

საქართველოს სსრ მეცნიერებათა აკადემია
აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმი

**სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია,
კონსერვაცია, ტექნოლოგია**

LLI



გამომცემლობა „მეცნიერება“
თბილისი
1980

~~79-1(2-F)~~
069 (47,922) + 702 + 7 095
ს-243

კრებულში გაშუქებულია სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიისა და მინის უძველესი ტექნოლოგიის რიგი საკითხები, ახლადსინთეზირებული სილიციუმორგანული პოლიმერების ემულსიებით არქეოლოგიური ხის კონსერვაციის მეთოდი და აგრეთვე ორგანული წარმოშობის სამუზეუმო ექსპონატების შენახვა-დაცვის ხერხები.

კრებული განკუთვნილია რესტავრატორების, არქეოლოგების, ისტორიკოსებისა და ტექნიკის ისტორიით დაინტერესებულ პირთათვის.

რედაქტორი — ბიოლოგიურ მეც. კანდ. რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე

ს $\frac{10602}{M 607 (06)-80}$ 241 — 80

© გამომცემლობა „მეცნიერება“, 1980

ნათელა იაშვილი

მუზეუმების საერთაშორისო საბჭოს კონსერვაციის კომიტეტის V საერთაშორისო კონფერენცია

1978 წლის ოქტომბერში (1—8 ოქტომბრამდე) იუგოსლავიის ქალაქ ზაგრებში მოეწყო მუზეუმების საერთაშორისო საბჭოს კონსერვაციის კომიტეტის V საერთაშორისო კონფერენცია. ასეთი კონფერენცია ტარდება ყოველ სამ წელიწადში ერთხელ, რის გამოც იგი ტრიენალეს სახელწოდებას ატარებს. კონფერენციის მუშაობაში მონაწილეობდნენ მთელი მსოფლიოს გამოჩენილი რესტავრატორები, ქიმიკოსები, ფიზიკოსები, ბიოლოგები, ინჟინრები, მხატვრები, ხელოვნებათმცოდნეები და ისტორიკოსები, რომლებიც ემსახურებიან სამუზეუმო ფასეულობათა კონსერვაცია-რესტავრაციის საქმეს.

ამ კონფერენციაზე მიწვევა მიიღეს აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიის ხელმძღვანელმა, ლითონის საერთაშორისო სექციის სამუშაო ჯგუფის წევრმა რ. ბახტაძემ და მუზეუმის უფროსმა მეცნიერ თანამშრომელმა, ამ სტატიის ავტორმა ნ. იაშვილმა.

რ. ბახტაძემ წარადგინა მოხსენება თემაზე „არქეოლოგიური სპილენძისა და მისი შენადნობების რესტავრაცია-კონსერვაცია“, რომელიც კონფერენციის პრეპრინტებში დაიბეჭდა, ხოლო თვით რ. ბახტაძე იმ პერიოდში იმყოფებოდა პოლონეთში არქეოლოგიური მინის კატალოგის თანაავტორთა V კონფერენციაზე, რის გამოც ზაგრების კონფერენციის ლითონის სექციის მუშაობაში მონაწილეობა ვერ მიიღო.

საბჭოთა მეცნიერთა ჯგუფი 31 სექტემბერს მოსკოვიდან ბელგრადის გავლით გაფრინდა ზაგრების მუზეუმების საერთაშორისო საბჭოს კონსერვაციის კომიტეტის V კონფერენციაში მონაწილეობის მისაღებად. ამ ჯგუფის შემადგენლობაში იყო სამი თბილისელი მეცნიერი: კულტურის სამინისტროსთან არსებული სარესტავრაციო

ლაბორატორიის გამგე თ. იაქაშვილი, ხელოვნების მუზეუმის თანამშრომელი ი. გინგულდორფი და ამ სტრიქონების ავტორი ნ. იაშვილი.

1 ოქტომბერს დილის 9 საათზე ზაგრებში გაიხსნა კონფერენცია. კონფერენციაზე მუშაობდა შემდეგი სექციები: კედლის მხატვრობა, ეთნოგრაფიული მასალა, მხატვრული ნაწარმოებების დაუზიანებლად კვლევის მეთოდები, ქვა, პოლიქრომული სკულპტურა, არქეოლოგიური სველი ხე, დოკუმენტაცია, საცნობარო მასალა, ქსოვილი, ჩარჩო და დუბლირება, რესტავრაციის ისტორიის თეორია, წყალქვეშა გათხრებთან დაკავშირებული კვლევა-ძიება, მხატვრულ ნაწარმოებთა დაცვა გადატანისას, გრაფიკული დოკუმენტები და ხელნაწერთა მინიატურები, XX საუკუნის მხატვრობა, მოძრაობა-გადატანა, ბირთვული რეაქციების გამოყენება კონსერვაციაში, განათება, ტყავი, ფერადოვანი ფენა, ლაქი, არქეოლოგიური სილიკატური მასალა, ლითონი და რესტავრატორთა მომზადება.

კონფერენციის ორგანიზატორების მიერ მიღებული მოხსენებები დაიბეჭდა პრეპრინტების სახით სამ ტომად ინგლისურ და ფრანგულ ენებზე.

მე მონაწილეობა მივიღე „არქეოლოგიური სველი ხის“ სექციის მუშაობაში, რომელიც ჩატარდა ორ ოქტომბერს, სექციის სხდომას ესწრებოდა ორმოცდაათი დელეგატი. სექციის მუშაობა გახსნა სექციის თავმჯდომარემ ნიდერლანდელმა მეცნიერმა რ. მანიკენდამმა, სულ მოსმენილ იქნა ხუთი მოხსენება: 1) ჯ. დე იონგის მოხსენება ნიდერლანდებიდან: „დამსკდარი გემის კონსერვაცია“, 2) ა. მიხაილოვის მოხსენება ბულგარეთიდან: „არქეოლოგიური ნავის კონსერვაცია“, 3) ნ. იაშვილის მოხსენება საბჭოთა კავშირიდან: „ახალი გამჭირვალე სილიციუმორგანული და ზოგიერთი ორგანული პოლიმერებით არქეოლოგიური ხის კონსერვაცია“, 4) მ. სავადას მოხსენება იაპონიიდან: „წარწერიანი ხის დაფების კონსერვაცია“, 5) ლ. ბარკმანის მოხსენება შვეციიდან: „არქეოლოგიური სველი ხის დამუშავება“.

სველი არქეოლოგიური ხე წარმოადგენს წყლით გაჟღენთილ მერქანს, რომელსაც ძალზე დაქვეითებული აქვს მექანიკური მდგრადობა, მაგრამ ხის ნაკეთობას შენარჩუნებული აქვს თავისი ფორმა და ზომა მანამ, სანამ მერქანის ფორები სავსეა წყლით. ჩვეულებრივ ატმოსფერულ პირობებში ხდება წყლის სწრაფი აორ-

თქლება რის შედეგადაც ხე დეფორმირდება, სკდება და საგრძნობლად იცვლის თავის ფორმასა და ზომებს.

არქეოლოგიური ხის სტაბილიზაციის დროს საჭიროა მერქანის ფორებიდან წყლის გამოდევნა მისი სტრუქტურის შეუცვლელად, ხოლო შემდეგ მის ფორებში ისეთი სითხის შეყვანა, რომელიც გამყარების შემდეგ ხეს მექანიკურ მდგრადობას მიანიჭებს. სწორედ ამ პრობლემასთან იყო დაკავშირებული სველი არქეოლოგიური ხის სექციის მუშაობა.

ჯ. დე იონგის მოხსენება „დამსკდარი გემის კონსერვაცია“ ეხებოდა პოლანდიის ტერიტორიაზე აღმოჩენილი არქეოლოგიური ხის გემის კონსერვაციის საკითხებს. ხის კონსერვაციას ავტორი იწყებს მშრალი გაყინვით, რაც შემდეგში მდგომარეობს: სველი არქეოლოგიური მერქნის ფორებში წყალს ჩაანაცვლებენ ისეთი სითხით (კერძოდ ტრიმეთილკარბინოლით), რომელიც ფორებში მყარდება და ვაკუუმის დახმარებით სუბლიმირდება. შემდეგი პროცესია ხის კონსერვაცია, რომელიც პოლიეთილენგლიკოლის საშუალებით წარმოებს.

ა. მიხაილოვის მოხსენება „არქეოლოგიური ნავის კონსერვაცია“ ეხებოდა ავტორის მიერ ბულგარეთის ტერიტორიაზე აღმოჩენილი ხის ნავის კონსერვაციას პოლიეთილენგლიკოლის ხსნარით 1% გლიცერინის თანაობისას.

ჩემს მოხსენებაში „ახალი გამჭირვალე სილიციუმორგანული და ზოგიერთი ორგანული პოლიმერებით არქეოლოგიური ხის კონსერვაცია“, აღწერილი იყო არქეოლოგიური ხის კონსერვაციის ახალი მეთოდი გამჭირვალე პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერების ემულსიებით. ამ მეთოდით დამუშავებულ იქნა გვიან ბრინჯაოს ხანის არქეოლოგიური მალაროს ხის საყრდენები. ამ ხის მორების გაყენთვა ხდებოდა სპეციალურ ვაკუუმდანადგარში გარკვეულ ტემპერატურაზე. სილოქსანური პოლიმერებით იქნა დამუშავებული XXIII—XXII სს. არქეოლოგიური ხის ნივთები: სამფეხა ვაზა, ჯამი, სავარცხელი, სხვადასხვაგვარი სასმელი ჭურჭელი და სხვ. მოხსენების წაკითხვის შემდეგ ვუპასუხე მსმენელთა ოცამდე შეკითხვას.

ბ. სავადას მოხსენება „წარწერიანი ხის დაფების კონსერვაცია“ ეხებოდა წყლით გაყენთილი წარწერიანი ხის დაფების კონსერვაცია-რესტავრაციის საკითხებს მშრალი გაყინვით და პოლიეთილენგლიკოლით.

ყოველი მოხსენების წაკითხვის შემდეგ იმართებოდა დისკუ-

სიები თემის ირგვლივ. შემდეგ არჩეულ იქნა „არქეოლოგიური სველი ხის“ საერთაშორისო სექციის თავმჯდომარე — ავსტრალიელი მეცნიერი დოქტორ ს. პირსონი და სამუშაო ჯგუფის ორი ახალი წევრი: იაპონელი მ. სავადა და მე.

ბოლოს განხილულ იქნა მუზეუმების საერთაშორისო საბჭოს კონსერვაციის კომიტეტის შემდგომ VI საერთაშორისო კონფერენციაში ჩვენი სექციის მუშაობის გეგმა, რომელიც 1981 წელს ჩატარდება კანადაში, ქ. ოტავაში. კონფერენციის მუშაობის დამთავრების შემდეგ ჩვენი ჯგუფი გაემგზავრა ბელგრადს.

ბელგრადის სერბულად „თეთრი ქალაქის“, ღირსშესანიშნაობებს ევროპის სხვა ქალაქებისაგან განსხვავებით წარმოადგენენ არა ტაძრები და სასაძლეები, ან მეფისა და მხედარმთავრების ქანდაკებები, არამედ უძრავი ობელისკები, ფილები, მემორიალური დაფები და ანთა სასაფლაოები ქალაქის ცენტრსა თუ მის გარეუბნებში. ყოველივე ეს ბელგრადის მიმე ისტორიულ წარსულზე მეტყველებს.

ქალაქის დათვალიერება ჩვენ ბელგრადის ყველაზე უძველესი ნაწილის კალემეგდანის მალლობით დავიწყეთ. იგი მდინარეების დუნაისა და სავას შესართავთან იმყოფება და თავისი მოხდენილი გეოგრაფიული მდებარეობით, კარგად გაფორმებული დეკორატიული პარკებით, უძველესი ციხესიმაგრის ნაგებობებით ლამაზ სანახაობას წარმოადგენს. აქვეა აღმართული გამოჩენილი იუგოსლაველი მოქანდაკის ივან მეშტრევიჩის შესანიშნავი სკულპტურა — „გამარჯვებული“, რომელიც თვალწარმტაც ანსამბლს ქმნის კალემეგდანის სხვა ღირსშესანიშნაობებთან და უხვად იზიდავს როგორც უცხოელ სტუმრებს, ასევე ქალაქის მკვიდრ მოსახლეობას.

დავათვალიერეთ სახალხო მუზეუმი, სერბიის ისტორიული მუზეუმი, ფრესკების გალერეა და სამხედრო მუზეუმი. ბელგრადში ორ დღეს დავრჩით. შემდეგ გავემგზავრეთ სამხრეთ-აღმოსავლეთ იუგოსლავიაში უძველეს მონასტრებსა და ეკლესიებში სერბიული ფრესკების დასათვალიერებლად, სპეციალური მარშრუტი, რომელიც შემუშავდა მოსკოვში კონსერვაციისა და რესტავრაციის საკავშირო ცენტრალურ სამეცნიერო კვლევითი ლაბორატორიის სერბულ კულტურის სპეციალისტების მიერ ითვალისწინებდა შემდეგი ქალაქების ტაძრებისა და ეკლესიების დათვალიერებას: „სტუდენიცი“, ქ. ნოვი პაზარ, „სოპოჩანი“, ქ. ბიელობოლე „მილევევო“, „პეჩ“, „დეჩანი“, „გრაჩანიცი“, „წმ. ნიკიტას ეკლესია“, ქ. კოსოვო, „რავანიცი“, ქ. ნიშ, ქ. კარაგუევაცი და „მანასია“.

ამ ეკლესიებსა და ტაძრებში გავეცანით ორმოცდახუთამდე შესანიშნავ სერბულ ფრესკას, რომლებიც XI—XIV საუკუნეებს მიეკუთვნება. იუგოსლავიის სოციალისტურ-ფედერაციულმა რესპუბლიკამ როგორც თავისი ისტორიული ძეგლებით, ასევე თანამედროვე არქიტექტურით, ტექნიკით, კულტურისა და ცხოვრების დონით ჩვენზე კარგი შთაბეჭდილება დატოვა.

ჭინანა აბესაძე

დასავლეთ საქართველოს სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველ ნახევარში

დასავლეთ საქართველოს შუაბრინჯაოს ხანის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიისა და ლითონდამუშავების საკითხების შესწავლა სადღეისოდ გარკვეულ სიძნელეებთანაა დაკავშირებული ძირითადად იმის გამო, რომ არქეოლოგიური მასალა უპირატესად შემთხვევითი აღმოჩენებითაა წარმოდგენილი და ისიც მეტად მცირეა. მეტ-ნაკლებად დოკუმენტირებული მასალები ჭერჯერობით ცნობილია აფხაზეთის დოლმენებიდან და რიონის ზემო წელიდან — ბრილის სამაროვნიდან. მაგრამ, მიუხედავად ამისა, არსებული მასალების საფუძველზე მაინც შესაძლებელი ხდება გარკვეული წარმოდგენის შემუშავება დასავლეთ საქართველოს ბრინჯაოს წარმოების რიგი საკითხების შესახებ.

ბრინჯაოს ნაწარმის ქიმიური შესწავლის შედეგად გაირკვა, რომ კოლხური კულტურის ჩამოყალიბების წინარე ხანაში ბრინჯაოს მეტალურგიასა და ლითონდამუშავებას დასავლეთ საქართველოში გარკვეული განვითარებისათვის მიუღწევია. მართალია, ამ ხანაში იარაღ-სამკაულის დასამზადებლად, ადრეობრივ ხანის ლითონის ნაწარმის მსგავსად, ძირითადად ისევ დარიშხანიანი სპილენძია გამოყენებული, მაგრამ უკვე ჩნდება ახალი შედგენილობის შენადნობები — დარიშხან-ანტიმონიანი და კალიანი ბრინჯაო; ე. ი. მეტალურგიის განვითარების ამ ეტაპზე დასავლეთ საქართველოში ეცნობიან ანტიმონსა და კალას, იწყებენ სულფიდური მადნების მოპოვება-გამოდნობას და მისი ანტიმონითა და კალით ლევირებას. ამავე დროს, განსაკუთრებით მაღალ დონეს მიაღწია საჩამოსხმო ტექნიკამ, რასაც მოწმობს ბრილის სამაროვანზე მოპოვებული მაღალხარისხოვანი მხატვრული სხმულები.

ბრინჯაოს წარმოების ასეთი დაწინაურება უთუოდ განაპირო-

ბა ადგილობრივი ნედლეული ბაზის არსებობამ. როგორც ცნობილია, რიონის ზემო წელზე ადრეული ხანიდან წარმოებდა როგორც სპილენძის, ასევე ანტიმონისა და დარიშხანის მადნების მოპოვება. სწორედ ამიტომაც, შუაბრინჯაოს ხანაში დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოს ნაწარმი დამახასიათებელი ჩანს, თითქოს, მხოლოდ დასავლეთ საქართველოსათვის. აღმოსავლეთ საქართველოში, ამ დროს, ასეთი შედგენილობის ბრინჯაო იშვიათად გვხვდება. აქ, თრიალეთის კულტურაში, უფრო გავრცელებული ჩანს კალიანი ბრინჯაო.

დასავლეთ საქართველოდან ქიმიურად შესწავლილია სულ 99 ნივთი; აქედან 34 აფხაზეთიდან (დოლმენური მასალა), 51 რაჭიდან (ბრილის სამაროვნიდან), 10 სვანეთიდან (შემთხვევითი აღმოჩენები სვანეთის ტერიტორიიდან) და 4 გურიიდან (ურეკის განძის ნაწილი, შემთხვევითი აღმოჩენა). აქვე უნდა აღინიშნოს ის გარემოება, რომ დასავლეთ საქართველოს ზოგიერთი კუთხიდან, მაგალითად, აჭარა-სამეგრელოდან, რიონის შუაწელიდან და მდ. ყვირილის აუზიდან, შუაბრინჯაოს ხანის ბრინჯაოს მეტალურგიასთან დაკავშირებული მასალები ჭერჭერობით ცნობილი არ არის. თუმცა აქვე ისიც უნდა გავიხსენოთ, რომ ბრინჯაოს მეტალურგიული წარმოების საკმაოდ დაწინაურებული კერები ადრეობრინჯაოს ხანაში არსებობდა მდ. ყვირილის ზემოწელზე, გვიანბრინჯაოს ხანაში კი ჭორახის აუზში.

ბრინჯაოს ნივთების ქიმიური შედგენილობა განსაზღვრულია სპექტრულ-რაოდენობითი ანალიზით აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში, უმცროსი მ/თ ნ. სარაჯიშვილის მიერ. ტაბულები შესრულებულია მხატვრების მ. ჯიქურიშვილისა (I) და გ. ჯავახიშვილის (II—IV) მიერ.

ქიმიურ ცხრილებსა და ტაბულებზე ბრინჯაოს ნივთები ერთი და იგივე რიგითი ნომრით მიდის; აქვეა (ქიმიურ ცხრილში) მოცემული სათანადო ცნობები თითოეული ნივთის შესახებ, ამიტომ აღარ ვიძლევიტ ტაბულების აღწერილობას.

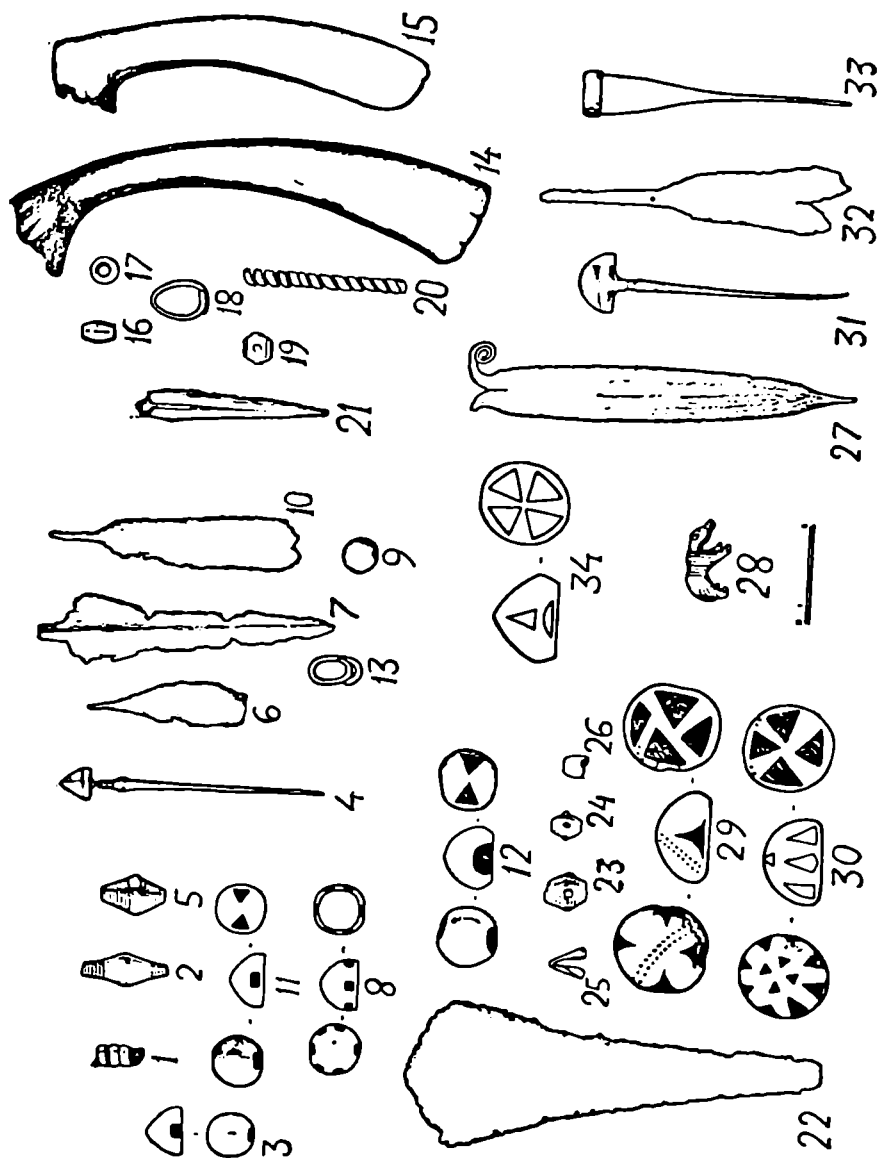
დასავლეთ საქართველოს ბრინჯაოს კულტურის შესწავლისათვის გარკვეული მნიშვნელობა ენიჭება აფხაზეთის დოლმენებში გამოვლენილი ბრინჯაოს ინვენტარის ქიმიურ-ტექნოლოგიურ კვლევას. კავკასიაში ბოლო დრომდე დოლმენები ცნობილი იყო მხოლოდ ჩრდილო კავკასიიდან. საქართველოში სადღეისოდ დოლმენები დადასტურებულია მხოლოდ აფხაზეთში; აქ ისინი გვხვდება

ემერაში, აზანთაში, აქანდარაში, ოთხარაში და სხვ. ამთგან ყველაზე უკეთ შესწავლილია ემერისა და აზანთის ჯგუფის დოლმენები. აფხაზეთის დოლმენების შესწავლამ ბევრი სიახლე შეიტანა კავკასიის დოლმენური კულტურის კვლევის საქმეში. გაირკვა, რომ დოლმენების მშენებლობის ხანა ჩვენში ადრე და შუაბრინჯაოს პერიოდებზე მოდის¹.

დოლმენები, ჩვეულებრივ, ჯგუფებად გვხვდება; ადრეული ხანის დოლმენები მომცრო ზომისაა, უხეშად ნაგები, შუაბრინჯაოს ხანის დოლმენები უფრო მოზრდილებია. ამჟამად ჩვენ ძირითადად განვიხილავთ ემერისა და აზანთის დოლმენებში მოპოვებულ შუაბრინჯაოს ხანის ბრინჯაოს ნაწარმს, რომელიც ნაირსახოვანი სამკაულითა და იარაღითაა წარმოდგენილი. იარაღიდან ქიმიურად შესწავლილია სხვადასხვა ტიპის სატევრები და ერთი შუბისპირის ფრაგმენტი. სამკაულებიდან, რომლებიც საერთოდ დოლმენებში უფრო ჭარბად გვხვდება, შესწავლილია სხვადასხვა ფორმის მძივები, გუმბათისებრი და ნახევარსფეროსებრი დაფანჯრული საკიდები, 1,5 ხვიის სასაფეთქლე რგოლები, პირამიდალურ და ნახევარსფეროსებრთაფიანი საკინძები და დათვის სკულპტურული ქანდაკება (ტაბ. I).

როგორც ქიმიური შესწავლის შედეგად გაირკვა, ზემოაღნიშნული ნივთები, ისევე როგორც ადრეული ხანის დოლმენური ლითონის ნაწარმი, ძირითადად დამზადებულია დარიშხანიანი სპილენძისაგან, მაგრამ უკვე ჩნდება დარიშხან-ანტიმონიანი და კალიანი ბრინჯაოს ნივთებიც. დარიშხანიანი სპილენძისაგან ნაკეთებ ნივთებში დარიშხანის შემცველობა მერყეობს 1,5%-დან 12,5%-მდე (ან. 4, 6, 10, 11, 14—16, 21—24, 27—29, 32, 33). ზოგიერთ სამკაულში დარიშხანთან ერთად ვხედავთ ანტიმონსაც —7,4%-მდე (ან. 2, 3, 9, 17—19, 30, 34). კალიანი ნივთები შედარებით მცირე რაოდენობით გვხვდება (ან. 1, 7, 8, 13, 20, 25, 31) და მისი შემცველობა 1,2%-დან 12,4%-ის ზღვრებში მერყეობს (ან. 1, 7, 8, 13, 20, 25, 31). კალიან ნივთებში არ აღმოჩნდა არც დარიშხანი და არც ანტიმონი. მხოლოდ ერთ შემთხვევაში 7,3% კალასთან ერთად გვხვდება 1,5% დარიშხანი (ან. 31).

¹ Б. А. Куфтин, Материалы к археологии Колхиды, I, Тб., 1949, с. 299; თ. ჯ ა ფ ა რ ი ძ ე, დოლმენური კულტურა საქართველოში, თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის შრომები, ტ. 77, თბ., 1959, გვ. 87; მ ი ს ი ე ე, ქართული ტომების ისტორიისათვის ლითონის წარმოების ადრეულ საფეხურზე, თბ. 1961, გვ. 218.



აღსანიშნავია, რომ იარაღი ძირითადად დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა ნაკეთები (ტაბ. I, 6, 10, 14, 15, 21, 22, 32), მხოლოდ ერთი სატევარია კალიანი ბრინჯაოსი — 8,32% კალა (ან. 7). ფორმით ეს სატევარი შედარებით უფრო განვითარებული ჩანს და შესაძლოა იგი უფრო მოგვიანო ხანისაც იყოს (ტაბ. I, 7).

მინარევებიდან ზოგჯერ საყურადღებო რაოდენობით (1,2%-დან 5,7%-მდე) წარმოდგენილია თუთია (ან. 3, 5, 9, 23—26) და ტყვია — 1,2%-მდე (ან. 13, 18, 32). მცირე რაოდენობით თითქმის ყველგან აღინიშნა ვერცხლი, ზოგჯერ 1%-მდე (ან. 15—17, 24—26), რკინა და ნიკელი. ერთ შემთხვევაში აღმოჩნდა 0,4% კობალტი (ან. 23) და კვალის სახით ბისმუტი (ან. 16). სხვა მადნისეული მინარევეები, კერძოდ ტიტანი, მანგანუმი, ქრომი და ოქრო არსად არ აღმოჩნდა, ამიტომ ქიმიურ ცხრილებში ეს ელემენტები შეტანილი არ არის.

ამრიგად, დოლმენური ლითონის შესწავლიდან ჩანს, რომ სპილენძის მეტალურგია შუაბრინჯაოს ხანაში წინ წასულა; თუ აღრებრინჯაოს ხანაში აქ გაბატონებული იყო მხოლოდ დარიშხანიანი სპილენძი², ახლა უკვე ხმარებაშია ახალი შენადნობები — დარიშხან-ანტიმონიანი და კალიანი ბრინჯაო. აქვე უნდა აღინიშნოს ისიც, რომ დოლმენებში გვხვდება აგრეთვე მთლიანად ანტიმონისაგან ნაკეთები მძივები (92% ანტიმონი)³. ნიშანდობლივია, რომ დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოსაგან მხოლოდ სამკაულებია ნაკეთები; ეს გარემოება კი იმას მოწმობს, რომ ანტიმონი სამკაულში საგანგებოდაა შეტანილი ლითონის თხელდენადობის გასაზრდელად, რაც აუცილებელი იყო რთული ფორმის სამკაულთა ჩამოსასხმელად. ამავე დროს ასეთი შედგენილობის ბრინჯაო ხასიათდება სასიამოვნო ფერით და წააგავს ვერცხლს. იარაღის დასამზადებლად დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაო არ უხმარიათ, რაც იმის მაჩვენებელია, რომ უკვე ცნობილია დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოს თვისებები, — სიმყიფე და მსხვრევადობა, რაც შეუძლებელს ხდის მის ჰედვით დამუშავებას. ხოლო იარაღის სამუშაო პირის სისალისა და ფხამახვილობის გასაზრდელად ჰედვა აუცილებელ პროცესს წარმოადგენ-

² Ф. Н. Тавадзе, Т. Н. Сакварелидзе, *Бронзы древней Грузии*, Тб., 1959, с. 46, 47; ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, თ. დ ვ ა ლ ი, ო. ჯ ა ფ ა რ ი ძ ე, *სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის საქართველოში*, თბ., 1958, გვ. 31.

³ იქვე.

და. ამიტომ იარაღი ძველი ტრადიციისამებრ, უფრო სალი და გამძლე ლითონისაგან — დარიშხანიანი სპილენძისაგან უკეთებიან. მასთან ერთად უკვე კალიანი ბრინჯაოც გამოუყენებიან, მაგრამ შედარებით მცირე რაოდენობით. კალიანი ბრინჯაოსაგან ნაკეთებია როგორც იარაღი, ასევე სამკაული.

შუაბრინჯაოს ხანის ძეგლები რაჭაში გამოვლენილია ბრილის სამაროვანზე, რომელიც მდებარეობს სოფ. ღებიდან ჩრდილო-დასავლეთით, 11 კმ-ის დაშორებით. აქ გათხრები 1939 წ. დაიწყო ივ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის ინსტიტუტის არქეოლოგიური ექსპედიციის მიერ აქრ. გ. გობეჯიშვილის ხელმძღვანელობით და წლების მანძილზე (1939, 1940, 1948, 1950, 1951 წწ.) მეტად მნიშვნელოვანი მასალები იყო მოპოვებული. ბრილის სამაროვანზე 4 ფენა გაითხარა და აღმოჩნდა, რომ სამაროვანი გამოყენებული ყოფილა დაახლოებით 2500 წლის მანძილზე, ე. ი. ბრინჯაოს ხანიდან მოკიდებული, ვიდრე ახ. წ. III—IV სს-მდე⁴.

რიონის სათავეებთან ექსპედიციამ მიაკვლია აგრეთვე ანტიმონის ძველ მაღაროებს, მადნის სამტვრევე ქვის უროებს და მადნის სადნობ სახელოსნოს ნაშთებს. გ. გობეჯიშვილის აღნიშვნით, ბრილში მოსახლეობა პირველად ბრინჯაოს ხანის დასაწყისში უნდა დასახლებულიყო საქართველოს ბარიდან თუ მთისწინა ზოლიდან. მაგრამ, ამ ხანაში, მისი აზრით, ბრილში მოსახლეობა ხალხმრავალი არ ყოფილა და ლითონის დამუშავებაში პირველი ნაბიჯები იდგმებოდა. ამას მოწმობს ამ დროის სამარხთა სიმცირე (სულ აღმოჩნდა სამი სამარხი), რომელთაგან მომდინარე ინვენტარში ლითონის ნივთებს უმნიშვნელო ადგილი უკავია⁵.

შუაბრინჯაოს ხანის სამარხები გამოირჩევიან ინვენტარის სიუხვით, განსაკუთრებით მრავალრიცხოვანია დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოს საგნები. თითქმის არ არის თიხის ნაწარმი, რის მაგივრობასაც, გ. გობეჯიშვილის აზრით, ხის ქურქელი ასრულებდა. აღარ გვხვდება წინა ხანისათვის დამახასიათებელი კაჟის ნაწარმი. როგორც ჩანს, ქვის ინდუსტრია აქ საბოლოოდ შეაჩერა ბრინჯაოს მძლავრმა მეტალურგიამ⁶.

ლითონის ნივთებიდან ყველაზე მეტად დამახასიათებელია ბრინჯაოს სატევრები, შუბისპირები, ცულები, სხვადასხვა სახის სა-

⁴ საქართველოს არქეოლოგია, თბ., 1959, გვ. 111.

⁵ იქვე, გვ. 112.

⁶ იქვე, გვ. 113.

კიდეები, ქინძისთავეები, სამაჯურები, სასაფეთქლეები და სხვ. ბევრია წმინდა ანტიმონისაგან ნაკეთები მძივები და სხვ.⁷.

სატევრისპირები პატარა ზომისაა და უმეტესად არქაული იერის — ფოთლისებრი მოყვანილობის, უქედო ან ოდნავ შესქელებული შუა ნაწილში. არის აგრეთვე ქედიანი, მაგრამ ისინიც არქაული ფორმისაა⁸.

შუბისპირები, გარდა ერთისა, ყველა მასრაგახსნილია, ზოგი მათგანი, განსაკუთრებით კალიანი ბრინჯაოსაგან ნაკეთები, მოხდენილი ფორმისაა, თუმცა არის საკმაოდ უხეშად ნაკეთები ცალებიც⁹.

ცულები ეკუთვნის ყუადაშეებულ-ყუამილიანთა ტიპს. სატარე ნახვრეტი ყველას მრგვალი აქვს. გვხვდება მოკლემილიანი, წვრილი, მაღალტანიანი და ფართობირიანი ცულები და აგრეთვე მომცრო, ბრტყელტანიანი და ზოგი მათი სახესხვაობა. განსაკუთრებით საყურადღებოა საქართველოს ტერიტორიაზე მანამდე უცნობი, მეტად მოხდენილი ფორმის ყუამილიანი ცულები, რომლებსაც დამატებითი ყუამილი აქვთ, ტანი ორმხრივ მოხრილი, პირი გორდა. ამ ცულებს ზოგჯერ ვერძისთავის ქანდაკებები ამკობს. აღსანიშნავია აგრეთვე დროშის ტარის შესამკობი იარაღი, ე. წ. შტანდარტი — ცელისებრი მოყვანილობის, ყუაშესქელებული და პირმოკვეთილი. ორივე ამ იარაღს გ. გობეჯიშვილი საკულტო-საპარადო დანიშნულებას მიაწერს¹⁰.

სამკაულებისა თუ საკულტო საგნების უმეტესობას ერთპირიანი ან ორპირიანი ცულის მოყვანილობა აქვს და ისინიც ხშირად შემკულია ვერძისთავის ქანდაკებებით, მაგ., ვერძისთავეებითაა შემკული აღმოსავლურ-ქართული ტიპის ცულის მოყვანილობის საკიდი¹¹. უამრავია აგრეთვე ცალკე დამზადებული ვერძისთავის ქანდაკებები¹².

სამკაულებიდან აღსანიშნავია მარტივი, სამკუთხა და მრგვალგანიკვეთიანი სამაჯურები, ოვალური და მრგვალი მოყვანილობის სასაფეთქლე საკიდეები, დისკოიდალური, ქოლგისებრი და პირამიდისებრთავიანი ქინძისთავეები და სხვ.¹³.

⁷ საქართველოს არქეოლოგია, გვ. 113.

⁸ იქვე.

⁹ იქვე, გვ. 113, ტაბ. XV, 4, 5.

¹⁰ იქვე, გვ. 114, ტაბ. XI, 10, 13.

¹¹ იქვე, გვ. 114, ტაბ. XII, 9, 11.

¹² იქვე, გვ. 114.

¹³ იქვე, ტაბ. XII, 2, 4, 7.

ბრილის სამაროვნის შუაბრინჯაოს ხანის ლითონის ნაწარმის ქიმიური შედგენილობა შესწავლილი იყო ჯერ კიდევ ადრე, მაგრამ ანალიზები გამოქვეყნებული არ ყოფილა; აღნიშნული იყო მხოლოდ, რომ მათი უმრავლესობა ნაჭედი ან ჩამოსხმულია (ზოგჯერ მოჩანს ორივე პროცესის კვალი) ანტიმონიანი ბრინჯაოსაგან¹⁴. მაგრამ, როგორც შემდგომ გამოირკვა, ეს ნივთები დამზადებული აღმოჩნდა არა ანტიმონიანი, არამედ დარიშხანიანი სპილენძისაგან. ზოგჯერ დარიშხანთან ერთად ანტიმონიც არის წარმოდგენილი დიდი რაოდენობით — 20%-ზე მეტი (საკულტო-სარიტუალო თუ სახეიმო დანიშნულების ნივთებში), კალა მხოლოდ ერთ შუბისპირაში იყო აღნიშნული¹⁵.

როგორც ჩანს, ადრე შესრულებულ ანალიზებში დარიშხანის შემცველობა ანტიმონად იყო მიჩნეული, რაც გამოწვეული უნდა ყოფილიყო ამ ორი ელემენტის ქიმიური მსგავსების გამო. როგორც ცნობილია, დარიშხანი და ანტიმონი მენდელეევის პერიოდული სისტემის V ჯგუფშია მოთავსებული და როგორც ერთის, ისე მეორის განსაზღვრა ბრომატომეტრული მეთოდით წარმოებს (ქიმიურ-რაოდენობითი ანალიზით). ბრინჯაოში მათი ერთდროული შემცველობის დროს თუ მათი განსაზღვრა ცალ-ცალკე წონაკიდან არ მოხდებოდა, შესაძლოა ორივე ელემენტის ჯამი მთლიანად ანტიმონისათვის მიეწერათ ან პირიქით, რადგან იმხანად ანტიმონზე იყო გამახვილებული ყურადღება (რაცაში აღმოჩნდა ანტიმონის მძივები და აგრეთვე ანტიმონის მადნის ძველი გამონამუშევრები); დარიშხანის გამოყენების შესახებ ადრეული ხანის ლითონში ჯერ კიდევ არაფერი იყო ცნობილი, ამიტომ ბრილის ნივთებში შემავალი დარიშხანი ანტიმონად მიიჩნეეს. ამის გამო ეგონათ ნაჭედი ანტიმონიანი ნივთები¹⁶, მაგრამ პრაქტიკულად ანტიმონიანი ბრინჯაოს ნივთების გამოჭედვა შეუძლებელი იქნებოდა მისი სიმყიფის გამო; როგორც შემდგომმა ქიმიურმა ანალიზებმა დაადასტურეს, ნაჭედი აღმოჩნდა დარიშხანიანი სპილენძისაგან ნაკეთები ნივთები.

ჩვენ მიერ ბრილის სამაროვნიდან დამატებით შესწავლილია

¹⁴ გ. გო ბ ე ჯ ი შ ვ ი ლ ი, ბრინჯაოს ქართული უძველესი ბალთები, საკანდიდატო დისერტაცია, თბ., 1942, გვ. 113, 118—119; მისივე, ძველი ქართული სამთაბანო და მეტალურგიული წარმოების ნაშთები სოფ. ლებთან, საქ. სსრ მეცნიერებათა აკადემიის „მოამბე“, ტ. XIII, № 3, თბ., 1958, გვ. 189.

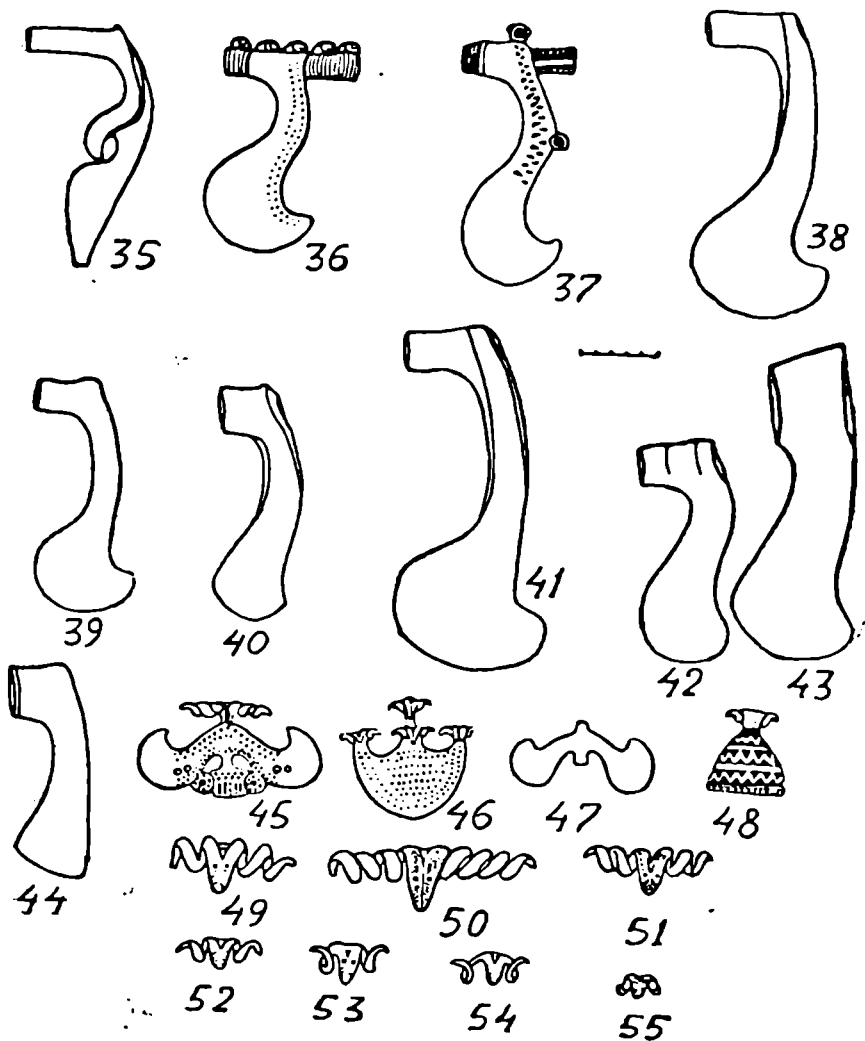
¹⁵ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, თ. დ ვ ა ლ ი, ო. ჯ ა ფ ა რ ი ძ ე, დასახ., ნაშრომი, გვ. 35, ცხრ. 9.

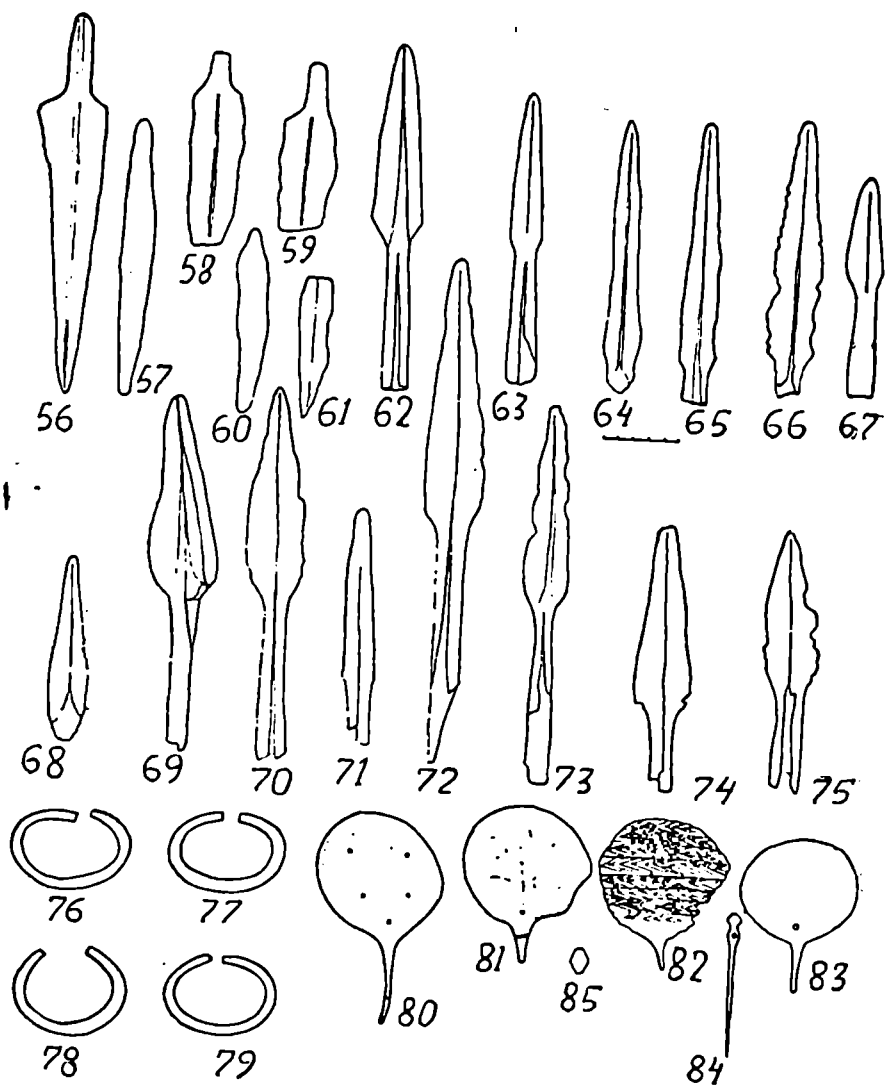
¹⁶ გ. გო ბ ე ჯ ი შ ვ ი ლ ი, დასახ. ნაშრომი, გვ. 189.

ერთ-ერთი სამარხის ბრინჯაოს ინვენტარი (46 ნივთი), რომელიც დაცულია საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმში, აგრეთვე 5 ნივთი თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტის არქეოლოგიის კაბინეტის კოლექციიდან (ტაბ. II—III). ე. ი. სულ 51 ნივთი. 51 ანალიზირებული ნივთიდან 36, ე. ი. უმრავლესობა, დამზადებული აღმოჩნდა დარიშხანიანი სპილენძისაგან, რომელშიც დარიშხანის შემცველობა 1,73%-დან 10%-ზე მეტია. ანტიმონი ამ ნივთებში უმნიშვნელო რაოდენობითაა — 0,001%-დან 0,8%-მდე (ან. 35, 37—41, 43, 44, 47, 48, 56—61, 64—72, 74—80, 82—85). ასეთი ლითონისაგან ნაკეთებია იარაღი, კერძოდ შტანდარტი, ცულები, შუბისპირები, სატევრები და აგრეთვე ზოგიერთი სამკაული. 11 ნივთი — ორი ცული, ვერძისთავის ქანდაკებები და საკიდები — ნაკეთებია დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოსაგან; ამ ბრინჯაოში დარიშხანის შემცველობა 1,5%-დან 9,2%-მდე აღწევს, ანტიმონისა კი 7,8%-დან 20%-მდე (ან. 36, 42, 45, 46, 49—55).

მხოლოდ სამი შუბისპირი აღმოჩნდა კალიანი (ტაბ. III₆₂ 63, 73) და ერთიც დისკოიდალური საკინძი (ტაბ. III₈₁). ყურადღებას იქცევს ის გარემოება, რომ სამივე შუბისპირში კალასთან ერთად მნიშვნელოვანი რაოდენობითაა წარმოდგენილი აგრეთვე ტყვია 1,8; 2,4 და 6,3%, ასევე მეოთხე კალიან ნივთშიც 5,2% ტყვია აღმოჩნდა (ან. 62, 63, 73 და 81). დარიშხანიც ჩანს აქ — ორ შუბისპირში 1,2%, ხოლო მესამეში — 0,5%, დისკოიდალურ საკინძში — 0,6%. ანტიმონი მხოლოდ ერთ შუბისპირში აღინიშნა 0,7%-ის რაოდენობით (ან. 62). სხვა მადნისეული მინარევეებიდან ბრილის ნივთებში გვხვდება რკინა, ნიკელი, ტყვია, ვერცხლი, თუთია, ზოგჯერ კალა, ძალზე იშვიათად კობალტი და ტიტანი; ყველა ეს მინარევი უმნიშვნელო რაოდენობითაა აღნიშნული. რაც შეეხება მანგანუმს, ქრომს, ბისმუტსა და ოქროს, ეს ელემენტები სპექტრში არ ჩანს.

ამრიგად, რაჭაში შუაბრინჯაოს ხანის ლითონის ნივთების დასამზადებლად ძირითადად დარიშხანიანი სპილენძია გამოყენებული, მაგრამ ამავე დროს ხმარებაშია დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაო. დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაოსაგან ნაკეთებია საკულტო-სარიტუალო თუ საზეიმო ხასიათის ნივთები და სამკაულები, დარიშხანიანი სპილენძისაგან კი იარაღი. რაც შეეხება კალიან ბრინჯაოს, იგი შედარებით იშვიათად გვხვდება. კალას, როგორც სპილენძის მალეგირებელ ლითონს, რაჭაში შუაბრინჯაოს ხანიდან იყენებენ, მაგრამ, როგორც ჩანს, იგი საკმაო რაოდენობით ჯერ კიდევ არ მოეპოვებათ.





სვანეთი არქეოლოგიურად სადღეისოდ ნაკლებად შესწავლილი მხარეა. არქეოლოგიური მასალა საქართველოს ამ კუთხიდან მცირე რაოდენობითაა ცნობილი და ისიც უმთავრესად შემთხვევითი აღმოჩენებით არის წარმოდგენილი. ბოლო წლებში სვანეთში მეტად მნიშვნელოვანი მუშაობა ჩაატარა აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის სვანეთის სამეცნიერო-კომპლექსურმა ექსპედიციამ (ხელმძღვანელი, ისტორიის მეცნ. კანდ. მ. ჩართოლანი), რომელმაც თავი მოუყარა და აღრიცხა ეკლესიებსა და სკოლებში დაცული და აგრეთვე მოსახლეობაში გაფანტული ყველა სახის ნივთიერი მასალა. განსაკუთრებით აღსანიშნავია არქეოლოგ მ. ჩართოლანის მიერ ჩატარებული სამუშაო; მან შეისწავლა ძირითადად არქეოლოგიური მასალა, ჩაატარა მისი ტიპოლოგიურ-ქრონოლოგიური კლასიფიკაცია და სათანადო ადგილი მიუჩინა საქართველო-კავკასიის არქეოლოგიურ კულტურებს შორის. ამჟამად სვანეთის შუაბრინჯაოს ხანის ბრინჯაოს ნაწარმიდან ცნობილია შემდეგი ნივთები: შტანდარტი (ნაკლული), ბრტყელი ცული, 13 ყუამილიანი ცული (აქედან ორი საპარადო), ერთი შუბისპირი (მასრანაკლული), ჰვირულთავიანი ქინძისთავი, საკიდები ადამიანის ხელისმტევნის სტილიზებული გამოსახულებით და სტილიზებული ქანდაკება (ვერძისთავი და ფრინველის ტანი)¹⁷.

ზემოაღნიშნული ნივთებიდან ქიმიურად შესწავლილია 10 ნივთი — ყუამილიანი ცულები (6 ცალი), შტანდარტი, ბრტყელი ცული, ერთი შუბისპირი და ერთიც ჰვირულთავიანი ქინძისთავი (ტაბ. IV₈₆₋₉₅). ყველა ეს ნივთი დამზადებულია დარიშხანიანი სპილენძისაგან, რომელშიც დარიშხანის შემცველობა 4-დან 6%-მდე აღწევს. ანტიმონი ამ ნივთებში ან არ არის, ან ძალზე მცირე რაოდენობითაა. უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოდგენილია სხვა მინარეგებიც, კერძოდ — კალა, ტყვია, რკინა, თუთია, ბისმუტი, ვერცხლი და ნიკელი (ან. 86—95).

სვანეთის ყუამილიანი ცულები ტიპოლოგიურად ისეთივეა როგორც ამ ხანაში საქართველოში ცნობილი ყუამილიანი ცულები. სვანეთის შტანდარტის ანალოგიურია ბრილის ასეთივე იარაღი. ორივე დარიშხანიანია: სვანეთისასში იგი 5,39%-ია, ბრილისასში — 8,8%. სტილიზებული ქანდაკება, რომელშიც შერწყმულია

¹⁷ მ. ჩ ა რ თ ო ლ ა ნ ი, მასალები სვანეთის არქეოლოგიისათვის, თბ., 1976, გვ. 11—13, ტაბ. I, 4 და II, 1, 2; მ ი ს ი ე ე, სვანეთის ბრინჯაოს ხანის არქეოლოგიური ძეგლები, თბ., 1977, გვ. 40—45, ტაბ. X—XVII.

ვერძისთავის ქანდაკება და ფრინველის ტანი, შ. ჩართოლანის აზრით, საზეიმო ქინძისთავი თუ სარიტუალო ჯოხისთავი ან შტანდარტის შემადგენელი ნაწილი უნდა ყოფილიყო¹⁸. ამ ქანდაკების ზუსტი ანალოგია ბრილური ეგზემპლარი, რომელიც შეიცავს 10%-ზე მეტ დარიშხანს (ან. 48). სვანეთის ქანდაკების ქიმიური ანალიზი, რამდენადაც ჩვენთვის ცნობილია, შესწავლილი არ არის.

ამრიგად, სვანეთში შუაბრინჯაოს ხანაში ლითონის ნივთების დასამზადებლად დარიშხანიანი სპილენძია გამოყენებული; იმ მცირერიცხოვანი ნივთებით, რაც სადღეისოდ არის ცნობილი, შეიძლება ითქვას, რომ კალა აქ არ ჩანს, ასევე ანტიმონიც.

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმში დაცული ურეკის განძი, რომელიც შემთხვევით აღმოჩნდა ურეკში 1941 წელს მიწის სამუშაოების დროს, ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველი ნახევრით თარიღდება¹⁹. განძი შედგება 19 ცულისა და 3 თოხისაგან. ცულებში სამ ტიპს არჩევენ: 1. ყუამილიან-ყუადაშვებული, ვიწროტანიანი, მომრგვალებულპირიანი, პირი გორდა და ოდნავ ასიმეტრიული. მრგვალი სატარე ხერელით (განძში 4 ამგვარი ცულია); 2. ორფერდაყუიანი, სწორშუბლიანი, მრგვალი სატარე ხერელით, პირი გორდა და ასიმეტრიული (განძში ასეთი 13 ცულია); 3. ორფერდაყუიანი, ექვსწახანაგა ტანით, ასიმეტრიული პირით, სატარე ხერელი წვეტიან-ოვალური (2 ცალი). თოხები სამკუთხა ფორმისაა, პირისაკენ შევიწროებული და წვეტიანი. სატარეს უკანა პირი მილისებრგამოშვებული. სამივე თოხს უკანა პირზე შუაში მკვეთრი წიბო გაუყვება, სატარე ხერელი მრგვალია.

ურეკისეული ნივთების მსგავსი ოთხი ცული, ოთხი სამკუთხა თოხი და ბრტყელი ფირფიტის ორი „საფხეკი“ დაცულია მახარაძის მხარეთმცოდნეობის მუზეუმში. როგორც გაირკვა, საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმსა და მახარაძის მუზეუმში დაცული კოლექციები ერთსა და იმავე ადგილასაა აღმოჩენილი²⁰. ამრიგად, სულ ურეკის განძის შემადგენლობაში სავარაუდებელია 23 ცული, 7 თოხი და 2 საფხეკი.

ურეკის განძისეული ცულების პირველი ტიპის — ყუამილიანი

¹⁸ შ. ჩ ა რ თ ო ლ ა ნ ი, მასალები სვანეთის არქეოლოგიისათვის, გვ. 12, ტაბ. II.

¹⁹ ო. ჭ ა ფ ა რ ი ძ ე, დაზვერვითი ექსპედიცია გურიაში, საქ. სახ. მუზეუმის „მოამბე“, ტ. XVI—B, თბ., 1950, გვ. 118; დ. ქ ო რ ი ძ ე, კოლხური კულტურის ისტორიისათვის, თბ., 1965, გვ. 10.

²⁰ ო. ჭ ა ფ ა რ ი ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 114.

ყუადაშვებული ცულები კარგადაა ცნობილი საქართველოში (რაქა, სვანეთი, კიათურა, იმერეთი, ივანწმინდა და სხვ.), ჩრდილო კავკასიაში და სხვ. რაც შეეხება მეორე ტიპს — ორფერდაყუიანი და სწორშუბლიანი, მისი მსგავსი ცალები, როგორც მკვლევრები აღნიშნავენ, ურეკის განძის აღმოჩენამდე ცნობილი არ ყოფილა. მესამე სახის ცულის, რომელიც კოლხური ცულების პროტოტიპადაა აღიარებული, ანალოგები დამოწმებულია დასავლეთ საქართველოს სხვადასხვა ადგილებში²¹.

ურეკის განძის ცულების უმრავლესობა ქიმიურად შესწავლილია. ისინი ქიმიური შედგენილობის თვალსაზრისით თითქმის არ განსხვავდებიან ადრებრინჯაოს ხანის ლითონის ნივთებისაგან — ნაკეთებია დარიშხანიანი სპილენძისაგან, სადაც დარიშხანის შემცველობა 0.97%-დან 4,6%-მდე აღწევს. მინარევებიდან სამ ცულში აღმოჩნდა ტყვია (1,8—2,70%-მდე), ორშიც კალა (0,97—1,5%), დანარჩენი მინარევეები — რკინა, ანტიმონი, მანგანუმი, გოგირდი — უმნიშვნელო რაოდენობითაა²². განძიდან ნხოლოდ ერთი თოხის ქიმიური შედგენილობა იყო ცნობილი²³. დამატებით ამ განძიდან ჩვენ მიერ შესწავლილია კიდევ ორი თოხისა და 1948 წელს ო. ჯაფარიძის მიერ ურეკიდან ჩამოტანილი თოხისა და ცულის ქიმიური შედგენილობა. განძისეული თოხები (ტაბ. IV₉₆₋₉₉) დამზადებულია დარიშხანიანი სპილენძისაგან, რომელშიც დარიშხანის შემცველობა 2,1 და 2,2%-ია (ან. 98—99): მესამე თოხიც (ტაბ. IV₉₇) 2,8% დარიშხანს შეიცავს (ან. 97). ცულში (ტაბ. IV₉₆) აღმოჩნდა 0,5% დარიშხანი, 0,5% რკინა, 0,5% ნიკელი და 0,8% ვერცხლი (ან. 96). 0,5% ნიკელსა და 0,8% ვერცხლს შეიცავს აგრეთვე ერთ-ერთი თოხი (ტაბ. IV₉₇; ან. 97). სხვა მადნისეული მინარევეები, კერძოდ კალა, ტყვია, რკინა და თუთია უმნიშვნელო რაოდენობითაა წარმოდგენილი.

ამრიგად, შუაბრინჯაოს ხანაში დასავლეთ საქართველოში ბრინჯაოს მეტალურგია და ლითონდამუშავება წინა პერიოდთან შედარებით უფრო განვითარებული ჩანს. თუ ადრე ლითონის ნივ-

²¹ დ. ქოჩიძე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 126, 127; ო. ჯაფარიძე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 114, 115.

²² ფ. თაყაიძე, თ. ს ა ყ ვ ა რ ე ლ ი ძ ე, ძველი ქართული ბრინჯაოს ცულების ჩამოსხმა და დამუშავება, ლითონისა და სამთო საქმის ინსტიტუტის შრომები, ტ. VII, თბ., 1956, გვ. 334, ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, თ. დ ვ ა ლ ი, ო. ჯ ა ფ ა რ ი ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 29, 30.

²³ დ. ქოჩიძე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 131, ცხრ. 1.



86



87



88



89



90



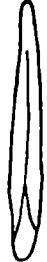
91



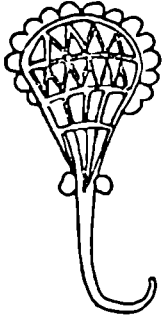
92



93



94



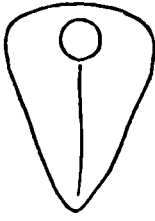
95



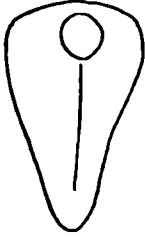
96



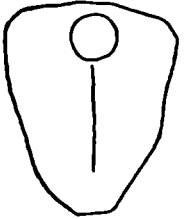
97



98



99



თები მხოლოდ დარიშხანიანი სპილენძისაგან მზადდებოდა, შუა-ბრინჯაოს ხანაში, მართალია, ძირითადად ისევე დარიშხანიანი სპილენძია ხმარებაში, მაგრამ მასთან ერთად, ზოგან (აფხაზეთი, რაჭა) გამოიყენება ახალი შენადნობები — დარიშხან-ანტიმონიანი და კალიანი ბრინჯაო. როგორც ჩანს, დასავლეთ საქართველოში ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველ ნახევარში უკვე იციან სპილენძის კალითა და ანტიმონით ლეგირება — მისი მექანიკური თვისებების გაზრდის, სამსხმელო თვისებების გაუმჯობესებისა და დნობის ტემპერატურის შემცირების მიზნით. ამავე ხანიდანაა სავარაუდებელი დასავლეთ საქართველოში სპილენძის სულფიდური მადნების ათვისება. როგორც რაჭისა და აფხაზეთის მასალებიდან ჩანს, ამ დროს აქ საკუთრივ ანტიმონისაგან დამზადებული სამკაულიც გვხვდება. ეს ფაქტი კი შესაძლოა იმაზე მეტყველებდეს, რომ ამ ხანაში ანტიმონის ნაკლებობას მაინც და მაინც არ განიცდიდნენ, სამაგიეროდ იგრძნობა კალის გასაქირი და ეგებ ამიტომაცაა, რომ აქ კალიანი ბრინჯაოს ნივთები დარიშხან-ანტიმონიანთან შედარებით ნაკლებადაა წარმოდგენილი.

