას სამაროვნიდან. ნიადაგის ანალიზი ჩატარდა საქართველოს აგრარულ უნივერსიტეტის, ეკოლოგიური სოფლის მეურნეობისა და ბუნების დაცვის დეპარტამენტში.

კვლევის მიზანი იყო ნიადაგის მჟავიანობის, ტენიანობისა და მარილების შემცველობის განსაზღვრა. შესწავლილი ნიადაგი აღმოჩნდა მჟავე და ტუტიანი. შედეგები მოცემულია ცხრილში №3.

დადგენილია, რომ არქეოლოგიური ბრინჯაოს ნივთის კოროზიული დაზიანების ხარისხი განისაზღვრება მრავალი ფაქტორით — გარემო პირობებით, შენადნობის ტიპით, დამზადების ტექნოლოგიითა და ნივთის მასით. სხმული სქელკედლიანი ნიმუშები უფრო კოროზიამდეგია აგრესიული ზემოქმედების მიმართ, ვიდრე ნაჭედი, დამაბული სტრუქტურის მქონე, თხელკედლიანი არტეფაქტები.

მასალის დამუშავების სხვადასხვა ეტაპზე, მისი შემადგენლობისა და დამზადების ტექნოლოგიის გათვალისწინებით, არტეფაქტების დაცულობის შესაბამისად შემუშავდა რესტავრაცია-კონსერვაციის სამუშაოთა მიმდინარეობის სქემა. სარესტავრაციო პროცესის მნიშვნელოვანი ეტაპი არის სარესტავრაციო სქემის შედგენა. სქემის შემუშავების პროცესში ტარდება ე.წ. ტესტები რათა გამოვლინდეს საუკეთესო მეთოდი. ტესტების ჩასატარებლად, შეირჩა ჩქიფის ოთხი დეტალი (ტაბ. I17).

ოთხივე დეტალი ვიზუალურად იქნა შესწავლილი ბინოკულარულსა და საშუალებით. დაზიანების ტიპი მცირედით განსხვავდებოდა ერთმანეთისგან. განისაზღვრა დამუშავების სხვადასხვა მეთოდები (რბილი ჯაგრისით, ხის ჩხირებითა და ლანცეტით, რბილი ძუის ჯაგრისით, ტიტრიპლექსის ხსნრით).

დამუშავების შემდგომ, ოთხივე დეტალი მოთავსდა ექსპიკატორში, რათა შეფასებულიყო თითოეული მეთოდის გავლენა ფრაგმენტების სტაბილურობაზე ხელოვნურად შექმნილ ტენიან გარემოში (Fjaestad et al., 1996: 873). ექსპიკატორში ნიმუშები განთავსებული იყო 28 დღის განმავლობაში, პარალელურ დაკვირვების რეჟიმში. ამ პერიოდში არც ერთ დეტალზე არ გამოვლენილა რაიმე სახის ცვლილება.

ექსპერიმენტის დასრულების შემდეგ, ყველა დეტალი ბინოკულარის საშუალებით იქნა შესწავლილი. დადგინდა, რომ სარესტავრაციოდ შერჩეული ოთხივე მეთოდი მისაღები აღმოჩნდა აღნიშნული ნივთისთვის, რადგან არც ერთ დეტალს არ განუცდია რაიმე სახის დაზიანება ან ცვლილება.

აღნიშნული ექსპერიმენტული კვლევის პარალელურად ჩატარდა ძირითადი სამუშაოც - დოლომის სამაროვანზე აღმოჩენილ ბრინჯაოს 21 არტეფაქტს ჩაუტარდა რესტავრაცია-კონსერვაცია.

პროცესი ყველა ნივთზე თითქმის ერთნაირი სქემით წარიმართა და მათი დამუშავება მექანიკური მეთოდით განხორციელდა. ნივთების ზედაპირული წმენდისას რაიმე სპეციფიკური სირთულე არ გამოვლენილა. სირთულე მოჰყვა ნივთის ორიგინალი ზედაპირის გამოჩენის მცდელობას, რომელიც ხშირად დაფარული იყო სპილენძის კარბონატისა საკმაოდ მკვრივი ფენებით.

დოლომას სამაროვანზე აღმოჩენილი ბრინჯაოს ნივთების ანალიზების შედეგების შედარება მოვახდინეთ, საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის არტეფაქტებთან, რომელთა საერთო მახასიათებელია კალის მაღალი შემცველობის მქონე შენადნობი. ყველა არტეფაქტი ქრონოლოგიურად მიეკუთვნება გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანას.

უდეს განძი

1956 წელს, სოფელ უდემი (ადიგენის მუნიციპალიტეტი, სამხრეთ საქართველო), 1,5 მ სიღრმეზე, მიწის დამუშავების დროს, შემთხვევით, ბრინჯაოს სარტყელების განიერ ფირფიტებში გახვეული, გვიანბრინჯაოს ხანის განძი იქნა აღმოჩენილი.

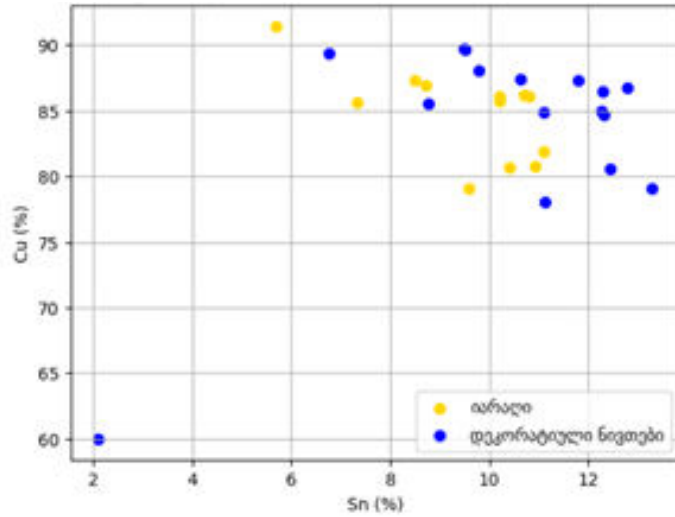
განძი, უმთავრესად, ბრინჯაოს ნივთებისგან შედგებოდა (კოლხური ცულები, ისრისპირები, შუბისპირები და ხელშუბისპირები, ოთხბორცვიანი ლახტისთავები, ყობანის ტიპის აბზინდები, ბალთები, პინცეტები, სამაჯურები, ბეჭდები და სხვ.), აგრეთვე რამდენიმე რკინისშემცველი ნივთი იყო წარმოდგენილი (სატევრისპირები, საკინძები და შუბისპირი). არქეოლოგიური მონაცემებით ეს განძი ძვ. წ. XI-IX საუკუნეებით თარიღდება (Чубинишвили, Татишвили, და სხვ. 1957: 166).

განძის ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევა, ს.ჯანაშიას საქართველოს სახ. მუზეუმის³ ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში 1980-იან წლებში განხორციელდა და მნიშვნელოვან მასალას იძლევა ამ პერიოდის სამხრეთ საქართველოს კულტურის შესასწავლად.

უდეს განძიდან ბრინჯაოს ფუნქციურად სხვადასხვა დანიშნულების 30 ნივთის ელემენტური ანალიზების შედეგებმა აჩვენა, რომ 17 ერთეულში კალის შემცველობა 10-დან 13%-მდე, 8 მათგანში 7-დან 9%-მდე მერყეობს. ამ შედეგებზე დაყრდნობით, გამოითქვა მოსაზრება, რომ სამხრეთ საქართველოში, გვიანბრინჯაოს ხანაში, ნივთების დასამზადებლად გამოიყენებოდა მაღალი რაოდენობის კალის შემცველი ბრინჯაო. იშვიათ შემთხვევაში კალიანი ბრინჯაოს გარდა იყენებდნენ დარიშხნიან სპილენძსაც (ან.NN12,15,28) (ცხრილი 1, გვ.167).