ყურადსაღებია ის ფაქტი, რომ ზემოაღნიშნული შენადნობების შერჩევა-გამოყენება უთუოდ გამიზნულად ხდება — ნივთის ფუნქციონალური დანიშნულების გათვალისწინებით; იციან რომელი შენადნობიდან დაამზადონ იარაღი, სამკაული თუ სარიტუალო დანიშნულების ნივთები. ყოველივე ეს მოწმობს სამსხმელო საქმის მაღალ დონეს; ამის დასტურია აგრეთვე ბრილის სამაროვნის ზოგიერთი უნიკალური ნივთი, რომლებიც ცვილის მოდელის დაკარგვის წესითაა ჩამოსხმული სპეციალური, თხელდენადი ბრინჯაოსაგან, რომელსაც უთუოდ ჩაჯდომის მცირე კოეფიციენტი აქვს.

უნდა აღინიშნოს, რომ აღმოსავლეთ საქართველოში ამ დროს ერთგვარად განსხვავებული სურათი ჩანს: თრიალეთის კულტურაში უკვე ქარბობს კალიანი ბრინჯაოს ნაწარმი, თუმცა მასთან ერთად გვხვდება დარიშხანიანი სპილენძისაგან ნაკეთები ნივთები. თრიალეთის კულტურაში იშვიათად გვხვდება დარიშხან-ანტიმონიანი ბრინჯაო (ცნობილია მხოლოდ ერთი ცული ქვასათალიდან, შემთხვევით აღმოჩენილი 1947 წელს, რომელიც შეიცავს 7,9% დარიშხანს და 5,12% ანტიმონს)²⁴ და საკუთრივ ანტიმონის ნივთები

²⁴ ც. ა ბ ე ს ძ ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, სამუზეუმო ექსპონატთა რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, I, თბ., 1974, გვ. 44—45, ტაბ. IV, 82.

(ქვასათალიდან ცნობილია ანტიმონის კილიტები)²⁵. როგორც ჩანს, შუაბრინჯაოს ხანაში აღმოსავლეთ და დასავლეთ საქართველოს კულტურებს სხვადასხვა მეტალურგიული კერები ჰქონიათ, მაგრამ არ არის გამორიცხული, რომ მათ შორის საკმაოდ მჭიდრო კავშირი ყოფილიყო: შესაძლოა ამის ანარეკლია ისიც, რომ თრიალეთის კულტურის გავლენით გავრცელდა კალა დასავლეთ საქართველოში, ანტიმონი კი პირიქით დასავლეთიდან შემოდის აღმოსავლეთ საქართველოში, სადაც მისი მადნები ცნობილი არ არის.

ორიოდე სიტყვა ტყვიისა და თუთიის მინარევის შესახებ ბრინჯაოში. როგორც ზემოთ აღინიშნა, აფხაზეთისა და რაჭის ზოგიერთ ნივთში ზოგჯერ დადასტურებული იყო ტყვია და თუთია. აფხაზეთის ნივთებში უფრო ხშირად და მომეტებული რაოდენობით (5.7%-მდე) აღნიშნული იყო თუთია და თანაც თითქმის ყოველთვის დარიშხან-ანტიმონიან ბრინჯაოში (ან. 2, 3, 5, 9, 23, 24—26); ტყვია კი შედარებით ნაკლებადაა და მისი რაოდენობა 1,2%-ს არ აღემატება (ან. 13, 18, 32). რაჭაში კი პირიქით — ტყვიის მინარევი ჩანს 1,8—6,3%-მდე და ყოველთვის კალიან ბრინჯაოში (ან. 62, 63, 73, 81). რაც შეეხება თუთიას, იგი რაჭის ნივთებში თითქმის ყოველთვის მცირე მინარევის სახითაა. აქვე საინტერესოა გავიხსენოთ, რომ ტყვიისა და თუთიის მინარევი მტკვარ-არაქსის კულტურის ლითონის ნაწარმშიც გვხვდება, მაგრამ არცთუ ისე ხშირად და მათი პროცენტული შემცველობა 1,2—2,5%-ს არ აღემატება, მხოლოდ ერთხელ აღინიშნა დაახლოებით 5% თუთია²⁶. ტყვიისა და თუთიის აღნიშნული რაოდენობა დარიშხანიან სპილენძში, ვფიქრობთ, ბუნებრივი მინარევი უნდა იყოს; ამ შემთხვევაში გამოყენებული უნდა ყოფილიყო ტყვიისა და თუთიის შემცველი სპილენძის მადნები, რომლებიც ფართოდაა ცნობილი საქართველოში. ამ მადნების აღდგენითი დნობის დროს ტყვია და თუთია სპილენძთან ერთად აღდგებოდა და გადავიდოდა ლითონში.

მომდევნო, შუაბრინჯაოს ხანაში თრიალეთის კულტურის ლითონის ნაწარმში ტყვია უფრო ხშირად ჩანს და თანაც უმეტესად კალიან ბრინჯაოში. აქ ტყვიის შემცველობა 1-დან 3,5%-ის ფარგლებში მერყეობს (ერთხელ 8,38% აღინიშნა), რაც შეეხება თუთიას, იგი აქ ან არ არის, ან მცირე რაოდენობითაა, მხოლოდ ორჯერ

²⁵ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, თ. დ ვ ა ლ ი, ო. ჯ ა ფ ა რ ი ძ ე, დასახ. ნაწარმი, გვ. 37.

²⁶ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, ლითონის წარმოება ამიერკავკასიაში ძვ. წ. III ათასწლეულში, თბ., 1979, ცხრ. 2.

აღინიშნა 5,16 და 5,72%²⁷. ის, რომ ტყვია უმთავრესად კალიან ბრინჯაოში ჩანს, შესაძლოა იმის მაჩვენებელია, რომ იგი საგანგებოდაა შეტანილი შენადნობში მისი სამსხმელო თვისებების გაზრდისა და დნობის ტემპერატურის დასაწევად, თუმცა, როგორც ცნობილია, ტყვია სავრანობლად ამცირებს კალიანი ბრინჯაოს მექანიკურ თვისებებს. მაგრამ სამაგიეროდ მკვეთრად ზრდის შენადნობის ჭრით დამუშავების უნარს და სიმკვრივეს²⁸. თუთიაც მეტპლასტიკურობასა და სიმტკიცეს მატებს სპილენძის შენადნობს²⁹. მაგრამ თუთიის შეგნებული გამოყენება ადრე- და შუაბრინჯაოს ხანაში ნაკლებ სავარაუდებელია, რადგან იგი კალასა და ტყვიასთან შედარებით უფრო გვიან შემოდის ხმარებაში³⁰. რაც შეეხება ტყვიას, იგი საკმაოდ ადრეული ხანიდანაა ცნობილი; ამიერკავკასიაში ტყვიის ნივთები ძვ. წ. III ათასწლეულიდანაა ცნობილი³¹ და ამდენად არ უნდა იყოს გამორიცხული მისი შეგნებული შეტანა სპილენძსა თუ ბრინჯაოში. თუმცა ჩვენ მაინც არ გამოვრიცხავთ მის მადნისეულ წარმომავლობას ნივთებში.

სადღეისოდ ჯერ კიდევ მთლად ნათელი არ არის თუ სად უნდა ყოფილიყო დასავლეთ საქართველოში მეტალურგიული წარმოების ცენტრები. ეს ცენტრები, ვფიქრობთ, მეტალოგენურ რაიონებშია საებარე; ერთ-ერთ ასეთ რაიონს წარმოადგენს რაქა, რომელიც მდებარეობს კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ ფერდობზე და ფერადი ლითონებით მდიდარ გეოლოგიურ ფორმაციას განეკუთვნება. წამყვან როლს აქ ასრულებს ანტიმონი, დარიშხანი, ვოლფრამი, ვერცხლისწყალი და მოლიბდენი³². სპილენძის მადნგამოსაველები, სხვა რაიონებთან შედარებით, ნაკლებია³³. 1945 წ. ჩატარებული საძიებო-სადაზვერვო სამუშაოების შედეგად გაირკვა, რომ ზემო რაქაში სპილენძის მნიშვნელოვანი გამოსაველები არ მო-

²⁷ ც. ა. ბ. ე. ს. ა. ძ. ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, გვ. 66—73.

²⁸ А. И. Шагин, Г. М. Калистратова, Специальные бронзы и латуни. М., 1945, с. 77.

²⁹ А. П. Гуляев, Металловедение, М., 1956, с. 320.

³⁰ რ. ბ. ა. ხ. ბ. ძ. ე, ნ. ს. ა. რ. ა. ჯ. ი. შ. ვ. ი. ლ. ი, ანტიკური ხანის ბრინჯაოს ნაწარმის ქიმიური შედგენილობის შესწავლისათვის, სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, I, თბილისი, 1974, გვ. 115.

³¹ ც. ა. ბ. ე. ს. ა. ძ. ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, გვ. 57.

³² Природные ресурсы Грузинской ССР, I, М., 1958, с. 188.

³³ იქვე, გვ. 104.

იპოვება³⁴, მაგრამ აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ მნიშვნელოვანი გამოსავლები იმას გულისხმობს, რომ ამ მადნებს სადღეისოდ არა აქვთ საწარმოო მნიშვნელობა; უძველესი მეტალურგიისათვის შესაძლოა ეს გამოსავლები საკმარისი ყოფილიყო. სპილენძის საბადოები თუ ცალკეული გამოსავლები ფიქსირებულია რიონის აუზის ზემო წელში — მამისონის უღელტეხილთან, ადგ. დიდველში, კოდნარულაში და მდინარეების ქეშურის, ზოფხითურის, ხვრელიეთისა და სხვ. სათავეებთან³⁵. აქ ძირითადად წარმოდგენილია პირიტი, ქალკობირიტი, ვალენტი, არსენობირიტი და სხვ. მადნის ზოგიერთ ნიმუშში (ქალკობირიტი) 1%-მდეა სპილენძი, უფრო მდიდარ ძარღვებში კი მისი რაოდენობა 5,5%-ს აღწევს. აღსანიშნავია ხვრელიეთის საბადო, რომელიც ლების ჩრდილოეთით მდებარეობს, 8—10 კმ დაშორებით; აქ დადგენილია ექვსი ძარღვი 0,3—0,8 %-მდე სპილენძის შემცველობით. მადანი — პირიტი და ქალკობირიტი. სპილენძის მცირე შემცველობის გამო ეს მადნები სათანადოდ არ არის შესწავლილი. შოსტაკის ცნობით, ლების ახლოს მდებარე სპილენძის მადნებში 8% სპილენძია. ლების მიდამოებში კიდევ რამდენიმე ადგილასაა დამოწმებული სპილენძის გამოსავლები, მაგრამ ისინი ჭერჭერობით სრულიად შეუსწავლელია³⁶.

ანტიმონის საბადოები რაჭაში წარმოდგენილია ზოფხითისა და ქეშურის ჯგუფებით. პირველში შედის საკუთრივ ზოფხითის და აგრეთვე ედენის, ჩარისქვაბის, კოდიანის, სალებისა და რიგი სხვა ძარღვები და გამოსავლები. მეორეში — კვარზახეთი, სანაცხია, დომბურულა, დომბა, კირტიშო, უსახელო, ბოსელა და სხვ³⁷. ამათგან ჩვენთვის საყურადღებოა ლებიდან 6 კმ დაშორებით მდებარე საბადო. ქვემოთ მოტანილია აქ მოპოვებული მადნის სამი ნიმუშის ქიმიური შედგენილობა³⁸.

I	II	III
ანტიმონი — 27,26 %	ანტიმონი — 40,47 %	ანტიმონი — 27,31 %
ტყვია — 0,66 %	ღარიშხანი — 0,56 %	ღარიშხანი — 1,41 %
ღარიშხანი — 4,64 %	ტყვია — 0,87 %	ტყვია — 0,87 %
სპილენძი — 0,11 %	რკინა — 1,90 %	რკინა — 5,66 %
რკინა — 2,08 %	გოგირდი —	გოგირდი — 15,83 %
გოგირდი — 12,37 %		

³⁴ Природные ресурсы..., გვ. 104.

³⁵ Минеральные ресурсы ССР Грузии, Тиф., 1933, с. 528—534.

³⁶ იქვე, გვ. 33- 529—531, 555.

³⁷ Природные ресурсы Грузинской ССР, с. 188—193.

³⁸ Минеральные ресурсы ССР Грузии, с. 970.

ამასთან ერთად უნდა აღინიშნოს ლების მახლობლად მიკვლეული ანტიმონის ძველი მალაროები, მადნის სამტვრევი ქვის უროები, მადნის სადნობი სახელოსნოს ნაშთები და სხვა, რომლებსაც გ. გობეჯიშვილი ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველი ნახევრით ათარილებს³⁹.

ასევე ფართოდ არის გავრცელებული რაჭაში დარიშხანი, რომელიც წარმოქმნის დიდ კონცენტრაციებს. ზემო რაჭაში დარიშხანის გამოსავლები ძირითადად წარმოდგენილია რეალგარ-აურიპიგმენტური ტიპით. ამათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია ლუხუმის საბადო (ამბროლაურის რაიონი), რომელიც 2200 მ სიმაღლეზე მდებარეობს. დარიშხანის შემცველობა მადანში მერყეობს 0,5%-დან 30%-მდე, საშუალოდ შეადგენს 7%-ს. სპექტრული ანალიზით მადანში დადასტურებულია ანტიმონის, ნიკელის, გალიუმის, მანგანუმის, ვანადიუმის, ცირკონიუმის, ტიტანის, სპილენძის, ქრომის, სტრონციუმის, ოქროსა და ვერცხლის კვალი. დარიშხანის მაღალი შემცველობის გამო ამ საბადოს მადნები ხელით დახარისხების შემდეგ მიდის გამოწვაზე გამდიდრების გარეშე⁴⁰.

ლუხუმის სამხრეთ-აღმოსავლეთით მდებარეობს დარიშხანის მეორე, არანაკლებ მნიშვნელოვანი ურავის საბადო (ამბროლაურიდან 25 კმ დაშორებით). აქ ქარბობს აურიპიგმენტოვანი და ნაწილობრივ რეალგაროვანი სხვადასხვა ინტენსივობის გამადნება. ლუხუმის ტიპის საბადოს მიეკუთვნება საკაურისა და კოდისძირის საბადოები. პირველში დარიშხანის შემცველობა 8,5%-ს აღწევს. დარიშხანის უფრო მცირე გამოსავლები ცნობილია მდ. საკაურას აუზში, სოფ. უწერას მიდამოებში და სხვ. ცნობილია აგრეთვე ოჯანურის, ფარაენუმის, გვერითის მუშუანის. გომიისა და კირტიშოს გამადნება და სხვ.⁴¹ ლების რაიონში შეიძლება გამოიყოს კარობის არსენოპირიტისა და პოლიმეტალური, დარიშხანშემცველი საბადოები: პირველში 15,53%, ხოლო მეორეში 9,40% დარიშხანი აღმოჩნდა⁴². ლების დარიშხანის საბადოებში შედის აგრეთვე კოდის-ძირის, რუსთავისა და ცოხის-რუს საბადოები, რომლებიც გენეტიკურად ერთგვაროვანია და ერთმანეთისაგან ახლო მდებარეობენ. მადანი

³⁹ გ. გობეჯიშვილი, ძველი ქართული სამთამადნო და მეტალურგიული წარმოების ნაშთები სოფ. ლებთან, გვ. 186; მისივე, არქეოლოგიური გათხრები საბჭოთა საქართველოში, გვ. 54.

⁴⁰ Природные ресурсы Грузинской ССР, с. 211—218.

⁴¹ იქვე.

⁴² Минеральные ресурсы ССР Грузии, с. 717, 722.

წარმოდგენილია რეალგარით, რომელსაც ზოგან (კოდის-ძირი) ანტი-მონიტი ურევია⁴³.

სვანეთისათვის ძირითადად დამახასიათებელია ტყვია-თუთისა და დარიშხანის მადნები. სპილენძის მადნები შედარებით მცირე რაოდენობითაა. ამათგან აღსანიშნავია ზესხოს, ხალდეს, ნაუმკაუნის, ენგურ-უხვანის, ჩალატისა და სხვ. ზესხოს მადანში დადგენილია 0,48—2,81% სპილენძი, 0,01-დან 0,07%-მდე კობალტი, თუთია და ტყვია კვალის სახით. მადნის ზოგიერთ ნიმუშში აღინიშნა ოქრო, ვერცხლი და კალა. ნაუმკაუნის (მდ. ენგურის ზემო აუზი) საბადოში მადნისეული მინერალები წარმოდგენილია — პირიტით, ქალკოპირიტით. სფალერიტით, გალენიტითა და პიროტინით. ქიმიური ანალიზით დადგენილია 0,42%-დან 2,04% სპილენძი, 0,01% კობალტი და მეასედი რაოდენობით ნიკელი. ენგურ-უხვანის სპილენძის მადნებში სპილენძის შემცველობა 0,42-დან 2,04%-ს აღწევს. ჩალტის პიროტინო-ტყვია-თუთის მადანგამოსავლები მდებარეობს მესტიიდან 12 კმ დაშორებით. მადნისეული მინერალებიდან აღსანიშნავია პირიტი, პიროტინი, გალენიტი, ქალკოპირიტი და სფალერიტი. სპილენძის შემცველობა მადანში 0,5—1%-მდე. ტყვია-თუთისა 4,0—4,5%, კობალტის 0,014—0,05%. ყველა ზემოჩამოთვლილი მადნები საკმარისად არ არის შესწავლილი⁴⁴.

სვანეთში დარიშხანი წარმოდგენილია შემდეგ ადგილებში: ცენი, შაბანი, წითელი კლდე, ხალდე, ყორულდაში და სხვ. ამათგან ყველაზე მნიშვნელოვანია ცხენისწყლის სათავეებთან მდებარე ცენისა და აგრეთვე ყორულდაშის საბადოები. უკანასკნელის სამრეწველო ექსპლუატაცია ამჟამადც მიმდინარეობს. ცენის მადნის მინერალოგიური შედგენილობა მრავალგვაროვანია, წამყვანია არსენოპირიტი. საერთოდ სვანეთის მადნებში დარიშხანი მხოლოდ და მხოლოდ არსენოპირიტის სახითაა წარმოდგენილი. ცენის მადანი შეიცავს 1%-დან 44%-მდე დარიშხანს. ამავე საბადოს გვერდით მინერალს წარმოადენს ანტიმონიტი. საკუთრივ ანტიმონოვანი გამადნება კარგად არის გამოხატული მხოლოდ ერთ პუნქტში — ცურუნგალის მთის დას. ფერდობზე⁴⁵. ხალდეს საბადოს ანტიმონის კრიალაში 67—68%-მდე ანტიმონი აღმოჩნდა⁴⁶.

⁴³ იქვე, გვ. 719, 720.

⁴⁴ Природные ресурсы Грузинской ССР, с. 105—106.

⁴⁵ იქვე, გვ. 195, 211—214.

⁴⁶ Минеральные ресурсы ССР Грузии, с. 973—974.

რაჭა-სვანეთთან შედარებით აფხაზეთში ნაკლებია გამადნება. მდ. კოდორის სათავეში დამოწმებულია მინერალიზაციის ცალკეული ზონები, სადაც ძირითადად წარმოდგენილია პიროტიანი, პირიტი, უფრო ნაკლებად ქალკოპირიტი, გალენიტი და სფალერიტი. ქიმიური ანალიზით ერთ-ერთ ნიმუშში აღმოჩნდა 0,1—1,2 % სპილენძი, 0,045 % კობალტი, 3,0 % ტყვია-თუთია. განსაკუთრებით აღსანიშნავია მდ. ზიმის სათავესთან 1900—2150 მ სიმაღლეზე განლაგებული საბადო (ს. ჩხალთიდან 25 კმ დაშორებით), რომლის მადნისეული მინერალებია — ქალკოპირიტი, პირიტი, სფალერიტი და გალენიტი. ქიმიური ანალიზით მადანში დადგენილია 0,83—11,3 % სპილენძი, 0,65—1,45 % თუთია და 0,03—2,4 % კობალტი. მდ. ზიმის მარცხენა ნაპირზე კიდევ ფიქსირებულია სპილენძ-პიროტინის 17 ძარღვოვანი გამოსავალი. აქ აღინიშნა 0,25 % სპილენძი, 0,16—0,42 % კობალტი, 1,05 % თუთია და მცირე რაოდენობით დარიშხანი⁴⁷.

აფხაზეთის ფარგლებში დარიშხანის გამოსვლები მცირე რაოდენობითაა რეგისტრირებული რეალგარ-აურიპიგმენტისა და არსენოპირიტის სახით. პირველი გვხვდება გვანდრის მწვერვალის ფერდობზე, სადაც დარიშხანის საშუალო შემცველობა 3 %-ია. გუდაუთის რაიონში ფსხუსთან წარმოდგენილია რეალგარი და აურიპიგმენტი. აქვე, ამავე მადანში გვხვდება ანტიმონიცი⁴⁸. გურიაში მდ. ბახვისწყლისა და ნატანების სათავეებში, აგრეთვე მათი შენაკადების ირგვლივ დამოწმებულია ძირითადად პირიტისა და ქალკოპირიტის მინერალები სფალერიტსა და გალენიტთან ერთად. სპილენძის ცალკეული ძარღვები წარმოდგენილია — უჩხობში, ქორბუდეში, ზოტსა და ფამფალეტში. მაგრამ, როგორც სათანადო შესწავლის შედეგად გაირკვა, არც ერთი არ არის პერსპექტიული საწარმოო თვალსაზრისით და ამიტომ შეუსწავლელია⁴⁹. რაც შეეხება ანტიმონსა და დარიშხანს, ამ ლითონთა მადანგამოსავლები გურიის ტერიტორიაზე არ არის აღნიშნული.

ამრიგად, როგორც ზემოგანხილულიდან ჩანს, რაჭა-სვანეთში საკმარის რაოდენობით მოიპოვება როგორც სპილენძი, ასევე დარიშხანი და ანტიმონი. განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს ლების რაიონი, სადაც თავმოყრილია სპილენძის, ანტიმონისა და დარიშხანის

⁴⁷ Природные ресурсы Грузинской ССР, с. 106.

⁴⁸ იქვე, გვ. 210—211.

⁴⁹ იქვე, გვ. 101—102.

ანკონის №/№	ნივთის დასახელება	ნივთის №	აღმოჩენის ადგილი და წელი
1	2	3	4
1	ხვია (სპირალი)	21-61 : 30	ეშერა, 1937, II დოღმ.
2	მძივი ბიკონუსური	21-61 : 32	" " "
3	მძივი	21-61 : 38	" " "
4	საქინძი	21-61 : 39	" " "
5	მძივი ბიკონუსური	21-61 : 40	" " "
6	დანა ფოთლისებრი	21-61 : 44	" " "
7	სატევიარი	21-61 : 69	" " "
8	საქიდი	21-61 : 76	" " "
9	მძივი სდერელი	21-61 : 83	" " "
10	სატევიარი	21-61 : 218	" " VI "
11	საქიდი ნახევარსფერ.	21-61 : 219	" " "
12		21-61 : 229	" " "
13	ხვია (სასაფეთქლე რგოლი)	21-61 : 250	" " "
14	ცული	21-61 : 311	კურ. ღერე, 1946
15		21-61 : 313	ეშერა, 1937
16	მძივი ბიკონუსური	21-61 : 315	" "
17	მძივი მრგვალი	21-61 : 315	" "
18	ხვია (სასაფეთქლე რგოლი)	21-61 : 317	" "
19	მძივი კასრისებრი	21-61 : 321	" "
20	ხვია (სპირალი)	21-61 : 322	" "
21	შუბი	21-61 : 324	" "
22	სატევიარი	21-61 : 326	" "
23	მძივი კასრისებრი	23-61 : 3	აზნათა, 1946
24	მძივი კასრისებრი	23-61 : 3	" "
25	ხვია (სასაფეთქლე რგოლი)	23-61 : 5	" "
26	მძივი	23-61 : 18	" "
27	საქინძი	23-61 : 1	" "
28	დათვის სკულპტ. ქანდაკ.	23-61 : 15	" "
29	საქიდი „ხოქოსებრი“	21-61 : 6	ეშერა, 1937
30	საქიდი	21-61 : 84	" "
31	"	21-61 : 12	" "
32	სატევიარი	21-61 : 122	" "
33	საქინძი	21-61 : 170	" "
34	საქიდი	21-61 : 314	" "
35	შტანდარტი	34 (საველე)	ბრილი, 1939
36	ცული	28	" "
37	"	29	" "
38	"	31	" "
39	"	32	" "
40	"	16	" "
41	"	(თსუ კოლექცია)	" "
42	"	"	" "
43	"	"	" "
44	"	"	" "
45	სტილიზებ. ქანდაკება	64 (საველე)	" "
46	საქიდი	65	" "
47	საქიდი	60 (საველე)	" "

რადიონობით ანალიზის შედეგები %-ით

Gu	Sn	Pb	Fe	Zn	As	Sb	Bi	Ag	Ni	Co
5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	8.5	0.05	—	0.7	—	—	—	0.002	ჯ/ჯ	—
	0.02	—	0.05	1.2	2.25	5.3	—	0.002	ჯ/ჯ	—
	0.01	0.15	ჯ	5.5	2.25	7.4	—	0.4	0.1	—
	0.01	0.15	—	0.4	7.40	0.01	—	0.05	0.04	—
	—	0.05	0.1	1.2	—	1.5	—	0.01	ჯ/ჯ	—
	—	—	—	0.8	7.35	0.01	—	0.05	ჯ/ჯ	—
	8.32	0.05	—	0.4	—	—	—	0.05	ჯ/ჯ	—
	12.4	—	0.1	—	—	—	—	0.01	ჯ	—
	0.03	0.15	0.3	5.60	4.5	4.5	—	0.1	ჯ	—
	0.01	—	—	0.7	7.4	—	—	0.4	ჯ	—
	—	0.06	ჯ	0.8	4.8	0.5	—	0.4	0.25	—
	—	0.06	0.1	0.8	—	0.2	—	0.05	0.08	—
	1.4	1.2	—	0.15	—	—	—	ჯ	ჯ/ჯ	—
94.72	—	—	—	—	4.66	—	—	0.4	0.25	—
92.92	—	—	—	0.15	6.73	0.7	—	0.9	0.08	—
	—	ჯ/ჯ	—	—	12.5	ჯ/ჯ	ჯ	0.9	ჯ/ჯ	—
	—	—	ჯ/ჯ	0.95	8.5	6.5	—	1.0	0.65	—
	0.8	1.2	ჯ/ჯ	—	2.25	1.2	—	0.05	0.1	—
	0.2	ჯ/ჯ	—	0.17	3.8	1.2	—	0.01	0.08	—
	1.2	ჯ/ჯ	—	0.8	—	—	—	0.01	—	—
	ჯ	—	ჯ/ჯ	0.75	9.60	0.1	—	0.01	ჯ/ჯ	—
	—	ჯ/ჯ	ჯ/ჯ	0.7	8.5	—	—	0.01	0.68	—
	0.5	0.06	ჯ	5.7	1.5	0.1	—	0.4	0.25	0.4
	0.2	—	ჯ	1.2	9.20	—	—	0.9	0.1	—
	10.0	ჯ	—	1.85	ჯ/ჯ	—	—	0.9	0.25	—
	0.3	ჯ/ჯ	—	2.3	—	—	—	0.9	0.26	—
	—	—	—	—	7.40	—	—	ჯ	0.25	—
	—	ჯ	ჯ/ჯ	—	>10.0	—	—	0.1	0.02	—
	—	0.15	—	—	4.5	—	—	0.1	—	—
	—	—	ჯ/ჯ	—	2.25	2.0	—	0.1	0.027	—
	7.3	0.06	—	—	1.5	—	—	0.1	0.25	—
	—	1.2	ჯ/ჯ	—	4.5	0.5	—	0.1	0.25	—
	—	0.05	—	—	2.25	0.5	—	0.01	0.027	—
	ჯ/ჯ	—	ჯ	—	2.25	2.0	—	0.05	0.03	—
	—	0.03	0.01	<0.01	8.8	0.2	—	0.08	<0.01	—
	—	0.1	0.01	0.5	6.5	10.6	—	0.4	0.05	—
	—	—	0.01	0.25	9.5	0.001	—	0.1	0.04	—
	—	0.4	—	0.05	6.0	0.15	—	0.1	—	—
	<0.01	0.15	0.01	—	7.5	0.2	—	0.01	—	—
	—	0.01	<0.01	0.02	8.2	0.8	—	0.03	0.3	—
	—	0.75	<0.01	0.02	8.2	0.1	—	0.02	0.02	—
71.92	—	0.03	0.01	0.05	4.97	~20	—	0.07	0.5	—
97.96	0.02	0.04	0.01	0.02	1.73	0.15	—	0.01	0.1	—
	0.01	0.1	<0.01	0.01	2.75	0.03	—	0.9	0.1	—
	0.01	0.03	0.02	0.2	6.3	>10.0	—	0.6	0.4	—
	—	0.04	0.01	0.2	9.2	>12	—	0.5	0.4	—
	0.01	—	<0.01	0.05	>10	0.8	—	0.8	0.05	—

1	2	3	4
48	სტილიზებული ქანდაკება	61 (საველე)	ბრილი, 1939
49	ვერძისთავის ქანდაკება	(ოსუ კოლექცია)	" "
50	" "	67 ₁ (საველე)	" "
51	" "	67 ₂ "	" "
52	" "	67 ₃ "	" "
53	" "	67 ₄ "	" "
54	" "	67 ₅ "	" "
55	" "	67 ₆ "	" "
56	სატევეარი	50 (საველე)	" "
57	" "	51 "	" "
58	" "	53 "	" "
59	" "	54 "	" "
60	დანისა თუ სატევერისპირი	52 "	" "
61	სატევერისპირის ფრაგმ.	55 "	" "
62	შუბისპირი	48 "	" "
63	" "	41 "	" "
64	" "	35 "	" "
65	" "	36 "	" "
66	" "	37 "	" "
67	" "	48 "	" "
68	" "	49 "	" "
69	" "	43 "	" "
70	" "	45 "	" "
71	" "	44 "	" "
72	" "	46 "	" "
73	" "	47 "	" "
74	" "	38 "	" "
75	" "	40 "	" "
76	სამაჯური	57 "	" "
77	" "	" "	" "
78	" "	" "	" "
79	" "	" "	" "
80	საკინძი დისკოიდალური	58 "	" "
81	" "	" "	" "
82	" "	" "	" "
83	" "	" "	" "
84	საკინძი	" "	" "
85	მძიე ბიკონუსური	" "	" "
86	შტანდარტი	" "	სევანეთი
87	ბრტყელი ცული	" "	სოფ. ნანარი
88	ცული ყუამილიანი	" "	დაბა მესტია
89	" "	11—32 : 34	ქუბერის ხეობა
90	" "	5—58 ; 1	" "
91	" "	11—32 : 69	სევანეთი
92	" "	395	იფარის თემი
93	" "	396	სევანეთი
94	შუბისპირი	385	" "
95	ქინძისთავი	233	სოფ. კალა
96	ცული	9—49 : 9	ურეკი, 1948
97	თოხი	9—49 : 10	" "
98	" "	8—58 : 15	" 1941
99	" "	5—58 : 17	" "

5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	0.01	—	<0.01	—	> 10	0.04	—	0.3	0.02	—
	—	0.01	0.02	0.05	7.5	>12	—	0.2	0.08	—
	—	—	<0.001	0.03	5.7	11.5	—	0.8	0.1	—
	—	—	<0.001	0.04	5.2	12.5	—	0.4	0.1	—
	—	—	<0.001	0.01	5.2	8.5	—	0.4	0.2	—
	—	—	—	0.05	2.8	>12	—	0.7	0.2	—
	—	—	—	0.05	1.5	>10	—	0.5	0.2	—
	—	—	∩/∩3	0.2	2.75	7.8	—	0.4	0.2	—
	—	0.07	—	0.05	6.3	0.03	—	—	0.1	—
	—	0.03	∩3	0.1	4.8	0.03	—	0.3	0.15	—
	—	0.03	—	0.5	5.3	0.53	—	0.1	0.03	—
	—	0.02	—	0.1	8.5	0.04	—	0.03	0.05	—
	—	0.04	—	0.2	8.2	—	—	0.1	0.02	—
	—	0.02	—	0.17	7.5	—	—	0.1	0.05	—
	5.8	1.8	0.01	—	1.2	0.7	—	0.6	<0.001	—
	5.8	2.4	0.05	0.01	1.2	0.02	—	0.1	0.05	—
	<0.02	0.04	∩/∩3	0.4	7.2	—	—	0.05	0.02	—
	<0.01	0.03	∩/∩3	0.3	7.5	0.03	—	0.3	0.3	—
	∩3	0.02	0.01	0.15	7.3	0.04	—	0.1	0.05	—
	<0.01	0.26	<0.01	0.2	3.75	—	—	0.6	0.05	—
	—	0.02	<0.01	0.24	6.5	0.06	—	0.2	0.3	—
	<0.01	0.001	<0.01	0.15	6.2	0.05	—	0.01	0.04	—
	∩3	0.03	<0.01	0.15	5.0	0.12	—	0.01	0.15	—
	∩3	0.1	<0.01	0.1	7.2	0.2	—	0.03	0.06	—
	—	0.04	<0.01	0.15	5.0	0.13	—	0.8	0.4	—
	8.5	6.3	0.15	0.01	0.5	∩3	—	0.01	—	—
	<0.01	0.1	<0.01	0.15	7.2	0.5	—	0.7	0.7	—
	<0.01	0.05	0.01	0.03	7.3	—	—	0.06	0.65	—
	<0.01	0.02	—	0.15	7.8	0.18	—	0.1	0.02	—
	<0.01	0.03	—	0.15	8.3	0.2	—	0.2	∩/∩3	—
	<0.01	0.04	∩/∩3	0.15	7.1	0.2	—	0.7	0.2	—
	0.1	0.03	—	0.04	5.5	0.2	—	0.2	0.04	—
	<0.001	0.2	<0.01	0.15	4.6	0.01	—	0.01	∩3	—
	~10	5.2	<0.01	0.03	0.6	0.01	—	0.02	0.02	—
	0.5	0.24	—	0.15	4.2	0.12	—	0.5	0.05	—
	—	—	—	0.01	4.5	0.05	—	0.4	0.07	—
	0.02	—	—	0.1	4.8	0.17	—	0.6	0.2	—
	0.01	—	—	0.01	7.5	—	—	0.01	—	—
94.0	—	0.3	—	<0.01	5.39	—	<0.01	>0.1	∩3	—
	<0.01	0.02	<0.01	—	6.0	0.04	—	0.02	<0.01	—
	<0.01	—	<0.01	—	6.0	0.2	—	0.8	<0.01	—
95.6	—	—	∩3	—	4.1	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	4.8	0.4	—	∩3	0.02	—
	0.02	0.2	—	—	4.2	—	—	∩3	0.015	—
93.0	0.5	—	0.1	0.05	5.77	∩3	<0.01	>0.1	>∩3	—
94.17	0.007	0.04	0.022	—	4.15	0.014	—	0.02	0.0075	—
95.0	∩3	∩3	0.01	0.5	4.0	—	<0.01	<0.01	>∩3	—
95.76	∩3	∩3	<0.01	∩3	4.0	—	<0.01	~0.1	∩3	—
	0.01	0.2	0.5	0.15	0.5	—	—	0.8	0.5	—
	0.02	0.2	<0.01	0.15	2.8	0.13	—	0.8	0.5	—
	0.03	0.04	∩/∩3	0.02	2.1	—	—	0.05	0.03	—
	0.03	0.25	∩/∩3	0.02	2.2	0.04	—	0.05	0.02	—

საბადოები. გადაჭრით ძნელია იმის თქმა, თუ სახელდობრ რომელი საბადოს მადანი იყო გამოყენებული ძველად, ჩვენ უფრო დასაშვებად მიგვაჩნია, რომ ხმარებაში იყო ლების მიდამოების მადნები.

რიონის ზემო წელში, როგორც ზემოთ აღინიშნა, დამოწმებულია სპილენძის, ანტიმონისა და დარიშხანის გამონამუშევრები (მღვიმეები, მალაროები), აგრეთვე მეტალურგიული წარმოების ნაშთები. ზოგიერთი მადნის დამუშავება აქ, გ. გობეჯიშვილის აზრით, ადრებრინჯაოს ხანაშია სავარაუდებელი, ზოგისაც მომდევნო ხანებში⁵⁰. ამას თუ დავემატებთ იმასაც, რომ ბრილის სამაროვანზე მოპოვებულია მხოლოდ რაკისათვის დამახასიათებელი ბრინჯაოს მზა ნაწარმი (მრავალფეროვანი იარაღ-სამკაული), ექვს არ უნდა იწვევდეს რიონის ზემო წელზე ბრინჯაოს წარმოების ერთ-ერთი მძლავრი კერის არსებობა.

მიუხედავად იმისა, რომ სვანეთიც საკმაოდ მდიდარია ბრინჯაოს წარმოებისათვის საჭირო ნედლეულით, ჯერჯერობით გადაჭრით მაინც ვერ ვიტყვით არსებობდა თუ არა აქ შუაბრინჯაოს ხანაში მეტალურგიული წარმოების ადგილობრივი კერა, რადგან გარდა შემთხვევით აღმოჩენილი ნივთებისა, ცნობილი არ არის საკუთრივ სამთამადნო და მეტალურგიული წარმოების ნაშთები. ხოლო იფარის თემში დამოწმებული სპილენძის წარმოების ნაშთები, სოფ. კალასა და კუბერში ნაპოვნი ზოდები უფრო გვიანი ხანისაა. ამავე ხანას მიეკუთვნება მდ. ენგურის ქვემო წელზე ენგურპესის კაშხალის მშენებლობის ტერიტორიაზე ე. წ. მაქსონიას გამოქვაბულში ნაპოვნი სპილენძის სადნობი ლუმელის ნაშთები⁵¹. შ. ჩართოლანს მიაჩნია, რომ ენგურისა და ცხენისწყლის ქვაბულებში უნდა არსებობდეს მადნის ძველი გამონამუშევრები, რომლებიც ღრმად არის დამარხული და საგანგებო კვლევა-ძიებას მოითხოვს. მისი აზრით, ენგურ-ცხენისწყლის აუზში მოსახლე სვანების უძველეს მეტალურგიაზე უნდა მეტყველებდეს ის გარემოება, რომ მათ აქვთ სპილენძის, ბრინჯაოსა და დარიშხანის საკუთარი სვანური სახელები და ბრინჯაოს სახელთან დაკავშირებული ტოპონიმები. მისი დასკვნით, სვანეთში არსებობდა ადგილობრივ ტრადიციებზე აღმოცე-

⁵⁰ „საქართველოს არქეოლოგია“, გვ. 109.

⁵¹ შ. ჩართოლანი, სპილენძის ძველი სამთამადნო გამონამუშევრები მდ. ბზვისა და კოდორის სათავეებში, არქეოლოგიური კვლევა-ძიება საქართველოში, 1969., თბ., 1971, გვ. 55, 56.

ნებული საკმაოდ მძლავრი სამთამადნო და მეტალურგიული კერები და თუ დღემდე ისინი არ არის გამოვლენილი, ეს მხოლოდ სათანადო სამუშაოთა სიმცირით უნდა აიხსნას⁵².

რაჭა-სვანეთთან შედარებით აფხაზეთში ნაკლებად ჩანს გამადნება, მაგრამ რაც რეგისტრირებულია ისიც სავსებით საკმარისი იქნებოდა შუაბრინჯაოს ხანის სპილენძის წარმოებისათვის: შესაძლოა ის საბადო თუ ცალკეული მადანი ან ძარღვი, რომელიც ძველად გამოიყენებოდა გამოილია და სადღეისოდ ეს გამონამუშევრები მიკვლეული არ არის. ამ ბოლო ხანებში მდ. ბზიფისა და კოდორის სათავეებში აღმოჩნდა სპილენძის მადნის ოცამდე გამონამუშევარი; აქვე ნაპოვნი იყო ქვის უროები, ხელკვერები, წილა. მადანი, ნახშირი, ხის ძელები და სხვ. ამ მასალას შ. ჩართოლანი ზოგადად ბრინჯაოს ხანით ათარილებს და რაჭის შემდეგ სამთამადნო წარმოების მეორე უძველეს კერად მიიჩნევს⁵³.

რაც შეეხება ანტიმონსა და დარიშხანს. ახლა ძნელია იმის თქმა თუ რომელი საბადოს მადანი იყო გამოყენებული. საფიქრებელია, რომ დარიშხან-ანტიმონს ის მცირე მადანგამოსავლები, რომლებიც ლიტერატურაშია აღნიშნული (ფსსუ, გვანდრა. გულრიფში და სხვ.), სავსებით საკმარისი იქნებოდა შუაბრინჯაოს ხანის მეტალურგიისათვის. შესაძლოა ადგილი ჰქონდა ამ მადნების მეზობელი რაიონებიდან შემოტანას (რაჭა-სვანეთი). ჩანს, ბრინჯაოს წარმოების მეორე მნიშვნელოვანი კერა დასავლეთ საქართველოში რაჭის შემდეგ აფხაზეთშია სავარაუდებელი. ამას უნდა მოწმობდეს ის, რომ ბრინჯაოს ნაწარმი აფხაზეთში ადრებრინჯაოს ხანიდანაა ცნობილი, რაც ბრინჯაოს მეტალურგიის უძველეს ტრადიციებზე უნდა მიუთითებდეს.

დასავლეთ საქართველოს სხვა რაიონებში შუაბრინჯაოს ხანისათვის თითქოს ადგილობრივი მადნეულის გამოყენება ნაკლებ სავარაუდებელია; ეს რაიონები არცთუ ისე მდიდარია მადნებით. ამ ხანაში მეტალურგია, ჩანს, უფრო მთის ზოლშია განვითარებული. კოლხური კულტურის პერიოდში, გვიანბრინჯაოს ხანაში, კი უკვე

⁵² შ. ჩ ა რ თ ო ლ ა ნ ი, სპილენძის უძველესი იარაღები სვანეთიდან. საისტორიო კრებული, ტ. II, თბ., 1970, გვ. 339—341; Ш. Г. Ч а р т о л а н и, Сванети в эпоху бронзы. Автореферат диссертации на соискание учен. степени кандидата исторических наук, Тб., 1974, с. 16, 17.

⁵³ შ. ჩ ა რ თ ო ლ ა ნ ი, სპილენძის ძველი სამთამადნო გამონამუშევრები მდ. ბზიფისა და კოდორის სათავეებში, გვ. 50—60.

ბარშიაც საკმაოდ დაწინაურებული ჩანს მეტალურგიული წარ-
მოება.

Ц. Н. АБЕСАДЗЕ

К ИСТОРИИ МЕДНО-БРОНЗОВОЙ
МЕТАЛЛУРГИИ ЗАПАДНОЙ ГРУЗИИ В ПЕРВОЙ
ПОЛОВИНЕ II ТЫС. ДО Н. Э.

Резюме

В статье затронуты некоторые вопросы медно-бронзовой металлургии и металлообработки среднебронзового периода Западной Грузии. На основе химического исследования бронзовых изделий из абхазских дольменов (табл. I), брильского могильника (табл. II—III), Сванети (табл. IV₈₆₋₉₅) и Гурии (табл. IV₉₆₋₉₉) установлено, что в Западной Грузии в эпоху средней бронзы металлические изделия, как и в предшествующий период, в основном изготовлялись из мышьяковистой меди. Наряду с ней появляются новые сплавы — мышьяко-сурьмянистая и оловянистая бронзы. По-видимому, в Западной Грузии в это время уже хорошо известны свойства этих сплавов, так как орудия и оружие изготовлены из более твердой и ковкой мышьяковистой и оловянистой бронзы, в то время как в изделиях культово-парадного назначения преобладает более хрупкая и жидкотекучая мышьяко-сурьмянистая бронза, по своему внешнему виду похожая на серебро. Некоторые украшения отлиты также из оловянистой бронзы. Часто попадаются сурьмяные бусы (Абхазия, Рача). В первой половине II тысячелетия до н. э. в Западной Грузии, очевидно, начинается освоение сульфидных руд. Обнаруженные на брильском могильнике уникальные, высокохудожественные изделия свидетельствуют о высоком мастерстве литейного дела; широко применяется отливка по восковой модели.

Развитию бронзовой металлургии вероятно способствовало наличие местной сырьевой базы. В верховьях р. Риони были засвидетельствованы остатки древнейших выработок

медных, мышьяковых и сурьмяных руд и плавильных мастерских. Видимо, поэтому в среднебронзовую эпоху мышьяко-сурьмянистая бронза широко применялась в Западной Грузии, в то время как в Восточной Грузии в это время доминирует оловянистая бронза. Исходя из существующих материалов, автор придерживается мнения, что в Западной Грузии в эпоху средней бронзы существовали два производственных очага — один в верховьях р. Риони (в районе сел. Геби), а второй в Абхазии. Несмотря на то, что эти два региона Грузии в среднебронзовую эпоху пользовались различными металлургическими очагами, между ними наблюдается определенная связь; олово в Западной Грузии вероятно распространяется под непосредственным воздействием триалетской культуры и напротив сурьма в Восточную Грузию проникает в основном из Западной Грузии.

ლევან ნადარიშვილი
ნათელა სარაჯიშვილი

დეფორმაციის რეჟიმის გავლენა პოლიეთილენის ყელის
მორფოლოგიაზე

ჩვენს ყოველდღიურ ცხოვრებაში დღითიდღე იზრდება პოლიმერული ფირების პრაქტიკული გამოყენების შესაძლებლობანი. ამ მხრივ უკანასკნელ წლებში მნიშვნელოვანი გავრცელება პოვა ე. წ. თერმოკლებადმა პოლიმერულმა ფირებმა, როგორც სამრეწველო ნაწარმისა და კვების პროდუქტების შემფუთავმა მასალამ. აღნიშნული ფირების გამოყენება ემყარება სპეციფიკურ თვისებას, რომელსაც ისინი აძლავნებენ გარკვეული სითბური ზემოქმედების შედეგად და რაც გამოიხატება ფირების შეკლებაში—ხედაპირის საგრძნობ შემცირებაში. ამის გამო ისინი მკიდროდ ეკვირან შესაფუთ საგანს. გარდა ამისა, თერმოკლებადი პოლიმერული ფირები ხასიათდებიან დიდი გამჭვირვალობით, ელასტიკურობით, სიმტკიცით, ჰაერისა და ტენის შეუღწევადობითა და ქიმიური მდგრადობით, რაც შესაფუთი მასალის შენახვის კარგ შესაძლებლობებს სახავს. სწორედ ამ ძვირფასი ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების გამო შეიძლება აღნიშნული ფირების გამოყენება ჩვენი ყოფისა და კულტურის ამსახველი სამუზეუმო ექსპონატების (ლითონის, ხის, ქსოვილისა და სხვა მასალისაგან ნაკეთები ნივთები) საკონსერვაციოდ.

თერმოკლებადი პოლიმერული ფირების დამზადების ტექნოლოგიაში [1—5] წამყვანი ადგილი უჭირავს ორიენტაციულ გაჭიმვას, რომელიც საშუალებას იძლევა დიდ შუალედში ვცვალოთ პოლიმერის ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ორიენტაციის პროცესში ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების კომპლექსის განმსაზღვრელი ძირითადი ფაქტორებია დეფორმაციის სიჩქარე, სიდიდე და ტემპერატურა, გარემო არის ფიზიკურ-ქიმიური ბუნება (რეზინდერის ეფექტი), პოლიმერის ზემოლეკულური ორგანიზაციის ხასიათი და სხვ. ამავე დროს ცნობილია, რომ პოლიმერის ერთლერძიანი გაჭიმვა ხორციელდება ე. წ. ყელის წარმოქმნით. პოლიმერების გაჭიმვი-

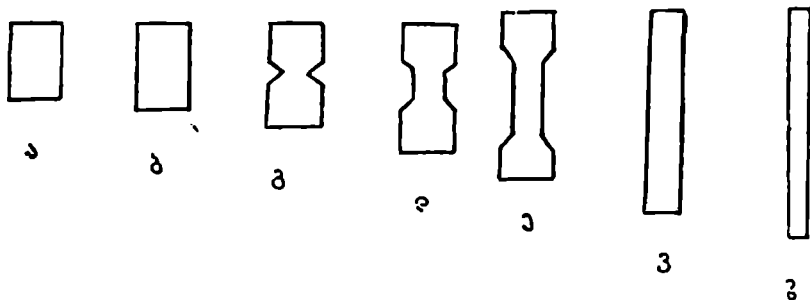
სას ყელის წარმოქმნა შემჩნეულ იქნა ჯერ კიდევ კაროზერსის [6] მიერ. ყელის წარმოქმნის თავისებურებანი და ამ დროს მიღწეული სტრუქტურული ანიზოტროპია, რომელიც მნიშვნელოვანწილად განსაზღვრავს ორიენტირებული მასალების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებს, წარმოადგენს დად თეორიულ და პრაქტიკულ ინტერესს. რის გამოც აღნიშნული მოვლენა ყოველთვის იყო მრავალრიცხოვანი შესწავლის საგანი [7—10]. მიუხედავად ამისა, ლიტერატურაში პრაქტიკულად არ მოიპოვება სისტემატური გამოკვლევა ყელის წარმოქმნის პროცესზე გარემო არის როლის შესახებ.

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია ტექნოლოგიური ფაქტორების (დეფორმაციის სიდიდე და სიჩქარე, გარემო არე) გავლენა ყელის მორფოლოგიაზე და გაკიმვისას მიმდინარე ორიენტაციულ პროცესებზე.

კვლევის ობიექტად აღებული იყო მალალი სიმკვრივის პოლიეთილენი ($[\eta] = 0.8$ ო-ქსილოლში 354k). საკვლევი ფირები მზადდებოდა ადრე აღწერილი მეთოდით [11]. წვრილფეროლიტიანი პოლიეთილენის ფირების გაკიმვა-ორიენტაცია ტარდებოდა ოთახის ტემპერატურაზე, ჰაერზე, ან აქტურ არეში — ნ-ჰექსანში. ფირების ერთლერძიან ორიენტაციას ვახდენდით სხვადასხვა სიჩქარით (3, 30, 100, 300 და 600 მმ/წთ) სხვადასხვა წაგრძელებამდე (50, 100, 300, 400, 500%). ყელის მორფოლოგიის შესწავლა ხდებოდა პოლარიზაციული მიკროსკოპის (МИИ — 8) და მიკრომეტრის МОВ — 1—15*) საშუალებით. ფირებში ორიენტაციის შეფასებას ვახდენდით ორმაგი გარდატეხის სიდიდით, რომელსაც ვსაზღვრავდით ბერეკის კომპენსატორის დახმარებით ცნობილი მეთოდის მიხედვით [12].

კრისტალური პოლიმერების ერთლერძიანი გაკიმვის პროცესი, როგორც ცნობილია [13], მოიცავს შემდეგ სტადიებს: თავდაპირველად ხდება ნიმუშის როგორც ერთი მთლიანის უმნიშვნელო გაკიმვა (ნახ. 1 ბ). განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს მეორე სტადია, ამ დროს აღინიშნება სპეციფიკური მოვლენა, რაც იმაში გამოიხატება, რომ გარკვეული კრიტიკული პირობების შესაბამისად, ჰომოგენურად დეფორმირებულ ნიმუშში ნახტომისებურად წარმოიქმნება მკვეთრად შევიწროებული უბანი (ნახ. 1 გ), რომელიც სპეციალურ ლიტერატურაში ცნობილია „ყელის“ სახელწოდებით. დეფორმაციის შემდგომი ეტაპი მოიცავს ყელის საზღვრების გადიდებას, გავრცელებას (ნახ. 1 დ, ე). ამ დროს მთელი ფირი თანდათან

გადადის ყელში (ნახ. 1 ვ), რის შემდეგ იგი კვლავ იჭიმება, როგორც ერთი მთლიანი (ნახ. 1 ზ). საცდელი ნიმუშების მთლიანობის დარღვევა-გაწყვეტა, როგორც წესი, სწორედ ამ ბოლო სტადიაზე ხდებ-



ნახ. 1 ყელის წარმოქმნა კრისტალურ პოლიმერებში:
 ა—გაუქმავი ფირი, ბ—ჰომოგენური გაჭიმვა, გ—ყელის წარმოქმნა,
 დ, ე—ყელის განვითარება, ვ—ყელის გავრცელება მთელ ნიმუშში,
 ზ—ჰომოგენური გაჭიმვა.

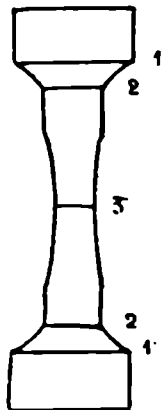
ბა, თუმცა დეფორმაციის პირობებისა და მიხედვით (დეფორმაციის დიდი სიჩქარე, დაბალი ტემპერატურა, ზემოლექულური სტრუქტურის ხასიათი და ა. შ.) გაწყვეტა შეიძლება განხორციელდეს გაჭიმვის ნებისმიერ ეტაპზე.

პოლიეთილენის ორიენტაციის პროცესის შესწავლამ გვიჩვენა, რომ ყელის ჰაბიტუსზე და გაბარიტებზე არსებით გავლენას ახდენს დეფორმაციის რეჟიმი (დეფორმაციის სიჩქარე, სიდიდე და გარემო არე). ამ გავლენის დახასიათების მიზნით ორიენტირებულ ფირზე შევარჩიეთ სამი უბანი, რომლებიც შეესაბამებიან ყელის წარმოქმნისა და ფორმირების საწყისს, შუალედურ და საბოლოო სტადიებს ფირის მოცემული წაგრძელების პირობებში. ეს სამი უბანი ნაჩვენებია ნახ. 2-ზე. პირველ უბანზე იწყება ყელის ფორმირება, მეორეზე ყელი უკვე ჩამოყალიბებულია — ფორმირებულია, მესამე უბანი ფირის ყველაზე დეფორმირებული, ვიწრო უბანია.

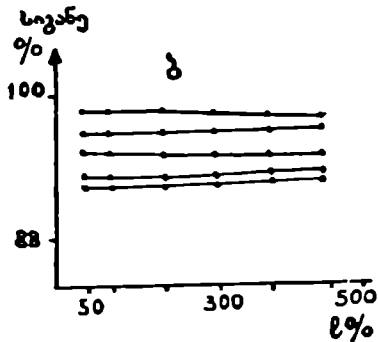
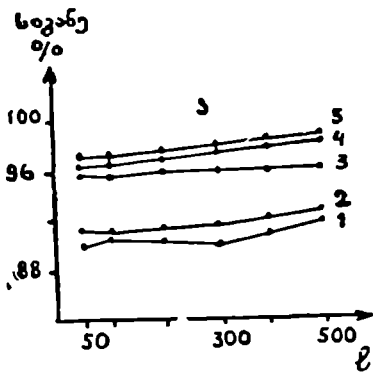
თავდაპირველად განვიხილოთ თუ რა ცვლილებებს განიცდის პოლიეთილენი ჰაერზე გაჭიმვისას. აღნიშნულ გარემოში პოლიეთილენის დეფორმაცია მიმდინარეობს მკვეთრი ყელის წარმოქმნით. ყელში გადადის ნიმუშის მთელი სამუშაო ნაწილი. დეფორმაციის სიჩქარისა და სიდიდის მატებისას თანდათან იზრდება ყელში გადასვლის სიმკვეთრე. გარკვეული ცვლილებებია აგრეთვე ფირის

გაბარიტებშიც. კერძოდ, ფირის პირველი უბნის სისქე ამ დროს უცვლელი რჩება. რაც შეეხება სიგანეს, იგი თანდათან კლებულობს დეფორმაციის სიჩქარის შემცირებით. თვით დეფორმაციის სიდიდე კი პირველი უბნის სიგანეზე გავლენას არ ახდენს (ნახ. 3, ა, მრუდები 1—5).

დეფორმაციის რეჟიმისადმი უფრო მგრძობიარეა მეორე უბანი-უბანი, სადაც ხდება ყელის ფორმირება. რაც უფრო სწრაფად მიმდინარეობს დეფორმაცია (განსაკუთრებით სიჩქარეთა 3—100 მმ/წთ დიაპაზონში), მით უფრო განიერია ფირი. 300 მმ/წთ-ის



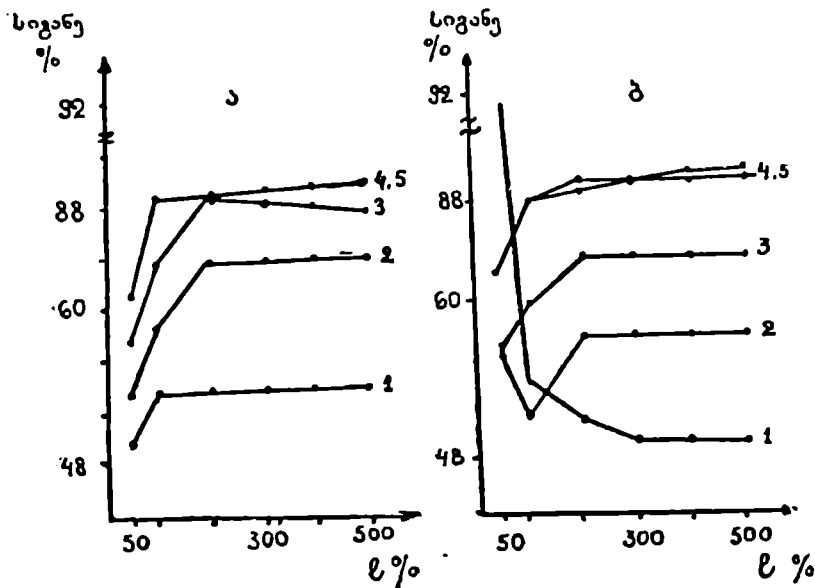
ნახ. 2 ყელის წარმოქმნა პოლიეთილენში:
1—ყელის ფორმირების დასაწყისი, 2—გარდამავალ-ზონის დასასრული, 3—ფირის ყველაზე ვიწრო უბანი.



ნახ. 3. პოლიეთილენის პირველი უბნის სიგანის (გაუქიმავე ფირის სიგანე მიჩნეულია 100%-ად) დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე პარაქტიულად (ა) და ნ-პექსანში (ბ) გაქიშვისას. დეფორმაციის სიჩქარე: 1—3, 2—30, 3—100, 4—300, 5—600 მმ/წთ.

სიჩქარეზე ასეთი დამოკიდებულება ჯერ კიდევ შეიმჩნევა, ხოლო მომდევნო მაღალ სიჩქარეზე ფირის სიგანე პრაქტიკულად სტაბილური ხდება. მეორე უბანში, ყველა სიჩქარისას, ფირის სიგანე აგრეთვე მით უფრო მეტია, რაც უფრო დიდია წაგრძელება, მაგრამ, როგორც კი წაგრძელება მიაღწევს .200%-ს, ამის შემდეგ მეორე უბნის სიგანე უკვე აღარაა დამოკიდებული დეფორმაციის

სიდიდეზე (ნახ. 4 ა, მრუდები 1—5). საწინააღმდეგო სურათი გვაქვს ამ უბანზე ფირის სისქის ცვალებადობის მხრივ კერძოდ, სისქე კლებულობს დეფორმაციის სიჩქარის მატებისას. წაგრძელების გაზრდა (საშუალოდ 100%-მდე) გვაძლევს იმავე შედეგს. 100%-ით წაგრძელების შემდეგ ფირის სისქე პრაქტიკულად აღარაა დამოკიდებული დეფორმაციის სიდიდეზე (ნახ. 6 ა, მრუდები 1—3). ის ფაქტი, რომ მოცემული სიჩქარით დეფორმაციის პირობებში მეორე უბნის სიგანე და სისქე იცვლება, პრაქტიკულად ნიშნის



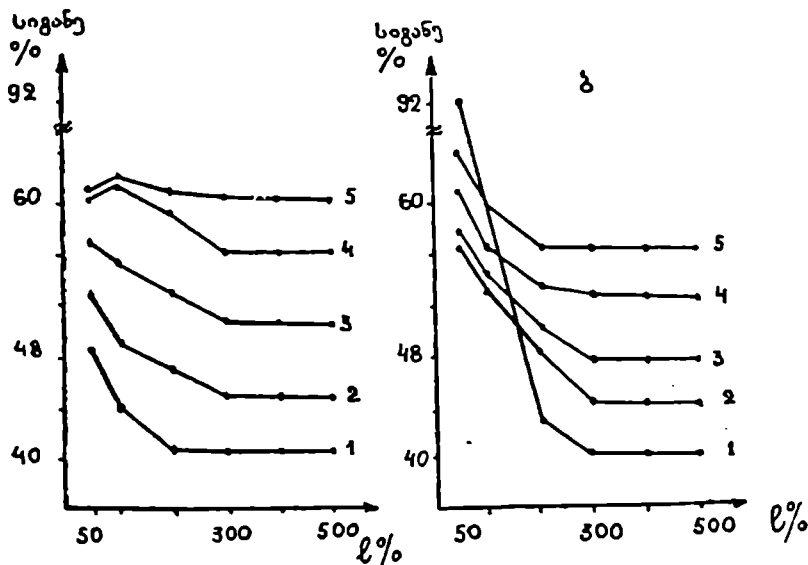
ნახ. 4 პოლიეთილენის მეორე უბნის სიგანის (გაუქიმავი ფირის სიგანე მიჩნეულა 100%-ად) დამოკიდებულება დეფორმაციის სიდიდეზე ჰაერზე (ა) და ნ-ჰექსანში (ბ) გაჭიმვისას. დეფორმაციის სიჩქარე: 1—3, 2—30, 3—100, 4—300, 5—600 მმ/წთ.

მხოლოდ 100—200%-ით წაგრძელებამდე, მიუთითებს იმაზე, რომ ყელის ფორმირება ამ მომენტისათვის ძირითადად დამთავრებულია.

ანალოგიური ცვლილებებია ფირის მესამე უბანზე. წაგრძელების ყველა ეტაპზე, რაც უფრო ჩქარია გაჭიმვის პროცესი, მით განიერია ფირი. დეფორმაციის სიდიდის გაზრდისას კი, მეორე უბნისაგან განსხვავებით, ჯერ კლებულობს, ხოლო შემდეგ (წაგრძელება=200%) უცვლელი რჩება (ნახ. 5 ა, მრუდები 1—5). რაც

შეეხება სისქეს, აქ როგორც მეორე უბანზე დეფორმაციის სიჩქარისა და სიდიდის გაზრდა იწვევს ფირის სისქის შემცირებას (ნახ. 6, ბ, მრუდები 1—3).