უდეს განძის ნივთებში Cu-Sn განაწილება გამოვსახეთ დიაგრამაზე:

³ ამჟამად, ს.ჯანაშიას საქართველოს მუზეუმი ეწოდება და შედის საქართველოს ეროვნული მუზეუმის გაერთიანებაში.



X ღერძი შესაბამემა სპილენძის პროცენტულ შედგენილობას (Cu %)
Y ღერძი შეესაბამება კალის პროცენტულ შედგენილობას (Sn %)
 თითოეული წერტილი წარმოადგენს ერთ არტეფაქტს.

სურ. 2. უდეს განძის ნივთებში Cu-Sn განაწილების დიაგრამა

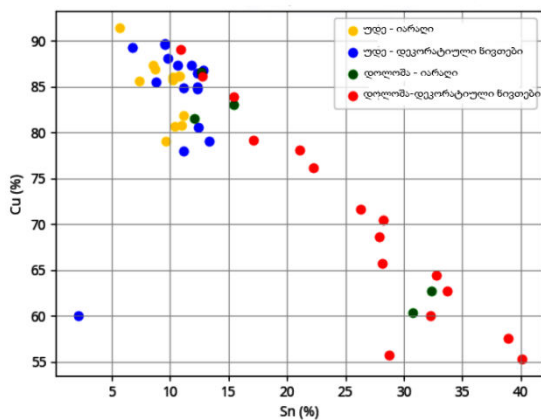
დიაგრამა გვიჩვენებს, რომ:

- ძირითადი ჯგუფს წარმოადგენს ნივთები (თითქმის მთლიანად იარაღი), რომელშიც დაახლოებით Cu 80–88% და Sn 9–12% დიაპაზონშია - ეს არის კლასიკური კალიანი ბრინჯაო.
- დეკორატიულ ნივთებში კალის დიაპაზონი უფრო ფართოა (~6–13%), რაც ხშირად ტექნოლოგიურ თავისებურებებზე მიუთითებს.
- ერთ აშკარა გამონაკლისს წარმოადგენს „თეთრი შენადნობის“ ბალთა (Cu≈60 / Sn≈2), რომელიც დიდი რაოდენობით დარიშხნის (As) შემცველია და სხვა ტიპის შენადნობს წარმოადგენს.

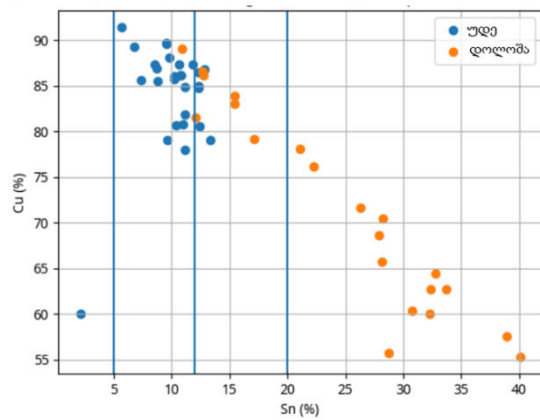
არქეომეტალურგიული ხედვით, უდეს მასალაში ჩანს:

1. სტანდარტიზებული ბრინჯაოს რეცეპტი (დაახლ. 10–12% Sn).
2. მცირე ვარიაციები შეიძლება იყოს:
 - სხვადასხვა სახელოსნო;
 - გადადნობილი მეტალის გამოყენება;
 - განსხვავებული ფუნქცია (იარაღი / სამკაული).

შემდეგ ეტაპზე შევადგინეთ დიაგრამები, სადაც დოლოზას და უდეს მასალაში Cu-Sn განაწილება ერთადაა ნაჩვენები:



1.



2.

- სურათი. 3. 1. დოლოშას და უდეს ნივთებში Cu-Sn განაწილების დიაგრამა;
2. დოლოშად და უდეს მასალაში Cu-Sn ტექნოლოგიური ზონების განაწილების დიაგრამა.

მესამე დიაგრამაზე მკაფიოდ ჩანს:

- **უდე - კომპაქტური ტექნოლოგიური ჯგუფი**
უდეს ნივთები ძირითადად ხვდება 8–12% Sn დიაპაზონში. ეს არის კლასიკური კალიანი ბრინჯაოს შედგენილობა.
- **დოლოშა - ძალიან ფართო დიაპაზონი**
დეკორატიული ნივთები ადის 20–40% Sn-მდე.
- **იარაღი ორივე კომპლექსში შედარებით სტანდარტულია**
იარაღი უფრო ახლოს არის 10–15% Sn დიაპაზონთან.
დიაგრამა N4 - გამოსახავს Cu-Sn ზონების განაწილებას:

მეოთხე დიაგრამაზე ვერტიკალური ხაზებით გამოყოფილია სამი ტექნოლოგიური ზონა:

- Sn <5% → დაბალ-კალიანი ბრინჯაო
- 5–12% → საშუალო-კალიანი ბრინჯაო
- 12–20% → მაღალ-კალიანი ბრინჯაო
- Sn >20% → თეთრი ბრინჯაო

სპილენძ-კალის (Cu-Sn) ორივე დიაგრამა ორ ჯგუფს შორის აშკარა შედგენილობით დიაპაზონებს და ტექნოლოგიურ განსხვავებას აჩვენებს. უდეს არტეფაქტები გროვდება საშუალო კალიანი ბრინჯაოს ველში (დაახლ. 8–11% Sn), რაც ტიპურია კლასიკური (იარაღი) ბრინჯაოს შენადნობებისთვის. ამის საპირისპიროდ, დოლოშას მასალის (პატინირებული) ერთობლიობა ფართოდ ვრცელდება მაღალი კალიანი ბრინჯაოს ველში, ზოგი ნიმუში ადის 30–40% Sn-მდე, რაც შეიძლება ასახავდეს როგორც შემადგენლობის ცვალებადობას, ასევე პატინირებული ზედაპირების ანალიტიკურ გავლენას.

ამ პერიოდში, ჩამოსხმის ტექნიკაც მაღალ დონეზე იყო, ამას მოწმობს როგორც საგნების მრავალფეროვნება, ასევე რთული და მხატვრული სხმულები. რთული ორნამენტირებული საგნების ჩამოსხმა მიუთითებს სპეციალური ყალიბების და ფორმების გამოყენებაზე (აბესაძე, 1988: 175).

კოლხეთის ბრინჯაო

XX საუკუნის 80-იან წლებში ს.ჯანაშიას საქართველოს სახ. მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში განხორციელდა კოლხური კულტურის ბრინჯაოს არტეფაქტების ქიმიურ-ტექნოლოგიური კვლევა. კვლევისათვის გამოყენებულ იყო სპექტრული და ქიმიურ-რაოდენობითი ანალიზები (პირველი აწარმოა ლაბორატორიის უმცრ. მ/თ ნ.სარაჯიშვილმა, მეორე უფრ. მ/თ რ.ბახტაძემ და ც.აბესაძემ) (აბესაძე, ბატაძე, 1988: 6). სამუშაოები მნიშვნელოვან მასალას იძლევა გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანის, დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა რეგიონის (აჭარა, გურია, იმერეთი, სამეგრელო, რაჭა, ლეჩხუმი, სვანეთი, აფხაზეთი) უძვეესი მეტალურგიის შესასწავლად. დღეის მონაცემებით, ზემოაღნიშნული მასალა მთელი საქართველოს მასშტაბითაა გადანაწილებული, ნაწილი დაცულია ბათუმის, ოზურგეთის, ჩოხატაურის, ქუთაისის, ზუგდიდისა და საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმებში, ზოგიერთი მათგანი ინახება თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის არქეოლოგიის კაბინეტში.