ამრიგად, დეფორმაციის რეჟიმი (სიჩქარე და სიდიდე) საგრძნობ გავლენას ახდენს ყელის მორფოლოგიაზე. დეფორმაციის სიჩქარის ზემოთ აღნიშნული გავლენა, ჩვენი აზრით შეესაბამება პოლიმერების დეფორმაციის რელაქსაციურ ხასიათს. ყელის წარმოქმნისა და სტაბილიზაციის შემდეგ პოლიმერული ნიმუშების საერთო დეფორმაცია სამი მდგენელის ჯამის ტოლია [14]: 1. დეფორმაცია ყე-

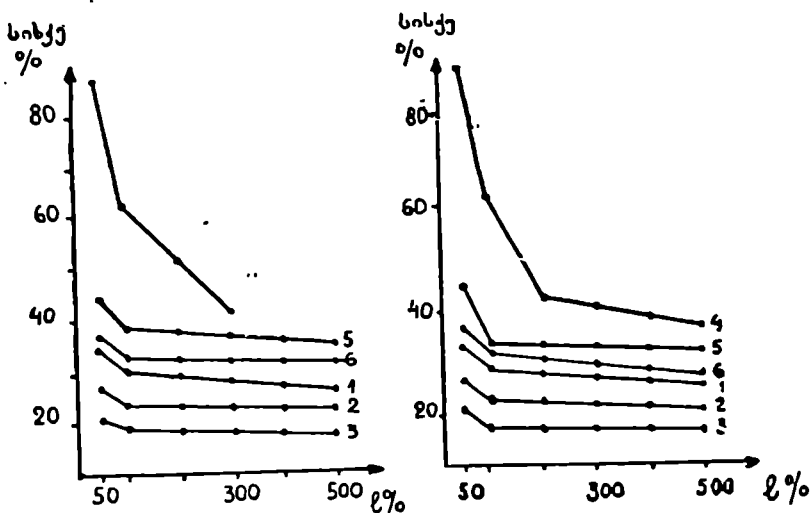


ნახ. 5. პოლიეთილენის მესამე უბნის სიგანის (გაუქმავი ფირის სიგანე მიჩნეულაა 100%-ად) დამოკიდებულება დეფორმაციის სიდიდეზე ჰაერზე (ა) და ნ-ჰექსანზე (ბ) გაქმვისას. დეფორმაციის სიჩქარე: 1—3, 2—30, 3—100, 4—300, 5—600 მმ/წთ.

ლის საზღვრების გაფართოების ხარჯზე. 2. დეფორმაცია თვით ყელში—ნიმუშის ანიზოტროპულ უბანში, 3. დეფორმაცია ყელის ფარგლების გარეთ—ნიმუშის იზოტროპულ ნაწილში. ნიმუშები წაგრძელებას განიცდიან ძირითადად ყელის გავრცელების ზონაში, თუმცა დეფორმაციამ შეიძლება მიაღწიოს ათეულ და ასეულ პროცენტსაც კი შესაბამისად ნიმუშის იზოტროპულ და ანიზოტროპულ უბნებში. ყელის სიმკვეთრე დამოკიდებულია ამ სამი მდგენელის შეფარდებაზე. რაც უფრო დიდია პირველი მდგენელი და ნაკლებია მეორე

და მესამე, სხვა სიტყვებით. რაც უფრო ვიწროა დეფორმაციის ზონა, მით უფრო მკვეთრად იქნება გამოკვეთილი ყელი.

ჩვენს შემთხვევაში, დეფორმაციის სიჩქარის მატებისას იზრდება პოლიეთილენის „სიხისტე“. სტრუქტურული ელემენტების ძვრადობის შემცირება იწვევს დაძაბულობის კონცენტრირებას და დეფორმაციის დაგროვებას ნიმუშის ვიწრო უბანზე — ყელის წარმოქმნის ზონაში და ამდენად უზრუნველყოფს ყელის სიმკვეთრეს. ამ მოსაზრებას ადასტურებს გრაფიკი, რომელიც წარმოდგენილია



ნახ. 6. პოლიეთილენის მეორე (ა) და მესამე (ბ) უბნის სისქის (გაუქიძავე ფიზის სისქე მიჩნეულია 100 %-ად) დამოკიდებულება დეფორმაციის სიღრმეზე ჰაერზე (1, 2, 3) და ნ-ჰექსანში (4; 5, 6) გაკვივისას. დეფორმაციის სიჩქარე: 1, 4—3, 2, 5—100, 3, 6—5600 მმ/წთ.

ნახ. 7-ზე. ამ გრაფიკიდან ჩანს, რომ დეფორმაციის სიჩქარის გადიდება იწვევს ორმაგი გარდატეხის მნიშვნელობის გაზრდას, რაც შეესაბამება ორიენტაციული პროცესების უფრო ინტენსიურად წარმართვას. მაგრამ იგივე შედეგს იძლევა დეფორმაციის სიღრმის გაზრდა. ერთი და იგივე წაგრძელების პირობებში უფრო მაღალი ორმაგი გარდატეხა შეიძლება აიხსნას მხოლოდ და მხოლოდ შემთხვევაში ჩამოყალიბებული მოსაზრებით — დეფორმირებადი ზონის შემცირებით.

განსხვავებულ სურათს იძლევა პოლიეთილენის აქტიურ სი-

თხეში — ჰექსანში დეფორმაცია. სითხეში გაკვიმული ნიმუშების ყელი ნაკლებ გამოკვეთილია, რაც მიუთითებს მეორე და მესამე მდგენელის (იხ. ზევით) გაზრდაზე. ნიმუშის ჰაბიტუსზე სითხის გავლენა ვლინდება მხოლოდ შედარებით დაბალ სიჩქარეზე. მაღალი სიჩქარით დეფორმაციისას ($V=300$ მმ/წთ) პოლიეთილენი სითხეში წარმოქმნის ისეთსავე მკვეთრ ყელს, როგორც ამას ადგილი ჰქონდა ჰაერზე გაკვიმვისას. დაბალ სიჩქარეზე და მცირე წაგრძელებისას ($l=50\%$) ნიმუში იკიმება ჰომოგენურად — როგორც ერთი მთლიანი. ხოლო როდესაც დეფორმაცია 50% -ს გადააჭარბებს იწყება ყელის ჩამოყალიბება-ფორმირება და მთავრდება დაახლოებით მაშინ, როცა წაგრძელება 300% -ს უტოლდება. სწორედ ამით აიხსნება ის ფაქტი, რომ მეორე უბნის სიგანე (ნახ. 4, ა, მრუდი 1). როცა სიჩქარე 3 მმ/წთ-ის ტოლია, დეფორმაციის მატებისას თანდათან მცირდება და სტაბილური ხდება 300% -იანი წაგრძელებისას. უფრო მაღალ სიჩქარეებზე პოლიმერის „სიხისტის“ გაზრდისა და ამის შედეგად დეფორმირებადი ზონის შევიწროების გამო (დეფორმაციის სამი მდგენელის შეფარდებითი მნიშვნელობების შეცვლის გამო) მეორე უბნის სიგანე წაგრძელების მატებისას იზრდება (ნახ. 4, ბ. მრუდი 2, 3, 4, 5) ისევე, როგორც ნახ. 4, ა-ზე, რომელიც შეესაბამება პოლიეთილენის ჰაერზე გაკვიმვას. ამრიგად დეფორმაციის სიჩქარის მატებისას გარემო არის გავლენა თანდათან მცირდება, ხოლო როცა სიჩქარე 300 მმ/წთ-ს აღემატება თითქმის ისპობა (ნახ. 4, ა და 4, ბ. მრუდი 4 და 5). ამავე დროს ნახ. 4-ზე წარმოდგენილ მრუდების შედარებიდან გამომდინარეობს, რომ სტაბილიზირებული ყელის სიგანე ($3, 30, 100$ მმ/წთ სიჩქარეზე) ჰექსანში, ჰაერთან შედარებით ნაკლებია. რაც შეეხება მეორე უბნის სისქეს, იგი ჰექსანში დეფორმირებული ნიმუშებისათვის უფრო მეტია, თუმცა სისქის დამოკიდებულება წაგრძელების სიდიდესა და სიჩქარეზე ისეთსავე ხასიათს ატარებს, როგორც ჰაერზე დეფორმაციისას. მეორე უბანში ფირის სისქე დეფორმაციის სიდიდისა და სიჩქარის მატებისას მცირდება. ხოლო მესამე უბანზე (ნახ. 5). ჰაერზე და ჰექსანში გაკვიმული ნიმუშების ურთიერთშედარება გვაძლევს მეორე უბანზე მიღებული დაკვირვებების ანალოგიურ სურათს: მესამე უბნის სიგანე წაგრძელებისას კლებულობს და სტაბილური ხდება. როცა ნიმუშის სიგრძე დაახლოებით 300% -ს მიადრწევს. მაღალ სიჩქარეებზე, ერთი და იგივე წაგრძელების პირობებში ჰექსანში. უფრო ვიწრო ფირები მიიღება. მესამე უბანში ფირის სისქის მნიშვნელობა და ცვლილებათა ხასიათი, როგორც ჰა-

ერზე. ისე ჰექსანში დეფორმირებული ნიმუშებისათვის პრაქტიკულად არ განსხვავდება მეორე უბნისათვის მიღებული მნიშვნელობებისგან.

აღრე ჩვენ მიერ ნაჩვენები იყო [11], რომ ნ-ჰექსანი პოლიეთილენის მიმართ აქტიურია და იწვევს გამჭიმავი ძალის შემცირებას. ამრიგად, ძალის შემცირება და ნიმუშის ჰაბიტუსის შეცვლა ერთმანეთთან დაკავშირებული მოვლენებია და წარმოადგენენ პოლიმერის მექანიკურ თვისებებზე აქტიური სითხის ზემოქმედების გარეგნულ გამოვლინებას. აქტიური სითხე, აღწევს რა დაბალ პოლიმერში, ზრდის მაკრომოლეკულებისა და ზემოლეკულური სტრუქტურული ელემენტების ძვრადობას, რის შედეგადაც გამჭიმავი ძალა აღარ ლოკალიზდება და განაწილდება პოლიმერის დიდ მოცულობაში. ამას მიუყვებათ ყელის გაერცელების ზონის გაფართოებაში — დეფორმაციის სამი მდგენელის მეტ-ნაკლებ გათანაბრებაში, და მათსადამე ყელის სიმკვეთრის დაკარგვაში.

პოლიეთილენისა და ნ-ჰექსანისაგან შემდგარ სისტემაში, სადაც ორივე კომპონენტი არაპოლარულია, ზემოქმედების ინტენსივობა განისაზღვრება აქტიური სითხის მოცულობით. დეფორმირებული პოლიმერის მიერ სორბირებული აქტიური სითხის მოცულობის ცვლილება დროში გამოიხატება შემდეგი ტოლობით [15]:

$$V(t) = V_{\max} [1 - e^{-\alpha(t-t_0)}]$$

სადაც, $V(t)$ არის მომენტისათვის სორბირებული აქტიური სითხის მოცულობა;

α — პარამეტრია, რომელიც ახასიათებს პოლიმერში აქტიური სითხის დიფუზიის სიჩქარეს. მოლეკულური ზომის გაზრდისას (მაგ., ნორმალური პარაფინების რიგში) α მცირდება;

t_0 — პოლიმერისა და აქტიური არის — სითხის კონტაქტის დამყარების მომენტი;

$(t-t_0)$ — კონტაქტის ხანგრძლივობა.

სითხის აქტივობა სრულიად გამოვლინდება იმ შემთხვევაში, როცა

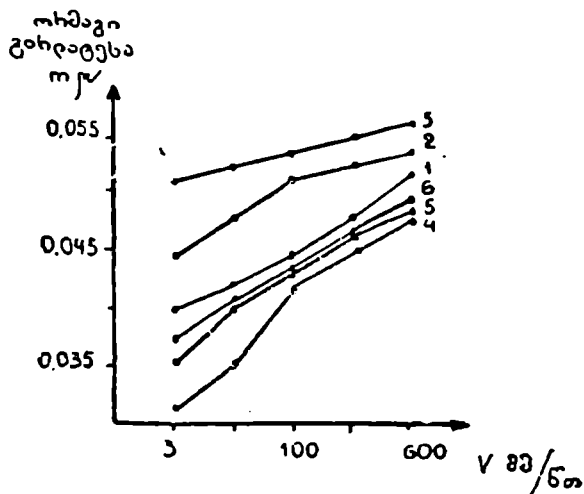
$$(t-t_0) \geq t \cdot V_{\max}$$

სადაც, $t \cdot V_{\max}$ არის მოცემული α -ს პირობებში V_{\max} მოცულობის აქტიური სითხის სორბირებისათვის საჭირო დრო.

ჩვენს შემთხვევაში დეფორმაციის სიჩქარის გაზრდისას (ანუ დეფორმაციის ხანგრძლივობის შემცირებისას) მცირდება $(t-t_0)$.

და მაშასადამე სორბირებული ნ-ჰექსანის მოცულობა. ეს განაპირობებს მაღალ სიჩქარეზე ჰაერსა და ჰექსანში დეფორმაციის პროცესის მსგავსებას (ნახ. 4 ა, ბ, მრუდები 4,5). დეფორმაციის ხასიათის განსაზღვრაში აქტიური სითხისა და დეფორმაციის სიჩქარის როლის შესახებ შეიძლება შემდეგი დასკვნის გამოტანა: აქტიური სითხის გავლენის შედეგად დეფორმაციის სიჩქარე, რომლის დროსაც პოლიეთილენი იჭიმება მკვეთრი ყელის წარმოქმნით, ჰაერთან შედარებით უფრო მაღალია.

აქტიური სითხის მოქმედების მექანიზმთან სრულ თანხმობაშია აგრეთვე ორმაგი გარდატეხის ცვლილებათა ხასიათი. სტრუქტურული ელემენტების ძვრადობის ზრდისა და ამის შედეგად დე-



ნახ. 7. პოლიეთილენის ორმაგი გარდატეხის სიღრმის დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე ჰაერზე (1, 2, 3) და ნ-ჰექსანში (4, 5, 6) გაჭიმვისას. დეფორმაციის სიღრმე: 1,4—50, 2,5—300, 3,6—500 %.

ფორმაციის სამი მდგენელის მნიშვნელობების მეტ-ნაკლები გათანაბრების გამო, ორიენტაცია, რომელიც მიიღწევა სითხეში გაჭიმვისას, ნაკლებია ჰაერთან შედარებით (ნახ. 7). ამავე დროს ორმაგი გარდატეხის ცვლილებების ტენდენცია როგორც ჰაერზე, ისე სითხეში დეფორმირებული ნიმუშებისათვის ერთნაირია — დეფორმაციის სიჩქარისა და სიდიდის მატებისას ორმაგი გარდატეხა იზრდება.

წინამდებარე ნაშრომში მიღებული შედეგების საფუძველზე

ცხადი ხდება, რომ ისეთი ტექნოლოგიური ფაქტორები, როგორცაა დეფორმაციის სიდიდე და სიჩქარე, მნიშვნელოვან გავლენას ახდენენ პოლიეთილენის ყელის მორფოლოგიაზე. ყელის მორფოლოგია დამოკიდებულია აგრეთვე გარემო არის ბუნებაზე. აქტიურ არეს არსებითი კორექტივები შეაქვს პოლიეთილენის დეფორმაციის ფენომენოლოგიურ სურათში, რაც პოლიმერის მექანიკურ თვისებებზე აქტიური სითხის ზემოქმედების კიდევ ერთ გარეგულ გამოვლინებას წარმოადგენს.

მოცემული შედეგების ურთიერთშეჯერების საფუძველზე შეიძლება დავასკვნათ, რომ ისინი სრულად ეთანხმებიან პოლიმერების დეფორმაციის საერთო კანონზომიერებებს, კერძოდ დეფორმაციის რელაქსაციურ ხასიათს. ამასვე ადასტურებს დეფორმაციის რეჟიმისა და მიხედვით ორმაგი გარდატეხის ცვლილებების ტენდენციაც.

Л. И. НАДАРЕПШВИЛИ
Н. И. САРАДЖИШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМА ДЕФОРМАЦИИ НА МОРФОЛОГИЮ ШЕЙКИ ПОЛИЭТИЛЕНА

Резюме

В технологии производства термоусаживающихся пленок важной стадией является ориентационная вытяжка. Одноосная вытяжка полимеров, как известно, протекает с образованием шейки. Особенности ее возникновения и достигаемая при этом структурная анизотропия, в значительной степени определяющие многие физико-механические свойства ориентированных материалов, представляют большой теоретический и практический интерес.

В настоящей работе изучено влияние различных технологических факторов (скорость и величина деформации, внешняя среда) на морфологию шейки и ориентационные процессы при растяжении полиэтилена высокой плотности.

В работе показано, что с увеличением скорости деформации возрастает четкость шейки. Наблюдается закономерное изменение ширины и толщины образца в зоне форми-

рования шейки. Активная жидкость (н — гексан) способствует ускорению релаксационных процессов, поэтому скорость деформации, при которой полиэтилен растягивается с образованием четкой шейки, в активной жидкости больше, чем на воздухе.

Сопоставление полученных результатов показывает, что они хорошо согласуются с общими закономерностями деформации полимеров, в частности релаксационным характером деформации. Это подтверждается также тенденциозно величиной двойного лучепреломления в зависимости от режима деформации.

ლიტერატურა

1. Г. Такахаши, Пленки из полимеров, «Химия», 1971.
2. Патент США № 3022543, 1962.
3. Патент США № 3294621, 1966.
4. W. Jager, *Emballagas*, 1971, 41, № 280.
5. А. М. Кабачки и др. ФХММ, 1974, № 4, 93.
6. W. H. Carothers L. W. Hill L. Am. Chem. Soc. 54, 1579 (1932).
7. В. А. Каргин, Т. И. Соголова, ДАН СССР 88, 867 (1958), ХФХ, 27, 1039, 1208, 1213, 1325 (1953).
8. П. В. Козлов, В. А. Кабашов, А. Фронова, ДАН СССР 125, 118 (1959).
9. Г. А. Слонимский, В. А. Ершова, ВМС, 2, 240, (1959).
10. В. А. Каргин, Т. И. Соголова, Л. И. Надарейшвили, ВМС, 7, 70 (1964).
11. Л. И. Надарейшвили, Н. И. Сараджишвили, სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, 85—95, (1977), თბილისი.
12. В. И. Лучицкий, Петрография, т. 1, 1947, 75—88, М—Л.
13. В. А. Каргин, Г. А. Слонимский, Краткие очерки по физико-химии полимеров, М., 1960.
14. Ю. А. Анцупов, В. П. Володин, Е. В. Кувшинский, Механика полимеров, 1968, № 3, 509—514.
15. Л. И. Надарейшвили, В. В. Лобжანიдзе, ФХММ, 1974, № 6, 75.

უძველესი მინის წარმოების ზოგიერთი საკითხი

აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში 25 წელზე მეტია მიმდინარეობს არქეოლოგიური მინის სისტემატური შესწავლა. მუზეუმის საცავები განსაკუთრებით მდიდარია ასეთი კოლექციებით.

ამიერკავკასიასა და, კერძოდ, საქართველოში, რომელიც ყოველთვის იმყოფებოდა ძველი სავაჭრო გზების გზაჯვარედინზე, რამდენიმე ათეული საუკუნის მანძილზე რჩებოდა მინის მრავალფეროვანი მასალა უძველესი სამყაროს ყველა კუთხიდან. ამიტომაც იყო, რომ შესწავლილი მასალა ერთ პერიოდს ან რომელიმე საწარმოო ცენტრს კი არ მიეკუთვნებოდა, არამედ პრაქტიკულად იგი მოიცავდა მინის წარმოების ყველა ეტაპს. შეიძლება ითქვას, რომ ამ კვლევის შედეგი ასახავს ძველი სამყაროს მინის წარმოებას.

არქეოლოგიური მინის ყველა ნიმუში შეისწავლებოდა მიკროსკოპიულად, სპექტრულად, ქიმიური რაოდენობითი ანალიზით (თუკი ნიმუში ამის საშუალებას გვაძლევდა) და საჭიროების შემთხვევაში პეტროგრაფიულადაც კი.

ზემოაღნიშნული მეთოდებით შესწავლილია მინის 500 ერთეულზე მეტი (თუ მხედველობაში მივიღებთ პარალელურ მასალას უძველესი დროიდან შუა საუკუნეების ჩათვლით, მაშინ მათი რიცხვი 4000 მიაღწევს). ნიმუშების საანალიზოდ შერჩევა ხდებოდა კარგად სისტემატიზებული მასალიდან. ამგვარი შესწავლა პრაქტიკულად გამორიცხავს შემთხვევითობას, რომლის თავიდან აცილება სხვა შემთხვევაში შეუძლებელიც კი არის. ამგვარად, სტატიაში მოტანილი ყველა დასკვნა დამყარებულია მხოლოდ ექსპერიმენტის შედეგებზე.

საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოჩენილი არქეოლოგიური მინის მასალის ქიმიურ-ტექნოლოგიური შესწავლის საფუძველზე შეიძლება ითქვას, რომ ძვ. წ. III ათასწლეულის დასაწყისში, მე-

ტალური და ბუნებრივი ქვებიდან წარმოებული მძივების პარალელურად არსებობდა მეტალური წიღისაგან დამზადებული მძივები.

ადრეულ პერიოდში განსაკუთრებით ყურადღების ღირსია სილიკატური ქიქურით მოჭიქული სტეატიტის მძივები. უფრო მოგვიანებით მძივები მზადდებოდა დანაყილი კვარცისაგან, რომელსაც მცირე რაოდენობით დამატებული ჰქონდა ნატრიუმის შემცველი ნივთიერება, რომელიც შემაკავშირებლის როლს ასრულებდა. ამ დროს გამომდნარი მინა არც თავისი ხარისხით, არც დნობის ტექნოლოგიით სრულყოფილი არ არის. იგი წარმოადგენს გაუმჭვირ, ნახევრად შემდნარ მასას, უმეტესად ბუშტულების ღიდი რაოდენობით. ამ მასიდან ამზადდებდნენ ძირითადად ცისფერი და თეთრი ფერის პატარა ზომის მძივებს, რომელიც სპილენძის ჟანგით ცისფრად იყო შეფერილი. ძვ. წ. XV საუკუნიდან დაწყებული უკვე ჩნდება ნამდვილი მინისაგან დამზადებული მძივები. მინის ტიპი აქ $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -იანია. კარგად შემონახულ ეგზემპლარებში ნატრიუმის რაოდენობა 16—20%-ის ფარგლებში მერყეობს. მაგრამ ამ დროს მაინც ვხვდებით სტეატიტისა და დანაყილი კვარცისაგან წარმოებულ მძივებსაც. შეიძლება ითქვას რომ ამ პერიოდიდან იწყება მინის შესაფერად მეტალთა ჟანგეულების შეგნებული გამოყენება. უკვე გვხვდება წითლად—სპილენძის ქვეჟანგით, მწვანედ—რკინის შენაერთებით, ყვითლად—ანტიმონით, ცისფრად—სპილენძის ჟანგით შეფერილი მძივები.

იმისათვის, რომ გაადვილდეს ქიმიური თუ სპექტრული ანალიზის შედეგების შედარება და სათანადო დასკვნების გამოტანა, საჭიროდ მიგვაჩნია მათი ქიმიური სისტემატიზაცია. მიღებულია მინისწარმომქმნელი კომპონენტების კლასიფიკაცია. ისინი იყოფა: მინის წარმომქმნელებად, ფუძეებად, ფლუსებად, ინდიფერენტულ ჟანგეულებად, მღებარე ნივთიერებებად და შემთხვევით მინარევეებად, აგრეთვე გამაუფერულებლისა და დამხშობი ნივთიერებებისაგან.

მინის წარმომქმნელებია SiO_2 , B_2O_3 და P_2O_5 , მაგრამ რადგან ძველი მინა რა შეიცავს ბორის მკაფას ანჰიდრიდსა და ფოსფორის მკაფას ანჰიდრიდს, ამიტომ ისინი შეიძლება სრულიად არ განვიხილოთ.

უძველესი დროიდან დაწყებული მინის საფუძველს წარმოადგენს სილიციუმის ორჟანგი, რომელიც საუკეთესო მინის წარმომქმნელი ნივთიერებაა, რადგან გამლღვარი იგი გადადის მინისებრ ანუ ამორფულ მდგომარეობაში და ამ თვისებას ანიჭებს სხვადასხვა კრისტალურ ნივთიერებებს — სილიკატებს. გამლღვარ სილიციუმის

ორჯანგს შეუძლია გახსნას ფუძე ქანგეულები, მაგრამ თუ მათი რაოდენობა მომეტებული იქნა, მინა გაციებისას დაკრისტალდება. სილიციუმის ორჯანგი — კაჟმიწა დნება 1700⁰-ზე. მისი დნობის ტემპერატურა მცირდება ტუტე და ტუტემიწა მეტალთა ქანგეულებისა და აგრეთვე სხვადასხვა მეტალთა ქანგეულების მეშვეობით. სილიციუმის მაღალი შეცულობა მინაში ხელს უწყობს ჯავარის გაჩენას. სამაგიეროდ მცირდება გაფართოების კოეფიციენტი, რომელიც მინებში სილიციუმის ორჯანგის უკუპროპორციულია; კვარცის მინებში მისი სიდიდე ნულს უახლოვდება.

მინის გამოსადნობად საჭირო ნედლეული შეიძლებაოდა ცალცალკე მოეპოვებინათ და შეიძლება მინერალისა და ქვიშების სახით გამოეყენებინათ. მცირე რაოდენობრივი ცვლილება სილიციუმის ორჯანგისა მინებში განსაზღვრავს მინის თვისებებს: დნობადობას, კრისტალიზაციის უნარს და სხვ. სილიციუმის ორჯანგს აქვს სახესხვაობები: კვარცი, ქალცედონი, ოპალი და სხვ., რომლებიც თანაბრად გამოიყენებიან მინის წარმოებისთვის.

მეორე მთავარი კომპონენტი მინის წარმოებისათვის არის კარბონატული მინერალების ჯგუფი, რომლებიც შერეულია ქვიშაში და სხვადასხვაა ყველა საბადოსათვის. ესენია: კალციტი CaCO_3 , არაგონიტი CaCO_3 —არამდგრადი სახესხვაობა, რომელიც გადადის კალციტში, დოლომიტი $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, სიდერიტი FeCO_3 , ლიმონიტი $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$, რომელიც ხშირად გვხვდება გაფანტული წმინდა ფხვნილის სახით, მაგნეტიტი Fe_3O_4 , ჰემატიტი Fe_2O_3 , პირიტი FeS , მარკაზიტი FeS_2 და სხვ. ყველა ზემოჩამოთვლილი ნივთიერება მეტ-ნაკლები რაოდენობით იმყოფება ქვიშებში. კალციუმის და მაგნიუმის კარბონატები ხელს უწყობენ მინის წარმოქმნას, ხოლო რკინის კარბონატები და სხვა მინარევეები ფერს უფუჭებენ გამომდნარ მინას, თუმცა დაბლა სწევენ კაზმის დნობის ტემპერატურას.

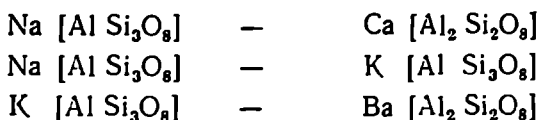
ნედლეულის სახით შეიძლება გამოეყენებულა იქნეს კალციუმის, რკინისა და ალუმინის სილიკატი, რომელიც წყალსაც შეიცავს:

SO_2 —5,6—27%	H_2O —6,0—10%
Fe_2O_3 —15,0—40%	Al_2O_3 —1,5—10%
FeO —1—4%	CaO —0,16—1,6%
K_2O —2,5—9% და მეტი	MgO —1,0—6,0%

გარდა ამისა, MnO —კვალი, Na_2O —0,5—1% .

განსაკუთრებით საინტერესოა მინის წარმოებისათვის არკო ზები.

არკოზები წარმოადგენენ გრანიტული ან გნეისური მასივების უშუალო დაშლის პროდუქტს. არკოზები მსხვილმარცვლოვანი ჯიშია და შედგება კვარცისა და მინდვრის შპატის მსხვილი მარცვლებისგან. არკოზებში დამატებითი მინერალებია კვარცი, კაოლინი და სხვ. უფრო იშვიათად არკოზები გვხვდება ორთოკლაზის სახითაც. თავისი ქიმიური შედგენილობით ორთოკლაზი წარმოადგენს ალუმოსილიკატს $n [Al_2Si_2O_8]$; $n = Na, K, Ca$, იშვიათად Ba და Sr , უფრო იშვიათად Zi, Rb, Cs . ამ ჯგუფის მინერალების დამახასიათებელ თავისებურებას წარმოადგენს იზომორფული ბინარული მწკრივების წარმოქმნა. ასეთებია:



ორთოკლაზი $K[AlSi_3O_8]$, ანუ $K_2OAl_2O_3 \cdot 6SiO_2$ ორთოკლაზის უფეურო სახესხვაობა იწოდება ადულერად. ქიმიური ფორმულა სუფთა სახესხვაობისა შეიცავს K_2O —16,9%, Al_2O_3 —18,4%; SiO_2 64,7%, მიკროკლინი $K(AlSi_3O_8)$ ორთოკლაზის ანალოგიურია, იგი გამოიყენება მინის წარმოებაშიც, ღდება 1100 — 1300° -ზე, მდნობი ნივთიერებების დამატებისას მისი დნობის ტემპერატურა მნიშვნელოვნად ეცემა.

არკოზები ფართოდაა გავრცელებული მთიან ადგილებში. თუ მივიღებთ მხედველობაში არკოზების გამოყენების შესაძლებლობას მინის გამოდნობის საქმეში მაშინ დაბეჭითებით შეიძლება ითქვას, რომ ნაწილი ძველი არქეოლოგიური მინებისა სწორედ მათგანაა გამოდნობილი.

ფ უ ძ ე ე ბ ი

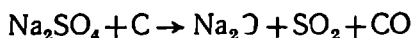
კირქვა— $CaCO_3$ —გვევლინება როგორც მინის მთავარი ფუძე კომპონენტი. მაღალი ტემპერატურის პირობებში კაწნში იგი იწლება $CaCO_3 \rightarrow CaO + CO_2$, წარმოქმნილი CO_2 მიემართება გამდნარ მასაში ქვევიდან ზევით და თან წარიტაცებს გაუხსნელ ნაწილაკებსა და გაზოვან ჩანართებს, რითაც ხელს უწყობს მინის დაწმენდას. კალციუმის ჟანგის რაოდენობის გაზრდისას მინა ნაკლებპლასტიკური და ძნელად დასამუშავებელი ხდება. მისი რაოდენობის მომატება ხელს უწყობს მინის კრისტალიზაციას (გამოიყოფა ვოლასტონიტი). გამყარებული მინა კირის რაოდენობის გაზრდით ქიმიურად უფრო მდგრად

დი ხდება, როგორც მექანიკური, ისე წყლის მიმართ მედეგობის მხრით. იგი მინას აძლევს ბრწყინვალეობას. ბუნებრივი ნედლეულიდან კალციუმის ქანგის წყაროდ ითვლება ცარცის ჯიშები, კირქვები და მარმალალო.

მაგნეზია— $MgCO_3$ —წარმოადგენს ძლიერ ფუძეს. იგი ხელს უშლის ვოლასტონიტის წარმოშობას და საშუალებას იძლევა სილიციუმის ორქანგისა და მლღობი ნივთიერებების შემცირებას.

მღნობი ნივთიერებები Na_2O და K_2O დაბლა წევს სილიციუმის ორქანგის მღნობის ტემპერატურას, რითაც აადვილებს სილიკატების წარმოქმნას. თუ რომელ მღნობ ნივთიერებას აირჩევენ მინის ქარხნებისათვის, ხშირად დამოკიდებულია მათ ეკონომიკურ და გეოგრაფიულ მდებარეობაზე. მინის წარმოებისათვის საჭირო მღნობლებიდან უფრო ძლიერად შეიძლება ჩაითვალოს ნატრიუმის ქანგი, რადგან იმავე ეფექტის მისაღწევად კალაუმის ქანგის რაოდენობა $1/3$ -ით უნდა აღემატებოდეს Na_2O -ს რაოდენობას. კალიუმის მღნობი მინას მეტ ბზინვარებას ანიჭებს, მაგრამ საუკეთესოდ ითვლება ორივე მღნობის ერთდროული თანამყოფობა.

ნატრიუმის მღნობი მინაში ხშირად მინდერის შპატების სახით შეაქვთ, რის გამოც შეიტანება ალუმინის ქანგის — თიხამიწის — დიდი რაოდენობა. ნატრიუმის ქანგი დღესდღეობით სულფატის, კარბონატის ან გვარჯილის სახით შეაქვთ. ნატრიუმის სულფატის შეტანისას კაზმში აუცილებელია ხის ნახშირის შეტანა, რომელიც ხელს უწყობს ნატრიუმის სულფატის დაშლას:



და კაზმიდან გამოყოფილი CO ნაწილობრივ ხელს უწყობს მინის დაწმენდას.

დღეისათვის ცნობილია, რომ ძველი მინის წარმოებისას მღნობად ძირითადად სოდას ან მცენარეულ ნაცრებს იყენებდნენ. ჩვენ არ გვინდა გამოვრიცხოთ ის გარემოება, რომ მათ ნატრიუმის სულფატის გამოყენება შეეძლოთ. ნახშირის ნაწილაკების აღმოჩენა ძველ მინებში სწორედ ამაზე ხომ არ მიგვიითხებ?

თიხამიწა — ალუმინის ქანგი, რკინის ქანგი

თიხა, ანუ ალუმინისა და რკინის ქანგი მინაში სპეციალურად არ შეიტანება, თუმცა ისინი მინისწარმომქნელთა ჯგუფს მიეკუთვნებიან. თიხა მინაში ხვდება მხოლოდ ქვიშებიდან ან მინის სადნო-

ში ქოთნებიდან. ქარბი ალუმინის უანგი მინას ამყიფებს, ხოლო ზომიერი რაოდენობა უზრდის სიმტკიცეს. გარდა ამისა, ალუმინის უანგი მინას უფრო თხევადდენადსა ხდის და კარგად მოქმედებს სიბლანტის კოეფიციენტის შეცვლაზე.

რკინის უანგი მინაში აგრეთვე ქვიშებიდან ხედება, გარდა ამისა, აქუქყიანებს რა მინას, ამცირებს ფუძეების რაოდენობასაც. მინაში რკინა შესაძლებელია სხვადასხვა ვალენტიანი იყოს FeO , Fe_2O_3 და Fe_3O_4 ; დაეანგვის ხარისხის მიხედვით სხვადასხვა შეფერვას იძლევა. გარდა ამისა, მინის ფერზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს ალის ხასიათი როგორც დნობის პროცესში, ისე მყარ მდგომარეობაშიც. რკინის შენაერთების სხვადასხვა ხარისხი სხვადასხვანაირად მოქმედებს დნობის ტემპერატურაზე.

როგორც აღვნიშნეთ, არსებობს მდნობების ორი წყარო: არაორგანული და ორგანული. პირველს მიეკუთვნება ორთოკლაზის, ნატრონორთოკლაზის, არკოზებისა და სხვა ქვიშებიდან წარმომავალი Na_2O და K_2O . მაგრამ გარდა ამ წყაროსი არსებობს ორგანული—მცენარეული წარმოშობის იგივე მდნობი ნივთიერებები—ამ მცენარეთა ნაცრები შეიცავენ ზემოაღნიშნულ მდნობებს.

მინის წარმოებაში მცენარეთა ნაცრების გამოყენების შესახებ მოხსენიებულია ჯერ კიდევ ბაბილონის ქიმიურ ტექსტში, რომელიც ძვ. წ. 1700 წ. თარიღდება. იგივე ცნობაა მოცემული უფრო გვიანდელ თიხის ფირფიტებში (ძვ. წ. 668—631 წ.). საქართველოში მცენარეული ნაცრების მინის წარმოებაში გამოყენების შესახებ მიუთითებს კალიუმის მომეტებული რაოდენობა X—XIII საუკუნეში.

როგორც სხვადასხვა მცენარეთა ნაცრის ანალიზები გვიჩვენებენ, Na_2O და K_2O -ს რაოდენობა საკმაოდ დიდ ზღვრებში მერყეობს. მაგ.: აღმოსავლეთ კავკასიაში გავრცელებულია მცენარე *Halostachys caspica*, რომლის ნაცრიანობა 27,9%-ს აღემატება, ხოლო ხსნადი მარილების რაოდენობა 60,5%-ს აღწევს. აქედან 36,8% ნატრიუმის კარბონატი, ხოლო 2,5% ბიკარბონატი.

Salicornia herbaecea, ამ მცენარის ნაცრიანობა 16,33%, ხსნადი მარილების შემცველობა 75,5%. მათში Na_2CO_3 რაოდენობა 64%-ს აღწევს. იგი შეიცავს აგრეთვე $MgBr_2$, MgI_2 .

Salsola glauca—ამ მცენარის ნაცრიანობა 16,33%. მისი ნაცარი შეიცავს 61% Na_2CO_3 და 15% K_2CO_3 და ა. შ.¹

¹ А. А. Г р о с г е й м, Растительные богатства Кавказа, М., 1952, 332.

ეს მცენარეები იზრდება მლაშე ტბებთან, რომლებიც მინის წარმოების მიდამოებში მრავლად მოიპოვება. ჩვენის აზრით, მინები, რომლებიც მოპოვებულია ნატბურში გამომდინარე უნდა იყოს სწორედ ასეთი მცენარეების ნაცრებისაგან. მათი ქიმიური შედგენილობა მერყეობს:

SiO_2 —55,63%—62,10%

CaO —6,96%—14,60%

Al_2O_3 —5,83%—13,52%

Mn_2O_3 0,2%—1,74%

Na_2O 5,0%—18,15%

K_2O 2,0%—6,18%

თვით სახელწოდება „ნატბური“ სწორედ ამაზე მიუთითებს. განსაკუთრებით ყურადღებას იპყრობს კალიუმისა და ნატრიუმის ერთდროული შეცულობა ამ მინებში².

როგორც შესწავლით გამოირკვა, X—XIII სს. მინის გამომუშავება მარტივდება და ხასიათდება ასორტიმენტის მრავალფეროვნებით. იშვიათად გვხვდება საესეებით უფერული მინა, თუმცა გასაუფერულებლად შეტანილი მანგანუმის რაოდენობა 7%-ს აღწევს. არადამაკმაყოფილებელია მინის ხარისხი მასში მრავალრიცხოვანი ბუშტულების არსებობის გამო, რაც გამოწვეულია არასრულყოფილი დნობით და ალუმინისა და რკინის და აგრეთვე მანგანუმის დიდი რაოდენობით არსებობისა გამო. მართალია, ეს კომპონენტები აღიღებენ წინაღობას ბუნებრივი და ქიმიური აგენტების მიმართ, მეორე მხრივ კი ისინი უარყოფითად მოქმედებენ დნობის პროცესზე. ამ პერიოდის მინა უმთავრესად წარმოდგენილია საოჯახო ჭურჭლის სახით. მაშინდელი მინის საწარმო მარაგდებოდა ადგილობრივი ნედლეულით ქვიშით, კირით, მცენარეული ნაცრით.

მინის ტიპის გამოსახატავად სარგებლობენ ფორმულებით, რომლებიც შედგება ჟანგეულებიდან. ჟანგეულებიდან ფორმულაში შედის მინისწარმომქმნელები: SiO_2 , Na_2O , K_2O , CaO , MgO , Al_2O_3 , და PbO .

მინისწარმომქმნელი ნივთიერებები, რომლებიც მცირე რაოდენობით მოიპოვებიან და მინის დნობის პროცესზე არავითარ გავლე-

² რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, საქართველოს ფეოდალური დროის მინების შესწავლისათვის აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის მოამბე. ტ. XX—A, 1960, 22.

ნას არ ახდენენ, ისინი მინის ფორმულაში არ შედიან. მაგ.: კალიუმის რაოდენობა ნატრიუმის რაოდენობაზე $1/3$ -ით მეტი უნდა იყოს, ამიტომ მისი მცირე რაოდენობა ფორმულაში არ შევა. კალიუმის ეანგისათვის ასეთ კრიტიკულ სიდიდედ ჩვენ მიერ მიჩნეულია 4%. ასევე არ შედის ფორმულაში: ნატრიუმის ეანგის 3%-ზე ნაკლები, ალუმინის ეანგისა და მაგნიუმის ეანგის 2%-ზე ნაკლები, კალციუმის ეანგი 3%-ზე ნაკლები, ტყვია 5%-ზე ნაკლები; აგრეთვე ბუნებრივი და საგანგებო მინარევეები მანგანუმის, რკინის, ტიტანის, ბარიუმის, სტრონციუმის და სხვა ნივთიერებები, რადგან ისინი მინისწარმოქმნელებს არ წარმოადგენენ.

ნივთიერებები, რომლებიც შედიოდნენ კაზმში გასაუფერულებლად, დასახშობად და შესაფერად, ასევე არ შედიან მინის ფორმულაში. მათი რაოდენობა უნდა აისახოს შესაფერ გრაფებში: „შემფერავი“, „დამხშობი“ და „გამაუფერულებელი“.

მღაბარა ნივთიერებები

მინის შეფერვა დაიწყო სტეატიტისა და ფაიანსის მძივების მოჭიქვით. ყველაზე ადრეული მოჭიქული ნივთები აღმოჩენილია შუამდინარეთში, ეგვიპტესა და ირანში. ეს ნივთები თარიღდება ძვ. წ. IV ათასწლეულის ბოლოთი და წარმოადგენს დანაყილი კვარცის გულს, რომელიც დაფარულია მოწვანო-ცისფერი სპილენძის ჰიქურით.

ბოდარის უძველეს კულტურაში ძვ. წ. 5000—3400 წ. ვხვდებით ჰიქურით დაფარულ სტეატიტისა და მინისებრი მასის, ანუ როგორც უცხოურ სამეცნიერო ლიტერატურაში უწოდებენ, ფაიანსის მძივებს. სინამდვილეში მას ფაიანსთან არაფერი საერთო არა აქვს, იგი წარმოადგენს დანაყილ კვარცს, უფრო იშვიათად გაფხვიერებულ ქვიშას და ნატრიუმის რომელიმე შენაერთის ნარევეს, რომელიც გახურებისას იწყებს დნობას და უზრუნველყოფს ჰიქურის კარგ შეჭიდებას³.

წინაღინასტიური პერიოდის სამარხებში ოქროსა და ქვებისგან დამზადებულ ნივთებთან ერთად აღმოჩენილ იქნა სხვადასხვა მასალისაგან დამზადებულ ნივთთა მინაბაძები, რომლებიც წარმოებულია შიფერის, სტეატიტისა და ე. წ. ეგვიპტური ფაიანსისაგან;

³ В. В. Павлов, С. И. Ходжаш, Художественное ремесло Древн. Египта, М., 1959, 62,63.

ისინი მოქიქულია მოყავისფრო მწვანე ჭიქურით. ჭიქურის შემფერავად აქ გამოყენებული იყო სპილენძი⁴.

ჭიქურის შეფერვა წარმოებდა მინის მასაში სპილენძის ეანგის შიმატებით, რომელსაც ეგვიპტე ღებულობდა სინაის ნახევარკუნძულიდან⁵.

როგორც ახალი გამოკვლევებით დადგინდა, ანტიკურ ხანაში ჭიქურით ფარავდნენ ე. წ. შლიკერს — ნატრიუმის, კალციუმისა და რომელიმე საღებავის სილიკატს, რომელიც წარმოადგენდა ადვილად მდნობ მინას. მისი დნობის ტემპერატურა 950° არ აღემატებოდა⁶.

ფლიტნერი თავის ნაშრომში წერს — „რომ ვიმსჯელოთ ძველი მძივების ფერით, შეიძლება დავასკვნათ, რომ არ არსებობდა რკინის მინარევებისაგან ქვიშების გაწმენდის ხერხი, რის გამოც მძივების ცისფერ ტონს მომწვანო ელფერი გადაჰკრავდა“⁷. უფრო გვიან ეს სიძნელეც დაძლეულ იქნა, გამოჩნდა უფრო სუფთა ტონის ცისფერი ჭიქური, რაც მანგანუმის საშუალებით რკინის მინარევების გაუფერულებაზე უნდა მიუთითებდეს.

მუზეუმის ფონდებში არსებული მასალის მიხედვით ძვ. წ. IV ათასწლ. ჩვენში, მოქიქულ სტეატიტთან ერთად, მოიპოვება ინტენსიური ცისფერი ფერის ჭიქურით დაფარული დანაყილი კვარცის მძივები.

III ათასწლეულში მეტალის მძივებთან ერთად ხმარებაში ყოფილა უცნობი მასისაგან დამზადებული მძივები, რომლებიც მინისათვის საჭირო კომპონენტების გარდა შეიცავდნენ ლითონის მინარევებს, რომლებიც მეტალური წილისთვის იყო დამახასიათებელი⁸. ამან მიგვიყვანა იმ აზრამდე, რომ ამ საფეხურზე მძივების დასამზადებლად ლითონურ წიდასაც წარმატებით იყენებდნენ.

უფრო მოგვიანებით, შუა ბრინჯაოს პერიოდში მძივები უპირატესად დანაყილი კვარცისაგან მზადდებოდა, რომელსაც მდნობადი ნატრიუმის რალაც მინარევი ჰქონდა შიმატებული. მასა მთლი-

⁴ И. Флитнер, Стекольно-керамические мастерские Тель-Амарны, Ежегодн. Российского ин-та истории искусств, Пет., 1921, 37.

⁵ И. Флитнер, იქვე.

⁶ Е. М. Алексеева, Археология СССР, вып. Г—1—12. Античные бусы Северного Причерноморья, 1975, 23.

⁷ И. Флитнер, დასახ. ნაშრომი, 72.

⁸ რ. ბ. ხ. ტ. ა. ე. უძველესი მინების შესწავლისათვის, თბ., 1964, 98.

ანად შემდნარი არ იყო, შეიცავდა დიდი რაოდენობით ბუშტულებს, რაც ტემპერატურისა და მდნობი ნივთიერებების სიმცირეზე მიუთითებს. ამ მასიდან ამზადებდნენ უმთავრესად ცისფერი და თეთრი ფერის პატარა ზომის მძივებს. ცისფერი მძივები შეიცავდა ორვალენტიან სპილენძს, სავარაუდოა შეტანილს ჟანგის სახით.

ძვ. წ. XV საუკუნიდან უკვე ჩნდება ნამღვილი, სრულფასოვანი მინის კაზმით გამომდნარი მინა. მინა $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -ა. ნატრიუმის რაოდენობა კარგად შენახულ ეგზემპლარებში 15—20%-ს აღწევს; მაგრამ ამ დროს ისევ არის ხმარებაში როგორც სტეატიტის მოჭიქული, ისე დანაყილი კვარცისაგან დაზნადებული მძივები; სწორედ ისეთი მძივები, რომლებიც გავრცელებული იყო წინარე პერიოდში. ამ დროს იწყება მინის საღებარის—ლითონთა ჟანგულების გამოყენება. აქ გვხვდება სპილენძისა და რკინის ჟანგებით, ანტიმონითა და მანგანუმის შენაერთებით შეფერილი მინა. მინის ფერი დამოკიდებულია ისეთ ფაქტორებზე, როგორცაა ნახშირბადის შემცველობა ნატრებში, ლუმელის არე (დამეანგველი ან აღმდგენელი) და მისი დნობის ხანგრძლივობა. როგორც პლინიუსი წერს⁹, ძველად მინის დნობა ორ სტადიად მიმდინარეობდა. მინას სპილენძის მსგავსად ადნობდნენ ლუმელებში მუდმივი ცეცხლით, ლებულობდნენ შავი ფერის ზოდებს. ამ ზოდებს ხელმეორედ ადნობდნენ ქურებში და ლებავდნენ. შავი ფერის მინა მიიღებოდა აგრეთვე კაზმში რკინის შენაერთების დიდი რაოდენობით შეტანით, ან მანგანუმისა და რკინის დიდი რაოდენობებით თანაარსებობისას.

მანგანუმს, როგორც მინის საღებარს, დიდი მნიშვნელობა აქვს, რადგან ძნელია მოიძებნოს შუა საუკუნეების მინა, რომელიც არ შეიცავს მანგანუმს. თუკი მინის მასა მანგანუმის გარდა სხვა მღებარს არ შეიცავს, მაშინ მანგანუმის ფერი განისაზღვრება მანგანუმის და ჟანგის ხარისხით. ითვლება, რომ მოწითალო-იისფერ მინაში მანგანუმი ჟანგის— MnO -ის სახითაა. მანგანუმის ქვეჟანგი კი თითქმის არ ლებავს მინას, ან ანიჭებს მას ღია ყვითელ ფერს. როგორც წესი, მინაში მანგანუმი პიროლუზიტის სახით შეაქვთ. ჭერჭერობით ძნელია იმისი თქმა, თუ შეტანილი პიროლუზიტიდან ჟანგვა-აღდგენის პროცესების შედეგად რამდენი გადავიდა ჟანგში და რამდენი ქვეჟანგში.

საქართველოს ტერიტორიაზე მოპოვებულ მინაში მანგანუმის შემცველობა ასაკის მიხედვით იცვლება. მაგ.: ძვ. წ. III ათასწლეუ-

⁹ Гай Плиний Секунда, Естественная история, С-Петербург, 1819, 350.

ლის მინაში იგი მცირე რაოდენობით მოიპოვება, რაც უდავოდ მის ბუნებრივობაზე მიგვიჩვენებს, რადგან სავსებით დასაშვებია იგი ქვიშების მინარევიც ყოფილიყო.

II ათასწლეულის მინაში მანგანუმის რაოდენობა იზრდება 1.5%-მდე, მხოლოდ მოწითალო-იისფერ მინაში. ანალოგიურ სურათთან გვაქვს საქმე ძვ. წ. VI—III საუკ. მინის ნაწარმში. ახ. წ. I საუკ. დაწყებული, როდესაც ფერადი მინის დამზადების ტექნოლოგია ვითარდება, მანგანუმის რაოდენობა 7,75%-მდე იზრდებოდა. მანგანუმის ქანგის რაოდენობა იისფრად შეფერილ მინაში 5,75%-მდე აღწევს¹⁰.

მინისათვის საღებარის — სპილენძის ქანგის — არსებობა უძველესი დროიდანაა ცნობილი. ამის საბუთად შეიძლება მოვიტანოთ აშურბანილის ბიბლიოთეკაში ნაპოვნი თიხის ფირფიტები, რომლებიც დაცულია ბრიტანეთის მუზეუმში. ეს ფირფიტები ნაპოვნია კუიუნჯიკში და თარიღდება ძვ. წ. XVII საუკუნით. ამ ფირფიტებში მოხსენიებულია ღვთაება მარდუკის ქურუმის ვინმე ლიპარიტი მარდუკი, ძე უშურ-ანა-მარდუკისა, რომელიც მოგვითხრობს სპილენძისა და ტყვიის ჰიქურის დამზადების ყველაზე ადრეულ წესზე.

აშურბანიპალი თავის ბიბლიოთეკისათვის აგროვებდა თავისი ქვეყნის წარსულსა და აწმყოში დაგროვილ ცოდნას; ამის გამო მისი დროის ფირფიტებში არის ჩვეულებრივი დაწერილი უბრალო სალაპარაკო ენაზე ყოველგვარი შემოკლებისა და საიდუმლოების გარეშე. არსებობს მოსაზრება, რომ ეს ტექსტი გაკეთებულია თვით აშურბანიპალის ბრძანებით და წარმოადგენს უბრალო ჩანაწერს მინის მწარმოებელთა სიტყვებიდან¹¹.

მინის წარმოების შესახებ ცნობები დაცულია ათასი წლით უფრო გვიანდელ ფირფიტებში. ამ ფირფიტების ავტორი არ არის ერთი პირი გამომგონებელი ან ხელოსანი. ორ ფირფიტაზე ცუდი დაცულობის გამო შესაძლებელი იყო მხოლოდ ნაწილობრივ აღდგენილიყო შემდგენელთა სახელები. სხვებში ლაპარაკია მინის საღებარის აგებულებაზე. უკეთ რომ ვთქვათ, ორ ლუმელზე, რომელთაგანაც ერთი უნდა იძლეოდეს უდიდეს ტემპერატურას, ხოლო მეორეში ხდებოდეს განმეორებითი გახურება შემცირებული

¹⁰ რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 32, 54.

¹¹ Н. Д. Ф л и т н е р, Культура и искусство двуречья, 1958, 194..

წვევის პირობებში¹². სხვა ფირფიტები, რომლებიც ლურსმული დამწერლობითაა და ძვ. წ. 668—628 წლებით თარიღდება, შეიცავს მინის კაზმისათვის საჭირო ნივთიერებების ჩამოთვლა-აღწერილობებსა და სხვ.¹³ აღნიშნული ფირფიტა გაშიფრულია დოქტორ კემპელ ტომსონის მიერ (ოქსფორდი).

აქვე მოგვყავს ამ საინტერესო ფირფიტების შინაარსი დოქტორ რ. ტომსონის კომენტარებით¹⁴.

ტუტეს ლებულობენ მცენარე Chenopodiaca Salicornia-ს ნაცრიდან, რომელიც შეიცავდა დიდი რაოდენობით სოდასა და იზრდებოდა დაჭაობებულ ადგილებში ზღვის ახლოს.

ქვიშას აღნიშნავდნენ „სიმანას“ სახელწოდებით, რომელიც სრულებით არ ეთანხმება ჩვეულებრივ ასურულ გამოთქმას.

ცარცი აღნიშნული აქვთ, როგორც „თეთრი ნივთიერება, კირქვაზე რბილი, მაგრამ მისი მონათესავე“.

მეოთხე შემადგენელი არის ფრიტე. გამოყენებულია აგრეთვე როგორც შემაკავშირებელი ნივთიერება.

0,5 ნაწ. ცარცისაგან, 3 ნაწ. კალის ქანგისაგან და 0,3 ნაწ. ლოკოინას ნიჟარისაგან, 60 ნაწ. ქვიშისაგან, 180 ნაწ. ტუტისაგან და 6 ნაწ. გვარჯილისაგან აკეთებდნენ მინა „დუსუს“.

ყველაზე მარტივი ძველასურული ფრიტეები ანუ ჰიქურის, რომელიც წოდებულია „იბუდ“, შედგება: 30 ნაწ. ქვიშისაგან, 45 ნაწ. ტუტისა და 5 ნაწ. გუმფისისაგან. ზემოჩამოთვლილი კომპონენტები უნდა აირიოს და დაიდგას ცივ ლუმელში, ცეცხლი კი უნდა იყოს ცხელი და უკვამლო და უნდა იყოს მანამ, სანამ მინა არ მივა თეთრი ვარვარების ტემპერატურამდე. მაშინ მას იღებენ, აციებენ, ათავსებენ სუფთა ტიგელში და ისევ აცხელებენ თეთრად ვარვარებამდე. ამის შემდეგ იღებენ, აციებენ, აფხვიერებენ, ათავსებენ სუფთა ტიგელში და ისევ აცხელებენ, როცა ფრიტე გათხიერდება, დაასხამენ გამომწვარ აგურზე. სპილენძის მიმატება მას ლურჯად ფერავს. მაშინ მას უწოდებენ „უკნუიბუს“ ანუ ლურჯ ჰიქურს, რომელსაც ფართო გამოყენება აქვს მონუმენტებისათვის.

ძირითადი მასალა ლურჯი მინის ან ჰიქურის დასამზადებლად არის „ზუკუ“ და ავანტურინის მინა და ბრინჯაოს ემალი, აგრეთვე

¹² Н. Д. Ф л и т н е р, დასახ. ნაშრომი, 271.

¹³ Стекло и глазури Древней Ассирии, «Керамика и стекло», 1926, № 12, 587.

¹⁴ იქვე.

იყო უბრალო მინა „ახუესა“, ზუსტად მისი დამზადების ფორმულა არ დარჩა, მაგრამ რაც დარჩა, ჩანს, რომ იგი უნდა წარმოადგენდეს ფრიტეს, რომელსაც სხვა მასალას ურევენ და აცხელებენ ერთი დღის განმავლობაში. მინა „ზუკუ“ თავის მხრივ იყო „ტერისტუს“ შემადგენელი ნაწილი, მაგრამ მეტი ნაწილი მისი მომზადების წესისა დაკარგულია.

ამზადებდნენ აგრეთვე მინა „სირსუს“, რომელიც მზადდებოდა 60 ნაწ. ქვიშისაგან, 180 ნაწ. ტუტისაგან, 5 ნაწ. გვარჯილისაგან და 2 ნაწ. ცარცისაგან. ამ მინის დამახასიათებელია დნობადი და უნდა წარმოადგენდეს ფრიტეს.

მინა „დუსუ“ იხმარებოდა ბეჭდებისათვის. კეთდებოდა იგი 60 ნაწ. ქვიშისაგან, 180 ნაწ. ტუტისაგან, 6 ნაწ. გვარჯილისაგან, 0,5 ნაწ. ცარცისაგან, 3 ნაწ. კალის ქანვისაგან, 0,3 ნაწ. ლოკოკინას ნიჟარისაგან.

განსხვავება „სირსუსა“ და „დუსუს“ შორის კალის ქანვით განისაზღვრება, რაც იქიდან ჩანს, რომ დახშული ქვის „სანდუს“ დასამზადებლად აღებულია 360 ნაწ. დაწმენდილი ბროლის მინა და 1,5 ნაწ. კალის ქანვი.

მინა „უკნუს“ ამზადებენ 30 ნაწ. „ტერისტუსაგან“, 30 ნაწ. „სირსუსაგან“, ტუტისაგან და 2 ნაწ. ცარცისა და გამომწვარი ქვა „სანდუსაგან“.

რომ მივიღოთ ლურჯი მინა „უკნუ“, შემადგენელი ნაწილები უნდა შეერიოს ერთმანეთს და ჩაიყაროს სუფთა ტიგელში, რომელსაც დგამენ ლუმელში, მხოლოდ არა უშუალოდ გავარვარებულ ნახშირზე;

„როცა ცეცხლი მოაცილებს ბუმბულებს და მინა დაიწყებს ბრწყინვას, მაშინ უნდა ჩაქრეს ცეცხლი. როცა ლუმელი გაცივდება, გამოიღე მინა და დანაყე, ჩაყარე სუფთა ტიგელში და ისევ გააღწე. დაკეტე ლუმელის კარი მინის დნობის პერიოდში, შემდეგ გახვრიტე, და ნახე. მინა თუ თხევადია ჩაასხი იგი ტიგელში და როცა ლუმელი გაცივდება მიიღება ცივი ლურჯი მინა — „უკნუ“.

ლურჯ მინა „მერკუს“ ამზადებენ 30 ნაწ. მინა „ტერისტუსაგან“, 10 ნაწ. მინა „სირსუსაგან“, 10 ნაწ. ქვიშისაგან, 1/24 ცარცისაგან. ეს მასალა დაფხვიერებული უნდა ჩაიყაროს ფორმაში, რომელიც დაიხურება ასეთივე ფორმით და ჩაიდგას ლუმელში. ამ დროს მიიღება „უკნუმერკუ“, სიტყვა „მერკუ“, როგორც ჩანს, „ფორმი-

რებულს“ უნდა აღნიშავდეს და აქ იგულისხმება ლურჯი მინისაგან-
დამზადებული ნივთები.

ღია ცისფერი მინა მიიღებოდა: 30 ნაწ. მინა ტერისტუსაგან, 80
ნაწ. მინა „ზუკუდან“, 15 ნაწ... (გამოტოვებულია) 1/30 ნაწ. გვარ-
ჯილისაგან.

შავი მინის დასამზადებლად იღებდნენ: 30 ნაწ. მინა „ტერის-
ტუს“, 60 ნაწ. რკინის ქანგს.

ყავისფერი მინის დასამზადებლად: 30 ნაწ. მინა „ტერისტუ“,
45 ნაწ. მინა „სირსუ“, 15 ნაწ. ქვიშას. ეს მასალა ფხვიერდებოდა,
ირეოდა ერთმანეთში და 7 დღე-ღამის განმავლობაში ხურდებოდა.

ყვითელი მინა მზადდებოდა 720 ნაწ. მინა „ზუკუდან“, 3 ნაწ-
გვარჯილისაგან, 2 ნაწ. ანტიმონისაგან. თიხის ფირფიტებში ყვითე-
ლი მინა ისეა მოხსენიებული, როგორც „ნურის აღმოჩენა“.

დახშულ სარდიონის მინას ამზადებდნენ: 240 ნაწ. „ღუსუსა-
გან“ 1 ნაწ. კალის ქანგისაგან.

დახშულ ალუბასტრის მინას ამზადებდნენ: 360 ნაწ. მინა „ღუ-
სუსაგან“, 1 ნაწ. კალის ქანგისაგან.

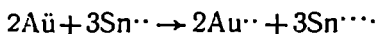
ავანტიურინის მინა — ...ნაწ. რკინის ქანგისაგან, 10 ნაწ. „ახუ-
ესის“ ფრიტესაგან, ...ნაწ. გაურეცხავი გვარჯილისაგან, 0,5 ნაწ.
დარიშხანისაგან (დასაწმენდი ფაქტორი). „ჩვენ ამოვიღებთ
ბრჭყვიალებიან წითელ ქვას.

წითელი მარჯნის მინა. 720 ნაწ. „ზუკუ“, 30 ნაწ. კალის
ქანგისაგან, 20 ნაწ. ანტიმონისაგან, 1 ნაწ. ოქროსაგან.

დამზადების წესი მითითებული არ არის, მაგრამ რადგან ძველ-
მა ასურელმა ხელოსნებმა მინის შედგენილობა იცოდნენ, ამიტომ
მათ ისიც ეცოდინებოდათ როდის უნდა მიეღოთ მინაში კასიუსის-
პურპური (კოლოიდური ნარევი ოქროსა და კალისა). სწრაფი გაცი-
ვებით ისინი მიიღებდნენ უფერულ მინას, ხოლო მისი შემდგომი გა-
ხურებით გარბილების ტემპერატურამდე, ლალისფერ მინას. ასე-
ვე კარგად იცოდნენ სპილენძის ქანგის მიღება ჰაერზე ან ჰაერის
ნაკადში გახურებით.