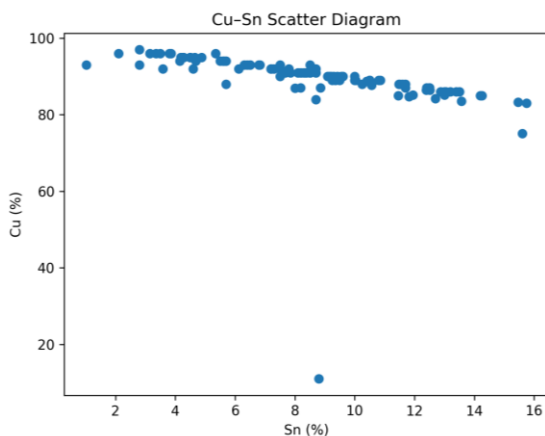
მიმდინარე კვლევისას დამუშავებულ მასალაში, დოლოშას სამაროვნის თანადროული ძეგლებიდან, გამოვყავით კალისშემცველი ბრინჯაოსგან დამზადებული კოლხეთის ნივთების ქიმიური შედგენილობის ამსახველი მონაცემებიც. ამ ჯგუფში მოხვდა როგორც განძების სახით აღმოჩენილი (ზენითის განძი, 1962; ერგეს განძი, 1936; ეკალაურის განძი, 1960), ისე სამარხეული მასალა და შემთხვევითი მონაპოვრები (სახალვაშო 1978; ხიხაძირი, 1979; ფუშრუკაული, 1976; ხუცუბანი, 1945; ანგისა, 1979; მახუნცეთი, 1970; ქობულეთი (ისპანი); ალამბარი, 1926; კირნათი, 1979; საღორეთი, 1961;

ორცხვა, 1973; თამარის გორა, 1975; ვერნები, 1965; ჭვანა, 1955; ხალა, 1954; ურეკი, 1946, 1954; შრომა; ზეკარი, 1924 და სხვ.), (აბესამე, ბახტაძე, 1988: 58-73, ცხრ. #1), (ცხრილი 4).

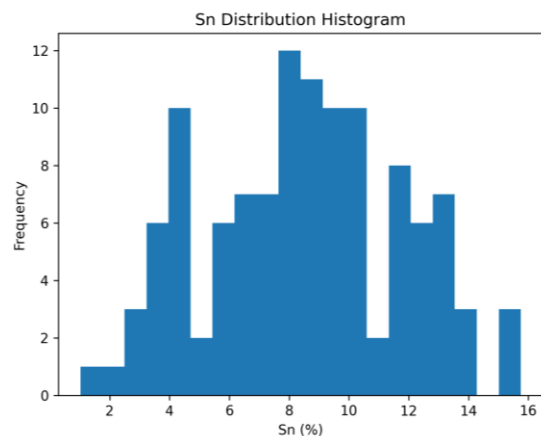
კოლხეთის ბრინჯაოს ნაწარმიდან ძირითადად ქიმიურად შესწავლილ იქნა კოლხური ცულები, შუბისა და სატევრის პირები, სარტყლები, ბალთები, საწვივე რგოლები ეშერიდან, ყულანურხვადან, გალის რაიონიდან და სხვა (ცხრილი 4, ან.NN262-287).

ზემოთჩამოთვლილი ნივთები ძირითადად დამზადებულია კალიანი ბრინჯაოსაგან. განსაკუთრებით ჭარბი რაოდენობითაა კალა ეშერისა და ყულანურხვას ნივთებში 8-დან 15%-მდე (ცხრილი 4, ან.NN262-282), შედარებით მცირე რაოდენობით გალის რაიონის ნივთებში - 2,1-დან 7,5%-მდე (ცხრილი 4, ან.NN283-287). გარდა კალისა, მინიატურულ ცულში 1,25% დარიშხანიც აღინიშნა (ცხრილი 4, ან.N283).

კოლხეთის მასალაში კალიანი ბრინჯაოსგან დამზადებული ნივთების 142 ანალიზიდან (ცხრილი 4) მიღებული მონაცემების მიხედვით აგებულ არქეომეტალურგიულ დიაგრამებზე კარგად ჩანს ობიექტებში სპილენძის და კალის გაფანტვის (სურ. 1) და კალის მონაცემთა ერთობლიობის, ინტერვალების მიხედვით განაწილების სურათი (სურ.4₂).



1.



2.

სურათი. 4. 1. კოლხეთის მასალაში Cu-Sn-ის გაფანტვის მაჩვენებელი დიაგრამა.

2. კოლხეთის მასალაში Sn-ის განაწილების ჰისტოგრამა

შედეგები და მსჯელობა

დოლომას არტეფაქტებზე ჩატარებულმა ლაბორატორიულმა კვლევებმა გამოავლინა ორი ტიპის პატინა- გლუვი პატინა, რომელიც ფარავს მთელ ზედაპირს და უზრუნველყოფს შენადნობის სტაბილურობას (Robbiola, Pereira, et.al., 1998: 137), და არაერთგვაროვანი პატინა ღრმულოვანი კოროზიის ნიშნებით (Böhni, 2000: 180). ეს განსხვავება პირდაპირ კავშირშია ნივთების დამზადების ტექნიკასთან, წონასთან, ზომასთან და შენახვის გარემოს ქიმიურ პარამეტრებთან (ტუტიანობა, ტენიანობა, მარილები). განსაკუთრებული მნიშვნელობა ენიჭება სპილენძის ქლორიდების არსებობას (CuCl), რაც შესაძლოა მიუთითებდეს შენადნობების მეორე ფაზური დაშლის პროცესზე.

დოლომას სამაროვნის გრუნტის კომპლექსურად შესწავლის საფუძველზე დადგენილია, რომ ნიადაგი მშრალი და ტუტიანია, ხოლო ნახშირორჟანგი წარმოქმნილია ორგანული მასალის დაშლის შედეგად (სამაროვნზე დაფიქსირდა ძვლოვანი მასალის და ტყავის არსებობა). ლაბორატორიულმა კვლევამ აჩვენა, რომ ჟანგბადისა და მჟავის დაბალი შემცველობის პირობებში სპილენძის (I) და ქლორის იონები ილექება ნანტოკიტის (CuCl) სახით — ნივთის ზედაპირზე, კუპრიტის ფენაში ან მის ქვეშ, ასევე სპილენძის (II) მარილების გარე ფენის ქვემოთ. კოროზიის პროდუქტების წარმოქმნის მრავალსაუკუნოვანი მექანიზმის ზუსტი დადგენა საკმაოდ რთულია, თუმცა, ვფიქრობთ,

რომ ისინი მშრალ, ტუტე პირობებში ორგანული მასალის ოქსიდაციით არის წარმოქმნილი, რაც ნახშირორჟანგის კონცენტრაციის მატებას იწვევს. ამასთან, კვლევების შედეგად დადგინდა, რომ არტეფაქტები დაზიანებულია კარბონატებითა და ქლორიდებით, ხოლო პატინა შედგება კოროზიის შემდეგი პროდუქტებისგან: აზურიტი, მალაქიტი და ატაკამიტი. აღნიშნული გარემოება მიუთითებს იმაზე, რომ ნივთების ზედაპირი მინერალიზებული იყო და სწორედ ეს ფაქტორი აისახა XRF ანალიზით მიღებულ მონაცემებზე.

განსაკუთრებით მნიშვნელოვანია აღინიშნოს, რომ დოლომას არტეფაქტებზე ქიმიური ანალიზი შესრულდა თანამედროვე პორტატული XRF სპექტრომეტრით, რომელიც ზედაპირული ფენების მიმართ მაღალი მგრძობიარობით ხასიათდება. ხოლო სხვა რეგიონებიდან მიღებული მონაცემები, რომლებიც ძირითადად მე-20 საუკუნეშია ჩატარებული, ეფუძნებოდა სუფთა შენადნობიდან აღებულ სინჯებზე ჩატარებულ ანალიზებს და არ ასახავდა კოროზიული ფენების ქიმიურ შემადგენლობას. შესაბამისად, დოლომას არტეფაქტებში დაფიქსირებული კალის განსაკუთრებით მაღალი შემცველობა შესაძლოა ნაწილობრივ სწორედ ზედაპირზე არსებული კოროზიული ფენების გავლენით იყოს განპირობებული.

დასკვნა

განხორციელებული სამეცნიერო კვლევების შედეგად მიღებული მონაცემების შეჯამებამ მიგვიყვანა შემდეგ დასკვნამდე, რომ შესწავლილი არტეფაქტები, რომლებიც დოლომას სამაროვანზე იქნა აღმოჩენილი, მიეკუთვნება კალის მაღალი შემცველობის მქონე ბრინჯაოს შენადნობთა ჯგუფს და ახასიათებს მკვრივი მოცისფრო-მომწვანო ფერის პატინა. ასეთი პატინა შესაძლოა წარმოიქმნას კალის მაღალი ლეგირების ბრინჯაოს ზედაპირზე.

მიუხედავად მეთოდოლოგიური სხვაობებისა, დოლომას მონაცემების შედარება ადრეულ ანალიზებთან აჩვენებს აშკარა თანხვედრას: საქართველოს სხვადასხვა რეგიონიდან (დოლომა-აღმოსავლეთი, კოლხეთი-დასავლეთი და უდე-სამხრეთ საქართველო) აღმოჩენილ ლითონის ნივთებშიც კალიანი შენადნობები დომინირებს. ეს მიანიშნებს შენადნობთა შემადგენლობის თვალსაზრისით მეტალურგიული პრაქტიკის სტაბილურობასა და სტანდარტიზაციაზე, რაც თავის მხრივ მეტყველებს როგორც ცოდნის გავრცელებაზე, ისე ტექნოლოგიურ კოორდინაციაზე საქართველოს რეგიონებს შორის გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანაში, თუმცა ახასიათებს ლოკალური თავისებურებებიც.

ყველა რეგიონში, ფუნქციური იარაღი და ინსტრუმენტები სრულიად კლასიკურ ბრინჯაოშია მოქცეული: Sn - 12% -დან 15%-მდე საზღვრებში.

დოლომას დეკორატიულ ნივთებში (სამაჯური, საკინძი, საკიდი, ჯაჭვი, სპირალი, მილაკები, სარტყელი) ძალიან მაღალი კალის შემცველობა ჩანს, რაც შეიძლება იყოს:

- მაღალი კალა შეიძლება აიხსნას ზედაპირული ფენის კოროზიული გამდიდრებით, რადგან კალის ოქსიდების დაგროვება ხშირად იწვევს ანალიზში კალის შემცველობის ხელოვნურ ზრდას.
- შერეული ანალიზი (კოროზია + შენადნობი) ყველაზე სავარაუდო განმარტებაა: შენადნობში კალის შემცველობა შეიძლება იყოს დაახლოებით 15–20% , ხოლო ანალიზში დაფიქსირებულია დაახლოებით 25–40% კალა.
- გარკვეული ტექნოლოგიური არჩევანი, რაც, ჩვენი აზრით, ნაკლებ სავარაუდოა.

ამრიგად, სხვადასხვა რეგიონის ბრინჯაოს ნაწარმზე არსებული, ძველი და ახალი მონაცემების შედარებით, დადასტურდა, რომ გვიანბრინჯაო-ადრე რკინის ხანაში, მთელი საქართველოს მასშტაბით, ბრინჯაოს მეტალურგიამ თავისი განვითარების უმაღლეს საფეხურს მიაღწია. ეს იყო ბრინჯაოს მეტალურგიის აყვავების ხანა და ამ დროს, საქართველოს მთელ ტერიტორიაზე, უკვე ფუნქციონირებს რამდენიმე ერთმანეთისაგან დამოუკიდებელი მელატალურგიული ცენტრი.

ცხრილი №1: რენტგენო-დიფერაქციის შედეგები

	ნიმუში #	ანალიზის შედეგი	ქიმიური ფორმულა
1	#4-ცისფერი	აზურიტი	$Cu_3(CO_3)_2(OH)_2$
2	#4-ცისფერი	სპილენძის(II) ოქსიდი	CuO
3	#4-მწვანე	მალაქიტი	$Cu_2CO_3(OH)_2$
4	#5	მალაქიტი	$Cu_2CO_3(OH)_2$
5	#5	სპილენძის (I) ქლორიდი	$CuCl$
6	#5	სპილენძის(II) ოქსიდი	CuO
7	#5	კვარცი	SiO_2
8	#13	მალაქიტი	$Cu_2CO_3(OH)_2$
9	#13	ატაკამიტი	$Cu_2Cl(OH)_3$
10	#13	სპილენძის(I) ქლორიდი	$CuCl$

ცხრილი №2.

დოლოშას სამაროვანზე აღმოჩენილი ინვენტარის სპექტროსკოპიული კვლევის შედეგები

№	ნივთის დასახელება და №	Cu	Sn	Pb	Fe
1	ცული - N3.დოლ.08.	81.555	12.074	3.097	0.326
2	ცული - N4.დოლ.08.	86.585	12.631	0.261	-
3	სამაჯური - N5.დოლ.08.	55.288	40.08	3.868	-
4	სამაჯური - N6.დოლ.08.	86.145	12.745	0.766	0.344
5	საკინძი - N7.დოლ.08.	62.726	33.745	-	0.329
6	სატეხი - N8.დოლ.08.	83.014	15.414	-	-
7	სადგისი - N9.დოლ.08.	62.706	32.358	4.935	-
8	სპირალი - N10.დოლ.08.	65.673	28.144	3.335	0.329
9	საკინძი - N11.დოლ.08.	55.762	28.761	15.477	
10	საკინძი (2ც) - N12.დოლ.08.	68.576	27.865	-	0.899
11	ჩქიფი - N13.დოლ.08.	71.676	26.338	-	
12	ხვია - N14.დოლ.08.	83.852	15.462		
13	ხვია - N15.დოლ.08.	64.447	32.785		0.738
14	საკიდი - N16.დოლ.08.	57.5	38.897		0.516
15	შუბის პირის მასრა - N17.დოლ.08.	60.335	30.801	1.112	1.453
16	სარტყელის ფრაგმენტები - N18.დოლ.08.	70.439	28.198	0.727	
17	ჯაჭვი - N19.დოლ.08.	59.972	32.275		0.366
18	მილაკების ფრაგმენტები - N22.დოლ.08.	76.189	22.296	1.034	
19	მილაკების ფრაგმენტები - N23.დოლ.08.	78.067	21.1184	0.32	
20	სარტყლის ფრაგმენტები - N35.დოლ.08.	89.078	10.922		
21	ფირფიტის ფრაგმენტი - N38.დოლ.08.	79.172	17.106		

ცხრილი №3. ნიადაგის კვლევის შედეგები

მახასიათებელი	ანალიზის შედეგი	კატეგორია
pH	8,86	ტუტე
ტენიანობა (%)	20,90	-
ხსნადი მარილების საერთო შემცველობა (%)	0,057	არ არის მლაშე