უფრო გვიან პერიოდში, სხვა ქვეყნებში, გამდნარ სპილენძს
ჩვეულებრივად დაასხამდნენ ცივ ქვაზე და აცხელებდნენ მანამ, სა-
ნამ მიიღებოდა სასურველი რაოდენობის სპილენძის ქანგი.

როგორც მინის დამზადების სირიული რეცეპტებიდან ჩანს,
მაშინდელმა ხელოსნებმა იცოდნენ კასიუსის ოქროს პურპურის
დამზადება ანუ მინის შეღებვა კოლოიდური ოქროს საშუალებით.



ლალისებრი წითელი მინა საქართველოში აღმოჩნდა მხოლოდ XIII საუკუნის ნაწარმში სოფელ ორბეთიდან. მინის ლალისფრად შეფერვა აქ სპილენძის ქვეყანგის აღდგენითაა განხორციელებული¹⁵. რამდენად შეგნებულად იყო ეს გაკეთებული ძნელი სათქმელია, რადგან იგი ერთადერთი ნიმუშია სპილენძის პურპურისა.

განსაკუთრებით ხშირად ძველ მინაში ლურჯი მინების შემდეგ, გვხვდება ყვითელი მინა, რომლის რაოდენობა ძლიერ იზრდება ძვ. წ. VI საუკუნიდან. ზოგიერთი მკვლევრის აზრით ძველ მინაში მის ყვითლად შესაფერად გამოყენებული იყო ანტიმონის უანგი. ჩვენს გამოკვლევებში ეს დადასტურებას ვერ პოულობს. ვ. ტერნარისა და რუკსბის მიერ ყვითელი მინის რენტგენულ-სტრუქტურულმა ანალიზმა გვიჩვენა ანტიმონმყავა ტყვიის $Pb_2Sb_2O_7$ -ს არსებობა¹⁶.

კობალტის შემცველი მინის ნაწარმი საქართველოს ტერიტორიაზე ძვ. წ. VI საუკუნიდან შეინიშნება თუმცა ლიტერატურული მონაცემებით ეგვიპტის ადრეულ მინაში კობალტის გამოყენება მინის შესაფერად ძვ. წ. XV საუკუნიდან შეიმჩნევა. ამ დროის მინის ნაწარმი ძირითადად მძივების სახით არის წარმოდგენილი. ეგვიპტური მასალის უდიდესი მკვლევარი ა. ლუკასი ამ გარემოებას ექვის ქვეშ აყენება, რადგან მინაში კობალტის დასადგენად ბუნზენის ნათურის ალში ბორაქსის მარცვლის შეფერვით სარგებლობდნენ. კობალტის თანამყოფობისას ბორაქსის მარცვალი როგორც აღმდგენელ, ისე დამყანგველ ალში ღია ლურჯად იღებება. იმავე ფერად ღებავს ბორაქსის მარცვალს სპილენძის შენაერთი აღმდგენელ ალში. აქედან ცხადი ხდება, რომ ანალიზის ამ ხერხით ჩატარების დროს შეიძლებოდა სპილენძი კობალტად მიეჩნიათ¹⁷. ამიტომ კობალტის განსაზღვრები, რომლებიც ბორაქსის მარცვლითაა წარმოებული სარწმუნოდ არ მიაჩნიათ.

თვით ლუკასს უწარმოებია ეგვიპტის ლურჯი მინის 5 ნიმუშის ანალიზი; აქედან 3 ნიმუში XVIII დინასტიის პერიოდს მიეკუთვნებოდა, ხოლო 2—XX დინასტიისას. აღსანიშნავია, რომ მას კობალტი ვერც ერთ ნიმუშში ვერ აღმოუჩენია. მინის ხუთივე ნიმუში ლურჯი შეფერვის მიზეზი სპილენძი იყო¹⁸.

¹⁵ რ. ბ ა ტ ა ძ ე, დასახელებული ნაშრომი, გვ. 68.

¹⁶ М. А. Б е з б о р о д о в, დასახელებული ნაშრომი, 7.

¹⁷ А. Л у к а с, Материалы и ремесленные производства древнего Египта 1958, 301,

¹⁸ იქვე, 302.

პოლარდმა შეისწავლა ტუტანხამონის აკლამიდან ამოღებული ლურჯი მინის ნიმუშები, რომლებშიც კობალტის არსებობა დაადგინა, მაგრამ ლუკასი ყველა მის ანალიზს სანდოდ არა სცნობს, ვინაიდან არ არის ცნობილი როგორი მეთოდით აწარმოებდა იგი მას¹⁹.

პაროდის მიერ წარმოებულ ანალიზებში — 7 ნიმუშში აღმოჩნდა კობალტი; აქედან 4 ნიმუში ძვ. წ. XV საუკუნისა იყო, ხოლო 2, ძვ. წ. XII—XI საუკუნეებისა. უფრო გვიან პერიოდში, ძვ. წ. VI—IV საუკუნის მინის ნიმუშებში მხოლოდ სპილენძი აღმოჩნდა²⁰.

ნეიმანმა და კოტიგამ აწარმოვა 38 ეგვიპტური უძველესი მინის ანალიზი. აღსანიშნავია, რომ აქაც არც ერთ მათგანში არ აღმოჩნდა კობალტი. ამ გარემოებამ მკვლევარი იმ დასკვნამდე მიიყვანა, რომ კობალტი არასოდეს არ ყოფილა მღებარად გამოყენებული ეგვიპტურ მინაში ვენეციურ პერიოდამდე²¹.

პროფ. თ. ჰევერნიკმა (გფრ), რომელიც უძველეს მინებზე მუშაობდა, ჩემი თხოვნით საანალიზოდ ეგვიპტური ლურჯი მინის სამი ნიმუში გამოგზავნა. აქედან 2 ტელ-ელ ამარნიდან იყო და ძვ. წ. XIV საუკ. თარიღდება (1353—46), ხოლო ერთი ძვ. წ. II—I საუკ. განეკუთვნება. სამივე ნიმუში $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -იანი მინაა. შემფერავი კომპონენტებიდან დადასტურებულია კობალტი 0,1%-დან 1,0-მდე.

ეგვიპტური წარმომავლობის მძივები, რომლებიც აღმოჩენილი იყო ბრიტანეთის ტერიტორიაზე და ასევე ძვ. წ. XV საუკ. განეკუთვნებოდა, შესწავლილი იყო სტონისა და თომასის მიერ²². მათ გააკეთეს 70-ჭიქურიანი და უჭიქურო მძივების სპექტრულ-ქიმიური ანალიზი უძველესი წარმოების ცენტრებიდან. რადგან ფიანსისაგან ნამზადი ნივთები, მძივები, ამულეტები და სხვ. უპირატესად ესთეტიკური მოთხოვნილების დაკმაყოფილებას ემსახურება, ამიტომ მას აწარმოებს მხოლოდ მაღალ ცივილიზაციას მიღწეული საზოგადოება, თუმცა სამკაულები ასევე იზიდავდა დაბალი კულტურის მქონე საზოგადოების წევრებსაც.

¹⁹ A. Л у к а с, დასახ. ნაშრ., გვ. 302.

²⁰ იქვე.

²¹ იქვე.

²² J. F. S t o n e, Z. C. T h o m a s, The Use and Distribution of Faience in the Ancien East and Prehistori Europ Reprinted from the proceedings Society for, 1959, V—XXII.

ამავე ნაშრომში მოტანილია სინქრონული მასალა მალტიდან, ეგვიპტიდან, კრეტიდან, ბოქემიიდან, ირლანდიიდან, შოტლანდიიდან და სხვ.

აქ წარმოდგენილი ორი ცხრილიდან ერთი მინისა და ფაიფურის რაოდენობითი ანალიზისაა, მეორე სპექტრული რაოდენობითი ანალიზის. პირველი ხუთბალიანი სისტემითაა მოყვანილი (ინდექსი „1“ მაქსიმალურ რაოდენობას შეეფერება, ხოლო მეორე კი ათბალიანი; „10“ ინდექსი აქ უმაღლესი რაოდენობითი შემცველობის გამოხატველია).

რაოდენობრივი ანალიზის ცხრილში კობალტი 62 ნიმუშიდან მხოლოდ 3 ნიმუშში ჩანს (მორაგია, ბოქემია, შოტლანდია) და აღნიშულია „3“ და „4“ ინდექსებით.

თვისებითი ანალიზის ცხრილში, სადაც ათსაფეხურიანი სისტემაა ინდექსი „1“ მინიმალურ რაოდენობას შეესაბამება. 70 ნიმუშიდან კობალტი მხოლოდ 13 ნიმუშშია აღმოჩენილი, აქედან 9 ნიმუშში იგი აღნიშნულია ინდექსით „1“, რაც ცხადია, რაოდენობრივ-ქიმიური ანალიზით ვერ განისაზღვრებოდა; დანარჩენში აღნიშნულია ინდექსით „3“, „4“ და „3“. ამ ცხრილში ერთ გარემოებას მივამჩნიებთ ყურადღება: იქ, სადაც კობალტის არსებობაა დადგენილი, სპილენძიც მნიშვნელოვანი რაოდენობით მოიპოვება. ეს გარემოება იმაზე უნდა მიგვითითებდეს, რომ აღნიშულ შემთხვევაში კობალტი სპილენძის თანამგზავრია და ბუნებრივი მინარევია ნედლეულის.

ჩვენ შევისწავლეთ საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოჩენილი მძივების დიდი ნაწილი ძვ. წ. IV ათასწლეულიდან XIV საუკ. ჩათვლით. კატეგორიულად შეიძლება ითქვას, რომ ჭერჭერობით აღნიშნული პერიოდის მძივებში ძვ. წ. VI საუკ. ჩვენ კობალტის გამოყენება მინის საღებრად არ დაგვიდასტურებია.

საბჭოთა კავშირის ტერიტორიაზე ჩრდილო შავიზღვისპირეთში, კავკასიასა, შუა აზიის ქვეყნებში არქეოლოგიური გათხრებით გამოვლენილ იქნა მრავალი ნივთი, რომელიც დამზადებულია ეგვიპტეში, ან ეგვიპტის კულტურის გავლენით.

ამჟამად საქართველოში ცნობილი გახდა ძეგლები დაკავშირებული ძველ აღმოსავლეთთან, კერძოდ ურარტუსთან. მათი შესწავლის შედეგად გამოაშკარავებულ იქნა იმ ნივთთა ჯგუფი, რომლებიც უშუალოდ დაკავშირებულია ეგვიპტესთან, ან მის სტილშია²³. აკად.

²³ Б. Б. П и о т р о в с к и й. Древнеегипетские предметы найденные на территории Советского Союза, С.А., 1958, 2.

ბ. პიოტროვსკის აზრით, ურარტუში ეგვიპტური ნივთები ხვდებოდა ასურეთიდან, სადაც ისინი იშვიათობას არ წარმოადგენდნენ. ბუნებრივია, რომ ურარტუს მიერ ეგვიპტის დაპყრობამ და შემდეგ მასთან მოკავშირეობამ ხელი შეუწყო ეგვიპტური ნივთების გავრცელებას.

ასურეთიდან ეგვიპტური და ეგვიპტური სტილით დამზადებული ნივთები ვრცელდებოდა არა მხოლოდ ჩრდილო-ურარტუში, არამედ აღმოსავლეთითაც ცენტრალურ ირანში²⁴.

ძვ. წ. VII საუკ. მეორე ნახევარში მდინარე ნილოსის დელტაში, ნავკრატისში, წარმოიქმნა ბერძნული კოლონია, რომელმაც ფართო სავაჭრო ურთიერთობა გააჩაღა მაშინდელ კულტურულ სამყაროსთან. ნავკრატისის ფიანსის ნაწარმი ამჟამად კარგადაა შესწავლილი და საკმაოდ ადვილად განისაზღვრება; იგი გვხვდებოდა ამიერკავკასიაში, კერძოდ რაჭაში (ლები, ბრილი), სადაც ნაპოვნია ნავკრატისის ფუნაგორიების დიდი რაოდენობა ძირითადად ცისფერი პასტისა²⁵.

ეგვიპტიდან შემოსულ ნივთებს შორის აღსანიშნავია 3000-მდე ამულეტი ეგვიპტური ფიანსისა. კრუპნოვის²⁶, არციხოვსკის²⁷, გობეჯიშვილის²⁸, უეაროვასა²⁹ და სხვა მკვლევართა აზრით, ის მრავალრიცხოვანი მძივები, რომლებიც მოიპოვება ჩრდილო კავკასიაში და რაჭაში, უნდა იყოს დამზადებული ახლო აღმოსავლეთში, სირიისა და ეგვიპტის ქალაქებში ან ფინიკიურ საწარმოებში.

შევეცადეთ შეგვესწავლა ეგვიპტური მინისა თუ მინისებრი მასისგან დამზადებული ნაწარმი ძვ. წ. VII საუკუნეზე აღრეული მათში შემფერავი კომპონენტების დადგენის მიზნით. მასალა შერჩეულ იქნა უპირატესად ფერის მიხედვით, როგორც ერმიტაჟის, ისე ა. პუშკინის სახ. სახვითი ხელოვნების მუზეუმის ფონდებიდან.

აღნიშნული მასალა ძირითადად უშეხებთ იყო წარმოდგენილი და ამიტომ მის ეგვიპტურ წარმომავლობაზე ექვის მიტანაც კი არ შეიძლებოდა.

²⁴ Б. Б. Пиотровский, Кармир-Блур, II, 1952, 32.

²⁵ Б. Б. Пиотровский, *დასახ. ნაშრ.* 22.

²⁶ Е. М. Крупнов, Древняя история Северного Кавказа, М., 1960, 293; Первые итоги изучения Восточного Предкавказия, СА, № 2, 1957.

²⁷ В. А р ц и х о в с к и й. Основы археологии, 1955, 142.

²⁸ გ. გ. ბ. ე. ჯ. ი. შ. ვ. ი. ლ. ი., არქეოლოგიური გათხრების საბჭოთა საქართველოში, თბ., 1952, 104, 106.

²⁹ П. С. Уварова. Могильники Северного Кавказа, МАК, вып. VIII, 1900, 372—374.

1. უშებტი (№ 7192), ძვ. წ. XIV საუკ., ერმიტაჟი. მიკროსკოპიულად წარმოადგენს დანაყილ კვარცს, იშვიათად შეინიშნება წითლად შეფერილი ნაწილაკები, რომლებიც სამეალენტიანი რკინის ქანგის ჩანართს უნდა წარმოადგენდეს. მასა ძალზე ფხვიერია და კიქური ადვილად სცილდება. კიქური ღია ცისფერი ფერისაა. არათანაბარი სისქით ეკვრის და ალაგ-ალაგ უფრო ინტენსიური ფერი აქვს. თვით კიქური ძალზე დაწმენდილი, თითქმის არ შეიცავს გაუხსნელ ნაწილაკებს და უცხო ჩანართებს.

როგორც ცნობილია, კიქური შეიცავს ყველა იმ კომპონენტს, რომელსაც მინა — სილიციუმის ორჟანგს, კალციუმისა და ნატრიუმის ქანგებს, ანუ ნატრიუმისა და კალციუმის სილიკატს, რომელსაც შერეული აქვს შემფერავი კომპონენტი — რომელიმე ლითონის ქანგი. ეს კიქური როგორც გაირკვა, შეიცავს შემფერავ კომპონენტს სპილენძის ქანგს, გარდა ამისა კალისა და ტყვიის ქანგს.

2. მძივი მოკიქული, ძვ. წ. XIV საუკ., № 2685, ერმიტაჟი. ძირითადი მასა შედგება წვრილი დანაყილი კვარცისაგან, რომელიც, მოკიქული იქნა ცისფერი კიქურით. კიქური სასიამოვნო ცისფერი ფერისაა და არათანაბრად ეკვრის მას, რის გამოც ზოგ ადგილას ძალზე მკრთალია და ზოგან კი მუქი. შემფერავ კომპონენტად სპილენძის ქანგია გამოყენებული. დიდი რაოდენობით ბუშტულების არსებობის გამო კიქური ნახევრად გამჭვირვალეა. შეინიშნება გაუხსნელი ნაწილაკებიც.

3. უშებტი, ერმიტაჟი № 7191. უშებტის მასა დანაყილ კვარცს წარმოადგენს, რომლებიც შემდნარია ერთმანეთთან წვეტიანი წახნაგებით. სპექტრული ანალიზით კიქური $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -ა; შეფერილია სპილენძის ქანგით. კიქური ნახევრად გამჭვირვალეა დიდი რაოდენობის ბუშტულების არსებობის გამო, რაც იმაზე მიუთითებს, რომ კიქურის გასაღწობად ტემპერატურა საკმარისი არ იყო და არც კიქური იყო სათანადოდ ფრიტირებული. შეიცავს ერთ პროცენტამდე ტყვიას.

4. უშებტი, მოკიქული, № 2665, ძვ. წ. XIII—I საუკ. ერმიტაჟი. ძირითადი მასა შედგება დანაყილი კვარცის შედარებით დიდი ნაწილაკებისაგან. კიქური $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -ა, არაგამჭვირვალე ცისფერი მინისა დახშულია მცირე რაოდენობა კალისა და ბევრი ბუშტულების არსებობის გამო. მცირე რაოდენობით შეიცავს ტყვიასაც.

5. კუბის ფორმის ლურჯი ფერის ნივთი, № 2398, ერმიტაჟი. ეს ნივთი რამდენადმე განსხვავდება დანარჩენ ნიმუშებისაგან. იგი

წარმოადგენს ერთგვაროვან ლურჯი ფერის მასას. პოლარიზაციულ მიკროსკოპში არ შეიმჩნევა კვარცის ცალკეული ნაწილაკები. მასა ძალზე სალია. მოჩანს დნობის ბუშტულები. მიუხედავად მისი ინტენსიური ლურჯი ფერისა არ შეიცავს კობალტს. იგი თავის შედგენილობით $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ მინა უნდა იყოს. თანაბრად შეიცავს ტყვიასა და კალას. შეიძლება სწორედ ამას მიეწეროს მისი განსხვავებული კონსისტენცია, რასაც ალბათ უფრო ხანგრძლივი და მაღალი ტემპერატურის ფაქტორი ემატება.

6. მძივი მილაკისებური, ცისფრად მოქიქული, № 2402, ერმიტაჟი. მძივი ძვ. წ. VII საუკ. მიეკუთვნება. საძაფე ხვრელი დაფარულია უფერული ჰიქურით. გარეთა ჰიქური $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ -ა ცისფრად სპილენძის ჟანგით უნდა იყოს შეფერილი.

7. მძივი მილაკისებრი, მუქი ლურჯი მინის (უნომრო), ერმიტაჟი. ძირითადი მასა წვრილად დაფხვიერებული ცისფერი გამკვირვალე ნაწილაკებისაგან — ფრიტესაგან შედგება. პოლარიზაციულ მიკროსკოპში ჩანს კვარცის მარცვლები, რომლებიც ზედაპირულადაა შეფერილი სპილენძით. კვარცის მარცვლებს იზოტროპულობა არ დაუკარგავთ. სპექტრალურად შემფერავი ნივთიერებებიდან არის კობალტი და სპილენძი. სწორედ კობალტის არსებობას შეიძლება მიეწეროს მძივის ასეთი ლურჯი ფერი.

8. უშებტი, ცისფრად მოქიქული შავი წარწერით. უნომრო, ერმიტაჟი. ნივთი დაფარულია ცისფერი ჰიქურით, რომელსაც მთელ სიგრძეზე გასდევს შავი საღებავით გაკეთებული წარწერა. ძირითადი მასა მოვარდისფერია და კვარცის მსხვილი ნაწილაკებისაგან შედგება. მასის ფერი რკინის შენაერთებს უნდა მიეწეროს. კვარცის ნაწილაკები ერთმანეთთან ნატრიუმისა და მაგნიუმის მდნობებითაა ნახევრად შემცხვარი. შავი წარწერა მიკროსკოპში იისფრად ჩანს. მანგანუმის რაოდენობა ამ ნიმუშში მნიშვნელოვნად აღემატება სხვა ნიმუშებში მანგანუმის რაოდენობას. როგორც ჩანს, ნივთი ორჯერ იყო გამომწვარი, ერთხელ მოსაჰიქად, ხოლო მეორედ წარწერის ფიქსაციისათვის.

9. მძივი, ინტენსიური ცისფერი ჰიქურით მოქიქული (უნომრო), ერმიტაჟი.

ჰიქურში შეიმჩნევა გაუხსნელი კვარცის ნაწილაკები, რომლებიც მრავალრიცხოვან ბუშტულებთან ერთად ჰიქურს არაგამკვირვალეს ხდის.

ძირითადი მასა თეთრია ოდნავ ცისფერი ელფერით. ისეთი შთაბეჭდილება რჩება, თითქოს ნივთი მოქიქული კი არ არის, არა-

მედ იგი ზედაპირის მალალ ტემპერატურაზე დაყოვნებით იქნა მიღებული. ეს ნიმუში, ისევე როგორც წინა ნიმუშები შეიცავს მცირე რაოდენობით კალის ორჟანგს SnO_2 — 0,5%.

ა. ს. პუშკინის სახ. სახვითი ხელოვნების მუზეუმის ნიმუშებიც ძირითადად უშეგბითაა წარმოდგენილი, ხოლო მეორე ნაწილი მძივებით. ნივთების როგორც თარიღი, ისე წარმოშობისა თუ მოპოვების ადგილი უცნობია. მიახლოებითი ცნობებით უშეგბის უმეტესი ნაწილი უძველესი ხანისა უნდა იყოს, ხოლო მძივები აღრეანტაქური ხანისა.

10. უშეგბითი, ცისფრად მოჭიქული, № 1163. ძირითადი მასა თიხისაა, წითლად გამომწვარი. ჭიქური ცისფერი დახშული მინისაა. დახშობა კალის ორჟანგითაა წარმოებულ ალბათ ძირითადი მასის დახშობის მიზნით. ჭიქური არათანაბრად ეკვრის კეცს და ალაგ-ალაგ მოჩანს კეცის წითელი ფერი. ჭიქური იმავე ტიპისაა— Na_2O CaO — SiO_2 : დიდი რაოდენობით შეიცავს სპილენძის ჟანგს და 1%-მდე ტყვიასა და კალას.

11. მძივი ცისფერი ჭიქურით მოჭიქული № 671. ძირითადი მასა დანაყილ კვარცს წარმოადგენს, რომელიც შეფერილია ცისფრად. შიგადაშიგ შეიმჩნევა რკინის ჟანგით გამოწვეული მოწითალო ჩანართები. ჭიქური სპილენძის ჟანგითაა შეფერილი.

12. უშეგბითი: ცისფრად მოჭიქული, № 6674. მიკროსკოპში მოჩანს აღდგენილი სპილენძის ნაწილაკები. ჭიქური ნახევრად შემცხვარ მასას წარმოადგენს და დიდი რაოდენობით შეიცავს ბუმბულებს. ჭიქური Na_2O — CaO — SO_2 -ა. შემფერავი კომპონენტებიდან მხოლოდ სპილენძი ჩანს. საფიქრებელია, რომ თვით ნივთი და ჭიქური ერთი და იგივე მასიდანაა დაშლადებული და გასურების შედეგად ზედაპირი გამდნარა და ჭიქურად შემოპკვრია გარე ზედაპირს.

13. უშეგბითი, ცისფრად მოჭიქული, № 1172, ჭიქური Na_2O — CaO — SiO_2 ტიპისაა, ფერი სპილენძის ჟანგითაა გამოწვეული.

14. უშეგბითი, ცისფერი, ნახევრად დახშული ჭიქურით, № 21161. მისი ჭიქური რამდენადმე განსხვავდება წინა ჭიქურებისაგან ალუმინის ჟანგის თანაარსებობით (Al_2O_3). დახშულია კალის ჟანგის საშუალებით და სპილენძის ჟანგით შეფერილია ცისფრად.

15. უშეგბითი, შავად მოხატული, ინტენსიური ცისფერი ფერის ჭიქურით, № 709. ძირითადი მასა დანაყილ კვარცს წარმოადგენს და შემდგომად მოჭიქული. უშეგბითი ჭიქურს ზემოთ მოჭიქუ-

ლია შავი ნივთიერებით, რომელიც მიკროსკოპში გამავალ სინათლეში იისფრად მოჩანს. ამ შემთხვევაში, ისევე როგორც წინა შემთხვევაში, საქმე გვაქვს მანგანუმის შემცველ ადვილადმდნად მინასთან. ჰიქურს, როგორც დამხშობი დამატებული აქვს კალის ქანგი.

დანარჩენი სამი ნიმუში: ერთი ლურჯად მოქიქული უშებტი № 668 და ორი მუქი ლურჯი მძივი №№ 1148 და 1102 იყო. ეს ნიმუშები ვარაუდით ძვ. წ. III—I სს. მიეკუთვნება. გარდა სპილენძისა შემფერავი კომპონენტებიდან სამივე ნიმუშში აღმოჩნდა კობალტი. ნატრიუმის დიდი რაოდენობა ამ ნიმუშებში კარგად განვითარებულ მინის წარმოებაზე მიუთითებს. სამივე ნიმუშში 7% და მეტი რაოდენობით შედის კალციუმის ქანგი. № 1102 ნიმუშში ერთიორად მომატებულია მაგნიუმის ქანგის რაოდენობა. ჰიქური ანტიკური რეცეპტითაა დამზადებული. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის ანსამბლი ელემენტებისა. რომლებიც თითქმის ყოველთვის თან სდევს კობალტით შეფერილ მინებს: კობალტი, სპილენძი, ტყვია, ანტიმონი, ნიკელი და კალა, თუმცა ეს უკანასკნელი არც ისე დამახასიათებელია (ცხრ. № 4, რიგ. №№ 16, 17, 18).

როგორც ამ ნიმუშების შესწავლამ დაგვანახვა ძვ. წ. XIV საუკუნიდან მოყოლებული ჰიქურის ძირითად მღებარად სპილენძის ქანგია გამოყენებული. შემჩნევა კალის ქანგით ჰიქურის დახშვის ტენდენციაც. განსაკუთრებით მომეტებული რაოდენობა კალის ქანგისა შემჩნეულია ფერადი კეცის მოსაჭიქავად. ამ შემთხვევაში ჰიქური გამოიყენებოდა კეცის ფერის შესანიღბავად. კეცს მოწითალო ფერი აქვს.

რაც შეეხება კობალტის არსებობას ამ ჰიქურებში, ჩვენის აზრით, იგი ნიმუშის გვიანდლობაზე უნდა მიუთითებდეს. ხშირ შემთხვევაში, მინის თუ ჰიქურის ლურჯი ფერი, ვიზუალურად ეჭვს ბადებს კობალტის არსებობაზე. მაგრამ მათი სპექტრული ანალიზით შესწავლის შედეგად ირკვევა, რომ შემფერავი ელემენტებიდან მხოლოდ სპილენძია გამოყენებული.

ამ მხრივ განსაკუთრებით საინტერესო აღმოჩნდა მძივები კარმირ-ბლურიდან, რომლებიც ძვ. წ. VII საუკ. დათარიღებული აკად. ბ. პიოტროვსკის მიერ³⁰.

აღნიშნული მძივები საანალიზოდ გადმოგვეცა 1965 წ. და ნიმუშის სიმცირის გამო მათზე ქიმიური რაოდენობითი ანალიზის წარმოება ვერ მოხერხდა. სპექტრული ნახევრად რაოდენობითი და

³⁰ Б. Б. П и о т р о в с к и й, Кармир-Блур, II, 1952, 32:

მიკროსკოპული ანალიზების მეშვეობით რამდენიმე საგულისხმოდ დასკვნის გამოტანა გახდა შესაძლებელი (ცხრ. 5).

მძივები სხვადასხვა ფორმისა იყო: მრგვალი, ბიკონუსური, მილაკისებური, წახნაგოვანი, ელიფსური და სხვ. ფერით თითქმის ყველა ლურჯი ფერისა იყო (მეტ-ნაკლები ინტენსივობით). სულ შესწავლილი იყო ცხრა ნიმუში.

მილაკისებური მძივი, ძლიერ წააგავს სტეატატის ადრეულ მძივებს იმ განსხვავებით, რომ ეს მოჭიქულია და თავისი ფერით ურბნისის არქაულ მძივს მოგვაგონებს³¹. სპექტრული ანალიზით დადგინდა, რომ გარდა სილიციუმის ორჟანგისა შეიცავს ლითონებს: სპილენძს, ტყვიას, კალას, ვერცხლს, ნიკელს, კობალტს, ალუმინს, მაგნიუმს, ნატრიუმსა და კალიუმს. ამ მძივის პოლიმეტალური ბუნება გვაფიქრებინებს, რომ მსგავსად ურბნისის მძივებისა ესეც წილისაგან უნდა იყოს წარმოებული. იმ განსხვავებით, რომ ურბნისის მძივის მასა შეიცავს დარიშხანს, ხოლო კარმირ-ბლურისა კობალტს. კობალტისა და სპილენძის არსებობა ამ მძივში მძივის მასის შეფერვის სურვილით არ უნდა აიხსნას, იგი ბუნებრივი მინარევია.

ბ. პიოტროვსკი არ გამორიცხავს იმ გარემოებას, რომ ეს მძივი შესაძლებელია უფრო ადრეულიც იყოს, რაზეც მდნობი ნივთიერებების — ნატრიუმის, კალიუმისა და ტყვიის სიმცირე და სილიციუმის ორჟანგის დიდი რაოდენობა მიუთითებს.

ცნობილია, რომ აღდგენითი დნობის დროს ლითონების — სპილენძის, ტყვიის, ნიკელისა და კობალტის ჟანგეულები განიცდიან აღდგენას ლითონურ მდგომარეობამდე. მხოლოდ მათი უმნიშვნელო ნაწილი გადადის წიდაში³². ლითონურ მდგომარეობაში ლითონი მასას ვერ შეფერავს. შესაძლებელია სწორედ ამიტომაა ზემოხსენებულ მძივში კობალტი და სპილენძი, ხოლო მძივის მასა სათანადოდ შეფერილი არ არის.

შესასწავლად გადმოგვეცა აგრეთვე ორი მრგვალი, ლურჯი მინის მძივი, რომლებიც ვიზუალურად კობალტით შეფერილ მინას წააგავდა. მძივი კარგი დაცულობისა იყო. სპექტრალური ანალიზით დადგინდა, რომ მინის ტიპის მიხედვით ისინი $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$ მინებს მიეკუთვნება, ხოლო შემფერავი, ელემენტებიდან შეიცავს მხოლოდ სპილენძს. სხვა მძივები ვიზუალურად არცთუ ინტენსიური ლურჯი

³¹ რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, 13.

³² Р. Р а д л, Физическая химия и пирометаллургия меди, 1955, 133.

ფერისა, შემფერავი ნივთიერებებიდან მხოლოდ სპილენძს შეიცავდა. ხოლო ბიკონუსური და სამქიმიანი მძივები არ შეიცავენ არც შემფერავ კომპონენტებს და არც მდნობ ნივთიერებებს.

ცნობილია, რომ მინა ნიადაგში განიცდის გამოტუტვას (გამოფიტვას). ეს დამწლელი პროცესი მინაში მიმდინარეობს მდნობი ნივთიერებების ხარჯზე, რის გამოც მინის მასაში შესაძლებელია არათუ რაოდენობრივი, არამედ თვისობრივი ცვლილებებიც კი მოხდეს. კერძოდ, მინა ღარიბდება ნატრიუმითა და კალიუმით, ხოლო შესაბამისად სილიციუმის ორჯანგის რაოდენობა მალლა იწევს. იმ შემთხვევაში თუ მინა მცირე რაოდენობით შეიცავს მდნობ ნივთიერებებს და გამოტუტვის პროცესიც ინტენსიურია, შესაძლებელია მდნობები სრულიად გამოიტუტოს მინიდან. ვფიქრობთ, ეს ბედი ეწვია სწორედ ამ ზემოაღნიშნულ მინასაც — მძივებს.

იმავე ხანას მიეკუთვნება კარმირ-ბლურზე აღმოჩენილი, გაურკვეველი დანიშნულების „გუნდები“, რომლებიც მოთავსებული იყო 70 სმ სიმაღლის თიხის ჭურჭელში. გუნდები ელიფსური ფორმისა იყო. ძირი ბრტყელი ჰქონდა, ხოლო ზედაპირი ამობურცული. ფერით მონაცრისფრო შავ მასას წარმოადგენდა. ჭურჭელში 250 ასეთ „გუნდასთან“ ერთად პემზის ნაჭკრიც აღმოჩნდა.

პროფ. თათევოსიანმა გააკეთა ერთ-ერთი გუნდის პეტროგრაფიული ანალიზი და იმ დასკვნამდე მივიდა, რომ „ნიმუში შედგება თიხისებრი ნივთიერებისაგან კვარცის მსხვილი წვეტიანი მარცვლებით. მიკროსკოპში მინერალი ცისფერ ტონებში ძლიერ პლეოქრომულია და სხვ.... წინასწარი მონაცემებით ეს მინერალი შეიძლება მიეკუთვნოს ბაციტს; ბაციტი შეიცავს სკანდიუმს და სხვა იშვიათ მიწა ელემენტებს, აგრეთვე რკინასა და ნატრიუმს მცირე რაოდენობით³³. თიხის გუნდებში შერეულია ძალზე მაგარი მინერალი (სახელდობრ რომელი არ ჩანს). აკად. ბ. პიოტროვსკის აზრით, ეს „გუნდები“ აბრაზიული დანიშნულებისაა, ყოველ შემთხვევაში მისი ფიზიკური ბუნება ისეთია, რომ ადვილად ლესავს ლითონის დანას. ჭურჭელში პემზის თანამყოფობა ამ მოსაზრებას აძლიერებს.

ჩვენი თხოვნით აკად. ბ. პიოტროვსკიმ გადმოგვცა შესასწავლად ამ „გუნდის“ ფრაგმენტი, რისთვისაც მას და რ. ფოლადიანს დიდ მადლობას მოვახსენებთ.

როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, მასა ფორიანია და სალი. ფერად მონაცრისფრო შავი. ჩვენი დაკვირვებით იგი ცეცხლშია ნამ-

ყოფი. საანალიზოდ აღნიშნული მასა გავგზავნა კავკასიის მინერალური ნედლეულის ინსტიტუტს, სადაც პეტროგრაფიულად შეისწავლეს, აქაც ძალზე გაუჭირდათ დაედგინათ რა ნივთიერებასთან გვქონდა საქმე, რადგან აღმოჩნდა ისეთი კრისტალები, რომლებიც ოპტიკურად სწორედ სკანდიუმის შემცველ მინერალს ბაციტს ჰგავდა, მაშინ, როცა ეს მასა სპექტოგრაფიულადაც კი არ შეიცავდა სკანდიუმს. ჩატარებულმა ქიმიურ-რაოდენობითმა ანალიზმა გვიჩვენა, სილიციუმის ორჯანგი 68,70%, სპილენძი 9,45% და რკინა 3,23%. გარდა ამისა, სპექტრალურად დადგინდა მაგნიუმი, ალუმინი, კალციუმი, მანგანუმი, ნიკელი, ტიტანი, ტყვია, ანტიმონი, დარიშხანი და ნატრიუმი, და ძალზე მცირე რაოდენობით კობალტი და კალა. თუ შევადარებთ ამ მასისა და აქვე, კარმირბლურზე აღმოჩენილი მილაკისებური მბიჯის ქიმიურ-სპექტრალურ მონაცემებს, აშკარა გახდება, რომ ეს ორივე მასა ძალზე წააგავს ერთმანეთს. პოლიმეტალური ბუნებით. ჩვენის აზრით ეს გუნდები სპეციალურადაა დამზადებული, რადგან გულდასმით დაკვირვების შედეგად მასზე შემჩნეული იქნა ხელით ფორმირებისა და შემდგომი თერმული დამუშავების კვალი. ყველა ის ელემენტი, რომელიც ამჟამად გვაქვს ზემოაღნიშნულ ნიმუშში, რასაკვირველია არ გამოირიცხავს მის წილურ წარმოშობას. თუ დავუშვებთ, რომ კირქვების ნაცვლად დოლომიტი იყო, ადვილი დასაშვებია, რომ წიდას სწორედ ზემოხსენებული შედგენილობა ჰქონოდა, თუმცა ლიტერატურაში ასეთი კერძო შემთხვევა მოტანილი არ არის.

ყოველივე ზემოთქმულიდან გამომდინარე, გადავწყვიტეთ, რომ ეს მასა გამზადებულია მინის ცისფრად (მცირე რაოდენობის შემთხვევაში) და ლურჯად (თუ ეს მასალა დიდი რაოდენობით იქნებოდა აღებული) შესაფერად. დავამზადეთ მინის კაზმი და დაფხვიერებული მასა ავეურიეთ მასში, შემდეგ გამოვადნეთ. მიღებული იქნა სასიამოვნო ღია ლურჯი ფერის მინა.

შორსა ვართ იმ მოსაზრებიდან, რომ ვამტყიცოთ ეს „გუნდები“ ნამდვილად მინის შესაფერადაა წარმოებულიო, მაგრამ არც გამოვირიცხავთ ამ შესაძლებლობას. ამ ფაქტის დადასტურებას შემდგომი გათხრები და კვლევა-ძიება ესაჭიროება.

ჩვენ მიერ წარმოებული მრავალრიცხოვანი ანალიზით საქართველოს ტერიტორიაზე აღმოჩენილი ნიმუშებიდან ნამდვილი მინა მხოლოდ ს. წ. XV საუკ. ჩნდება. ამ პერიოდიდან მოყოლებული იგი სისტემატურად ჩნდება სამარხებში. რაც შეეხება კობალტით

შეფერილ მინებს, როგორც ზემოთ იყო აღნიშნული, იგი ძვ. წ. VI საუკუნემდე არ არის ცნობილი. VI საუკ. მიწურულიდან კი კობალტით შეფერილი მინა რამდენიმე ადგილას ერთდროულად ჩნდება — ბრილი, ითხვისი, კამარახევი (ცხრ. 5) ამ გარემოებამ გვაიძულა რამდენადმე კრიტიკული თვალთ შეგვეხედა ყველა ნიმუშისათვის, რომლებიც შეიცავენ კობალტს, მაგრამ დათარიღებული არიან ადრეული პერიოდით, ვიდრე ძვ. წ. VI საუკ.

ბეკის ნაშრომში³³, რომელიც ძირითადად ტაქსილის მძივებს შეეხება. მოყვანილია სხვა ქვეყნის მძივების დახასიათება და თავისებურებანი. ამათგან განსაკუთრებით მნიშვნელოვნად მიგვაჩნია კორსიკული მძივები, რომლებიც ძვ. წ. VII საუკ. თარიღდება. ბეკის აზრით ეს ოვალური მძივები კობალტით შეფერილი მინის თვლებით იყო შემკული. რაც შეეხება თარიღს, იგი მას სანდოდ არ მიიჩნევს და ძვ. წ. V საუკ. ათარიღებს.

კვიპროსზე ნაპოვნი უძველესი მძივები — ოვალური ფორმისა, თვლებით შემკული — ძვ. წ. XIV საუკუნითაა დათარიღებული. ამ ტიპის მძივები დიდი ხნის განმავლობაში კეთდებოდა და იგი ცნობილია ბონასიე I პერიოდიდან, მაგრამ ძალზე იშვიათად.

მსგავსი მძივები, რომლებიც ცნობილია საფრანგეთსა და ინგლისში, გავრცელებულია მთელს ხმელთაშუაზღვის აუზში, მაგრამ დათარიღებულია უფრო ძველი ასაკით. გამოტუტვა, რომელიც განუცდია ამ ოვალური მძივების თვლებს ყავისფერ ელფერს აძლევს მათ, მაგრამ იგი ნამდვილად კობალტითაა შეფერილი. ანალოგიური მძივები თაროსსა და სარდიონიაში აღმოჩენილი, ბეკის აზრით V საუკ. ადრეულები არ უნდა იყოს³⁴.

ეგვიპტურ კობალტიან მძივებზე ზემოთ გვექონდა ლაპარაკი, მაგრამ ჭერჭერობით ბევრი რამ კიდევ გაურკვეველია. დოქტორმა ბომმა უნეტციის სამარხებიდან (კელნის მახლობლად, ბოჰემია) და ოსტროვსკა ნოვა ვესიდან შეისწავლა ორი მცირე ზომის ფაიანსის მძივი, რომლებიც თავისი მუქი ლურჯი შეფერილობით მკვეთრად გამოირჩეოდა დანარჩენი მძივებისაგან. როგორც შემდგომი შესწავლით გამოირკვა ეს იყო მინისებრი ფაიანსის მძივები კობალტის მღებარით შეფერილი, კობალტის არსებობა სპექტრულადაც დადასტურდა³⁵. ამ მღებარის გამოყენებას დღესაც დიდი პრაქტიკუ-

³³ H o r a c e C. B e c k, Memoirs of the archeological survey of Undia, The from Taxila, 34.

³⁴ H. C. Beck, დასახ. ნაშრომი, 36.

³⁵ J. F. S. Stone, Z. C. Thomas, დასახ. ნაშრ., 55.

ლი მნიშვნელობა აქვს და მით უფრო მნიშვნელოვანია ადრეულ ხანაში, რადგან კობალტი ეგვიპტეში არ მოიპოვებოდა. ეს ორი მძივი ისევე შესაძლებელია წარმოშობილი იყოს სირიიდან ან კავკასიიდან, როგორც ეგვიპტიდან, თუმც მისი ფორმა ძლიერ გვაგონებს ეგვიპტურსო, დასძენს ავტორი³⁶.

თუ გადავხედავთ კობალტიანი მინების გავრცელებასა და რაოდენობას, დავინახავთ, რომ მისი უმრავლესობა ადრეულ პერიოდში ეგვიპტეზე, ხოლო უფრო გვიან ძვ. წ. VI საუკუნიდან კავკასიაზე, კერძოდ საქართველოზე მოდის.

ის გარემოება, რომ ასურულ ხელნაწერში სრულებით არაფერია ნათქვამი კობალტის გამოყენებაზე მინის წარმოებაში, კიდევ ერთხელ უსვამს ხაზს იმ გარემოებას, რომ VI საუკუნემდე არც აქ იცოდნენ კობალტის გამოყენების შესახებ მინის წარმოებაში. და თუ ამ პერიოდში, ან უფრო ადრე, კობალტი გვხვდება მინის შედგენილობაში მას უთუოდ შემთხვევითი ხასიათი უნდა ჰქონდეს.

ამის სასარგებლოდ ლაბარაკობს კარმირ-ბლურზე აღმოჩენილი მილაკისებური მძივიც, რომელიც წარმოადგენს სპილენძის პოლიმეტალური მადნის წიდას, რომელშიაც შედის კობალტიც. ცხადია, აქ კობალტი მხოლოდ მინარევს წარმოადგენს და „თიხის გუნდა“ რომელიც ჩვენის აზრით სხვა არა არის რა, თუ არა მინის, შესაფერად მომზადებული მინისებური მასა.

ის გარემოება, რომ უძველესი ბრინჯაოს ნივთები მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავენ კობალტს იმის მაუწყებელი უნდა იყოს, რომ აქაური მადნები შეიცავენ მას და ადვილი შესაძლებელია იყო ისეთი საბადოები, რომლებსგანაც გამომდნარი ლითონის წიდა სწორედ მინის შესაფერად იყო გამოსადეგი. ამას ემატება ის ფაქტიც, რომ არც ერთი კობალტის შემცველი მინა არ არის სპილენძის შემცველობის გარეშე (ცხრ. 4, 5).

მაშასადამე, კობალტიანი მინის მძივები არცთუ ხშირი მოვლენაა მინის ნაწარმისათვის ძვ. წ. VI საუკ.-მდე. კობალტიანი მინის ის ერთეული შემთხვევები, რომლებიც დღემდე აღრიცხულია მთელს მსოფლიოში ძვ. წ. XV საუკუნიდან, რამდენიმე ათეულს თუ აღწევს, მაშინ, როცა მინისა და სხვა მასიდან წარმოებული მძივების რაოდენობა რამდენიმე ათეულ ათასს.

უნდა აღინიშნოს აგრეთვე ის გარემოებაც, რომ კობალტის შემცველი მძივებიდან, რომლებიც აღიარებულია ასეთებად, ყვე-

³⁶ იქვე.

ლა კობალტიანი არ არის. ხშირ შემთხვევაში კი, როგორც ზემოთ იყო აღნიშული, შეცდომითაა დათარიღებული. სინამდვილეში ისინი, როგორც ჩანს უფრო გვიანი პერიოდისა იყო.

აღნიშნული გარემოება შეიძლება მასალის შეუსწავლებლობითაც იყოს გამოწვეული. უფრო მოგვიანო ნაშრომი, რომელიც ძვ. წ. II ათასწლეულის მესოპოტამიური მინების შესწავლას მიეძღვნა; დაწვრილებით არის განხილული მინის შედგენილობა³⁷. მთავარი მინის წარმომქმნელი ნივთიერებები Na_2O , CaO , SiO_2 , მეორეხარისხოვანი K_2O , MgO , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , MnO_2 , TiO_2 , შემფერავი ნივთიერებები CuO , CoO , Sb_2O_3 . სხვა ქანგეულებიდან, რომლებიც აღმოჩნდა მესოპოტამიურ მინაში მოტანილია PbO , SnO_2 , SrO , BaO , ZnO , Ag_2O , NiO და სხვ.

განსაკუთრებით საგულისხმოა ის გარემოება, რომ შემფერავი ელემენტებიდან ავტორს დასახელებული აქვს კობალტი. თუ მესოპოტამიური მინის შივიები შეიცავენ კობალტს, მაშინ გამორიცხული არ არის ისიც, რომ აქედან გაეტანათ იგი ეგვიპტეში. ცხადია, რომ მესოპოტამიას გაცილებით მეტი შესაძლებლობა ჰქონდა კობალტის მოპოვებისა, მით უმეტეს, რომ შუამდინარეთში მინა ცნობილი იყო არაუგვიანეს ძვ. წ. III ათასწლეულისა. რაც შეეხება კობალტიანი მინის მასიურ წარმოებას, ე. ი. ისეთ წარმოებას, როცა კობალტი, როგორც მღებარი შეგნებულად შეაქვთ მინის კაზმში იგი ძვ. წ. VI საუკუნის ბოლო პერიოდს უნდა განეკუთვნოს.

სპილენძითა და კობალტით მინების შეფერვა ისეთ სიძნელეებთან არ იყო დაკავშირებული, როგორც სხვა მღებარებით, მაგ., მანგანუმის, რკინის, სპილენძის ქანგისა და სხვ.

თუ განვიხილავთ კობალტითა და სპილენძით მინის შეფერვის ტექნოლოგიურ პროცესს, დავინახავთ, რომ კობალტით მინის შეფერვა ნაკლებ სიძნელეებთან არის დაკავშირებული. მაგ., კობალტის შენაერთები, რომლებიც გამოიყენება მინის შესაფერად, შესაძლებელია იყოს როგორც ორვალენტიანი, ისე სამვალენტიანი მდგომარეობაში. ორვალენტიანი კობალტის ქანგი, უკეთ რომ ვთქვათ კობალტის ქვეყანგი — ნაცრისფერი ფხვნილია, რომელსაც ახასიათებს არაჩვეულებრივი მდგრადობა. მოლურჯო ელფერის მისაცემად საკმარისია მისი რაოდენობა 0,002% -ს აღწევდეს. ღია ლურჯი ფერისათვის 0,1—0,5%. მინაში კობალტის თანაბრად გასანაწილებ-

• ³⁷ Robert H. Brill, Mesopotamian Glass vessels of second millennium B. C. Notes on the Origin of the technique, p. II, laborat Examination.

ლად მას სმალტის სახით ამზადებენ, წმინდად აფხვიერებენ და ისე შეაქვთ კაზმში ან გაზდნარ მინის მასაში. სმალტა ამ დროს შეიცავს 3—5% კობალტს. მინის წარმოებაში ხშირად იყენებენ კობალტის ქანგსაც, რომელიც 1150—1200°-ზე 90,4%-ის რაოდენობით გადადის კობალტის ქვეყანგში.

თანამედროვე მინის წარმოებაში იყენებენ კობალტის მადნებიდან მიღებულ საღებარებს კობალტის შპეისის $CoAs_2$ და კობალტის კრიალას $CoAsS$. ლურჯად ლებავს მინას აგრეთვე სპილენძის ქანგი და შაბაამანი. იმისდა მიხედვით, თუ როგორი შედგენილობისაა მინა, შესაძლებელია ქანგის სახით შეტანილი სპილენძი აღდგეს. ამ დროს ცისფერი შეფერვა ან წითელში, ან არაგამჭვირვალე მოშავოში გადავიდეს. სპილენძის ქვეყანგი, როგორც აღვნიშნეთ, მინაში არ იხსნება, ამიტომ იგი ახშობს მინას და ლუქისფერად ლებავს მას³⁸.

სასიამოვნო ლურჯი ფერისაა სპილენძის ქანგითა და კობალტით შეფერილი მინა, რადგან სპილენძის ქანგი უხვად შთანთქავს გრძელტალღიან წითელ სხივებს, რომელსაც ატარებს კობალტის ქვეყანგით ან ქანგით შეფერილი მინა. მხოლოდ კობალტით შეფერილი მინა მოიხსნება ლურჯი ფერისაა, მხოლოდ სპილენძით შეფერილი კი მომწვანო ცისფერი³⁹, ორივეს ერთდროული თანამყოფობისას კი მინა სასიამოვნო ლურჯ ფერს ღებულობს. რით აიხსნება ამ ორი მღებარე კომპონენტის ერთდროული თანამყოფობა ლურჯ მინაში მადნის თავისებურებით, თუ სასიამოვნო ლურჯი ფერის მინის მიღების ცდით ჯერჯერობით ძნელი სათქმელია.

ეგვიპტეში კობალტით შეფერილი მინა იშვიათობას წარმოადგენდა, ამას ისიც ამტკიცებს, რომ ძველ აღმოსავლეთთან უშუალოდ დაკავშირებული ძეგლებიდან არც ერთი არ შეიცავს კობალტს.

წინა აზიის გზით ნავკრატისის საგნები, კერძოდ ფუნაგორიები, მოხვედრილია რაჭაში (ლები, ბრილი), რომელთა მკრთალი ცისფერი შეფერვა მხოლოდ სპილენძითაა გამოწვეული.

ყოველივე ეს გვაფიქრებინებს, რომ კობალტიანი მინების წარმოების ცენტრი ეგვიპტესა და ირანში კი არ უნდა ყოფილიყო, არამედ კავკასიონის ქედის კალთებზე.

ამ მოსაზრების სასარგებლოდ ლაპარაკობს ის ფაქტიც, რომ ისეთი მძივები, როგორებიც ნაპოვნია ბრილში, ნავკრატისის ამუ-

³⁸ Л. М. Б у т т, В. В. П о л л я к, Технология стекла, М., 1960, 84.

³⁹ იქვე.

ლეტების გვერდით, არ მოიპოვება არც ირანში, არც თურქეთის ტერიტორიაზე და არც ჩრდილო შავიზღვისპირეთში.

ჩვენ დარწმუნებით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ წინა აზიის გზით შემოტანილი იმპორტის გვერდით არსებობდა აგრეთვე ადგილობრივი წარმოება, მხოლოდ კავკასიის სამხრეთ კალაუბისთვის დამახასიათებელი — კობალტიანი მძივებისა, რომელებიც განსაკუთრებული ფორმისა და შემკულობის მიხედვით სავსებით განსხვავდებიან სხვებისგან. ძვ. წ. III და ახ. წ. III სს-ში ძალზე გახშირდა კობალტით მინის შეფერვა, რაზედაც ლაპარაკობს როგორც ჩრდილო შავიზღვისპირეთის მუზეუმებში დაცული მასალა, ისე ჩრდილოკავკასიური კობალტიანი მძივები.

გარდა სპილენძითა და კობალტით შეფერილ ლურჯი მინისა გვხვდება ლურჯი მინა, რომელიც არ შეიცავს არც ერთი მათგანს. ამ შემთხვევაში მინის ლურჯი შეფერვა რკინის შენაერთებით არის გამოწვეული. ლუკასის აზრით⁴⁰, მინის ლურჯად შეფერვას სპილენძისა და კობალტის გარდა იწვევს რკინის შენაერთები, მაგ., მის მიერ შესწავლილ ეგვიპტის მინებიდან ძვ. წ. III—I სს. (ორი ნიმუში) და ახ. წ. VI ს. (ერთი ნიმუში) მინის ნიმუშების ლურჯი ფერი რკინის შენაერთებით არის გამოწვეული.

რკინის შენაერთების არსებობით ხსნის აგრეთვე მინის ლურჯ ფერს კიტაიგოროდსკი, მაგრამ აღნიშნავს, რომ ამისათვის საჭირო იქნებოდა მინის ხანგრძლივი დნობა დამყანგველ არეში³. ამ ხერხით მთელ რიგ ქარხნებში ამზადებდნენ ლურჯი ფერის სააფთიაქო მინას.

კობალტ შემცველ ლურჯ მინაში ხშირად გვხვდება აგრეთვე ანტიმონი და ტყვია. ეს გარემოება იმაზე მიუთითებს, რომ ამ შემთხვევაში ანტიმონი დამყანგავ კომპონენტად გვევლინება. როგორც ცნობილია, დაყანგული სპილენძის — სპილენძის ქანგის — შენაერთები მინის დნობის პროცესში შეიძლება აღდგნენ ერთვალენტთან სპილენძის შენაერთებად და დასახელი ლურჯი ფერის მინის მიღება არ მოხერხდეს. ანტიმონის თანაყოფობა ხელს უშლის აღდგენით პროცესებს კაზმში. ამგვარი შეხამება ამ კომპონენტებისა შემჩნეულია მთელი მსოფლიოს ლურჯ მინაში.

ურბნისის მინის რამდენიმე ნიმუში სპექტრალურად აღმოჩნდა ურანი: 1—58: 1904; 1—61: 3548; 1—61: 3357; 1—59: 2908; 1—62: 3877; 1—61: 3541 და სხვ. აღნიშული ნიმუშები, მცირე გა-

⁴⁰ А. Л у к а с, დასახ. ნაშრომი, 302.

მონაკლისის გარდა, ყველა იისფერია. არაიისფერი მინა კი მოყვითალო მწვანე ფერისაა და არაფრით არ განსხვავდება სხვა, რკინით შეფერილ მინის ნიმუშებისაგან. როგორც ჩანს, ურანი აქ ბუნებრივი მინარევი.

ერთ-ერთ ლურჯი მინის ნიმუშში მიკროსკოპიულად აღმოჩნდა კრისტალი, რომლისგანაც გადიოდა ლურჯი განფერება. პეტროგრაფიული გამოკვლევით კრისტალი პირიტად იქნა მიჩნეული. ანალოგიურ შემთხვევებს ვხვდებით რაჰის ლურჯ მინებშიც, რომლებიც ძვ. წ. V—III საუკ. თარიღდება.

მინის გაუფერულება

მინის გაუფერულება ერთ-ერთი მთავარი პროცესთაგანია მინის წარმოებაში. მთავარი მინისწარმომქმნელი კომპონენტი სილიციუმის ორჟანგი — ქვიშა, ყოველთვის შეიცავს მეტ-ნაკლები რაოდენობით მინარეგების სახით მანგანუმის, კალციუმის, ალუმინისა და რკინის ჟანგულებს, რომლებიც გამოდნობისას მინას მოლურჯო-მწვანე ფერს ანიჭებენ. სხვა შემფერავი ელემენტები, რომლებიც არასასურველად გვევლინება ძველ მინაში არ არის აღმოჩენილი.

ძველი მინა ხშირად შეგნებულადაა შეფერილი ან გაუფერულებული. იმ შემთხვევაში, როცა იგი უბრალოდაა გამოდნობილი და არავითარი წინასწარი დაწმენდა-დამუშავება არ განუცდია შავად გამოდნება. პლინიუსის თანახმად⁴¹, შავი მინა ძველად, პირველი გამოდნობისას მიიღებოდა. გამოკვლევებით დადგინდა, რომ რკინის ჟანგულები: ქვეჟანგი, ქვეჟანგ-ჟანგი და ჟანგი ქვიშებში ან ერთდროულად არსებობენ, ან ცალ-ცალკე. თუ მინა შეიცავს მარტო ქვეჟანგს, მაშინ იგი ინტენსიურ მომწვანო-ლურჯად ფერავს მინას. მხოლოდ რკინის ჟანგი ფერავს მას ყვითლად, ხოლო ორივე ერთად — მოყვითალო მწვანედ. მინის შეფერვის ეფექტზე მნიშვნელოვან გავლენას ახდენს მინის შედგენილობა. 0,4% -დან 1,07% -მდე რკინის ჟანგის შემცველობისას შემჩნეული იყო ლურჯი შეფერვა ცინკის შემცველ მინაში და ცისფერიდან მოლურჯო-მწვანემდე მაგნიუმის შემცველ მინაში. ალუმინის ჟანგის შემცველი მინა მომწვანო ფერს ღებულობს, ხოლო კალციუმის ჟანგის შემცველი მომწვანო ელფერს. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ რკინის

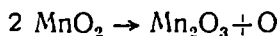
⁴¹ Гай Плинии Секунда, *დასახ. ნაშრომი*, 350.

ქვეყანგით გამოწვეული შეფერვის ინტენსივობა 20-ჯერ აღმატება რკინის ქანგით გამოწვეულ შეფერვას, რის გამოც მიმართავენ მის დაქანვას.

რკინის ქანგეულების არასასურველი ფერის მოსაცილებლად არსებობს რამდენიმე მეთოდი: ფიზიკური, ქიმიური და შერეული.

ფიზიკური მეთოდის არსი მდგომარეობს იმაში, რომ მინის მასაში შეაქვთ სხვა შემფერავი რეაგენტი, რომელიც გვევლინება დამატებით ფერად. იგი მინის არსებულ შეფერვას ემატება და მიიღება უფერული მინა. დამატებითი ფერებია წითელი და მწვანე, ყვითელი და მოლურჯო იისფერი და სხვ. ფიზიკური გაუფერულების შემთხვევაში იყენებენ მანგანუმის, ნიკელის, კობალტის ქანგებს და ელემენტარულ სელენს.

გაუფერულების ქიმიური მეთოდის დროს მინის კაზმში შეაქვთ ისეთი ნივთიერება, რომელიც გავლენას ახდენს ქანგვა-აღდგენის მეთოდებზე, რითაც აღწევენ გაუფერულებას მაგ.: მანგანუმის ორქანგი — პიროლუზიტი — იშლება ქანგად და ატომურ ქანგებად: პირველი აფერადებს, ხოლო მეორე აუფერულებს მინას:



მანგანუმის ქანგი მინას იისფრად ღებავს გვევლინება რა ერთდროულად დამატებით ფერად ყვითელი. ატომური ქანგბადით დაქანგული მინისათვის.

ცნობილია, რომ 1 კგ მინის რკინის ქანგეულებისაგან გასაუფერულებლად საკმარისია 1,5-დან 3,5 გ, ანუ 0,15—35% პიროლუზიტი. დღეისათვის ეს რაოდენობა სავსებით საკმარისია, რადგან რკინის ქანგის შემცველ ქვიშებს სათანადოდ ამუშავენ რკინის მოცილების მიზნით. ძველ დროში პიროლუზიტი გაცილებით მეტი იქნებოდა საჭირო.

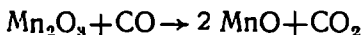
როგორც მრავალრიცხოვანი ანალიზებით დადასტურდა ძველი მინის გასაუფერულებლად უპირატესად მანგანუმის შენაერთებს, კერძოდ პიროლუზიტს იყენებდნენ. იშვიათ შემთხვევაში კი ანტიმონის ქანგს. ამ დასკვნამდე მაშინ მივიღივართ, როცა უფერული მინა რკინას და ანტიმონს მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეიცავს და სრულებით არ შეიცავს მანგანუმს. ანტიმონის ქანგის გამოყენება გასაუფერულებლად ჩვენს შემთხვევაში რამდენადმე საკმაოდ მიგვაჩნია, რადგან იგი ერთნაირად გვხვდება, როგორც ყვითელ, ისე ლურჯ და უფერულ მინაში. ვფიქრობთ, რომ ლურჯ მინაში იგი ფერის ფიქსაციისთვის არის შეტანილი, ყვითელში მი-

ნის ყვითლად შესაფერად, ხოლო უფერულში, ჩვენ მიერ შესწავლილ მასალაში. იგი დადგენილი არ არის. არც ის არის გამორიცხული, იგი მინის გამოსადნობად აღებული ქვიშების ბუნებრივი მინარევი იყოს.

მინის დნობის დროს გასაუფერულებლად მანგანუმის შეტანა ახ. წ. I საუკუნიდან იწყება. მანგანუმის მომეტებული რაოდენობა განსაკუთრებით სამთავროს მინაშია შემჩნეული. იგი 1,16—7,75 %-ის ფარგლებში იცვლება⁴².

მანგანუმით შეფერილ მინას ვხვდებით ჯერ კიდევ ძვ. წ. XV ს. მაგ., სამთავროს მძივები⁴³, ხოლო ძვ. წ. VI—III საუკ. იისფერი მინის სასიამოვნო გამას.

სასურველი შეფერვის მისაღებად გათვალისწინებული უნდა იქნეს როგორც შემფერავი ნივთიერების შედგენილობა, ასევე მინის სადნობი ლუმელის არე (დამქანგველი ან აღმდგენელი). ამ ორ ძირითად ფაქტორზეა დამოკიდებული მინის სასურველი ფერი. მაგ., მანგანუმის ქანგი ლუმელისა თუ ქურის დამქანგველ არეში უცვლელად რჩება და მინას იისფრად ფერავს, ხოლო აღმდგენელ არეში იგი აუფერულებს:



ამ შემთხვევაში მინა ყვითელი, ოდნავ ვარდისფერი, ან სავსებით უფერული ხდება.

მინის გაუფერულებას იმ შემთხვევაშიც აქვს ადგილი, როცა მანგანუმის ქანგი მაღალი ტემპერატურის გავლენით იშლება მანგანუმის ქვექანგად და ატომურქანგბადად.

უმრავლეს შემთხვევაში, მანგანუმის მნიშვნელოვანი რაოდენობით შეცულობისას ექვს არ იწვევს კაზმში მისი საგანგებო შეტანა — შეგნებული გამოყენება.

ღამხშობი

ღამხშობი ეს ისეთი არაორგანული ნივთიერებაა, რომელიც მინის მასაში არ იხსნება და მინას არაგამჭვირვალეს — დახშულს.

⁴² რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, სამთავროს სამაროვანზე მოპოვებული მინის ქურკლის ქიმიური შესწავლა, საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის „მოამბე“, ტ. XVIII—B, 1954, 269.

⁴³ რ. ბ ა ხ ტ ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, 24..

ხდის. დამხშობი ნივთიერებები შეაქვთ საგანგებოდ მინის მხატვრული შემკობის მიზნით.

დღესდღეობით მინის დასახშობად შეაქვთ ფტორის შენაერთები, კალციუმის ფოსფორმეაჟა მარილები, დარიშხანის მკაჟა, მაგნიუმის სილიკატი — ტალკი და სხვ. ამ ნივთიერებების საშუალებით მინა იძენს თვისებას გაფანტოს და აირეკლოს სხივი.

ძველი მინისა და მინის მაგვარი ნივთიერებების შესწავლისას დადგინდა დამხშობი ნივთიერებების არსებობა. ძვ. წ. XI—IX საუკ. მოქიქული კერამიკის ქიქურებში სამთავროდან, ხოლო უფრო ადრე ძვ. წ. III ათასწლეულის ურბნისის მძივებში. ეს მძივები, როგორც აღვნიშნეთ, წიდისა გამოდგა. მასში მოიპოვებოდა ყველა ის ელემენტი ქანგულის სახით. როგორცაე ვხვდებით სპილენძის წიღებში და რასაკვირველია, სპილენძის ქვეყანგიც, რომელიც ახშობს მინას და იწვევს მინის გაუმჟკირვალობას — დახშობას. დამხშობი ნივთიერებების გარდა მინის გაუმჟკირვალობას იწვევს მისი არასრულყოფილი ღნობა და დაწმენდა.

ძვ. წ. III ათასწლეულის მინა დამზადებულია დანაყილი კვარცისაგან მღნობი ნივთიერებების მინიმალური რაოდენობით და ა. შ.; ამიტომ ფორმიანი მძივების დამზადებისას ღნებოდა კვარცის წიბოები, სადაც წარმოიშობოდა კალიუმის, მაგნიუმის და ნატრიუმის სილიკატები.

მაღალი სიბლანტის მინების შემთხვევაში მინის დაწმენდა რნელი მისაღწევია. მინის მასას ცნელად ცილდება აირები, რომლებიც კაზმის ღნობის პროცესში წარმოიშვა.

მინის აირებისაგან დაწმენდა ხდება იმ ტემპერატურაზე, რომლის დროსაც აირის ბუშტულებს აქვთ მინის სიბლანტეზე მეტი ამწევი ძალა. ეს ხდება 1300—1400°-ზე. დიდი რაოდენობის ბუშტულების არსებობა ხელს უშლის სინათლის სხივების გასვლას მინაში და იგი ამის გამო არაგამჟკირვალე ხდება.

დახშვა და გაუმჟკირვალობა ორი სხვადასხვა მდგომარეობაა. დახშვა საგანგებო, წინასწარ განზრახული პროცესია, როცა მინის მასის ღნობის პროცესში, შეიძლება ფორმირებისას და გამობერვისას, დაემატოს ზემოჩამოთვლილი დამხშობი ნივთიერებები დეკორირების მიზნით. მინის მოზაიკის შესწავლამ დაგვანახვა, რომ მინის დამხშობი აქ კალის ქანგია. დახშობას მოზაიკურ მინაში მინის ქვად იმიტაციის მიზნით აწარმოებდნენ.

ჩვენი ღაკვირვებით განსაკუთრებით ხშირად მინის დახშობას

მიმართავდნენ მოზაიკური მინის წარმოებისას, აგრეთვე ძვ. წ. VI—III და ახალი წ. I—II სს-ის შემკული მძივების წარმოებისას.

III. II და I ათასწლეულის მინაში თითქმის ყველა ნიმუში გაუმკვირვალეა. თუ მივიღებთ მხედველობაში მინის ღნობის ტექნოლოგიურ პროცესს — გამოღნობის დაბალ ტემპერატურას, მინის მაღალ სიბლანტესა და კაზმის დაუწმენდაობას, აშკარა გახდება მათი გაუმკვირვალობის მიზეზი. ამას უნდა დაემატოს გაუთვალისწინებელი ქიმიური პროცესები, რომლებიც მიმდინარეობს გამღნარ მინაში და რომელიც მთლიანად დამოკიდებულია ღუმელის არეზე. მაგალითად, აღმდგენელ არეში ხდება მინის ცისტრად შეფერვისათვის შეტანილი სპილენძის ქანგის აღდგენა გაუმკვირ, დახშულ წითელ მინად, ან მანგანუმის ქანგის აღდგენა მანგანუმის ქვეყანვამდე: ამ დროს მინის იისფერი უფერულში გადადის. გარდა სპილენძის ქანგის აღდგენისა, შეიძლება თვით მინერალი კუპრიტი გამოყენებინათ მინის წითლად შესაფერად.

ზემოჩამოთვლილიდან გამომდინარეობს, რომ დამხშობად, ძირითადად, ძველი დროიდან გამოყენებული იყო: კალის ქანგი, სპილენძის ქვეყანგი, ანტიმონის სულფიდი და ტალკი.

P. A. БАХТАДЗЕ

НЕКОТОРЫЕ ВОПРОСЫ ТЕХНОЛОГИИ ДРЕВНЕГО СТЕКЛА

Резюме

В течение более чем 25 лет, в химико-реставрационной лаборатории Государственного музея Грузии проводится систематическое изучение древних археологических стекол, коллекции которых в музейных хранилищах исключительно богаты.

В Закавказье, в частности в Грузии, которая всегда находилась на оживленном перекрестке древних торгово-транзитных путей, осаждались на протяжении несколько десятков веков разнообразнейшие образцы стекол буквально со всех концов древнего мира. Именно поэтому исследованные материалы относятся не к одному какому либо периоду, или же к какому-либо отдельному производственному цен-

тру, а практически охватывают все без исключения этапы развития стеклоделания. Можно сказать, что результаты этих исследований отражают пути развития стеклоделия.

Все образцы археологических стекол исследовались в лаборатории микроскопически, петрографически (при необходимости), спектрографически и химическим количественным анализом (при достаточном количестве пробы). В результате исследования установлено, что в начале III тысячелетия до н. э. наряду с металлическими бусами и бусами из природных камней (кварц, опал, халцедон, сердолик, стеатит и др.) бытовали бусы из шлака металла и глазурованные бусы из минерала стеатита.

Впоследствии, в эпоху средней бронзы, бусы изготавливаются из толченого кварца с малой примесью натрия: содержащего плавня. Выплавка стекла не закончена из-за недостатка плавня и высокой температуры. Это стекло представляет непрозрачную массу с большим содержанием пузырьков.

Начиная с XV в до н. э., появляются бусы, изготовленные из настоящего стекла. Стекла эти $\text{Na}_2\text{O}-\text{CaO}-\text{SiO}_2$, но из-за плохого провара и большого количества плавней до нас дошли сильно выщелоченными. В хорошо сохранившихся экземплярах количество натрия достигает 16—20%. Наряду с настоящими стеклами еще встречаются бусы из толченого кварца и стеатита.

С этого времени начинается сознательное применение окрашивающих стекла веществ в виде оксидов металлов и минералов. Уже в эту эпоху встречаются стекла, окрашенные в красный цвет происходящий из окиси меди, в зеленый — соединениями железа, в желтый — соединениями сурьмы, в голубой — окисью меди и т. д.

Самым древним красителем, по нашим наблюдениям, можно считать двухвалентное соединение — окись меди. Об изготовлении этого красителя для стекла упоминается в Вавилонских табличках из глины датированных XVII в. до н. э. Для окраски стекла и глазурей в синий цвет применялся и кобальт. Как краситель для стекол, найденных на территории Грузии, кобальт замечен только в VI в. до н. э. (табл. 4). Ок-

рашенные кобальтом синие стекла в Египте бытуют с XV в. до н. э. Некоторые исследователи считают, что он мог распространиться с Восточного Средиземноморья, или из стран Передней Азии.

Привлекает внимание одновременное присутствие кобальта и меди во всех синих стеклах с XV в. до н. э. Трудно с определенностью, сказать, намеренно ли вносились эти красящие вещества вместе, или они являются примесью медной руды, шлак которой применялся для окрашивания стекол в древности. Конечно также не исключена возможность ее использования в виде медно-кобальтового минерала, или же отходов производства кобальтового минерала, или же отходов производства кобальтосодержащих полнметаллических руд. (табл. I — красители древнего стекла).

В раннеантичном периоде преобладают чистые тона голубого и зеленых цветов, что указывает на применение марганца как обесцвечивателя для удаления нежелательного цвета железа в стекле. Для устранения этого цвета в технике существует несколько методов: физический, химический и смешанный. В изучаемых нами стеклах можно проследить применение всех трех методов. Главным обесцвечивателем в древнем стекле является марганец. Содержание марганца в стеклах, найденных на территории Грузии, меняется в зависимости от возраста стекла (табл. 3).

В статье даны результаты изучения глушеного стекла. Глушители — это вещества неорганического происхождения, которые не растворяются в стекломассе и придают ей непрозрачность. Глушители вносятся намеренно для художественных целей. Посредством этих веществ стекло приобретает свойство рассеивать и отражать свет. Было установлено присутствие глушителей в ранних глазурях керамических сосудов из Самтавро IX в. до н. э.

Первым глушителем древнего стекла является двуокись олова, если не считать закись меди, которая ненамеренно попала в стекло (см. табл. 5).

В стеклах III—II—I тысячелетий до н. э. почти все образцы непрозрачны. Если принять во внимание технологический процесс выплавки стекла: низкую, температуру, не-

осветленность стекломассы; неочищенность шихты и т. д., то объяснимой становится их непрозрачность. К этому нужно добавить неподвижные химические процессы, происходящие в расплавленной стекломассе, всецело зависящие от среды печи. Напр., при восстановительной атмосфере печи происходит восстановление вносимой для окрашивания в голубой цвет растворимой в стекломассе окиси меди в непрозрачную красную закись, заглушающую стекло, или восстановление окиси марганца до закиси и др.

Из вышесказанного следует, что в стеклах изученных периодов в роли глушителя обнаружена главным образом двуокись олова, а также тальк, сульфид сурьмы и закись меди (табл. 2).

ცხრილი 1

ძველი მინის საღებარები

თარიღი	მინის ფერი	მღებარი
ძვ. წ. 3000—600	წითელი ყვითელი წითელი ცისფერი ყვითელი მომწვანო-ლურჯი მწვანე იისფერი შავი	$Cu_2O + Cu$ Sb_2S_3, S Cu_2O $CuO, CuO > Fe_2O_3$ Fe_2O_3, Sb_2S_3, S $FeO > Fe_2O_3$ $FeO < Fe_2O_3, CuO + Fe_2O_3$ Mn_2O_3 საღებარის გარემო
ძვ. წ. 600— ახ. წ. 400	წითელი ცისფერი ყვითელი მწვანე მომწვანო-ლურჯი ლურჯი ყვითელი ნარიჩისფერი ყავისფერი	Cu_2O CuO Fe_2O_3, Sb_2S_3 $FeO < Fe_2O_3, CuO + Fe_2O_3$ $Fe_2O_3 < FeO$ $CoO, CuO, CoO + CuO$ Ag_2O, Sb_2S_3, S, PbO $Cu_2O + Fe_2O_3, Pb_2Sb_2O_7$ $Fe_2O_3 + Mn_2O_3$
ახ. წ. 400— ახ. წ. 1200	იისფერი პურპურისებრ წითელი ცისფერი ლურჯი მომწვანო მოწითალო-ნარიჩისფერი ყვითელი	Mn_2E_3 $Su + Cu_2O$ CuO, CuO, CoO, FeO $CuO, CuO + CoO, FeO$ $Fe_2O_3 + CuO, FeO - Fe_2O_3$ $Cu_2O + Fe_2O_3, Pb_2Sb_2O_7$ $Pb_2Sb_2O_7, S, Ag_2O, PbO, Fe_2O_3$

ძველა მრნის დაზნობი ნეთურებეზე

თარიღი	მრნის ფერი	ბენებრივი	ხელოვნური
ძვ. წ. 3000—1500	წითელი თეთრი ნარინჯისფერი	Cu_2O ტალკი $Sb_2O_3, Cu_2O + Fe_2O_3$	— — —
ძვ. წ. 1500—600 წწ.	წითელი თეთრი	Cu_2O ტალკი, SnO_2	SnO_2
ძვ. წ. 600—ახ. წ. 400	თეთრი წითელი	SnO_2	SnO_2 Cu_2O
ძვ. წ. 400— ახ. წ. 1200	თეთრი უფოთელი ცისფერი		SnO_2 $Sb_2S_3 + Fe_2O_3$ $CuO + SnO$

ვავაბტრის მინებისა და კრქერების სპექტრული

№ როგ.	ნეთის დასახელება	ნეთის აღ- მოჩენის აღვლილი და წელი	ნეთის №	Si	Al	Mg	Ca	Fe
1	უშებტი	ვავაბტე	სსსმ 1163		1	1—2	5—6	~ 0.5
2	"	"	" 671		0.5	1—2	~ 1	0.2
3	"	"	" 6674		0.5	1—2	> 3	0.1
4	" ძირითადი მასა	"	" 1172		1.2	1—2	5—6	0.2
	" კრქერი	"	" 1172		1.0	1—2	1—2	0.2
5	"	"	" 1161		1.3	~ 3	> 7	0.2
6	" მპუ	"	" 709		1.0	~ 3	4—5	0.2
7	მპივ	"	" 1148		1.2	~ 3	6—7	~ 0.5
8	"	"	" 1102		1.2	~ 5	> 7	< 0.5
9	უშებტი, შავით მოხ-ლი	"	" 668		1.2	2—3	> 7	0.2
10	" ძირითადი მასა	"	ერმიტაჟი 7192		~ 1	1—2	1—3	0.3
	" კრქერი ცისფერი	"	" 7192		~ 1	1—2	2—4	0.3
11	მძოვი მოქექელი	"	" 2685		0.5	1—2	1—2	0.3
12	უშებტი კრქერი	"	" 7191		1	~ 2	2—4	0.3
13	"	"	" 2666		0.5	1—2	5	0.2
14	ფაიანსის ფრაგმენტი	"	" 2398		0.5	1—2	5	0.2
15	მპივ	"	" 2402		0.5	2—3	1—2	0.2
16	" მოლაცისებური	"	"		1	1—2	5—6	0.3
17	უშებტი კრქერი	"	"		0.5	1—2	> 0.002	0.5
18	მძოვი კრქერი	"	"		0.5	1—2	> 0.002	0.5

ძველი მინის გამაუფერებლები

თარიღი	გამაუფერებელი
ძვ. წ. 3000—1500	—
ძვ. წ. 1500—600	—
ძვ. წ. 600—ახ. წ. 400	MnO ₂
ძვ. წ. 400—1200	MnO ₂

ანალიზის შედეგები პროცენტობით

Mn	Ni	Co	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Sn	Na	K	P
0.4	0.001	—	—	—	~ 1.0	0.6	—	—	—	—	—	0.6	5—7	—	33
0.002	0,03	—	—	—	0.5	0.002	—	—	—	—	—	0.03	5	—	33
0,002	—	—	—	—	0,47	0,003	—	—	—	—	—	0,001	5	—	33
0.01	0,001	—	—	—	~ 1.2	0,002	—	0,001	—	—	—	0,04	5	—	33
0,02	0,001	—	—	—	~ 1,2	0,03	—	0,0015	—	—	—	0,05	5	—	33
0.4	0,001	—	—	—	~ 1,1	0,04	—	0,001	—	—	—	0,70	15	—	33
0,02	0,001	—	—	—	1,1	0,001	—	—	—	—	—	0,75	10	—	33
ს,96	0,001	0,25	—	—	0,45	0,002	—	0,003	—	—	—	0,002	12	—	33
0,39	0,6	0,16	—	—	0,58	0,001	—	0,04	—	—	—	0,05	15	—	—
0.40	0,001	0,10	—	—	0,72	0,002	—	0,001	—	—	—	0,04	15	—	—
0,015	—	—	—	—	~0,9	0,002	—	—	—	—	—	0,001	~10	—	0,001
0,015	0,0005	—	—	—	~0,4	0,003	—	—	—	—	—	0,4	~10	—	0,001
0,001	0,0005	—	—	—	~0,3	0,002	—	—	—	—	—	0,002	~10	—	—
0,01	0,001	—	—	—	~0,3	0,5	—	—	—	—	—	0,001	~10	—	0,0015
0,004	—	—	—	—	~0,45	0,3	—	0,001	—	—	—	0,01	5—7	—	—
0,005	—	—	—	—	~0,40	0,40	—	0,001	—	—	—	0,01	5—7	—	—
0,004	—	—	—	—	~0,37	2,00	—	—	—	—	—	0,2	5—7	—	0,0015
0,02	—	—	—	—	~0,30	0,601	—	—	—	—	—	0,02	5—7	—	0,0015
0,02	—	—	—	—	ს.35	0,001	—	—	—	—	—	0,1	5—7	—	0,001
0,02	—	10	—	—	0,35	0,601	—	—	—	—	—	0,1	5—7	—	0,0015

კარმირ-ბლურის მძიეების სპექტრული

საბ. №	ნეთის დასახელება	ნეთის აღმოჩენის ადგილი და წელი	ნეთის №	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Mn	Ni
1	მძიეი მილაისებური	კარმირ-ბლური			<1,2	0,02	2-3	>0,13	>0,001	0,01
2	მძიეი მრგვალი	კარმირ-ბლური		c	~1,0	0,1	4-5	"	0,006	0,01
3	მძიეი მრგვალი	კარმირ-ბლური		e	1,3	0,09	<2-3	"	0,006	0,007
4	მძიეი მრგვალი	კარმირ-ბლური		"	1,15	0,095	<2-3	"	>0,004	0,001
5	მძიეი მრგვალი	კარმირ-ბლური		6						
				c	<1,0	0,15	<2-3	ჰ	ჰ	0,005
6	მძიეი მრგვალი	კარმირ-ბლური		ფ	<1,0	0,15	<2-3	"	ჰ	0,01
7	მძიეი ელიფსური	კარმირ-ბლური		ა	1,0	3,1	<2-3	ჰ	"	0,005
8	მძიეი ბიკონუსური	კარმირ-ბლური			0,01	0,001	1,5	"	—	0,02
9	მძიეი სამკიბიანი	კარმირ-ბლური			<0,5	0,15	<2,1	"	0,13	ჰ
10	წილას "ბუნდა"			68,70	0,8	>10	~10	~1	0,035	0,01

ანალიზის შედეგები პროცენტობით

Co	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Sc	Sn	Na	K	P
0.09	—	—	0,75	0,0015	0,01	—	—	—	—	0,015	0,01	0,01	—
—	0,01	—	0,81	0,0015	0,01	—	—	—	—	0,020	<14	0,06	—
—	"	—	0,91	0,002	0,01	—	—	—	—	0,01	~15	>0,6	—
—	"	—	0,80	0,003	0,08	—	—	—	—	<0,02	~15	>0,6	—
—	"	—	0,74	1,12	0,01	—	—	—	—	0,004	<14	0,03	0,03
—	"	—	0,65	0,001	"	—	—	—	—	0,003	<14	0,02	—
—	—	—	0,48	33	"	—	—	—	—	0,004	0,008	0,03	~0,8
—	0,01	0,001	33	—	—	—	—	—	—	—	0,07	—	—
—	0,001	—	0,02	0,03	არა	0,003	—	—	—	0,004	0,04	0,09	0,7
0,0092	0,001	0,0015	9,5	0,2	—	0,01	—	~0,2	—	0,001	—	—	—

ნათელა იაშვილი

არქეოლოგიური ხის კონსერვაცია ახალი სილიციუმორგანული კოლიმიკაბის ემულსიებით

ადამიანმა ხის გამოყენება უძველესი დროიდან დაიწყო. ხისაგან ამზადებდნენ—იარაღს, საოჯახო ნივთებს, სამკაულებს, მუსიკალურ საკრავებს: აგებდნენ ნაგებებს, გემებს, ხიდებს, საცხოვრებელ სახლებსა და ა. შ. არქეოლოგების მიერ ნაპოვნი ეს ნაგებობები და საყოფაცხოვრებო საგნები დიდ ისტორიულ ღირებულებას წარმოადგენენ და მათი კონსერვაცია დიდმნიშვნელოვანი საქმეა.

არქეოლოგიური ხე ნიადაგში ყოფნისას განიცდის დიდ ცვლილებას. ამ ცვლილების მიზეზები მეტად მრავალფეროვანია. ნიადაგში ხდება მერქნის შედგენილობაში მყოფი ორგანული ნივთიერებების (ნახშირწყლების, თრიმლავი ნივთიერებების, ცხიმებისა და სხვათა) ნაწილობრივი დაჟანგვა და ჰიდროლიზი წყლის. ჰაერის, ქანგბადისა და მიკროორგანიზმების გავლენით და აგრეთვე ნიადაგის მქავე და ტუტე რეაქციებით.

არქეოლოგიური მონაპოვრის მერქნის ინტენსიური დაშლის საწყის მომენტად შეიძლება ჩაითვალოს საგნის შეხება ნიადაგის ზედაპირულ ფენასთან. ამ მომენტიდან მერქანზე ძალიან ინტენსიურად მოქმედებს ატმოსფერული ნალექები, ტემპერატურის ცვალებადობა, ხისდამშლელი მიკროორგანიზმები და სხვ.

საგანი დროთა განმავლობაში აღმოჩნდება დამარხული კულტურულ ფენაში, ხოლო რვა-ცხრა საუკუნის შემდეგ იგი შეიძლება ჩაიმარხოს რამდენიმე მეტრის სიღრმეზე. თუ ამ ადგილას არ იმყოფება ნიადაგქვეშა გრუნტის წყლები, ნიადაგის ტენიანობა მაკონსერვებელ მოქმედებას ახდენს მერქანზე და ანელებს დეგრადაციის სიჩქარეს. მიუხედავად ამისა მერქნის დაშლის პროცესი მიმდინარეობს, წყლის ზემოქმედების გამო, მერქანი გაჯირჯებულ მდგომარეობაშია, რის შედეგადაც ხდება პოლისახარიდების გახსნა და ჰიდროლიზი. ამრიგად მერქანი, როგორც ორგანული ბუნების

მკონე პროდუქტი ნიადაგში ყოფნისას ძალიან იცვლება. მუქი ფერი, სიმტკიცისა და სიმკვრივის შემცირება, ძალიან მაღალი წყლის-შთანთქმა და კუმშვადობა განპირობებულა იმით, რომ მერქნის ქიმიური შედგენილობა და მერქნის მიკროსტრუქტურა განიცდის მნიშვნელოვან ცვლილებას, მერქნის დაშლის ხარისხი და მისი წყლის შემცველობა ბევრ ფაქტორზეა დამოკიდებული, კერძოდ ხის ბუნებაზე, მისი ნიადაგში ყოფნის ხანგრძლივობაზე, ნიადაგის წყლის შემცველობაზე და სხვა.

არქეოლოგიური ხე, რომელიც ხანგრძლივად იმყოფებოდა ტენიან ტორფოვან ნიადაგში, ხშირად ინარჩუნებს თავის ფორმას და ზომებს მხოლოდ იმის გამო, რომ მერქნის დასუსტებული და ნახევრად დაშლილი უჯრედები გაჯერებულია წყლით. ნიადაგიდან არქეოლოგიური ხის ნივთის ამოღების შემდეგ, მერქნის ფორებში მყოფი წყალი ორთქლდება, უჯრედის კედლები იკუმშება და საგანი დეფორმირდება (მცირდება მოცულობაში) და სკდება. ეს აიხსნება იმით, ნიადაგში ხის ყოფნის დროს ხდება უჯრედის კედლის ცელულოზური კომპონენტების თანდათანობითი დაშლა და ხის მექანიკური სიმტკიცის დაქვეითება.

ხის გაშრობისას, საწამ მის ფორებში რჩება 25—30% წყალი, ხე ინარჩუნებს თავის ფორმას და მოცულობას, ხოლო მისი შემდგომი გაშრობისას, იმ წერტილის შემდეგ, რომელიც შეესაბამება ადსორბირებული წყლის გაჯერების წერტილს, უჯრედის კედლებში ხდება მნიშვნელოვანი ცვლილებები და ჩნდება ბზარები. წყლის აორთქლებისას მერქნის ზედაპირული დაქიმულობა მოქმედებს სუსტ უჯრედებზე. რომელიც იწვევს მერქნის დაშლას.

ვიდრე დავიწყებდეთ ხის კონსერვაციას, საჭიროა მისი დეზინფექცია-დეზინსექცია ანტისეპტიკებით. ათუ არქეოლოგიური ხე დროთა განმავლობაში გამუქებულია. მისი გათეთრება შეიძლება 3%-იანი წყალბადის ზეჟანგის ხსნარით. რაც საშუალებას გვაძლევს დავუბრუნოთ მერქანს თავისი ფერი.

ჩვენს ლაბორატორიაში საქ. მეც. აკადემიის სამთო მექანიკის ინსტიტუტიდან გამოგზავნილ იყო ზემო რაჭის ძველი სამთო-მეტალურგული კერების შესწავლისას ნაპოვნი მაღაროს ხის სამაგრების 11 ნიმუში მერქნის სტაბილიზაციის მიზნით.

მერქნის ანატომიური და მიკროქიმიური ანალიზი ჩატარდა ბოტანიკის ინსტიტუტის აკადემიკოს ლ. ჯაფარიძის სახელობის მცენარეთა ანატომიისა და ფიზიოლოგიის განყოფილებაში, რომელიც შეასრულა განყოფილების უფროსმა მეცნიერ თანამშრომელ-

მა ბიოლოგიის მეცნიერებათა დოქტორმა, პროფესორმა თ. კეზელმა და ცნობები მოგვაწოდა, რისთვისაც დიდ მადლობას მოვახსენებთ.

ამ ნიმუშების ანატომიური და მიკროქიმიური ანალიზის შედეგად გაირკვა, რომ რვა ნიმუში არის წიფელი—*Бук—Fagus*. ანატომიური აღნაგობის შედარებისას ჩვენში გავრცელებულ წიფელის *Fagus orientalis* Sipsky-ს მერქანთან დადგინდა, რომ ისინი სრულიად იდენტულები არიან. მერქანი მკვრივი აღნაგობისაა, მისი ძირითადი მასალა, რომელშიც მრავალრიცხოვანი ქურჭლებია გაბნეული, ტრაქეიდებისა და ლიბრიფორმისაგან შედგება. რადიალური (გულგულის) სხივები ძირითადად ერთ, ან ორშრიანია. ხშირია მრავალშრიანი ფართო სხივებიც, ე. წ. «ერუსხივები», რომლებიც განსაკუთრებით კარგად შეიმჩნევა მერქნის სიგრძივ-ტანგენტალურ განაკვეთზე.

ანალიზის შედეგად ისიც გაირკვა, რომ ორი ნიმუში შემოდგომაზე მოკრილი ხის მერქანია. ამას ადასტურებს რადიალურ სხივებში უხვად დარჩენილი შიგთავსი, რაც კოაგულირებულია წვეთების სახით და კარგად ჩანს მერქნის სიგრძივ-რადიალურ განაკვეთზე და განსხვავდება ადრე გაზაფხულზე მოკრილი ხის მერქნისაგან, რომლის რადიალური სხივების უჭრედები შიგთავსისაგან თავისუფალია და მერქანიც უფრო მტკიცეა.

ორი ნიმუში არის ურთხელი—წითელი ხე—*Тисс-Нернойдерво—Taxus baccata*. ამ მცენარისათვის დამახასიათებელი აღნაგობით მთავარი დიაგნოსტიკური ნიშანია ის, რომ მას ფისის სავალები არა აქვს. მის ტრაქეიდებს სქელი გარსი აქვს სპირალური გასქელებით, რის გამოც მერქანი მაგარია, ძალიან ძნელად ზიანდება და ძნელადვე ლპება (*Нернойдерво*), აქვს ლამაზი წითელი ფერი, აქედან მისი საწარმოო სახელწოდება—«წითელი ხე». ძირითადად იხმარება ავეჯის დასამზადებლად.

ლიტერატურული წყაროებიდან და ნამარხების შესწავლიდან ირკვევა, რომ ურთხელი რუსეთის მერქანმწარმოებლების მიერ ფართოდ იხმარებოდა ავეჯისა და სხვადასხვა ნივთების დასამზადებლად X—XII საუკუნეებში. საქართველოში კი გაცილებით ადრე — ბრინჯაოს ხანაში. ამის უტყუარი საბუთი გვაქვს ბ. კუფტინის გამოკვლევებში (წალკის ნამარხები, რომლებიც აკადემიკოსმა ლ. ჯაფარიძემ შეისწავლა).

ორივე ნიმუშის განივგანაკვეთზე კარგად შეიმჩნევა ადრეული, ე. წ. გაზაფხულის, შედარებით თხელგარსიანი და გვიანი, შემო-

დგომის, გაცილებით სქელგარსიანი უჯრედები (ტრაქეიდები, წიწვანებს ჭურჭლები არა აქვთ წყალგამტარ როლს ტრაქეიდები ასრულებენ), რომელთა მიჯნაც წლიურ რგოლს გამოხატავს, ურთხელისათვის დამახასიათებელია ის, რომ მისი ტრაქეიდების გარსი სპირალურად არის გასქელებული. /ეს Taxaceae-ების ერთ-ერთი დიაგნოსტიკური ნიშანია, რაც განსაკუთრებით ჩანს სიგრძივ-რადიალურ განაკვეთზე რომელიც აგრეთვე დაგვიდასტურა ურთხელის 15-წლიანი ტოტის სიგრძივ-რადიალურმა განაკვეთმა.

ერთი ნიმუში არის თელა—Ильм-Берест-Вязь-Карагай—Ulmus. ამ გვარისათვის დამახასიათებელი რგოლურჭურჭლიანი მერქნით ჭურჭლები ორგვარია: მსხვილი—ადრეულა გაზაფხულისა და წვრილი, გვიანა—ზაფხულს შემოდგომის. მსხვილი ჭურჭლები ჩვეულებრივად ერთ ან ორრიგად არის გაწყობილი. წვრილი ჭურჭლები კი შეჯგუფულია და ასე ჯგუფებადაა გაბნეული მერქანში, ჰქმნის ერთგვარ ჯაჭვებს, ზოგჯერ კუნძულებს მერქნის ტრაქეიდებისა და ლიბრიფორმის მტკიცე ქსოვილში. /

ეს გვარი 30-მდე სახეობას შეიცავს, რომელთაგან ჩვენში გავრცელებულია *Ulmus scabra* და *Ulmus elliptica* (ორივე სახეობა აღინიშნება როგორც თელა), რომლებიც გვხვდება როგორც მთავარ, ისე მცირეკავასიონის ტყიან კალთებზე.

ნიადაგში მყოფი მერქნის დაშლის მიზეზები მრავალგვარია. მაგალითად, ნიადაგის წყლის მოქმედებით და მისი მკავე ან ტუტე ბუნებით ხდება მერქანში შემავალი ორგანული ნივთიერებების ნაწილობრივი დაჟანგვა და ჰიდროლიზი. ნიადაგის მიკროფლორა მერქნის დაშლის ძირითადი ფაქტორია. სხვადასხვა სახის მიკროორგანიზმების დამშლელი მოქმედების შედეგად, როგორც ამაზე ბევრი მკვლევარი მიგვითითებს, მიმდინარეობს ჰემოცელულოზის, ცელულოზისა და შედარებით ნაკლებად ლიგნინის სტადიებად მიმდინარე და კომპლექსური დაშლის პროცესი.

არქეოლოგიური ხის მონაცემების გაანალიზების შედეგად მივედით იმ დასკვნამდე, რომ ხის დაშლის ხარისხი ყველაზე სრულად გამოსახავს სიმკვრივის ცვალებადობას. /

არქეოლოგიური მერქნის დაშლის ხარისხის გამოსახატავად შემოღებულია დეგრადაციის ხარისხი, რომელიც განისაზღვრება, როგორც სალი თანამედროვე და არქეოლოგიური მერქნის სიმკვრივეების სხვაობის შეფარდება (პროცენტობით) თანამედროვე მერქნის სიმკვრივესთან აბსოლუტურად მშრალ მდგომარეობაში. /

ცდების შედეგად გაირკვა, რომ მაღალი ხარისხის დეგრადაციის

მქონე მერქანი გაშრობის შემდეგ ძლიერ იპრესება და გვაძლევს ჰემოარითი სიმკვრივისა და დეგრადაციის ხარისხის გაზრდილ მნიშვნელობას, რაც არ შეესაბამება მის სხვა ფიზიკურ მონაცემებს.

იმისათვის, რომ უფრო სრულად და რეალურად დაგვეხასიათებინა ჩვენი არქეოლოგიური ხის (წიფელის) დეგრადაციის ხარისხი, განვიხილეთ მისი ურთიერთკავშირი სხვადასხვა ხარისხით დაშლილ არქეოლოგიური მერქნის პირობით და ჰემოარით სიმკვრივეებთან.

სიმკვრივესა და დეგრადაციის ხარისხს შორის კავშირი ძალიან დიდია. კორელაციის კოეფიციენტი $R=0,996 \pm 0,04$. განტოლებას, რომელიც აკავშირებს ჰემოარით სიმკვრივესა და დეგრადაციის ხარისხს, შემდეგი სახე აქვს.

$$S = 115,05 - 245,9 P \text{ პირ}$$

$$P = 0,4534 - 0,0037 S$$

S — არქეოლოგიური ხის დეგრადაციის ხარისხი.

ძალიან კარგი დამოკიდებულებაა აღმოჩენილი მერქნის მაქსიმალურ წყლის შემცველობასა და მის პირობით სიმკვრივეს შორის. სიმკვრივის შემცირებასთან ერთად წყლის შემცველობა იზრდება. შემცირება განსაკუთრებით ინტენსიურია 0,25 გ/სმ³-ის მქონე სიმკვრივის ქვევით. ეს მოვლენა შეიძლება აიხსნას მერქნის უჯრედის კედლის დაშლით და მისი შემადგენელი კომპონენტების წყლის შთანთქმის უნარის გაზრდით.

ჩვენ მიერ შესწავლილი არქეოლოგიური მერქნის შესწავლისას გამოირკვა, რომ სიმკვრივე კლებულობს 0-დან 85 %-მდე მერქანთან შედარებით.

არქეოლოგიური ხის სიმაგრის დამახასიათებლად შემოღებულ იქნა მერქნის დეგრადაციის ოთხი ხარისხი 1) სიმკვრივის შემცირება 0-დან 20 %-მდე; 2) 20, 1 %-დან 40 %-მდე; 3) 40, 1 %-დან 60 %-მდე; 4) 60, 1 %-დან უფრო ზევით.

ცდების შედეგად გამოირკვა, რომ არქეოლოგიური მერქნის სიმკვრივის 50 %-ით შემცირებისას ნიმუშის სიმაგრე უმნიშვნელოდ მცირდება. მესამე ხარისხის დეგრადაციიდან მეოთხე ხარისხში გადასვლისას სიმაგრე მკვეთრად კლებულობს.

არქეოლოგიური ხის ნივთებისა და ნაკეთობების უმეტესი ნაწილი ნიადაგიდან ამოღებისას მაქსიმალურადაა გაქვნილი წყლით. აორთქლებასთან დაკავშირებული მერქნის თვისებების ცვლილების შესწავლა გვეხმარება გამოვარკვიოთ არქეოლოგიური ხის დეფორმაციისა და დაგრების მიზეზი და საშუალებას მოგვ-

ცემს სწორედ მივუდგეთ მერქნის დაშუშავებისა და გამაგრების პრობლემას.

ორგანული წარმოების არქეოლოგიური ექსპონატების
კონსერვაცია გამკვირვალე კოლიფრაბიტ

უკანასკნელი ორი ათეული წლის განმავლობაში სილიციუმორგანულმა ნაერთებმა დიდი ყურადღება მიიპყრეს ისეთი პოლიმერების სინთეზის გამო, რომელთა ძირითადი ჯაჭვი აგებულია სილიციუმისა და ქანგბადის ატომებისაგან. ამ პოლიმერების ე. წ. პოლისილოქსანების ან სილიკონების ძვირფასმა ტექნიკურმა თვისებებმა შესაძლებელი გახადა, რომ სილიციუმორგანულ ნაერთთა ქიმია ჩამოყალიბებულიყო, როგორც სინთეზის დამოუკიდებელი დარგი. ეს დარგი წარმოიშვა 1946 წელს, ხოლო 1958 წლისათვის სილიციუმორგანული პოლიმერების პროდუქციის მოცულობამ მიაღწია ათეულ ათას ტონას. ამჟამად სახალხო მეურნეობისა და კულტურის მრავალ დარგში პოლიორგანოსილოქსანებს იყენებენ სხვადასხვა მიზნებისათვის როგორც თხევად მდგომარეობაში, ისე კაუჩუკის ან ფისის სახით.

ტექნიკის მზარდი მოთხოვნების გამო აუცილებელი შეიქნა მოეძებნათ ისეთი პოლიმერების სინთეზის გზები, რომელთა ტემპერატურული ზღვრები იქნებოდნენ 40°-დან 600°-მდე და ამ ზღვრებში პოლიმერი შეინარჩუნებდა ისეთ თვისებებს, როგორცაა ელასტიკურობა, წყლისადმი მდგრადობა, კარგი მექანიკური თვისებები და ა. შ.

ფართო ტემპერატურული დიაპაზონი, რომელშიც სილიციუმორგანული პოლიმერები ინარჩუნებენ თავის ფიზიკურ თვისებებს, სხვა ღირსშესანიშნავ თვისებებთან ერთად, საშუალებას გვაძლევს გამოვიყენოთ ისინი მეცნიერების. ტექნიკისა და კულტურის სხვადასხვა დარგში. სილიციუმორგანული პოლიმერის ტემპერატურისადმი დიდი მდგრადობა საშუალებას გვაძლევს შევქმნათ მაღალი თერმომდგრადი ფისები.

არქეოლოგიური ხის კონსერვაცია

გამკვირვალე პოლიმერების მაკონსერვებელი თვისების შესასწავლად გამოიცადა შემდეგი სილიციუმორგანული მაღალმოლეკულური ნაერთები: პოლიმეთილსილოქსანი, პოლიამინოჰიდროსილო-

ქსანი, პოლიციკლოსილოქსანი და ორგანული პოლიმერები: TH—30 სტიროლური და TH—71 უსტიროლო.

ხის გამაგრების პრობლემა შეიცავს ორ ფაქტორს: 1 — წყლის დიდი ნაწილის აქტიური გამოდევნება მერქნის ფორებიდან მისი სტრუქტურის დაუშლელად და 2 — მშრალი ხის მუდმივი სტაბილიზაცია.

ხის გამაგრების ერთ-ერთი ხერხი, მერქნის უჯრედების კედლების დაუშლელად, არის ბრონსენენ-კრისტენენის მიერ მოწოდებული მეთოდი, რომლის დროსაც მერქნის ფორებში ხდება წყლის შეცვლა ისეთი ზედაპირული დაქიმილობის მქონე სითხით, რომლის აორთქლება არ იწვევს სტრუქტურის დაშლას. გამშრალი ხის კონსერვაცია წარმოებს სხვადასხვა პოლიმერებით.

საექსპერიმენტოდ აღებულ იქნა ძველი წელთაღრიცხვის XV საუკუნის განათხარი ხე და შესწავლილ იქნა მისი ქიმიური ანალიზი. ანალიზის შედეგად გამოიკვეა, რომ ეს არქეოლოგიური მერქანი შედგება ცელულოზისა და ლიგნინისაგან. არქეოლოგიური ხის მშრალი ქსოვილი შედგება სამი მეოთხედი ლიგნინისაგან, რაც იმას ნიშნავს, რომ პრაქტიკულად პირველადი ლიგნინი არ დაკარგულა. 90% პენტოზანებისა და 95% ცელულოზური მასალა დაშლილია. დარჩენილი ცელულოზური მასალა ძლიერ დაშლილია. ამ არქეოლოგიური ხისაგან მომზადდა 4 სმ სიგრძისა და 3 სმ სიგანის მქონე კუბები, რომლის პოლიმერით დამუშავებისას შესწავლილ იქნა საცდელი პოლიმერების მკონსერვებელი თვისებები.

საცდელი ხის კუბები მოთავსებულ იქნა ჭურჭელში, რომელშიც შემდეგ დასხმული იქნა პოლიმერის ემულსია. ეს ჭურჭელი საცდელი ხით მოთავსებულ იქნა ვაკუუმკარადაში 40—80 მმ ვერცხლისწყლის სვეტის წნევის ქვეშ 30 წუთის განმავლობაში. შემდეგ ვაკუუმში მოხსნეს და კუბები დატოვეს ამ სითხეში 1 საათის განმავლობაში. ასეთი ციკლი პერიოდულად მეორდებოდა დღე-ღამის განმავლობაში 6-ჯერ. როდესაც უკვე არქეოლოგიური ხის ნივთის გაუღენტვას ვაწარმოებდით ეს ციკლი მეორდებოდა 3—10 დღის განმავლობაში ნივთის ზომის მიხედვით. ჩვეულებრივ, ხის ნაკეთობა ლამაზობით ემულსიაში რჩებოდა.

გაუღენტვის შემდეგ არქეოლოგიურ ხეს ამოიღებდნენ ხოლმე ჭურჭლიდან და ზედაპირის გაწმენდის შემდეგ ათავსებდნენ საშრობკარადაში. აქ ტემპერატურა თანდათანობით იზრდებოდა 30°C. ამ ცდის ჩატარებისას აუცილებელია თვალყურის გადევნება ხის ნაკე-

თობის ზედაპირზე, საცდელი ნიმუშები დაბრუნებულ უნდა იქნას ემულსიაში და ციკლი 2—3-ჯერ უნდა განმეორდეს.

თუ ხის ნაკეთობის ზედაპირზე დასკდომა არ შეიმჩნევა ერთი დღე-ღამის შემდეგ ტემპერატურა 50 C-ზე უნდა იქნას აწეული. თუ ბზარები კიდევ არ გაჩნდება ორი დღე-ღამის შემდეგ ტემპერატურა უნდა აიწიოს 70 C-მდე, შემდეგ 90° და ბოლოს 100° C-მდე 12 საათის დამუშავების შემდეგ პოლიმეთილსილოქსანური პოლიმერის ემულსია იწყებს გამყარებას. ხის ნაკეთობა ხდება მტკიცე და ტენიანობის შემდგომი მერყეობა ხის ნავთს ვერ უცვლის ვერც ფორმას და ვერც ზომებს.

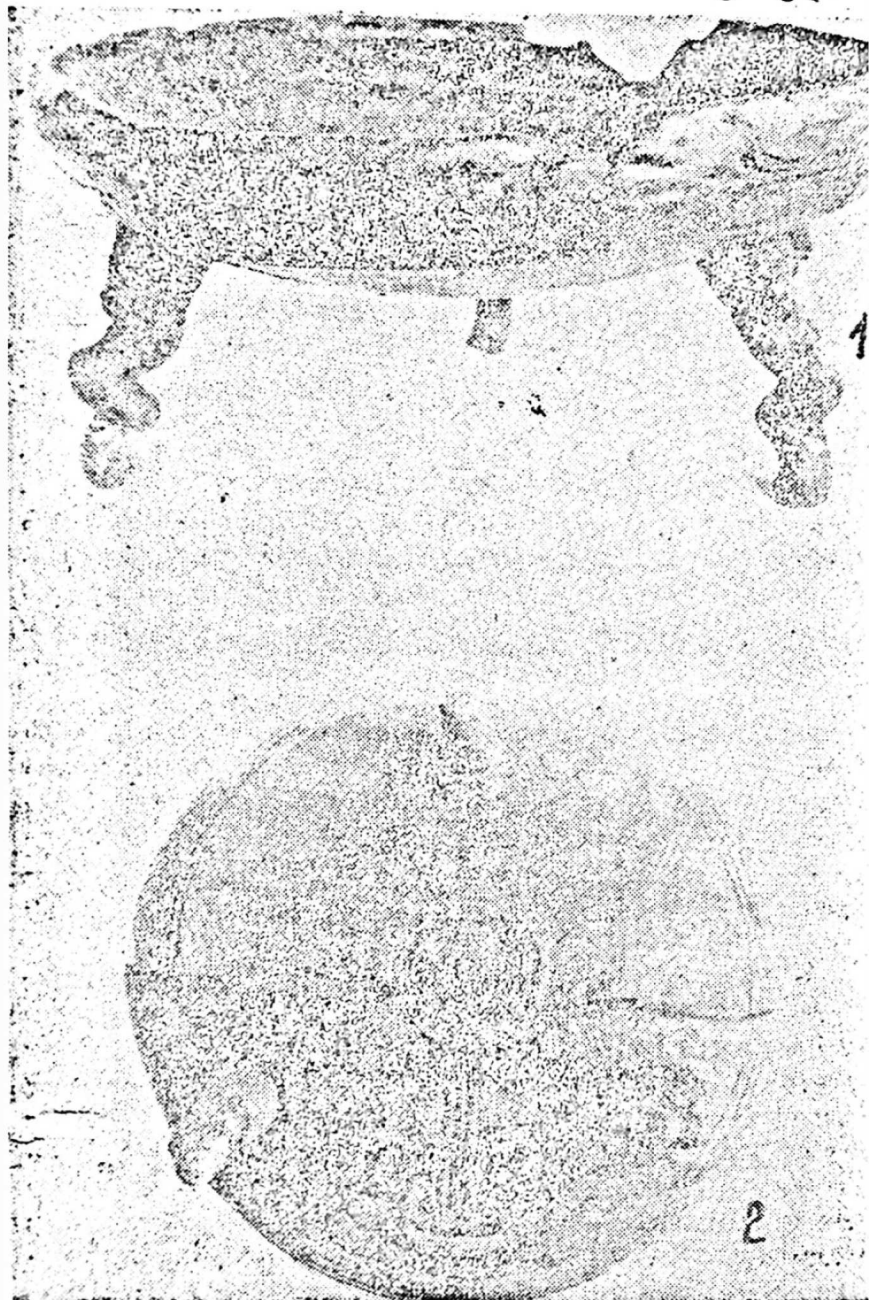
პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის წყლის ემულსიით დამუშავებულ იქნა ბედენში აღმოჩენილი სამფენა ხის ვაზა. რომელიც თარიღდება ძველი წელთაღრიცხვის XXIII—XXI საუკუნით.

ექსპონატი ნიადაგიდან ამოღებულ იქნა მიწასთან ერთად და შეფუთულ მდგომარეობაში გადმოტანილ იქნა მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში. ამ ვაზის ცალკეული ნაწილები დამუშავებულ იქნა ზემოთ აღწერილი მეთოდით 100°C-მდე გახურების პირობებში. შემდეგ ჩატარდა ექსპონატის რესტავრაცია მისი ცალკეული ნაწილების თევზის წებოთი დაწებების გზით. ექსპონატი (ტაბ. I, 2) გამოფენილია აკად. ს. ჯანაშიას სახელობის საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის არქეოლოგიურ გამოფენაზე.

ბედენის ამავე სამარხში აღმოჩენილი იყო 32 სმ დიამეტრის მქონე ხილის ხის ჯამი, რომელსაც ცალ მხარეს აქვს ორი პატარა ჯრელი ბაწრის გასაყრელად ჯამის კედელზე დასაკიდებლად. ნიადაგიდან ამოღებისას ჯამი დაშლილი იყო სამ ნაწილად. თითოეული ფრაგმენტის მერქნის მექანიკური თვისებები ძალიან დაქვეითებული იყო. ჯამს ცენტრში და გვერდზე აკლდა ხის მცირე ნაწილები.

ამ ჯამის ცალკეული ნაწილი დამუშავდა პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის წყლის ემულსიით. მერქნის გაყენთვა ხდებოდა ვაკუუმდანიადგარში. ჯამის ფრაგმენტების შეწებება ჩატარდა თევზის წებოთი. დანაკლისი ადგილების შესავსებლად მომზადებულ იქნა სპეციალური პასტა პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის ბენზოლხსნარისა და არქეოლოგიური მერქნის ფხვნილისაგან.

პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის ბენზოლხსნარით იქნა დამუშავებული არქეოლოგიური ხის სავარცხელი, რომელიც მიეკუთვნება ახ. წ. XI—XIII სს. უინვალის მონაპოვარს, სავარცხე-



ლი დამუშავებულ იქნა აირადი ანტისეპტიკით, გაწმენდილ იქნა ჭერ მექანიკურად, ხოლო შემდეგ ქიმიურად და გაელენთილ იქნა პოლიმერის ბენზოლხსნარით (ტაბ. II₁).

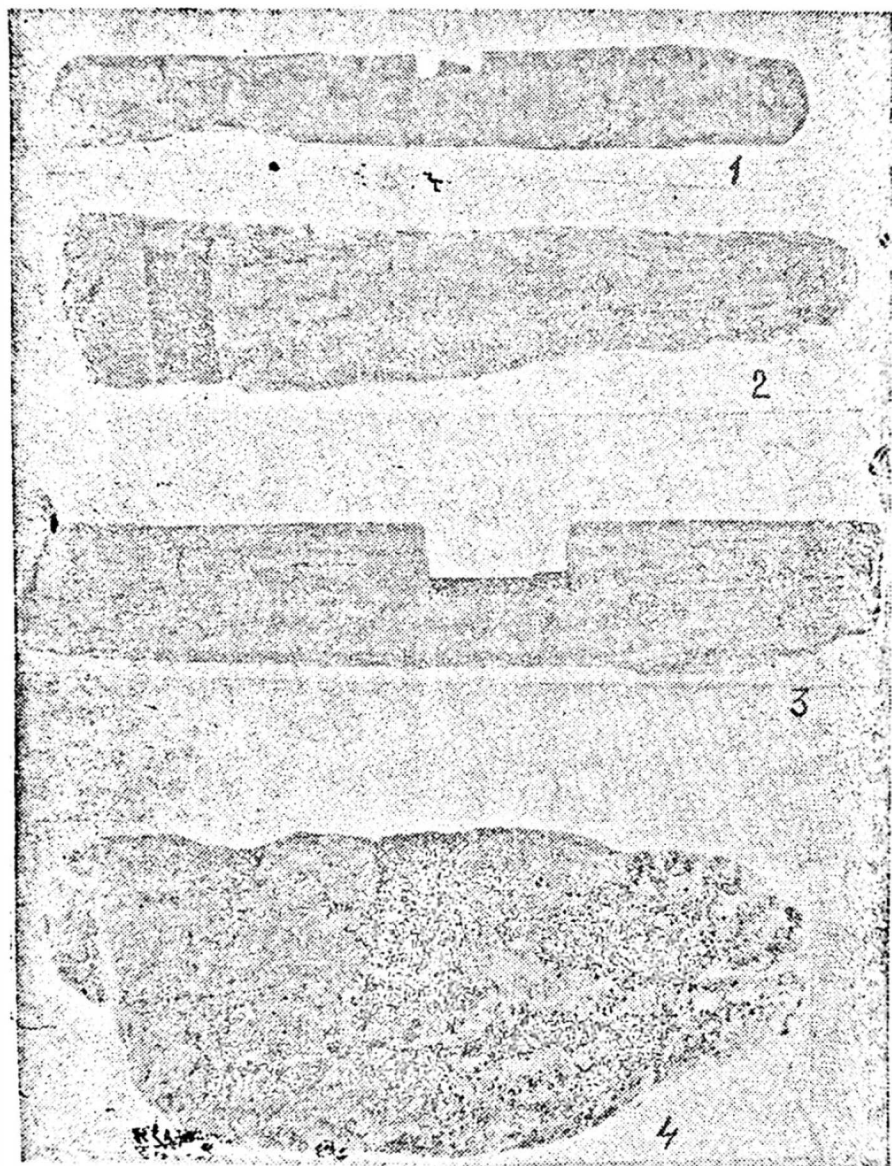
პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის ბენზოლხსნარით იქნა დამუშავებული ს. ქუშხევის (ივრის ხეობა) შემთხვევითი მონაპო-

ტაბულა II



ვარი — ხის სასმისი. სასმისი გაწმენდილ იქნა ორგანული გამხსნელებით, ხოლო შემდეგ დაფარულ იქნა პოლიმერული აპკით (ტაბ. II₂).

ზემო რაქაში აღმოჩენილი მალაროს ხის სამაგრების 11 ნიმუშის სტაბილიზაცია ჩატარდა გამკვირვალე პოლიდიმეთილსილოქსანური ფისის ემულსიით, მერქნის ფორმებში ხსნარის გამყარების მიზნით თერმული დამუშავების გზით. როგორც ეს ზემოთ არის აღნიშნული ჩატარებულა ამ ნიმუშების ანატომიური და მიკროქიმიური ანალიზი, შესწავლილია მერქნის ნიმუშების ფიზიკურ-მექანიკური თვისებები. ტენიანობისა და სიმკვრივის შესასწავლად სინჯები



აღებული იყო ხის ლოდების რამდენიმე ადგილას, როგორც გამოკვლევებმა გვიჩვენეს სიმაგრე, სიმკვრივე და ტენიანობა არქეოლოგიური მალაროს სამაგრების მერქნისა მეტად არაერთგვაროვანი აღმოჩნდა. მერქნის გარე ნაწილი ხელითაც ადვილად იშლებოდა — ფხვიერდებოდა. მისი შიდა ნაწილი შედარებით მაგარი იყო. ხის საშუალო სიმკვრივე აბსოლუტურ მდგომარეობაში დაახლოებით 0.24 გ/სმ³, ტენიანობა მერქნის გარე ნაწილიდან შიგნით იცვლებოდა 40 %-დან 95 %-მდე.

მერქნის გაყენთვა ორ ეტაპად ხდებოდა. ხის ლოდები თავდაპირველად ფუნჯის საშუალებით იყლინებოდა პოლიმერის ემულსიით, რომელსაც ხის მშრალი ნაწილები ხარბად იწოვდა. ზედაპირის შეშრობის შემდეგ ემულსიას განმეორებით უსვამდნენ. დღის განმავლობაში თითოეული ლოდი იყლინებოდა ორჯერ. ამ პროცედურის ათჯერ გამეორების შემდეგ პოლიმერი მერქნის ფორებში 4 მმ-ის სიღრმეში შევიდა. ამის შემდეგ ხის შემდგომი გაყენთვა გაანელდა, ამიტომ ხის ლოდების ფისით შემდგომი გაყენთვა წნევის ქვეშ ჩატარდა. ქვემოთ მოცემულია დამუშავებული არქეოლოგიური მალაროს ხის საყრდენების სურათები (ტაბ. III).

პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერი გამოცდილ იქნა, აგრეთვე არქეოლოგიური ქსოვილის კონსერვაციისათვის. ქსოვილის ფრაგმენტი გაყენთილ იქნა პოლიმერის ბენზოლხსნარით. როგორც ექსპერიმენტებმა გვიჩვენეს დამუშავებულმა ფრაგმენტმა შეინარჩუნა ქსოვილის ძირითადი თვისებები: სირბილე, ელასტიკურობა, ნორმალური ჰიგროსკოპიულობა. დამუშავებული ბოქკოს მექანიკური მდგრადობა საკმაოდ გაიზარდა.

ამროვად. შემუშავებულია არქეოლოგიური ხისა და ქსოვილის კონსერვაციის ახალი მეთოდი გამჭვირვალე სილიციუმორგანული პოლიმერის ემულსიითა და ბენზოლხსნარით. ამ მეთოდით ორგანული წარმოშობის არქეოლოგიური ექსპონატების დამუშავებისას მერქნისა და ბოქკოს ფორები იყლინება პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერის ხსნარით ან ემულსიით. ექსპონატების შემდგომი თერმული დამუშავების შედეგად პოლიმერი მყარდება ხის უჯრედებსა და ბოქკოს ფორებში. პოლიმერი ხის ნივთებს ანიჭებს მექანიკურ სიმაგრეს, უნარჩუნებს ელფერს, ფორმასა და ზომებს, ხოლო ქსოვილს ელასტიკურობასა და სიმტკიცეს. პოლიდიმეთილსილოქსანური პოლიმერით დამუშავებულ ექსპონატებზე არ მოქმედებენ არც ატმოსფეროს დამეანგველი ფაქტორები, არც ბიო-

ლოგიური მავნებლები და არც ტემპერატურისა და ტენიანობის მერყეობა.

მეთოდი საკმაოდ მარტივია და მისი განხორციელება არ მოითხოვს რთულ აპარატურასა და დანადგარებს. ამ მეთოდით ლაბორატორიაში დამუშავდა არქეოლოგიური ხის 20 ექსპონატი.

Н. Н. ЯШВИЛИ

КОНСЕРВАЦИЯ АРХЕОЛОГИЧЕСКОГО ДЕРЕВА ЭМУЛЬСИЯМИ НОВЫХ КРЕМНЕОРГАНИЧЕСКИХ ПОЛИМЕРОВ

Резюме

Археологическое дерево, как продукт органической природы, находясь в земле, разлагается: изменяется его химический состав и микроструктура клетки древесины. В результате этих изменений прочность древесины понижается.

Нами изучены физико-механические свойства археологического дерева XXIII—XXI в. до н. э. Проведены анатомический и микроскопический анализы образцов археологического дерева. Исследовано изменение химического состава образцов свежей и археологической древесины.

С целью стабилизации древних деревянных экспонатов были испытаны прозрачные кремнийорганические полимеры (полифенилсилоксановый, полиметилсилоксановый, полиметилфенилсилоксановый, полнаминосилоксановый, полициклосилоксановый и др.).

В статье описывается новый метод консервации археологического дерева. Он заключается в глубокой пропитке археологической древесины эмульсией прозрачной полидиметилсилоксановой смолы с ее последующим переводом в порых древесины в твердое состояние под вакуумом при помощи термообработки.

Для выяснения устойчивости обработанной древесины к атмосферным воздействиям образцы археологического дерева подвергались чередующимся разным колебаниям влаж-

ности и температуры. Двенадцать месяцев такого искусственного старения показали, удовлетворительные результаты.

Описанный метод консервации археологического дерева очень прост и не требует дорогостоящих материалов и оборудования. При обработке эмульсией полисилоксанового полимера древесина полностью сохраняет цвет и текстуру, значительно увеличивая при этом прочность. Форма и размеры изделий после обработки не меняются.

ლევან ნადარეიშვილი
ნათელა სარაჯიშვილი

გარემო არისა და დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა
იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის ფიზიკურ-მექანიკურ
თვისებებზე

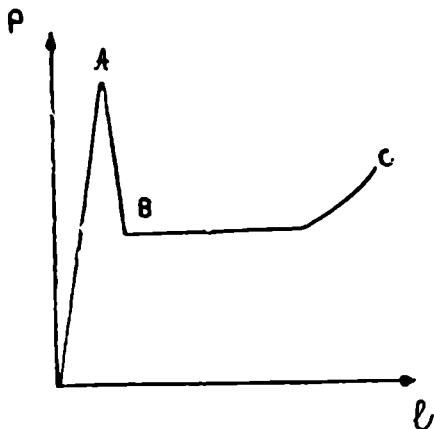
პოლიოლეფინების მნიშვნელოვანი წარმომადგენელია სტერეორეგულარული პოლიპროპილენი. ფიზიკურ-მექანიკური თვისებების შესანიშნავი კომპლექსი განაპირობებს მის ფართო პრაქტიკულ გამოყენებას. ზოგიერთი მახასიათებლის მიხედვით (ლობის ტემპერატურა, მექანიკური სიმტკიცე და სხვ.) იგი აღემატება კიდეც ისეთ ძვირფასს და პოპულარულ პოლიმერს, როგორც პოლიეთილენია [1]. ამის გამო მიზანშეწონილად ვცანით ისეთი კვლევების ჩატარება, რომლებიც გამოავლენდნენ ამ ორი პოლიმერიდან ერთერთის უპირატესობას ამა თუ იმ სფეროში, კერძოდ, თერმოკლებადი ფირების წარმოებაში, მათი გამოყენების თვალსაზრისით. ასეთმა ფირებმა სადღეისოდ დიდი მნიშვნელობა მოიპოვა, როგორც სხვადასხვა სამრეწველო და საყოფაცხოვრებო ნაწარმის შემფუთავმა მასალამ.

თერმოკლებადი პოლიმერული ფირების დამზადების ტექნოლოგიაში, როგორც ცნობილია [2] მნიშვნელოვანი ეტაპია ორიენტაციული გაჭიმვა. ჩვენმა აღრინდელმა გამოკვლევებმა გვიჩვენა, რომ იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის მსხვილსფეროლიტური ფირები ვერ გაუწევენ კონკურენციას პოლიეთილენის წვრილსფეროლიტიან ფირებს [3], რაც სრულ თანხმობაშია პოლიმერების ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე ზემოლექულური სტრუქტურის გავლენის შესახებ არსებულ საერთო წარმოდგენებთან. ამიტომ ჩვენს მიზანს შეადგენდა პოლიპროპილენის წვრილსფეროლიტური ფირების კვლევა აღნიშნულ ასპექტში.

წინამდებარე ნაშრომში შესწავლილია დეფორმაციის სიჩქარისა და გარემო არის გავლენა იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის მექანიკურ თვისებებსა და ორიენტაციულ მოვლენებზე.