ცხრილი 4. უღეს განმის ბრინჯაოს ნივთების ქიმიური და სპექტრული ანალიზის შედეგები

№	ნივთის	N	ადგილი	Cu	Sn	Pb	Fe	Zn	As	Sb	Bi	Si	Ni	Al	Mn	Ag	Au
1	შუბისპირი	18	სოფ. უღეს	86,09	10,20	0,1	0,1	0,25	კვ.	კვ.	კვ.	0,05	0,07	კვ.	კვ.	არის	კვ.
2	შუბისპირი	23	„ „	85,69	10,20	0,2	0,1	0,15	0,27	კვ.	კვ.	0,03	0,08	კვ.	კვ.	არის	კვ.
3	შუბისპირი	6	„ „	86,20	10,71	0,1	კვ.	0,5	კვ.	0,34	კვ.	0,05	0,08	კვ.	კვ.	არის	კვ.
4	ისრისპირი	25	„ „	86,10	10,80	0,3	0,3	არა	არა	კვ.	კვ.	0,01	0,05	კვ.	კვ.	კვ.	არა
5	ისრისპირი	1	„ „	80,80	10,93	კვ.	0,1	1,0	არა	კვ.	კვ.	0,07	0,15	კვ.	კვ.	არის	კვ.
6	ცული	24	„ „	87,30	8,49	0,5	0,04	არა	0,40	1,49	კვ.	0,01	0,05	კვ.	კვ.	არის	კვ.
7	ცული	22	„ „	86,91	8,72	2,8	0,05	არა	0,22	0,24	0,005	0,05	0,03	კვ.	კვ.	არის	კვ.
8	ცული	14	„ „	80,64	10,40	0,3	0,1	არა	2,30	კვ.	0,007	0,09	0,09	კვ.	კვ.	არის	კვ.
9	ცული	20	„ „	81,85	11,10	0,5	0,1	კვ.	კვ.	0,24	0,005	0,1	0,08	კვ.	კვ.	არის	კვ.
10	ლახტისთავი	8	„ „	85,62	7,34	0,25	0,1	1,5	1,1	3,01	კვ.	0,05	0,007	არის	კვ.	არის	არა
11	ლახტისთავი	10	„ „	79,04	9,59	0,2	0,1	1,0	1,1	0,4	კვ.	0,5	0,1	კვ.	კვ.	=	კვ.
12	ისრისპირი	13	„ „	93,72	კვ.	0,2	0,1	კვ.	2,02	კვ.	კვ.	0,007	0,08	კვ.	არა	-	კვ.
13	ისრისპირი	12	„ „	91,43	5,69	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	-	-	-	-	-	-	-
14	ბალთა	2	„ „	89,70	9,50	0,25	0,1	კვ.	0,43	1,6	-	-	-	-	-	-	-
15	ბალთა-ანალოგი „თეთრი შენადნობი“	2	„ „	60,00	2,10	8,20	0,1	2,0	19,9	1,2	-	-	-	-	-	-	-
16	ბალთა	5	„ „	87,36	10,64	0,03	0,1	არა	0,27	1,66	კვ.	0,05	0,05	კვ.	კვ.	არის	კვ.
17	ბალთა	9	„ „	78,02	11,12	კვ.	0,1	არა	0,15	0,4	არა	0,15	0,02	კვ.	კვ.	არის	არა
18	ბალთა	7	„ „	85,00	12,28	კვ.	0,1	კვ.	0,016	არა	კვ.	0,15	0,15	კვ.	კვ.	არის	არა
19	ბალთა	27	„ „	86,51	12,30	0,35	0,25	0,01	კვ.	კვ.	0,005	0,03	0,05	კვ.	კვ.	არის	კვ.
20	ბალთა	3	„ „	84,70	12,31	კვ.	0,1	კვ.	0,3	კვ.	კვ.	0,1	0,1	კვ.	კვ.	არის	კვ.
21	ბალთა	15	„ „	86,75	12,80	0,25	0,1	არა	კვ.	კვ.	კვ.	0,05	0,1	კვ.	კვ.	არის	კვ.
22	ბალთა	17	„ „	79,07	13,3	0,2	0,1	0,5	0,4	1,4	კვ.	0,05	0,06	კვ.	კვ.	არის	კვ.
23	სამაჯური	29	„ „	89,32	6,76	0,6	0,03	0,01	0,6	კვ.	0,02	0,05	0,03	კვ.	კვ.	არის	კვ.
24	სამაჯური	28	„ „	89,6	9,52	0,5	0,03	0,02	არა	კვ.	0,02	0,05	0,03	კვ.	კვ.	არის	კვ.
25	საკინძი გადაგ- რებილი თავით	16	„ „	85,54	8,77	0,22	0,1	0,2	კვ.	კვ.	კვ.	0,05	0,1	კვ.	კვ.	არის	კვ.
26	საკინძი	21	„ „	84,83	11,10	0,03	0,1	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.	არა	0,06	კვ.	არა	არის	არა
27	საკინძი	19	„ „	80,55	12,44	კვ.	კვ.	არა	0,95	2,71	-	-	-	-	-	-	-
28	პინცეტი	4	„ „	94,9	კვ.	0,4	0,1	1,5	2,67	კვ.	კვ.	0,05	0,15	კვ.	არა	არის	კვ.
29	ვიწრო სარტყელი	11	„ „	88,08	9,80	0,2	0,1	1,0	კვ.	კვ.	კვ.	0,1	0,1	კვ.	კვ.	კვ.	არა
30	განიერი	33	„ „	87,30	11,80	0,2	0,01	არა	არა	არა	0,005	0,03	0,01	კვ.	კვ.	კვ.	კვ.

ცხრილი 5.

კოლხური კულტურის კალის შემცველი ბრინჯაოს ნივთების ქიმიურ სპექტრული ანალიზის შედეგები - %														
N	ან. NN	ნივთის დასახელება	ნივთის N	აღმოჩენის ადგილი და წელი	Cu	Sn	Pb	Fe	Zn	As	Sb	Ag	Ni	Co
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	3	ცული	აჭ. მ. 47	ზენითის განძი 1962	ძ. ბ.	8,7	0,35	0,15	-	-	0,3	"	0,018	-
2	4	ცული	აჭ. მ. 48	ზენითის განძი, 1962	ძ. ბ.	12,5	0,7	0,9	<0.0001	-	1,2	0,001	0,018	<0.0001
3	5	ცული	აჭ. მ. 49	ზენითის განძი, 1962	ძ. ბ.	10,5	0,21	0,18	-	-	-	"	0,04	-
4	15	ცული კოლხური	აჭ. მ. 38	ერგეს განძი 1936	ძ. ბ.	4,5	0,1	0,15	-	3,2	0,15	"	0,02	-
5	18	ცული კოლხური	აჭ. მ. 41	ერგეს განძი, 1936	ძ. ბ.	13,0	0,15	0,15	0,15	0,2	0,05	"	0,02	-
6	20	ცული კოლხური	აჭ. მ. 43	ერგეს განძი, 1936	ძ. ბ.	10,5	0,02	0,35	0,35	-	0,04	"	0,02	<0.0001
7	25	თოხი	აჭ. მ. 17867	ეკალაურის განძი, 1960	ძ. ბ.	4,5	0,25	0,7	0,02	4,4	~0.006	-	0,01	-
8	42	ცული კოლხური	აჭ. მ. 213231	სახალვაშო 1978 წ.	ძ. ბ.	8,5	0,42	0,25	0,01	5,6	0,05	-	0,02	-
9	43	ცული კოლხური	აჭ. მ. 213232	სახალვაშო 1978 წ.	ძ. ბ.	6,8	0,55	0,9	0,01	5,8	0,2	-	0,014	-
10	44	ცული კოლხური	აჭ. მ. 213237	სახალვაშო 1978 წ.	ძ. ბ.	5,7	0,12	0,23		5,7	0,1	-	0,012	-
11	46	ცული კოლხური	აჭ. მ. 213239	სახალვაშო 1978 წ.	ძ. ბ.	7,8	0,02	1,5	-	-	-	-	0,018	-
12	47	ცული კოლხური	აჭ. მ. 2132314	სახალვაშო 1978 წ.	ძ. ბ.	11,7	0,01	0,2	-	1,27	-	0,0001	0,05	~0,01
13	49	ცული კოლხური	აჭ. მ. 217971	ხიხადირი, 1979	ძ. ბ.	7,5	0,2	0,2	-	0,01	0,08	"	0,02	-
14	50	ცული კოლხური	აჭ. მ. 217972	ხიხადირი, 1979	ძ. ბ.	8,5	0,35	0,25	-	0,35	1,8	"	0,02	<0,001
15	56	ცული კოლხური	აჭ. მ. 20246	ფუმრუკაული, 1976	ძ. ბ.	9,8	0,2	0,35	-	0,32	0,05	"	0,015	-
16	57	ცული კოლხური	აჭ. მ. 12607	ხუცუბანი, 1945	ძ. ბ.	10,9	0,2	0,18	-		0,03	"	0,02	-
17	58	ცული კოლხური	აჭ. მ. 21799	ანგისა, 1979	ძ. ბ.	7,2	0,22	0,35	<0.001	2,8	0,3	"	0,02	-
18	59	წალდი	აჭ. მ. 19791	მახუნცეთი, 1970	ძ. ბ.	3,6	0,25	0,35	-	5,25	0,06	"	0,016	-
19	60	წალდი	აჭ. მ. 217975	ქობულეთი (ისპანი)	ძ. ბ.	3,5	0,13	0,35	-	4,8	0,06	"	0,02	-
20	61	ცული კოლხური	აჭ. მ. 34/50	ალამბარი, 1926	ძ. ბ.	7,8	0,14	0,35	<0.0001	0,85	1,5	"	0,015	-
21	62	ცული კოლხური	აჭ. მ. 21798	კირნათი, 1979	ძ. ბ.	2,7	0,13	<0,01	-	3,2	~0,01	"	0,01	-
22	63	ცული კოლხური	აჭ. მ. 18391	სალორეთი, 1961	ძ. ბ.	9,5	0,35	0,37	0,01	-	~0,01	"	0,05	-
23	64	ცული კოლხური	აჭ. მ. 19976	ორცხვა, 1973	ძ. ბ.	6,8	0,22	0,35	-	0,35	0,03	"	0,05	-
24	65	ცული კოლხური	აჭ. მ. 20181	თამარის გორა, 1975	ძ. ბ.	8,5	0,03	0,3	-	-	-	"	0,03	-
25	66	ცული კოლხური	აჭ. მ. 1134	ვერნები, 1965	ძ. ბ.	3,6	0,21	0,22	-	0,33	0,05	"	0,012	-
26	67	ცული კოლხური	აჭ. მ. 515	ჭვანა, 1955	ძ. ბ.	7,6	0,1	0,23	-	-	-	"	0,012	-
27	68	საკანჭური	აჭ. მ. 512	ხალა, 1954	ძ. ბ.	8,5	0,55	0,2	-	-	1,6	"	0,02	-
28	69	ცული კოლხური	აჭ. მ. 505	" "	ძ. ბ.	7,8	0,32	0,2	~0.001	-	0,01	"	0,02	-
29	73	ნამგალი	აჭ. მ. 682	აღმ. ადგილი უცნობია	ძ. ბ.	3,7	0,33	0,2	0,01	5,17	0,2	"	0,05	-
30	74	ცული კოლხური	2-46:1	ურეკი, 1946	ძ. ბ.	14,2	0,12	0,4	-	-	-	"		-
31	75	სატევარი	2-46:2	" "	ძ. ბ.	9,2	0,2	-	~0.001	-	0,12	"	~0.001	-
32	76	დანის პირი	2-46:3	"	ძ. ბ.	7,3	-	-	~0.001	-	"	0,001	-	-
33	77	ბალთა	2-46:4	"	ძ. ბ.	8,5	0,3	0,01	~0.001	0,25	"	0,001	~0.0001	-
34	78	ლახტისთავი	2-46:6	"	ძ. ბ.	8,2	0,001	-	-	-	"	0,001	~0.0001	-
35	81	ცული კოლხური	მმმ 2777	შრომა	ძ. ბ.	8,8	0,4	0,2	0,01	1,6	0,35	"	~0.014	~0.0001
36	88	შუბისპირი	მმმ 1312	ურეკი	ძ. ბ.	4,5	0,03	0,18		0,3		"	0,012	-
37	89	საფხევი	მმმ 195	"	ძ. ბ.		0,01			3,5	0,01	"	0,03	-
38	90	წალდი	მმმ 246	" 1954	ძ. ბ.	6,4	0,34	0,25	0,05	0,32	0,01	"	0,012	-
39	96	სამაჯური	მმმ	"	ძ. ბ.	5,62	0,02	0,35	-		0,08	"	0,014	-
40	125	ცული კოლხური	5411/1	ზეკარი, 1924	"	4,5	0,12	~0.0001	-	-	"			
41	126	ცული კოლხური	5411/2	" "	"	7,2	0,2	~0,3	-	~0,08	"	-		
42	127	ცული კოლხური	5411/3	" "	"	6,8	0,15	-	2,9	~0,1	"	-		
43	128	ცული კოლხური	5411/4	" "	"	3,8	0,12	-	-	~0,1	-	-		
44	129	შუბისპირი მასრა	5411/8	" "	"	5,7	0,1	-	-	-	0,0001	-		
45	130	შუბისპირი მასრა	5411/9	" "	"	6,5	0,2	0,2	-	-	"	-		