საკვლევი ნიმუშების დამზადებისა და მათი შესწავლის მეთოდ-
 დიკა შემდეგში მდგომარეობდა: იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის
 მარცვლებს ($[\eta]=3,46$ ო-ქსილოლში 413°K) ვალლობდით
 493°K -ზე. ამ ტემპერატურაზე ორი წუთით დაყოვნების შემდეგ
 სწრაფად ვათავსებდით ცივწყლიან ჭურჭელში. ასეთი წრთობის შე-
 დეგად პოლიპროპილენის ფირებში, რომელთა სისქე საშუალოდ
 იყო 150 მიკრონი, მიიღებოდა წვრილსფეროლიტიანი სტრუქტურა.
 ამ ფირების ერთლერძიან გაჭიმვას ვახდენდით ოთახის ტემპერატუ-
 რაზე ჰაერზე ან ნ-ჰექსანში (ნ-ჰექსანში წინასწარი დაყოვნების
 დრო — ერთი წუთი) შემდეგი სიჩქარით: 3, 30, 100, 600 მმ/წთ. ფი-
 რებში ორიენტაციული მოვლენების შეფასება წარმოებდა ორმაგი
 გარდატეხის სიდიდის მნიშვნელობის განსაზღვრის საფუძველზე.
 ამ მიზნით ვიყენებდით ბერეკის კომპენსატორს. დეფორმირებულ
 ნიმუშებს ვაკვირდებოდით პოლარიზაციული მიკროსკოპით
 (МИН-8).

პოლიპროპილენის ერთლერძიანი გაჭიმვის მრუდი ტიპიურია
 (ნახ. 1). მრუდზე შერჩეულია სამი წერტილი (A, B, C), რომელთა

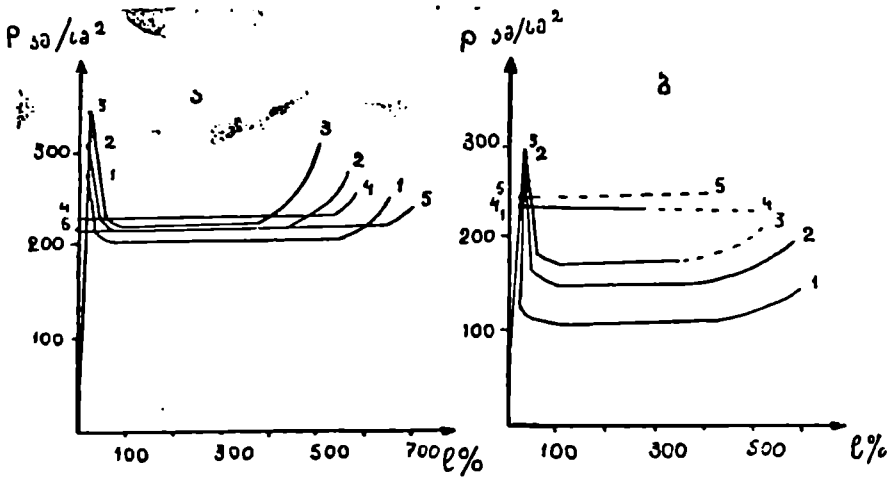


ნახ. 1. ძალა-დეფორმაციის დამოკიდებულების
 მრუდი იზოტაქტიკური პოლიპროპილენისათვის.

შესაბამისი ძალა (P) და დეფორმაცია (l) პოლიმერის მნიშვნელო-
 ვან მექანიკურ მახასიათებლებს წარმოადგენენ. მრუდის პირველი
 უბანი შეესაბამება პოლიმერის დრეკად დეფორმაციას და ამდენად
 ემორჩილება ჰუკის კანონს, მაგრამ მხოლოდ ფორმალურად, რად-

გან პოლიმერებისათვის Ae სიდიდე პრინციპში დამოკიდებულია დეფორმაციის სიჩქარეზე. A წერტილში ძალა აღწევს მაქსიმუმს, რომელსაც ჩვეულებრივ კინეტიკურ პიკს უწოდებენ. ძალის დაცემის დასაწყისი შეესაბამება ყელის წარმოქმნის დასაწყისს, B წერტილი კი — ყელის ფორმირების დასასრულს. მრუდის პორიზონტალურ უბანზე მიმდინარეობს ყელის საზღვრების შემდგომი განვითარება-გავრცელება, C წერტილი კი ნიმუშის მთლიანობის დარღვევის — გაწყვეტის მიმნიშნებელია. ეს მახასიათებლები არსებით ცვლილებებს განიცდიან დეფორმაციის სიჩქარისა და გარემო არის ზეგავლენით.

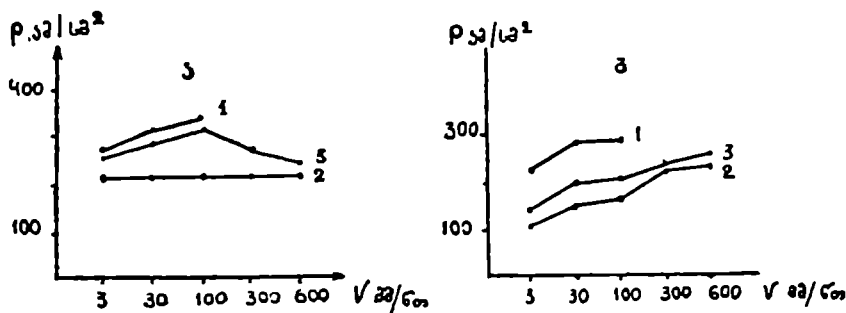
ნახ. 2, ა-ზე ნაჩვენებია პოლიპროპილენის ჰაერზე ერთლერძიანი გაკიმვის მრუდები. ამ მრუდების განსხვავების უკეთ წარმო-



ნახ. 2. ძალა — დეფორმაციის დამოკიდებულების მრუდი იზოტაქტიკური პოლიპროპილენისათვის. ა—ჰაერზე, ბ—ჰეკსანში. დეფორმაციის სიჩქარე: 1—3 მმ/წთ, 2—30 მმ/წთ, 3—100 მმ/წთ, 4—300 მმ/წთ, 5—600 მმ/წთ.

ჩენის მიზნით ნახ. 3, ა და 4, ა-ზე წარმოდგენილია დიაგრამები, რომლებიც გამოსახავენ A, B და C წერტილების შესაბამის ძალისა და წაგრძელების დამოკიდებულებას დეფორმაციის სიჩქარესთან. ირკვევა, რომ დეფორმაციის სიჩქარის მატებით Ap-კინეტიკური პიკი ჯერ იზრდება, შემდეგ თანდათან მცირდება და $V=100$ მმ/წთ-დან ერწყმის B წერტილს-იქ სადაც მთავრდება ყელის ფორმირება (ნახ. 3, ა, მრუდი 1). მრუდის პორიზონტალური უბნის სიმაღლე

პრაქტიკულად დამოკიდებული არ არის დეფორმაციის სიჩქარეზე (ნახ. 3, ა, მრუდი 2). გაწყვეტის ძალა—პოლიმერის სიმტკიცე თავდაპირველად იზრდება, მაგრამ როცა გაჭიმვის სიჩქარე აღწევს 100



ნახ. 3. იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის მექანიკური თვისებების დამოკიდებულება გაჭიმვის სიჩქარეზე. ა—ჰაერი, ბ—ჰექსანი. 1—კინეტიკური პიკი, 2—უელის წარმოქმნის ძალა, 3—გაწყვეტის ძალა.

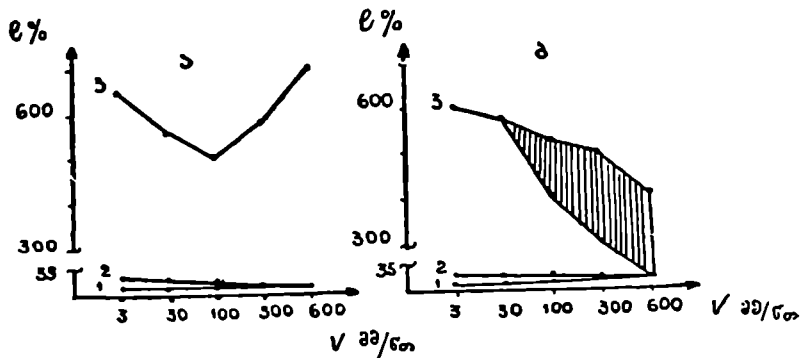
მმ/წთ-ს, იწყებს კლებას (ნახ. 3, ა, მრუდი 3); რაც შეეხება A და B წერტილების შესაბამის დეფორმაციებს. როგორც ნახ. 4, ა-დან ჩანს, სიჩქარე მათზე პრაქტიკულად უმნიშვნელო გავლენას ახდენს (ნახ. 4, ა, მრუდები 1, 2). საგრძნობია გაჭიმვის სიჩქარის ზეგავლენა გაწყვეტის დეფორმაციის სიდიდეზე. აქ გაწყვეტის ძალისაგან განსხვავებით, მისი მნიშვნელობა ჯერ მცირდება. ხოლო $V = 100$ მმ/წთ.-დან ისევ იზრდება (ნახ. 4, ა, მრუდი 3).

ამრიგად დეფორმაციის სიჩქარის მატება პოლიპროპილენის ჰაერზე გაჭიმვისას, გარკვეულ სიდიდეზე იწვევს კინეტიკური პიკისა და გაწყვეტის ძალების ზრდას და დეფორმაციის სიდიდის შემცირებას. სიჩქარის შემდგომი გადიდებისას კი იწყება კინეტიკური პიკის თანდათანობითი შემცირება. რომელიც $V = 300$ მმ/წთ.-დან სრულიად ჰქრება; კლებულობს გაწყვეტის ძალა და იზრდება მისი შესაბამისი დეფორმაციის სიდიდე.

რამდენაღმე განსხვავებულა დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა პოლიმერზე, როდესაც მისი გაჭიმვა აქტიური არის ვარემოში მიმდინარეობს. აქტიური სითხის (ნ-ჰექსანი) თანაობა მნიშვნელოვნად ცვლის პოლიმერის მახასიათებლებს (P, I).

როგორც ნახ. 2, ბ-დან ჩანს, დაბალი სიჩქარით ($V = 3$ და 30 მმ/წთ.) პოლიპროპილენის გაჭიმვის მოუღის საერთო სახე ნ-ჰექსანში ისეთივეა, როგორც ჰაერზე დეფორმირებულისათვის. სიჩქარის შემ-

დგომი მატება იწვევს გაწყვეტის შესაბამისი წაგრძელების (Cl) მერყეობას დიდ დიაპაზონში. კერძოდ, როცა პოლიმერზე მოდებული ძაბვა 100 მმ/წთ.-ს შეადგენს ნიმუშის მთლიანობის



ნახ. 4. იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის მექანიკური თვისებების დამოკიდებულება გაჭიმვის სიჩქარეზე. ა—ჰაერი, ბ—ჰექსანი. 1—კინეტიკური პიკის დეფორმაცია, 2—ყელის ფორმირების დასასრულის შესაბამისი დეფორმაცია, 3—გაწყვეტის დეფორმაცია.

დარღვევა შეიძლება მოხდეს 35—520 %-ის ფარგლებში. 300 მმ/წთ-ისა და 600 მმ/წთ-ის სიჩქარის დროს კი შესაბამისად 300—500 %-ისა და 20—400 %-ის წაგრძელებათა ზღვრებში, რაც ნახ. 2, ბ-ზე აღინიშნება წყვეტილი ხაზით.

შედარებით უმნიშვნელოა აქტიური სითხის გავლენა A და B წერტილის კინეტიკური მაქსიმუმისა და ყელის წარმოქმნის დეფორმაციებზე, რაზედაც მიგვანიშნებს ნახ. 4, ბ-ს 1 და 2 მრუდები. თვალსაჩინოებისათვის აქვეა მოცემული დეფორმაციის სიჩქარეზე Cl-ის დამოკიდებულების მრუდი (ნახ. 4, ბ, მრუდი 3), საიდანაც ზემოთ აღნიშნულის შესაბამისად გამომდინარეობს, რომ როცა $V > 30$ მმ/წთ—Cl-ის მნიშვნელობა იცვლება ფართო ფარგლებში, რასაც ნახაზზე შეესაბამება დაშტრიხული უბანი. უნდა აღინიშნოს, რომ უმრავლეს შემთხვევაში Cl აღწევს სწორედ მინიმალურ ან მასთან ახლო მდგომ მნიშვნელობებს.

აქტიური სითხის ზემოქმედების ერთ-ერთი გამოსახულებაა ისიც, რომ ჰაერზე გაჭიმულ ნიმუშებთან შედარებით, დაბალ სიჩქარეებზე ($V=3$ და 30 მმ/წთ.) საგრძნობლადაა შემცირებული სამივე წერტილის (A, B, C) შესაბამისი ძალები. დეფორმაციის შემდგომი გაზრდი-

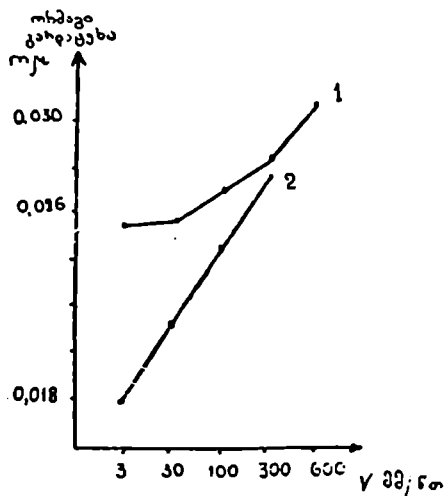
სას თანდათან კლებულობს აქტიური სითხის გავლენა და დაახლოებით 300 მმ/წთ. სიჩქარიდან ნ-ჰექსანში გაჭიმვის მრუდები ემთხვევიან ჰაერზე გაჭიმვის მრუდებს (ნახ. 2, ა, ბ მრუდები 1—5).

დეფორმაციის სიჩქარისა და ამ ძალების დამოკიდებულებაზე მიგვითითებს აგრეთვე ნახ. 3, ბ-ზე წარმოდგენილი მრუდები. როგორც მრუდების ხასიათიდან ირკვევა, გაჭიმვის სიჩქარის მატება აქაც (ჰაერის მსგავსად) $V=3-100$ მმ/წთ. ფარგლებში, ზრდის Ap -ს (ცინეტიკურ პიკს), რომელიც შემდგომ ($V=100$ მმ/წთ.-დან) თანდათან მცირდება და ბოლოს სრულიად ქრება—ერწყმის B წერტილს: იზრდება Bp -ყელის წარმოქმნისა და გაწყვეტის ძალები, რომელთა სიდიდე უახლოვდება ერთიმეორეს, როცა სიჩქარე 300 მმ/წთ.-ს აღწევს.

დეფორმაციის სიჩქარის გაზრდისას აქტიური სითხის გავლენის თაობაზე ზემოთ მიღებული შედეგებიდან გამომდინარე, შეიძლება ითქვას, რომ იგი სრულ თანხმობაშია პოლიმერის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე აქტიური არის მოქმედების მექანიზმთან [4—7]. სიჩქარის შემცირებისას კლებულობს აქტიური სითხისა და პოლიმერის კონტაქტის ხანგრძლივობა, ე. ი. დიფუნდირებული აქტიური სითხის მოცულობა და ამდენად ზეგავლენის ეფექტიც. მაგრამ აქტიური სითხის მოქმედება ძირითადად მაინც თავს იჩენს დეფორმაციის სიდიდეზე. დიდ სიჩქარეებზე გაწყვეტის დეფორმაცია უმრავლეს შემთხვევაში უფრო მცირეა ვიდრე ჰაერზე, თუმცა როგორც დავინახეთ მან შეიძლება მიაღწიოს საკმაოდ დიდ მნიშვნელობას. ეს გვაფიქრებინებს, რომ აქტიურ სითხეში დიდ სიჩქარეებზე გაჭიმვისას არსებითი მნიშვნელობა ენიჭება პოლიპროპილენის ფირების არაერთგვაროვნებას, რაშიც ვგულისხმობთ საერთოდ პოლიკრისტალური სხეულისათვის დამახასიათებელ სტრუქტურულ არაერთგვაროვნებას. მაღალ სიჩქარეებზე აქტიური სითხის მოქმედება ატარებს უფრო ლოკალურ ხასიათს, კერძოდ, ნიმუშის ყველაზე საშიშ — დეფექტურ უბანში. პოლიპროპილენის საერთო სიხისტის გაზრდის პირობებში (დეფორმაციის დიდ სიჩქარეზე იზრდება რელაქსაციის დროც) ასეთი ლოკალიზაცია იწვევს დეფორმაციის დაგროვების ლოკალიზაციასაც და ამდენად განაპირობებს ნიმუშის მთლიანობის ნაადრევ დაშლას.

აღნიშნულ მოსაზრებას, ჩვენი აზრით, გვიდასტურებს ორიენტირებულ ფირებში ორმაგი გარდატეხის გაზომვის შედეგები (გაზომვები ჩატარებულია 300%-ით წაგრძელებულ ნიმუშებზე), რომლებიც წარმოდგენილია მე-5 ნახაზზე, როგორც ჩანს, დეფორმაციის სიჩქარის გაზრდისას ორივე გარემოში (ჰაერი, ნ-ჰექ-

სანი) ორმაგი გარდატეხის მნიშვნელობა მატულობს, რაც დაკავშირებულია პოლიმერის სიხისტის გადიდებასა და დეფორმაციის ლოკალიზაციასთან. დეფორმაციის დაგროვება ერთ გარკვეულ



ნახ. 5. იზოტაქტიური პოლიპროპილენის ორმაგი გარდატეხის სიდიდის დამოკიდებულება დეფორმაციის სიჩქარეზე. 1—პაერზე, 2—პექსანში.

უბანზე კი განაპირობებს ერთი და იგივე წაგრძელებისას სტრუქტურის უკეთ ორიენტაციას და ამდენად დიდ ორმაგ გარდატეხას. ამავე დროს უნდა აღინიშნოს, რომ პაერზე ორიენტირებულ ნიმუშებთან შედარებით, პექსანში გაჭიმულ ფირებში ორმაგი გარდატეხის მნიშვნელობა უფრო ნაკლებია, რაც შეესაბამება აქტიური სითხის მოქმედების მექანიზმს. აქტიური სითხე პოლიმერებზე ახდენს მაპლასტიფიცირებულ მოქმედებას, რაც იწვევს დეფორმაციის დელოკალიზაციას [8]. მართლაც, როგორც პაერსა და პექსანში ორიენტირებული ფირების მიკროსკოპულმა კვლევამ გვიჩვენა, პაერის გარემოში პოლიპროპილენის გაჭიმვისას ფირის ერთ გარკვეულ უბანზე ჩნდება მკვეთრი ყელი, მაშინ როდესაც აქტიურ სითხეში იმავე პოლიმერის გაჭიმვა მიმდინარეობს რამოდენიმე ყელის (მიკროყელების) წარმოქმნით. ორივე შემთხვევაში ყელის წარმოქმნა დეფორმაციის ლოკალიზაციის შედეგია. როგორც ჩანს, პირველ შემთხვევაში დეფორმაციის დაგროვება მხოლოდ ერთ უბანზე (ერთი ყელი) — ყელის წარმოქმნის ადგილას ხდება, ხოლო მეორე

რეში — ადგილი აქვს დეფორმაციის ლოკალიზაციის გადანაწილებას რამდენიმე უბანზე — მიკროუცლების წარმოქმნის ადგილებში. იმის გამო, რომ დეფორმაციის სიდიდის თანდათანობითი მატება იწვევს ყელის საზღვრების გავრცელებას და შემდგომ მათ ერთგვაროვან გაჭიმვას, ამიტომ ჰაერზე გაჭიმული ნიმუშები (მთელი დეფორმაციის ერთ უბანში თავმოყრის გამო), ჰექსანში გაჭიმულ ნიმუშებთან შედარებით, უნდა იყვნენ მეტად ორიენტირებულნი და აქედან გამომდინარე დიდი უნდა იყოს მათი ორმაგი გარდატეხაც. ამასვე უკავშირდება ის ფაქტიც, რომ ჰაერზე და აქტიურ სითხეში გაჭიმული ნიმუშების ორმაგი გარდატეხის მნიშვნელობა თითქმის უახლოვდება ერთიმეორეს, როდესაც დეფორმაციის სიჩქარე იზრდება და 300 მმ/წთ.-ს უტოლდება. ცხადია ამ დროს პოლიმერზე სითხის მაპლასტიციფირებელი მოქმედების დრო შემცირებულია, რომელიც თავისთავად ზღუდავს დიდი რაოდენობით მიკროუცლების წარმოქმნის შესაძლებლობას და ამით უზრუნველყოფს სტრუქტურის უკეთ ორიენტაციას და შედეგად დიდ ორმაგ გარდატეხას.

ამრიგად, როგორც მიღებული შედეგებიდან გამომდინარეობს, დეფორმაციის სიჩქარე და გარემო არე არსებით გავლენას ახდენენ წვრილსფეროლიტიანი იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის მექანიკურ თვისებებზე. ეს გავლენა დეფორმაციის სიჩქარეთა დაბალ დიაპაზონში ძირითადად იგივე ხასიათს ატარებს, როგორც ჩვენ მიერ დადგენილი იყო მაღალი სიმკვრივის პოლიეთილენისათვის [3]. ამავე დროს პოლიპროპილენის ქიმიური და ზემოლექულური ორგანიზაციის სპეციფიკა თავს იჩენს დეფორმაციის სიჩქარეთა მაღალ დიაპაზონში, როცა აქტიური არის ზემოქმედებით გაწყვეტის დეფორმაცია იცვლება ფართო ზღვრებში, რაც ჩვენი აზრით პოლიპროპილენის, როგორც პოლიკრისტალური სხეულის არაერთგვაროვნებითაა გაპირობებული.

Л. И. НАДАРЕИШВИЛИ, И. И. САРАДЖИШВИЛИ

ВЛИЯНИЕ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ И СКОРОСТИ ДЕФОРМАЦИИ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ИЗОТАКТИЧЕСКОГО ПОЛИПРОПИЛЕНА

Резюме

По ряду показателей (температура плавления, механическая прочность и т. д.) изотактический полипропилен пре-

восходят полиэтилен высокой плотности. Поэтому представляется важным провести исследования с целью выяснения предпочтительности применения одного из указанных полимеров, в частности в производстве термоусаживающихся пленок, важной стадией в технологии получения которых является ориентационная вытяжка.

В настоящей работе изучено влияние скорости деформации и внешней среды на физико-механические свойства мелкосферолитного изотактического полипропилена.

В работе показано, что скорость деформации и характер внешней среды (воздух или н-гексан) существенно влияют на свойства полипропилена. (изменяется величина кинетического пика и напряжения шейкообразования, разрывная прочность, максимальное удлинение и двойное лучепреломление). При низких скоростях деформации это влияние аналогично тому, которое характерно для полиэтилена высокой плотности. При высоких же скоростях проявляется специфика химической и надмолекулярной организации полипропилена, что приводит к разбору величины разрывного удлинения под действием активной жидкости. Это, по-видимому, связано с неоднородностью поликристаллического полипропилена.

ლიტერატურა

1. Д. В. И в а н ю к, М. Л. Ф р и д м а н, Полипропилен, М., изд. «Химия», 1974.
2. Г. Т а к а х а с и, Пленки из полимеров, «Химия», 1971.
3. Л. И. Н а д а р е й ш в и л ი, Н. И. С а რ ა დ ჯ ი შ ვ ი ლ ი, სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, 1977, თბ., 85—96.
4. П. А. Р е б и н д е რ, Материалы 6-го съезда русских физиков, М., 1928.
5. А. Н. Т ы н н ы й, Прочность и разрушение полимеров при воздействии жидких сред, Киев, 1975.
6. Л. И. Н а დ ა რ ე й შ ვ ი ლ ი, В. В. ლ ო ბ ჯ ა ნ ი დ ჯ ე, ФХММ, 1974, № 2, 67.
7. Л. И. Н ა დ ა რ ე й შ ვ ი ლ ი, В. В. ლ ო ბ ჯ ა ნ ი დ ჯ ე, ФХММ, 1974, № 6, 75.
8. ლ. ი. ნ ა დ ა რ ე ი შ ვ ი ლ ი, ნ. ი. ს ა რ ა ჯ ი შ ვ ი ლ ი, სამუზეუმო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, თბ., 1980, III, გვ. 106 (ამავე კრებულში).

ფარდინალ თავაძე
თამარ ღვალნი

ვერცხლის ქლორიდის აღდგენა აირბიტო და ლითონებით

არქეოლოგიური გათხრებით მოპოვებული ვერცხლის ნივთები თითქმის ყოველთვის კოროდირებულია. ეს გარემოება აიხსნება ლითონზე ნიადაგქვეშა წყლების, მარილების, ორგანული ნივთიერებებისა და სხვა ფაქტორების ხანგრძლივი მოქმედებით, რაც იწვევს მათ ფიზიკურ-ქიმიურ ცვლილებებს. განსაკუთრებით მკვეთრად მოქმედებს ვერცხლზე ქლორიონი (ნიადაგქვეშა წყლები და ზღვური წარმოშობის ნიადაგების შემადგენელი ნაწილი), რადგან წარმოქმნის ვერცხლის ქლორიდს (რქა ვერცხლს). ამ დროს ნივთის ზედაპირი იფარება თეთრი ფერის ვერცხლის ქლორიდის ფენით, რომელიც შემდეგ სინათლის მოქმედებით მოიხსნება-მონაცრისფრო და ხანდახან შავი ფერისაც ხდება, მეტალური ვერცხლის გამოყოფის გამო $2AgCl \rightarrow 2Ag + Cl_2$ პროცესის განვითარებასთან ერთად ვერცხლის ნივთი თანდათან კარგავს სიმტკიცეს. ვერცხლის ქლორიდის კუთრი წონა 5,6-ს შეადგენს, ლითონური ვერცხლის კი 10,5-ია, ამ სხვაობიდან აშკარად ჩანს ის დიდი ცვლილება, რასაც განიცდის ლითონური ვერცხლი ქლორიდში გადასვლის დროს¹.

ვერცხლის ქლორიდი კრისტალური სახით იშვიათად გვხვდება. ჩვეულებრივ იგი ქერქების, კრისტალური ბრკეების, ნაღენი რქისებრი ან სანთლისებური მასების სახითაა. მისი დნობის ტემპერატურა $467,5^{\circ}$ -ია. კრისტალური სტრუქტურა კუბურია $NaCl$ -ის სტრუქტურის მსგავსად. ახლად მოპოვებული ნიმუშები უფერო ან მორაუხო ელფერისაა.

ვერცხლის ქლორიდი გახურების დროს მუქდება, ხოლო გადნობით იშლიება ნარინჯისფერი-ყვითელი ბლანტი სითხე, რომელიც გაცივებისას მაგრდება რქის მაგვარ მასად, რის გამოც ვერცხლის ქლორიდს

¹ М. В. Фармаковский. Консервация музейных коллекций. М., 1960, с. 68.

რქა ვერცხლსაც უწოდებენ. აღსანიშნავია, რომ ვერცხლის ქლორიდის მოცულობა თხევადი მდგომარეობიდან მყარში გადასვლისას შესამჩნევად იზრდება². ვერცხლის ქლორიდი წყალში 0,0015 გ იხსნება. ცუდად იხსნება განზავებულ მჟავებში. შედარებით ხსნადია დუღილის დროს კონცენტრირებულ მჟავებში. აგრეთვე იხსნება რიგ ნაერთებში კომპლექსური შენაერთების წარმოქმნით ($\text{AgCl} \cdot \text{NH}_3$; $2\text{AgCl} \cdot 3\text{NH}_3$; $\text{AgCl} \cdot 3\text{NH}_3$) რომელიც უკვე ადვილად იხსნება წყალში³.

თვით ლათინური ვერცხლი—თეთრი ფერის, რბილი, კარგად ქედადი ლითონია, რომელიც დნება $960,5^\circ\text{-ზე}$. დუღს 1950°-ზე , მისი მოლეკულური წონა 107,87, სვ. წონა 10,1—11,1. აქვს წახნაგლაცენტრილი ჰექსაედრი⁴. ვერცხლის გამხსნელია აზოტის მჟავა. განზავებული მარილისა და გოგირდის მჟავებში ჩვეულებრივ ტემპერატურაზე იგი არ იხსნება. დუღებით ადვილად იხსნება გოგირდის მჟავაში გოგირდის ორჟანგის გამოყოფით $2\text{Ag} + 2\text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow 2\text{H}_2\text{O} + 2\text{Ag}_2\text{SO}_4 + \text{SO}_2$.

ვერცხლი არავითარ ცვლილებებს არ განიცდის ჰაერზე და წმინდა წყალში, მაღალ ტემპერატურაზე მნიშვნელოვანი რაოდენობით შთანთქავს ჟანგბადს, მაგ., 450°-ზე მას შეუძლია შთანთქოს დაახლოებით 5 მოც. ჟანგბადი; ხოლო გამდნარ მდგომარეობაში გაცილებით მეტი. გაციების დროს ისევე გამოყოფს შთანთქმულ ჟანგბადს თხევადი ლითონის გაფრქვევით⁵.

სარესტავრაციო სპეციალურ ლიტერატურაში მოცემულია არქეოლოგიური ვერცხლის ქლორიდით დაზიანებული ვერცხლის გაწმენდა-აღდგენის რამდენიმე მეთოდი, სადაც ძირითადად რეკომენდებულია ქიმიური, ელექტროქიმიური, ელექტროლიტური და თერმული დამუშავების მეთოდები.

ვერცხლის ქლორიდით დაზიანებული ნივთები ხშირად ძალზე მყიფეა და ადვილად მსხვრევადი. ამ შემთხვევაში მისი ქიმიური, ელექტროქიმიური-ელექტროლიტური მეთოდით დამუშავება (ე. ი. გაწმენდა) ძლიერ სახიფათო ხდება, რადგან ვერცხლის ქლორიდის ფენა, რომელიც გარედან ეკვრის ნივთს ერთგვარ შემაკავშირებელ

² Справочник химика. Основные свойства неорганических и органических соединений, втор. изд., М., 1964, с. 209.

³ Справочник химика, დასახ. ნაშრომი, გვ. 209.

⁴ ა. ბ ე ტ ე ბ ი ნ ი, მინერალოგიის კურსი, თბ., 1957, გვ. 135.

⁵ Ф. Тредвел, В. Голл. Курс аналитической химии. М.—Л., 1930, с. 343.

როლსაც ასრულებს⁶. ასევე სახიფათოა თერმული დამუშავება, როცა კლიცა რიგ შემთხვევაში ნივთის (თუ ის მთლიანად ქლორიდშია გადასული) ვაქნობა-გაღობა, ფორმის მთლიან დეფორმაცია-დაკარგვას იწვევს.

ჩაღვას ვერცხლის ნივთები მეტ-ნაკლები რაოდენობით შეიცავენ სპილენძს — ლიგატურის სახით (ცხრ. 1), ამიტომ ვერცხლის თერმული დამუშავების დროს ეს გარემოება მხედველობაში უნდა იყოს მიღებული.

თერმული დამუშავების რეჟიმის (ვახურების ტემპერატურა და ლუმელში დაყოვნების ხანგრძლივობა) შერჩევის დროს გათვალისწინებული უნდა იყოს ვერცხლის ქიმიური შედგენილობა (ვერცხლის სინჯი) და სიმყიფე. დაბალსინჯიან ვერცხლში შემავალი სპილენძი გადადის ჟანგში და ნივთი იფარება სპილენძის ხენჯით (შავდება), ამიტომ იმ შემთხვევაში, როდესაც ვერცხლი დიდი რაოდენობით შეიცავს სპილენძს, უარი უნდა ითქვას მის ვახურებაზე, რაც შეეხება მაღალი სინჯის ვერცხლს, იგი კარგად იტანს მაღალ ტემპერატურას (700°)⁷.

ყოველივე ზემოაღნიშნულის მხედველობაში მიღებით გადავწყვიტეთ შეგვემუშავებინა ვერცხლის ქლორიდიანი ნივთების აღდგენის ისეთი მეთოდი, სადაც ერთდროულად მოხდებოდა როგორც ვერცხლის ქლორიდიდან ვერცხლის აღდგენა, ასევე მისი გაზაგრება და მექანიკური თვისებების დაბრუნება. ამისათვის გამოვიყენეთ აირადი და ლითონური აღმდგენელები, რისთვისაც საჭირო იყო თერმოდინამიკური რეაქციების შესწავლა. შესწავლის შედეგად შევადგინეთ ჩვენთვის საჭირო რეაქციის თავისუფალი ენერგიების ტემპერატურისაგან დამოკიდებულების გამომსახველი განტოლებები, რომლის შედეგები მოცემულია ცხრილებში (2, 3).

მე-2 და მე-3 ცხრილების მონაცემების საფუძველზე გაანგარიშებულ იქნა თავისუფალი ენერგიის ცვლილებების მნიშვნელობები 600°K -ზე, ანუ 327°C -ზე, რომლის შედეგებიც მოცემულია მე-4

⁶ ც. ა. ბ. გ. ს. ა. ძ. ე. რ. ბ. ა. ხ. ტ. ა. ძ. ე. საქ. სახ. მუზეუმის მოამბე XXVII—B, ვერცხლის ქლორიდით დაზიანებული არქეოლოგიური ვერცხლის ნივთების გაწმენდა აღდგენა, გვ. 205.

⁷ O. Kubaschewski, E. L. Evans, C. B. Alcock, Metallurgical Thermochemistry Реколмон, PRESS, 1967; А. Н. Крестовников, А. К. Владимиров, Б. С. Гуляняцкий, А. Я. Фишер. Справочник по расчетам равновесной металлургических реакций, М., 1963.

ცხრილში. ამ ცხრილის მიხედვით შეგვიძლია ვთქვათ, რომ რაც უფრო მეტია თავისუფალი ენერგიის მნიშვნელობის უარყოფითი სიდიდე (ΔZ) მით უფრო მოსალოდნელია რეაქციის მიმდინარეობა (რეაქცია მიმდინარეობს მარჯვნიდან მარცხნივ), ასეთებია: აირებიდან ამიაკი და წყალბადი, ლითონებიდან კი, ნატრიუმი და რკინა. ამიაკი ვერ გამოვიყენეთ, რადგან ტექნიკურად მათზე მუშაობა თითქმის შეუძლებელი იყო.

მე-4 ცხრილიდან ჩანს, რომ თავისუფალი ენერგიის დადებითი სიდიდის მნიშვნელობის ზრდასთან ერთად რეაქციის მიმდინარეობა მცირდება, თუმცა რეაქცია მაინც შესაძლებელია წავიდეს. მაგალითად, გააქტივებული ნახშირის შემთხვევაში.

ვერცხლის ქლორიდის აღდგენა წყალბადით. წყალბადის მისაღებად გამოვიყენეთ კიპის აპარატი (თუთია და მარილმჟავა), საიდანაც გამოსული წყალბადი იწმინდებოდა დრეჟსელის ჰურჭელში. წყალბადს ვატარებდით მარსის ტიპის ღუმელში, რომლის ჰორიზონტალურ ფაფურის მილში მოთავსებული იყო ვერცხლისქლორიდიანი ნივთის ფრაგმენტები (ყველა ეს ნიმუში წინასწარ დამუშავდა მიწისა და სხვა მექანიკური ნაღებების მოსაცილებლად. შემდეგ გაშრა, აიწონა გრამის მეათასედის სიზუსტით), მილი დახურულ იქნა საცობით, რომლის ხერელიდან ვაწვდიდით წყალბადს. ქლორწყალბადი გამოიყოფოდა მეორე საცობის ხერელიდან, რომლის მიმღები მილი ჩაშვებული იყო წყლიან ჰურჭელში.

ღუმელი ხურდებოდა ასეთი თანმიმდევრობით— 200° -ზე—8 საათის განმავლობაში; 300° -ზე—16 საათის განმავლობაში; 400° -ზე 24 საათის განმავლობაში და 500° -ზე 140 საათის განმავლობაში.

ყოველი ტემპერატურული საფეხურის შემდეგ ნიმუშები იწონებოდა და ხდებოდა მათი წონის ფიქსაცია. ექსპერიმენტულად დავადგინეთ, რომ აღდგენის ოპტიმალური ტემპერატურა 500° -ია.

შემჩნეული იყო, რომ ტემპერატურისა და დროის ზრდასთან ერთად განსაზღვრული წონა იკარგებოდა. გახურება გრძელდებოდა მუდმივი წონის მიღებამდე.

მუდმივი წონის მიღების შემდეგ ნიმუშის გახურება გრძელდებოდა 600 — 700° -მდე, აღდგენილი ვერცხლის თერმული დამუშავების მიზნით.

როგორც ცნობილია, რკინა და ვერცხლი ჩვეულებრივი დნობისას ერთმანეთში არ იხსნებიან — მყარ ხსნარს არ წარმოქმნიან. მხოლოდ 1660°-ზე ხდება მათი ნაწილობრივი გახსნა*.

როგორც ზემოთაც გვქონდა აღნიშნული, ექსპერიმენტი მიმდინარეობდა მარსის ტიპის ლუმელში, რომელშიც მოთავსებული იყო ფოლადის მილი. აღსადგენ ნივთს (ვერცხლის ქლორიდით) ვათავსებდით ალდგენილი რკინით სავსე ფაფურის ნაწი და ვდებდით ფოლადის მილში. იგი იხურებოდა ჰერმეტიკულად და ხდებოდა მასში ჰაერის გაიშვიათება 10⁻² ატმოსფეროდამდე, რაც ხელს უწყობდა ინტენსიურ ალდგენით პროცესს. ლუმელში ტემპერატურის რეჟიმი რეგულირდებოდა თერმომწყვილით, რომელიც შეერთებული იყო რელეიანი გალვანომეტრით.

ლუმელის გარეთ დარჩენილი ფოლადის მილი ცივდებოდა გამდინარე ცივი წყლით, რათა არ მომხდარიყო მასში ქლორის კონდენსაცია.

ნიმუშის გახურება წარმოებდა თანდათან—200°—8 საათის განმავლობაში, 300°—16 საათის განმავლობაში, 400°—24 საათის განმავლობაში, 500°—140 საათის განმავლობაში.

დროდადრო ხდებოდა ნიმუშისა და ალდგენილი რკინის აწონვა. როგორც მოსალოდნელი იყო, ამ შემთხვევაში ვერცხლისქლორიდის ნიმუშის წონა კლებულობდა, ხოლო რკინის ფხვნილის წონა მატულობდა, რადგან ხდებოდა რკინის დაჟანგვა ქლორით FeCl₂-მდე. რადგან FeCl₂-ის ლღობის ტემპერატურა 672°-ია, ამიტომ ლუმელში ნიმუშის გახურება ხდებოდა 500°-მდე. მუდმივი წონის მიღების შემდეგ, ვერცხლის დამუშავება გრძელდებოდა 700°-მდე.

ანალოგიური ცდა ჩატარებული იქნა კვარცის ამპულაში, რომელშიც მოთავსებულ იქნა ალდგენილი რკინის ფხვნილი და ქლორიანი ვერცხლის ფრაგმენტები. ამპულაში მოვახდინეთ ჰაერის გაიშვიათება და მოვათავსეთ ლუმელში. ჩავატარეთ ექსპერიმენტი ზემოთ აღწერილი მეთოდით. შედეგი ანალოგიური გამოდგა.

ვერცხლის ქლორიდის ალდგენა გააქტივებულ იქნა ნახშირით. გააქტივებული ნახშირი მოთავსებული იქნა კვარცის ამპულაში ვერცხლისქლორიდიან ფრაგმენტებთან ერთად. ამპულას თავი დაუცავით მინის ბამბით, რათა არ მომხდარი-

* М. Хансел и К. Андерко. Структуры двойных сплавов, М., 34.

ყო ნახშირის გაწოვა. ტემპერატურული რეჟიმი იგივე იყო, მხოლოდ რეაქციის სიჩქარე 3-ჯერ ნაკლები აღმოჩნდა. აღდგენა ხდებოდა გააქტივებული ნახშირით, რომელიც გადადიოდა CCl_4 -ში, ხოლო ვერცხლი აღსდგებოდა ქლორიდისაგან.

ვერცხლის ქლორიდის აღდგენა ამორფული ბორით. ამორფული ბორისათვის დამახასიათებელია აღდგენითი რეაქცია AgCl -თან, რომლის აღდგენა მიდის ლითონის გამოყოფით⁹, აქაც ანალოგიური ცდა იყო ჩატარებული როგორც ზემოთ.

აღდგენილი ვერცხლის სპექტრალურმა ანალიზმა გვიჩვენა, რომ (იხ. ცხრ. 5) იგი შეიცავს ვერცხლს დიდი რაოდენობით, სპილენძს 0,001—2,65 %-მდე, ტყვიას 0,001-დან—1,45 %, რკინას—0,001—0,03%, ალუმინს—0,001%, ოქროს—0,001%, ხოლო აღმდგენელი ელემენტები: რკინა, ნახშირბადი და ბორი—ქლორის დიდ რაოდენობას. რაც შეეხება წყალბადს, იგი იერთებს ქლორს და მიმღების საშუალებით ჩადის წყლიან ჰურქელში.

ვერცხლისქლორიდიანი ნივთების მეტალოგრაფიული კვლევა ვერცხლის აღდგენის შემდეგ წარმოებდა. აქ მოტანილია რამდენიმე ნიმუშის სურათი, სადაც ნათლად ჩანს ძველი ტექნოლოგიის კვალი.

№1 მიკროსტრუქტურაზე ჩანს ძალზე წვრილი დეფორმირებული კრისტალები αAg -ის მყარი ხსნარისა და ევტექტიკისა. ოდნავ მოჩანს დენდრიტების კვალი. დამზადებულია ჩამოსხმით (გადიდება X 134).

№2 მიკროსტრუქტურაზე წარმოდგენილია ცივად დეფორმირებული და ნაწილობრივ რეკრისტალიზებული αAg -ის ხსნარის კრისტალები. კრისტალები წვრილი ზომისაა. ძლიერ დეფორმირებულია (გადიდება X 134).

№3 მიკროსტრუქტურაზე ჩანს αAg -ის მყარი ხსნარის მსხვილი პოლიედრები, რომლის კრისტალებს შორის გამოყოფილია სამი ფაზა წერტილების სახით, რაც წარმოადგენს ვერცხლისა და სპილენძის ევტექტიკას და ტყვიის ჩანართებს. დამზადებულია ჩამოსხმით (გადიდება X 134).

№4 მიკროსტრუქტურაზე წარმოდგენილია საშუალო ზომის αAg -ის პოლიედრები. პოლიედრებს შორის მოჩანს მცირე რაოდენობით

⁹ В. Самсонов, А. Я. Марковский, А. Ф. Жагат, М. Е. В а л я ш к о. Бор его соединения и сплавы. Изд. АНУССР, Киев, 1960, с. 57.

მეორადი ფაზის გამონაყოფები. ლითონი ჩამოსხმულია (გადიდება X 189).

№5 მიკროსტრუქტურაზე ჩანს წვრილი αAg -ის კრისტალები, რომლის ირგვლივ გამოყოფილია ევტექტიკა. ლითონს მიუღია ძლიერი დეფორმაცია (გადიდება X 134).

№6 მიკროსტრუქტურაზე წარმოდგენილია αAg -ის ძალზე წვრილი პოლიედრები. კრისტალების ზღუდეებში ალაგ-ალაგ დარჩენილია კოროზირებული αCu -ის კრისტალები. მიკროსტრუქტურაზე ჩანს, რომ ლითონს მიუღია ძლიერი დეფორმაცია (გადიდება X 313).

ამრიგად, ჩვენ მიერ ჩატარებული ექსპერიმენტიდან უპირატესობა ეძლევა წყალბადსა და ალდგენილ რკინას, რადგან მათი საშუალებით ვერცხლის ქლორიდიდან ვერცხლის ალდგენა ხდება უფრო მოკლე დროში, ვიდრე ნახშირბადითა და ამორფული ბორით, და აგრეთვე პრაქტიკულად უფრო ადვილი განსახორციელებელია.

Ф. Н. ТАВАДЗЕ, Т. А. ДВАЛИ

ВОССТАНОВЛЕНИЕ ХЛОРИСТОГО СЕРЕБРА ГАЗАМИ И МЕТАЛЛАМИ

Резюме

В труде изучены процессы восстановления археологического серебра, пораженного ионом хлора, посредством газов и металлов.

На основе рассмотрения термодинамических реакций положительными восстановителями оказались водород, железо, углерод и бор.

Восстановление хлористого серебра посредством вышеуказанных элементов происходило в муфельной печи типа «Марса» в пределах от 200—500°C при раздраженности 10^{-2} атмосфера.

В результате проведенного эксперимента выяснилось что для восстановления хлористого серебра наилучшими оказались водород и восстановленный железный порошок с оптимальной температурой восстановления 500°.

Спектрографические и металлографические исследования подтвердили восстановление серебра.

ლა. №	ნივთის დასახელება	ნივთის აღმოჩენის ადგილი	ნივთის №	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Au
1	სარწყაულო	თრიალეთი	268—75	არა ცოტა	არა კვ	არა ცოტა	კვ "	კვ ცოტა	0,15 არის
2	აბზინდა	ქვასათალი	9—59 : 58	არა ცოტა	" ბევ	არა არის	არა ცოტა	კვ არის	0,25 0,20
3	სამაჯური	სამთავრო	12—54/7133	კვ	კვ	კვ	"	ცოტა	0,30
4	პინაკი	ვანი	1457/13	არა კვ	" "	არა კვ	არა კვ	კვ ცოტა	0,24 0,30
5	ცხენის გამოსახულება	ყუბან. ოლქ. ჩრდილ. კავ.	16—02/91— 3042	" "	" "	არა კვ	არა "	კვ კვ	0,38 0,28
6	შველის გამოსახულება	ყუბან. ოლქ. ჩრდილ. კავ.	16—02/89— 3043	არა კვ	არა კვ	არა კვ	" კვ	" "	0,27 0,30
7	აკანთოს ფოთოლი	ყუბან. ოლქ. ჩრდილ. კავ.	16—02/93— 3044	არა კვ	" "	არა კვ	არა კვ	" ცოტა	0,26 0,30
8	სურა	ცხინვალი	15—57/1	არა "	" "	არა არა	არა "	კვ არის	0,08 ცოტა
9	ბარძიმი	ხაიში	25—57/7	არა არა	" "	" ცოტა	" კვ	კვ ცოტა	0,24 > არის
10	ბარძიმი	ხაიში	25—57/8	კვ "	კვ ცოტა	არა არის	არა ცოტა	კვ არის	0,36 > არის
11	სარეცელის ფეხი	არმაზი	სამარხი № 1	" ცოტა	კვ "	არა ცოტა	არა არის	კვ ცოტა	0,24 > არის
12	სარეცელის ფეხი	არმაზი	სამარხი № 6	კვ ცოტა	" "	არა არის	არა "	კვ ცოტა	0,18 არის
13	ლანგარი	კლდეეთი	1—57/76	კვ ცოტა	" ცოტა	არა ცოტა	" "	კვ ცოტა	0,01 ცოტა
14	სარეცელის ფეხის გარსაკრავ.	ბაგინეთი		კვ "	კვ "	არა კვ	" > არის	კვ კვ	0,30 0,25
15	ილეკრო	აღმოჩ. ადგ. უცნობია	1—23/38	" "	" "	არა კვ	არა ცოტა	" "	0,18 0,25
16	ფარის უმბონ.	ჩრდ. კავკასია	2987	" არა	" არა	" "	არა არის	" ცოტა	0,29 0,35
17	აბზინდა	სამთავრო	12—54/5773	კვ	კვ	"	ცოტა	კვ	0,25
18	აბზინდა	"	12—54/12341	"	"	"	კვ	"	0,28
19	ლილი	"	12—54/12835	"	არის	"	არის	ცოტა	0,5

ანალოზის შედეგები პროცენტობით

Ni	Co	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Sn
არა	არა	არა	არა	2,7	0,69	94,88	არა	არა	არა	არა	არა
"	"	"	"	2—3	> არის	d. ბევ.	"	"	"	"	ქვ
"	"	"	"	42,1	ქვ	51,5	"	"	"	"	არა
"	"	"	"	ბევრ.	"	d. ბევ.	"	> ქვ	~ ბევ.	"	არა/ქვ
"	"	"	"	"	ცოტა	d. ბევ.	"	არა	"	ცოტა	"
"	"	"	"	44,4	0,4	52,2	"	ქვ	"	ქვ	არა
"	"	"	"	ბევრ.	ცოტა	d. ბევ.	"	არა	"	არა	ცოტა
"	"	"	"	0,6	ქვ	97,5	"	ცოტა	"	"	არა
"	"	ცოტა	"	არის	არის	d. ბევ.	"	"	"	"	ქვ
"	"	არა	"	0,6	ქვ	94,68	"	"	"	"	არა
"	"	"	"	არის	არის	d. ბევ.	"	"	"	"	ქვ
"	"	"	"	2,1	ქვ	91,6	"	"	"	"	არა
"	"	"	"	არის	არის	d. ბევ.	ქვ	ქვ	"	"	არა/ქვ
"	"	"	"	2,38	0,17	94,45	არა	არა	"	ქვ	არა
"	"	"	"	2,5	> არის	d. ბევ.	"	"	"	ცოტა	"
"	"	"	"	3,9	0,53	92,78	"	"	"	ქვ	"
"	"	"	"	2—3	> არის	d. ბევ.	"	"	"	არის	ცოტა
"	"	არა	"	3,4	0,64	92,28	არა	არა	არა	ქვ	ქვ
"	"	ქვ	"	2,5	> არის	d. ბევ.	ცოტა	"	"	არის	არა
"	"	არა	"	1,59	0,44	95,1	არა	"	"	ქვ	"
"	"	არა/ქვ	"	1,0	ცოტა	d. ბევ.	"	ქვ	"	არის	"
"	"	არა	"	2,17	0,27	95,2	"	"	"	არა	"
"	"	ცოტა	"	0,1	> ცოტა	d. ბევ.	"	"	"	"	ცოტა
"	"	არა	"	5,1	0,19	91,2	"	არა	"	ქვ	"
"	"	არა/ქვ	"	4,5	> არის	d. ბევ.	"	ცოტა	ქვ	~ ბევ.	არა
"	"	არა	"	0,1	0,6	97,4	"	არა	არა	ქვ	"
"	"	ცოტა	"	> ბევ.	ქვ	d. ბევ.	არა/ქვ	"	"	არა	"
"	"	არა	"	4,06	ქვ	60,1	არა	"	"	"	ქვ
"	"	"	"	> ბევ.	"	d. ბევ.	ქვ	"	ქვ	"	"
"	"	"	"	1,8	"	95,2	არა	ქვ	არა	"	"
"	"	არის	"	~ ბევ.	0,6	d. ბევ.	ცოტა	არა	ქვ	"	"
"	"	ქვ	"	"	არის	"	არა	"	არა	ქვ	"
"	"	არის	"	"	"	"	"	"	"	"	"
"	"	ქვ	"	"	"	"	"	"	"	"	"

აირების და ლითონების თერმოდინამიკური რეაქციები

№	რეაქცია	რეაქციის თავისუფალი ენერჯიის ტემპ. დამოკიდებულების განტოლება	რეაქციის რეალური ზედიზედ (K—კალ) ზედიზედ
1.	$\frac{1}{2} \text{H}_2$ აირი + $\frac{1}{2} \text{Cl}_2$ აირი = HCl აირი	$\Delta Z_T - 21770 + 0,99 T \lg T - 5,22 T$ კუბაშევსკიდან	298— —2100.
2.	Ag მყარი + $\frac{1}{2} \text{Cl}_2$ აირი = AgCl მყარი	$\Delta Z_T = -29870 + 12,32 T$ შედგენილია ჩვენ მიერ	298— —728
3.	Na მყარი + $\frac{1}{2} \text{Cl}_2$ აირი = NaCl მყარი	$\Delta Z_T - -99000 + 23,6 T$ კუბაშევსკიდან	298— —1073.
4.	C მყარი + 2Cl_2 აირი = CCl_4 აირი	$\Delta Z_T - -26250 - 5,16 T$ $\lg m + 49,32$ კუბაშევსკიდან	350— 800.
5.	αFe მყარი + Cl_2 აირი = FeCl_2 მყარი	$\Delta Z_T - -82770 - 6,98 T$ $J_g T + 50,84 T$ კუბაშევსკიდან	298— —950.
6.	CO აირი + Cl_2 აირი = COCl_2 აირი	$\Delta Z_T - -53300 + 31,5 T$ შედგენილია ჩვენ მიერ	298— —700.
7.	$\frac{1}{2} \text{N}_2$ აირი + 1H_2 აირი = 2NH_3 აირი	$\Delta Z_m - -12050 + 26,7 T$ კუბაშევსკიდან	298: 1000.

აირების და ლითონების თერმოდინამიკული რეაქციები

№	რეაქცია	რეაქციის თავისუფალი ენერჯიის ტემპ. და დამოკიდებულების განტოლება	ტემპერატურული მნიშვნელობა (K—კელვ.)
1.	$AgCl$ მყარი + $\frac{1}{2} H_2$ აირი = = Ag მყარი + HCl აირი	$\Delta Z = -8100 + 0,99 T \lg T - 17,54 T$ ჩვენ მიერ შედგენილი	298— 728
2.	$AgCl$ მყარი + Na სხვეალი = = Ag მყარი + $NaCl$ მყარი	$\Delta Z = -69130 + 11,20 T$ ჩვენ მიერ შედგენილი	298— 728
3.	4 $AgCl$ მყარი + C მყარი = = 4 Ag მყარი + CCl_4 აირი	$\Delta Z + 93230 = 5,16 T + 0,04 T^2$ ჩვენ მიერ შედგენილი	357— 728
4.	2 $AgCl$ მყარი + αFe მყარი = = 2 Ag მყარი + $FeCl_2$ მყარი	$\Delta Z T = -23030 - 6,98 T$ $\lg T + 26,20 T$ ჩვენ მიერ შედგენილი	298 728
5.	2 $AgCl$ მყარი + CO აირი = = 2 Ag მყარი + $COCl_2$ აირი	$\Delta Z = +6440 + 6,86 T$ ჩვენ მიერ შედგენილი	298
6.	3 $AgCl$ მყარი + NH_3 აირი = = 3 Ag მყარი + 3 HCl აირი + + $\frac{1}{2} N_2$ აირი	$\Delta Z = -36350 + 2,97 T$ $\lg T - 79,32 T$ ჩვენ მიერ შედგენილი	298— 728

აირების და ლითონების თერმოდინამიკული რეაქციები

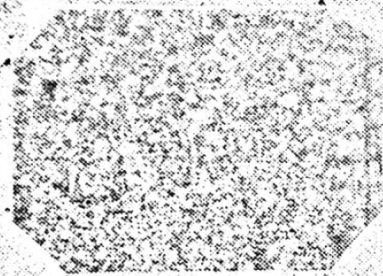
№	რეაქცია	თავისუფალი ენერჯიის მნიშვნელობა 600°C-ზე ანუ 327°-ზე
1.	$AgCl$ მყარი + $\frac{1}{2} H_2$ აირი = = Ag მყარი + HCl აირი	- 770 კალ.
2.	$AgCl$ მყარი + Na სხვეალი = = Ag მყარი + $NaCl$ მყარი	- 62360 კალ.
3.	4 $AgCl$ მყარი + C მყარი = = 4 Ag მყარი + CCl_4 აირი	+ 84700 კალ.
4.	2 $AgCl$ მყარი + αFe მყარი = = 2 Ag მყარი + $FeCl_2$ მყარი	- 18960 კალ.
5.	2 $AgCl$ მყარი + CO აირი = = 2 Ag მყარი + $COCl_2$ აირი	+ 10560
6.	3 $AgCl_2$ მყარი + NH_3 აირი = = 3 Ag მყარი + 3 NCl აირი + + $\frac{1}{2} N_2$ აირი	- 5700 კალ.

აღღგენილი ვერცხლის ნივთების ფრაგმენტების

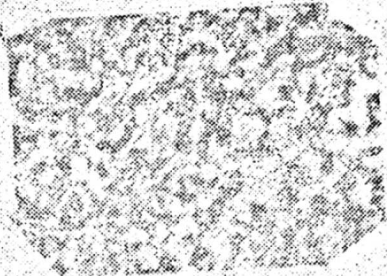
ლაბ. №	ნივთის დასახელება	აღღგენის ხასიათი	Si	Al	Mg	Ca	Fe	Au
1	ვერცხლის ნივთის ფრაგ.	წყალბადით	კვ	არა	არა	კვ	კვ	0,03
	" "	"	ცოტა	კვ	"	"	"	0,01
	" "	"	"	არა	"	"	ცოტა	კვ
	" "	"	კვ	კვ	კვ	არა	არის	0,2
	" "	"	არა	არა	"	"	კვ	0,15
2	" "	აღღგენ. რკინით	"	კვ	"	კვ	არის	კვ
	" "	"	კვ	"	კვ	"	კვ	0,35
	" "	"	"	"	"	"	ცოტა	0,16
	" "	"	არა	ცოტა	"	ცოტა	არა	კვ
	" "	"	ცოტა	კვ	"	კვ	კვ	0,05
3	" "	გააქტივ. ნახშირ.	კვ	არა	არა	"	"	0,4
	" "	"	"	კვ	"	არა	"	კვ
	" "	"	არა	"	კვ	კვ	არის	0,04
	" "	"	კვ	"	არა	"	ცოტა	0,15
4	" "	ამორფ. ბორით	კვ	"	"	"	"	0,1
	" "	"	არა	"	"	"	არის	კვ
	" "	"	"	"	"	"	ცოტა	"

სპექტრული ანალიზის შედეგები პროცენტობით

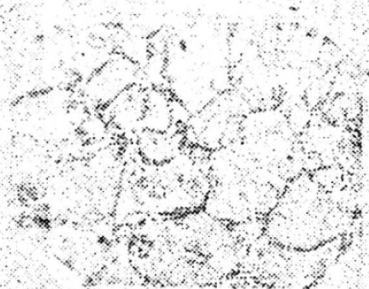
Ni	Co	Ti	Cr	Cu	Pb	Ag	Sb	Bi	As	Zn	Sn
არა	არა	არა	არა	0,95	0,8	ძ. ბევ.	არა	არა	არა	არა	არა/კვ
"	"	"	"	0,5	0,2	"	"	"	კვ	კვ	ცოტა
"	"	"	კვ	1,03	1,1	"	"	"	არა	არა	"
"	"	"	არა	2,0	2,5	"	"	"	კვ	კვ	"
"	"	"	"	კვ	კვ	"	"	> კვ	"	"	არა
"	"	"	"	0,65	1,3	"	"	"	"	"	კვ
"	"	"	ცოტა	1,45	0,75	"	"	"	"	"	კვ
"	"	"	არა	2,13	კვ	"	"	"	არა	არა	არა
"	"	"	"	0,65	1,03	"	"	არა	კვ	კვ	"
"	"	"	"	0,75	1,6	"	"	"	"	"	"
"	"	"	"	0,65	0,45	"	"	კვ	არა	არა	"
"	"	"	"	0,80	კვ	"	"	არა	"	"	კვ
"	"	"	"	1,15	0,65	"	"	"	კვ	კვ	"
"	"	"	"	2,4	კვ	"	"	"	"	"	ცოტა
"	"	"	კვ	1,07	0,45	"	"	"	არა	არა	არა
"	"	"	"	0,93	1,05	"	"	"	კვ	კვ	კვ
"	"	"	"	1,3	0,95	"	"	"	"	"	არა
"	"	"	"	კვ	0,55	"	"	"	"	არა	"
"	"	"	"	არის	ს,35	"	"	"	"	კვ	"



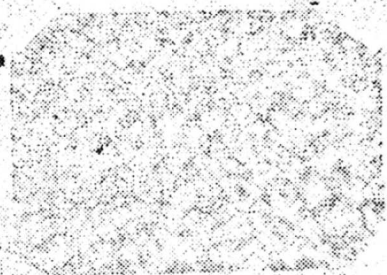
1



2



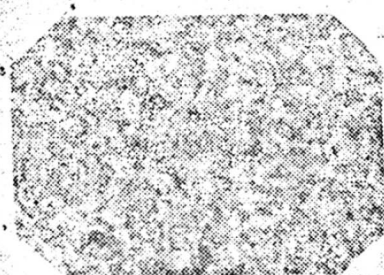
3



4



5



6

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდებში
 აღმოჩენილი მავნე მწერები და მათ წინააღმდეგ
 ბრძოლა

მუზეუმის ფონდებში დაცული ორგანული წარმოშობის ექსპონატები ზიანდებიან 70-მდე სახეობის მავნე მწერებით. ამათგან ყველაზე უფრო გავრცელებულია: რკილები—Anobiidae. ტყავიჭამიები—Dermestidae და ჩრჩილები—Tineidae.

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ეთნოგრაფიის განყოფილების ფონდებში დაცულ რიტუალურ პურებზე აღმოჩენილ იქნა პურის რკილი — *Stegobium paniceus*-ს, რომელიც ეკუთვნის Anobiidae-ბის ქვეოჯახს. Anobiidae-ის ქვეოჯახში შედის 110—115 სახეობა რკილებისა, რომელთაგანაც 25—26 მავნე სახეობას წარმოადგენს.

პურის რკილი კოსმოპოლიტია. ფართოდ არის გავრცელებული მთელს მსოფლიოში, გარდა უკიდურესი ჩრდილოეთისა. პოლიფაგია. პურის რკილის ხოჭო ეანგანჟერ-წითელი, მუქი ყავისფერი ან ღია ყავისფერია. მისი სხეულის სიგრძე 2—3,75 მმ უდრის და დაფარულია ხშირი აბრეშუმისებრი ბეწვებით. ხოჭო არ იკვებება. ფრენს მაის-ივნისში. ამავე პერიოდში ხდება მათი განაყოფიერებაც. დედლები მოგრძო, მომრგვალო თეთრი ფერის კვერცხებს დებენ სხვადასხვა საგნებზე.

ხელსაყრელ ტემპერატურულ პირობებში 5—6 დღეში კვერცხიდან 0,5 მმ სიგრძის თეთრი ფერის გრძელფეხებიანი მატლები იჩეკებიან. მატლების ზურგი ქაცვებითაა დაფარული. ფეხებისა და ქაცვების საშუალებით მატლები მოძრაობენ და ექსპონატების შიგნით შედიან, სადაც ცხოვრობენ მალულად, იკვებებიან და აკეთებენ თავის სხეულის ზომის სასველ ხვრელებს. მატლები 4-ჯერ იცვლიან კანს და აღწევენ მაქსიმალურ სიდიდეს.

ზრდასრული მატლები საკვები ნაწილაკებისაგან ექსპონატის

ზედაპირთან ახლოს პარკებს იკეთებენ, სადაც ისინი იჭუპრებენ. 15—20 დღის შემდეგ ჭუპრიდან გამოდის ხოჭო, რომელიც ღრღინის ექსპონატს და გარეთ გამოსასვლელ მრგვალ ხვრელებს აკეთებს. ამ ხვრელების დიამეტრი 2—3 მმ-ია და ყოველთვის შეესაბამება ხოჭოს სხეულის ზომას.

ხვრელებიდან, შეუღლების შემდეგ, პირველად მამლები გამოფრინდებიან, კვერცხების დადების შემდეგ კი დედლები. ხოჭოების გამოფრინის შემდეგ კი ექსპონატი იფარება ხოჭოს გამოსასვლელი მრგვალი ხვრელებით და ექსპონატის დაზიანებაც მხოლოდ მაშინ ხდება შესამჩნევი.

პურის რკილი-*Stegobium paniceus*-ს აზიანებს მარცვლეულს, ორცხობილას, ტყავეულს, წიგნებს, ჰერბარიუმებს, პურის პროდუქტებს, ზოოლოგიურ და ენტომოლოგიურ კოლექციებს და ისეთ საგნებს, რომლის შემადგენლობაშიც შედის ფქვილიანი წებო, სახამე-ბელო ან კლეისტერი.

მუზეუმის ფონდებში დაცულ ექსპონატებზე ტყავიჭამიების რამდენიმე სახეობა გვხვდება, რომელთაგანაც *Attagenus pellio*-ს ყველაზე მეტად გავრცელებულია. მისი მასობრივი გავრცელება ქ. ვოლგოგრადის, დონის-როსტოვის და ბუხარის მუზეუმებშიც აღინიშნება.

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ბიბლიოთეკის საცავში აღმოჩნდა ბეწვეულის ლაქებიანი ტყავიჭამია *Attagenus pellio*-ს ხოჭოს სხეული კვერცხისებურია, შუბლზე აქვს მარტივი (პატარა) თვალები. უღვაშები მოკლე 11-ნაწევრიანი. ხოჭო შავი ფერისაა. სხეულის სიგრძე 4—5,5 მმ-ია.

ბეწვეულის ლაქებიანი ტყავიჭამიას მატლი სიგრძით 6—9 მმ-ს აღწევს. აქვს მოშავო-მოყავისფრო სხეული. ბეწვეულის ლაქებიანი ტყავიჭამიას მატლი აზიანებს კერატინის შემცველ საგნებს (შალს, აბრეშუმს, ტყავს, ბეწვეულს, ბუმბულს, რქებს) მშრალ ზოოლოგიურ-ენტომოლოგიურ კოლექციებს და ფქვილიანი წებოთი რესტავრირებულ წიგნებს. დაზიანების შემთხვევაში ექსპონატებზე ტოვებენ მრგვალ ხვრელებს.

ეს მავნებელი ზამთრობს ხოჭოს სახით. დედალი ხოჭო კვერცხებს დებს აპრილში. ემბრიონული განვითარების ხანგრძლივობა 20 დღეს გრძელდება. კვერცხიდან გამოდის მატლი. მისი განვითარების პერიოდი 5—7 თვეს გრძელდება. ამ პერიოდში მატლი 7—11-ჯერ იცვლის კანს. უკანასკნელი ასაკის მატლები იჭუპრებენ გამოცვლილ კანში. ჭუპრის ხანგრძლივობა დამოკიდებულია გარე-

მო ტემპერატურაზე და გრძელდება 6—10 დღეს, ზოგჯერ კი 16—17 დღეს. ბეწვეულის ლაქებიანი ტყავიჰამია წელიწადში იძლევა ერთ თაობას.

მუზეუმში დაცული ექსპონატები ზიანდებიან სხვადასხვა სახეობის ჩრჩილებით, რომელთაგანაც უფრო გავრცელებულია ქურქის ანუ ბეწვეულის ჩრჩილი *Tinea pellionella*-ს, რომელიც გავრცელებულია ევროპაში, ჩრდილო აფრიკაში, ჩრდილო ამერიკაში, ინდოეთში, კუნძულ ცეილონზე, იაპონიაში, ავსტრალიაში, ახალ ზელანდიაში, აღმოსავლეთ და ცენტრალურ აზიაში.

აღნიშნული ჩრჩილის პეპელა პატარა ზომისაა, გაშლილი ფრთებით 11—17 მმ-ია. თავი ბეწვიანი, ყვითელი ფერისაა. წინა ფრთები ღია ყვითელია ან მუქი ყავისფერი, უკანა კი ღია ნაცრისფერი. ფრთების ნაპირი მოყვითალოა. პეპელა არ იკვებება, ახასიათებს მხოლოდ გამრავლების ფუნქცია.

პეპლები კვერცხებს დებენ: შალზე, ბუმბულზე, ბეწვზე, აბრეშუმის ქსოვილზე, ხავერდზე, მაუღზე, ხალიჩაზე, მშრალ ზოოლოგიურ და ენტომოლოგიურ (ცხოველებისა და ფრინველების, მწერების) კოლექციებზე, რომლებსაც მომავალი მატლები იყენებენ საკვებად.

კვერცხიდან გამოჩეკილი მატლი პატარა და მოთეთრო ფერისაა. იგი ღრღნის ექსპონატებს. მოღრღნილი ნაწილებით იკეთებენ ხალთას, რომელიც მატლის ზრდასთან ერთად გრძელდება და განიერდება. ხალთაში მატლი თავისუფლადაა მოთავსებული, კარგად მოძრაობს და ადვილად იცვლის ადგილსამყოფელს. ხალთა სხვადასხვა ფერისაა, მისი ფერი დამოკიდებულია საკვები სუბსტრატის ფერზე.

მატლი ზრდის დასრულების შემდეგ თავის ხალთას რამდენიმე აბრეშუმისებრი ძაფის საშუალებით ამაგრებს იმავე ექსპონატზე, რომელზედაც იკვებებოდა და იჭურებს. დაახლოებით 3 კვირის შემდეგ ჭურტიდან გამოფრინდება პეპელა. ქურქის ჩრჩილი წელიწადში იძლევა ორ და ზოგჯერ მეტ თაობას.

ქურქის ჩრჩილის მატლები დაზიანების შემთხვევაში ექსპონატებზე ტოვებენ 1 სმ სიგრძის ოვალური ფორმის ხვრელებს, რაც ექსპონატს შლის და უკარგავს გარეგნულ სახეს.

მწერების ბიოლოგიისა და დაზიანების გაცნობიდან ჩანს, რომ ზემოაღწერილი სახეობები აზიანებენ მუზეუმის ფონდებში დაცულ ორგანული წარმოშობის ექსპონატებს, რისთვისაც საჭიროა

მათ წინააღმდეგ ბრძოლის პროფილაქტიკური და მოსპობითი ღონისძიებების გამოყენება.

ბრძოლის პროფილაქტიკური მეთოდი, მწერების ცხოვრებისა და განვითარებისათვის არასასურველი პირობების შექმნას გულისხმობს, რაც გამოიხატება შემდეგში:

1) საფონდო ოთახები და ექსპონატები ხშირად უნდა იწმინდებოდეს მტერისაგან, რადგანაც მტვერი წარმოადგენს მწერების განვითარებისათვის საუკეთესო სუბსტრატს;

2) ზაფხულში მწერების გარედან შემოფრენის თავიდან აცილების მიზნით ფანჯრებს უნდა გაუკეთდეს დოლბანდი ან მეტალის ბადეები;

3) დაავადებული ექსპონატები იზოლირებულ უნდა იქნეს;

4) დაუშვებელია მუზეუმის ფონდებში მავნე მწერებით დაავადებული ექსპონატების შეტანა;

5) წიგნების დაზიანებას ხშირად იწვევს მათი ერთ ადგილას დიდხანს და უმოძრაოდ შენახვა, ამის გამო საჭიროა წიგნები წელიწადში ორჯერ მაინც გაიწმინდოს მტერისაგან, ფურცლები განიავდეს. უკეთესი იქნება, თუ წიგნებს ადგილსაც გამოუცვლით;

6) საფონდო ოთახში უნდა იქნეს დაცული ტენისა და ტემპერატურის სათანადო რეჟიმი;

7) აუცილებელია ექსპონატების მზეზე გამოტანა და გამზეურება, დაბერტყვა, განიავება. ეს ღონისძიება საჭიროა ჩატარდეს თბილ პერიოდში, რადგან ამ დროს ხდება მავნებელთა გამრავლება და საზიანო მოქმედება.

იმ შემთხვევაში, თუ ეს ზომები არ აღმოჩნდა საკმარისი და მავნებელი მაინც გამრავლდა, საჭიროა ჩატარდეს ბრძოლის უფრო რადიკალური საშუალებები, რაც ქიმიურ-ფიზიკურ და მექანიკური მეთოდების გამოყენებას გულისხმობს.

ზემოთ ჩამოთვლილი ღონისძიებების გამოყენებამდე საჭიროა დადგინდეს ფონდში მავნებლის რაოდენობა და სახეობა. რისთვისაც საჭიროა ფონდში დაცული ექსპონატების პერიოდული დათვალიერება, რომელიც მართალია, ზერელე ხასიათს ატარებს, მაგრამ, მიუხედავად ამისა, მავნებელთა გავრცელების დადგენის თვალსაზრისით, მეტად მნიშვნელოვან შედეგს იძლევა. დათვალიერება ტარდება 3-ჯერ. გაზახფულზე, ზაფხულში და შემოდგომაზე. თუ იატაკზე, კედლებზე და ფანჯრებზე აღმოჩნდება მცოცავი მატლები ეს ნიშნავს, რომ მათ დამაზიანებელი სტადია უკვე გაიარეს, დატოვებს თავიანთი ფარული საცხოვრებელი ადგილები და გადავიდნენ

ლეგალურ ცხოვრებაზე. ნაპოვნი მწერებით ვაღდგნთ მათი გამო-
სვლის ვადებს, რაოდენობასა და სახეობებს. ამის შემდეგ ირჩევენ
დამუშავების სათანადო მეთოდს.

ექსპონატების სუსტად დაზიანების შემთხვევაში მიმართავენ
ბრძოლის მექანიკურ მეთოდს, რომლის დროსაც ექსპონატები
იწმინდება ქიმიური ხსნარით.

ექსპონატების მავნე მწერებით ძლიერი დაზიანების შემთხვე-
ვაში მიმართავენ ბრძოლის ქიმიურ მეთოდს, რომელიც გული-
სხმობს ინსექტიციდების (შხამების) გამოყენებას და აგრეთვე ფუმი-
გაციას.

ტყავიკამიები და რკილები დაზიანების შედეგად ექსპონატებზე
ტოვებენ ხვრელებს, რომელშიც შპრიცის საშუალებით ასხურებენ
1—5 %-იან დდტ-ს ხსნარს. თუ ჩრჩილით დაზიანებულია ტანსა-
ცმელი, ხალიჩები და ფიტულები, ისინი პირეტრუმით მუშავდება.

ფუმიგაციის შემთხვევაში იყენებენ შემდეგ ფუნგიციდებს:
ქლორპირინს, ბრომმეთილს, დიქლორბენზოლს და ქლოროფორმს.
ფუმიგაციის უპირატესობა ბრძოლის სხვა მეთოდებთან შედარე-
ბით იმაში გამოიხატება, რომ ქიმიკატი გაზისებრ მდგომარეობაში
შედის ყველა ხვრელში, ნაპრალში, იატაკის ქვეშ, საგნებში, ქსოვი-
ლებში და იჩენს მაღალ ტოქსიკურ თვისებას. ამით იგი უზრუნველ-
ყოფს მწერების, მათი კვერცხებისა და მატლების დაღუპვას.

მაგრამ ამ მეთოდს აქვს უარყოფითი მხარეც: რთულია მისი გა-
მოყენების ტექნიკა, ზემოთ ჩამოთვლილი პრეპარატები საშიშია
ადამიანის ჯანმრთელობისათვის, ამიტომ მათი გამოყენების შემთ-
ხვევაში, მუშაობა უნდა ჩატარდეს უშიშროების ტექნიკის სრული
დაცვით — წინასწარ შემოწმებული აირწინალებითა და სპეციალუ-
რი ტანსაცმლით.

Н. Н. НЕПАРИДЗЕ

ОБНАРУЖЕННЫЕ В ГОСУДАРСТВЕННОМ МУЗЕЕ ГРУЗИИ

Вредные насекомые и борьба с ними

Резюме

Экспонаты органического происхождения (дерево, ткань, кожа, бумага) составляющие большую часть коллекции му-

зая, нуждаются в постоянной защите и хранении. Большую угрозу для этих экспонатов представляют насекомые вызывающее их разрушение.

В статье дается биология вредителей моли—Tineidae, точильщики Anobiidae, кожаеды—Dermestidae, обнаруженных в фондах музея Грузии. Характер повреждения экспонатов и методы борьбы с ними—профилактический, механический и химический.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА

1. И. Н. Т о с к и н а, Жуки—точильщики подсемейства Anobiinae систематика, биология и меры борьбы. Автореферат, М., 1975.
2. Р. Д. Ж а н т и е в, Зоологический журнал, т. 52, вып. 2, 1973.
3. И. Н. Т о с к и н а, Насекомые—разрушители музейных ценностей, профилактика и борьба. Биокоррозия, биоповреждения, обрастания, М., 1976.

ადრე და შუაბრინჯაოს ხანის ლითონის ნაწარმი
კახეთიდან

უკანასკნელ ხანებამდე კახეთის ტერიტორიიდან ძირითადად ცნობილი იყო ბრინჯაოს ხანის გვიანდელი საფეხურის მასალები, მაგრამ ამ ბოლო დროს ფართოდ გაშლილი არქეოლოგიური სამუშაოების შედეგად გამოვლენილი იყო ადრეული ხანის ძეგლები. ირკვევა, რომ იორ-ალაზნის ორმდინარეთი ბრინჯაოს კულტურის დასაწყისიდან უკვე საკმაოდ ფართოდაა ათვისებული. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ალაზნის ველზე გათხრილი ყორღანები, რომლებიც ძვ. წ. III ათასწლეულის ბოლო საუკუნეებით თარიღდება და ე. წ. ალაზან-ბედენურ კულტურას მიეკუთვნება¹. ამთგან საყურადღებოა წნორის მახლობლად გათხრილი ორი მოზრდილი ყორღანი (ალაზნის №№ 1 და 2), რომლებიც გამოირჩევა თავისი მდიდრული მასალით. ეს კულტურა ამ ბოლო დროს გამოვლინდა ქვემო ქართლსა და კახეთში და როგორც ჩანს, იგი უშუალოდ მოსდევდა მტკვარ-არაქსის კულტურას. ამ პერიოდიდან ჩვენში მეტალურგია და ლითონდამუშავება კიდევ უფრო მაღალ საფეხურზე აღის. განსაკუთრებით აღსანიშნავია ის, რომ ამ დროს ეყრება საფუძველი ოქრომჭედლობას; წნორის დიდ ყორღანებში ნაპოვნი იყო ოქროსა და ვერცხლისაგან ნაკეთები შესანიშნავი ნივთები: ოქროს ლომის ქანდაკება, ორვოლუტიანი საკინძები, მძივები და სხვ. ვერცხლის ასეთივე საკინძები, სამაჭურები, ბრინჯაოს სატევრები თუ დანები, მანჭვლები და სხვ.² როგორც ჩანს, წინა აზიასთან არსებულმა ახლო კონტაქტებმა ძვ. წ. III ათასწლეულში განაპირობა საიუველირო საქმის ჩასახვა და განვითარება ჩვენში.

მეტალურგიის განვითარების შემდგომ საფეხურს უნდა მო-

¹ Ш. Ш. Д е д а б р и ш в и л и, Курганы Алазанской долины. Тб., 1979, с. 59.

² იქვე, გვ. 36, 42, 43.

წმობდეს ამ ყორღანებში მოპოვებული კალიანი ბრინჯაოსაგან ნაკეთები ნივთები. ჯერჯერობით ეს კალიანი ბრინჯაოს უადრესი ნივთებია ჩვენში³. ამავე პერიოდის რამდენიმე კალიანი ბრინჯაოს ნივთი ცნობილია სომხეთიდანაც. აქამდე ჩვენში გავრცელებული იყო მოსაზრება, რომ ამიერკავკასიაში კალიანი ბრინჯაო ვრცელდება შუაბრინჯაოს ხანიდან. ამ ახალი აღმოჩენების შედეგად სრულიად ახლებურად უნდა დაისვას საკითხი ჩვენში კალის გამოყენების შესახებ. როგორც ჩანს, კალის შემოსვლის თარიღი ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ძვ. წ. III ათასწლეულის მიწურულიდან უნდა ვივარაუდოთ.

კახეთიდან ჩვენ ქიმიურად შევისწავლეთ 27 ნივთი⁴, რომელთა უმრავლესობა ყორღანებიდან მომდინარეობს. დანარჩენი შემთხვევითი აღმოჩენებითაა მოპოვებული. ადრებრინჯაოს ხანით თარიღდება 14 ნივთი: ისრისპირი, სატევარი, მანჭვალი და სარკე ხრამებიდან (ტაბ. I₁₋₄); სატევრისპირი, მანჭვალი და სადგისი თელებიდან (ტაბ. II₆₆₋₆₇); ორი სატევარი თუ დანა და მანჭვალი ალაზნის №№ 1 და 2 ყორღანებიდან (ტაბ. II₈₋₁₀). შუბისმაგვარი იარაღი ილტოს ხეობიდან (ტაბ. III₁₁), ყუადაქანებული ცული სიონიდან (ტაბ. III₁₃), ყუადაქანებული ცული მთისძირიდან (ტაბ. III₁₄)⁵ და ოთხწახნაგა სადგისი წითელგორებიდან (ტაბ. III₁₂).

შუაბრინჯაოს ხანისაა საკინძები და რგოლი შვინდიანიდან (ტაბ. III₁₅₋₁₇), სატევრები — საკობიანოდან (ტაბ. IV₁₈), წითელწყაროდან (ტაბ. IV₁₉), ვაისწყლებიდან (ტაბ. IV₂₀), ზემო ალვანიდან (ტაბ. IV₂₁) და შუბისპირი ქისტაურიდან (ტაბ. IV₂₂).

შუადან გვიანბრინჯაოს ხანაზე გარდამავალ პერიოდს ეკუთვნის სატევრები და ლახტისა და კვერთხისთავეები ზემო ბოდბედან (ტაბ. V). ნივთების ქიმიური შედგენილობა განსაზღვრულია სპექტრულ-რაოდენობითი ანალიზით აკად. ს. ჯანაშიას სახ. საქართველოს სა-

³ Ш. Ш. Д е д а б р и ш в и л и, დასახ. ნაშრომი, გვ. 11, 62.

⁴ ნივთები დათარიღეს და შესასწავლად მიგვაწოდეს აკად. ჯ. ჯავახიშვილის სახ. ისტორიის, არქეოლოგიისა და ეთნოგრაფიის ინსტიტუტის № 1 და 2 არქეოლოგიური ექსპედიციების ხელმძღვანელებმა ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორმა კ. ფიცხელაურმა და ისტორიის მეცნიერებათა კანდიდატმა შ. დედაბრიშვილმა. მათივე თაავზიანი ნებართვით ვაქვეყნებთ ამ მასალას.

⁵ ცული შეიძინა საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის კახეთის არქეოლოგიურმა ექსპედიციამ 1974 წელს არეშში, იგი შემთხვევით არის აღმოჩენილი მთისძირში. ექსპედიციის ხელმძღვანელმა ისტორიის მეცნიერებათა დოქტორმა პროფ. ლ. ქილაშვილმა ნება დააგერთო გვესარგებლა აღნიშნული ცულის ქიმიური ანალიზით.

ხელმწიფო მუზეუმის ქიმიურ-სარესტავრაციო ლაბორატორიაში უმცროსი მეცნიერი თანამშრომლის ნ. სარაჯიშვილის მიერ. ქიმიურ ცხრილებსა და ტაბულებზე ნივთები ერთი და იგივე ნომრით მიდის. ქიმიურ ცხრილებშივეა მოცემული ყველა ცნობა მათ შესახებ.

1975 წელს ნუკრიანის მინდვრებში (ხრამები) გათხრილ № 1 ყორღანში აღმოჩნდა ჩაშვებული სამარხი, რომელიც სულ ოთხ ლითონის ნივთს შეიცავდა ოთხწახნაგა ისპრისპირს, სატევარს გრძელი ყუნწით, მანკვალს დისკოიდალური თავითა და სარკეს (ტაბ. I₁₋₄).

ნუკრიანის ისრისპირის მსგავსი ცალები კარგადაა ცნობილი მტკვარ-არაქსის კულტურაში და საერთოდ ძველალმოსავლურ სამყაროში. სატევრისპირი პატარა ზომისაა — 15 სმ სიგრძის, აქვს სამკუთხა პირი, გრძელი და ფართო ყუნწით; იგი თითქოს უახლოვდება თრიალეთის სატევრებს ადრეული ყორღანებიდან. აღსანიშნავია აქ აღმოჩენილი მანკვალი დისკოიდალურ თავით და მოკლე ყუნწით; ასეთივე მანკვლები ნაპოვნი იყო ალაზნის № 2 ყორღანში, იგი გარკობილი ყოფილა ხის ეტლში⁶ (ტაბ. II₁₀). ამ მანკვლებს მკვლევრები დეკორატიულ დანიშნულებას მიაწერენ⁷. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ თითქმის სავსებით ანალოგიურია ბედენის, ნულისა და ქვასათალის დისკოიდალური საკინძები, რომლებსაც ალაზნის ეგზემპლარებისაგან განასხვავებს გრძელი ყუნწი. რაც შეეხება სარკეს (მისი დანიშნულება საბოლოოდ არ არის გარკვეული), იგი მოზრდილი ზომისაა — მისი სიგრძე ტარის გარეშე 17 სმ-ია, უდიდესი სიგანე 14 სმ. ყუნწის სიგრძე — 4 სმ. ზემოთა ნაწილი სფერულია, ყუნწისაკენ ვიწროვდება. შემდეგ კუთხეს ქმნის და სწორხაზოვნად უერთდება ყუნწს (ტაბ. I₄). მოკლე ყუნწი, ჩანს, ხის ან ძვლის სახელურში ჯდება.

ოთხივე ნივთი დამზადებულია დარიშხანიანი სპილენძისაგან. ისრისპირში, სატევარსა და მანკვალში დარიშხანი თითქმის თანაბარი რაოდენობითაა 2—2,3%-მდე (ან. 1—3), სარკეში კი მისი რაოდენობა 6,3%-ს აღწევს (ან. 4). სარკე გამოირჩევა აგრეთვე მინარევების სიმრავლით: იგი შეიცავს 2,5% თუთიას და 0,8% ვერცხლს. სატევარში აღმოჩნდა 1,4% ტყვია და 0,6% ნიკელი (ან. 2). სხვა მინარევებიდან ამ ნივთებში უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოდგენილია კალა, რკინა, ტყვია, თუთია, ანტიმონი, ნიკელი და

⁶ შ. შ. დედაბრიშვილი, დასახ. ნაშრომი, გვ. 43, ტაბ. XIV.

⁷ იქვე, გვ. 60.

ვერცხლი. კობალტი კვალის სახით აღინიშნა ისრისპირში, მანგანუმი კი დისკოიდალურ მანკვალში (ან. 1, 3).

თავისი ქიმიური შედგენილობით საინტერესოა თელებში (ალავერდი I) ნაპოვნი ოთხწახნაგა სადგისი (ტაბ. II₇), რომელიც 11,3% კალას შეიცავს. კალასთან ერთად მასში აღმოჩნდა 1,8% ტყვია და 1,9% დარიშხანი (ან. 7). დანარჩენი ორი ნივთი — სატევარი და მანკვლის ფრაგმენტი (ტაბ. II₅, 6) დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა ნაკეთები, მაგრამ სატევრისპირში 6,6% თუთიაც აღმოჩნდა (ან. 5, 6).

კალის მაღალი შემცველობით ხასიათდება აგრეთვე ორივე სატევარი თუ დანა ალაზნის № 1 ყორღანიდან (ტაბ. II₈, 9). პირველი 14,6% კალასთან ერთად შეიცავს 6,8% ტყვიას და 2,3% დარიშხანს, 0,5% ანტიმონს და 1%-მდე რკინას (ან. 8). მეორე სატევარში აღმოჩნდა 15,2% კალა, 1,4% დარიშხანი და 1%-მდე რკინა (ან. 9). აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ ორივე ეს სატევარი ძალზე კოროდირებული იყო და შესაძლოა ამიტომ კალის შემცველობა რამდენადმე გაზრდილია, მაგრამ ასეა თუ ისე, ყოველ შემთხვევაში იგი მნიშვნელოვანი რაოდენობით აღინიშნა ადრეული ხანის ნივთებში; ალაზნის № 1 ყორღანის თარიღი კი, რომელიც რადიონახშირბადის მეთოდით განისაზღვრა თბილისის სახელმწიფო უნივერსიტეტისა და ლოს-ანჯელესის ლაბორატორიებში, 2155 ± 50 და 2170 ± 50 — 90 წწ. ფარგლებშია და შეიძლება ითქვას, რომ შ. დედაბრიშვილის მიერ მოცემული წინასწარი თარიღი XIII—XXI სს. დაემთხვა ზემოაღნიშნულ თარიღებს⁸. ამრიგად, თელების ოთხწახნაგა სადგისთან ერთად, ალაზნის № 1 ყორღანის სატევრები პირველი ნივთებია ადრებრინჯაოს ხანისა საქართველოდან, რომლებიც კალიანი ბრინჯაოსაგანაა ნაკეთები⁹.

დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა ნაკეთები შუბისმაგვარი იარაღი, რომელიც შემთხვევითაა ნაპოვნი 1975 წელს ილტოს ხეობაში¹⁰, მას აქვს მოკლე, ფოთლისებრი პირი, ქედი ოდნავ შემადლებული, ღერო გრძელი, რომელიც ქვემოთკენ თანდათან განიერდება, შემდეგ კი ვიწროვდება და მოკაკული ყუნწით ბოლოვდება (ტაბ. III₁₁). იგი რამდენადმე უხეშადაა ნაკეთები, ზედაპირი არ არის საბოლოოდ დამუშავებული. კახეთში მსგავსი იარაღი მანამდე

⁸ შ. შ. დედაბრიშვილი, დასახ. ნაშრომი, გვ. 25.

⁹ იქვე, გვ. 62.

¹⁰ იქვე, გვ. 54, ტაბ. XIV₆.

არ აღმოჩენილა. როგორც ცნობილია, ამ ტიპის იარაღი კარგადაა ცნობილი წინა აზიაში ძვ. წ. III ათასწლეულში, ჩვენში იგი ჩნდება მტკვარ-არაქსის კულტურის გვიანდელ საფეხურზე. კახური ეგზემპლარი თავისი ფორმით თითქოს უფრო ახლო დგას საქართველოში შემთხვევით აღმოჩენილ შუბისმაგვარ იარაღთან, რომელიც მოსკოვის ისტორიულ მუზეუმშია დაცული¹¹. ამავე ტიპისაა ოღონდ უფრო პატარა ზომის, ზემო ავჭალაში 1928 წელს შემთხვევით აღმოჩენილი იარაღი, რომელიც ხანლარის (აზერბაიჯანი) მუზეუმში ინახება¹². აქვე უნდა ითქვას, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე და საერთოდ კავკასიაში მოპოვებული შუბისმაგვარი იარაღებიც დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა დამზადებული¹³. როგორც ცხრილიდან ჩანს, ილტოს შუბისმაგვარი იარაღის ტარისა და პირის ქიმიური შედგენილობა თითქმის იდენტურია (ან. 11).

კახეთის ტერიტორიიდან ამ ბოლო დრომდე არც ცულები ყოფილა ცნობილი, ამდენად მეტად საინტერესოა სიონის ნამოსახლარზე მოპოვებული ყუადაქანებული ცული (ტაბ. III₁₁), რომელიც თითქმის სუფთა სპილენძისაგანაა ჩამოხსმული — შეიცავს მხოლოდ 0,5% დარიშხანს (ან. 13). ამ ცულის ზუსტი ანალიზია ყიზილ-აჯლოს ცული, რომელიც შემთხვევითაა ნაპოვნი მარნეულის მახლობლად¹⁴, შეიცავს 1,05% დარიშხანს და 1,80% ანტიმონს¹⁵.

კახეთიდან კიდევ ერთი ყუადაქანებული ცულია ცნობილი, შემთხვევით აღმოჩენილი მთისძირში 1974 წელს (ტაბ. III₁₄), ნაკეთებია დარიშხანიანი სპილენძისაგან — შეიცავს 3,1% დარიშხანს (ან. 14). მსგავსი ცულები ჩვენში ცნობილია აღმოსავლეთ საქართველოდან და ისინიც დარიშხანიანი სპილენძისაა¹⁶.

დაბოლოს კიდევ ერთი ნივთი ადრებრინჯაოს ხანისა კახეთიდან — ოთხწახნაგა სადგისი წითელგორებიდან (ტაბ. III₁₂), ნაკეთებია მცირემინარეებიანი სპილენძისაგან, შეიცავს 0,5% ტყვიას, 0,05% თუთიას და კვალის სახით ნიკელსა და ვერცხლს (ან. 12).

¹¹ Б. А. К у ф т и н, Археологические раскопки в Триалети, Тб., 1941, с. 12, рис. 9.

¹² იქვე გვ. 10, სურ. 7.

¹³ ტ. ა ბ ე ს ა ძ ე, ლითონის წარმოება ამიერკავკასიაში ძვ. წ. III ათასწლეულში თბ., 1969, გვ. 61; Е. Н. Ч е р н ы х, История древнейшей металлургии Восточной Европы, М., 1966, табл. II.

¹⁴ დ. ქ ო რ ი ძ ე, ახლადაღმოჩენილი არქაული ცული სოფ. ყიზილ-აჯლოდან, საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის მოამბე, ტ. XXIV—B, 1963, გვ. 23.

¹⁵ ტ. ა ბ ე ს ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 51, ცხრ., 4.

¹⁶ იქვე, ტაბ. IV, ცხრ. 4.

სამწუხაროდ, ვერ მოხერხდა სიღნაღის მხარეთმცოდნეობის მუზეუმში დაცული ადრეული ხანის ლითონის რამდენიმე ნივთის, კერძოდ ორკოლუტიანი საკინძისა და ოთხწახნაგა სადგისების ქიმიური შედგენილობის განსაზღვრა. მათი აღმოჩენის ზუსტი ადგილი არ არის ცნობილი, მაგრამ კ. ფიცხელაურის ვარაუდით იპინი სიღნაღის რაიონის ფარგლებს გარეთ არ უნდა იყოს ნაპოვნი¹⁷. ადრებრინჯაოს ხანის მოგვიანო საფეხურით ათარილებს კ. ფიცხელაური სოფ. ნუკრიანის სამხრეთით ადგილ „ნახაზინარში“ 1954 წელს მეცხვარეების მიერ დანგრეულ ყორღანულ სამარხში ნაპოვნ სატევრისპირს. არც მისი ქიმიური შედგენილობაა განსაზღვრული. ეს სატევარი ბრტყელია, უქედო პირით, მრგვალი მხრებითა და გახვრეტილი ყუნწით¹⁸.

შუაბრინჯაოს ხანის მასალებიდან, როგორც ზემოთ აღინიშნა, ქიმიურად შესწავლილია სატევრები საკობიანოდან, წითელწყაროდან, ვაისწყლებიდან და ზემო ალვანიდან; შუბისპირი ქისტაურიდან (ტაბ. IV), პირამიდალურთავიანი საკინძები და რგოლი შვინდიანიდან (ტაბ. III₁₅₋₁₇) და აგრეთვე შუადან გვიანბრინჯაოს ხანაზე გარდამავალი ხანის სატევრები და ლახტისთავეები ზემო ბოდბედან.

საკობიანოს სატევარი, რომელიც დანგრეულ სამარხშია ნაპოვნი 1965 წ.¹⁹ გამოირჩევა თავისი ფაქიზი ფორმებით. აქვს გრძელი ყუნწი ერთი ნახვრეტით, სიმეტრიული მხრები (ტაბ. IV₁₈). წითელწყაროს სატევარი შემთხვევით არის აღმოჩენილი (მასწავლებელ მენტეშაშვილის კოლექცია), აქვს განიერი ყუნწი ერთი ნახვრეტით, მხრები ვიწრო და დაქანებული (ტაბ. IV₂₀). ყუნწმოტეხილია ვაისწყლის № 1 ყორღანში მოპოვებული სატევარი, აქვს სწორი მხრები, წინა სატევრებისაგან განსხვავებით მისი ფოთლისებრი პირი ბოლოში მომრგვალებულია (ტაბ. IV₁₉). აღსანიშნავია, რომ სამივე სატევარი უქედოა — ოდნავ შესქელებულია შუა ნაწილში. სამივე სატევარი დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა დამზადებული, დარიშხანის შემცველობა 4,2% -დან 7,3% -ს აღწევს. მადნისეული მინარეგებიდან უმნიშვნელო რაოდენობით წარმოდგენილია კალა, ტყვია, რკინა, თუთია, ნიკელი, ვერცხლი და კობალტი (ან. 18—20).

საკობიანოს სატევრისპირი თავისი ფორმით ახლო დგას თრია-

¹⁷ კ. ფ ი ც ხ ე ლ ა უ რ ი, ორ-ალაზნის ტერიტორიაზე მოსახლე ტომთა უძველესი კულტურა, თბ., 1965, გვ. 36.

¹⁸ იქვე, გვ. ტაბ. 1, გ.

¹⁹ III. III. Д е д а б р и ш в и л и, დასახ. ნაშრომი, გვ. 18, ტაბ. XIV₄.

ლეთის კულტურაში კარვად ცნობილ სატევრებთან, განსაკუთრებით 1965 წელს შულავერის № 1 ყორღანში აღმოჩენილ სატევართან. რომელიც აგრეთვე დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა ნაკეთები²⁰. წააგავს აგრეთვე მეტეხში აღმოჩენილ სატევრებს, მაგრამ განსხვავდება მისგან ქიმიური შედგენილობით. მეტეხის სატევრები კალიანი ბრინჯაოსია²¹.

წითელწყაროს სატევარი ფორმით უახლოვდება ახჩიის ველის ყორღანებში აღმოჩენილ სატევრებს, რომელთაგან ორი კალიანი ბრინჯაოსია, ერთი კი დარიშხანიანი სპილენძის²².

შუაბრინჯაოს ხანის მიწურულს ან ეგებ უფრო გარდამავალ პერიოდს შუადან გვიანბრინჯაოს ხანაზე უნდა მიეკუთვნებოდეს 1972 წელს ზემო ალვანში „ქვაბულების სამარხში“ ნაპოვნი სატევარი, რომელიც სრულიად განსხვავებული ფორმისაა — მხრებთან განიერი, შემდეგ თანდათან ვიწროვდება, უყუნწოა. მხრებთან აქეთიქით და შუაში აქვს სამი სამანკველ ნახვრეტი ტარის დასამაგრებლად. ამ სატევარზე უკვე შეიმჩნევა ქედი, კიდეები მკრელია და საერთოდ ფაქიზადაა ნაკეთები (ტაბ. IV₂₁). ზემოგანხილული სატევრებისაგან იგი გამოირჩევა არა მარტო ფორმით, არამედ ქიმიური შედგენილობითაც — დამზადებულია კალიანი ბრინჯაოსაგან: 12,5% კალასთან ერთად შეიცავს 1,3% ტყვიას და 1,4%, დარიშხანს, უმნიშვნელო რაოდენობით რკინას, ანტიმონს, ნიკელს ვერცხლსა და ოქროსა (ან. 21).

კალიანი ბრინჯაოსია აგრეთვე 1976 წელს ქისტაურის № 2 ყორღანის ყრილში აღმოჩენილი შუბისპირი²³; იგი მასრაშეკრულია, პირზე მკვეთრადაა გამოყვანილი ქედი, საერთოდ ფაქიზადაა ნაკეთები (ტაბ. IV₂₂). წინა სატევრის მსგავსად ეს შუბისპირიც დიდი რაოდენობით შეიცავს კალას — 13,2%. კალასთან ერთად შეიცავს 1,6% დარიშხანს და 1,25% ტყვიას. უმნიშვნელო რაოდენობით დადასტურებულია რკინა, თუთია, ანტიმონი, ნიკელი, კობალტი და ქრომი (ან. 22).

²⁰ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, სმუხუელო ექსპონატების რესტავრაცია, კონსერვაცია, ტექნოლოგია, I, თბ., 1974, გვ. 66, 67, ტაბ. II₁₈.

²¹ იქვე, გვ. 68, 69, ტაბ. II, ან. 31, 32.

²² ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 66, 67, ტაბ. II₁₇, 18. ²⁰ (ან. 17, 19 :20).

²³ ახლახან მსგავსი სატევარი აღმოჩნდა შულავერში.

²⁴ Ш. Ш. Д е д а б р и ш в и л и, დასახ. ნაშრომი, გვ. 54. ტაბ. XIV₉.

დარიშხანიანია აგრეთვე 1969 წელს შვინდიანში აღმოჩენილი პირამიდალურთავიანი საკინძები, ერთი ნახვრეტით ლეროზე (ტაბ. III₁₅, 16). ორივე დარიშხანიანი სპილენძისაგანაა დამზადებული, დარიშხანის რაოდენობა საკმაოდ მაღალია — 7,5 და 6,5%. მადნისეული მინარევებია — კალა, ტყვია, რკინა, თუთია, ანტიმონი, ნიკელი, ოქრო და ვერცხლი (ან. 15, 16). პირამიდალურთავიანი საკინძები საერთოდ ცნობილია თრიალეთის კულტურაში, მათ ვხვდებით ქვასათალისა და ნულის სამარხებში. ერთ-ერთი პირამიდალურთავიანი საკინძი ნულიდან კალიანი ბრინჯაოსია — შეიცავს 2,85% კალას, 1,8% ტყვიას და 1,9% დარიშხანს²⁵. მსგავსი საკინძი ნულიდან 6% -ზე მეტ დარიშხანს შეიცავს²⁶.

იმავე სამარხიდანაა პაწია რგოლი (ტაბ. III₁₇), რომელიც ძალზე მდიდარია მინარევებით, მასში აღმოჩნდა 1,8% დარიშხანი, 2,5% ტყვია, 1,1% თუთია, 0,8% ვერცხლი, 0,5% ნიკელი, 0,4% ანტიმონი და მთავარი მალეგირებელი კომპონენტი კალა 5,7%. კვალის სახით აღინიშნა ოქრო და ქრომი (ან. 17).

როგორც ზემოთ აღინიშნა, შუადან გვიანბრინჯაოს ხანაზე გარდამავალ პერიოდს მიეკუთვნება 1972 წელს ზემო ბოდბეს №№ 4, 5 და 7 ყორღანებში მოპოვებული სატევრები და ლახტისა და კვერთხისთავები (ტაბ. V₂₃₋₂₇). ამ ტიპის სატევრები ცნობილია აღმოსავლეთ ამიერკავკასიიდან და ფორმით ისინი უახლოვდებიან წინააზიურ ეგზემპლარებს. რამდენადმე უახლოვდება ამ სატევრებს ყიზილ-ვანქისა და არიჩის სატევრები. ყიზილ-ვანქის სატევარს ა. მარტიროსიანი ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველი მეოთხედით ათარიღებს²⁷. არიჩის სატევარი კალიანი ბრინჯაოსია, შეიცავს 6,2% კალას²⁸.

ქიმიურად შესწავლილია ზემო ბოდბეს სატევრების როგორც პირის, ისე ტარის ქიმიური შედგენილობა; ყველა ისინი თუთიანარევი კალიანი ბრინჯაოსგანაა ჩამოსხმული, მინარევებიდან უმნიშვნელო რაოდენობით აღინიშნა ტყვია და რკინა, კვალის სახით ნიკელი, ვერცხლი და ტიტანი: დარიშხანი და ანტიმონი არ აღმოჩნდა

²⁵ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, დასახ. ნაშრომი, გვ. 70, 71, ტაბ. III₃₅, ან. 55.

²⁶ იქვე, გვ. 70, 71, ტაბ. III₃₄; ან. 54.

²⁷ А. А. М а р т и р о с я н, Армения в эпоху бронзы и раннего железа, Ер., 1964, с. 54, 55.

²⁸ А. Ц. Г е в о р к я н, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Диссертация на соискание ученой степени канд. историч. наук., Рукопись, М., 1972 с. 167, 168, ан. 11286.

(ან. 23—25). № 4 ყორღანის სატევრის ტარისა და პირის ქიმიურ შედგენილობას შორის ძალზე მცირე განსხვავებაა: პირი კალას შეიცავს 7% -ს, ტარი კი 7,8% -ს; თუთიის პირი — 2,7% -ს, ტარი — 2,0% -ს; პირი რკინას — 0,2% -ს, ტარი — 0,03% -ს (ან. 23). ჩანს, რომ ზემოაღნიშნული სატევრის ტარი და პირი ერთი კაზმის ლითონიდანაა ჩამოსხმული.

№ 5 ყორღანის სატევრის ტარსა და პირს შორის უკვე საკმაოდ დიდი სხვაობაა: პირი კალას შეიცავს 4,8% -ს, ტარი კი 7,8% -ს; თუთიას პირი — 1,5% -ს, ტარი კი 1,7% -ს (ან. 24).

ასევე დიდია განსხვავება № 7 ყორღანის სატევრის ტარსა და პირს შორის; პირში აღმოჩნდა 5% კალა, ტარში კი 7,2%; თუთიას პირი შეიცავს 2,5% -ს, მაშინ როდესაც ტარში იგი მხოლოდ 0,7% -ია (ან. 25). აქ უკვე აშკარაა, რომ ამ ორი სატევრის პირი და ტარი სხვადასხვა შედგენილობის ბრინჯაოსაგანაა ჩამოსხმული. როგორც ჩანს, ზემოაღნიშნული სატევრის ტარი და პირი ცალ-ცალკეა ჩამოსხმული, შემდეგ კი ჰედვითაა შედუღებული. რაც შეეხება ლახტისა და კვერთხისთავებს, ისინიც კალიანი ბრინჯაოსია, მაგრამ სატევრებისაგან განსხვავებით მასში თუთია მცირე რაოდენობით აღინიშნა. ამ ორი ნივთის ქიმიური შედგენილობის იდენტურობა მოწმობს, რომ ისინი ერთი და იგივე კაზმიდანაა ჩამოსხმული (ან. 26, 27).

ამრიგად კახეთის ტერიტორიაზე მოპოვებული ლითონის ნაწარმის ქიმიური შესწავლის შედეგად, მასალის სიმცირის მიუხედავად, მაინც შეიძლება ითქვას, რომ აქ, ისევე როგორ საქართველოს სხვა რეგიონებში, ადრებრინჯაოს ხანაში ძირითადად დარიშხანიანი სპილენძია გამოყენებული: მაგრამ გარკვეულ ინტერესს იწვევს ის გარემოება, რომ დარიშხანიანი სპილენძის გვერდით, ადრე ბრინჯაოს ხანის მიწურულიდან, კახეთში უკვე შეინიშნება კალიანი ბრინჯაოს გამოყენება. აქამდე ჩვენში გავრცელებული იყო აზრი, რომ ამიერკავკასიაში კალიანი ბრინჯაო ვრცელდება შუაბრინჯაოს ხანიდან, თუმცა სომხეთის ტერიტორიიდან ცნობილი იყო რამდენიმე კალიანი ბრინჯაოს ნივთი, რომლებსაც ზოგიერთი ავტორი ადრებრინჯაოს ხანას მიაკუთვნებს. შუბისმაგვარ იარაღს კიროვკანიდან, რომელიც 7% კალას შეიცავს და აღმოჩენილი იყო გვიანი ბრინჯაოს ხანის სამარხში, ა. მარტიროსიანი ძვ. წ. III ათასწლეულის მეორე ნახევრის დასაწყისით ათარილებს ადრეულ შუბისმაგვარ იარაღებთან მისი ერთგვარი მსგავსების გამო²⁹. მაგრამ რამდენად დამაჯე-

²⁹ А. А. Мартиросян, დასახ. ნაშრომი, გვ. 30, 31.

რებელია ამ ნივთის თარიღის ასე ადრე გადატანა ძნელი სათქმელია. ა. გევორქიანი მას ძვ. წ. III ათასწლეულის მიწურულს მიაკუთვნებს; ამავე პერიოდისაა, მისი აზრით, სხვა კალიანი ნივთებიც სომხეთიდან, კერძოდ, ყუამილიანი ცული ლენინაკანიდან, სატევარი მელრიდან და პატარა ზოლი ჯაროვიტიდან³⁰. მელრის სატევარი 0,9% კალას შეიცავს, რაც შეიძლება ბუნებრივ მინარევად ჩაითვალოს. ლენინაკანის ცულში 7% კალაა, ხოლო ზოლში 3%³¹. ამრიგად, ამ მონაცემების თანახმად, სომხეთის ტერიტორიაზე კალიანი ბრინჯაო ძვ. წ. III ათასწლეულის ბოლოს ჩნდება. ბოლოდროინდელი აღმოჩენები კახეთის ტერიტორიიდან (სატევრები და მანკვლები ალაზნის ყორღანებიდან, ოთხწახნაგა სადგისი თელეებიდან) მოწმობს იმას, რომ კალიანი ბრინჯაოს ნივთები ამიერკავკასიაში ძვ. წ. III ათასწლეულის მიწურულიდან — თრიალეთის კულტურის ადრეული საფეხურიდან ვრცელდება. მანამდე კი ამიერკავკასიასა და საერთოდ კავკასიაში, როგორც ცნობილია, დარიშხანიანი სპილენძი იყო გაბატონებული. საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ანატოლიაში ძვ. წ. III ათასწლეულის შუახანებიდან დარიშხანიან სპილენძთან ერთად ფართოდაა გავრცელებული როგორც კალიანი, ისე დარიშხანის შემცველი კალიანი ბრინჯაო³² და შესაძლოა სწორედ აქედან შემოდის კალიანი ბრინჯაოს გამოყენების ტრადიცია ამიერკავკასიაში. შ. დედაბრიშვილი კახეთის დარიშხანიანი სპილენძის ნივთებს ადგილობრივ ნაწარმად მიიჩნევს, კალიანი ბრინჯაოსას კი ანატოლიურ გავლენას მიაწერს. იგი კალიანი ბრინჯაოს გამოჩენას ჩვენში ძვ. წ. III ათასწლეულის ბოლოსათვის ამიერკავკასიის ტერიტორიაზე ახალი ეთნიკური ჯგუფების გამოჩენას უკავშირებს³³.

მაინცდამაინც მკვეთრი სხვაობა ნივთების ქიმიური შედგენილობის მხრივ არც მომდევნო ხანაში შეინიშნება კახეთში. შუაბრინჯაოს ხანის ნივთები ნაკეთებია როგორც დარიშხანიანი სპილენძისაგან (ან. 15, 16, 18—20), ისე დარიშხანის შემცველი კალიანი ბრინჯაოსაგან (ან. 17, 21, 22). გარდა ამისა გვხვდება ისეთი კა-

³⁰ А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата исторических наук, М., 1972, с. 10, 11.

³¹ А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Диссертационный труд, рукопись, с. 156, 157.

³² А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Автореферат, с. 12.

³³ Ш. Ш. Дедабришвили, დასახ. ნაშრომი, გვ. 64, 65.

ლიანი ბრინჯაო, რომელიც მნიშვნელოვანი რაოდენობით (2,7%-მდე) შეიცავს თუთიას (ან. 23—25) და ზოგჯერ სხვა მინარევეებსაც, კერძოდ ტყვიას, ანტიმონს, ნიკელსა და ვერცხლს (17, 21, 22).

აღსანიშნავია, რომ როგორც ადრეულ, ისე შუაბრინჯაოს ხანის კახურ ნივთებში კალასთან ერთად ყოველთვის ჩანს დარიშხანი, მაგრამ იგი შედარებით მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი და ჩვეულებრივ კალა დომინირებს. იგივე მდგომარეობა შეიმჩნევა თუთიისშემცველ კალიან ბრინჯაოში — აქაც ქარბობს კალა.

თრიალეთის კულტურის სხვა კერებში — ქვემო ქართლსა და მესხეთში ძირითადად კალიანი ბრინჯაო გვხვდება. მაგრამ ჩანს აგრეთვე, შედარებით მცირე რაოდენობით, დარიშხანიანი სპილენძის გამოყენების შემთხვევები. შიდა ქართლში, ამავე პერიოდის სამარხებში თითქოს თანაბრად ჩანს როგორც კალიანი, ისე დარიშხანიანი ბრინჯაო, გვხვდება აგრეთვე დარიშხანისშემცველი კალიანი ბრინჯაო³⁴.

საწინხაროდ. მასალის სიმცირის გამო, გარკვევით ვერაფერს ვიტყვით მეტალურგიული წარმოების შესახებ ამიერკავკასიის იმ ოლქებში, რომლებიც უშუალოდ თრიალეთური კულტურის გავრცელების სფეროში არ შედიოდნენ, მაგრამ როგორც ჩანს, აქაც ამ პერიოდში უკვე კალიანი ბრინჯაო გავრცელებული. აზერბაიჯანში, ქიულთეფეს ნამოსახლარის III ფენაში, რომელიც შუაბრინჯაოს ხანას განეკუთვნება და ა. აბიბულაევის მიხედვით მეტალურგიის განვითარების მესამე ეტაპს წარმოადგენს. კალიანი ბრინჯაო გვხვდება (კალის შემცველობა 10,84 %-ს აღწევს), რომელშიც დარიშხანი მცირე რაოდენობითაა წარმოდგენილი (0,18—0,75%)³⁵. აზერბაიჯანიდან ამ პერიოდის კიდევ ორი სატევრის ქიმიური შედგენილობაა ცნობილი, ხაჩინჩაისა და უზუნ-თეფესი, ორივე კალიანი ბრინჯაოსია; ერთი მათგანი კალასთან ერთად შეიცავს ტყვიას, დარიშხანსა და ანტიმონს³⁶. შედარებით უკეთაა შესწავლილი შუაბრინჯაოს ხანის მასალა სომხეთიდან. აქაც ძირითადად კალიანი ბრინჯაოა გავრცელებული, რომელიც თითქმის ყოველთვის დარიშხანსაც

³⁴ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, გვ. 56,66—73.

³⁵ О. А. А б и б у л а е в, К вопросу древней металлургии Азербайджана, МИА, 125, М.—Л., 1965, с. 72.

³⁶ И. Р. С е л и м х а н о в, Историко-химические и аналитические исследования древних предметов из медных сплавов, Баку, 1960, с. 141—148.

შეიცავს მეტ-ნაკლები რაოდენობით. გვხვდება აგრეთვე დარიშხანიანი ბრინჯაო³⁷.

ა. გევორქიანი სომხეთისა და საქართველოს შუაბრინჯაოს ხანის ლითონის ნაწარმის ქიმიური ანალიზების სტატისტიკური დამუშავების შედეგად აღნიშნავს, რომ თითქოს სომხეთში ამ დროს მეტი ჩანს კალიანი ბრინჯაო (82,5%), ვიდრე საქართველოში (31,4%), სამაგიეროდ უკანასკნელში ჭარბობს დარიშხანიანი ბრინჯაოს (37%; სომხეთისათვის 10%)³⁸. მაგრამ, როგორც ჩანს, ეს მთლად ასე არ არის. საქმე იმაშია, რომ როდესაც ეს ანალიზები მუშავდებოდა სტატისტიკურად, თრიალეთის კულტურის ლითონის ნაწარმი ჯერ კიდევ სრულად არ იყო ქიმიურად შესწავლილი; ცნობილი იყო თრიალეთის ერთი სატევრის (ეტლიანი ყორღანიდან) და შიდა ქართლის (ნული, ქვასათალი, თლი და სხვ.) ბრინჯაოს ნაწარმის ქიმიური შედგენილობა, სადაც წარმოდგენილია როგორც დარიშხანიანი სპილენძი, ისე კალიანი ბრინჯაო. დასავლეთ საქართველოს ბრინჯაოს ნაწარმი კი ძირითადად დარიშხანიანი და დარიშხან-ანტიმონიანი, კალიანი ბრინჯაოსი თითო-ოროლა ნივთია³⁹. ამ ანალიზების საფუძველზე დაასკვნის ა. გევორქიანი კალიანი ბრინჯაოს სიმცირეს საქართველოში სომხეთთან შედარებით, სინამდვილეში კი, როგორც შემდგომმა კვლევამ დაგვანახვა, როგორც აღმოსავლეთ საქართველოში, კერძოდ თრიალეთის კულტურაში⁴⁰, ისე დასავლეთ საქართველოში⁴¹ მნიშვნელოვნად გაიზარდა კალიანი ბრინჯაოს ნივთების რაოდენობა.

აღსანიშნავია, რომ ერთგვარი მსგავსება შეინიშნება სომხეთისა და კახეთის კალიან ბრინჯაოს შორის, ორივე თითქმის მუდამ დარიშხანის შემცველია. სომხეთისაგან განსხვავებით კახეთში წარმოდგენილია თუთიანარევი კალიანი ბრინჯაო (ზემო ბოლბეს სატევრები).

³⁷ А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия..., рукопись, с 167, 168.

³⁸ А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Автореферат, с. 16.

³⁹ Ф. Н. Тавадзе, Т. Н. Сакварелидзе, Бронзы древней Грузии, Тб., 1959, с. 42—47; ც. აბესაძე, რ. ბახტაძე, თ. დვალი, ო. ჯაფარიძე, სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის საქართველოში, თბ., 1958, გვ. 29—41.

⁴⁰ ც. აბესაძე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის, გვ. 66—73.

⁴¹ ც. აბესაძე, დასავლეთ საქართველოს სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველ ნახევარში, თბ., 1980, გვ. 30—33 (ამავე კრებულში).

თუთიის მნიშვნელოვანი მინარევი (2,5—6,6%) დარიშხანთან ერთად აღნიშნული იყო კახეთის აღრებრინჯაოს ხანის ორ ნივთში (ან. 4 და 5). თრიალეთის კულტურაში მხოლოდ ორ ნივთში იყო დადასტურებული თუთია მნიშვნელოვანი რაოდენობით (5,16 და 5,72%) — ერთხელ კალიან ბრინჯაოში (რომელიც ტყვიასაც შეიცავდა) და ერთხელ დარიშხანიან სპილენძში⁴². უფრო ხშირად კი თუთიის მინარევი ჩანს აფხაზეთის დარიშხან-ანტიმონიან ნივთებში⁴³. თუთიის მინარევეზე უფრო ხშირად კახეთის როგორც აღრეულ, ისე შუაბრინჯაოს ხანის ნივთებში გვხვდება ტყვია 1,3-დან 2,5%-მდე (ან. 2, 7, 11, 17, 18, 21 და 22), მხოლოდ ერთ ნივთში აღმოჩნდა იგი 6,8% (ან. 8). იგივე მდგომარეობა აღინიშნა თრიალეთის კულტურის ლითონის ნაწარმში, სადაც ტყვია უმთავრესად კალიან ბრინჯაოში ჩანს⁴⁴. ტყვია გვხვდება აგრეთვე რაჭის კალიან ბრინჯაოს ნივთებში⁴⁵. ვინაიდან ტყვიას აღრეული ხანიდან იცნობენ და იყენებენ ამიერკავკასიაში, ამიტომ არ უნდა იყოს გამორიცხული მისი შეგნებული შეტანა ბრინჯაოში, თუთიის შეგნებული გამოყენება კი უფრო მოგვიანო ხანიდანაა სავარაუდებელი. რადგან ტყვისა და თუთიის შედარებით მაღალი პროცენტული შემცველობა კახურ ბრინჯაოში მხოლოდ აღრებრინჯაოს ხანის ორ ნივთში იყო დადასტურებული (ან. 5 და 8), ხოლო სხვაგან მათი რაოდენობა არცთუ ისე მაღალია (ტყვიის არ აღემატება 2,5%; თუთიისა კი 2,7%), ამიტომ უფრო საფიქრებელია, რომ ორივე ეს მინარევი მაღლისეული წარმოშობისაა.

ნიშანდობლივია, რომ ზემო ბოდბეს თუთიანარევი კალიანი ბრინჯაო სრულიად არ შეიცავს დარიშხანს, რომელიც როგორც ზემოთ აღინიშნა, კახური ბრინჯაოს მულმივი თანამგზავრია, ამასთან ერთად იგი ღარიბია მინარევეებითაც: კახურ ბრინჯაოში თითქმის ყოველთვის წარმოდგენილია ერთი და იგივე მინარევეები (კალა, ტყვია, რკინა, თუთია, ანტიმონი, ვერცხლი, ნიკელი და ოქრო). ყოველივე ეს გვაფიქრებინებს, რომ ეგებ ეს ნივთები სხვა საბადოს (ან საწარმოს) პროდუქტია. ის გარემოება, რომ შუაბრინჯაოს ხანის კახეთში ბრინჯაოს სხვადასხვა სახეობა გვხვდება იმაზე უნდა მიუთითებდეს, რომ აქ რამდენიმე მეტალურგიული კერა არსებობ-

⁴² ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, თრიალეთის კულტურის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის... ან. 21, 51.

⁴³ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, დასავლეთ საქართველოს..., გვ. 30—31 (ამავე კრებულში).

⁴⁴ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, თრიალეთის კულტურის..., გვ. 66—73.

⁴⁵ ც. ა ბ ე ს ა ძ ე, დასავლეთ საქართველოს..., გვ. 32—33 (ამავე კრებულში).

და, თუმცა არც ის არის გამორიცხული, რომ ზემო ბოდბეს სატერები სამხრეთიდან იყო შემოტანილი, მითუმეტეს, რომ ისინი ფორმით წინააზიურებს უახლოვდებიან.

ამჟამად სათანადო მასალის სიმცირის გამო ძნელია ითქვას თუ სად იყო კახეთში სპილენძის მეტალურგიული კერები, მაგრამ ეს კერები უთუოდ უნდა არსებებულიყო, რადგან კახეთის ტერიტორიაზე ყველა პირობა იყო ამისათვის. როგორც სათანადო ლიტერატურიდან ჩანს, კახეთში სპილენძის მადანგამოსავლები რეგისტრირებულია მდინარეების ალაზნის, სტორის, ჩელთის (ლოდუანის საბადო), კაბალოს, შორო-ხევის, დიდხევის (არტაანის საბადო) და ლაგოდებისწყლის სათავეებთან. ამთგან საყურადღებოა არტაანისა და ლოდუანის საბადოები; უკანასკნელში სპილენძთან ერთად წარმოდგენილია გალენიტი და სფალერიტი⁴⁶. წარმოებდა ძველად თუ არა ზემოჩამოთვლილი მადნების გამოყენება ახლა ძნელი სათქმელია, მაგრამ ერთი კი ცხადია, რომ კახეთში ბრინჯაოს წარმოებისათვის საჭირო ნედლეული ადგილობრივ მოეპოვებოდათ. ალაზნის ველის ბრინჯაოს ნაწარმს შ. დედაბრიშვილი ადგილობრივად მიიჩნევს. ადგილობრივი ნედლეულის გამოყენებაზე მიუთითებს, მისი აზრით, ოქროს (კვალი) არსებობა კახურ ნივთებში, რადგან არსებული ცნობების თანახმად, ყვარლის სპილენძის მადანგამოსავლები შეიცავს ოქროს მინარევს. ის რომ კახური ბრინჯაო ნიკელისშემცველია, შ. დედაბრიშვილის აღნიშვნით, ერთი და იგივე საბადოს სპილენძის გამოყენებას უნდა მოწმობდეს⁴⁷.

რა თქმა უნდა, მეტად საყურადღებოა კალის წარმომავლობის საკითხი კავკასიაში. როგორც ცნობილია, ეს საკითხი კარგახანია აინტერესებს მეცნიერებს და სამწუხაროდ, დღემდე მის ირგვლივ ერთი გარკვეული აზრი მაინც არ არსებობს. XIX საუკუნის მეორე ნახევარში რიგი მკვლევრები იმ აზრისა იყვნენ, რომ კავკასიაში და კერძოდ კი საქართველოში არსებობდა კალის მდიდარი საბადოები და წარმოებდა მათი დამუშავება (ფურნე, რუემონი, ლენორმანი, მასპერო და სხვ)⁴⁸. ზოგი მათგანი, როგორც მაგალითად, ძველი აღმოსავლეთის ისტორიის ცნობილი მკვლევარი ფ. ლენორმანი და სხვ. იმასაც კი აღნიშნავდნენ, რომ კავკასია კალის ერთ-ერთ ძირითად წყაროს წარმოადგენდა ძველი აღმოსავლეთის ქვეყნებისათ-

⁴⁶ Природные ресурсы Грузинской ССР, т. I, М., 1958, с. 102—104.

⁴⁷ Ш. Ш. Дедабришвили, დასახ. ნაშრომი, გვ. 64, 65.

⁴⁸ А. А. Иессен, Олово Кавказа, Известия ГАИМК, вып. 110, 1935, с. 193.

ვის⁴⁹. ამ მკვლევარებს თავისი დასკვნები ძირითადად გამოჰყავდათ იმ ძველი ლიტერატურული ტრადიციების საფუძველზე, რომელიც კავკასიის ხალხებს მეტად დაწინაურებულ მეტალურგიას მიაწერდა⁵⁰. მაგრამ XIX საუკუნის ბოლოსათვის უკვე ბევრმა მკვლევარმა სრულიად საწინააღმდეგო მოსაზრება გამოთქვა. ამათგან პირველ რიგში აღსანიშნავია აკად. კ. ბერი, რომელიც იმ დროისათვის არსებული გეოლოგიური მონაცემების საფუძველზე ექვს გამოთქვამს კავკასიაში კალის საბადოების არსებობის შესახებ⁵¹.