46	137	შუბისპირის ფრაგმ.	5495	ნიგოზეთი, 1926	"	4.5	0.25	0.2	0.013	-	-	"	"	-
47	140	ცული კოლხური	5514	სიმონეთი, 1934	"	8.7	0.3	0.1	-	6.4	~0.01	"	"	-
48	142	ცული კოლხური	5518/2	" "	"	7.5	0.2	0.3	-	2.9	0.001	"	"	-
49	145	ცული კოლხური	7426/2	" 1961	"	5.2	0.15	0.3	0.01	-	0.001	"	"	-
50	146	ცული ბრტყელი	8894/4	ქუთაისი, 1925	"	9.5	0.5	-	~0.001	-	-	"	-	-
51	147	ცული ბრტყელი	553/1	ნახშირღელე, 1945	ძ. ბ.	4.6	0.25	-	-	2.5	-	"	~0.0001	-
52	148	ცული	5518/108	ხარაგული, 1925	"	10.8	0.18	-	-	-	-	"	"	-
53	150	"	8542/2	ქუთაისი, 1976	"	7.5	0.35	0.2	~0.001	-	-	"	"	-
54	156	ცული კოლხური	81-976:165	მუხურჯა, 1974	"	8.3	0.5	-	~0.5	-	-	"	"	-
55	157	ცული კოლხური	188	" "	"	8.2	0.5	0.1	~1.0	-	-	"	"	-
56	158	ცული კოლხური	917	" "	"	10	0.03	-	0.2	-	-	"	"	-
57	159	ცული კოლხური	919	" "	"	8.5	0.01	-	<0.1	-	<0.001	"	-	-
58	160	ცული კოლხური	921	" "	"	13.2	0.9	0.08	0.6	-	-	"	-	-
59	161	ცული კოლხური	924	" "	"	9.6	0.04	0.08	~1.0	-	-	"	-	-
60	162	სატევარი	81-976:232	მუხურჯა, 1974	"	12.4	0.6	-	1.3	-	~0.001	-	-	-
61	163	სატევარი	81-976:265	" "	"	8.7	0.4	0.6	~1.0	0.9	~0.001	0.0001	-	-
62	164	სატევარი	81-976:926	" "	"	12.5	0.4	-	0.5	-	"	-	-	-
63	165	სატევარი	81-976:931	" "	"	8.1	0.5	-	0.2	2.7	"	-	-	-
64	167	სატევარი	81-976:930	" "	"	6.5	0.9	-	~1.0	-	"	-	-	-
65	173	აბზინდა	979	" "	"	11.5	0.02	-	1.2	-	"	-	-	-
66	174	აბზინდა	981	" "	"	11.6	0.1	0.2	<0.1	-	"	-	-	-
67	175	ქვაბი		ერგეთა, 80	"	9.2	-	0.05	-	0.5	-	-	-	-
68	176	ბალთა	05-E2 80-425		"	7.2	0.03	-	0.2	-	~2.0	"	-	-
69	177	ცული კოლხური	05-E2 80-426		"	8.7	0.01	-	~0.2	-	0.2	0.002	-	-
70	178	ხატის უღელი			"	2.8	-	-	-	-	0.001	-	-	-
71	179	სატევარი	78-1669	78	"	9.2	0.03	-	-	-0.5	"	~0.0001	-	-
72	180	სატევარი	79-289		"	8.1	-	-	-	0.8	"	-	-	-
73	181	ცული კოლხური	80-350	80	"	8.5	0.8	-	-	1.5	-	-	-	-
74	183	ბალთა	80-426		"	7.2	0.02	-	~0.01	-	1	"	-	-
75	184	სატევარი	78-1700	78	"	9.3	0.03	-	-	-	0.1	0.002	-	-
76	185	სატევარი			"	8.5	-	-	-	-	0.6	0.001	~0.01	-
77	186	სატევარი	80-427		"	5.5	~0.1	-	-	-	0.3	0.001	~0.001	-
78	187	სატევარი	80-214		"	10.5	~0.1	-	<0.0001	-	0.05	"	<0.001	-
79	188	სატევარი	78-1699	78	"	10.5	-	-	-	-	"	-	-	-
80	189	სატევარი	80-278	ერგეთა	ძ. ბ.	6.8	0.9	-	0.1	-	-	<0.001	-	-
81	194	ცული კოლხური	176	"	"	9.25	0.55	0.3	0.35	0.5	"	"	-	-
82	195	ცული კოლხური	177	"	"	9.15	0.55	0.2	0.4	0.75	"	"	-	-
83	196	ცული კოლხური	185	"	"	3.5	0.55	<0.01	0.25	3.5	0.3	"	"	-
84	197	ცული კოლხური	არქ. 4/5362	"	"	8.85	0.77	-	0.17	3.8	1.8	"	"	-
85	202	ზარაკი	5385/არქ. 32	"	"	9.35	0.45	0.6	0.7	0.6	-	"	"	-
86	203	ცული კოლხური	13-46:1	"	"	7.85	0.5	0.1	~1.0	0.75	0.3	<0.01	0.05	<0.0001
87	204	ცული კოლხური	13-46:2	ქვიშარის განძი	"	8.35	0.3	~	0.8	0.25	0.5	"	0.03	<0.0001
88	205	ცული კოლხური	13-46:3	"	"	7.68	0.3	0.15	0.8	0.37	0.15	"	0.01	<0.0001
89	206	ცული კოლხური	13-46:4	"	"	9.55	0.3	0.15	~1.0	0.35	0.05	"	0.01	<0.0001
90	212	ცული ბტყელი	13-46:9	"	"	3.5	0.25	0.05	0.2	0.25	0.15	"	0.01	-
91	213	ცული ბრტყელი	13-46:10	"	"	3.6	0.25	~0.1	0.3	0.27	0.03	"	0.01	-
92	214	სატეხი	13-46:11	"	"	6.83	0.25	0.1	0.4	0.8	0.03	"	0.05	-
93	219	სამაჯური	13-46:18	"	"	3.85	0.8	0.15	0.8	-	-	"	"	-
94	221	სამაჯური	13-46:19	"	"	3.83	0.4	0.1	0.5	-	0.2	"	0.02	-
95	222	სამაჯური	13-46:20	"	"	4.65	0.35	0.1	0.9	-	0.2	"	0.01	-
96	223	სამაჯური	13-46:21	"	"	4.26	0.4	0.2	0.9	-	0.15	"	"	-
97	224	სიკილა-საკანჭური	13-46:25	ქვიშარის განძი	ძ. ბ.	5.35	0.4	0.1	0.9	-	0.15	"	"	-

98	225	ცული კოლხური		" "	"	13.5	0.36	0.008	1.05	-	0.1	0.01	0.01	-	
99	226	ცული კოლხური		სინათლის განძი, 1949	"	15.75	0.75	0.02	0.5	0.45	0.53	0.03	0.02	-	
100	227	ცული კოლხური		" "	"	10.86	0.38	0.007	0.03	0.05	0.2	0.02	0.01	-	
101	228	ცული კოლხური		" "	"	10.25	1.25	0.02	0.07	1.5	0.4	0.06	0.02	-	
102	229	ცული კოლხური		" "	"	11.48	0.35	0.005	0.06	0.05	0.3	0.03	0.02	-	
103	230	ცული კოლხური (6)		" "	"	12.87	0.4	0.3	0.02	0.5	0.4	0.13	~0.02	-	
104	231	ცული კოლხური	5408/4	" "	"	3.15	0.35	-	-	0.5	0.2	"	~0.01	-	
105	232	შუბისპირი	5466/3	ახალსოფელი, ბუგევი	"	3.35	0.38	-	-	0.45	-	"	~0.01	-	
106	242	შუბისპირი	6-02:85-998	"	"	4.15	0.4	0.1	-	1.7	0.13	"	0.03	-	
107	243	შუბისპირი	6-02:79-992	"	"	3.58	0.4	0.2	-	3.8	0.2	"	0.04	-	
108	245	ცული კოლხური	5415/5	"	"	4.68	0.3	>0.001	>0.001	0.5	0.08	~0.001	~0.01	-	
109	250	ცული კოლხური	11-32:1	სურმუში, 1925	"	4.28	0.2	-	"	-	-	"	0.01	-	
110	251	ცული კოლხური	11-32:30	" (კალა)	"	4.88	0.25	0.2	"	-	0.3	"	-	-	
111	252	ცული კოლხური	11-32:32	" (ეცერი)	"	4.18	~0.1	0.18	"	-	0.3	"	<0.0001	-	
112	253	ცული კოლხური	321	"	"	8.38	0.3	<0.001	0.01	~0.3	~0.5	>0.1	~0.01	<0.0001	
113	254	ცული კოლხური	390	სვანეთი	"	6.12	<0.01	~0.2	~1.5	1.23	<0.01	>0.1	~0.01	-	
114	256	ცული კოლხური	211	"	"	9.09	~0.15	0.1	0.01	0.53	~0.5	>0.1	~0.0001	<0.0001	
115	258	ცული კოლხური	375	"	"	9.42	0.3	~0.1	-	0.23	~0.5	>0.1	~0.001	-	
116	259	ცული ბრტყელი	404	"	"	1.02	-	-	-	5	0.5	>0.1	~0.001	-	
117	260	თოხისმაგვარი იარაღი	402	"	"	-	0.2	0.01	<0.01	3.9	0.5	0.1	0.001	-	
118	262	ცული კოლხური	სამარხი N1	ყულანურხვა	"	13.05	0.04	0.01	-	0.16	0.05	0.002	0.007	-	
119	263	ცული კოლხური	სამარხი N1	"	ძ. ბ.	10	0.065	0.01	-	0.03	0.06	0.002	0.01	-	
120	264	ცული ცხოვ. გამოს.	სამარხი N1	"	ძ. ბ.	86.91	8	0.045	0.01	0.03	0.06	0.2	0.015	0.09	0.004
121	265	ცული	სამარხი N1	"	ძ. ბ.	14.25	0.05	0.01	0.07	0.2	0.025	0.015	0.007	0.004	
122	266	ცული	1-33:1	"	"	83.3	15.46	0.63	-	0.05	0.13	0.011	-	-	
123	267	ბალთა	1-33:4	ეშერი	"	83.55	13.57	0.05	0.01	~5	0.45	0.01	0.1	0.15	0.001
124	269	შუბისპირი	1-33:7	"	"	86.4	12.51	-	-	-	0.55	-	<0.001	-	-
125	270	შუბისპირი	3	1955	"	87.05	8.19	0.001	0.001	0.98	0.96	-	-	-	-
126	271	მძივი	4	"	"	84.7	11.81	-	-	-	0.37	-	-	-	-
127	272	სარტყელი	12	"	"	89	10.03	-	0.001	-	0.4	-	-	-	-
128	273	სარტყელი	13	"	"	84.2	12.7	-	-	-	<0.001	-	-	-	-
129	274	ბალთა ცხოვ. გამოსახ.	12	"	"	86.4	12.39	-	-	-	0.116	-	-	-	-
130	275	ბალთა ცხოვ. გამოსახ.	13	"	"	85.2	11.95	-	-	-	0.7	-	-	-	-
131	276	საკიდი	49	ეშერი	"	88	11.7	-	-	-	<0.01	-	-	-	-
132	277	შუბისპირი	ჰ - 13	"	"	87.75	10.56	0.1	-	-	-	-	-	-	-
133	278	ცული		"	"	86	13.39	-	-	-	-	-	-	-	-
134	279	ცული	ჰ - 96	"	"	75.12	15.6	-	-	-	-	-	-	-	-
135	280	საწვივე რგოლი	ჰ - 17	"	"	84.95	11.46	-	-	-	<0.001	-	-	-	-
136	281	საწვივე რგოლი	K - 101	"	"	88.75	10.4	-	-	-	-	"	-	-	-
137	282	მუზარადის ფრ.	I სამარხი	"	"	85.13	13	0.1	-	-	-	-	-	-	-
138	283	ცული მინიატურული	83	გალის რაიონი	ძ. ბ.	2.1	0.4	-	-	1.25	-	0.001	-	-	-
139	284	სატევარი (ფრაგმ)	59	"	ძ. ბ.	5.6	0.2	0.8	-	-	-	0.001	-	-	-
140	285	სატევარი	62	"	ძ. ბ.	6.3	0.45	0.01	0.1	-	-	"	-	-	-
141	286	ბრტყელი ნივთის ფრ.	66	"	ძ. ბ.	2.8	0.15	1.2	0.15	-	0.8	"	-	-	-
142	287	ბალთა	45	"	ძ. ბ.	7.5	0.35	0.01	-	<0.01	-	"	-	-	-