ამ პერიოდისათვის კავკასიის ბრინჯაოს კულტურა ფართო მეცნიერულ ინტერესს იწვევს. ახლა გარდა არსებული ლიტერატურული ტრადიციებისა, ცნობილი ხდება აგრეთვე კავკასიის სხვადასხვა ადგილებში აღმოჩენილი ბრინჯაოს ხანის შესანიშნავი ძეგლები. ინტერესი ამ სიძველეებისადმი სულ უფრო და უფრო იზრდება. სხვა საკითხებთან ერთად, სათანადო ყურადღება ექცევა აგრეთვე კალის საკითხსაც. მკვლევართა უმრავლესობა იმ მოსაზრებას დაადგა, რომ კავკასიაში არ უნდა არსებულიყო კალის უძველესი წარმოება. კიდევ მეტიც, როგორც ცნობილია, ამ პერიოდისათვის საბოლოოდ იმარჯვებს რ. ვირხოვის, ე. შანტრის და სხვათა დებულება იმის შესახებ, რომ თითქოს ბრინჯაოს მეტალურგია კავკასიაში იწყება მხოლოდ II—I ათასწლეულების მიჯნაზე⁵². რ. ვირხოვისა და ე. შანტრის ეს მოსაზრება იმდენად იყო გაბატონებული, რომ წლების მანძილზე ბრინჯაოს მეტალურგიის საკითხებს თითქმის აღარავინ ეხებოდა.

30-იან წლებში კავკასიაში კალის არსებობის საკითხს სპეციალური ნაშრომი მიუძღვნა არქეოლოგმა ა. იესენმა. იგი ფართოდ იყენებს ისტორიულ, გეოქიმიურ, არქეოლოგიურ და სხვა მონაცემებს და გამოთქვამს მოსაზრებას, რომ კავკასიაში კალა არამცთუ უნდა არსებობდეს, არამედ უთუოდ არისო⁵³. თუმცა თავის მეორე

⁴⁹ Fr. Lenormant, Les premières civilisations. Etudes d'histoire et d'anthropologie, v. I, Paris, 1874, გვ. 146—152.

⁵⁰ Ф. Л е н о р м а н, Руководство к древней истории Востока, т. I, Киев, 1879, с. 527.

⁵¹ К. Б е р, Откуда добывалось олово, входящее в состав древнейшей бронзы. Древности. Труды Московского археологического общества, т. VII, вып. 3, М., 1878, с. 234—235.

⁵² R. Virchow, Das Gräberfeld von Koban im Lande der Osseten. Berlin, 1883, გვ. 22, 26, 126, 142; E. Chantre, Recherches anthropologiques dans le Caucase, v. I, Paris—Lion, 1885, გვ. 81—87, 188—210; V. II, გვ. 189.

⁵³ А. А. И е с с е н, დასახ. ნაშრომი, გვ. 196.

ნაშრომში ა. იესენი აღნიშნავს, რომ კავკასიაში კალის მომარაგების წყარო ჯერ კიდევ გაურკვეველია⁵⁴.

ბ. კუფტინი ეშერის სამაროვანში აღმოჩენილი კალის ხატი-სულელთან დაკავშირებით საკმაოდ ვრცლად ჩერდება აგრეთვე კალის საკითხზე. იგი მაინც იმ აზრისაა, რომ კალა კავკასიაში გარედან შემოტანილი უნდა იყოს და ეძებს კიდევაც იმ მხარეს, საიდანაც უნდა შემოეტანათ იგი. ბ. კუფტინი ფიქრობს, რომ კალის ძირითადი წყარო სადღაც ხმელთაშუაზღვის აუზში უნდა ყოფილიყო⁵⁵.

ე. კრუპნოვიც უარყოფს კავკასიაში კალის არსებობას — მისი აზრით, კავკასიაში კალა მინიმალური რაოდენობითაც კი არ მჭიბოვება, ხოლო კასიტერიტიდან საჭირო რაოდენობით კალის მიღება იმ დროისათვის მას შეუძლებლად მიაჩნია. ამიტომ კავკასიის ბრინჯაოს მეტალურგია, მისი აღნიშვნით, შემოტანილი კალითა და ნაწილობრივ სხვა ფერადი ლითონებით (ანტიმონი, ტყვია, თუთია და სხვ.) სარგებლობდა, თუმცა იქვე დასძენს, რომ სპილენძის მადნები კალას მცირე რაოდენობით შეიცავს⁵⁶.

ფ. თავაძე და თ. საყვარელიძე თავის ნაშრომში კალასთან დაკავშირებით აღნიშნავენ, რომ მართალია, საქართველოს ტერიტორიაზე დადასტურებული ყველა კვარცქლორიდული ძარღვები და სხვა კალისშემცველი საბადოები თუ მადნები მცირე სიმძლავრისა იყო, მაგრამ ისინი მაინც უზრუნველყოფდნენ მოთხოვნილებას კალაზე გვიანბრინჯაოს ხანაში, ყოველ შემთხვევაში მის ადრეულ ეტაპზე მაინც. ამავე დროს ფ. თავაძე და თ. საყვარელიძე არ გამორიცხავენ საჭიროების შემთხვევაში კალის შემოტანას სხვა ადგილებიდან, კერძოდ შუა აზიიდან და ჩრდილო კავკასიიდან, სადაც ი. არაპოვის ცნობით არსებობს კალის საბადოები⁵⁷.

⁵⁴ А. А. И е с с е н, К вопросу о древнейшей металлургии меди на Кавказе, Известия ГАИМК, вып. 120. М.—Л., 1935, с. 183.

⁵⁵ Б. А. К у ф т и н, Материалы к археологии Колхиды, I, Тб., 1949, с. 211.

⁵⁶ Е. И. К р у п н о в, Древняя история Кабарды, Ученые записки Кабардинского научно-исследовательского института, т. VII, Нальчик, 1952, с. 18; Е. И. К р у п н о в, Древнейший период истории Кабарды, вып. I, Нальчик, 1951, с. 59.

⁵⁷ Ф. Н. Т а в а д з е, Т. Н. С а к в а р е л и д з е, Бронзы древней Грузии, с. 53—54.

ამ ბოლო ხანებში კალის საკითხს შეხო ი. სელიმხანოვი⁵⁸. იგი სამართლიანად აღნიშნავს, რომ კალით მომარაგების საკითხი დღემდე რჩება კავკასიის სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ერთ-ერთ ყველაზე გაურკვეველ პრობლემად. ჯერ კიდევ არ არის გარკვეული კალის მოპოვების ცენტრები აგრეთვე ძველი სამყაროს რიგ ქვეყნებში. ი. სელიმხანოვი კატეგორიულად უარყოფს კალის მადნების არსებობას კავკასიაში და ამას იმით ასაბუთებს, რომ კავკასიის მთის მასივები გეოლოგიური თვალსაზრისით ძალზე ახაუგაზრდაა, ამიტომ კალის შემცველი გრანიტები შეიძლება იყოს მხოლოდ — 10 კმ და მეტ სიღრმეზე. იგი იქვე დასძენს, რომ თანამედროვე გეოლოგების, ქიმიკოსების და სხვა მეცნიერთა კვლევამ აჩვენა, რომ თითქოს კავკასიაში კალის საბადოების წარმოქმნისათვის არ არსებობდა აუცილებელი პირობები⁵⁹. აქვე უნდა აღინიშნოს, რომ არსებობს სრულიად საწინააღმდეგო მოსაზრება, რომლის თანახმად კავკასიის გრანიტოვანი ინტრუზიებისათვის კალა უცხო არ უნდა იყოს. აკად. ფერსმანი თავის დროზე აღნიშნავდა, რომ გეოქიმიური თვალსაზრისით კალის არ არსებობა კავკასიაში გაუგებარია. გრანიტოვანი ინტრუზიები, რომლებთანაც კალის საბადოები გენეტიკურადაა დაკავშირებული, კავკასიაში ფართოდაა გავრცელებული. ცნობილია აგრეთვე ისეთი გრანიტის გამოსავლები, რომლებიც შეიცავს კალის თანამგზავრ ელემენტებს — ვოლფრამს, ბისმუტს და მოლიბდენს. ასეთ, შესაძლო კალის გამადნების რაიონებს შეიძლება მიეკუთვნოს გრანიტოვანი მასივები და მისი პერიფერიული ზონები კავკასიონის ქედის ორივე კალთაზე. ამრიგად, რიგ რაიონებში თითქოს არის ყველა აუცილებელი პირობა კალის არსებობისათვის⁶⁰.

რადგან ი. სელიმხანოვი უარყოფს კალის არსებობას კავკასიაში, იგი მას ეძიებს სხვა ქვეყნებში. მისი აღნიშვნით მესოპოტამიაში, ეგვიპტესა და ირანში ადგილობრივი კალის მადნები არ მოიპოვება⁶¹. თუმცა ლიტერატურაში არსებობს საწინააღმდეგო ცნობებიც. ცნობილი ინგლისელი მეცნიერის ა. ლუკასის აღნიშვნით, ირა-

⁵⁸ М. А. К а ш к а й, И. Р. С е л и м х а н о в, Об источниках олова в Закавказье, Вопросы истории науки, Ер., 1967; И. Р. С е л и м х а н о в, Разгаданные секреты древней бронзы, М., 1970, с. 70.

⁵⁹ И. Р. С е л и м х а н о в, Разгаданные секреты древней бронзы, с. 70.

⁶⁰ А. А. И е с с е н, Олово Кавказа, с. 195, 196.

⁶¹ И. Р. С е л и м х а н о в, დასახ. ნაშრომი, გვ. 71.

ნის ჩრდილო-აღმოსავლეთით არის როგორც კალის, ისე სპილენძის მადნები. მას მოჰყავს უეინრაიტის მოსაზრება იმის შესახებ, რომ სირიაში, კესრუანის მთებში (ბეირუთის მახლობლად) დადასტურებულია როგორც კალის, ასევე სპილენძის მადნები⁶².

ძვ. წ. VXIII საუკუნის ლურსმნულ წარწერებში აღნიშნულია, რომ მდ. ეფრატის შუაწელზე მნიშვნელოვანი რაოდენობით შემოჰქონდათ ელამიდან „ანაკუ“; იგივე „ანაკუ“-ს დიდ რაოდენობაზე აღნიშნულია საბუთებში, რომლებიც ნაპოვნია ერაყის ქურთისტანში. მაგრამ, როგორც ი. სელიმხანოვი აღნიშნავს, სინამდვილეში არ არის დადგენილი „ანაკუ“ კალას ნიშნავს თუ არა⁶³.

კალის საბადოები ცნობილია ბრიტანეთის სამხრეთ კუნძულებზე, რომლებიც „კასიტერიდის“ ე. ი. კალის კუნძულების სახელწოდებითაა ცნობილი. კალისათვის მოგზაურობდნენ კასიტერიდის კუნძულებისაკენ ძველი ბერძნები, რომაელები და ფინიკიელები. 1951 წ. გ. ჩაილდმა გამოაქვეყნა ცნობა ბრიტანეთის კუნძულებზე კრეტა-მიკენური ტიპის სატევრის აღმოჩენის შესახებ, ხოლო 1964 წელს სტოუნხენჯოს მახლობლად გათხრილ სამარხში დადასტურებული იყო დამარხვის მიკენური წესი. ყოველივე ეს კი ამ ქვეყნებს შორის არსებულ კონტაქტებზე უნდა მიუთითებდეს⁶⁴.

საინტერესოა აღინიშნოს, რომ ინგლისის სამხრეთ ნაწილში კორნულის ნახევარკუნძულზე ნაპოვნი იყო კალის ზოდი, რომელიც 72 კგ. იწონდა. მას ისეთი ფორმა ჰქონდა როგორც კუნძულ კრეტაზე ნაპოვნი ოქროს, სპილენძის, ბრინჯაოსა და კალის ზოდებს — კერძოდ მერცხლის კუდის ფორმისა⁶⁵.

მაგრამ, კალის ბრიტანეთის კუნძულებიდან შემოტანას ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში ი. სელიმხანოვი შეუძლებლად მიიჩნევს და იქვე სვამს კითხვას — საიდან მოდიოდა კალა კავკასიასა და ახლო აღმოსავლეთში? მისი აზრით ჭერჯერობით სავარაუდებელია, რომ კავკასიასა და ახლო აღმოსავლეთის ქვეყნებში კალა მოდიოდა სამხრეთ-აღმოსავლეთ აზიის ქვეყნებიდან, სადაც გადაჭიმულია ე. წ. „კალის სარტყელი“ (ბირმა-ტაილანდი-მალაია-სუმატრა)⁶⁶.

⁶² А. Лукас, Материалы и ремесленные производства древнего Египта, М., 1958, с. 392.

⁶³ И. Р. Селимханов, დასახ. ნაშრომი, გვ. 71

⁶⁴ В. Опарин, Хоровод лабиринтов, «Техника молодежи», № 2, 1975, с. 51.

⁶⁵ იქვე, გვ. 51.

⁶⁶ И. Р. Селимханов, დასახ. ნაშრომი, გვ. 71.

როგორც ცნობილია, ამ ქვეყნებში მოიპოვება კალის უმდიდრესი საბადოები, რომელიც იძლევა მთელი მსოფლიო კალის მოპოვების ძირითად ნაწილს⁶⁷. წარმოებდა თუ არა ძველად ამ ქვეყნებში კალის მოპოვება, ჯერ კიდევ არ არის დამტკიცებული, მაგრამ IX საუკუნის არაბულ წყაროებში ნახსენებია მალაის კალის საბადოები, ამიტომ ი. სელიმხანოვს შესაძლოდ მიაჩნია, რომ კალის დამუშავება აქ უფრო ადრეც წარმოებდა⁶⁸.

ამ ცოტა ხნის წინათ კალის საკითხთან დაკავშირებით ა. გეოგრაფიანმა გამოთქვა მოსაზრება, რომ კალა ამიერკავკასიაში ანატოლიიდან შემოჰქონდათ. იმის გამო, რომ სომხეთი ანატოლიასთან გეოგრაფიულად უფრო ახლოს მდებარეობს, ამიტომ, მისი აზრით, კალა ანატოლიიდან ჯერ სომხეთში შემოდის, შემდეგ საქართველოში და აქედან ვრცელდება ჩრდილო კავკასიაში⁶⁹. მაგრამ, ჩვენს ხელთ არსებული მასალები, ვფიქრობთ, ამის თქმის საშუალებას არ უნდა იძლეოდეს. ჯერ ერთი თურქეთში, როგორც ცნობილია, ადგილობრივი კალა არ მოიპოვება. ჯ. მელაართის აზრით, იგი ანატოლიაში შემოტანილი უნდა იყოს, ალბათ, ცენტრალური ევროპიდან — ბოჰემიიდან (ტროა I და II დროს) ან ურმიის ტბის რაიონიდან (ასირიელი ვაჰრების მიერ შუაბრინჯაოს ხანის დასაწყისში)⁷⁰. მეორეც, ადრეული ხანის კალიანი ბრინჯაოს ნივთები, როგორც ზემოთ დავინახეთ, სომხეთსა და საქართველოში დაახლოებით ერთდროულად ჩნდება. შემოტანილია თუ ადგილობრივი კალა ამიერკავკასიაში ჯერ კიდევ მთლად ნათელი არ არის, მაგრამ ყოველ შემთხვევაში კალიანი ბრინჯაოს ნივთები აქ ჩნდება ძვ. წ. III ათასწლეულის ბოლოს.

მაგრამ აქ მაინც გვინდა მოკლედ მიმოვიხილოთ ცნობები კალის მადნებისა თუ მადანგამოსავლების შესახებ საქართველოს ტერიტორიაზე.

საქართველოს ტერიტორიაზე კალა დადგენილია დაახლოებით 20 სხვადასხვა პუნქტში: სვანეთში, ზემო რაჭაში, აფხაზეთსა და ძირულის კრისტალური მასივის რაიონში. ამათგან ჭოროხის დარი-

⁶⁷ Е. С. Дана, Описательная минералогия, М.—Л., 1937, с. 107.

⁶⁸ И. Р. Селимханов, დასახ. ნაშრომი, გვ. 72.

⁶⁹ А. Ц. Геворкян, Древнейшая металлургия и горное дело Армении, Автореферат, с. 17.

⁷⁰ J. Mellaart, Anatolian Trade with Europe and Anatolian Geography and Culture Provinces the Late Bronze Age. Anatolian Studies, XVIII, 1968, გვ. 191.

შხან-კალისშემცველი საბადოს გამოკლებით, ყველა სხვა მადანგამოსავლები სუსტადაა შესწავლილი მათი არასაწარმოო მნიშვნელობის გამო⁷¹.

განსაკუთრებით აღსანიშნავია ჭოროხის დარიშხან-კალისშემცველი საბადო, რომელიც მდებარეობს ლენტეხის რაიონში, ცენის დარიშხანის საბადოს აღმოსავლეთით კავკასიონის მთავარი ქედის სამხრეთ კალთაზე (ქვემო სვანეთი). იგი 1936 წელს იყო აღმოჩენილი როგორც დარიშხანის საბადო, ხოლო 1938 წელს მასში დადგენილი იყო აგრეთვე კალა. ეს საბადო ჩვენთვის განსაკუთრებით იმითაა საინტერესო, რომ აქაური მადანი დარიშხანთან ერთად კალასაც შეიცავს; იგივე სურათი ხშირად გვხვდება ბრინჯაოს ნივთებში.

საბადოში წარმოდგენილია კვარცის ძარღვები, რომლის ნაწილი შეიცავს არსენოპირიტს, კასიტერიტს, ვოლფრამიტს და მოლიბდენიტს. ამ საბადოს მრავალრიცხოვან მადანთა შორის განსაკუთრებულ ინტერესს იწვევს დარიშხან-კალისშემცველი ორი (№№ 2 და 3) ძარღვი. ორივე ძარღვი განლაგებულია მდ. ჭოროხსა და ტოტელდოს შორის. ცნობილია ამ ძარღვების ქიმიური შედგენილობაც. № 2 ძარღვი შეიცავს 1,12% კალას, 12,86% დარიშხანს; № 3 ძარღვი 0,14% კალას, 0,04% დარიშხანს. № 2 ძარღვში დადგენილია აგრეთვე თუთია 6,1%, ვოლფრამი 0,18%, ანტიმონი 0,75%, ტყვია 0,26%, სპილენძი 1,12%, ოქრო 0,8 გრამი/ტონაზე და ვერცხლი 134,6 გრამი/ტონაზე. ზოგ ძარღვში დარიშხანის რაოდენობა 45,96%-ს აღწევს.

ზემო სვანეთში კალისშემცველი მადნები რეგისტრირებულია ექვს პუნქტში. აქ კალა მეასედ და მეათასედ პროცენტებშია დადასტურებული (მარკოზია და არეშიძე, 1941).

ზემო რაქაში აღსანიშნავია კირტიშოს საბადო. აქ გამადნება წარმოდგენილია სფალერიტით, პირიტით, გალენიტით, ქალკოპირიტით, სტანინით, კასიტერიტით და სხვა (პოლიმეტალური მადანი). კალის შემცველობა მერყეობს 0,01-დან 0,2%-მდე.

ანალოგიური გამადნება დადგენილია ზოფხითის ანტიმონის საბადოს მახლობლად ხირხის უბანზე (№ 60 ძარღვი). სოფ. ლებიდან 9 კმ დაშორებით ჩრდილო-აღმოსავლეთით აღნიშნულია ხვარგულის მადანგამოსავალი. გამადნება წარმოდგენილია პირიტით,

⁷¹ აქ და ქვემოთ მიმოხილვა მთლიანად ეყრდნობა ი. ხარაშვილის სტატიას *Природные ресурсы Грузинской ССР*, I, Тб., 1958, с. 161—165.

ქალკოპირიტით, გალენიტითა და სფალერიტით. მხოლოდ ერთ ძარღვში აღმოჩნდა 0,15% კალა.

აფხაზეთის კალის გამადნება აღინიშნა კელასურის გრანიტოიდების მასივში. ამათგან აღსანიშნავია ახუპაჩის, ასლანხერას და ძოკის მადანგამოსავლები. მაგრამ ყველგან აქ კალა პროცენტის მეთხუთმედი და მეათასედი რაოდენობითაა წარმოდგენილი.

ძირულის კრისტალური მასივის კალის გამოსავლებს არა აქვს პრაქტიკული მნიშვნელობა. აქ აღინიშნა კასიტერიტი ერთეული მარცვლების სახით — მდ. ჩორჩანისღელეს, ფრონეს, ლოფანის-წყალისა და ჩარათხევის დანალექ შლიხებში (კალანდარიშვილი და სოროკინა, 1952).

კალის მადნის არსებობის შესახებ აღნიშნული იყო აგრეთვე ჭიათურის რაიონში (აკად. თვალჭერელიძის ცნობით)⁷² და სამხრეთ ოსეთში⁷³. ამრიგად, როგორც ზემოგანხილულიდან ჩანს, კალის საბადოები თუ მადანგამოსავლები მცირე რაოდენობით მაინც გვხვდება საქართველოს ტერიტორიაზე, მაგრამ ისინი ნაკლებადაა სადღეისოდ შესწავლილი მათი არასაწარმოო მნიშვნელობის გამო. არ არის გამორიცხული, რომ ზოგიერთი მათგანი გამოყენებული ყოფილიყო ბრინჯაოს ხანაში და ეგებ სავსებით დაექმყოფილებინა იმდროინდელი მოთხოვნები; თუმცა ჭერჯერობით არ მოგვეპოვება კალის ძველი გამონამუშევრები, წიდა და სხვა ნაშთები, რომლებიც ძველად მათ გამოყენებაზე მიუთითებდა. დასაშვებია, აგრეთვე ისიც, რომ საქართველოს ტერიტორიაზე ადრე არსებულიყო კალის ზოგიერთი საბადო, რომლის მარაგი უკვე გამოიღია და ამიტომ დღეს მათი ნაკვალევი არ ჩანს. მართალია, სადღეისოდ არსებული მონაცემები არ იძლევა საფუძველს ვამტყიცოთ ადგილობრივი კალის გამოყენება, მაგრამ ჩვენ მაინც ვფიქრობთ, რომ ბრინჯაოს წარმოება ჩვენში, ყოველ შემთხვევაში ადრეულ ეტაპზე მაინც, ადგილობრივ კალაზე იყო დაფუძნებული. საერთოდ კი ჩვენთვის ჭერ კიდევ მთლად გარკვეული არ არის თუ რას უნდა გამოეწვია საქართველოში და საერთოდ კავკასიაში, სადაც ადრინდანვე იწყება დარიშხანის ფართო გამოყენება სპილენძის მეტალურგიაში, კალიან ბრინჯაოზე გადასვლა, ვინაიდან ასეთ ვითარებაში გაუგებარი რჩება გარედან შემოტანილი ძვირადღირებული კალის გამოყენება.

⁷² გ. ვ. ბ. ე. ჭ. ი. შ. ვ. ი. ლ. ე. ბრინჯაოს ქართული უძველესი ბალთები, თბ., 1942, სადისერტაციო ნაშრომი, ხელნაწერი, გვ. 118

⁷³ А. А. Иессен, დასახ. ნაშრომი, გვ. 193.

მით უმეტეს, რომ კავკასიის მახლობელ რეგიონებში იგი არ ჩანს. ეს გარემოება, ეგებ იმაზეც მიუთითებდეს, რომ ჩვენში ძირითადად ადგილობრივ კალას იყენებდნენ.

კახეთის ბრინჯაოს ნივთების სპექტრულ-

ანალოზის №	ნივთის დასახელება	ნივთის №	აღმოჩენის ადგილი და წელი
1	ღრისპირი ოთხწახნაგა	5 (საველე)	ხრამები, 75, ყორ. 1
2	საღვეარი	4	" " "
3	მანქვალ დისკოიდალური	"	" " "
4	სარკე (?)	"	" " "
5	სატყვრო-სპირი	"	თელეზი, 1969
6	მანქვალი (ფრაგმენტი)	ა 345/69	" "
7	სადგისი ოთხწახნაგა	ა 247/69	" "
8	სატყვარი-დანა	221—I—107	ალაზნის № 1 ყორღ. 1975
9	სატყვარი-დანა	221—I—110	"
10	მანქვალი	221—I—24	ალაზნის № 2 ყორღ. 1973
11	შუბისმავარი იარაღი	(პირის ანალ.) 230 (ტარის ანალ.) 230	ილტოს ხეობა, 75
12	სადგისი ოთხწახნაგა	06—51 : 273	წითელგორები "
13	ცული უაღაქანებულა	"	სოფნი
14	ცული	"	არეში, 1974
15	საყრნი	927/69	შვინდიანი
16	საყრნი	"	"
17	რგოლი	"	"
18	სატყვარი	301	საკობიანო, 1965
19	"	502	წითელწყარო
20	"	"	ვაისწყალი, ღრი სერებო, ყორღ. 1
21	"	306/52	ზემო-ალვანი, 1972
22	შუბისპირი	226—II	ქისტაური, ყორღ. 2 1976
23	სატყვარი (პირის ანალ.)	"	ზემო-ბოდბე, 1972
24	" (ტარის ანალ.)	"	ყორღ. № 4
24	" (პირის ანალ.)	"	ზემო-ბოდბე, 1972
25	" (ტარის ანალ.)	"	ყორღ. № 5
25	" (პირის ანალ.)	"	ზემო-ბოდბე, 1972
26	ლახტისთავი	"	ყორღ. № 7
27	კვერთხისთავი	"	" № 4
			" № 7

Ц. Н. АБЕСАДЗЕ

МЕТАЛЛИЧЕСКИЕ ИЗДЕЛИЯ РАННЕЙ И СРЕДНЕЙ БРОНЗЫ ИЗ КАХЕТИ

Резюме

До последнего времени из Кахети известны были лишь материалы позднебронзового периода. Но вследствие широ-

ко развернувшихся археологических изысканий в Иор-Ала-
занском двуречье были выявлены материалы и более ран-
него периода.

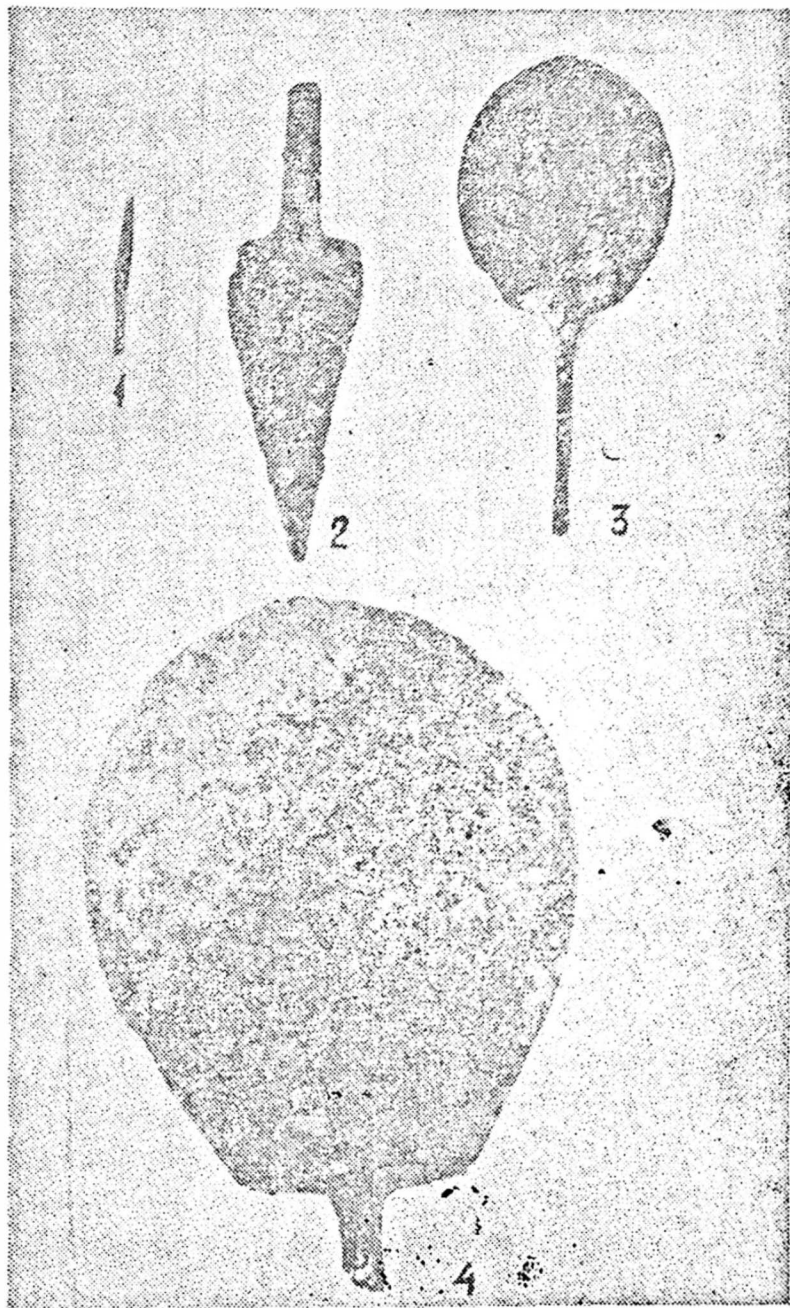
ბარდენობით ანალიზის შედეგები %-ით

Cu	Sn	Pb	Fe	Zn	As	Sb	Ni	Ag	Ti	Au	Co	Mn	Cr
	0.015	—	0.01	0.6	2.0	0.15	0.2	0.03	—	+	33	—	—
	0.01	1.4	0.35	0.1	2.3	0.2	0.6	0.62	—	—	—	—	—
	0.015	~0.1	0.02	0.3	9.3	0.2	—	0.2	—	—	—	0.03	—
	0.01	0.003	0.02	2.5	6.3	0.1	0.01	0.8	—	—	—	—	—
	0.01	0.02	0.1	6.6	2.3	0.15	0.03	0.05	—	+	—	—	—
	0.01	—	0.01	0.3	6.5	0.13	0.02	0.1	—	—	—	—	—
	11.3	1.8	0.15	~0.1	1.9	0.1	0.2	0.2	—	—	33	—	—
	14.6	6.8	~1.0	—	2.3	0.5	0.12	33	—	+	—	—	33
	15.2	0.001	~1.0	—	1.4	—	0.02	0.2	—	—	—	0.01	—
	0.01	0.001	~1.0	—	1.2	—	0.03	33	—	—	—	0.01	—
	33	2.3	0.15	~0.1	1.2	0.1	0.3	0.7	>33	+	—	~0.01	—
	33	2.2	0.02	0.1	1.5	0.1	0.3	0.5	>33	+	—	—	—
	—	0.5	—	0.05	—	—	33	>33	—	—	—	—	—
	—	—	—	—	0.5	—	33	33	—	—	—	—	—
	0.01	—	0.001	0.02	3.1	—	—	0.001	—	—	—	—	—
	0.03	0.01	0.15	0.1	7.5	0.2	0.6	0.7	—	—	—	—	—
	0.2	0.1	0.2	0.7	6.5	0.2	0.3	0.2	—	+	—	33	—
	5.7	2.5	0.5	1.1	1.8	0.4	0.5	0.8	>33	+	—	—	33
	0.6	1.1	0.01	—	4.2	0.08	0.15	0.05	—	+	33	—	—
	0.015	0.15	0.03	—	4.5	0.001	33	0.02	—	+	33	—	—
	0.03	~0.1	33	0.1	7.3	—	0.03	0.05	—	+	33	—	—
	12.5	1.3	0.1	—	1.4	0.15	0.2	0.1	—	+	33	33	—
	13.2	1.25	0.3	0.4	1.6	0.2	0.03	0.3	—	—	33	33	33
	7.0	0.5	0.2	2.7	—	—	33	33	—	—	—	—	—
	7.8	0.06	0.03	2.0	—	—	33	33	33	—	—	—	—
	4.8	—	0.01	1.5	—	—	33	33	33	—	—	—	—
	7.8	—	0.1	1.7	—	—	33	33	33	—	—	—	—
	5.0	0.05	0.01	2.5	—	—	33	—	—	—	—	—	—
	7.2	—	0.03	0.7	—	—	33	—	—	—	—	—	—
	7.8	0.06	0.02	0.7	33	—	33	33	33	—	—	—	—
	7.8	0.05	0.02	0.17	—	—	33	33	33	—	—	—	—

В результате химического исследования металлических изделий в основном из курганных погребений Кахети установлено, что предметы конца III тысячелетия до н. э. (1—14) изготовлены из мышьяковистой меди. Исключение составляют три предмета—одно четырехгранное шило и два книжальных клинка (7—9) — из оловянистой бронзы, причем количество олова в этих предметах достигает 15%. В настоя-

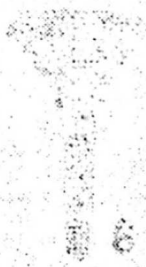
щее время они являются наиболее ранними предметами из оловянистой бронзы, обнаруженными на территории Грузии. Несколько предметов из оловянистой бронзы этого периода известны также и в Армении. По-видимому, оловянистая бронза в Закавказье появляется с конца III тысячелетия до н. э.

В среднебронзовую эпоху в Кахети применяется как мышьяковистая медь (15, 16, 18—20), так и оловянистая бронза (17, 21, 22). Встречается также и оловянистая бронза с примесью цинка из Земо-Бодбийских курганов (23—27), относящихся к переходному периоду от средней к поздней бронзе. Видимо, в Кахети в эпоху средней бронзы существовало несколько металлургических очагов производства бронзы.





5



6



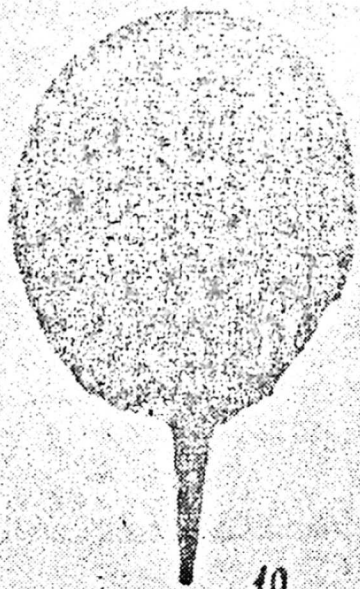
7



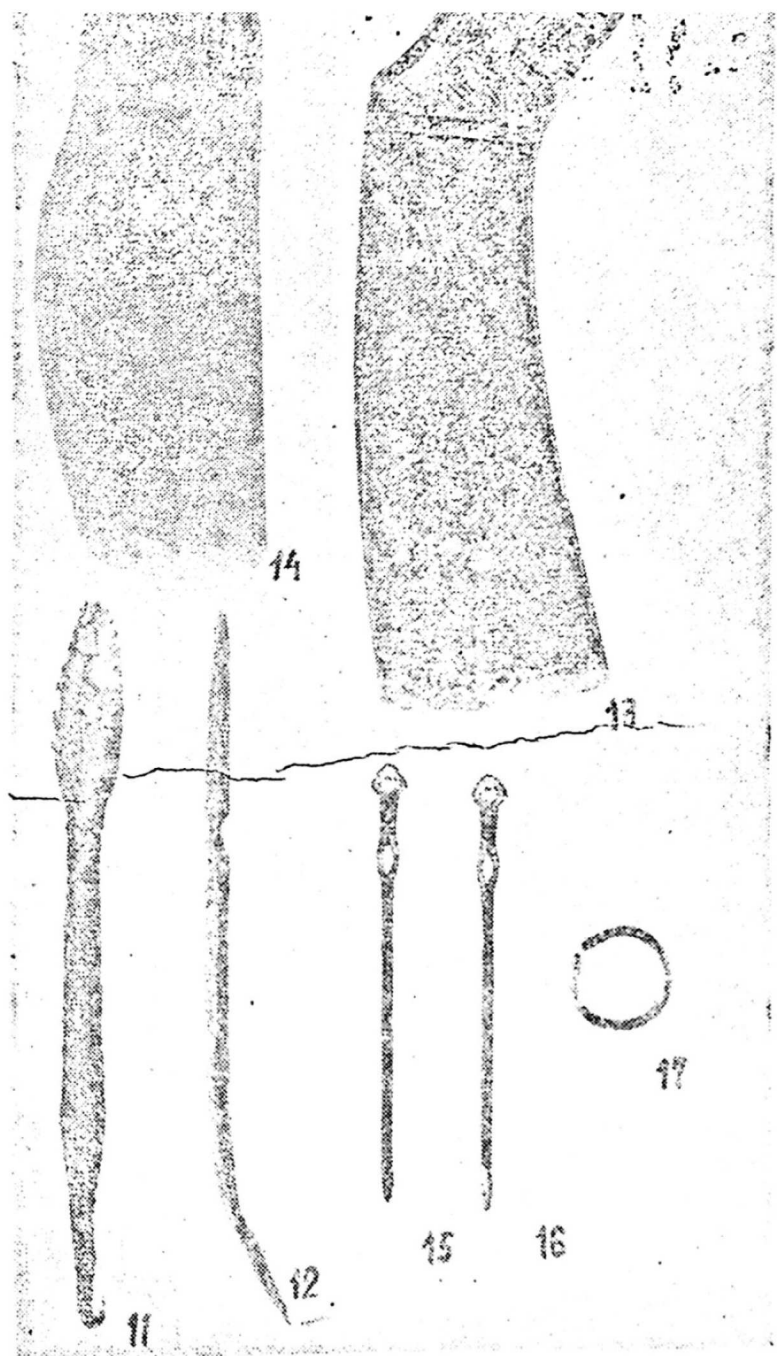
8

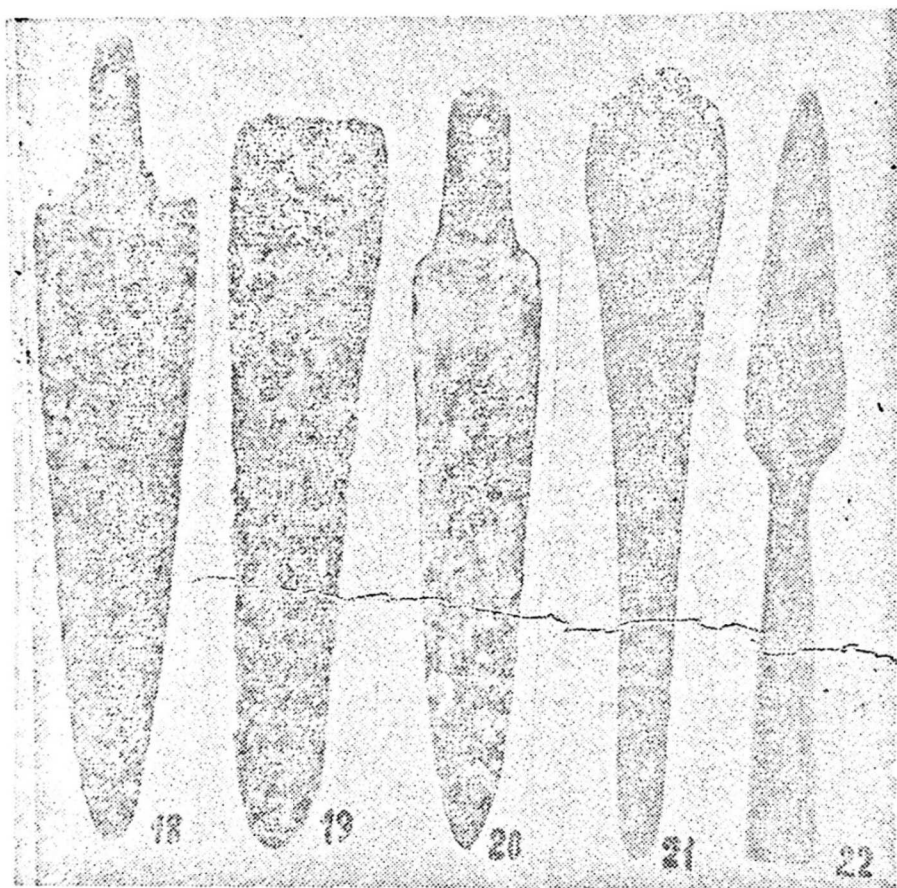


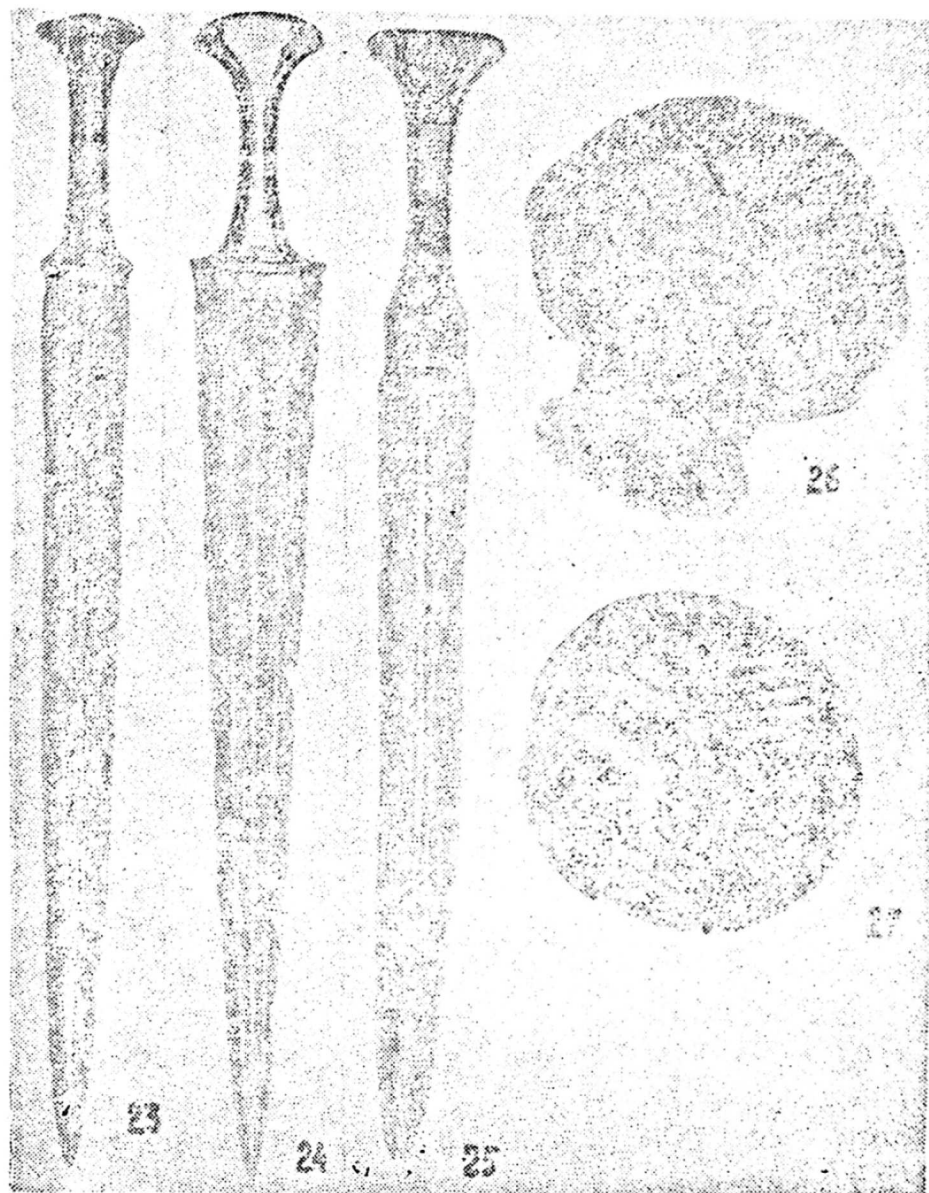
9



10







23

24

25

26

27

ბულნარა ცაბარეიშვილი

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდებში ქსოვილებზე აღმოჩენილი ობის სოკოები და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდები

საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდები მდიდარია ორგანული მასალიდან (ხე, ქსოვილი, ქალაღი, ტყავი და სხვ.) წარმოებული ექსპონატებით, რომლებიც არახელსაყრელ პირობებში აღვილად ზიანდებიან ობის სოკოებით. ისინი შეიძლება გაჩნდნენ, როგორც ორგანული წარმოშობის ექსპონატებზე, ასევე არაორგანულ მასალაზედაც. მუზეუმის საფონდო ოთახების კედლებზე, იატაკზე, ქერზე, თაროებზე და სხვ.

ორგანული წარმოშობის ექსპონატები შეიძლება დაიყოს 2 ჯგუფად: მცენარეული და ცხოველური წარმოშობის ნივთებად.

ცხოველური წარმოშობისაა: ტყავი, რქა, აბრეშუმი, შალი. მცენარეული წარმოშობისაა: ხე, სელი, ბამბა და სხვ. პირველთა დაწვის შედეგად წარმოიშობა ბუმბულის სუნი, რომელიც აზოტ-შემცველ ნაერთს კერატინს მიეკუთვნება, ხოლო მეორეთა დაწვით წარმოიშვება დამწვარი ქალაღის, ცელულოზას სუნი.

ობის სოკოებით ხშირად ზიანდება ის ფონდები, სადაც არ არის დაცული ექსპონატების შენახვა-დაცვის ოპტიმალური პირობები (სათანადო სინესტე, ტემპერატურა, განიავება, განათება და სხვა).

ობის სოკოები მის ცხოველმყოფელობის პროცესში იკვებებიან ექსპონატის შემადგენელი ნაწილებით, რის შედეგადაც გამოიყოფა ორგანული მჟავები, ეს პროცესი ხელს უწყობს ექსპონატის ფიზიკურ-ქიმიური სტრუქტურის დაშლას.

ობის სოკოებით განსაკუთრებით ზიანდებიან ის ექსპონატები, რომლებიც შეიცავენ საღებავებს, წებოებს თუ სხვა შემაკავშირებელ ნივთიერებებს.

საქ. სახელმწიფო მუზეუმის ეთნოგრაფიის განყოფილების ფონდებში აღმოჩნდა ობის სოკოების შემდეგი სახეობა:

1. მწვანე ობი—*Penicillium nigricans*
2. ნამღვლილი ობი—*Rhizopus nigricans*
3. შავი ასპერგილუსი—*Aspergillus nigeri*

1. მწვანე ობით—*Penicillium nigricans*, გამოწვეული დაზიანებისას ქსოვილზე ჩნდება ყავისფერი ლაქა. 65—70% ტენის პირობებში ობის სოკო კარგად ვითარდება, რის გამოც ლაქა დიდდება და თანდათანობით ფარავს მთელ ქსოვილს. რამდენიმე ხნის შემდეგ სოკო იძლევა ნაყოფიანობას და ლაქაც იფარება მწვანე ფიფქით. მწვანე ობით გამოწვეული დაავადება შლის ქსოვილს, რის გამოც ექსპონატი უვარგისი ხდება და ილუპება.

2. ნამღვლილი ობი—*Rhizopus nigricans*, აღნიშნული სოკო საპროფიტული (პარაზიტული) ორგანიზმების რიცხვს მიეკუთვნება. უმთავრესად ისეთ ქსოვილებზე ცხოვრობს და ვითარდება, რომლებიც შეიცავენ სახამებელს. სოკო რიზოპუსი შეიჭრება რა ქსოვილის უჭრედში, იწყებს განვითარებას და ქსოვილის ზედაპირზე იძლევა კარგად განვითარებულ თეთრ მიცელიუმს (სოკოს სხეულს), რომელიც რამდენიმე ხანში თანდათან იფარება შავი ქინძისთავისებრი სხეულებით, რომელიც წარმოადგენს სპორანგიუმებს (სპორის სახესხვაობას), რაც სოკოს ნაყოფს წარმოადგენს. თუ შექმნილია სოკოს განვითარებისათვის ხელსაყრელი პირობები, მაშინ მთლიანად იფარება ქსოვილი სოკოს მიცელიუმით და ძნელი ხდება მისი გადარჩენა.

3. სოკო შავი ასპერგილუსი—*Aspergillus nigeri*. ქსოვილის დაზიანების შემთხვევაში იძლევა მუქად შეფერილ ლაქებს. სოკოს განვითარების შემდგომ ეტაპზე ჩნდება თეთრი მიცელიუმი, რომლის ცენტრში ვითარდება შავი ფხვიერი ფიფქი, რომელიც სოკოს ნაყოფიანობის კონიდიათმტარებს წარმოადგენს. კონიდიათმტარებს გრძელ ქინძისთავისებრ დატიხრულ წვერზე გასქელებული ნაწილი აქვს, რომელიც დაფარულია რადიალურად განწყობილი მოკლე ორმაგი სტერიგმებით. შავი ასპერგილუსით დაავადებული ქსოვილი ნელ-ნელა იშლება და საბოლოოდ ილუპება.

ობის სოკო კვების პროცესში იყენებს ქსოვილის შემადგენელ ნაწილს. სოკოს კვების ძირითად პროდუქტს ქსოვილზე და სხვა ექსპონატების შემთხვევაში წარმოადგენს საღებავის შემთავიერი-ბელი ნივთიერება. ძველად [6] შემთავიერი-ბელ ნივთიერებად გამოიყენებოდა ქათმის კვერცხის გული, რომელსაც განსაზღვრული რაოდენობით ხსნიდნენ წყალში ან ლუდში. ასეთი გზით მიღებული კვერცხის გულის ემულსიაში ხსნიდნენ საღებავის პიგმენტებს.

კვერცხის გული, როგორც ცნობილია, მდიდარია ნახშირბადოვანი (კვერცხის ზეთი, ლეციტინი, ყურძნის შაქარი) და სხვა აზოტოვანი (ცილა) საკვებით, რომელსაც ინტენსიურად იყენებს ობის სოკო საღებავის ფენაში განვითარების დროს. კვერცხის ზეთის ათვისება ობის სოკოს მიერ მიმდინარეობს მცენარეული ზეთის ათვისების მსგავსად.

ობის სოკოს მიერ ქსოვილზე გამოწვეული დაზიანების ხარისხი დამოკიდებულია საღებავის ქიმიურ თვისებებზე. მაგ., შეღებილი ქსოვილი უფრო ადვილად ზიანდება ობის სოკოსაგან, ვიდრე შეუღებავი. გამონაკლისს შეადგენს ის საღებავი — პიგმენტი, რომელიც შეიცავს მომწამვლელ ნივთიერებებს. მაგ., დარიშხანის შემცველი პარიზის მწვანე, ანტიმონისა და კადმიუმის სულფიდი.

ექსპონატები ადვილად ზიანდებიან ობის სოკოთი, მიკროორგანიზმებითა და ბაქტერიებით, დაზიანების შედეგად ხდება ექსპონატის გაუხეშება და დაშლა. ქსოვილის დაზიანებას ობის სოკოთი ხელს უწყობს მაღალი ტენიანობა, არასწორი განათება და სხვ.

ჰიგროსკოპიულობის გამო ქსოვილს აქვს უნარი ადვილად შეითვისოს ისეთი ორგანული ნივთიერებები, რომლებსაც გამოჰყოფს ობის სოკო. ასეთ შემთხვევაში ქსოვილი უნდა გაირეცხოს ჩვეულებრივად ნეიტრალური საპნით ან ინსექტიციდების შემცველ სათანადო ორგანული გამხსნელებით. ვიდრე დაიწყებოდეს ქსოვილის რესტავრაცია, საჭიროა შემოწმდეს ობის სოკოს მიერ გამოწვეული დაზიანების მიზეზები და მხოლოდ მის შემდგ შეირჩეს მისი დამუშავების მეთოდიკა.

ყველა ნატურალური ქსოვილი, როგორც ცხოველური, ასევე მცენარეული წარმოშობის, განიცდის მზის სხივების (ინფრაწითელი და ულტრაიისფერი სხივების) მოქმედებას, რაც თავის მხრივ იწვევს ბოჭკოს დაშლას. ასევე უარყოფითად მოქმედებს ბოჭკოზე მაღალი ტემპერატურა და დიდი ტენიანობა. ეს ფაქტორები წარმოადგენენ ქსოვილის დასუსტების ძირითად წყაროს.

ცნობილია, რომ ფერად ქსოვილში სინათლის შემოქმედება ხელს უწყობს ბოჭკოს სწრაფ დაშლას, გამოხუნებას. გამოხუნების ინტენსივობა დამოკიდებულია თვით საღებავის შემადგენლობაზე ფერპქერის რაობაზე და განათების ხასიათზე (ბუნებრივი და ხელოვნური განათება). თუ ბუნებრივი განათების წყარო სუსტია, მაშინ ექსპონატის ფერის შეცვლა მიმდინარეობს თანდათანობით, ხოლო მზის სხივის პირდაპირი მოქმედებით ეს პროცესი ჩქარდება.

შეიძლება ითქვას, რომ ხელოვნური განათება უფრო მიზანშეწონილია, ვიდრე ბუნებრივი, ასევე უარყოფითად მოქმედებს ტენიანობის მკვეთრი ცვალებადობაც. საგულისხმოა, რომ ჰაერის ტენიანობის ცვალებადობა აჩქარებს სინათლის მიერ ქსოვილზე ფერის შეცვლის პროცესს.

მუზეუმის საფონდო ოთახებში, რომ არ გაჩნდეს ობის სოკო ამისათვის დაცული უნდა იყოს ტემპერატურისა და ტენიანობის სათანადო რეჟიმი. მუზეუმის საცაგების ნორმალურ ტემპერატურად ითვლება 20—25°, ხოლო ტენი 55—60% ჩვენს პირობებში. დაუშვებელია ტემპერატურის მკვეთრი ცვალებადობა, ვინაიდან ეს იწვევს ექსპონატზე ორთქლის გამოყოფას, რაც თავის მხრივ ხელს უწყობს ობის სოკოს გაჩენას. ამასთან ერთად, განსაკუთრებული ყურადღება უნდა მიექცეს სისუფთავეს, რადგანაც მტკრის ნაწილაკები შეიცავენ დიდი რაოდენობით სოკოს სპორებს.

ობის სოკოს განვითარებაზე გარკვეულ გავლენას ახდენს საღებავის ჰიგროსკოპიულობა. ამ შემთხვევაში გადაწყვეტი მნიშვნელობა ენიჭება ფარდობით ტენიანობას, რადგანაც ჰიგროსკოპიული ნივთიერება, როგორც ცნობილია ხარბად შთანთქმავს ტენს, რის შედეგადაც წარმოიქმნება ხელსაყრელი პირობები ობის სოკოს განვითარებისათვის. ამის გამო სასურველია დაცული იყოს ნორმალური ფარდობითი ტენიანობა ან ყოველ შემთხვევაში კრიტიკულზე ნაკლები.

ობის სოკოს გარდა ქსოვილები ტენიან გარემოში ზიანდებიან ბაქტერიებითა და მიკროორგანიზმებით, ამიტომ სამუზეუმო ექსპონატები უნდა გაისინჯოს როგორც ვიზუალურად, ასევე მიკროსკოპიულად. ექსპონატიდან ობის სოკო უნდა დაითესოს შესაბამის საკვებ არეზე, გაირკვეს მისი სახეობა და ამის შემდეგ ჩატარდეს მასთან ბრძოლა.

თუ ქსოვილის დიდი ნაწილი ობის სოკოთია დაზიანებული მაშინ იგი უნდა დამუშავდეს თიმოლის ორთქლით, ხოლო თუ ქსოვილი მდგრადია შეიძლება გაირეცხოს წყლით. ყოველივე ამის შემდეგ აუცილებელია ქსოვილის გაშრობა თბილი ჰაერით, რაც სასურველია განხორციელდეს ელექტრული საშრობებით. უნდა გვახსოვდეს რომ ქსოვილზე ობის სოკოს აღმოჩენის შემთხვევაში აუცილებელია მისი განიავება. შემდეგ სოკოს ზედაპირული წარმონაქმნების გაწმენდა რბილი ჯაგრისით და შემდგომ ქიმიური დამუშავება.

მუზეუმის ფონდებში საჭიროა ექსპონატების შენახვის ოპტიმალური პირობები: სინათლე, ვენტილაცია, ტემპერატურა, ტენი და სხვ., რათა არ გაჩნდეს ობის სოკო. ექსპონატზე ობის სოკოს განვითარების შემთხვევაში გამოიყენება ანტიფუნგალური სოკოების საწინააღმდეგო თვისებების მქონე ანტისეპტიკდენფექტანტები ამონიუმის მარილები და სხვ.

იმ დღეებში, როდესაც მუზეუმი დაკეტილია, მიზანშეწონილია ექსპონატების სიბნელეში შენახვა. ამისათვის ფანჯრები უნდა იხურებოდეს დარაბებით ან სინათლეგაუმტარი ფარდებით. ხშირ შემთხვევაში ფანჯრები შემინული უნდა იყოს სპეციალური მინებით და დაიფაროს საღებავით, რომლებიც არ ატარებენ ულტრაიისფერ სხივებს.

მუზეუმის ფონდებში ექსპონატები რომ დავიცვათ სოკოვანი დაავადებებისაგან და სხვა მავნე ფაქტორებისაგან, საჭიროა შენახვის ოპტიმალური პირობები:

1. მუზეუმის პირობებისათვის ნორმალურ ტემპერატურად ზაფხულში ითვლება 25°, ზამთარში 15—18°, ტენი 55—60%.

2. უნდა წარმოებდეს ფონდების ვენტილაცია.

3. სამუზეუმო ექსპონატები, რომლებიც ინახება ფონდებში, უნდა დავათვალიეროთ წელიწადში ორჯერ.

4. საფონდო ოთახები, სტელაჟები და ექსპონატები უნდა გაიწმინდოს მტერისაგან, რადგანაც მტვერი წარმოადგენს საუკეთესო საკვებს სოკოს განვითარებისათვის.

5. ფონდებში არ შეიძლება მასალა დალაგდეს მკიდროდ, რადგან ეს ხელს უწყობს ობის სოკოს განვითარებას.

Г. В. ЦАГАРЕЙШВИЛИ

МЕТОДЫ БОРЬБЫ С ПЛЕСНЕВЫМИ ГРИБАМИ, ОБНАРУЖЕННЫМИ НА ТКАНЯХ В ФОНДАХ МУЗЕЯ ГРУЗИИ

Резюме

Защита и хранение экспонатов органического происхождения (дерево, кожа, пергамент, бумага, ткань и др.) являются делом особой важности. Большой угрозой для экспонатов являются плесневые грибы, вызывающие их разруше-

ние, а также воздействие окружающей среды (температура, влажность, освещение и др.).

В статье рассмотрены известные в литературе и обнаруженные в фондах музея виды плесневых грибов, приведены данные о способах борьбы против этих вредителей, а также рекомендован режим хранения и ухода за экспонатами органического происхождения.

ლიტერატურა — ЛИТЕРАТУРА

1. В. В. Ф и л а т о в. Русская станковая темперная живопись. Техника и реставрация. М., «Искусство», 1961.
2. Д. С. К у р и ц и н а. Влияние относительной влажности воздуха на поверхность живописи плесневыми грибами, «Микология и фитопатология», 1969.
3. Л. И. В о р о н и н а. Некоторые сведения о грибах, разрушающих произведения живописи (по материалам, собранных в Музеях и памятниках архитектуры Закавказья и Прибалтики). «Сообщения» ВЦНИЛКР № 17—18
4. Д. С. К у р и ц и н а. Микофлора произведений изобразительного и прикладного искусства. «Научные доклады высшей школы. Биологические науки». 1966, № 2.
5. Д. С. К у р и ц и н а. Плесневые грибы, разрушающие древнерусскую стенную живопись, и борьба с ними. «Вестник Московского Университета».
6. Д. С. Л е л и к о в а. Биологические поражения Музейных объектов и методы их защиты. Сообщения, М., 1971.
7. Е. К. К р о л л а у. Температурно-влажностный и световой режим Музеев. М., 1971.

ს ა რ ჩ ე ვ ი

ნათელა იაშვილი, მუზეუმის საერთაშორისო საბჭოს კონსერვაციის კომიტეტის V საერთაშორისო კონფერენცია	3
ცისანა აბესაძე, დასავლეთ საქართველოს სპილენძ-ბრინჯაოს მეტალურგიის ისტორიისათვის ძვ. წ. II ათასწლეულის პირველ ნახევარში	8
Ц. Н. Абесадзе, К истории медно-бронзовой металлургии Западной Грузии в первой половине II тыс. до н. э. Резюме	36
ლევან ნადარეიშვილი, ნათელა სარაჯიშვილი, დეფორმაციის რეჟიმის გავლენა პოლიეთილენის ყელის მორფოლოგიაზე	38
Л. И. Надарейшвили, Н. И. Сараджишвили, Влияние режима деформации на морфологию шейки полиэтилена Резюме	48
არუსუდან ბახტაძე, უძველესი მინის წარმოების ზოგიერთი საკითხი	50
Р. А. Бахтадзе, Некоторые вопросы технологии древнего стекла. Резюме	84
ნათელა იაშვილი, არქეოლოგიური ხის კონსერვაცია ახალი სილიციუმორგანული პოლიმერების ემულსიებით	92
Н. Н. Яшвили, Консервация археологического дерева эмульсиями новых кремнеорганических полимеров. Резюме	104
ლევან ნადარეიშვილი, ნათელა სარაჯიშვილი, გარემო არისა და დეფორმაციის სიჩქარის გავლენა იზოტაქტიკური პოლიპროპილენის ფიზიკურ-მექანიკურ თვისებებზე	106
Л. И. Надарейшвили, Н. И. Сараджишвили, Влияние внешней среды и скорости на физико-механические свойства изотактического полипропилена. Резюме	113
ფერდინანდ თავაძე, თამარ დვალი, ვერცხლის ქლორიდის აღდგენა აირებითა და ლითონებით	115
Ф. Н. Тавадзе, Т. А. Двали, Восстановление хлористого серебра газам и металлами. Резюме	121
ბანა ნეფარიძე, საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდებში აღმოჩენილი მკვლე მწერები და მათ წინააღმდეგ ბრძოლა	129
Н. Н. Непаридзе, Обнаруженные в Государственном Музее Грузии вредные насекомые и борьба с ними. Резюме	133
ცისანა აბესაძე, ადრე და შუაბრინჯაოს ხანის ლითონის ნაწარმი კახეთიდან	135
Ц. Н. Абесадзе, Металлические изделия ранней и средней бронзы из Кахети. Резюме	156

გ უ ლ ნ ა რ ა ც ა გ ა რ ე ი შ ვ ი ლ ი, საქართველოს სახელმწიფო მუზეუმის ფონდებში ქსოვილებზე აღმოჩენილი ობის სოკოები და მათ წინააღმდეგ ბრძოლის მეთოდები	164
Г. В. Ц а г а р е й ш в и л и, Методы борьбы с плесневыми грибами, обнаруженными на тканях в фондах Музея Грузии. Резюме	168