ტაბულა / Plate II



21.



22.



23.

გამოყენებული ლიტერატურა

- ახესაძე, ც., ბახტაძე, რ. (1988). კოლხური კულტურის მეტალურგიის ისტორიისათვის. სამუზეუმო ექსპონატთა რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია IV. თბილისი: მეცნიერება, გვ. 3–91.
- მჭედლიშვილი, მ. (2016). არქეოლოგიური ბრინჯაოს კოროზიული დაზიანების მექანიზმი და საკონსერვაციო მეთოდოლოგია. თბილისი: უნივერსალი.
- Böhni, H. (2000). Localized Corrosion of Passive Metals. In: Uhlig's Corrosion Handbook, 2nd ed., New York, pp. 173–190.
- Emery, V. L., Morgenstein, M. (2007). Portable EDXRF Analysis of a Mud Brick Necropolis Enclosure: Evidence of Work Organization, El Hibeh, Middle Egypt, pp. 111–122.
- Fjaestad, M., Nord, A. G., Tronner, K., Ullén, I., Lagerlöf, A. (1996). Environmental Threats to Archaeological Artefacts. ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting, Edinburgh, Scotland. London, pp. 870–875.
- Gettens, R. J. (1964). The Corrosion Products of Metal Antiquities. Smithsonian Institution Publication 4588. Washington, pp. 550–557.
- Pantazis, T., Karydas, A. G., Doumas, C., Vlachopoulos, A., Nomikos, P., Dinsmore, M. (2002). X-Ray Fluorescence Analysis of a Gold Ibex and Other Artifacts from Akrotiri. Paper presented at the 9th International Aegean Conference, Yale University.
- Robbiola, L., Pereira, N., Thaury, K., Fiaud, C., Labbè, J. P. (1998). Decuprification Phenomenon of Cu-Sn Alloys in Aqueous Solution in Nearly Neutral pH Conditions, London, pp. 136–144.
- Абесадзе, Ц., Бахтадзе, Р., Двали, Т. (1961). Клад позднебронзовой эпохи из с. Удэ (Южная Грузия) (Химико-технологическое исследование). Советская археология, №3, сс. 166–177.
- Тавадзе, Ф. Н., Сакварелидзе, Т. Н. (1959). Бронзы древней Грузии. Тбилиси.
- Чубинишвили, Т., Татишвили, Т., Гамбашидзе, О. (1957). Археологические разведки в южных районах Грузии в 1953–1955 гг. Советская археология, №4, стр. 117.

REFERENCES

- Abesadze, Ts., & Bakhtadze, R. (1988). Kolkhuri kulturis metalurgiis istoriisatvis. Samuzeumo eksponatta restavracia, konservacia, teknologia IV. Tbilisi: Metsniereba, pp. 3–91.
- Böhni, H. (2000). Localized corrosion of passive metals. In Uhlig's Corrosion Handbook (2nd ed., pp. 173–190). New York.
- Emery, V. L., & Morgenstein, M. (2007). Portable EDXRF analysis of a mud brick necropolis enclosure: Evidence of work organization, El Hibeh, Middle Egypt, pp. 111–122.

- Fjaestad, M., Nord, A. G., Tronner, K., Ullèn, I., & Lagerlöf, A. (1996). Environmental threats to archaeological artefacts. ICOM Committee for Conservation, 11th Triennial Meeting, Edinburgh, London, pp. 870–875.
- Gettens, R. J. (1964). The corrosion products of metal antiquities. Smithsonian Institution Publication 4588. Washington, pp. 550–557.
- Mchedlishvili, M. (2016). Arkeologiuri brinjaos koroziuli dazianebis mekanizmi da sakonservacio metodologia. Tbilisi: Universali.
- Pantazis, T., Karydas, A. G., Doumas, C., Vlachopoulos, A., Nomikos, P., & Dinsmore, M. (2002). X-ray fluorescence analysis of a gold ibex and other artifacts from Akrotiri. Paper presented at the 9th International Aegean Conference, Yale University.
- Robbiola, L., Pereira, N., Thaury, K., Fiaud, C., & Labbè, J. P. (1998). Decuprification phenomenon of Cu-Sn alloys in aqueous solution in nearly neutral pH conditions, London, pp. 136–144.
- Abesadze, Ts., Bakhtadze, R., & Dvali, T. (1961). Klad pozdnebronzovoi epokhi iz s. Ude (Yuzhnaya Gruzija) (Khimiko-tekhnologicheskoe issledovanie). *Sovetskaya Arkheologiya*, 3, 166–177.
- Tavadze, F. N., & Sakvarelidze, T. N. (1959). *Bronzy drevnei Gruzii*. Tbilisi.
- Chubinashvili, T., Tatishvili, T., & Gambashidze, O. (1957). Arkheologicheskie razvedki v yuzhnykh rayonakh Gruzii v 1953–1955 gg. *Sovetskaya arkheologiya*, 4, p. 117.